DOI:10.11829/j.issn.1001-0629.2016-0062
蓝雯琳,刘左军,刘志鹏.响应面法优化钝裂银莲花花色素提取工艺.草业科学,2017,34(1):186-193.
Lan W L, Liu Z J, Liu Z P. Optimization of anthocyanidin extraction from *Anemone obtusiloba* using response surface methodology. Pratacultural Science, 2017, 34(1): 186-193.

# 响应面法优化钝裂银莲花花色素提取工艺

蓝雯琳,刘左军,刘志鹏
(兰州理工大学生命科学与工程学院,甘肃 兰州 730000)

**摘要**:以钝裂银莲花(*Anemone obtusiloba*)的萼片为提取材料,选取料液质量浓度、pH、提取时间、提取温度4个因素,以钝裂银莲花花色素提取液的吸光值为响应面,对钝裂银莲花花色素的提取条件进行优化,用四舍五入法确定了钝裂银莲花花色素提取的最佳工艺为:料液质量浓度70 g·mL$^{-1}$,pH 3.8,提取温度61 ℃,提取时间87 min,在此条件下,钝裂银莲花花色素提取液的吸光值可达最佳,为0.154 5。

**关键词**:钝裂银莲花;花色素;优化;响应面法
**中图分类号**:S789.9 **文献标志码**:A **文章编号**:1001-0629(2017)1-0186-08*

## Optimization of anthocyanidin extraction from *Anemone obtusiloba* using response surface methodology

Lan Wen-lin, Liu Zuo-jun, Liu Zhi-peng
(College of Life Science and Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730000, China)

**Abstract**: In this study, we used the sepals of *Anemone obtusiloba* as experimental material for extraction of anthocyanidin using response surface methodology. Four factors were selected in this experiment: the material liquid mass concentration, pH, extraction time, and extraction temperature. We selected the light absorption value of the anthocyanidin of *A. obtusiloba* as a response surface to optimize the extraction conditions of anthocyanidin. Our results confirmed that the most efficient extraction of anthocyanidin was achieved under the following conditions: a material liquid mass concentration of 70 g·mL$^{-1}$, an extraction temperature of 61 ℃, an extraction time of 87 min, and pH 3.8. Under these conditions, we conclude that the best light absorption value of *A. obtusiloba* is 0.154 5.

**Key words**: *Anemone obtusiloba*; anthocyanin; optimization; response surface method

**Corresponding author**: Liu Zuo-jun E-mail: zuojunl@lut.cn

钝裂银莲花(*Anemone obtusiloba*)为毛茛科(Ranunculaceae)银莲花属(*Anemone*)多年生草本植物,主要分布在我国西藏南部和东部,四川西部[1-2]。本属植物全草可入药,具有清热解毒等显著功效[3-4]。其花期为5月—7月,花瓣有黄色、浅黄色、白色3种[5]。目前,国内关于钝裂银莲花的研究很少,主要研究集中在药用价值[6]和繁殖分配[7]等方面。作为青藏高原上比较原始的一种杂草,它是草原退化的一种重要的指示性植物。通过提取其花色素并将花色素进行分离纯化,可以进一步分析出其花色的基因表达,为钝裂银莲花适应高寒环境做出合理的理论推断,是后续开发钝裂银莲花的经济价值重要的理论依据,也为钝裂银莲花生物多样性的后续研究

* 收稿日期:2016-01-26 接受日期:2016-06-14
基金项目:国家自然科学基金(30960066)
第一作者:蓝雯琳(1991-),女,辽宁大连人,在读硕士生,主要从事植物生态学方面研究。E-mail:782077100@qq.com
通信作者:刘左军(1957-),男,陕西三原人,教授,博士,主要从事生态学研究。E-mail:zuojunl@lut.cn



(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

提供重要的参考。花色素是一种天然色素,并且大部分花色素可以安全食用,由于它有一定的营养价值并且可以入药,越来越受到人们的重视[8-9]。本研究以青藏高原东部分布的钝裂银莲花的萼片为试验材料,控制花色素的提取条件为单一变量,利用响应面法选出花色素的最佳提取方法,为提取高寒草甸地区植被的花色素提供技术支撑。

