

任旭琴,赵小勇,李江燕,等. 响应面法优化辣椒红素的超声提取条件[J]. 江苏农业科学,2013,41(6):262-264.

# 响应面法优化辣椒红素的超声提取条件

任旭琴, 赵小勇, 李江燕, 施艳婷, 何国华, 刘 京

(淮阴工学院,江苏淮安 223003)

**摘要:**以乙酸乙酯为溶剂,在前期单因素试验基础上,选择超声温度、超声时间、超声功率和液料比为自变量,辣椒红素吸光度为响应值,采用 Box - Behnken 试验设计法,研究了各自变量及其交互作用对辣椒红素吸光度的影响,利用 Design - Expert 7.0 软件对试验数据进行回归分析,作出响应面图,通过手动简化,得到简化的二次回归模型方程,确定辣椒红素的最佳提取条件为:超声温度 46.47 ℃,超声时间 57.67 s,超声功率 396.48 W,液料比 23.46 : 1.00 (mL : g),在此条件下提取的辣椒红素吸光度实测值为 0.517 3。二次回归模型预测值为 0.515 9,与实测值相符,说明建立的二次回归模型切实可行。

**关键词:**响应面分析;辣椒红素;超声提取  
**中图分类号:**      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1002 - 1302(2013)06 - 0262 - 02

淮安红椒是淮安农业乃至全省蔬菜产业的一大特色。2010 年淮安红椒成为江苏省首个设施蔬菜中国地理标志证明商标<sup>[1]</sup>。淮安红椒果实呈粗牛角形,色泽水红,辣味适中,风味独特,营养丰富,维生素 C 含量高。辣椒红素是一种安全无毒的天然食用色素,其主要成分是辣椒红素和辣椒玉红素,皆是类胡萝卜素,能被人体消化吸收,并在人体内转化为维生素 A<sup>[2]</sup>。为了更好地研究淮安红椒的营养价值,本试验利用响应面法对辣椒红素的超声提取工艺进行优化,以期为淮安红椒的深加工提供部分理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

卞椒 1 号的红辣椒果实。

### 1.2 药 品 及 设 备

乙酸乙酯(分析纯)。超声波清洗机(KQ - 500DB 型)、紫外分光光度计(UNICO UV - 2100 型)。

### 1.3 试 验 方 法

从田间采收卞椒 1 号的红辣椒果实,洗净表皮,去籽,将果肉烘干至恒重,研碎。准确称取 1 g 辣椒粉,放入带塞锥形瓶中,按一定液料比加入乙酸乙酯,按相应条件超声浸提,减压过滤,定容,用紫外分光光度计测 448 nm 处的吸光度。

1.3.1 响应面试验设计 依据单因素试验结果,采用 Box - Behnken 试验设计进行优化试验,各组分编码水平见表 1,以提取辣椒红素的吸光度为响应值,数据处理采用 Design Expert 7.0 软件。

1.3.2 模型优化与验证 采用响应面试验所拟合的二次多项式模型预测辣椒红素的最佳提取条件,并进行验证性实验。比较实测值和预测值之间的差异,评估模型的可靠性。

收稿日期:2012 - 11 - 20  
基金项目:江苏省大学生实践创新计划项目(编号:312411004);江苏省淮安市农业科技支撑计划项目(编号:SN1033)。  
作者简介:任旭琴(1973—),女,博士,副教授,从事园艺植物环境与营养生理研究。E - mail:jsrxq@hyit.edu.cn。

表 1 Box - Behnken 试验设计的因素和水平

水平	A:温度 (℃)	B:时间 (s)	C:功率(W)	D:液料比 (mL : g)
-1	30	10	200	20
0	40	35	350	40
1	50	50	500	60

## 2 结果与分 析

### 2.1 Box - Behnken 试验设计分析

在单因素试验基础上,选用四因素三水平的 Box - Behnken 试验设计对辣椒红素的提取工艺参数进行优化,试验方案和相应的试验数据见表 2。

通过多项回归统计分析,对表 2 中数据进行二次多元回归拟合,得到辣椒红素提取量与 4 个变量之间的二次多项回归模型为:

$$Y=0.5771+6.3430\times10^{-3}A-1.0780\times10^{-2}B-1.6600\times10^{-3}C+8.3900\times10^{-3}D+2.6100\times10^{-4}AB+3.4167\times10^{-5}AC+3.5000\times10^{-5}AD+1.6667\times10^{-5}BC-7.85\times10^{-5}BD+7.5833\times10^{-6}CD-3.3317\times10^{-4}A^2-1.8507\times10^{-5}B^2-7.5852\times10^{-7}C-1.5954\times10^{-4}D^2。$$

