

响应面优化超声-微波协同提取 石榴叶中总黄酮工艺的研究

滕井通^{1,2}, 詹小龙¹, 宫坤³, 薛建平^{1,2}, 段永波^{1,2}, 宋迎春¹, 盛玮^{*1,2}

(1. 淮北师范大学 生命科学学院, 安徽 淮北 235000; 2. 资源植物生物学安徽省重点实验室, 安徽 淮北 235000;
3. 淮北普豪生物科技有限公司, 安徽 濉溪 234100)

摘要: 为确定石榴叶中总黄酮提取的最佳工艺, 在单因素试验的基础上, 应用响应面法优化石榴叶中总黄酮的提取条件。结果表明: 微波功率、提取时间和料液比对黄酮提取率影响极显著; 最佳工艺为: 乙醇体积分数 71.5% (v/v), 微波功率 662 W, 提取时间 262 s, 液料质量体积比 33.5 g/mL, 在此条件下提取 1 次, 石榴叶中总黄酮的提取率为 89.21%。

关键词: 超声-微波协同萃取; 石榴叶; 总黄酮; 响应面法

中图分类号: TS 225.4 文献标志码: A 文章编号: 1673—1689(2015)07—0744—07

Optimization of Ultrasonic-Microwave Synergistic Extraction of Total Flavonoids from Leaves of *Punica granatum* L. by Response Surface Methodology

TENG Jingtong^{1,2}, ZHAN Xiaolong¹, GONG Kun³, XUE Jianping^{1,2},
DUAN Yongbo^{1,2}, SONG Yingchun¹, SHENG Wei^{*1,2}

(1. College of Life Sciences, Huaibei Normal University, Huaibei 235000, China; 2. Anhui Key Laboratory of Plant Resources and Biology, Huaibei 235000, China; 3. Huaibei Puhao Biological Technology Co., Ltd., Suixi 234100, China)

Abstract: To optimize the extraction technology of total flavonoids from Leaves of *Punica granatum* L., response surface methodology was applied on the basis of single factor tests. The results showed that microwave power, extraction time and liquid-to-material ratio had extremely significant effect on the extraction rate of total flavonoids. Ethanol concentration of 71.5% (v/v), microwave power of 662 W, extraction time of 242 s and solid/liquid ratio of 33.5 (g/mL) were found optimum. Under the optimized conditions, the extraction rate of total flavonoids from Leaves of *Punica granatum* L. was 89.21% by extracting once.

Keywords: ultrasonic-microwave synergistic extraction, leaves of *Punica granatum* L., total flavonoids, response surface methodology

收稿日期: 2014-07-21

基金项目: 安徽省科技计划项目(12070303032); 安徽省教育厅自然基金项目(KJ2012A255)。

作者简介: 滕井通(1975—), 男, 蒙古族, 江苏徐州人, 理学硕士, 讲师, 主要从事食品及保健品研究。E-mail: tt7510@163.com

* 通信作者: 盛玮(1963—), 男, 河南信阳人, 理学硕士, 教授, 主要从事食品生物技术研究。E-mail: biosw2006@126.com

石榴叶是石榴科植物石榴(*Punica granatum* L.)的叶,我国石榴以产果为主,重点产区有安徽怀远、淮北,陕西临潼,山东枣庄,云南巧家,四川会理和新疆和田等地区。《图纪本草》记载:“榴叶者,主咽喉燥渴、止下利漏精、止血之功能”。据报道,已从石榴叶中分离出熊果酸、白桦脂酸、甘露醇、菟单宁以及鞣花单宁、没食子酸、鞣花酸、短叶苏木酚、木犀草素 4'-O- β -葡萄糖苷、黄酮苷类等 20 多种化合物^[1-3]。其黄酮类物质的含量较高^[4-5],而天然植物黄酮类化合物具有降脂、抗心血管疾病、消除自由基及抗氧化、抗骨质疏松、防癌抗癌等作用^[6-8],可广泛用于医药^[9]、化妆品^[10]、食品^[11]等行业,具有极广的应用开发前景。

