

青海春油菜籽皮原花青素的提取工艺优化

王蕊, 秦云霞, 王树林*

(青海大学农牧学院, 西宁 810016)

摘要: **目的** 为了提高春油菜籽皮原花青素的提取率, 对青海春油菜籽皮原花青素提取的方法进行研究, 对提取的关键工艺参数进行优化。 **方法** 采用单因素试验探讨了乙醇浓度、提取温度、提取时间及料液比对原花青素提取效果的影响, 并运用 Box-Behnken 中心组合试验分析乙醇浓度、提取温度和提取时间 3 个因素对提取原花青素的影响, 采用响应曲面分析法优化提取工艺。 **结果** 最佳工艺条件为: 乙醇浓度 63.7%、浸提温度 58.9 °C、浸提时间 53 min。在该条件下, 提取粗原花青素质量比的预测值为 5.16 mg/g, 验证试验值为 5.22 mg/g。通过响应面分析法优化了春油菜籽皮原花青素的提取工艺, 在最佳提取工艺条件下进行验证试验得到的结果与预测理论值相近。 **结论** 响应曲面分析法优化油菜籽皮中原花青素提取工艺是可行的。

关键词: 原花青素; 油菜籽皮; 提取; 响应面分析; 工艺优化

Technology optimization for extracting proanthocyanidin from spring rapeseed hull in Qinghai province

WANG Rui, QIN Yun-Xia, WANG Shu-Lin*

(College of Agriculture and Animal Husbandry of Qinghai University, Xining 810016, China)

ABSTRACT: Objective To increase the yield of extracting proanthocyanidin from rapeseed skin, the methods of extraction were studied, and the technology of extraction was optimized. **Methods** The single factor tests of ethanol volume fraction, extraction temperature and extraction time were studied to explore the effect on extraction of proanthocyanidin in rapeseed skin. The optimum extraction processing was evaluated by Box-Behnken central composite experimental design and response surface methodology analysis. **Results** The optimum extraction conditions were that ethanol volume fraction was 63.7%, extraction temperature was 58.9 °C and extraction time was 53 min. Under these optimized conditions, the experimental value of proanthocyanidin extraction yield was 5.16 mg/g, which was exactly in accordance to the predicted value 5.22 mg/g. The proanthocyanidin extracted process of spring rapeseed skin was optimized by response surface methodology, while validate test results were close to theoretical values under the optimum extraction conditions. **Conclusion** The extraction proanthocyanidin from rapeseed hull using response surface methodology is feasible and reliable.

KEY WORDS: proanthocyanidin; rapeseed hull; extraction; response surface analysis; technology optimization

基金项目: 青海大学“123”高层次人才计划

Fund: Supported by “123” High-Level Personnel Plan in Qinghai University

*通讯作者: 王树林, 教授, 主要研究方向为青藏高原特色食品资源开发。E-mail: wangsl1970@163.com

*Corresponding author: WANG Shu-Lin, Professor, College of Agriculture and Animal Husbandry of Qinghai University, Xining 810016, China. E-mail: wangsl1970@163.com

1 引言

随着油菜籽脱皮压榨技术的成熟,油菜籽皮成了油菜籽加工企业的重要副产品。油菜籽皮富含各类生物活性物质,是具有重大开发价值的优质农副产品资源。油菜籽皮原花青素的开发是青海省特色农产品精深加工的重要方面,此产品的开发及生产将带动青海省油菜籽皮产业的发展,可进一步推动青海省春油菜种植业的发展,促进青海省春油菜完整产业链的形成。我国是油菜籽生产大国,年产量在1000万吨以上,油菜籽含皮16%左右,经脱皮分离后约有75%的种皮分离出来^[1,2]。青海省是春油菜的主产区,据统计,青海春油菜的年产量36万吨,油菜籽皮的潜在产量为5.76万吨。春油菜籽皮原花青素的开发蕴藏巨大的经济价值和开发潜力。

原花青素(proanthocyanidins,简称PC),是从植物中分离得到的具有重要生理活性的一种多酚类化合物^[3],并在1951年首次发现具有抗氧化、清除自由基的能力^[4]。因此,现在多用于防治多种由自由基引起的疾病的药品及食品营养补充剂中^[5],这是它利用价值的最终体现。由于原花青素是一种极强的抗氧化剂,主要存在于植物的皮、壳、核、梗中。而它在葡萄籽中含量最为丰富^[6]。目前,利用葡萄籽、葡萄皮提取原花青素的研究报道较多,廖素凤等^[7]采用响应曲面分析法对葡萄籽原花青素的提取工艺进行研究,结果比较理想。然而,从油菜籽皮中提取原花青素的报道却较少^[8]。