## 1　材料与方法

### 1.1　试验材料

试验所用钝裂银莲花于 2015 年 6 月采自兰州大学干旱农业生态国家重点试验室高寒草地生态系统定位站,地属青藏高原东部的玛曲地区,平均海拔 3 600 m,年均温度 1.2 ℃,年降水量 620 mm,植被类型属高寒草甸[10]。采回的花用镊子将花蕊去除,在 60 ℃中烘干 24 h,取出后磨碎呈粉末状,装入自封袋中避光保存。

### 1.2　试验仪器

上海博迅实业有限公司 GZX-9030MBE 数显鼓风干燥箱、上海佑科仪器仪表有限公司 PHB-8、Mettle-Toledo Group AB104-N 分析天平、上海美谱达仪器有限公司 UV-3000PC 紫外－可见分光光度计、江苏金坛市医疗仪器厂 KS 康式振荡器。

### 1.3　单因素试验

选取料液质量浓度、pH、提取时间和提取温度作为钝裂银莲花花色素提取影响因素。分别称取 0.1 g 钝裂银莲花的萼片粉末,提取剂的种类是蒸馏水、70%乙醇、80%乙醇、90%乙醇、甲醇、乙醚、盐酸与甲醇(1/99)混合液、盐酸与甲醇(1/60)混合液、乙酸乙酯;料液质量浓度设为 60、80、100、120、140、160、180 和 200 g·mL$^{-1}$;调节每瓶 pH 分别为 2、4、6、8、10、12 和 14;放在摇床中震荡,浸提时间分别为 30、60、90、120、150 和 180 min;提取温度设置为 20、30、40、50、60、70 和 80 ℃。单因素变化时,确定其它因素不变,确定单因素的顺序依据试验所选单因素影响花色素提取的强弱。肉眼观察其颜色变化及溶解性,滤纸过滤,取上清液于比色管中,稀释 10 倍,蒸馏水作为对照组,在紫外可见光自动记录分光光度计 400－600 nm 进行最大波长扫描[11],测得其吸光值,每组 3 次重复。

### 1.4　响应面优化试验

以单因素试验为基础,根据 Box-Benhnken 方法[12-13],利用 Design-expert 软件,以钝裂银莲花花色素的提取剂、料液质量浓度、pH、提取时间及提取温度作为自变量,花色素提取的吸光值作为响应值,进行了 4 因素 3 水平的响应面试验设计,确定钝裂银莲花花色素提取的最优方法。

### 1.5　数据处理和统计分析

本试验采用响应面法,利用 Design-expert 软件进行二次回归拟合,运用 SPSS 22.0 软件进行方差分析。

## 2　结果与分析

### 2.1　单因素试验结果

各因素影响下的花色素吸光值在波长为 535 nm 处有最大吸收峰。单因素试验结果表明:最佳提取剂为盐酸与甲醇(1/60,V/V)混合液;最佳提取料液质量浓度为 80 g·mL$^{-1}$;最佳提取 pH 为 4;最佳提取时间为 90 min 最佳提取温度为 60 ℃(图 1)。

### 2.2　响应面法优化钝裂银莲花花色素的提取工艺

**2.2.1　Box-Benhnken 法优化试验**　以单因素试验结果为依据,选取料液质量浓度、pH、提取温度和提取时间 4 个因素为自变量,根据 Box-Benhnken 试验设计原理优化钝裂银莲花花色素的提取工艺,试验设计方案见表 1。

**2.2.2　响应面设计及结果**　利用响应面方法对钝裂银莲花花色素的提取工艺进行分析(表 2)。利用 Design Expert 软件对得到的试验结果进行二次回归拟合,得到以钝裂银莲花花色素吸光值为响应值,与料液质量浓度、pH、提取温度、提取时间 4 个自变量之间的二次多项回归方程:$Y=0.15-5.1\times10^{-3}A-6.4\times10^{-3}B+2.8\times10^{-3}C-5.4\times10^{-3}D-1.7\times10^{-3}AB-5.2\times10^{-3}AC-7.3\times10^{-3}AD-1.1\times10^{-3}BC+3.9\times10^{-3}BD+1.1\times10^{-3}CD-0.048A^2-0.034B^2-0.015C^2-0.026D^2$。模型的 $F$ 为 15.99,$P$ 小于 0.000 1,表明该模型是极显著的(表 3);失拟项的 $F$ 为 64.7,说明该模型具有显著性,是真实有效的,可以用此模型对钝裂银莲花花色素的提取含量进行分析和预测。其中 B 因素影响显著,$A^2$、$B^2$、$C^2$、$D^2$ 4 个因素影响极显著,其它因素的影响不显著($P>0.05$),说明得出的回归方程可以很好地描述各因素与响应值之间的真实关系。由 $F$ 检验得到的因子贡献率为 B>D>A>C,即 pH>提取时间>料液质量浓度>提取温度。模型的相关系数 $R^2=0.941\ 1$,说明 94.11%的试验数据的变异性可以用此回归模型解释[14]。校正决定系数 $R^2_{Adj}$ 为



