

# 微波辅助提取苦荞壳总黄酮及其抗氧化性研究

魏增云<sup>1</sup>, 张海容<sup>2</sup>, 陈金娥<sup>2</sup>, 贾 珺<sup>1</sup>, 董芳娟<sup>1</sup>, 薄一览<sup>1</sup>

(1. 山西省忻州职业技术学院, 山西 忻州 034000; 2. 山西省忻州师范学院 生化分析技术研究所, 山西 忻州 034000)

**摘 要:**以山西灵丘苦荞壳干燥粉末为试材,利用微波辅助提取技术对苦荞壳总黄酮的提取工艺进行研究,在单因素试验的基础上,选择不同乙醇浓度、时间、液固比、功率4因素,通过 Box-Behnken 中心组合设计试验和响应面分析法,模拟得到二次多项式回归方程的预测模型;并以叔丁基对苯二酚为对照品,采用 DPPH 法研究不同方法苦荞壳黄酮提取物对自由基的清除作用。结果表明:苦荞壳总黄酮的最佳微波提取工艺为:乙醇浓度 57.54%、微波时间 41.09 s、液固比 65.4:1 mL/g、微波功率 264.16 W,总黄酮得率实测值为 1.9800%,预测值为 2.004%;苦荞壳黄酮提取物具有较强的抗氧化作用,不同方法提取液在对 DPPH 的清除率为 50%时,苦荞壳黄酮浓度为 0.96  $\mu\text{g/mL}$ (超声波法)、1.40  $\mu\text{g/mL}$ (微波法)、1.27  $\mu\text{g/mL}$ (索氏法),而叔丁基对苯二酚的浓度为 2.40  $\mu\text{g/mL}$ (CK),试验表明苦荞壳黄酮是一种很有前途的天然抗氧化剂。

**关键词:**苦荞壳;响应面分析法;总黄酮;微波辅助萃取;抗氧化性

**中图分类号:**TS 201.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)20-0144-06

荞麦<sup>[1-2]</sup>属蓼科荞麦属双子叶一年生植物,又名乌麦、花麦或三角麦。植物分类学上主要有苦荞和甜荞2个药食两用品种,具有耐寒、耐瘠、适应性强<sup>[3]</sup>的生长特点。苦荞富含生物类黄酮、淀粉、维生素、纤维素、脂肪、微量元素和矿物质及蛋白质等多种生物活性成分。苦荞中含有多种黄酮类化合物,具有多种生理功能,如清除自由基<sup>[4]</sup>、降血糖、降血脂<sup>[5]</sup>、抑制恶性肿瘤生长<sup>[6]</sup>及抗癌等。我国的苦荞种植面积和产量居世界首位<sup>[7]</sup>,主要分布在西南高寒山区和华北地区。

微波辅助萃取技术应用于天然产物萃取的报道始于1986年,谢明勇等<sup>[8]</sup>将样品置于普通家用微波炉,通过选择功率档、作用时间和溶剂类型,只需短短的几分钟即可达到传统萃取方式几个小时的功效,因此,微波辅助萃取技术在萃取和分离天然产物的应用中发展迅速。在我国,微波辅助萃取技术已经用于上百种中草药的提取生产线,如银杏、葛根、茶叶、三七等。该研究采用微波辅助提取苦荞壳总黄酮,以期寻找一种快速高效的提取方法,为工业化生产苦荞壳黄酮提供理论依据和

优化工艺。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

苦荞壳粉由实验室自制。选择产自山西灵丘苦荞,将苦荞壳 60℃ 恒温干燥 3 h,粉碎,过 40 目筛待用。

芦丁(Rutin),国药集团化学试剂有限公司;亚硝酸钠(分析纯),天津市天大化工实验厂;氢氧化钠(分析纯),天津市北辰方正试剂厂;硝酸铝(三级),北京化工厂;95%乙醇(分析纯),天津市风船化学试剂科技有限公司;95% 2,2-联苯基-1-苦基肼基(DPPH),Alfa Aesar;叔丁基对苯二酚(化学纯),北京科华特种试剂联合开发中心。

AB204-N 型电子分析天平,梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;KQ-400KDE 型高功率数控超声波清洗器,昆山市超声仪器有限公司;752N 型紫外可见分光光度计,上海精密科学仪器有限公司;微电脑微波化学反应器 LWMC-201,南京陵江科技开发有限公司。

