

文章编号:1001-6880(2018)Suppl-019-08

# 百合花花粉中类胡萝卜素提取及测定方法研究

欧穆妃,孙小媛,黄先永,伍秋茹,岳莎,李小梅\*

广州大学生命科学学院,广州 510006

**摘要:**本文探讨百合花花粉中类胡萝卜素的提取优化方法,以类胡萝卜素提取液的得率为响应值,通过单因素试验和 Box-Behnken 中心组合试验设计研究浸提温度、浸提时间、料液比对百合花花粉中类胡萝卜素提取效果的影响,并建立了相关的回归模型。结果表明,百合花花粉中类胡萝卜素提取的最佳工艺参数为以石油醚为浸提溶剂,浸提温度为 44 ℃、浸提时间为 55 min、料液比为 1:34 g/mL。在此条件下,百合花花粉中的类胡萝卜素提取得率达到 6.271 mg/g。

**关键词:**百合花粉;类胡萝卜素;得率;有机溶剂提取法;响应曲面分析法

中图分类号:TQ041 + . 1

文献标识码:A

DOI:10.16333/j.1001-6880.2018.S.003

## Extraction and Determination of Carotenoids from Lilium Pollen

OU Mu-fei, SUN Xiao-yuan, HUANG Xian-yong, WU Qiu-ru, YUE Sha, LI Xiao-mei\*

School of Life Sciences, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China

**Abstract:** To find out the best extraction conditions of Carotenoids from Lily Pollen. With the yield of carotenoid extract as the response value, response surface methodology design coupled with the single factor experiments involving three factors, extraction temperature, extraction time and liquid-material ratio, was applied to set up a quadratic polynomial regression equation for Carotenoids extraction. An extraction regression equation was established through orthogonal experiments and the optimal extraction processing parameters were petroleum ether as extraction solvent, extraction temperature of 44 ℃, extraction time of 55 min and liquid-material ratio of 1:34. Under the optimal extraction conditions, the extraction rate of carotenoids was 6.271 mg/g.

**Key words:** lily pollen; carotenoids; yield; organic solvent method; response surface analysis

百合花是花卉市场常见的畅销品种,其花药由花梗与暴露的花粉组成。百合花花粉量大,单个花药含鲜花粉可重达至 0.05 g 左右<sup>[1]</sup>。目前,国内外就百合花相关的研究主要集中在花朵色素的提取以及其理化性质等方面<sup>[2-5]</sup>,关于百合花粉的研究侧重在其形态方面,色素方面的研究未见报道。类胡萝卜素是自然界普遍存在的天然色素,为具有一系列共轭双键的化合物,具有安全、营养价值高等特征,在功能性食品和医药中的应用广泛。植物花粉中的类胡萝卜素为 Bestand R. 和 Pelrank R. 自黄毛蕊花(*Vasbacm thapsiforme*)花粉中首次发现; Sykut 研究了印度水芹花粉,发现其中含有 12 种胡萝卜素<sup>[1]</sup>。近年来,国内从不同生物材料中提取类胡萝卜素的文献研究较多,而不同提取材料所得到的类胡萝卜素得率各异<sup>[6-9]</sup>。

本研究以百合花粉为材料,运用响应曲面法优化提取百合花粉中类胡萝卜素的工艺,以期为百合花的资源开发利用提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

$\beta$ -胡萝卜素标准品,购自上海如吉生物科技发展有限公司;花苞尚未开放的 OT 百合系列罗宾娜(*Lilium tenuifolium oriental × tumpet ‘Robina’*)鲜切花,购自广州市岭南花卉市场。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 花粉预处理

新鲜的百合切花→花蕾开放后花药未萌发前摘取整个花药→阴凉处通风干燥至花粉粒完全暴露→电热鼓风干燥箱中 50 ℃恒温烘干至恒重→过 40 目筛→待测花粉。

#### 1.2.2 百合花粉中色素提取工艺

待测百合花粉与有机溶剂以 1:50 比例(g/mL)