(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

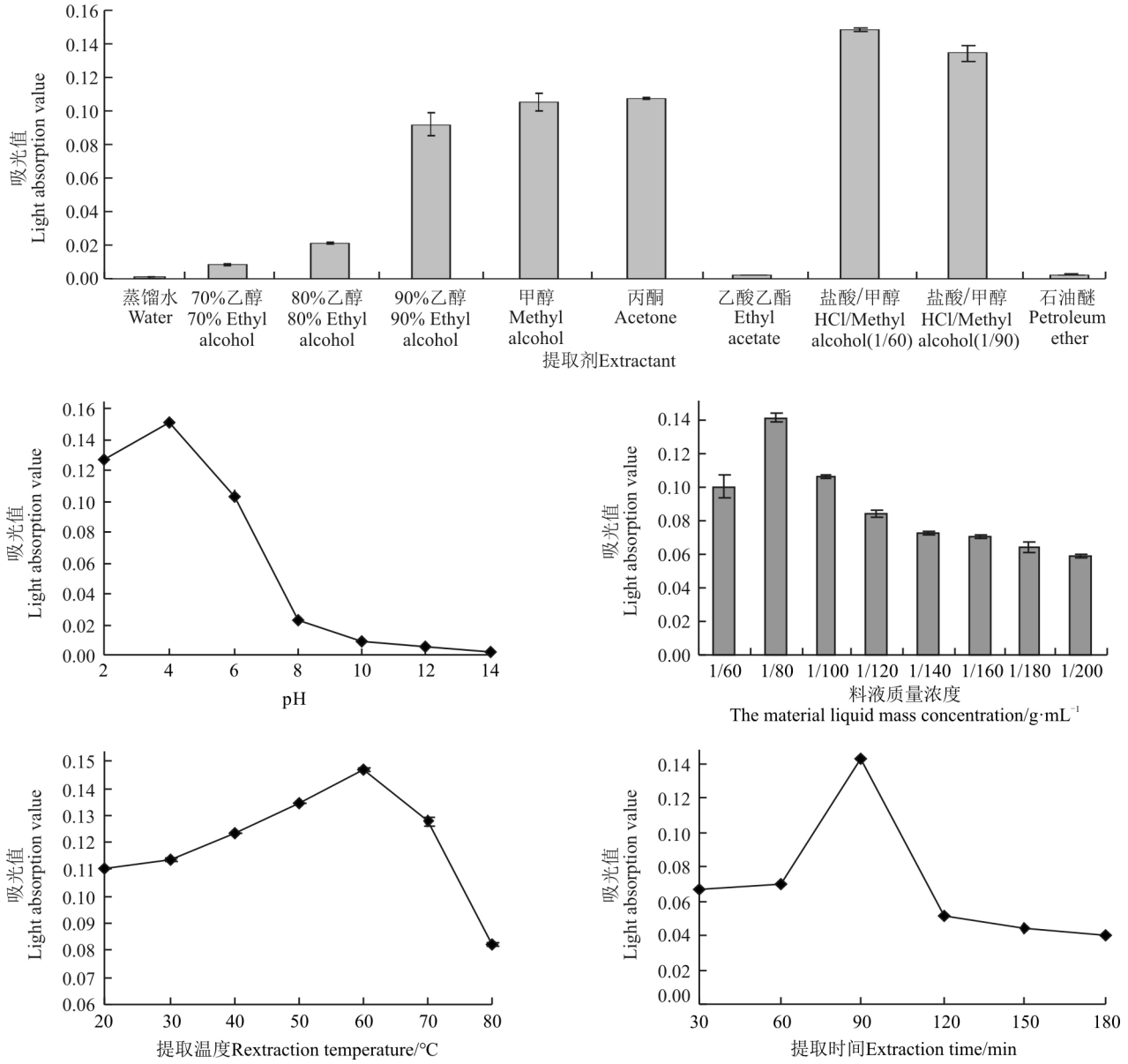


**图 1 5 个因素下下钝裂银莲花的吸光值**

**Fig. 1 The light absorption values of *Anemone obtusiloba* for five different factors**

**表 1 因素水平设计表**

**Table 1 Experimental factors and levels of design**

| 水平 Level | 因素 Factor | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 料液质量浓度 The material liquid mass concentration/ $g \cdot mL^{-1}$ | pH | 提取温度 Extraction time/℃ | 提取时间 Extraction temperature/ min |
| −1 | 60 | 2 | 50 | 60 |
| 0 | 80 | 4 | 60 | 90 |
| 1 | 100 | 6 | 70 | 120 |

0.882 3，说明该模型具有较高的精确度和显著性[15]。

**2.2.3 响应面交互作用分析** 为了进一步研究相关变量之间作用的最佳选择，通过软件 Design-Expert 8.0绘制出的响应面曲线图来进行分析，根据各因素之间的等高线和响应面图可知（图 2），曲线表现的越陡，说明影响越显著[16]。三维空间曲面图可反映 A、B、C、D 4 个因素对响应值 $A_{535}$ 的影响。由等高线可以看出，存在极值的条件应该在圆心处。通过软件分析得到的本试验最佳提取工艺为料液质量浓度是 70 $g \cdot mL^{-1}$，pH为3.8，提取温度是61.01 ℃，提取时间为



(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 2　Box-Benhnken 试验设计及响应值表($n$=29)

Table 2　Box-Benhnken experimental design and response($n$=29)

| 试验号 Number | 料液质量浓度 The material liquid mass concentration/g·mL$^{-1}$ | pH | 提取温度 Extraction temperature/℃ | 提取时间 Extraction time/min | 吸光值 A Light absorption value |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 1 | 0 | −1 | 0.079 3 |
| 2 | −1 | 0 | 1 | 0 | 0.074 5 |
| 3 | 1 | −1 | 0 | 0 | 0.087 6 |
| 4 | 0 | 0 | −1 | 1 | 0.112 1 |
| 5 | −1 | 1 | 0 | 0 | 0.063 5 |