对回归模型进行方差分析发现(表 3),该模型达到极显著水平( $P < 0.01$ ),回归方程的失拟项检验不显著( $P = 0.7485$ ),模型的决定系数 = 0.8608,试验模型模拟值与真实值之间的拟合度好,说明该模型能够解释 86.08 % 的变化。模型的信噪比(Adeq Precis)为 8.820(>4),表明该模型具有足够的信号强度。

从表 3 可以看出,在一次项中,各因素对辣椒红素吸光度响应值的影响由大到小依次为液料比(D) > 超声时间(B) > 超声温度(A) > 超声功率(C),其中液料比(D)对辣椒红素吸光度响应值有极显著影响( $P < 0.01$ ),超声时间对辣椒红素吸光度相应值有显著影响( $P < 0.05$ )。在交互项中,超声温度和超声时间、超声时间和超声功率都对辣椒红素的提取有极显著影响( $P < 0.01$ ),超声温度和超声功率对辣椒红素的提取也有显著影响( $P < 0.05$ )。另外液料比的二次项对辣

表 2 Box – Behnken 试验设计与响应值

试验号	A:温度 (℃)	B:时间 (s)	C:功率 (W)	D:液料比 (mL : g)	吸光度
1	30	10	350	40 : 1	0.411
2	50	10	350	40 : 1	0.296
3	30	60	350	40 : 1	0.311
4	50	60	350	40 : 1	0.457
5	40	35	200	20 : 1	0.418
6	40	35	500	20 : 1	0.386
7	40	35	200	60 : 1	0.234
8	40	35	500	60 : 1	0.293
9	30	35	350	20 : 1	0.296
10	50	35	350	20 : 1	0.357
11	30	35	350	60 : 1	0.226
12	50	35	350	60 : 1	0.315
13	40	10	200	40 : 1	0.366
14	40	60	200	40 : 1	0.313
15	40	10	500	40 : 1	0.296
16	40	60	500	40 : 1	0.493
17	30	35	200	40 : 1	0.388
18	50	35	200	40 : 1	0.326
19	30	35	500	40 : 1	0.269
20	50	35	500	40 : 1	0.412
21	40	10	350	20 : 1	0.343
22	40	60	350	20 : 1	0.478
23	40	10	350	60 : 1	0.248
24	40	60	350	60 : 1	0.226
25	40	35	350	40 : 1	0.422
26	40	35	350	40 : 1	0.438
27	40	35	350	40 : 1	0.439
28	40	35	350	40 : 1	0.327
29	40	35	350	40 : 1	0.388

表 3 回归模型方差分析

变异来源	自由度	均方	F 值	P 值
A	1	0.005 7	3.502 9	0.082 3
B	1	0.008 4	5.160 4	0.039 4
C	1	0.000 9	0.551 9	0.469 8
D	1	0.045 1	27.643 0	0.000 1
AB	1	0.017 0	10.428 7	0.006 1
AC	1	0.010 5	6.433 6	0.023 7
AD	1	0.000 2	0.120 0	0.734 2
BC	1	0.015 6	9.568 2	0.007 9
BD	1	0.006 2	3.773 5	0.072 5
CD	1	0.002 1	1.267 7	0.279 1
A <sup>2</sup>	1	0.007 2	4.409 0	0.054 4
B <sup>2</sup>	1	0.000 9	0.531 4	0.478 0
C <sup>2</sup>	1	0.001 9	1.157 0	0.300 3
D <sup>2</sup>	1	0.026 4	16.176 6	0.001 3
残差	14	0.001 6		
失拟项	10	0.001 4	0.629 5	0.748 5
误差项	4	0.002 2		

$R^2=0.860\ 8$ ,  $Adj\ R^2=0.721\ 6$ ,  $Pred\ R^2=0.425\ 2$ ,  $Adeq\ precis=8.820$ 。  
椒红素提取的影响也达到极显著水平( $P<0.01$ )。该模型的误差项的均方值较小,为 0.002 2,说明此模型有效,应用响应