混合→25 ℃恒温水浴锅中密封避光浸提15 min→冷水浴30 s→取0.5 mL提取液、稀释100倍→百合花粉色素提取液。有机溶剂分别选取无水乙醇、石油醚、丙酮、乙酸乙酯、正己烷。将百合花粉色素提取液和 $\beta$ -胡萝卜素标准溶液分别以紫外可见分光光度计于300~600 nm波长下进行光谱扫描,根据 $\beta$ -胡萝卜素标准溶液特征吸收峰确定百合花粉色素提取液的 $\beta$ -胡萝卜素及最大吸收波长<sup>[10]</sup>。通过比较特征吸收波长下的吸光度值确定最佳提取溶剂,并以此计算类胡萝卜素的得率<sup>[11]</sup>。

得率计算公式<sup>[11]</sup>为:

$$Y(\text{mg/g}) = A \times V \times F \times 10 / (2500 \times M) \quad (1)$$

式中: $A$ 为提取液在最大吸收波长下的吸光值; $V$ 为浸提液体积(mL); $F$ 为提取液样品在测定吸光值时的稀释倍数;2500为胡萝卜素分子平均吸收系数; $M$ 为百合花粉末样品干粉质量(g)。

### 1.2.3 加样回收率试验

精密称取一定量的百合花粉,共6份,分别加入 $\beta$ -胡萝卜素标准品0.1、0.2、0.3、0.4、0.5 mg,按照1.2.2的方法进行测定,通过公式(1)计算类胡萝卜素得率,计算平均加样回收率。

### 1.2.4 红外光谱分析

按照1.2.2的提取工艺进行提取。提取液经过

表1 响应曲面试验因素水平及编码

Table 1 Factors and levels of response surface analysis

| 因素<br>Factors                              | 水平编码 Level codes |      |      |
|--|------------------|------|------|
|  | -1               | 0    | 1    |
| ( $X_1$ ) 料液比 Solid-liquid (g/mL)          | 1:20             | 1:30 | 1:40 |
| ( $X_2$ ) 浸提时间 Extraction time (min)       | 45               | 60   | 75   |
| ( $X_3$ ) 浸提温度 Extraction temperature (°C) | 40               | 45   | 50   |

## 2 结果与分析

### 2.1 百合花粉色素提取液的紫外可见吸收光谱

类胡萝卜素分子中因存在共轭双键,在400~500 nm的光谱区吸收光谱呈现图像明显的“三指峰”。如图1所示, $\beta$ -胡萝卜素标准品的UV-VIS光谱图表明449 nm为最大吸收峰,425 nm和476 nm分别为左右肩峰<sup>[13]</sup>,与本研究所得百合花粉色素提取液的UV-VIS光谱图均呈现出类似形状的“三指峰”,且在340 nm附近出现一个小吸收峰,主要吸收峰也略为降低,并向紫外区略为蓝移,推测百合花粉色素为 $\beta$ -胡萝卜素,且可能为顺式异构体<sup>[11,13]</sup>。

旋转蒸发仪旋转蒸发得到色素浸膏,再置于电热鼓风干燥箱中50 ℃恒温烘干,备用。取适量浸膏与KBr研磨均匀,压片测定。测定条件如下:波长范围8 000~3 400 cm<sup>-1</sup>、光谱分辨率优于0.4 cm<sup>-1</sup>、波数精度优于0.01 cm<sup>-1</sup>、信噪比:45 000:1(1分钟测试,4 cm<sup>-1</sup>分辨率,DTGS检测器,2 100~2 000 cm<sup>-1</sup>峰峰值)。

### 1.2.5 单因素试验

将花粉与提取溶剂按照0.1 g:5 mL的比例,以1.3所得最佳提取溶剂为提取溶剂,分别以不同的料液比(1:20、1:30、1:40、1:50、1:60)、浸提时间(15、30、45、60、75、90 min)和浸提温度(25、30、35、40、45、50 ℃)。为单因素组合进行百合花花粉中类胡萝卜素的提取试验,固定其中2个因素,改变另一个因素进行提取,提取次数均为3次,取平均值为类胡萝卜素得率。

### 1.2.6 响应曲面试验设计

基于1.2.5中单因素试验结果,根据Box-Behnken中心组合试验设计原理<sup>[12]</sup>,选择浸提温度、料液比和浸提时间3个因素作为自变量,百合花粉类胡萝卜素提取液的得率为响应值,设计三因素三水平试验(表1),考察百合花粉类胡萝卜素提取得率条件。