| 6 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0.110 1 |
| 7 | 1 | 0 | 0 | −1 | 0.073 5 |
| 8 | 1 | 0 | −1 | 0 | 0.076 8 |
| 9 | 0 | −1 | −1 | 0 | 0.103 2 |
| 10 | −1 | 0 | 0 | −1 | 0.085 6 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.150 4 |
| 12 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0.080 1 |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.149 3 |
| 14 | 0 | 1 | −1 | 0 | 0.084 7 |
| 15 | −1 | 0 | 0 | 1 | 0.062 9 |
| 16 | −1 | −1 | 0 | 0 | 0.073 5 |
| 17 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0.076 8 |
| 18 | 0 | −1 | 0 | −1 | 0.098 0 |
| 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.153 2 |
| 20 | −1 | 0 | −1 | 0 | 0.076 8 |
| 21 | 0 | −1 | 1 | 0 | 0.118 4 |
| 22 | 0 | 0 | 1 | −1 | 0.122 1 |
| 23 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.084 3 |
| 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.151 2 |
| 25 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0.095 4 |
| 26 | 0 | −1 | 0 | 1 | 0.080 1 |
| 27 | 0 | 0 | −1 | −1 | 0.128 5 |
| 28 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0.095 4 |
| 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.151 7 |

86.97 min,预测最优值为 0.152 0。由于试验仪器的限制,验证试验选取的最佳提取工艺(四舍五入)为料液质量浓度是 70 g·mL$^{-1}$,pH 为 3.8,提取温度是 61 ℃,提取时间是 87 min,进行 3 次平行试验,得到钝裂银莲花花色素提取液实际吸光值为 0.154 5,与理论值相差不显著($P$>0.05),说明响应值的真实值与回归方程的预测值吻合良好,所以优化结果是合理可靠的。