原花青素的提取方法主要有水提取法、有机溶剂提取法、微波辅助提取法和超声辅助提取法等^[9]。据报道,油菜籽皮中原花青素含量较高^[10,11]。但尚未见关于青海春油菜籽皮中花青素的研究,为此本试验以乙醇为提取剂,初步探讨青海春油菜籽皮中原花青素的提取工艺,在单因素试验的基础上,采用Box-Behnken中心组合试验进行工艺因素分析^[12],应用响应曲面分析法^[13-15]进行优化,以期春油菜籽原花青素的研究开发与利用提供一定的基础数据,进一步推动青海省春油菜种植业的发展。

2 材料与方法

2.1 材料与试剂

春油菜籽:购自青海江河源农牧科技发展有限公司。

试剂:香草醛(分析纯,购于天津市光复精细化工研究所)、儿茶素标准品(上海宝曼生物科技有限公司)、乙醇、甲醇、丙酮、浓硫酸、石油醚(均为分析纯,均购于天津市富宇精细化工有限公司)。

2.2 仪器与设备

WFZUV-2802H 紫外可见分光光度计,尤尼柯(上海)仪器有限公司;FA1104 电子天平,上海天平仪器厂;800 型离心沉淀器,上海手术机械十厂;DHG-9070A 电热鼓风干燥箱,上海-恒科学仪器有限公司;2XZ-1 型旋片式真空泵,无锡市医疗设备厂。

2.3 实验方法

2.3.1 显色试剂配制

A: 0.03mg/mL 的香草醛-甲醇溶液; B: V(浓硫酸):V(甲醇)=30:100 的溶液; 显色剂: V(A):V(B)=1:1, 现用现配^[16]。

2.3.2 油菜籽皮中原花青素的提取工艺

取脱脂油菜籽皮粉5g加入500mL的容量瓶中,加入25mL60%的含水乙醇,在60℃的水浴锅中浸提,浸提50min后,过滤除去菜籽皮渣,将浸提液在水浴锅中加热回收乙醇,待回收90%的乙醇后,将浓缩浸提液在离心机中以3000r/min离心沉降10min,过滤除去杂质,然后在浓缩液中加入丙酮,将杂质沉淀出来,过滤去杂质,再将滤液回收后,放入干燥箱中低温干燥,即得粗原花青素。

2.3.3 原花青素标准曲线的绘制

用去离子水配制质量浓度为0.40mg/mL儿茶素标准溶液,用去离子水依次稀释成0.04、0.08、0.16、0.24、0.32mg/mL的测试溶液。分别取各测试溶液0.5mL,加入5.0mL显色剂溶液,定容至10mL,在室温下避光反应20min。以去离子水为空白,在500nm处测吸光值,绘制标准曲线,并计算出回归方程。

$Y=1.512X-0.0058(r^2=0.9978)$ 。Y为500nm处吸光度,X为原花青素质量浓度。

2.3.4 提取液粗原花青素的测定及质量比计算

将油菜籽皮粉末用石油醚脱脂,再称取1g,加入60%乙醇5mL,搅拌20min,将提取液离心(3000r/min)30min,取上清液定容到10mL,作为待测液。取待测液0.5mL,加5mL显色剂,用蒸馏水定容到10mL,在500nm波长下测定吸光度,根据标准曲线计算粗原花青素质量浓度。则提取的粗原花青素占原料的质量比(D)(简称原花青素质量比)由下式计算^[15]:

$$D = \frac{\rho \times N \times V}{M}$$

其中, ρ : 根据标准曲线计算出的原花青素质量浓度, mg/mL;

V : 样品液体积, mL;

N : 稀释倍数;

M : 油菜籽皮干粉质量, g。

2.3.5 单因素试验设计

研究不同乙醇浓度、提取温度、提取时间及料液比(每克原料加入提取剂的毫升数, 简称料液比, 下同)4 个因素对原花青素提取效果的影响。

(1) 乙醇浓度对原花青素提取效果的影响: 在提取温度 60 °C, 料液比 1:5, 提取时间为 1 h, 采用浓度分别为 0%(蒸馏水)、20%、40%、60%、80%的乙醇溶液进行浸提。

