

樱桃籽中抗氧化物质的超声提取工艺及其抗氧化活性

姚东瑞¹, 郭雷^{1,2}, 王淑军², 马如坤²

(1. 淮海工学院 江苏省海洋生物技术重点实验室, 江苏 连云港 222005; 2. 淮海工学院 海洋学院, 江苏 连云港 222005)

摘要: 以 DPPH 自由基清除法检测提取物的抗氧化能力, 采用 Box-Behnken 试验设计结合响应面分析法确定超声提取樱桃籽中抗氧化物质的最佳工艺条件。结果表明, 超声提取樱桃籽清除 DPPH 自由基物质的优化工艺条件为超声功率 500 W、液料体积质量比 30 mL/g、乙醇体积分数 40%、提取温度 50 °C、提取时间 5 min。在最佳提取条件下提取的原液, 其总黄酮质量分数为 (11.13 ± 0.48) mg/g, 具有较强的还原能力和显著的清除 DPPH 及羟基自由基的能力。

关键词: 樱桃籽; 抗氧化活性; 超声提取; 响应面分析法

中图分类号: TS 201 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-1689(2012)07-0733-08

Optimized Extraction Conditions and Antioxidant Activities of Ultrasonic-Extracted Antioxidant Components from Cherry Seed

YAO Dong-rui¹, GUO Lei^{1,2}, WANG Shu-jun², MA Ru-kun²

(1. Jiangsu Key Lab of Marine Biotechnology, Huaihai Institute of Technology, Lianyungang 222005, China; 2. Marine College, Huaihai Institute of Technology, Lianyungang 222005, China)

Abstract: In this study, with the DPPH radical scavenging as the index of antioxidant activity, the Box-Behnken design combined with response surface methodology (RSM) was used to optimize the ultrasonic extraction conditions of the antioxidant components from cherry seed. The optimum extraction processing parameters were determined as follows: ultrasonic power 500 W, liquid/material ratio (mL/g) 30:1, ethanol concentration 40% (V/V), extraction temperature 50°C, and extraction time 5 min. Under the optimum conditions, the total flavonoids content is (11.13 ± 0.48) mg/g of the extracts, and the extracts exhibited significant the antioxidant activities such as DPPH free radical and hydroxyl free radical scavenging effects, and reducing power.

Key words: cherry seed, antioxidant activity, ultrasonic-assisted extraction, response surface methodology

自由基能直接诱导许多疾病的发生及发展, 如癌症、阿尔茨海默氏病等, 因此自由基清除活性是衡量天然抗氧化活性物质的一个重要特征^[1]。目前, 从工

农业废弃物中提取抗氧化剂已成为研究的热点^[2-3]。

樱桃是营养和风味俱佳的果品, 目前全世界樱桃产量为 183.4 万吨^[4]。果酒、罐头、果汁、果酱等

收稿日期: 2011-07-19

基金项目: 江苏省自然科学基金项目(BK2009631)。

作者简介: 姚东瑞(1966—), 男, 湖南常德人, 理学博士, 教授, 硕士研究生导师, 主要从事生物资源利用与渔业经济研究。

E-mail: yaodr@hhit.edu.cn

樱桃制品逐渐涌现在市场, 这些产品所产生的大量樱桃籽通常作为动物饲料或废渣被抛弃, 不能充分发挥樱桃籽的价值, 造成了严重的资源浪费和环境污染。目前, 樱桃籽油和总黄酮的提取已有报道, 但樱桃籽中抗氧化物质的提取及其活性研究尚未见报道^[5-6]。

超声提取具有能耗低、效率高、不破坏有效成分等特点, 目前已成功应用于动植物有效成分的提取中^[7-8]。响应面分析法(response surface methodology, RSM)是一种有效的优化多变量问题的统计方法, 已成功应用于食品领域生化过程的建模和优化^[9-10]。作者应用响应面法(RSM)对超声提取樱桃籽中抗氧化物质的工艺进行优化, 并对其体外抗氧化活性进行研究, 以期为进一步开发提供一定的参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

樱桃籽: 连云港东方龙食品科技研究所提供; 1,1-二苯基-2-苦苯肼自由基(DPPH 自由基): 美国 Sigma 公司产品; 其他试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

DHG-9240A 型电热鼓风干燥箱: 上海一恒科学仪器有限公司产品; Synergy HT 多功能酶标仪: 美国 BioTek 公司产品; SK8210LHC 型超声清洗仪: 上海科导超声仪器厂产品; BS124S 电子分析天平: 北京赛多利斯科学仪器有限公司产品; QJ32W1000A 型高速万能粉碎机: 天津泰斯特仪器有限公司产品。