(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

## 3 讨论与结论

植物花色形成是一个复杂的过程，受到很多因素影响[17]，其中最主要的是花色素是否在植物花瓣中存在[18]。学者根据颜色将花色色素分为类胡萝卜素、类黄酮和花青素[19]。传统的色素提取方法存在着提取时间长、原料预处理能耗高、生产的色素产品纯度差等缺点[20]，直接影响了天然色素的开发和应用。本研究提取钝裂银莲花花色素采用了有机溶剂提取[21]的方法，并在单因素试验的基础上进行了响应面分析，优化了钝裂银莲花花色素提取的条件，为后续开发草原上其它植物色素提取的方法提供技术支撑。参考相关文献，认为钝裂银莲花花色素的主要成分是类黄酮类化合物[22-23]，并含有少量叶绿素和类胡萝卜素[24]。优化试验结果表明钝裂银莲花花色素提取的最佳工艺为：料液质量浓度是 70 g·mL$^{-1}$，pH 为 3.8，提取温度是 61 ℃，提取时间为 87 min（由于仪器条件，此条件均为四舍五入的结果）。关于钝裂银莲花花色素的研究及其分离纯化目前已经取得初步进展，本研究仅对钝裂银莲花花色素的提取方法的优化进行了初步的探讨，为后续钝裂银莲花花色素的分离纯化提供技术支撑，而钝裂银莲花花色素苷的主要成分的分离以及药用价值有待于做进一步验证。

表 3 响应面方差分析

Table 3 Response surface analysis of variance

| 方差来源 Source | 平方和 Sum of squares | 自由度 $df$ | 均方 Mean square | $F$ | $P$ | 显著性 Significant |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 模型 Module | $2.2\times10^{-2}$ | 14 | $1.58\times10^{-3}$ | 15.99 | <0.000 1 | ** |
| A | $3.1\times10^{-4}$ | 1 | $3.1\times10^{-4}$ | 3.13 | 0.098 6 | |
| B | $4.9\times10^{-4}$ | 1 | $4.9\times10^{-4}$ | 4.98 | 0.042 5 | * |
| C | $9.5\times10^{-5}$ | 1 | $9.5\times10^{-5}$ | 0.96 | 0.342 7 | |
| D | $3.5\times10^{-4}$ | 1 | $3.5\times10^{-4}$ | 3.56 | 0.080 3 | |
| AB | $1.1\times10^{-5}$ | 1 | $1.1\times10^{-5}$ | 0.11 | 0.741 0 | |
| AC | $1.1\times10^{-4}$ | 1 | $1.1\times10^{-4}$ | 1.11 | 0.310 7 | |
| AD | $2.1\times10^{-4}$ | 1 | $2.1\times10^{-4}$ | 2.17 | 0.162 5 | |
| BC | $5.1\times10^{-6}$ | 1 | $5.1\times10^{-6}$ | 0.05 | 0.824 1 | |
| BD | $6.0\times10^{-5}$ | 1 | $6.0\times10^{-5}$ | 0.60 | 0.451 2 | |
| CD | $4.9\times10^{-6}$ | 1 | $4.9\times10^{-6}$ | 0.05 | 0.828 0 | |
| $A^2$ | $1.5\times10^{-2}$ | 1 | 0.015 | 151.82 | <0.000 1 | ** |
| $B^2$ | $7.6\times10^{-3}$ | 1 | $7.6\times10^{-3}$ | 77.22 | <0.000 1 | ** |
| $C^2$ | $1.5\times10^{-3}$ | 1 | $1.5\times10^{-3}$ | 15.04 | 0.001 7 | ** |
| $D^2$ | $4.5\times10^{-3}$ | 1 | $4.5\times10^{-3}$ | 45.25 | <0.000 1 | ** |
| 残差 Residual | $1.4\times10^{-3}$ | 14 | $9.9\times10^{-5}$ | | | |
| 失拟项 Lack of fit | $1.4\times10^{-3}$ | 10 | $1.4\times10^{-4}$ | 64.70 | | |
| 净误差 Pure error | $8.5\times10^{-6}$ | 4 | $2.1\times10^{-6}$ | | | |
| 总和 Total | 0.023 | 28 | | | | |
| $R^2$ | 0.941 1 | | | | | |
| $R^2_{Adj}$ | 0.882 3 | | | | | |

注：A，料液质量浓度；B，pH；C，提取温度；D，提取时间；* 表示显著（$P<0.05$）；** 表示极显著（$P<0.01$）。

Note: A, the material liquid mass concentration; B, pH; C, extraction temperature; D, etraction time; * indicates significant at the 0.05 level; ** indicates highly significant at the 0.01 level.