超声-微波协同萃取,具有操作简单、能有效提高提取率、缩短提取时间、降低能耗,节约成本等优点,在蛋白质、色素、多糖、油脂、叶绿素等提取方面应用广泛^[12-18]。作者以石榴叶为原料,采用超声-微波协同萃取石榴叶中总黄酮,通过响应面法优化石榴叶中总黄酮提取工艺,为开发利用石榴叶黄酮提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

石榴叶:十月下旬采收于淮北塔山,干燥、粉碎后过 20 目筛备用。

体积分数 95%乙醇、浓盐酸、亚硝酸钠、硝酸铝、氢氧化钠等:均为国产分析纯;芦丁标准品:(纯度>98%),中国药品生物制品检定所提供。

1.2 仪器与设备

CW-2000 超声-微波协同萃取仪:上海新拓微波溶样测试技术有限公司产品;UV-4802 型紫外可见分光光度计:尤尼科上海仪器有限公司产品;JA2003 电子天平:上海良平仪器仪表有限公司产品;FDV 超微粉碎机:北京环亚天元机械技术有限公司产品。

1.3 试验方法

1.3.1 黄酮类化合物含量测定 芦丁标准溶液的配制及标准曲线的制定是在参考相关文献^[9]的基础上适当修改,其方法为:准确称取芦丁标准品 10.00 mg,用体积分数 75%的乙醇溶解并定容于 50 mL 容量瓶中,其质量浓度为 0.200 mg/mL 的标准溶

液。准确吸取 0.0、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5 mL 标准溶液于 10 mL 的容量瓶中,再分别加入 0.3 mL 质量分数 5% NaNO₂ 溶液,摇匀后放 6 min,加入 0.3 mL 质量分数 10% Al(NO₃)₃ 溶液,摇匀后放置 6 min,加入 4.0 mL 质量分数 4% NaOH 溶液,最后用体积分数 75%的乙醇定容至刻度,摇匀,静置 12 min 后,在最大吸收峰 508 nm 处测定各浓度标准品的吸光度,以吸光度对质量浓度做标准曲线,所得线性回归方程为 $A=11.201C-0.013$, $R^2=0.9998$ 。

石榴叶中总黄酮的测定:取石榴叶提取液 1.0 mL 于 10 mL 的容量瓶中,分别加入质量分数 5% NaNO₂ 溶液 0.3 mL,摇匀,放置 6 min 后加入质量分数 10% Al(NO₃)₃ 溶液 0.3 mL,摇匀后放置 6 min,再加入质量分数 4% NaOH 溶液 4.0 mL,最后用体积分数 75%的乙醇定容至刻度,摇匀后静置 12 min,在 508 nm 处测定吸光度,根据线性回归方程换算成样品中的总黄酮含量。

1.3.2 石榴叶中总黄酮提取单因素研究 准确称取一定量的石榴叶粉,按一定比例加浸提剂,在一定的条件下进行超声-微波辅助浸提后,将提取液过滤定容,测定总黄酮的含量。根据提取液总黄酮的含量研究乙醇体积分数、微波功率、提取时间、液料比等因素对石榴叶中总黄酮的提取效果的影响。

1.3.3 石榴叶中总黄酮提取率的计算

$$\text{提取率}(\%) = \frac{c \times V}{\sum c \times V} \times 100\%$$

式中, c 为每级提取液黄酮的质量浓度(mg/mL); V 为每级提取液的体积(mL)。

2 结果与分析

2.1 不同乙醇体积分数的浸提剂对石榴叶中总黄酮提取效果的影响

称取 10.0 g 石榴叶粉,按液料体积质量比 30 mL/g 加入不同体积分数乙醇溶液,在微波功率 600 W 下萃取 240 s。由图 1 可知,乙醇体积分数在 50%~70%范围内,随着乙醇体积分数增加,石榴叶中总黄酮提取率增加,但乙醇体积分数超过 70%时,石榴叶中总黄酮提取率反而下降,故提取剂的乙醇体积分数以 70% 左右为宜。