1.3 方法

1.3.1 提取工艺 樱桃籽, 60℃ 烘干, 粉碎过 40 目筛。将樱桃籽粉末与不同体积分数的乙醇以一定比例加入到 100 mL 具塞三角瓶中, 分别在不同的乙醇体积分数、超声功率、提取温度、提取时间和液料比下于 SK8210LHC 型超声清洗仪(40 kHz, 上海科导)中进行超声辅助提取(三角瓶固定于提取仪中央, 加热水位能超过三角瓶水位线)。提取液离心(5 000 r/min, 10 min)后抽滤, 用 DPPH 自由基清除法检测其抗氧化能力。

1.3.2 工艺优化设计

1) 单因素试验 分别考察乙醇体积分数、超声

功率、提取温度、提取时间和液料比等因素对樱桃籽提取物清除 DPPH 自由基能力的影响。

2) Box-Behnken 试验设计 根据单因素实验结果, 固定超声功率为 500 W, 液料体积质量比 30 mL/g, 采用 Box-Behnken 设计方法, 以乙醇体积分数、提取温度和提取时间作为响应变量, 分别以 A、B 和 C 表示, 并以 -1、0、1 分别代表变量的水平, 以樱桃籽提取物的 DPPH 自由基清除率(Y)为响应值, 通过响应曲面分析进行工艺条件的优化, 从而得到最优工艺条件。Box-Behnken 设计试验因素和水平见表 1, 采用 Design Expert 软件对实验数据进行回归分析^[11]。

表 1 Box-Behnken 设计试验因素与水平

Tab. 1 Factors and levels in Box-Behnken design

编码水平	因素		
	A 乙醇 体积分数/%	B 提取 温度/℃	C 提取 时间/min
-1	10	40	4
0	25	50	6
1	40	60	8

1.3.3 黄酮质量分数的测定^[12] 精密称取 105℃ 干燥至恒重的芦丁 10 mg 置于 50 mL 容量瓶中, 加体积分数 60% 乙醇溶解并稀释至刻度摇匀, 得 0.2 mg/mL 的标准溶液。准确吸取芦丁标准溶液 0、0.5、1.0、1.25、1.5、2.0 mL, 并用体积分数 60% 乙醇相应补足 2.0 mL, 移入 10 mL 刻度比色管中, 加 5 g/dL 亚硝酸钠溶液 0.2 mL, 振摇后放置 6 min, 加入 10 g/dL 硝酸铝溶液 0.2 mL 摇匀后放置 6 min, 加 1.0 mol/L 氢氧化钠溶液 2 mL。摇匀, 放置 15 min, 于 510 nm 波长处测定吸光度, 以芦丁质量(mg)为横坐标, 以吸光度为纵坐标绘制标准曲线。得到标准曲线回归方程为

$$y = 1.4526x + 0.0427, \text{ 相关系数 } R^2 = 0.9993。$$

1.3.4 抗氧化活性测定

1) 取 100 μ L 待测液及 50 μ L 的 2×10^{-4} mol/L DPPH 溶液加入 96 孔板中, 摇匀。20 min 后用相应溶剂作参比在 517 nm 下测定其吸光度 A_i , 同时测定等体积相应溶剂与 DPPH 溶液混合液的吸光度 A_c , 以及待测液与无水乙醇混合液的吸光度 A_j 。根据以下公式计算清除率:

$$\text{清除率} = (1 - (A_i - A_j) / A_c) \times 100\%。$$

2) 羟自由基清除活性的测定^[14] 于板孔中加入 50 μL 样液(不同质量浓度的待测物溶液),再分别加入 50 μL 5 mmol/L FeSO_4 、50 μL 5 mmol/L 水杨酸,混匀后静置 10 min,再加入 50 μL 5mmol/L H_2O_2 ,混匀,静置 30 min,在波长 510 nm 处测定其吸光度(A_i)。并测定用蒸馏水代替 H_2O_2 时的吸光度(A_j),空白对照组(以蒸馏水代替待测液)的吸光度(A_0)。计算待测液对羟自由基的清除率

$$Y = (1 - (A_i - A_j) / A_0) \times 100\%$$

3) 还原力的测定^[15] 于试管中加入 1.0 mL 样液(不同质量浓度的待测液)或蒸馏水,再分别加入 0.2 mol/L 磷酸缓冲液(pH 6.6)及 1 g/dL 铁氰化钾水溶液各 1.0 mL,50 $^{\circ}\text{C}$ 水浴 25 min 后取出快速冷却,加入 10 g/dL 三氯乙酸溶液 1.0 mL,摇匀,取 1 mL 反应液,依次加入 1 mL 蒸馏水,0.1 g/dL 三氯化铁水溶液 200 μL ,充分混匀,10 min 后,在 700 nm 波长处测定吸光度,吸光度越大,说明还原能力越强。