表1 响应曲面试验因素水平及编码

Table 1 Factors and levels of response surface analysis

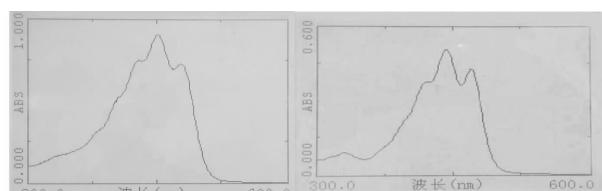


图1 不同样品类胡萝卜素的UV-VIS光谱图(左图 $\beta$ -胡萝卜素,右图百合花粉)

Fig. 1 The uv-vis spectrogram of different carotenoids (left FIG. Beta-carotene, right, lily pollen)

### 2.2 百合花粉类胡萝卜素适宜提取溶剂的确定

由图2可知,百合花花粉分别在石油醚、乙酸乙

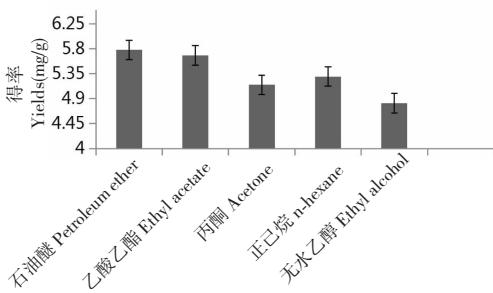


图 2 不同有机溶剂提取的类胡萝卜素得率

Fig. 2 The yield of carotenoids extracted from different organic solvents

酯、丙酮、正己烷、无水乙醇中的类胡萝卜素的提取得率为:5.780、5.680、5.120、5.300、4.820 mg/g,其中石油醚提取的类胡萝卜素得率最高。因此将其作为后续研究中的提取溶剂。

### 2.3 加样回收率试验

由表2结果可知,样品加样回收率在92.0%~98.0%之间,平均回收率为95.4%,相对标准偏差RSD为2.87%,表明该方法的回收率满足测定要求,回收率良好,所用的实验方法简便、准确,适用于百合花花粉中类胡萝卜素的含量测定。

### 2.4 百合花粉类胡萝卜素红外光谱分析

表 2 加样回收率试验结果

Table 2 Test results of sample recovery

| 取样中含量<br>Sampling content<br>( mg ) | 加标量<br>Additive scalar<br>( mg ) | 测定含量<br>Determination content<br>( mg ) | 回收率<br>Rate of recovery<br>( % ) | 平均回收率<br>Average recovery rate<br>( % ) | RSD<br>( % ) |
|-------------------------------------|----------------------------------|---|----------------------------------|---|--------------|
| 2.856                               | 0.1                              | 2.954                                   | 98.0                             | 95.4                                    | 2.87         |
| 2.856                               | 0.2                              | 3.040                                   | 92.0                             |   |              |
| 2.856                               | 0.3                              | 3.135                                   | 93.0                             |   |              |
| 2.856                               | 0.4                              | 3.243                                   | 96.8                             |   |              |
| 2.856                               | 0.5                              | 3.343                                   | 97.4                             |   |              |

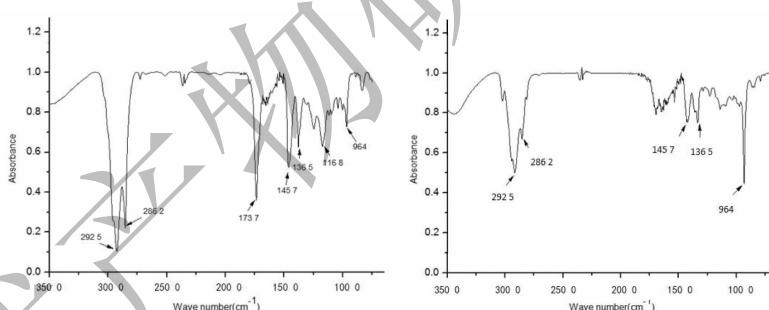


图 3 百合花花粉(左)与β-类胡萝卜素标准品(右)红外光谱图

Fig. 3 Infrared spectra of lily pollen (left) and beta carotene standard (right)