### 1.2 试验方法

1.2.1 芦丁标准曲线的绘制 以芦丁为标准品,采用硝酸铝法<sup>[9-11]</sup>,在 510 nm 处测定其吸光度值。绘制标准曲线,得到回归方程为  $A = 10.193C + 0.0098$  ( $R^2 = 0.9984$ )。

1.2.2 苦荞壳中黄酮化合物的提取和测定 准确称取苦荞壳粉 0.2 g 于 100 mL 三角瓶中,微波提取,离心,取上清液定容到 25 mL 比色管中,95%乙醇定容。吸取 3 mL 该试液于 10 mL 比色管中,依次加入 5%  $\text{NaNO}_2$

**第一作者简介:**魏增云(1975-),男,硕士,副教授,研究方向为天然植物分离及分析。E-mail: vzhhr@163.com.

**基金项目:**山西省高等学校科技创新资助项目(20141120);忻州职业技术学院 2013 年度立项课题资助项目(XZYJ1312);忻州师范学院应用化学创新实践基地资助项目(2013-31);山西省教育厅院校工程资助项目(2012089);山西省忻州市科技研发资助项目(201231-20)。

**收稿日期:**2014-04-18

0.5 mL, 10%  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$  0.5 mL, 再加入 4% 的 NaOH 溶液 4 mL, 95% 乙醇定容至 10 mL, 摇匀, 静置 15 min; 在波长 510 nm 处测定吸光度。按回归方程计算溶液浓度  $C$ , 并计算总黄酮得率。总黄酮得率  $= (C \times F \times V) / m \times 100\%$ 。式中:  $C$  为溶液浓度 (mg/mL);  $F$  为稀释倍数;  $V$  为溶液体积 (mL);  $m$  为样品质量 (mg)。

1.2.3 单因素试验 乙醇浓度对黄酮得率的影响: 准确称取苦壳粉 0.2 g, 在微波功率 195 W, 液固比 45 : 1 mL/g, 30 s 试验条件下, 考察乙醇浓度为 15%、35%、55%、75%、95% 对黄酮得率的影响; 液固比对黄酮得率的影响: 准确称取苦壳粉 0.2 g, 在已优化条件乙醇浓度 55%, 微波功率 195 W, 30 s 试验条件下, 考察液固比为 15 : 1、30 : 1、45 : 1、60 : 1、75 : 1 mL/g 对黄酮得率的影响; 微波功率对黄酮得率的影响: 准确称取苦壳粉 0.2 g, 在已优化条件乙醇浓度 55%, 液固比 60 : 1 mL/g, 30 s 试验条件下, 考察微波功率为 65、130、195、260、325 W 对黄酮得率的影响; 微波时间对黄酮得率的影响: 准确称取苦壳粉 0.2 g, 在已优化条件乙醇浓度 55%, 液固比 60 : 1 mL/g 微波功率 260 W 试验条件下, 考察微波时间为 10、20、30、40、50 s 对黄酮得率的影响; 提取次数对黄酮得率的影响: 准确称取苦壳粉 0.2 g, 在已优化条件乙醇浓度 55%, 液固比 60 : 1 mL/g, 微波功率 260 W, 微波时间 40 s 时, 考察提取次数均为 1、2、3 次对黄酮得率的影响。

1.2.4 响应面试验设计 在单因素试验的基础上, 选取溶剂浓度(A)、微波时间(B)、液固比(C)和微波功率(D)为 4 个考察因素, 利用软件 Box-Behnken 中心组合试验和响应面分析法, 根据表 1 设定的水平和因素, 以苦荞壳黄酮得率为响应值, 进行了 4 因素 3 水平响应面分析试验。

表 1 响应面分析因素与水平

Table 1 The level and factor of the design of RSM

因素 Factor	水平 Level		
	-1	0	1
A 乙醇浓度 Alcohol concentration/%	35	55	75
B 微波时间 Microwave time/s	30	40	50
C 液固比 Liquid-solid ratio/(mL · g <sup>-1</sup> )	45	60	75
D 功率 Ultrasonic power/W	195	260	325