2.2 微波功率对石榴叶中总黄酮提取效果的影响

称取 10.0 g 石榴叶粉,按液料体积质量比 30

mL/g 加入体积分数 70% 的乙醇溶液, 分别在 150、300、450、600、750、900 W 的微波功率下萃取 240 s。由图 2 可知, 当微波功率在 150~600 W 时, 随着微波功率的增大, 微波的作用逐渐加强, 石榴叶中总黄酮得率逐渐增加。当微波功率达到 600 W 时, 提取率达到最大, 之后呈逐渐下降趋势, 可能是由于较大微波功率使石榴叶中的某些黄酮类成分遭到破坏, 从而导致黄酮得率有所下降^[20], 因此微波功率以 600 W 左右为宜。

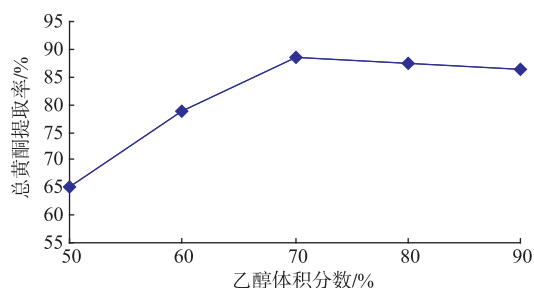


图 1 乙醇体积分数对石榴叶中总黄酮提取效果的影响
Fig. 1 Effects of ethanol concentration on extraction

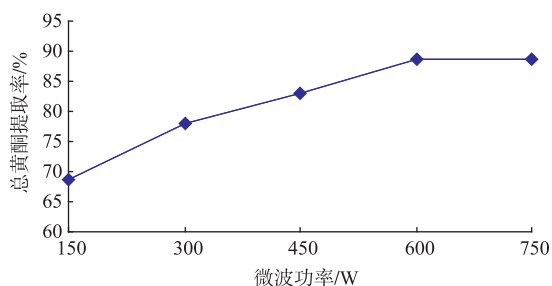


图 2 微波功率对石榴叶中总黄酮提取效果的影响
Fig. 2 Effects of microwave output power on extraction

2.3 浸提时间对石榴叶中总黄酮提取效果的影响

称取 10.0 g 石榴叶粉, 按液料体积质量比 30 mL/g 加入体积分数 70% 的乙醇溶液, 在微波功率 600 W 下分别萃取 60、120、180、240、300、360、420 s, 其结果如图 3。由图 3 可知, 在 240 s 时间内, 随着时间的延长, 石榴叶中总黄酮提取率迅速增加。超过 240 s 后, 石榴叶中总黄酮不再增加, 反而出现下降, 这可能是由于石榴叶中的某些黄酮类成分降解及提取剂挥发所致。从生产成本考虑, 提取时间越长, 能耗越大, 故提取时间以 240 s 左右为宜。

2.4 液料体积质量比对石榴叶中总黄酮提取效果的影响

称取 10.0 g 石榴叶粉, 按不同液料体积质量比

比分别加入体积分数 70% 的乙醇溶液, 在微波功率 600 W 下萃取 240 s。由图 4 可知, 石榴叶中总黄酮提取率随液料体积质量比的增加显著提高, 其原因可能是随着液料体积质量比的增加, 黄酮的传质动力也增加, 使得原料中更多的黄酮融入提取剂中。当液料体积质量比超过 30 mL/g 时, 黄酮的提取率没有显著变化, 综合考虑浸提效果、溶剂用量和浓缩负荷 3 方面, 选择液料体积质量比为 30 mL/g 左右为宜。