由图3的红外光谱图检测结果可知,百合花花粉类胡萝卜素的主要吸收峰范围在900~3 000 cm<sup>-1</sup>之间,与β-类胡萝卜素标准品均有2 925、2 862、1 457、1 365、964 cm<sup>-1</sup>共有峰。在2 960~2 850 cm<sup>-1</sup>有两个强吸收峰,峰型均尖而强,2 925 cm<sup>-1</sup>为亚甲基C-H反对称伸缩振动峰,2 862 cm<sup>-1</sup>为甲基对称伸缩振动峰,而1 365 cm<sup>-1</sup>与964 cm<sup>-1</sup>分别为C-H面内及C-H面外的弯曲伸缩振动峰,峰型尖而弱,尖而弱的1 457 cm<sup>-1</sup>应为两环的骨架振动吸收峰;两谱图不同的地方在于百合花花粉中出现了1 937 cm<sup>-1</sup>的振动吸收峰,峰型尖而强,应为分子中的醛酮类基团所

致,推测百合花花粉中含有总黄酮及其他含醛酮基团的色素物质等。另外,波数1 500~1 000 cm<sup>-1</sup>之间,百合花花粉还出现了两个尖而弱的吸收峰1 242 cm<sup>-1</sup>和1 168 cm<sup>-1</sup>,属于醚类的特征吸收峰,估计与提取溶剂石油醚微量残留有关。

### 2.5 单因素试验

考察液料比、浸提时间和浸提温度三种因素对百合花粉类胡萝卜素提取效果的影响。

由表3可知,百合花粉类胡萝卜素的最佳提取条件:料液比1:30,浸提时间60 min,浸提温度45 °C。

表3 不同因素作用下所得花粉提取液的吸光度及类胡萝卜素得率

Table 3 The absorbance and carotenoid yield of the extracted pollen from different factors

| 考察因素<br>Factors                 | 梯度<br>Gred | OD <sub>450</sub> ( nm ) | 类胡萝卜素的得率<br>( mg/g ) |
|---------------------------------|------------|--------------------------|----------------------|
| 料液比 Solid-liquid( M/V )         | 1: 20      | 0.696 ± 0.007            | 5.568 ± 0.052        |
|                                 | 1: 30      | 0.488 ± 0.004            | 5.852 ± 0.049        |
|                                 | 1: 40      | 0.360 ± 0.002            | 5.754 ± 0.033        |
|                                 | 1: 50      | 0.285 ± 0.004            | 5.700 ± 0.080        |
|                                 | 1: 60      | 0.230 ± 0.002            | 5.520 ± 0.063        |
| 时间 Extraction time( min )       | 15         | 0.488 ± 0.004            | 5.852 ± 0.049        |
|                                 | 30         | 0.496 ± 0.005            | 5.952 ± 0.060        |
|                                 | 45         | 0.500 ± 0.010            | 6.000 ± 0.118        |
|                                 | 60         | 0.504 ± 0.009            | 6.080 ± 0.102        |
|                                 | 75         | 0.502 ± 0.012            | 6.020 ± 0.144        |
|                                 | 90         | 0.492 ± 0.009            | 5.904 ± 0.067        |
| 温度 Extraction temperature( °C ) | 25         | 0.490 ± 0.004            | 5.880 ± 0.043        |
|                                 | 30         | 0.493 ± 0.004            | 5.912 ± 0.042        |
|                                 | 35         | 0.501 ± 0.003            | 6.012 ± 0.036        |
|                                 | 40         | 0.509 ± 0.004            | 6.104 ± 0.045        |
|                                 | 45         | 0.523 ± 0.007            | 6.272 ± 0.085        |
|                                 | 50         | 0.517 ± 0.006            | 6.208 ± 0.066        |

## 2.6 响应曲面试验

### 2.6.1 响应曲面试验结果分析

基于上述单因素实验基础上,利用 Box-Behnken 中心组合实验,以料液比( $X_1$ )、浸提时间( $X_2$ )、浸提

温度( $X_3$ )为主要因素,以百合花花粉中的类胡萝卜素得率为响应值,采用 Design-expert 8.0 进行三因素三水平优化分析。结果见表 4,方差分析见表 5,各因素交互响应曲面见图 4~6。