1.2.5 苦荞壳黄酮不同萃取方法对 DPPH 自由基的清除试验 准确称取 0.8 g 苦荞壳粉 3 份, 分别采用微波辅助萃取、超声波辅助萃取法和索氏萃取法萃取, 离心分离上清液定容到 100 mL 得黄酮提取液待用。DPPH 法: 分别精确移取上述提取液 0、0.1、0.2、0.4、0.8、1.0、1.5、2.0、3.0 mL 于 10 mL 比色管中, 分别加 2 mL  $2 \times 10^{-4}$  mol/L DPPH 溶液, 用 95% 乙醇定容, 摇匀, 在黑暗中放置 30 min 后用提取液作参比, 在 517 nm 处测得吸光度  $A$  样品, 同时用 95% 乙醇作参比。DPPH 法自由基清除率计算: 清除率  $= (A_{\text{CK}} - A_{\text{样}}) / A_{\text{CK}} \times 100\%$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 单因素试验

2.1.1 乙醇浓度对黄酮得率的影响 由图 1 可知, 随着乙醇浓度的升高, 黄酮得率逐渐升高, 当乙醇浓度为 55% 时达到最高, 后逐渐降低。这种情况可能与乙醇极性有关, 乙醇浓度为 60% 时的极性与黄酮类化合物相似, 溶解度能达到最大<sup>[12]</sup>。因此确定 55% 乙醇为最佳溶剂浓度条件。

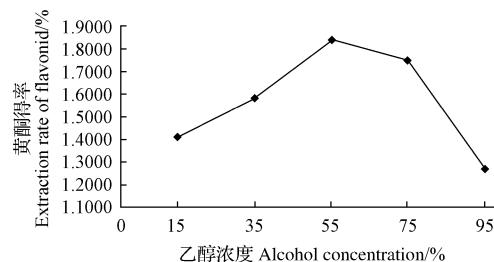


图 1 乙醇浓度对黄酮得率的影响

Fig. 1 The effect of alcohol concentration on the extraction rate of tartary buckwheat shell flavonoid

2.1.2 液固比对黄酮得率的影响 由图 2 可知, 随着液固比的增大黄酮得率也逐渐增大, 当液固比为 60 : 1 mL/g 时达到最大值。因此确定最佳液固比条件为 60 : 1 mL/g。

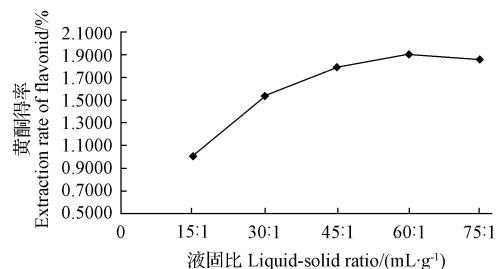


图 2 液固比对黄酮得率的影响

Fig. 2 The effect of liquid-solid ratio on the extraction rate of tartary buckwheat shell flavonoid

2.1.3 微波功率对黄酮得率的影响 由图 3 可知, 当微波功率为 260 W 时黄酮得率达到最高。继续增加功率,

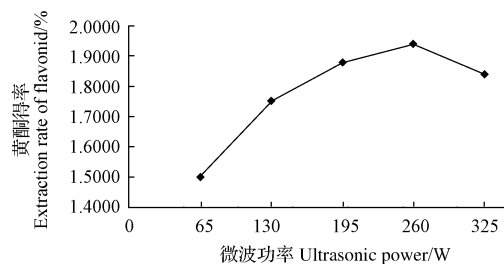


图 3 微波功率对黄酮得率的影响

Fig. 3 The effect of ultrasonic power on the extraction rate of tartary buckwheat shell flavonoid

黄酮得率反而降低。因此,选择 260 W 为最佳微波功率条件。

2.1.4 微波时间对黄酮得率的影响 由图 4 可知,随着反应时间的增加黄酮得率明显升高,40 s 时达到最高。继续延长反应时间得率下降,这可能与微波破坏黄酮结构有关。因此,选择微波时间 40 s 为最佳微波时间条件。

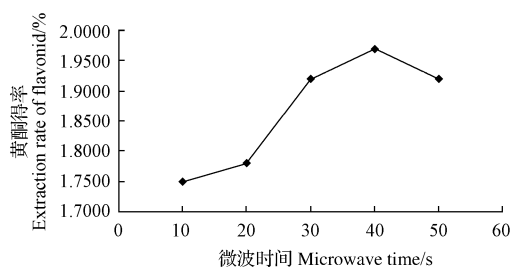


图 4 微波时间对黄酮得率的影响

Fig. 4 The effect of microwave time on the extraction rate of tartary buckwheat shell flavonoid