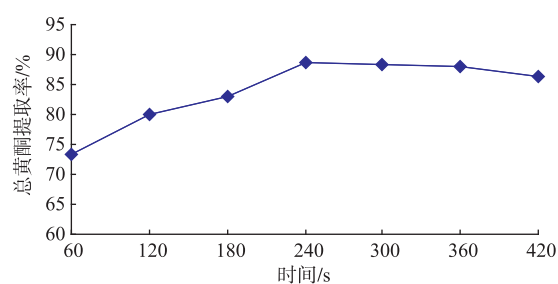


图 3 浸提时间对石榴叶中总黄酮提取效果的影响
Fig. 3 Effects of extraction time on extraction

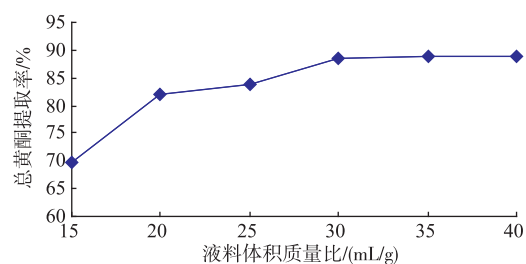


图 4 液料体积质量比对石榴叶中总黄酮的浸提效果
Fig. 4 Effects of different ratio of material to solvent on extraction

2.5 超声-微波协同提取石榴叶中总黄酮的工艺优化

2.5.1 试验设计与结果 以单因素实验结果为基础, 根据 Box-Behnken 实验设计原理, 选取乙醇体积分数(X_1)、微波功率(X_2)、提取时间(X_3)和液料体积质量比(X_4)4 个因素为自变量, 以石榴叶总黄酮提取率为响应值, 每一个自变量的低、中、高试验水平分别以 -1、0、1 进行编码(表 1), 根据相应的试验表进行试验后, 对数据进行二次回归拟合, 得到包括一次项、二次项、交互项的二次方程, 分析各因素的主效应和交互效应, 最后在水平范围内求取最佳值, 试验方案及结果见表 2。

表 1 Box-Benhknen 响应面分析试验因素与水平
 Table 1 Factors and levels in the Box -Benhnken experimental design

水平	X_1 (乙醇体积分数)/%	X_2 (微波功率)/W	X_3 (提取时间)/s	X_4 (液料体积质量比)/(mL/g)
-1	60	450	180	25
0	70	600	240	30
1	80	750	300	35

注:表中各自变量编码值与真实值之间的关系分别为: $x_1=$

$(X_1-70)/10, x_2=(X_2-600)/150, x_3=(X_3-240)/60, x_4=(X_4-30)/5。$

2.5.2 模型方程的建立与显著性检验 通过 Minitab 15 统计软件分析,获得石榴叶总黄酮提取率对编码自变量乙醇体积分数、微波功率、提取时间和液料比的二次多项回归。根据实验结果建立的数学模型为: $A=88.39-0.075\ 8x_1+2.868\ 3x_2+1.273\ 3x_3+3.346\ 7x_4-4.296\ 73x_1^2-3.082\ 9x_2^2-1.780\ 4x_3^2-2.419\ 2x_4^2+2.705x_1x_2+1.587\ 5x_1x_3-0.09x_1x_4-0.907\ 5x_2x_3-0.192\ 5x_2x_4+0.245x_3x_4。$

表 2 响应面分析方案及试验结果
 Table 2 Experimental design and corresponding results for response surface analysis