表4 百合花粉类胡萝卜素提取响应曲面设计试验及结果

Table 4 The response surface design test and results of lily pollen

| 试验号<br>No. | $X_1$ | $X_2$ | $X_3$ | 得率 Yields<br>( mg/g ) |
|------------|-------|-------|-------|-----------------------|
| 1          | 0     | 1     | 1     | 5.832 ± 0.048         |
| 2          | 0     | 1     | -1    | 6.072 ± 0.079         |
| 3          | 1     | 0     | -1    | 6.107 ± 0.033         |
| 4          | -1    | 1     | 0     | 5.704 ± 0.065         |
| 5          | 0     | 0     | 0     | 6.292 ± 0.018         |
| 6          | -1    | 0     | 1     | 5.741 ± 0.108         |
| 7          | 0     | 0     | 0     | 6.224 ± 0.007         |
| 8          | 0     | 0     | 0     | 6.196 ± 0.045         |
| 9          | 0     | -1    | -1    | 6.020 ± 0.113         |
| 10         | 1     | -1    | 0     | 6.187 ± 0.094         |
| 11         | 0     | 0     | 0     | 6.232 ± 0.030         |
| 12         | 1     | 1     | 0     | 5.819 ± 0.065         |
| 13         | 1     | 0     | 1     | 5.872 ± 0.363         |
| 14         | 0     | -1    | 1     | 5.936 ± 0.152         |
| 15         | 0     | 0     | 0     | 6.176 ± 0.018         |
| 16         | -1    | -1    | 0     | 5.632 ± 0.089         |
| 17         | -1    | 0     | -1    | 5.741 ± 0.076         |

表 5 百合花粉类胡萝卜素提取回归模型的方差分析

Table 5 The variance analysis of the regression model of lily pollen carotenoids

| 方差源<br>Source of variation | 平方和<br>Sum of squares | 自由度<br>df | 均方差<br>Mean square | F 值<br>F Value | P 值<br>P Value | 显著性<br>Statiscal significance |
|----------------------------|-----------------------|-----------|--------------------|----------------|----------------|-------------------------------|
| Model                      | 0.7300                | 9         | 0.0810             | 24.66          | 0.0001         | * *                           |
| $X_1$                      | 0.1700                | 1         | 0.1700             | 46.82          | 0.0001         | * *                           |
| $X_2$                      | 0.0150                | 1         | 0.0150             | 5.11           | 0.0546         |                               |
| $X_3$                      | 0.0390                | 1         | 0.0390             | 11.92          | 0.0076         |                               |
| $X_1X_2$                   | 0.0480                | 1         | 0.0480             | 13.90          | 0.0045         | * *                           |
| $X_1X_3$                   | 0.0140                | 1         | 0.0140             | 3.48           | 0.0636         |                               |
| $X_2X_3$                   | 0.0061                | 1         | 0.0061             | 0.79           | 0.1874         |                               |
| $X_1^2$                    | 0.2500                | 1         | 0.2500             | 86.48          | <0.0001        | * *                           |
| $X_2^2$                    | 0.0880                | 1         | 0.0880             | 23.39          | 0.0009         | * *                           |
| $X_3^2$                    | 0.0550                | 1         | 0.0550             | 17.63          | 0.0031         | * *                           |
| 残差 Residual                | 0.0200                | 7         | 0.0028             |                |                |                               |
| 失拟项 Lack of Fit            | 0.0120                | 3         | 0.0041             | 2.09           |                |                               |
| 纯误差 Pure Error             | 0.0078                | 4         | 0.0019             |                |                |                               |
| 总离差 Cor Total              | 0.75                  | 16        |                    |                |                |                               |

$$R^2 = 0.9733, R_{\text{Adj}}^2 = 0.9389$$

注: \*\*  $P < 0.01$ , 差异极显著, \*  $P < 0.05$ , 差异显著。

Note: \*\*  $P < 0.01$ , extremely significant difference; \*  $P < 0.05$ , significant difference.