2.1.5 提取次数对黄酮得率的影响 由图 5 可知,随着提取次数的增加,黄酮得率依次降低。考虑到节能、节时、节料等因素选择提取 2 次为最佳提取次数条件。

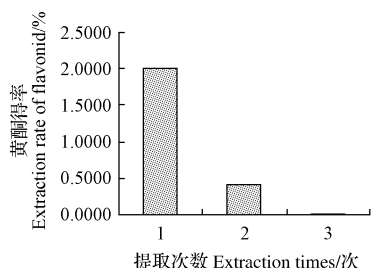


图 5 提取次数对黄酮得率的影响

Fig. 5 The effect of extraction times on the extraction rate of tartary buckwheat flavonoid

## 2.2 响应面优化试验

2.2.1 模型建立与显著性检验 析因试验 1~24 号,中心试验 25~29 号。29 个试验点为析因点和零点,析因点为自变量取值在 A、B、C、D 构成的三维顶点;零点为区域的中心点。表 2 表明,当乙醇浓度为 55%、微波时间 40 s、液固比 60 : 1 mL/g、微波功率 260 W 时,黄酮得率最大。

2.2.2 方差分析和回归方程 由表 3 可知,模型的显著水平  $P < 0.0001$ ,复相关系数  $R^2 = 0.9530$ ,说明该回归方程的拟合度好。其因变量与全体自变量之间的多元回归关系高度显著,回归方程能很好地模拟真实的曲面。该试验方法可靠。模型的调整确定系数  $R^2_{Adj} = 0.9601$ ,说明该模型能解释 96.01% 试验数据的变异性,该模型拟合程度良好,试验误差小。变异系数(C. V. %)为 2.89%,说明模型方程能很好的反应真实的试验值。可以用该模型方程来分析和预测不同提取条件下苦荞壳

黄酮得率的变化。利用 Design-Expert7.1.6 软件,通过表 2 中苦荞壳黄酮得率试验数据进行多元回归拟合,获得苦荞壳黄酮得率对编码自变量溶剂浓度(A)、微波时间(B)、液固比(C)和微波功率(D)的回归方程为: $Y = 1.98 + 0.064A + 0.043B + 0.096C + 0.015D + 0.018AB -$

表 2 响应面分析方案及试验结果

Table 2 Result and prediction of the design of RSM

试验号	A/%	B/s	C/(mL·g <sup>-1</sup> )	D/W	黄酮得率/%
1	35	30	60 : 1	260	1.5100
2	75	30	60 : 1	260	1.5700
3	35	50	60 : 1	260	1.5300
4	75	50	60 : 1	260	1.6600
5	55	40	45 : 1	195	1.6500
6	55	40	75 : 1	195	1.8100
7	55	40	45 : 1	325	1.6100
8	55	40	75 : 1	325	1.8200
9	35	40	60 : 1	195	1.4400
10	75	40	60 : 1	195	1.6800
11	35	40	60 : 1	325	1.5500
12	75	40	60 : 1	325	1.7800
13	55	30	45 : 1	260	1.4900
14	55	50	45 : 1	260	1.6600
15	55	30	75 : 1	260	1.7500
16	55	50	75 : 1	260	1.7900
17	35	40	45 : 1	260	1.4900
18	75	40	45 : 1	260	1.5700
19	35	40	75 : 1	260	1.7100
20	75	40	75 : 1	260	1.7400
21	55	30	60 : 1	195	1.6800
22	55	50	60 : 1	195	1.7700
23	55	30	60 : 1	325	1.6700
24	55	50	60 : 1	325	1.7800
25	55	40	60 : 1	260	1.9800
26	55	40	60 : 1	260	1.9600
27	55	40	60 : 1	260	1.9700
28	55	40	60 : 1	260	1.9800
29	55	40	60 : 1	260	1.9900