实验号	乙醇体积分数 X_1	微波功能 X_2	提取时间 X_3	液料体积质量比 X_4	提取率/%	拟合值/%
1	0	0	0	0	88.36	88.39
3	1	0	0	-1	78.56	78.34
3	1	1	0	0	87.13	86.51
4	1	0	1	0	84.72	85.09
5	1	0	-1	0	79.13	79.38
6	0	0	1	-1	81.74	81.87
7	-1	-1	0	0	80.41	80.92
8	0	0	-1	-1	79.54	79.82
9	0	0	0	0	88.26	88.39
10	1	0	0	1	84.92	84.86
11	0	-1	0	1	83.23	83.56
12	0	0	0	0	88.51	88.39
13	0	0	-1	1	86.26	86.02
14	0	0	0	0	88.67	88.39
15	0	1	1	0	86.21	86.76
16	-1	0	-1	0	82.97	82.70
17	0	1	0	-1	82.82	82.60
18	-1	1	0	0	81.64	81.25
19	0	0	0	0	88.15	88.39
20	0	-1	1	0	83.38	82.84
21	-1	0	0	1	84.97	85.19
22	-1	0	0	-1	78.25	78.31
23	0	-1	-1	0	79.03	78.48
24	0	0	1	1	89.44	89.06
25	0	1	-1	0	85.49	86.29
26	-1	0	1	0	82.21	82.07
27	1	-1	0	0	75.08	75.36
28	0	-1	0	-1	76.51	76.48
29	0	1	0	1	88.77	88.91

由表 3 可以看出,回归方程具有高度的显著性($P\leq 0.01$),失拟项具有不显著性($P=0.07>0.05$), $R^2=99.33\%$,表明响应值石榴叶总黄酮提取率实际值与

预测值之间具有较好的拟合度。为检验方程的有效性,对石榴叶中总黄酮提取的数学模型进行显著性检验。由表 4 可知,一次项 X_2 、 X_3 和 X_4 极显著($P\leq$

0.01),说明微波功率、提取时间和液料体积质量比对石榴叶中总黄酮提取率有极显著影响。交互项 X_1X_2 、 X_1X_3 、 X_2X_3 极显著 ($P \leq 0.01$),说明乙醇体积分数和微波功率、乙醇体积分数和提取时间、微波功

率和提取时间交互项对石榴叶中总黄酮提取率有极显著的影响。二次项 X_1^2 、 X_2^2 、 X_3^2 和 X_4^2 对石榴叶中总黄酮提取率也有极显著的影响 ($P \leq 0.01$)。

表 3 方差分析表

Table 3 Analysis of variance table

来源	自由度	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
回归	14	462.236	462.236	33.016 9	207.40	<0.000 1
线性	4	252.723	252.723	63.180 7	398.38	<0.000 1
平方	4	166.450	166.450	41.612 5	279.02	<0.000 1
交互作用	6	43.064	43.064	7.717 7	37.68	<0.000 1
残差误差	14	3.113	3.113	0.222 4		
失拟	10	2.945	2.945	0.294 5	4.87	0.070
纯误差	4	0.168	0.168	0.042		
合计	28	465.350				

表 4 回归方程偏回归系数的估计值

Table 4 Estimated values of the partial regression coefficients of the regression model

项	系数	系数标准差	T	P
常量	88.39	0.210 9	419.129	<0.000 1
X_1	-0.075 8	0.136 1	-0.557	0.586
X_2	2.868 3	0.136 1	21.071	<0.000 1
X_3	1.273 3	0.136 1	9.354	<0.000 1
X_4	3.347 5	0.136 1	24.591	<0.000 1
X_1^2	-4.296 7	0.185 2	-23.206	<0.000 1
X_2^2	-3.082 9	0.185 2	-16.65	<0.000 1
X_3^2	-1.780 4	0.185 2	-9.616	<0.000 1
X_4^2	-2.419 2	0.185 2	-13.066	<0.000 1
X_1X_2	2.705	0.235 8	11.472	<0.000 1
X_1X_3	1.587 5	0.235 8	6.733	<0.000 1
X_1X_4	-0.09	0.235 8	-0.382	0.708
X_2X_3	-0.907 5	0.235 8	-3.849	<0.000 1
X_2X_4	-0.192 5	0.235 8	-0.816	0.428
X_3X_4	0.245	0.235 8	1.039	0.316
$R^2=99.33\%$	$R^2(\text{Adj})=98.66\%$			