对表中试验数据进行拟合,获得百合花粉类胡萝卜素得率的二次多项回归模型为:

$$Y = 6.22 + 0.15X_1 - 0.043X_2 - 0.070X_3 - 0.11X_1X_2 - 0.059X_1X_3 - 0.039X_2X_3 - 0.24X_1^2 - 0.14X_2^2 - 0.11X_3^2$$

由表 5 可知,模型的 P 值小于 0.01,说明该模型呈极显著意义,该试验设计具有可靠性;失拟项 P 大于 0.05,说明非试验因子对试验结果的影响不大。方程的相关系数  $R^2$  为 0.9733,这表明响应值(提取液得率)的变化有 97.33% 的误差来源于所选变量,即说明响应值与自变量关系显著,模型与实测值拟合度较好。因此,该模型可适用于响应曲面法优化提取百合花粉类胡萝卜素进行预测分析。

## 2.6.2 响应面可视化分析

根据回归方程,利用 Design-expert8.0 软件绘出响应曲面图及等高线,即当料液比、浸提时间、浸提温度中一个因素选取固定值时,其他两个因素及其交互作用对百合花粉提取液得率的影响,等高线呈椭圆形时表示两因素交互作用显著<sup>[14]</sup>。结合表 5,从图 4~6 可看出,各因素在试验取值范围内对百合花粉类胡萝卜素提取效果的影响大小依次为:料液比 > 提取时间 > 提取温度;料液比与浸提时间、浸提温度的交互作用较强,提取温度与提取时间的交互作用较弱。

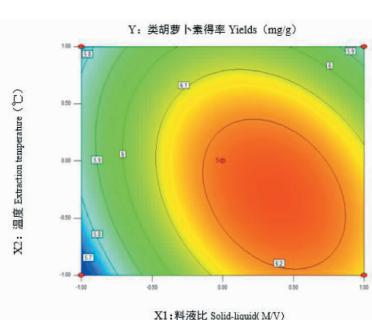
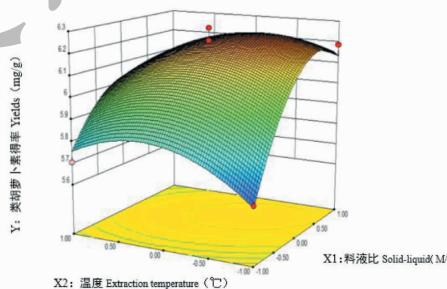


图 4 料液比和浸提温度及其交互作用对百合花粉类胡萝卜素提取影响的响应面和等高线

Fig. 4 The response surface and contour lines of the material liquid ratio, leaching temperature and their interaction effect on the extraction of carotenoids from lily pollen

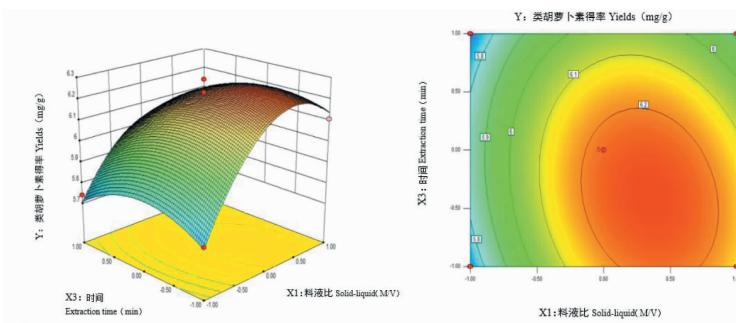


图 5 料液比和浸提时间及其交互作用对百合花粉类胡萝卜素提取影响的响应面和等高线

Fig. 5 The response surface and contour lines of the material liquid ratio and leaching time and its interaction effect on the extraction of carotenoids from lily pollen