1.3.5 统计方法 实验数据以平均值 $\pm$ 标准差($\bar{X} \pm SD$, $n=3$)表示。方差分析由 ANOVA 进行, $P < 0.05$ 被认为显著, $P < 0.01$ 被认为极显著。

2 结果与分析

2.1 樱桃籽中抗氧化物质提取单因素试验

2.1.1 乙醇体积分数对樱桃籽提取物 DPPH 自由基清除率的影响 在固定液料体积质量比 50 mL/g,超声功率 300 W,提取温度为 40 $^{\circ}\text{C}$ 、提取时间为 5 min 的条件下,不同乙醇体积分数对樱桃籽提取物 DPPH 自由基清除率的影响如图 1 所示。

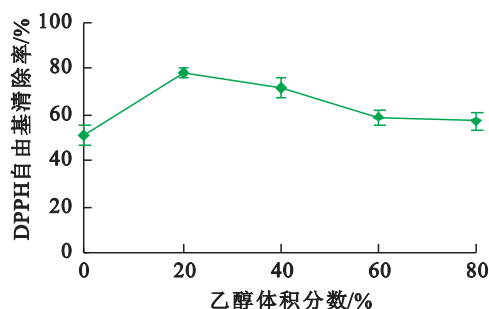


图 1 乙醇体积分数对 DPPH 自由基清除率的影响

Fig. 1 Effect of ethanol concentration on DPPH radical scavenging ratio of the extract from cherry seed

通过试验可发现,DPPH 自由基清除率随乙醇体积分数的增大而增加,当乙醇体积分数达到 20%时,

DPPH 自由基清除率最高,当乙醇体积分数再增加时,提取率开始下降。这说明樱桃籽中清除 DPPH 自由基的活性物质主要为水溶性物质,进一步,高浓度的乙醇可能引起蛋白变性,阻止了活性物质的溶出,从而影响了提取效率。因此选择 10%、25%和 40%为优化时乙醇体积分数的 3 个水平。

2.1.2 超声功率对樱桃籽提取物 DPPH 自由基清除率的影响 在固定液料体积质量比 50 mL/g,乙醇体积分数为 20%,提取温度为 40 $^{\circ}\text{C}$ 、提取时间为 5 min 的条件下,不同超声功率对樱桃籽提取物 DPPH 自由基清除率的影响如图 2 所示。由图 2 可以看出,DPPH 自由基清除率随超声功率的增大而增加,500 W(100%)时最大,因此将超声功率确定为 500 W。

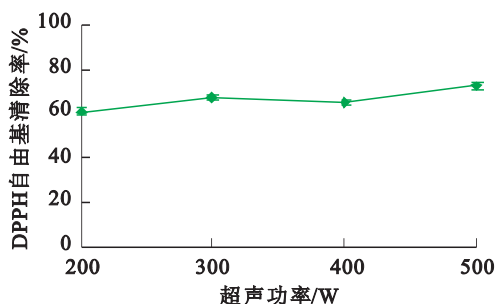


图 2 超声功率对 DPPH 自由基清除率的影响

Fig. 2 Effect of ultrasonic power on DPPH radical scavenging ratio of the extract from cherry seed

2.1.3 提取温度对樱桃籽提取物 DPPH 自由基清除率的影响 在固定液料体积质量比 50 mL/g,乙醇体积分数为 20%,超声功率 500 W,提取时间为 5 min 的条件下,不同超声提取温度对樱桃籽提取物 DPPH 自由基清除率的影响如图 3 所示。

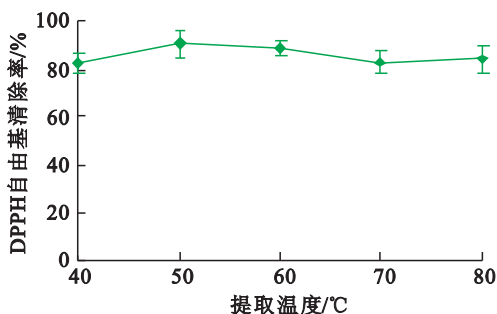


图 3 提取温度对 DPPH 自由基清除率的影响

Fig. 3 Effect of extraction temperature on DPPH radical scavenging ratio of the extract from cherry seed

由图 3 可以看出,随着超声提取温度的增加,

DPPH 自由基清除率相应增大, 50℃ 时最大, 大于 50℃ 时 DPPH 自由基清除率有所下降。温度增加能够降低提取溶剂的黏度, 从而促进介质传递。但温度过高可能破坏其中的活性成分。因此选择 40℃、50℃ 和 60℃ 为优化时提取温度的 3 个水平。