(2) 提取温度对原花青素提取效果的影响: 当乙醇浓度为 60%, 料液比 1:5, 提取时间为 1 h 时, 采用温度分别为 30 °C、40 °C、50 °C、60 °C、70 °C 的水浴进行浸提。

(3) 浸提时间对原花青素提取效果的影响: 当乙醇浓度为 60%, 料液比 1:5, 提取温度 60 °C 时, 采用提取时间分别为 30 min、40 min、50 min、60 min、70 min 进行浸提。

(4) 料液比对原花青素提取效果的影响: 当乙醇浓度为 60%, 提取温度 60 °C, 提取时间 1 h 时, 分别采用 1:4、1:5、1:6、1:7、1:8 的料液比进行浸提。

2.3.6 响应面分析法因素水平的选取

根据 Box-Behnken 中心组合试验设计原理, 以乙醇浓度(X_1)、提取温度(X_2)、提取时间(X_3)作为对原花青素提取效果的影响因素, 以原花青素质量比为响应值, 进行 3 因素 3 水平的响应面分析设计。每一自变量的低、中、高水平分别以 -1, 0, 1 进行编码, 试验因素与水平设计见表 1。

表 1 响应面分析试验因素水平表
Table 1 Factors and levels of response surface methodology (RSM) analysis

编码水平	因素		
	乙醇浓度 X_1 /%	提取温度 X_2 /	提取时间 X_3 /min
-1	40	50	40
0	60	60	50
1	80	70	60

3 试验结果

3.1 单因素试验结果及分析

3.1.1 乙醇浓度对原花青素提取效果的影响

乙醇浓度对原花青素提取效果的影响试验结果见图 1。

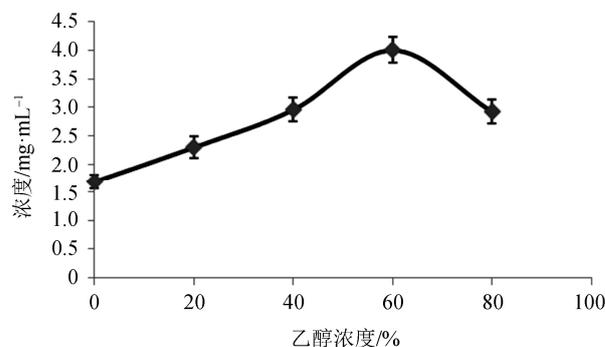


图 1 乙醇浓度对原花青素提取效果的影响

Fig. 1 The effect of ethanol concentration on extraction of procyanidins

由图 1 看出, 在其他条件一定时, 随着乙醇浓度的增加, 提取液中原花青素浓度逐渐升高, 当乙醇浓度达到 60% 时, 原花青素浓度达到最高, 乙醇浓度继续增加, 浓度反而下降, 故选择最适乙醇浓度为 60%。

乙醇有较好的溶解性, 且穿透能力强, 提取液中原花青素的浓度随乙醇浓度的升高而升高; 可能是由于原花青素中的多酚类化合物在乙醇溶液中的溶解性随乙醇浓度的增加而增大, 使提取液中原花青素浓度增大; 乙醇浓度超过 60%, 提取液原花青素浓度呈下降趋势, 可能是由于随着乙醇浓度进一步提高, 一些醇溶性杂质增多, 原花青素的溶解度降低, 提取效果下降。

3.1.2 提取温度对原花青素提取效果的影响

提取温度对原花青素提取效果的影响试验结果见图 2。

由图 2 可见, 在其他条件一定时, 随着浸提温度的升高, 提取液中原花青素浓度逐渐增大, 浸提温度在 60 °C 时, 原花青素的浓度最高, 温度继续升高, 浓度逐渐趋于下降。故选择最适提取温度为 60 °C。

在其他条件一定时, 提高温度可以使原花青素提取液中的活性分子加快渗透和扩散, 进而加快溶解速度, 使大部分分子游离出来, 使提取液中原花青

素的浓度增大;当温度达到 60 ℃时,提取效果最佳。到后期,原花青素中一些活性成分在较高的温度下氧化,结构遭到破坏,因此随温度继续升高,原花青素浓度趋于平稳并呈下降趋势。