2.5.3 响应面分析 响应面图形是响应值对应于试验因素 X_1 、 X_2 、 X_3 和 X_4 所构成的三维空间的曲面图及其在二维平面上的等高线图,可以直观地反映各因素及他们之间的交互作用对响应值的影响。实验结果显示,乙醇体积分数,液料体积质量比,微波功率对总黄酮提取率的影响较显著。另外,乙醇体积分数与微波功率、乙醇体积分数与提取时间、乙

醇体积分数与液料体积质量比及微波功率与提取时间的交互作用较强,对总黄酮提取率影响显著。

2.5.4 石榴叶中总黄酮最佳提取条件的确定和实验验证 在选取的各因素范围内,根据回归模型通过 Minitab 15 软件分析得出,石榴叶中总黄酮最佳提取条件为乙醇体积分数为 71.515%,微波功率为 662.121 W、超声-微波协同萃取时间为 262.424 s、液料体积质量比 33.485 mL/g,石榴叶中总黄酮提取率的预测值为 90.38%。考虑到实际操作的便利,确定石榴叶中总黄酮的超声-微波协同波提取工艺条件为超声-微波协同提取时间 262 s、微波功率 662 W、乙醇体积分数为 71.5%、液料体积质量比 33.5 mL/g。为了证实预测的结果,用试验中得到的最佳提取工艺条件重复实验 3 次,石榴叶中总黄酮平均提取率为 $(89.21 \pm 2.67)\%$,与预测值 90.38% 基本一致(相对误差 1.31%),说明该方程与实际情况拟合很好,充分验证了所建模型的正确性,说明响应曲面法适用于对石榴叶中总黄酮的超声-微波协同提取工艺进行回归分析和参数优化。

2.6 浸提次数对石榴叶中总黄酮提取效果的影响

准确称取石榴叶粉,每次按液料体积质量比 33.5 mL/g 加入 71.5% 乙醇溶液为浸提剂,微波功率为 662 W,超声-微波协同萃取时间为 262 s。由表 5 可知,第 1 次的提取率高达 89.21%,第 2 次的提取率 7.32%,2 次总的提取率达到 96.53%。考虑到溶剂成本及浓缩过程能量的消耗,石榴叶中总黄酮浸提次数以 1 次为宜。

3 结 语

在单因素试验基础上,利用试验设计软件 Minitab 15,采用响应面法建立了石榴叶中总黄酮提取工艺条件的二次多项式数学模型,对各因子对响应值的影响进行了分析。结果表明模型拟合程度

高,试验误差较小。优化得到的石榴叶中总黄酮提取工艺条件为超声-微波协同萃取时间为 262 s、微波功率为 662 W、乙醇体积分数为 71.5%、液料体积质量比为 33.5 mL/g。在此工艺条件下,对石榴叶提取 1 次,黄酮提取率为 89.21%。

参考文献:

- [1] 林佳,李琰,徐丽珍. 石榴叶的化学成分研究[J]. 中南药学,2005,3(2):70-72.
LIN Jia,LI Yan,XU Lizhen. Chemical Constituents from Leaves of *Punica granatum* L.[J]. **Central South Pharmacy**,2005,3(2):70-72.(in Chinese)
- [2] 杜欣,叶盛英. 石榴叶和石榴皮药理活性研究进展[J]. 天津药学,2007,19(2):64-65.
DU Xin,YE Shengying. Research progress on pharmacological activity of leaves and rind of *Punica granatum* L.[J]. **Tianjin Pharmacy**,2007,19(2):64-65.(in Chinese)
- [3] 花雷. 石榴叶化学成分及其对肝药酶活性影响的研究[D]. 北京:清华大学,2012.
- [4] 吴静,支金虎. 石榴叶中总黄酮含量的测定[J]. 河西学院学报,2006,22(2):49-50.
WU Jing,ZHI Jinhu. Determination of flavones in pom Egranate Leaf[J]. 2006,22(2):49-50.(in Chinese)
- [5] 程江华,任琪,丁之恩. 石榴皮和石榴叶的总黄酮含量及变化研究[J]. 食品工业科技,2010,31(4):68-70.
CHENG Jianghua,REN Qi,DING Zhien. Study on pomegranate peel and pomegranate leafs total flavanone content and change [J]. **Science and Technology of Food Industry**,2010,31(4):68-70.(in Chinese)
- [6] 延玺,刘会青,邹永青,等. 黄酮类化合物生理活性及合成研究进展[J]. 有机化学,2008,28(9):1534-1544.
YAN Xi,LIU Huiqing,ZOU Yongqing,et al. Physiological activities and research advance in synthesis of flavonoids[J]. **Chinese Journal of Organic Chemistry**,2008,28(9):1534-1544.(in Chinese)
- [7] 任虹,张乃元,田文静,等. 源于果蔬的黄酮类化合物及其抗肿瘤作用靶点研究进展[J]. 食品科学,2013,34(11):321-326.
REN Hong,ZHANG Naiyuan,TIAN Wenjing,et al. Research advance in flavonoids derived from fruits and vegetables and corresponding molecular targets of anticancer[J]. **Food Science**,2013,34(11):321-326.(in Chinese)
- [8] 鲁晓翔. 黄酮类化合物抗氧化作用机制研究进展[J]. 食品研究与开发,2012,33(3):220-224.
LU Xiaoxiang. Research progress in antioxidant mechanism of flavonoids [J]. **Food Research and Development**,2012,33(3):220-224.(in Chinese)
- [9] 陈晓慧,徐雅琴. 黄酮类化合物生物活性及在食品中的应用研究[J]. 食品工程,2006,3:12-14.
CHEN Xiaohui,XU Yaqin. The physiological activities of flavonoids and their application research in food industry [J]. **Food Engineering**,2006,3:12-14.(in Chinese)
- [10] 焦晶晶,张英. 植物类黄酮作为护肤因子在化妆品领域的研究进展[J]. 精细化工,2004,21(S):98-102.
JIAO Jingjing,ZHANG Ying. The current research and development of plant flavonoids as skin care factor in cosmetics [J]. **Fine Chemicals**,2004,21(S):98-102.(in Chinese)
- [11] 张来,杨碧昌,刘宁. 植物黄酮类化合物在医药上的应用[J]. 安顺学院学报,2010,12(2):84-86.
ZHANG Lai,YANG Bichang,LIU Ning. Application on the medicine of plant flavonoids [J]. **Journal of Anshun College**,2010,12(2):84-86.(in Chinese)
- [12] 陆晨,邹雨虹,张士康,等. 响应面法优化超声辅助提取茶渣蛋白质的工艺条件 [J]. 食品与生物技术学报,2012,31(3):319-325.
LU Chen,ZOU Yuhong,ZHANG Shikang,et al. Optimization of ultrasound-assisted extraction of protein from tea residue by response surface methodology[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**,2012,31(3):319-325.(in Chinese)
- [13] 辛晓晨,裴志胜,袁腊梅,等. 响应面法优化超声-微波协同萃取槟榔籽油及其脂肪酸组成分析[J]. 食品科学,2012,33(2):67-71.
XIN Xiaochen,PEI Zhisheng,YUAN Lamei,et al. Optimization of ultrasonic-microwave assisted extraction of betel nut oil by