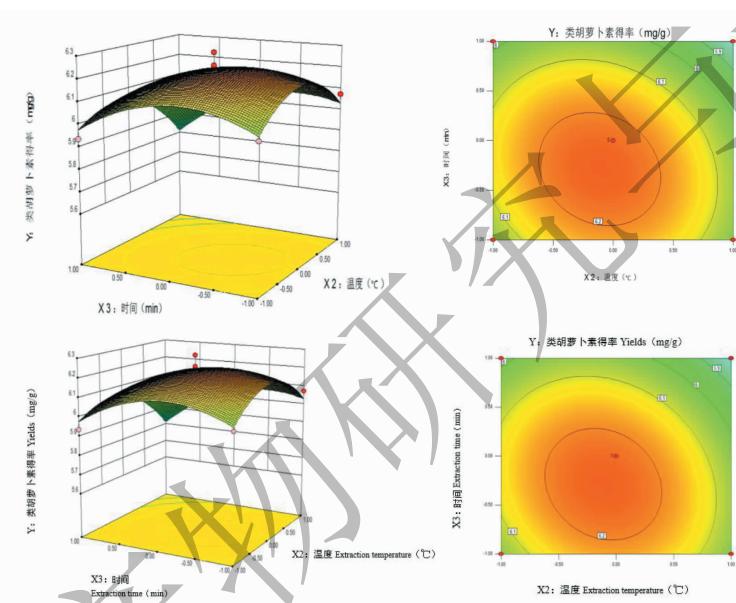


图 6 浸提时间和浸提温度及其交互作用对百合花粉类胡萝卜素提取影响的响应面和等高线

Fig. 6 The response surface and contour line of lily pollen carotenoid extracted by extraction time and extraction temperature and its interaction

### 3 讨论

类胡萝卜素是自然界广泛存在的天然色素,不仅限于生物赋色、光合作用中的光能利用、光损伤保护等,它们对人类和动物具有重要的保健防病功能,如清除自由基、免疫调节、防治眼病、抑制肿瘤或抗癌等。百合花寓意着顺利、心想事成、祝福,而百合花花药却因鲜切花市场需求,多数摘除丢弃,实际上其花药中黄色素为烘焙食品常用色素,对于一种源于植物提取的纯天然色素的优化,已然成为学者们的研究重点。笔者的实验结果表明石油醚为百合花花粉色素提取的最佳有机溶剂,在 450 nm 处测定提取液的类胡萝卜素得率最高。并在单因素基础上进

行响应曲面法设计分析,建立了相关的回归模型,该模型具有统计学意义,与实际试验拟合度较好。研究得出百合花花粉色素提取的优化工艺条件为:料液比 1:34、浸提时间 55 min、浸提温度 44 ℃。

根据“相似相溶”的规律<sup>[15]</sup>,较强极性的叶黄素类化合物在极性较强的有机溶剂中溶解度高;而胡萝卜素的极性较弱,更易溶于极性弱的有机溶剂。当类胡萝卜素成环后,其吸收光谱峰会变得不够尖锐和分明,光谱峰的精细结构清晰尖锐程度的次序为:番茄红素 >  $\gamma$ -胡萝卜素  $\approx$   $\alpha$ -胡萝卜素 >  $\beta$ -胡萝卜素<sup>[13]</sup>。因此,百合花粉的 UV-VIS 光谱图中吸收光谱峰的不够尖锐和分明亦一定程度上反映了其为  $\beta$ -胡萝卜素;结合各溶剂的得率(图 2)可知,类胡萝卜

卜素的紫外可见吸收光谱的形状及精细结构还受到溶剂极性的影响,当溶剂由非极性改变到极性时(如由石油醚到正己烷、乙酸乙酯、丙酮、乙醇),得率下降,其精细结构减弱、吸收带变为平滑。研究所得色素提取液在非极性溶剂石油醚当中的色素得率最高,进一步证明百合花粉色素的非极性分子的结构,正好呼应了生活中百合花花粉易粘而不易清水冲洗干净的特点。

单因素试验中,最佳料液比为1:30,最佳浸提时间为60 min,45 °C为最佳浸提温度。料液比为1:30时,其百合花粉类胡萝卜素的得率最高(5.852 mg/g),在石油醚中溶解达到了饱和,继续增加提取溶剂并不能显著提高百合花粉类胡萝卜素的得率,反而造成浪费;浸提时间为60 min时类胡萝卜素的得率为6.080 mg/g,当浸提时间从15 min增加到60 min时,得率逐渐升高,表示百合花粉类胡萝卜素在石油醚中的溶解逐渐增加,但当浸提时间继续增加时,百合花粉类胡萝卜素的得率逐渐下降,一方面可能是随着类胡萝卜素提取时间的增加,导致类胡萝卜素降解程度越高;另一方面可能是由于随着时间的延长石油醚有所挥发,导致类胡萝卜素减少;随着温度的逐渐上升,百合花粉类胡萝卜素在石油醚中的溶解也越来越多,当温度达到45 °C时,得率最高(6.272 mg/g)。但当浸提温度超过45 °C后,得率下降,其原因可能是由于随着温度的升高,类胡萝卜素不稳定,导致得率下降。另外,温度升高,石油醚有所挥发,亦使类胡萝卜素的得率下降。