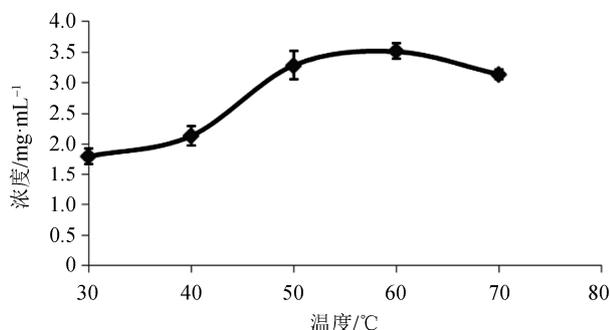


图2 提取温度对原花青素提取效果的影响

Fig. 2 The effect of extraction temperature on procyanidins

3.1.3 提取时间对原花青素提取效果的影响

提取时间对原花青素提取效果的影响试验结果见图3。

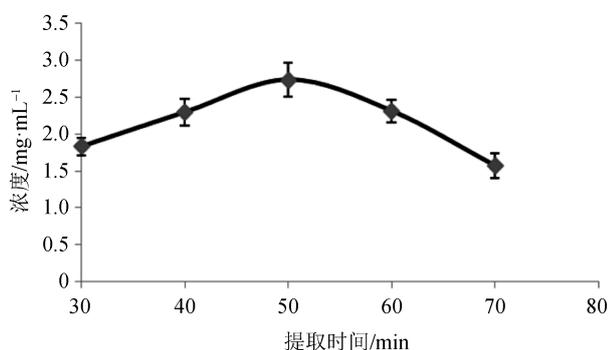


图3 提取时间对原花青素提取效果的影响

Fig. 3 The effect of extraction time on procyanidins

由图3可见,在其他条件一定时,随着提取时间的增加,提取液中原花青素浓度逐渐增大,当提取时间为50 min时,原花青素的浓度最高,提取时间继续延长,浓度反而下降。因此选择最适提取时间为50 min。

在其他条件一定时,在较短的时间内,原花青素还不能够从油菜籽细胞中溶出,所以浓度比较低。随着时间的延长,原花青素充分浸出,因而原花青素的浓度随时间的延长而升高。50 min后,由于时间过长,原花青素可能有破坏和损失,浓度反而下降。

3.1.4 料液比对原花青素提取效果的影响

料液比对原花青素提取效果的影响试验结果见图4。

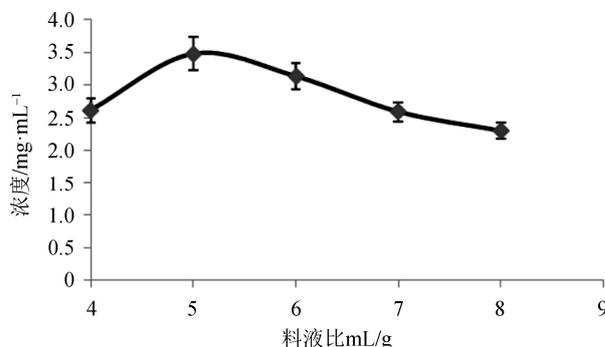


图4 料液比对原花青素提取效果的影响

Fig. 4 The effect of ratio of liquid to solid on procyanidins

由图4可见,在其他条件一定时,料液比为1:5时,提取液的浓度最大,再增大料液比,浓度逐渐下降,故选择最适料液比为1:5。

料液比是提取原花青素的关键工艺因素。当料液比为1:4至1:5时,提取液原花青素浓度呈上升趋势,因为适当比例的料液可以将原花青素活性成分有效溶出。而料液比超过1:5以后,不能使提取效果进一步改善,反而使提取液中原花青素稀释。

3.2 提取工艺条件响应曲面优化

3.2.1 响应面分析试验设计及结果

响应面分析试验结果如表2。

由表2可见共有15组处理组合,其中12组为分析因子试验,3组为零点。试验数据采用Design Expert.V.8.0.5b软件进行回归拟合分析,求出乙醇浓度、提取温度和提取时间这三个影响因素的一次效应、二次效应及其交互效应的关联方程^[10],并做出响应面图。用多元回归拟合分析得到二次多项回归方程:

$$Y=5.07+0.45X_1-0.34X_2+0.16X_3+0.34X_1X_2+0.35X_1X_3+0.27X_2X_3-1.37X_1^2-0.90X_2^2-0.34X_3^2$$

采用Design-Expert.8.05b软件对上述回归方程进行方差分析和显著性检验,结果见表3。

从表3中可以看出,因变量和所有自变量之间的线性关系显著($P < 0.01$),即能够正确反应原花青素质量比与乙醇浓度、提取温度和提取时间之间的关系。从回归方程的各项方差分析结果看出方程的失拟性小,表明该模型拟合程度良好,试验误差小,模型