- response surface methodology and analysis of its fatty acid composition[J]. **Food Science**, 2012, 33(2): 67-71. (in Chinese)
- [14] 陈义勇, 窦祥龙, 黄友如, 等. 响应面法优化超声 - 微波协同辅助提取茶多糖工艺[J]. 食品科学, 2012, 33(4): 100-103.
CHEN Yiyong, DOU Xianglong, HUANG Youru, et al. Optimization of ultrasonic/microwave- assisted extraction of polysaccharides from green tea by response surface methodology [J]. **Food Science**, 2012, 33(4): 100-103. (in Chinese)
- [15] 盛玮, 高翔, 薛建平, 等. 超声 - 微波协同提取超级黑糯玉米芯色素的工艺研究[J]. 中国粮油学报, 2011, 26(9): 38-43.
SHENG Wei, GAO Xiang, XUE Jianping, et al. Study on ultrasonic-microwave synergistic extraction of pigment from super black glutinous corn cob[J]. **Journal of the Chinese Cereals and Oils**, 2011, 26(9): 38-43. (in Chinese)
- [16] 尹腾, 陶文沂, 缪恒锋, 等. 响应面法优化超声 - 微波协同萃取蓝藻中叶绿素 a 的研究[J]. 食品与生物技术学报, 2011, 30(3): 427-434.
YIN Teng, TAO Wunyi, MIAO Hengfeng, et al. Optimization of ultrasonic-microwave coordinative extraction of chlorophyll a from blue algae by response surface methodology [J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2011, 30(3): 427-434. (in Chinese)
- [17] 黄生权, 李进伟, 宁正祥. 微波 - 超声协同辅助提取灵芝多糖工艺[J]. 食品科学, 2010, 31(16): 52-55.
HUANG Shengquan, LI Jinwei, NING Zhengxiang. Ultrasonic-microwave synergistic extraction of polysaccharides from cultivated *Ganoderma lucidum*[J]. **Food Science**, 2010, 31(16): 52-55. (in Chinese)
- [18] 陈卫云, 张名位, 廖森泰. 荔枝多糖超声微波酶解协同提取工艺优化[J]. 中国食品学报, 2013, 13(5): 77-84.
CHEN Weiyun, ZHANG Mingwei, LIAO Sentai. 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): 77-84. (in Chinese)
- [19] 张吉祥, 欧来良. 正交试验法优化超声提取枣核总黄酮[J]. 食品科学, 2012, 33(4): 18-21.
ZHANG Jixiang, OU Lailiang. Optimization by orthogonal array design of ultrasonic extraction of total flavonoids from Chinese date seeds[J]. **Food Science**, 2012, 33(4): 18-21. (in Chinese)
- [20] 杜广芬, 蔡志华, 代斌, 等. 超声波 - 微波协同提取沙棘总黄酮的研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(8): 330-332.
DU Guangfen, CAI Zhihua, DAI Bin, et al. Ultrasonic-microwave assisted extraction of total flavonoids from Hippophae rhamnoides[J]. **Science and Technology of Food Industry**, 2012, 33(8): 330-332. (in Chinese)

会 议 信 息

会议名称(中文): 物联网与现代渔业发展技术研讨会

所属学科: 水产学, 计算机应用技术, 计算机网络

开始日期: 2015-10-01

所在城市: 山东省 济宁市

主办单位: 济宁市科学技术协会、中国计算机学会济宁分部

承办单位: 中国科学院计算技术研究所济宁分所

全文截稿日期: 2015-07-08

联系人: 韩女士

联系电话: 0537-5661500

E-MAIL: hanxj@iiot.ac.cn

会议网站: <http://www.ccf.org.cn/sites/ccf/xhdtmry.jsp?contentId=2860516748373>

会议背景介绍:

由济宁市科学技术协会、中国计算机学会济宁分部主办, 中国科学院计算技术研究所济宁分所(山东省物联网技术发展研究院)承办的“物联网与现代渔业发展技术研讨会”, 拟于 2015 年 10 月在山东济宁举办。征文征集范围包括但不限于以下方面: 养殖水域的水质监测信息化建设; 专家在线诊断渔业病害的信息化建设; 现代化渔业技术服务信息化建设; 政务渔业信息服务建设; 现代渔业园区视频监控信息化建设; 现代渔业园区自动化养殖; 渔业水产品质量溯源现状及展望。