研究中,会存在多方面的影响。测量时,周围的介质会影响到类胡萝卜素的光吸收性质,类胡萝卜素在活体内的吸收光谱可能会被百合花粉所含其他物质的影响等。另外,随着浸提时间增长石油醚有所挥发,由于温度的升高使类胡萝卜素不稳定等,也会导致提取到的类胡萝卜素减少。除了常规的三因素(料液比、浸提时间和温度)探究外,还可探索花粉浸提次数、超声波辅助提取等等对百合花粉色素提取效果的影响,由此得出更全面优化百合花粉中类胡萝卜素提取的方案。

近年来,国内从不同材料中提取类胡萝卜素的论著不断增加,不同提取材料所得到的类胡萝卜素含量并不一样。笔者的研究从百合花粉类胡萝卜素含量较高的OT百合品种中提取得到的类胡萝卜素的得率为6.273 mg/g。该品种的类胡萝卜素得率比从银杏渣(0.119 mg/g)<sup>[6]</sup>、胡萝卜(0.898 mg/g)<sup>[7]</sup>、掷孢酵母(1.414 mg/g)<sup>[8]</sup>提取类胡萝卜素的得率高,但比从香蕉皮(12.541 mg/g)<sup>[9]</sup>中类胡萝卜素提取的得率小。因此,从该品种百合花粉中提取得到类胡萝卜素得率较高,是一种适合作为制备天然类胡萝卜素的天然材料。

参考文献

- Wang XZ(王宪曾). Interpretation of the pollen [M]. Beijing:Beijing University Press,2005.
- Lai Y S,Shimoyamada Y,Nakayama M,et al. Pigment accumulation and transcription of LhMYB12 and anthocyanin biosynthesis genes during flower development in the Asiatic hybrid lily (*Lilium* spp.)[J]. *Plant Sci*,2012,194:136-147.
- Yamagishi M. Oriental hybrid lily Sorbonne homologue of Lh-MYB12 regulates anthocyanin biosyntheses in flower tepals and tepal spots[J]. *Mol Breeding*,2010,28:381-389.
- Yamagishi M, Yoshida Y, Nakayama M. The transcription factor LhMYB12 determines anthocyanin pigmentation in the tepals of Asiatic hybrid lilies (*Lilium* spp.) and regulates pigment quantity[J]. *Mol Breeding*,2012,30:913-925.
- Yamagishi M, Kishimoto S, Nakayama M. Carotenoid composition and changes in expression of carotenoid biosynthetic genes in tepals of Asiatic hybrid lily [J]. *Plant Breeding*,2010,129:100-107.
- Tang SR(唐仕荣), Song H(宋慧), Liu QD(刘全得), et al. Extraction and column chromatography of carotenoids in ginkgo biloba[J]. *Sci Technol Food Ind*(食品工业科技),2011,30:245-247.
- Zhang HT(张海涛), Jiang WY(蒋文艳), Dan RF(淡瑞芳). Optimization of carotenoid extraction process in carrot powder[J]. *J Gansu Agri Univ*(甘肃农业大学学报),2012,47:139-142.
- Wei N(魏娜), Xu Q(徐琼), Zhang N(张宁), et al. Extraction and identification of spore carotene[J]. *Food Sci*(食品科学),2014,30:245-247.
- Wu QY(吴青莹), Song YY(宋莹莹), Xing SX(刑思熙), et al. Study on extraction process condition of banana peel carotenoid[J]. *Chin Food and Nutrition*,2016,22(4):32-34.
- Fu L(付莉), Wang XJ(王歆姬). Study on extraction process of pumpkin skin carotene[J]. *Chin Agric Sci Bull*(中国农学通报),2012,28:295-299.
- Wang YQ(王业勤), Li QS(李勤生). Natural carotenoids [M]. Beijing: China Medical Science Technology Press, 1997.

(下转第43页)