表2 响应面分析试验设计及结果
Table 2 Design and results of response surface methodology experiment

试验编号	X_1 乙醇浓度/%	X_2 提取温度/°C	X_3 提取时间/min	原花青素质量比 mg/g
1	0	0	0	5.04
2	0	0	0	5.02
3	-1	1	0	1.94
4	0	0	0	5.16
5	-1	0	-1	2.9
6	-1	-1	0	3.13
7	1	0	-1	3.46
8	-1	0	1	2.56
9	1	-1	0	2.97
10	0	1	-1	3
11	0	-1	-1	4.38
12	1	1	0	3.16
13	0	1	1	3.82
14	1	0	1	4.52
15	0	-1	1	4.12

表3 回归模型方差分析及模型系数显著性检验
Table 3 Analysis of variances and significance test of coefficients for the created regression model

方差来源	自由度	平方和	均方	F 值	概率保证 $P > F$	显著性
模型	9	13.38	1.49	21.94	0.0017	**
X_1	1	1.60	1.60	23.63	0.0046	**
X_2	1	0.90	0.90	13.25	0.0149	*
X_3	1	0.20	0.20	3.02	0.1427	
X_1X_2	1	0.48	0.48	7.02	0.0454	*
X_1X_3	1	0.49	0.49	7.23	0.0434	*
X_2X_3	1	0.29	0.29	4.30	0.0928	
X_1^2	1	6.95	6.95	102.49	0.0002	**
X_2^2	1	3.00	3.00	44.29	0.0012	**
X_3^2	1	0.43	0.43	6.36	0.0531	
残差	5	0.34	0.068			
失拟性	3	0.33	0.11	19.04	0.0503	
纯误差	2	0.011	0.005733			
总差	14	13.72				

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

响应值的变异系数 CV 为 7.08%, 较低, 表明试验操作是可信的。从回归模型系数的显著性检验结果可知, X_1 、 X_1^2 、 X_2^2 在 $P < 0.01$ 水平上极显著; X_2 、 X_1X_2 、 X_1X_3

在 $P < 0.05$ 水平上显著, X_3 、 X_2X_3 、 X_3^2 不显著, 说明各因素对原花青素质量比的影响不是简单的线性关系。

3.2.2 响应面图和等高线图分析结果

按照回归方程作出交互因子的响应面图(图 5~7 的 a)和等高线图(图 5~7 的 b),通过分析响应面图及与之对应的等高线图,能比较直观的解释各个变量和变量间的交互作用对响应值的影响。得出各因素对原花青素质量比的影响为:乙

醇浓度对原花青素质量比的影响最为显著,表现为曲面较陡,其次是提取温度,影响作用最小的因素是提取时间,表现为曲面比较平滑;各因素交互作用对原花青素质量比的影响为:乙醇浓度与提取时间的交互作用最强,提取温度与提取时间的交互作用最弱。