面法优化辣椒红素的提取工艺可行。

为了简化方程求解,在原有拟合方程基础上,去掉部分不显著项(包括交互项 AD 和二次项 B<sup>2</sup> 和 C<sup>2</sup>),对拟合方程进行相应的手动优化,其响应面的分析结果发生了变化,模型的 F 值极显著,为 8.44,失拟项不显著,为 0.57,模型的  $R^2=0.845\ 2$ 、 $Adeq\ precis=10.810$ 、 $Pred\ R^2=0.603\ 8$ 、 $Adj\ R^2=0.745\ 1$ 。表明新的拟合方程依然满足响应面分析的要求,因而手动简化结果可行。简化后辣椒红素提取量与 4 个变量的二次多项回归方程为: $Y=0.712\ 1+4.099\ 0\times 10^{-3}A-1.207\ 3\times 10^{-2}B-2.196\ 0\times 10^{-3}C+8.878\ 9\times 10^{-3}D+2.610\ 0\times 10^{-4}AB+3.416\ 7\times 10^{-5}AC+1.666\ 7\times 10^{-5}BC-7.850\ 0\times 10^{-5}BD+7.583\ 3\times 10^{-6}CD-2.876\ 1\times 10^{-4}A^2-1.481\ 5\times 10^{-4}D^2$ 。

2.2 交互作用分析

根据回归分析法所得二次方程,在试验设定范围内,分析任意两变量之间的交互作用,同时固定其他变量的取值,得到二次回归方程的响应面图(图 1、图 2、图 3)。

由图 1 可以看出,在超声功率为 350 W,液料比为 40 : 1 (mL : g)的条件下,当超声时间为 30 s 时,随着温度的逐渐增加,辣椒红素的吸光度响应值逐渐增加到一定程度后又开始下降;当温度为 30 ℃时,随着超声时间的不断增加,其响应值缓慢增加后又缓慢下降,响应面结果显示,两因素的交互作用对辣椒红素的提取率有极显著影响。

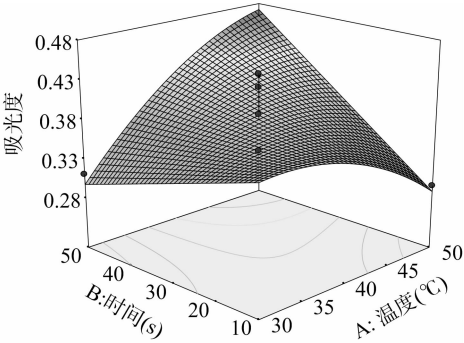


图 1 超声温度与时间的响应面

由图 2 可以看出,在超声时间为 35 s,液料比为 40 : 1 (mL : g)条件下,当超声功率为 200 W 时,随着超声温度的逐渐增加,辣椒红素的吸光度响应值快速增加后又快速下降,当超声温度为 30 ℃时,随着超声功率的不断增加,其响应值在缓慢增加后快速下降。同时响应面显示,两因素的交互项对辣椒红素的提取率有显著影响。超声时间和功率的交互作用对辣椒红素的吸光度响应值也有极显著影响(图 3)。

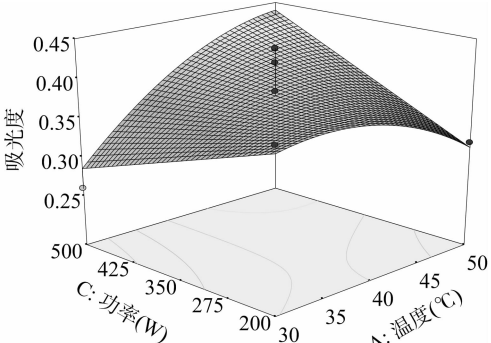


图 2 超声温度与功率的响应面

操庆国,樊金山,贾君,等. 巨峰葡萄生产桃红葡萄酒工艺研究[J]. 江苏农业科学,2013,41(6):264-266.

# 巨峰葡萄生产桃红葡萄酒工艺研究

操庆国,樊金山,贾君,李静

(江苏农林职业技术学院,江苏句容 212400)

**摘要:**以巨峰葡萄为原料,主要研究其酿造桃红葡萄酒的最佳工艺,分析发酵过程中颜色、二氧化硫含量的变化规律,果胶酶、皂土、冷冻时间的最佳处理效果以及陶瓷膜过滤除菌的效果。结果表明,在 18 ℃ 下发酵 3 d,葡萄酒的颜色达到最佳感官指标;总二氧化硫、游离二氧化硫的含量在发酵初期下降较明显;总糖含量在发酵 95 h 时达到最小,之后趋于稳定;皂土添加量为 1.6 g/L,经过 60 h 静置可达到最佳澄清和除菌效果;−15 ℃ 冷冻处理 1 周后,结晶沉淀物的量达到最大(1.66 g/L)。成品酒的感官指标、各理化指标、微生物指标均达到了国家标准。