2.1.4 提取时间对樱桃籽提取物 DPPH 自由基清除率的影响

在固定液料体积质量比 50 mL/g, 乙醇体积分数为 20%, 超声功率 500 W, 提取温度为 50℃ 的条件下, 不同超声提取时间对樱桃籽提取物清除 DPPH 自由基活性的影响如图 4 所示。DPPH 自由基清除率随提取时间的延长而增加, 但提取时间超过 6 min 后, DPPH 自由基清除率有所下降。这可能是因为过长的提取时间导致了活性物质的降解, 因此选择 4、6、8 min 为优化时提取时间的 3 个水平。

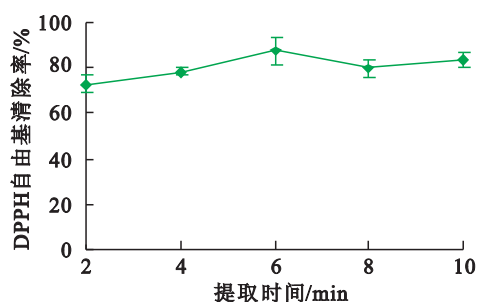


图 4 提取时间对 DPPH 自由基清除率的影响

Fig. 4 Effect of extraction time on DPPH radical scavenging ratio of the extract from cherry seed

2.1.5 液料体积质量比对樱桃籽提取物 DPPH 自由基清除率的影响 在固定乙醇体积分数为 20%、超声功率 500 W、提取温度为 50℃、提取时间为 6 min 的条件下, 不同液料比对樱桃籽提取物清除 DPPH 自由基活性的影响如图 5 所示(清除率均为将提取液定容至 60 mL 时的测定值)。

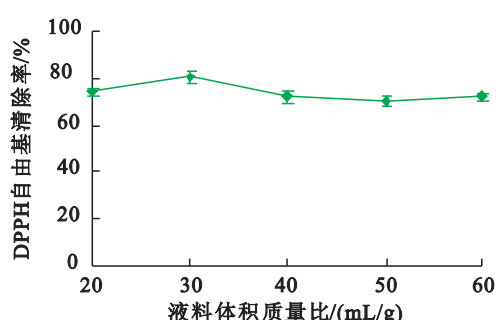


图 5 液料体积质量比对 DPPH 自由基清除率的影响

Fig. 5 Effect of liquid/material ratio on DPPH radical scavenging ratio of the extract from cherry seed

从图 5 可以看出, DPPH 自由基清除率随液料比的增加而增大, 但液料体积质量比大于 30 mL/g 后, DPPH 自由基清除率有所下降。从减少溶剂用量和提取效果等方面综合考虑, 用量不宜过大, 因此本实验中将液料体积质量比确定在 30 mL/g。

2.2 樱桃籽中抗氧化物质提取工艺的响应面法优化试验

综合以上单因素试验, 选择乙醇体积分数、提取温度和提取时间对 DPPH 自由基清除率影响显著的因素, 通过三因素三水平的 Box-Behnken 试验设计和响应面分析方法, 确定樱桃籽中抗氧化物质超声提取的最佳工艺条件, 结果见表 2。以提取物的 DPPH 自由基清除率(Y)为响应值, 应用 Design Expert 软件进行多元回归拟合分析, 各实验因子对响应值的影响可用如下多元二次回归方程表示:

$$Y = 89.40 + 4.60A + 1.58B + 0.37C - 0.26AB + 0.69AC + 1.94BC - 1.44A^2 - 2.91B^2 - 1.05C^2$$

表 2 Box-Behnken 设计方案与试验结果

Tab. 2 Box-Behnken design arrangement and the experimental results

试验号	A	B	C	Y/%
1	-1	-1	0	78.16
2	1	-1	0	88.07
3	-1	1	0	82.56
4	1	1	0	91.42
5	-1	0	-1	83.51
6	1	0	-1	91.14
7	-1	0	1	81.32
8	1	0	1	91.70
9	0	-1	-1	85.00
10	0	1	-1	83.58
11	0	-1	1	83.42
12	0	1	1	89.76
13	0	0	0	88.68
14	0	0	0	91.05
15	0	0	0	87.63
16	0	0	0	89.82
17	0	0	0	89.82

对表 2 中的试验结果进行统计分析,得到的方差分析结果如表 3 所示。由表 3 可知,乙醇体积分数和提取温度在试验过程中起主要作用,对 DPPH 自由基清除率的影响顺序为:乙醇体积分数>提取温度>提取时间,其中乙醇体积分数对 DPPH 自由基清除率的影响达到极显著水平($P<0.0001$),提取时间影响不显著。整体模型的 P 值为 0.0007,表明该二次方程模型达到极显著水平,且失拟项不显著,说明该方程对试验拟合较好。相关系数 $R^2=0.9537$,表明 95.37% 的实验数据可用该模型进行解释。