(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

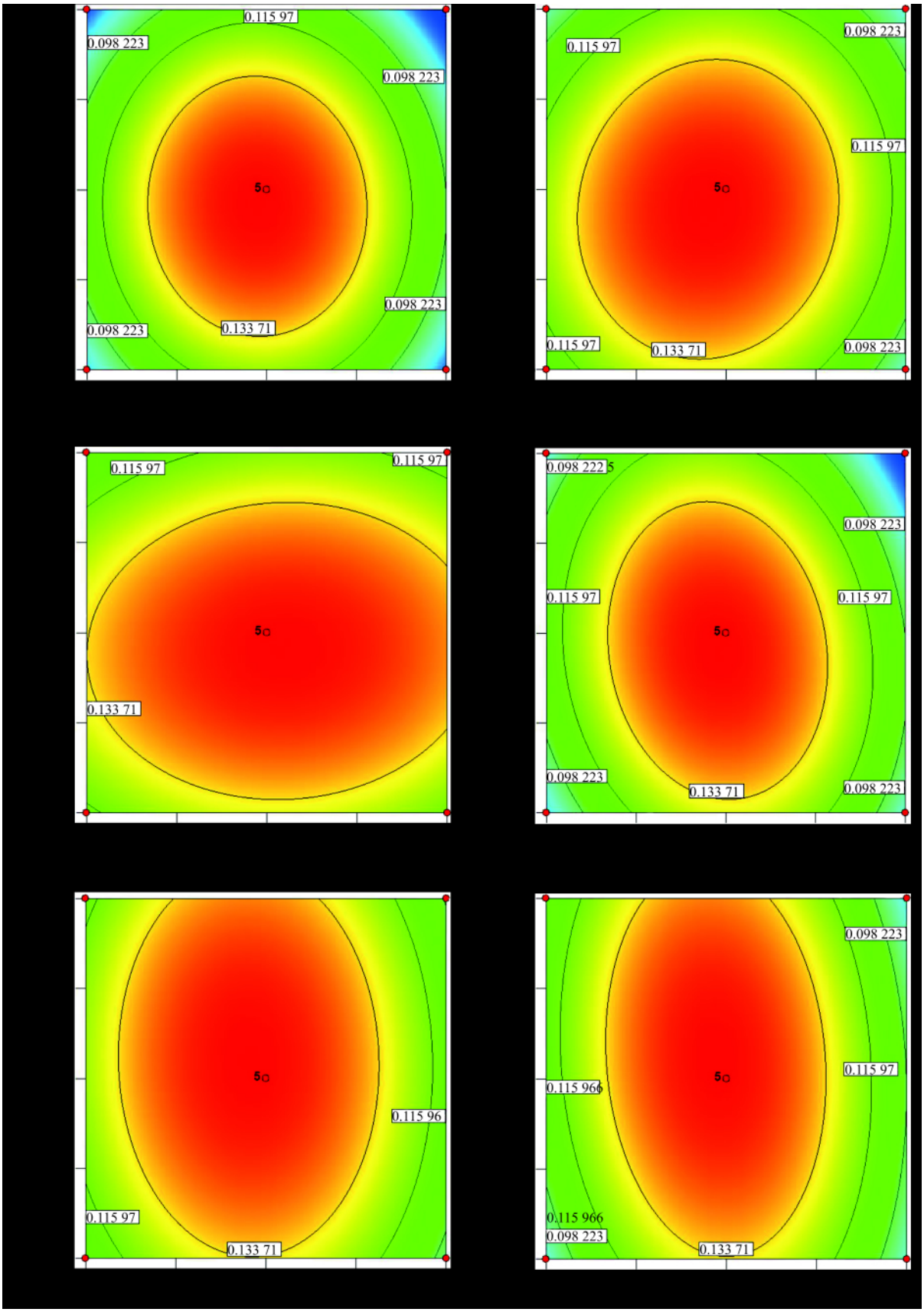


**图 2　两因素交互影响吸光值的的响应面图**

**Fig. 2　Two-factor interactions affecting the light absorption value of the response surface plot**



(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

## 参考文献 References:


[1] 中国科学院中国植物志编委会. 中国植物志. 北京:科学出版社,2007:28.
Editorial Committee of Flora Reipublicae Popularis Sinicae of Chinese Academy of Sciences. Flora Reipublicae Popularis Sinicae. Beijing:Science Press,2007:28. (in Chinese)