表 3 方差分析

Table 3 The analysis of regression model

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	P-value Prob>F
模型	0.69	14	0.050	20.29	<0.0001
A	0.049	1	0.049	20.24	0.0005
B	0.023	1	0.023	9.23	0.0089
C	0.11	1	0.11	45.14	<0.0001
D	2.700E-003	1	2.700E-003	1.11	0.3108
AB	1.225E-003	1	1.225E-003	0.50	0.4903
AC	6.250E-004	1	6.250E-004	0.26	0.6207
AD	2.500E-005	1	2.500E-005	0.010	0.9208
BC	4.225E-003	1	4.225E-003	1.73	0.2095
BD	1.000E-004	1	1.000E-004	0.041	0.8425
CD	6.250E-004	1	6.250E-004	0.26	0.6207
A <sub>2</sub>	0.37	1	0.37	151.56	<0.0001
B <sub>2</sub>	0.17	1	0.17	68.09	<0.0001
C <sub>2</sub>	0.11	1	0.11	45.83	<0.0001
D <sub>2</sub>	0.082	1	0.082	33.68	<0.0001
残差	0.034	14	2.441E-003		
失拟误差	0.034	10	3.366E-003	25.89	0.0033
纯误差	5.200E-004	4	1.300E-004		
总和	0.73	28			
R <sup>2</sup> = 0.9530 R <sup>2</sup> Adj = 0.9601 R <sup>2</sup> Pred = 0.7324					
Adeq Precisor = 15.271 C. V. % = 2.89					

$0.013AC - 0.0025AD - 0.032BC + 0.005BD + 0.012CD - 0.24A^2 - 0.16B^2 - 0.13C^2 - 0.11D^2$ 。对方程中一次项系数的绝对值进行单因子效应分析,各因素对黄酮得率的影响情况是液固比(C)>溶剂浓度(A)>微波时间(B)>微波功率(D)。分别对 A、B、C、D 求偏导,得四元一次方程组,解四元一次方程组得:A=0.127、B=0.109、C=0.36、D=0.064。即溶剂浓度 57.54%、微波时间 41.09 s、液固比 65.4 : 1 mL/g、微波功率 264.16 W。在此条件下,苦荞壳黄酮得率可达 2.004%。考虑到实际操作的限制性,将苦荞壳黄酮提取工艺参数修

正为溶剂浓度 58%、微波时间 41 s、液固比 65 : 1 mL/g、微波功率 260 W。

2.2.3 响应面分析 对表 2 数据进行二次多元回归拟合,所得到的二次回归方程的响应面图见图 6~11,2 个因素间交互作用非常明显。因此可以看出黄酮得率的最高点在因素零水平附近出现。

2.2.4 验证试验 在修正条件下进行 5 次提取试验,得到苦荞壳黄酮的得率实测值为 1.9800%,回归方程所得预测值为 2.004%。证明采用响应面分析方法优化得到的提取工艺参数可靠。

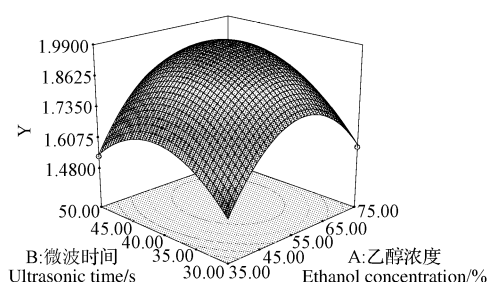


图 6 乙醇浓度和微波时间对黄酮得率的影响

Fig. 6 The effect of ultrasonic time and the ethanol concentration on the yield of tartary buckwheat shell flavonoid

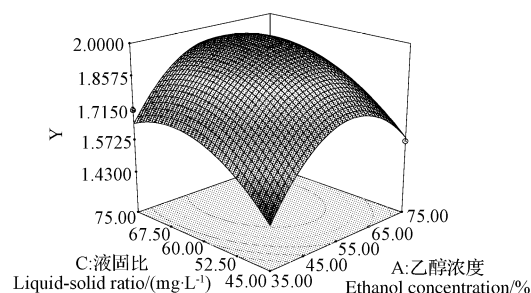


图 7 乙醇浓度和液固比对黄酮得率的影响

Fig. 7 The effect of liquid-solid ratio and the ethanol concentration on the yield of tartary buckwheat shell flavonoid

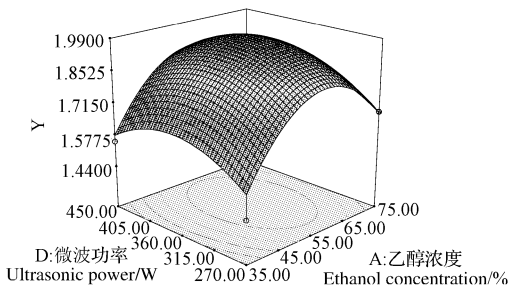


图 8 乙醇浓度和微波功率对黄酮得率的影响

Fig. 8 The effect of ultrasonic power and the ethanol concentration on the yield of tartary buckwheat shell flavonoid