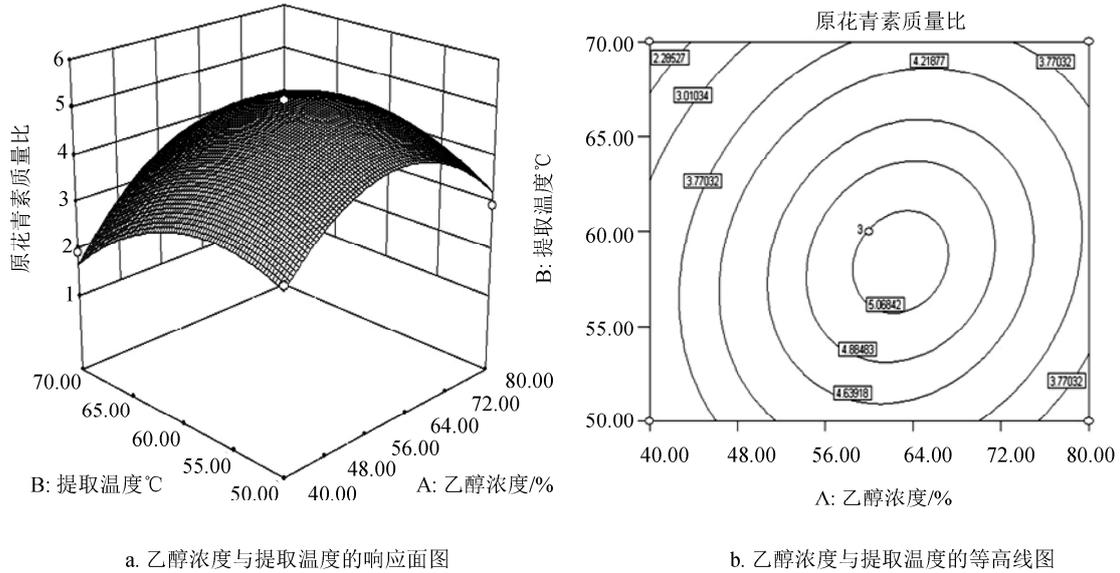


图 5 乙醇浓度和提取温度对原花青素质量比影响的响应面图(a)和等高线图(b)

Fig. 5 The response surface(a) and contour plot(b) of ethanol concentration and extraction temperature influence on the quality of procyanidins

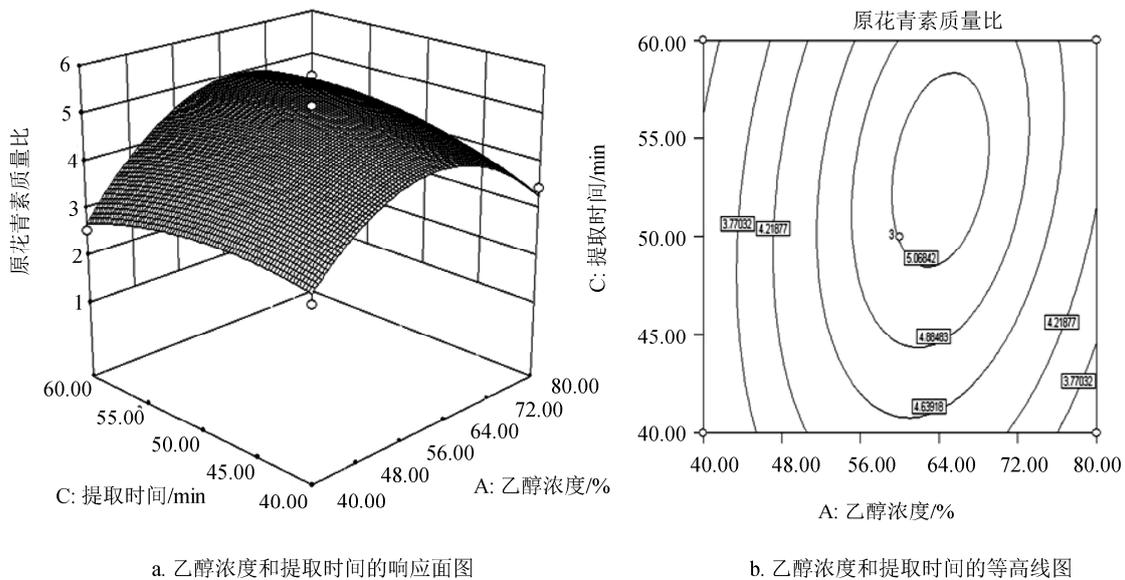


图 6 乙醇浓度和提取时间对原花青素质量比影响的响应面图(a)和等高线图(b)

Fig. 6 The response surface(a) and contour plot(b) of ethanol concentration and extraction time influence on the quality of procyanidins