[2] 李富香. 影响钝裂银莲花花色的生态因素研究. 兰州:兰州理工大学,2014.
Li F X. The research on ecological factors affect anemone obtusiloba color. Master Thesis. Lanzhou:Lanzhou university of technology,2014. (in Chinese)

[3] 杜品. 青藏高原甘南藏药植物志. 兰州:甘肃科学技术出版社,2006:355.
Du P. Lanzhou:Gansu Science & Technology Press,2006:355. (in Chinese)

[4] 青海高原生物研究所植物室. 青藏高原药物图鉴. 西宁:青海人民出版,1972:358-359.

[5] 胡春,刘左军,伍国强,赵志刚. 钝裂银莲花花部综合特征及其繁育系统. 草地学报,2013,21(4):783-788.
Hu C,Liu Z J,Wu G Q,Zhao Z G. Floral characteristic and breeding system of *Anemone obtusiloba*. Acta Agrestia Sinica,2013,21(4):783-788. (in Chinese)

[6] 刘永宏,刘大有. 银莲花属植物药用新进展. 时珍国医国药,1999,10(1):57-58.
Liu Y H,Liu D Y. New medical advances of *Anemone*. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research,1999,10(1):57-58. (in Chinese)

[7] 李冰,刘左军. 海拔对钝裂银莲花不同花色居群间繁殖特征及繁殖分配的影响. 草业学报,2013,22(1):12.
Li B,Liu Z J. Elevation of blunt crack anemones in reproductive characteristics and reproducetive allocation between different colors. Acta Prataculturae Sinica,2013,22(1):12. (in Chinese)

[8] 卢钰,董现义. 花色苷研究进展. 山东农业大学学报,2004,35(2):315-320.
Lu Y,Dong X Y. Research progress on anthocyanins. Journal of Shandong Agricultural University,2004,35(2):315-320. (in Chinese)

[9] 郭凤华,王慧. 天然色素的提取和应用研究. 山东食品发酵,2007,36(4):36-38.
Guo F H,Wang H. Study on the extraction and application of natural pigment. Shangdong Food Ferment,2007,36(4):36-38. (in Chinese)

[10] 赵志刚. 毛茛科植物交配系统的特征与花期资源分配对策. 兰州大学学报:自然科学版,2003,39(5):70-74.
Zhao Z G. Characteristics of the mating system and strategies for resource allocation in Ranunculaceae. Journal of Lanzhou university:Natural Science Edition,2003,39(5):70-74. (in Chinese)

[11] 许丽梅,杜永峰,姚秉华. 分光光度法测定葡萄籽中原花青素的含量. 食品科技,2008,33(5):217.
Xu L M,Du Y F,Yao B H. Study on spectrophotometric determination of procyanidins from grape seeds. Food Science and Technology,2008,33(5):217. (in Chinese)

[12] Box G E P,Hunter J S,Hunter W G. Statistics for experiments:An introduction to design data analysis and model building. Statistics for Experimenters An Introduction to Design,2014,73(10):S229. (in Chinese)

[13] 杨文雄,高彦祥. 响应面法及其在食品工业中的应用. 中国食品添加剂,2005(2):68-71.
Yang W X,Gao Y X. Response surface methodology and its application in food industry. China Food Additives,2005(2):68-71. (in Chinese)

[14] 洪鲲,乙引,张豪,张习敏. 响应面法优化固相化酯酶 Li-pozyme TL IM 催化菜籽油水解过程. 中国油脂,2011,36(9):39-42.
Hong K,Yi Y,Zhang H,Zhang X M. Optimization of hydrolysis of rapeseed oil with Lipozy-me TL IM catalysis by response surface methodology. China Oils and Fats,2011,36(9):39-42. (in Chinese)