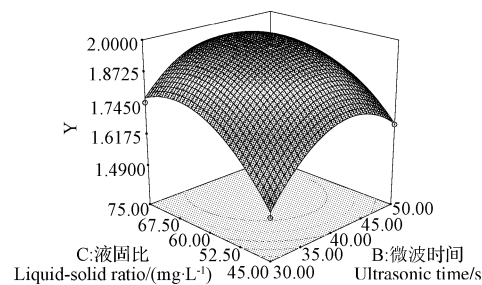


图 9 微波时间和液固比对黄酮得率的影响

Fig. 9 The effect of ultrasonic time and liquid-solid ratio on the yield of tartary buckwheat shell flavonoid

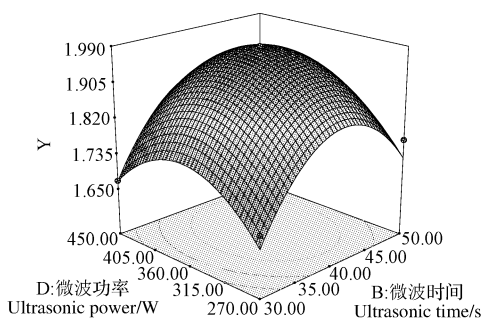


图 10 微波时间和微波功率对黄酮得率的影响

Fig. 10 The effect of ultrasonic time and power on the yield of tartary buckwheat shell flavonoid

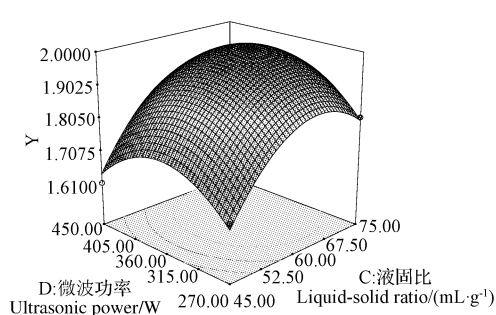


图 11 液固比和微波功率对黄酮得率的影响

Fig. 11 The effect of liquid-solid ratio and ultrasonic power on the yield of tartary buckwheat shell flavonoid



## 2.3 不同方法对苦荞壳黄酮提率影响

表4表明,超声波辅助法黄酮得率最大,但微波辅助法用时为超声辅助法的1/20,提取次数为1次,节能省时且工艺相对简单,为最佳选择。

表4 不同方法萃取苦荞壳黄酮比较

Table 4 Comparison of tartary buckwheat shell flavonoid with different extraction methods

因素 Factor	超声波辅助法 Ultrasound-assisted extraction	微波辅助法 Microwave-assisted extraction	索氏法 Soxhlet method
微波功率 Ultrasonic power/W	320	720	
液固比 Liquid-solid ratio/(mL·g <sup>-1</sup> )	50	50	150
微波时间 Ultrasonic time/s	40	2	150
温度 Temperature/℃	55		
次数 Times	2	1	1
吸光度 A	0.296	0.224	0.186
浓度 Concentration/(mg·mL <sup>-1</sup> )	0.0281	0.0210	0.0173

## 2.4 苦荞壳黄酮不同萃取方法对 DPPH 自由基的清除率的比较

不同方法苦荞壳提取液及叔丁基对苯二酚对 DPPH 的清除率对比结果如图12。由图12可知,苦荞壳黄酮提取物具有较强的抗氧化作用。在清除率为50%时,苦荞壳黄酮浓度为0.96 μg/mL(超声波法)、1.40 μg/mL(微波法)、1.27 μg/mL(索氏法),而叔丁基对苯二酚的浓度为2.40 μg/mL。

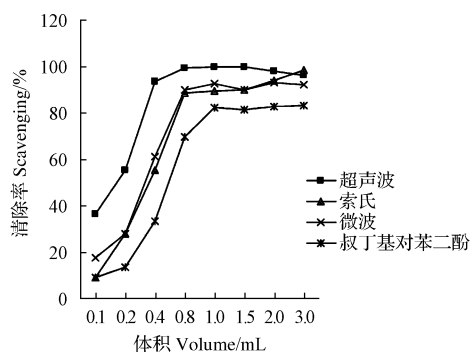


图12 不同方法苦荞壳提取液及叔丁基对苯二酚对 DPPH 的清除率的比较

Fig. 12 Comparison of DPPH scavenging for the flavonoid extracts of tartary buckwheat shell with different extracting methods to tert-butyl hydroquinone