表 3 方差分析结果

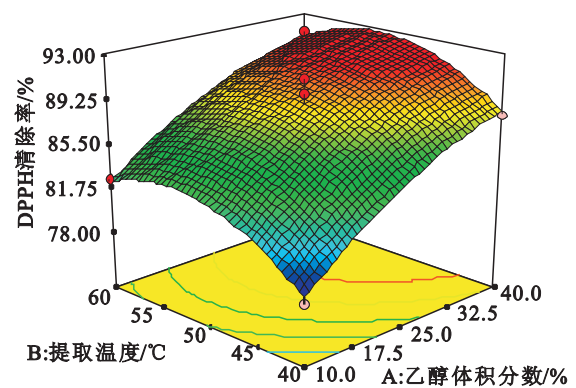
Tab. 3 Analysis of variance of each term of the constructed regression equation

来源	平方和	自由度	均方	F 值	Prob>F	显著性
模型	260.89	9	28.99	16.04	0.0007	**
A	169.10	1	169.10	93.56	< 0.0001	**
B	20.07	1	20.07	11.10	0.0126	*
C	1.10	1	1.10	0.61	0.4604	
A × B	0.28	1	0.28	0.15	0.7078	
A × C	1.89	1	1.89	1.05	0.3405	
B × C	15.05	1	15.05	8.33	0.0234	*
A ²	8.67	1	8.67	4.80	0.0647	
B ²	35.72	1	35.72	19.76	0.0030	**
C ²	4.62	1	4.62	2.56	0.1539	
残差	12.65	7	1.81			
失拟项	5.92	3	1.97	1.17	0.4239	
纯误差	6.73	4	1.68			
总差	273.54	16				

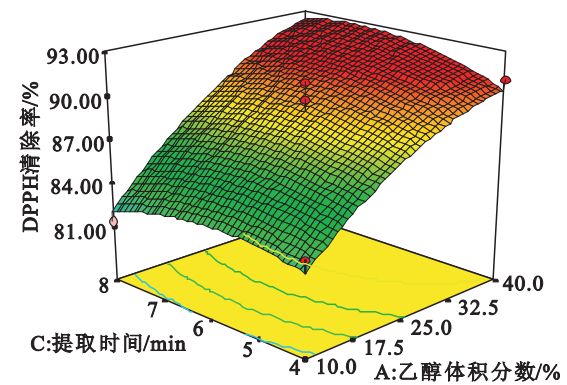
注: * 差异显著($P<0.05$); ** 差异极显著($P<0.01$)。

比较图 6 可知:乙醇体积分数对 DPPH 自由基清除率的影响最为显著,表现为曲线较陡;提取温度和提取时间次之,表现为曲线较为平滑,且随其数值的增加或减少,响应值变化较小。

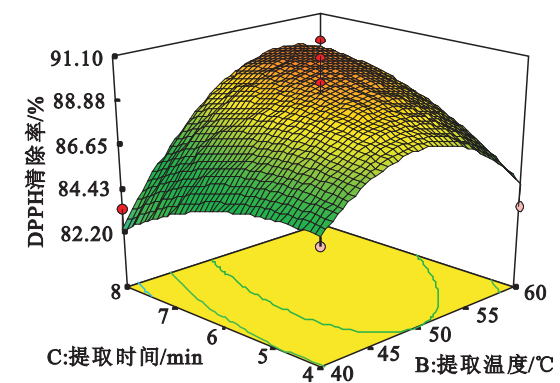
从图 6(a)可以看出,响应面曲线较陡,说明乙醇体积分数和提取温度对 DPPH 自由基清除率的



(a)乙醇体积分数与提取温度



(b)乙醇体积分数与提取时间



(c)提取温度与提取时间

图 6 两因素及其交互作用响应面图

Fig. 6 Response surface plots showing the effects of pairwise interactions of three operating parameters on DPPH radical scavenging ratio of cherry seed extract

影响较为明显,这与方差分析的结果相一致。当乙醇体积分数不变时,清除率随温度的升高而呈现先升高后降低的趋势。从图 6(b)得出,当提取时间不变时,清除率随乙醇体积分数的升高而增大;当乙醇体积分数不变时,清除率随提取时间的增加而呈现先升高后降低的趋势,但影响不显著,表现为曲