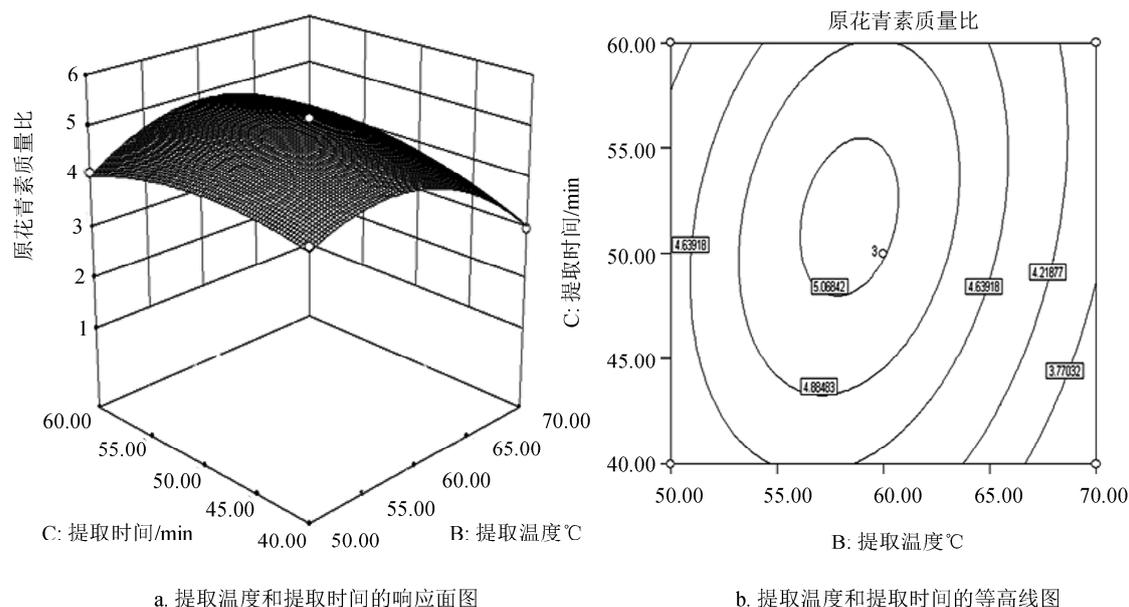


图 7 提取温度和提取时间对原花青素质量比影响的响应面图(a)和等高线图(b)

Fig. 7 The response surface(a) and contour plot(b) of extraction temperature and time influence on the quality of procyanidins

3.2.3 最佳工艺条件的验证

为了验证试验结果与理论值的一致性, 根据上述结果进行验证试验。结合回归数学模型分析, 计算出提取的最佳工艺参数为: 乙醇浓度 63.7%、提取温度 58.9 °C、提取时间 53 min。在此最优工艺条件下进行 3 次平行试验, 得到原花青素质量比的平均值为 5.22 mg/g, 而提取原花青素的理论值质量比为 5.16 mg/g。由此, 试验验证结果与理论值接近, 表明试验值与理论值之间具有较好的拟合性, 且优化结果可靠。

4 结 论

通过响应面分析法优化了春油菜籽皮原花青素的提取工艺, 得到最佳提取工艺条件为: 乙醇浓度 63.7%, 温度 58.9 °C, 时间 53 min。在此条件下原花青素质量比为 5.16 mg/g。采用上述最优条件, 进行了验证试验, 平行 3 次, 得到的平均原花青素质量比为 5.22 mg/g, 与预测的理论值相近。

参考文献

- [1] 余利红, 梁志梳, 林玲, 等. 油菜籽中原花青素提取工艺研究[J]. 种子, 2014, 33(1): 19-24.
Yu LH, Liang ZS, Lin L, *et al.* Extraction process of

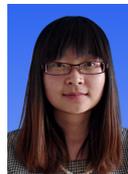
proanthocyanidin from rapeseed [J]. Seed, 2014, 33(1): 19-24.

- [2] 于京, 王 晶, 刘春明. 油菜籽饼粕中原花青素的提取工艺研究[J]. 时珍国医国药, 2012, 23(3): 562-564.
Yu J, Wang J, Liu CM. Extraction process of proanthocyanidins from rapeseed meal [J]. Lishizhen Med Mater Res, 2012, 23(3): 562-564.
- [3] 张妍, 吴秀香. 原花青素研究进展[J]. 中药药理与临床, 2011, 27(6): 112-114.
Zhang Y, Wu XX. The research progress of proanthocyanidin [J]. Pharm Clinics Chin Mater Med, 2011, 27(6): 112-114.
- [4] 凌智群, 谢笔钧. 莲房原花青素对氧自由基和脂质过氧化物的作用[J]. 营养学报, 2002, 24(2): 121-125.
Ling ZQ, Xie BJ. Effects of proanthocyanidins extract from the lotus seedpod on reactive oxygen species and lipid preoxidation [J]. J Nutr, 2002, 24(2): 121-125.
- [5] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[J]. 北京: 化学工业出版社, 2000.
National Pharmacopoeia Committee. The pharmacopoeia of the people's republic of china [J]. Beijing: Chemical Industry Press, 2000.
- [6] 王青华, 张维民. 葡萄籽中原花青素提取条件的研究[J]. 食品科学, 2007, 28(7): 185-188.
Wang QH, Zhang WM. Study on proanthocyanidins extraction