## 3 结论

该试验在单因素基础上采用响应面分析法对苦荞壳中总黄酮的微波提取工艺进行优化,结果表明,微波提取苦荞壳中总黄酮的最佳工艺为:乙醇浓度57.54%、微波时间41.09 s、液固比65.4:1 mL/g、微波功率264.16 W,提取次数1次。总黄酮得率实测值为1.9800%,预测值为2.004%。采用微波辅助提取苦荞麦壳中黄酮可行且具有高效、节能环保等特点。

苦荞壳黄酮提取物具有较强的抗氧化作用,不同方法提取液在对 DPPH 的清除率为50%时,苦荞壳黄酮浓度为0.96 μg/mL(超声波法)、1.40 μg/mL(微波法)、1.27 μg/mL(索氏法),而叔丁基对苯二酚(CK)的浓度为2.40 μg/mL,苦荞壳黄酮作为天然抗氧化剂在人类保健、医药领域有广阔的应用前景。

(该文作者还有李静宇,单位同第一作者。)

## 参考文献

- [1] 谭萍,方玉梅,王毅红,等. 苦荞种子黄酮类化合物清除 DPPH 自由基作用[J]. 食品研究与开发,2008,29(12):20-23.
- [2] 徐宝才,丁霄. 苦荞壳中黄酮提取工艺的研究[J]. 食品工业科技,2002,23(8):40-43.
- [3] 唐宇,王安虎. 苦荞的成分功能研究与开发应用[J]. 四川农业大学学报,2001(4):12-13.
- [4] Cao W, Chen W J, Suo Z R, et al. Protective effects of ethanolic extracts of buckwheat groats on DNA damage caused by hydroxyl radicals[J]. Food Research International, 2008, 41(9):924-929.
- [5] Wang A M, Zhang F K, Huang L F, et al. New progress in biocatalysis and biotransformation of flavonoids [J]. Journal of Medicinal Plants Research, 2010, 4(10):847-856.
- [6] Calderon-Montano J M, Burgos-Moron E, Perez-Guerrero C, et al. A Review on the Dietary Flavonoid Kaempferol[J]. Mini-Reviews in Medicinal Chemistry, 2011, 11(4):298-344.
- [7] 林汝法,周小理,任贵兴,等. 中国荞麦的生产与贸易、营养与食品[J]. 食品科学, 2005, 26(1):259-263.
- [8] 谢明勇,陈奕. 微波辅助萃取技术研究进展[J]. 食品与生物技术学报, 2006, 25(1):105-114.
- [9] 苏秀芳,陈明兰,农克良. 超声波辅助提取人面子叶总黄酮的工艺研究[J]. 中药材, 2010, 33(12):1962-1964.
- [10] 彭彪,王梅英,陈绍军,等. 正交实验优化岩茶黄酮微波提取工艺[J]. 食品研究与开发, 2008(2):15-18.
- [11] 何书美,刘敬兰. 茶叶中总黄酮含量测定方法的研究[J]. 分析化学, 2007, 35(9):1365-1368.
- [12] 王迎进,于蕾,闫军,等. 超声提取酸枣叶中总黄酮[J]. 食品与发酵工业, 2012, 38(2):229-232.

## Study on the Microwave-assisted Extraction Total Flavonoids of Tartary Buckwheat Shell and Its Antioxidation Capacity

WEI Zeng-yun<sup>1</sup>, ZHANG Hai-rong<sup>2</sup>, CHEN Jin-e<sup>2</sup>, JIA Jun<sup>1</sup>, DONG Fang-juan<sup>1</sup>, BO Yi-lan<sup>1</sup>, LI Jing-yu<sup>1</sup>

(1. College of Xinzhou Occupation Technology, Xinzhou, Shanxi 034000; 2. Institute of Biochemical Analysis, Xinzhou Teachers' University, Xinzhou, Shanxi 034000)

# 工厂化杏鲍菇菌糠对几种食用菌菌丝生长的影响

邹金美, 余慧金, 吴美莲, 魏志霞

(闽南师范大学 生物科学与技术学院, 福建 漳州 363000)