线较平滑。从图 6(c)可以看出,当提取时间不变时,清除率随提取温度的升高而呈现先增加后降低的趋势。图 6 中等高线的形状可反映出交互效应的强弱,椭圆形表示两因素交互作用显著,而圆形则与之相反。由图 6(c)等高线可以看出,提取温度和提取时间的交互作用较显著,表现为等高线呈椭圆形。

根据回归方程和实际情况得出的樱桃籽提取物清除 DPPH 自由基的最佳工艺条件为乙醇体积分数 39.13%、提取温度 49.25 °C、提取时间 5.24 min,此时樱桃籽提取物对 DPPH 自由基清除率的理论值达到了 91.86%。为检验响应面法所得结果的可靠性,采用上述优化提取条件进行樱桃籽超声提取,考虑到实际操作的便利,将提取工艺参数修正为乙醇体积分数 40%、提取温度 50 °C、提取时间 5 min,结果得出 DPPH 自由基清除率实际值为 91.12%,与理论预测值 91.86% 非常接近。因此,基于响应面法分析所得的优化提取工艺参数准确可靠,具有实用价值。

2.3 樱桃籽提取液体外抗氧化活性

2.3.1 提取原液中总黄酮含量的测定 以上述优化的最佳工艺条件对樱桃籽进行提取,提取液离心过滤后用旋转蒸发仪浓缩至 1 g/mL,定为提取原液。采用亚硝酸钠—硝酸铝显色法测定提取原液中总黄酮的含量。测定结果表明,提取原液中总黄酮含量为 (11.13 ± 0.48) mg/g。

2.3.2 提取液清除 DPPH 自由基能力的测定

DPPH 自由基是一种稳定的自由基,被广泛应用于抗氧化剂清除自由基能力的评估中^[16]。提取原液对 DPPH 自由基的清除效应如图 7 所示。

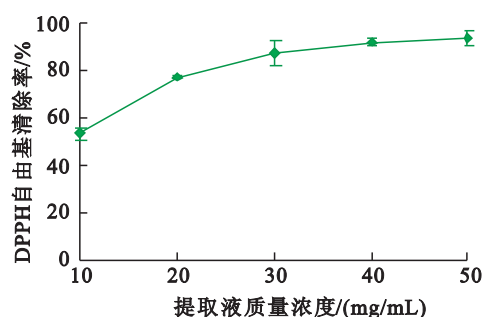


图 7 提取液对 DPPH 自由基的清除作用

Fig. 7 Effect of the extracts on DPPH radical scavenging activity from cherry seed

从图 7 中可以看出,当提取原液的浓度从 10.0 mg/mL 增加到 50.0 mg/mL,其清除 DPPH 自由基的能力从 $(53.58 \pm 2.02)\%$ 升高到 $(94.06 \pm 3.02)\%$,说明樱桃籽提取原液具有显著的 DPPH 自由基清除活性。

2.3.3 提取液清除羟自由基能力的测定 羟自由基是人体中最活泼、对机体危害最大的自由基。黄酮等抗氧化剂对羟自由基的清除能力不是直接清除,而是通过螯合 Fe^{2+} 和 Cu^{2+} 等离子来抑制羟自由基的产生^[17]。 Fe^{2+} 能够催化 H_2O_2 产生羟自由基,基于黄酮具有螯合 Fe^{2+} 的能力,因此含有较高黄酮含量的樱桃籽提取液能够通过螯合 Fe^{2+} 从而降低羟自由基的产生。从图 8 可以看出,提取液对羟自由基的清除效应随浓度的增加而升高,呈现良好的浓度依赖曲线。当提取原液的浓度从 10.0 mg/mL 增加到 50.0 mg/mL,其清除羟自由基的能力从 $(22.76 \pm 1.11)\%$ 升高到 $(52.54 \pm 1.92)\%$,显示樱桃籽提取原液对羟自由基具有较强的清除效应。

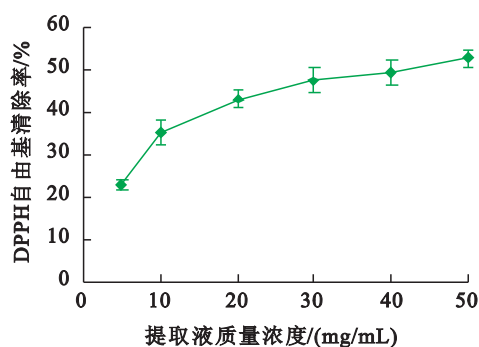


图 8 提取液对羟自由基的清除作用

Fig. 8 Effect of the extracts on hydroxyl radical scavenging activity from cherry seed