[15] 杨爱梅,尚琪,刘轲. 响应面法优化白头翁总黄酮提取工艺. 氨基酸和生物资源,2014,36(3):56-60.
Yang A M,Shang Q,Liu K. Optimization of extraction technology of total flavonoid from *Pycnonotus chinensis* by response surface analysis. Amino Acids and Biotic Resources,2014,36(3):56-60. (in Chinese)

[16] 赵海福,魏彦明,赵强. 响应面法优化玉米须中芦丁的提取工艺及检测. 草业科学,2013,30(6):964-972.
Zhao H F,Wei Y M,Zhao Q. Optimum conditions of extraction and detecting rutin from stigma maydis by response surface analysis. Pratacultural Science,2013,30(6):964-972. (in Chinese)

[17] 徐清燏,戴思兰. 蓝色花卉分子育种. 分子植物育种,2004,2(1):93-99.




(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

Xu Q Y,Dai S L. Blue flowers' molecular breeding. Molecular Plant Breeding,2004:,2(1):93-99.

[18] 赵云鹏,陈发棣,郭维明. 观赏植物花色基因工程研究进展. 植物学通报,2003,20(1):51-58.
Zhao Y P,Chen F L,Guo W M. Advances in genetic engineering of flower color of ornamental plants. Chinese Bulletin of Botany,2003,20(1):51-58. (in Chinese)

[19] 安田齐. 花色的生理生物化学. 北京:中国林业出版社,1989:15-54.
An T Q. Physiology and biochemistry of flower color. Beijing:China Forestry Publishing House,1989:15-54. (in Chinese)

[20] 刘纪正,刘建华,程传格. 玫瑰花渣中色素的研究. 山东科学,1993,6(1):8-12.
Liu J Z,Liu J H,Cheng C G. Study on pigment from rose dregs. Shandong Science,1993,6(1):8-12. (in Chinese)

[21] 李子江,唐琳,刘萍,孙瑞雪. 响应面法优化玫瑰花花色苷提取工艺的研究. 食品科技,2009,34(11):221-225.
Li Z J,Tang L,Liu P,Sun R X. Optimization of anthocyanin extraction from roses by using response surface methodology. Food Science and Technology,2009,34(11):221-225. (in Chinese)

[22] 姜平平,吕晓玲,朱惠丽. 花色苷类物质分离鉴定方法. 中国食品添加剂,2004(4):108-111.
Jiang P P,Lyu X L,Zhu H L. Review of isolation and identification methods of anthocyanins. China Food Additives,2004(4):108-111. (in Chinese)

[23] 刘洋. 植物花色苷及其生物活性的研究进展. 青海农林科技,2010(3):35-39.
Liu Y. Review on anthocyanins and its bioactivities. Qinghai Agriculture and Forestry Science and Technology,2010(3):35-39. (in Chinese)

[24] 薛德艳,刘左军,高望,蓝雯琳. 钝裂银莲花花色素成分及其稳定性. 草业科学,2015,32(10):1569-1575.
Xue D Y,Liu Z J,Gao W,Lan W L. Components and stability analysis of the petal pigments in different colored *Anemone obtusiloba* petals. Pratacultural Science,2015,32(10):1569-1575. (in Chinese)

(责任编辑　苟燕妮)

## 2017 年第 1 期《草业科学》审稿专家

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 包爱科 | 陈先江 | 陈学林 | 程云湘 | 董世魁 | 冯琦胜 | 干友民 | 郭彦军 |
| 郭正刚 | 侯扶江 | 胡自治 | 金　樑 | 李　飞 | 李建龙 | 李克梅 | 李胜利 |
| 李彦忠 | 梁天刚 | 刘　权 | 刘兴元 | 娄燕宏 | 马红媛 | 马　清 | 马伟强 |
| 毛培胜 | 蒲小鹏 | 尚占环 | 邵　涛 | 孙洪仁 | 孙小琴 | 田　沛 | 屠　焰 |
| 汪晓峰 | 王召锋 | 翁秀秀 | 武高林 | 杨惠敏 | 杨湘云 | 张建全 | 张佩华 |
| 张自和 | 赵成章 | | | | | | |

承蒙以上专家对《草业科学》期刊稿件的审阅,特此表示衷心的感谢!



(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net