- from grape seed [J]. *J Food Science*, 2007, 28 (7): 185–188.
- [7] 廖素凤, 陈剑雄, 黄志伟, 等. 响应曲面分析法优化葡萄籽原花青素提取工艺的研究[J]. *热带作物学报*, 2011, 32(3): 554–559.
- Liao SF, Chen JX, Huang ZW, *et al.* Optimization for extraction of proanthocyanidin from grape seeds using response surface method [J]. *Chin J Trop Crops*, 2011, 32(3): 554–559.
- [8] 胡健华, 韦一良, 陆艳. 油菜籽皮中提取原花青素的研究[J]. *中国油脂*, 2004, 29(4): 26–28.
- Hu JH, Wei YL, Lu Y, *et al.* Study on proanthocyanidins extraction [J]. *China Oils Fats*, 2004, 29 (4) : 26–28.
- [9] 李超, 王卫东. 原花青素提取方法的研究进展[J]. *食品工程技术*, 2009, (9): 145–147.
- Li C, Wang WD. The research progress of proanthocyanidins extraction method [J]. *J Food Eng*, 2009, (9) : 145–147.
- [10] 吴娟, 魏和平, 许远. 原花青素提取工艺的优化及稳定性分析[J]. *食品工业科技*, 2010, 31(6): 103–105.
- Wu J, Wei HP, Xu Y. Study on the optimization of extraction technique and stability of the proanthocyanidin [J]. *J Food Ind Sci Technol*, 2010, 31(6): 103–105.
- [11] 李绮丽. 莲子皮低聚原花青素分级分离、组分鉴定与抗氧化机理研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2013.
- Li Q L. Studies on isolation, identification and antioxidant activity of oligomeric proanthocyanidins from lotus seed peel [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2013.
- [12] 吴娟, 魏和平, 许远. 油菜籽皮中原花青素的提取及稳定性分析[J]. *中国油脂*, 2010, 35(3): 67–69.
- Wu J, Wei HP, Xu Y. Extraction and stability of the proanthocyanidins from rapeseed hull [J]. *China Oils Fats*, 2010, 35 (3): 67–69.
- [13] 白云凤, 袁辉, 薛胜霞. 中心组合实验设计和响应面分析优化柑桔皮中柚皮苷提取工艺[J]. *中华中医药学刊*, 2010, 28(2): 372–375.
- Bai YF, Yuan H, Xue SX. The optimization of extracting Naringin from orange peel by the central composite design experiments and response surface methodology [J]. *J Chin Med*, 2010, 28(2): 372–375.
- [14] 韩爱芝, 白红进, 耿会玲, 等. 响应面法优化超声辅助提取黑果枸杞叶片总黄酮的工艺研究[J]. *西北林学院学报*, 2013, 28(1): 114–118.
- Han AZ, Bai HJ, Geng HL, *et al.* Optimization of ultrasound-assisted extraction of total flavonoids from *Lycium ruthenicum* leaves by response surface methodology [J]. *J Northwest Forestry Univ*, 2013, 28(1): 114–118.
- [15] Kalil SJ, Maugeri F, Rodrigues MI. Response surface analysis and simulation as a tool for bioprocess design and optimization [J]. *Process Biochem*, 2000, 35(6): 539–550.
- [16] 李春阳, 许时婴, 王璋. 香草醛-盐酸测定葡萄籽、梗中原花青素含量的研究[J]. *食品科学*, 2004, 25(2): 157–160.
- Li C Y, Xu SY, Wang Z. Vanillin-HCl assay for the proanthocyanidins content of grape seed and stem [J]. *J Food Sci*, 2004, 25 (2): 157–160.

(责任编辑: 白洪健)

作者简介



王蕊, 硕士研究生, 主要研究方向为反刍动物营养与饲料科学。
E-mail: wr1147562784@163.com



王树林, 教授, 主要研究方向为青藏高原特色食品资源开发。
E-mail: wangsl1970@163.com