2.3.4 提取液还原能力的测定 黄酮等抗氧化剂的还原力与抗氧化活性之间存在着一定的联系。抗氧化剂经还原作用给出电子,将 Fe^{3+} 还原为 Fe^{2+} ,也可与自由基反应,使自由基生成稳定的物质或直接终止自由基链式反应。还原力越强,抗氧化性也就越强,可以通过测定还原力来说明抗氧化活性的强弱^[18]。从图 9 可以看出,提取液的还原力呈现较强的浓度依赖性,显示提取液具有显著的抗氧化活性,且随提取液质量浓度的增加而升高。

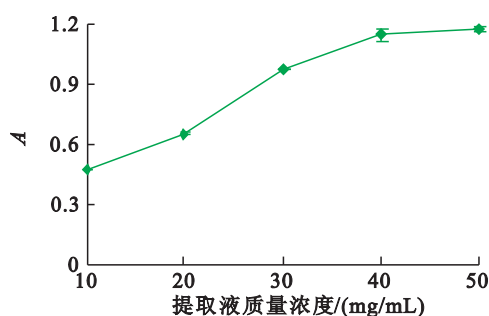


图9 提取液的还原能力

Fig. 9 Reducing power of the extracts from cherry seed

计结合响应面分析法优化了超声辅助提取樱桃籽中抗氧化物质的工艺条件。结果表明最佳的工艺条件为超声功率 500 W、液料体积质量比为 30 mL/g、乙醇体积分数 40%、提取温度 50℃、提取时间 5 min,测得的实际清除率为 91.12%,与理论预测值的拟合度较好。提取原液具有较高的黄酮含量,体外抗氧化活性通过还原能力、DPPH 自由基和羟自由基清除试验进行了测定,结果显示提取原液具有显著的抗氧化活性。总之,超声辅助提取技术是提取樱桃籽中抗氧化活性物质的一种有效的方法,提取液具有显著的抗氧化活性,为该资源进一步的开发和应用奠定了基础。

3 结 语

利用三因素三水平的 Box-Behnken 设

参考文献(References):

- [1] Sheih I C, Wu T K, Fang T J. Antioxidant properties of a new antioxidative peptide from algae protein waste hydrolysate in different oxidation systems[J]. *Bioresource Technology*, 2009, 100(13): 3419—3425.
- [2] Kiassos E, Mylonaki S, Makris D, et al. Implementation of response surface methodology to optimise extraction of onion (*Allium cepa*) solid waste phenolics[J]. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2009, 10: 246—252.
- [3] Suarez B, Alvarez A, Garcia Y, et al. Phenolic profiles, antioxidant activity and in vitro antiviral properties of apple pomace[J]. *Food Chemistry*, 2010, 120: 339—342.
- [4] 陈倩,朱传合,赵丽. 樱桃籽油提取工艺研究[J]. *中国粮油学报*, 2010, 25(6): 76—80.
CHEN Qian, ZHU Chuan-he, ZHAO Li. Extraction of cherry seed oil[J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2010, 25(6): 76—80. (in Chinese)
- [5] 陈倩,朱传合,金君. 超声波辅助提取樱桃籽油的工艺[J]. *食品与发酵工业*, 2009, 35(12): 163—167.
CHEN Qian, ZHU Chuan-he, JIN Jun. Study on ultrasound-associated extraction of cherry seed oil [J]. *Food and Fermentation Industries*, 2009, 35(12): 163—167. (in Chinese)
- [6] 张敬敏,吕玲玲,郭磊. 樱桃核中类黄酮的提取及其抗氧化性研究[J]. *中国酿造*, 2010, 6: 65—68.
ZHANG Jin-min, LV Ling-ling, GUO Lei. Extraction of flavonoids from cherry seed and its antioxidant activity[J]. *China Brewing*, 2010, 6: 65—68. (in Chinese)
- [7] GUO L, CHEN Y. Optimization of ultrasonic-assisted extraction of polysaccharides from *Enteromorpha prolifera* by response surface methodology[J]. *Food Science*, 2010, 31(16): 117—121.
- [8] ZHANG QA, ZHANG ZQ, YUE XF, et al. Response surface optimization of ultrasound-assisted oil extraction from autoclaved almond powder[J]. *Food Chemistry*, 2009, 116: 513—518.
- [9] 陈晓萍,孙付保,陈晓旭,等. 响应面法优化康宁木霉产纤维素酶固态发酵培养基[J]. *食品与生物技术学报*, 2011, 30(1): 106—112.
CHEN Xiao-ping, SUN Fu-bao, CHEN Xiao-Xu, et al. Optimization of *Trichoderma konigii* cellulase production on solid state fermentation medium by response surface analysis[J]. *Journal of Food Science and biotechnology*, 2011, 30(1): 106—112. (in Chinese)
- [10] BAS D, BOYACI IH. Modeling and optimization. I: Usability of response surface methodology [J]. *Journal of Food Engineering*, 2007, 78: 836—845.
- [11] 郭雷,陈宇. 响应面法优化微波辅助提取浒苔多糖的工艺[J]. *食品科学*, 2010, 31(14): 53—57.