**关键词:**巨峰葡萄;桃红葡萄酒;工艺

**中图分类号:** TS262.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)06-0264-03

葡萄深受世界各地人们的喜爱,但目前对葡萄产后保鲜和加工的关注明显低于苹果、柑橘、梨等水果。2003 年,我国鲜食葡萄进行产后保鲜处理的仅占全国总产量的 7% 左右,进行包装销售的仅占总流通量的 5%~10%,因贮藏保鲜设施特别是预冷及市场保鲜设施滞后,每年有 15%~20% 的葡萄腐烂变质,造成巨大的经济损失<sup>[1]</sup>。葡萄可以加工成葡萄酒和葡萄汁,但我国以葡萄酒为主的葡萄加工占葡萄总产量的比重偏低,不足 20%,各类酒中葡萄酒的份额很小,2006 年全国各类酒产量 4 045 万 t,其中葡萄酒仅占 1.2%<sup>[2]</sup>。巨峰葡萄属于鲜食葡萄品种,果粒大,果皮厚,一般呈浅紫红色,味道酸甜,柔软多汁,其含糖量 14%~16%,并富含有机酸、蛋

白质、矿物质以及多种维生素。巨峰葡萄一般在夏秋季节扎堆集中上市,因此带来了销售难题,每年有大量葡萄滞销。由于巨峰葡萄的落果率与烂果率都相当高,在无任何防腐措施的条件下,保鲜贮藏期仅为 25~30 d,好果率也仅达 60% 左右,因此每年因滞销和保藏不善造成了较大的经济损失。为了减少巨峰葡萄扎堆上市引起的滞销和腐烂等问题,增加种植户的收入,提高葡萄的附加值,延长货架期,将销售过剩的巨峰葡萄酿制成葡萄酒是较好的解决办法之一<sup>[3-6]</sup>。巨峰葡萄不属于酿酒葡萄,与国内外常用的酿酒葡萄如赤霞珠等相比,体积偏大、水分偏高而色泽较浅、糖分和单宁含量较低,用一般的方法酿造出的巨峰葡萄酒颜色较浅,口味偏淡,因此有必要根据巨峰葡萄本身的特点选择合适的酿酒种类,并研究开发新的酿酒工艺,从而为巨峰葡萄酒的应用和推广打下基础。

收稿日期:2012-12-03

作者简介:操庆国(1979—),男,安徽怀宁人,硕士,讲师,主要从事食品发酵方面的科研和教学工作。E-mail:21226200@qq.com。

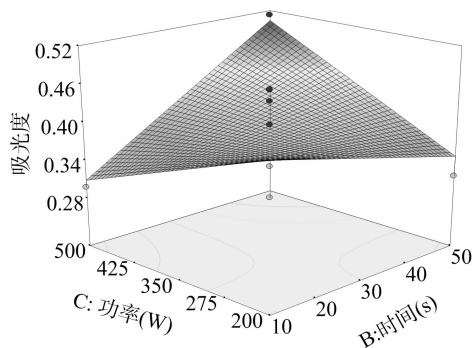


图3 超声时间与功率的响应面

## 2.3 模型优化与验证

应用简化的回归方程求解,按照吸光度最大化原则得到超声提取辣椒红素的最优条件为:超声温度 46.47 ℃,超声时间 57.67 s,超声功率 396.48 W,液料比 23.46 : 1.00 (mL : g),辣椒红素吸光度预测值为 0.515 9。考虑到实际操作的便利,将辣椒红素超声提取的最佳条件调整为:超声温度 50 ℃,超声时间 57 s,超声功率 400 W,液料比 23 : 1

(mL : g),实际提取的辣椒红素的吸光度为 0.517 3,与响应面预测值相差不大,说明该模型可行,具有一定的实用价值。

## 3 结论

采用响应面法对辣椒红素的超声波提取条件进行了优化。结果发现,各因素对辣椒红素吸光度响应值的影响依次为:液料比(D) > 超声时间(B) > 超声温度(A) > 超声功率(C);超声时间(B)、液料比(D)、温度与时间的交互项(AB)、温度与功率的交互项(AC)、时间与功率的交互项(BC)以及液料比的二次项(D<sup>2</sup>)对提取辣椒红素效果均有显著或极显著影响;辣椒红素的最佳提取条件为:超声温度 46.47 ℃,超声时间 57.67 s,超声功率 396.48 W,液料比 23.46 : 1.00 (mL : g)。

## 参考文献:

- [1] 宛汉斌,王立华. 淮安红椒大棚栽培及活体保鲜技术[J]. 中国蔬菜,2011(7):55-56.
- [2] 高飞虎,张玲,曾志红,等. 响应面法优化超微粉碎辅助提取辣椒红素工艺研究[J]. 西南农业学报,2011,24(5):1928-1933.