**摘要:**以杏鲍菇菌糠为试材,采用固体平板培养法研究了不同浓度的杏鲍菇菌糠对鸡腿菇、毛木耳、黑木耳、金福菇、杏鲍菇菌丝生长的影响。结果表明:在设定的浓度范围内,杏鲍菇菌糠对毛木耳、黑木耳菌丝生长几乎没有抑制作用;当菌糠浓度较高(200、400 g/L)时,对鸡腿菇和杏鲍菇有一定的抑制效应,对金福菇的抑制最为明显;当菌糠浓度较低(50 g/L)时,呈现出极显著的抑制效果。

**关键词:**杏鲍菇菌糠;食用菌菌丝;生长速率

**中图分类号:**S 646.1<sup>+</sup>41 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)20-0149-04

杏鲍菇[*Pleurotus eryngii* (DC. Ex Fr.) Quél.] 菌肉肥厚,质地脆嫩,营养丰富,是近年来工厂化栽培比较成功的一个珍稀食用菌种类。近年来漳州市杏鲍菇栽培工厂迅速发展,据统计至2012年仅漳州市杏鲍菇栽培工厂达到80家,日产量已达200 t,是全国杏鲍菇工厂最集中、日产量最大的产地之一<sup>[1]</sup>。按照工厂化杏鲍菇生产中65%的生物转化率计算,漳州每天产生杏鲍菇菌糠近350 t,工厂化栽培杏鲍菇时为提高冷房的利用率,杏鲍

菇往往只采收一潮菇,因此菌糠中营养成分和其它有益成分残留还很多。据分析杏鲍菇菌糠中含有丰富的粗蛋白、粗脂肪、粗纤维、必需氨基酸等营养成分<sup>[2-3]</sup>,如果加以合理利用,是对生物资源的极大浪费。因漳州是著名的花木之乡,当地对杏鲍菇菌糠的处理主要是制作成生物有机肥做为栽培花木的肥料或无土栽培的基质,另外也有部分工厂使用废菌棒作为锅炉燃料。综合考虑常用的几种菌糠处理方式,如二次种菇、花木栽培基质、菌糠饲料、生物有机肥、燃料和活性物质提取等<sup>[4]</sup>,认为利用菌糠二次栽培食用菌无疑是对生物质的最大限度利用。该研究探讨了杏鲍菇菌糠取代马铃薯综合培养基中的马铃薯后,对鸡腿菇、毛木耳、黑木耳、金福菇和杏鲍菇5种食用菌菌丝生长的影响,以期利用杏鲍菇菌糠作为上述几种食用菌栽培代料或部分替代料提供参考。

**第一作者简介:**邹金美(1972-),女,硕士,副教授,现主要从事园艺植物与菌物及其次生代谢产物等研究工作。E-mail:jimmy709@126.com.

**基金项目:**福建省大学生创新创业训练资助项目;闽南师范大学校创新团队资助项目。

**收稿日期:**2014-07-14

**Abstract:** Taking dry powder of tatar buckwheat shell from Lingqiu of Shanxi as material, the total flavonoids of tatar buckwheat shell was studied with the microwave-assisted extraction technology. The quadratic polynomial regression equation prediction model was obtained by using the Box-Behnken central composite test and response surface analysis based on the single factor experiments, such as different alcohol concentration (A), time (B), liquid-solid ratio (C), and the microwave power (D). The free radical scavenging rates of the flavonoids of tatar buckwheat shell using DPPH was tested with tert-butyl hydroquinone as the contrast. The results showed that the optimal conditions of microwave-assisted extraction of the total flavonoids were as follows: 57.54% of solvent concentration, time of 41.09 s, 65.4 : 1 mL/g of the ratio of liquid to solid, power of 264.16 W, the yield of total flavonoids was up to 1.9800%, the predictive was 2.004%. The flavonoids of tatar buckwheat shell had a strong antioxidant effect, the scavenging rates of tatar buckwheat shell flavonoids was up to 50% to DPPH,  $C_{50\%}$  of tatar buckwheat shell flavonoids were at 0.96  $\mu\text{g/mL}$  with ultrasonic method, 1.40  $\mu\text{g/mL}$  with microwave-assisted extraction, 1.27  $\mu\text{g/mL}$  with soxhlet extraction, and 2.40  $\mu\text{g/mL}$  of the tert-butyl hydroquinone (CK), respectively. The tatar buckwheat shell flavonoids was a promising natural antioxidant.

**Keywords:** tatar buckwheat shell; response surface analysis method; total flavonoids; microwave-assisted extraction; antioxidation capacity