- GUO Lei, CHEN Yu. Response surface optimization of microwave-assisted extraction of polysaccharides from *Enteromorpha Prolifera* by response surface methodology[J]. **Food Sciences**, 2010, 31(14): 53–57. (in Chinese)
- [12] 丁振柱, 黄仁华, 王丹. 费约果叶片总黄酮提取工艺优化及其抗氧化活性研究[J]. **食品与生物技术学报**, 2011, 30(3): 371–375.
- DING Zhen-zhu, HUANG Ren-hua, WANG Dan. Optimization of extraction process and antioxidant activities of the total flavonoids from *Feijoa velutina* leaves[J]. **Journal of Food Science and biotechnology**, [J], 2011, 30(3): 371–375. (in Chinese)
- [13] Guo L, Wen Y, Zhang L. Optimization of DPPH free radical scavenging activity of ultrasonic-extracted components from *Porphyra yezoensis*[J]. **Proceeding of 2010 ICNPTM**, [J], 2010: 397–401.
- [14] Huang W, Xue A, Niu H, et al. Optimised ultrasonic-assisted extraction of flavonoids from *Folium eucommiae* and evaluation of antioxidant activity in multi-test systems in vitro[J]. **Food Chemistry**, 2009, 114: 1147–1154.
- [15] Zhang G W, He L, Hu M M, et al. Optimized ultrasonic-assisted extraction of flavonoids from *Prunella vulgaris* L. and evaluation of antioxidant activities in vitro[J]. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, 2011, 12: 18–25.
- [16] Nagai T, Inoue R, Inoue H, et al. Preparation and antioxidant properties of water extract of propolis[J]. **Food Chemistry**, 2003, 80: 29–33.
- [17] Qi H M, Zhang Q B, Zhao T T, et al. In vitro antioxidant activity of acetylated and benzoyleated derivatives of polysaccharide extracted from *Ulva pertusa* (Chlorophyta)[J]. **Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters**, 2006, 16: 2441–2445.
- [18] Huang D, Ou B, Prior R L. The chemistry behind antioxidant capacity assays[J]. **Agricultural Food Chemistry**, 2005, 53(6): 1841–1856.

会议信息

会议名称(中文): 首届中国食品科学青年论坛

所属学科: 生物技术与生物工程, 农林基础, 作物学及林木育种、生物学, 农作物、林木果实产品贮藏、保鲜与安全, 畜牧学, 动物食品科学, 经济林及园林学

开始日期: 2012-08-30

结束日期: 2012-08-31

所在城市: 浙江省 杭州市

主办单位: 中国食品科学技术学会青年工作委员会、国家自然科学基金委员会生命科学部、浙江省自然科学基金委员会

联系人: 莫英杰 联系电话: 010-65265375/6 传真: 010-65264731 E-mail: foodtech@cifst.org.cn

会议注册费: 600 元 会议网站: <http://www.cifst.org.cn/NewsIn.aspx?classid=41&id=7155>

会议背景介绍: 近年来食品科学发展迅速, 成为我国国民经济重要组成部分, 为适应我国食品科学研究和产业发展的需求, 推动我国食品科学基础研究的发展, 国家自然科学基金委员会在生命科学部设立了食品科学学科, 从 2010 年起开始受理食品科学领域的自然科学基金项目。自然科学基金食品科学学科领域自设立以来, 得到了广大青年食品科学工作者的大力支持, 同时青年基金的申请和获得项目数量不断上升。

为进一步探讨食品科学基础研究和应用基础研究中存在的科学问题, 凝练食品科学研究的重大理论基础, 展示食品科学研究的最新成果, 推动我国食品科学研究发展。中国食品科学技术学会青年工作委员会、国家自然科学基金委员会生命科学部、浙江省自然科学基金委员会计划于 2011 年 8 月联合举办“首届中国食品科学青年论坛”。

会议计划两天, 除了特邀专家进行专题报告外, 其他均为基金项目承担者的学术报告, 每个报告 15 分钟, 讨论 5 分钟。确定参加会议的人员需全程参加。

联系信息:

(1) 中国食品科学学会

联系人: 莫英杰, 吴贾锋

电话: 010-65265375/6

传真: 010-65264731

电子邮件: foodtech@cifst.org.cn

(2) 浙江大学生物系统工程与食品科学学院

联系人: 吴丹, 刘东红