

# 一种新沼泽红假单胞菌鉴定及其类胡萝卜素含量分析

肖亦农<sup>1</sup>, 崔艺久<sup>2</sup>, 徐琼<sup>3</sup>, 魏娜<sup>1</sup>

1. 沈阳农业大学土地与环境学院, 沈阳 110866
2. 中国人民解放军第三二三医院, 西安 710054
3. 上海市质量监督检验技术研究院, 上海 200233

**摘要** 通过观察实验室保藏的光合细菌 X1 的表观形态、生理特性以及采用 16S rDNA 序列对比的方法进行鉴定, 采用超声波破碎法、酸-热破碎法和研磨法对 X1 中类胡萝卜素进行提取, 并比较各种方法效果。用丙酮作为提取剂, 进一步利用紫外分光光度法、薄层层析法和高效液相色谱 (HPLC) 法对类胡萝卜素提取液进行了分析。确定光合细菌 X1 属于紫色非硫细菌中的红罗菌科、红假单胞菌属, 沼泽红假单胞菌 (*Rhodospseudomonas palustris*); 发现超声波浸提法提取类胡萝卜素效果最好, 其次是酸-热破碎法和研磨法; X1 中主要积累虾青素和一种未知色素, 其中, 虾青素含量为 0.28mg/L。采用分光光度法在 495nm 下, 总类胡萝卜素含量为 2.125mg/g (干重)。

**关键词** 沼泽红假单胞菌; 鉴定; 类胡萝卜素

**中图分类号** Q939.96

**文献标志码** A

**doi** 10.3981/j.issn.1000-7857.2013.13.009

## Identification of *Rhodospseudomonas palustris* and Its Analysis for Carotenoids

XIAO Yinong<sup>1</sup>, CUI Yijiu<sup>2</sup>, XU Qiong<sup>3</sup>, WEI Na<sup>1</sup>

1. College of Land and Environment, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China
2. The 302th Military Hospital of China, Xi'an 710054, China
3. Shanghai Institute Quality Inspection and Technical Research, Shanghai 200233, China

**Abstract** This paper describes a kind of photosynthetic bacteria X1 from laboratory preservation. X1 has the ability to accumulate carotenoids naturally. The pigments were extracted by different methods to analyze the carotenoids' contents. Using morphological characters, physiological characters and 16s rDNA, X1 was identified. Then carotenoids were extracted by the ultrasonic extraction, acid-heat and grinding methods. Acetone was used as the solvent in the extraction. Furthermore, the ultraviolet spectrophotometry, the thin layer chromatography and the High Performance Liquid Chromatography (HPLC) system for the carotenoid extracts were analyzed. After appraisal, X1 was identified as Purple Non-Sulfur Bacteria, *rhodospirillaceae*, *rhodospseudomonas*, *Rhodospseudomonas palustris*. Comparing these extraction methods of carotenoids, it is shown that the ultrasonic extraction is the best method, followed by the acid-heat method. The grinding method is inferior to other two methods. As a result, *Rhodospseudomonas palustris* X1 can produce carotenoids up to 2.125mg/g (in dry weight) by the ultraviolet spectrophotometry at the wavelength of 495nm. The carotenoids have two main components, one of which is astaxanthin. The HPLC result shows that the astaxanthin content reaches 0.28mg/L in the extract.

**Keywords** *Rhodospseudomonas palustris*; strains identified; carotenoids

收稿日期: 2012-12-13; 修回日期: 2013-02-27

基金项目: 辽宁省自然科学基金项目(20102196); 沈阳市科技局计划项目(090098)

作者简介: 肖亦农, 实验师, 研究方向为微生物学, 电子信箱: xiaoyinong123@163.com

## 0 引言

光合细菌 (Photosynthetic Bacteria, PSB) 是自然界中非常有特色的一类细菌,能在厌氧光照条件下进行不产氧的光合作用,分类上属于原核生物界细菌门真细菌纲红螺菌目。沼泽红假单胞菌 (*Rhodospseudomonas Palustris*) 是光合细菌的一种,属于红螺菌科 (*Rhodospirillaceae*),红假单胞属 (*Rhodospseudomonas*),广泛存在于水田、湖泊、江河、海洋、活性污泥和土壤中,生命力极强、营养要求低、生长繁殖快。

沼泽红假单胞菌属富含多种维生素、辅酶等生物活性物质和微量元素,适应性强,能耐受高深度的有机废水,具有较强的分解转化能力,对酚、氰等毒物有一定忍受和分解能力等。沼泽红假单胞菌的用途很多,可用于水质净化<sup>[1,2]</sup>、污水处理<sup>[3,4]</sup>、具有一定的脱毒能力<sup>[5,6]</sup>、并且能够作为饲料级微生物添加剂<sup>[7-9]</sup>等。

天然类胡萝卜素具有重要的生理功能<sup>[10]</sup>,但目前市场供应的类胡萝卜素中 95% 是化学合成品,不具备天然类胡萝卜素具有的生理功能<sup>[11]</sup>。天然类胡萝卜素可从动植物中提取,但是有成本高、价格贵、工艺复杂和着色力差等问题。所以,利用微生物生产类胡萝卜素已成为研究热点之一<sup>[12]</sup>。光合细菌中含有较高浓度的类胡萝卜素,可以作为提取天然类胡萝卜素的原料<sup>[13]</sup>。

沼泽红假单胞菌光合色素中的类胡萝卜素主要包括螺菌黄素、紫菌红醇、玫红品虾青素等<sup>[14]</sup>。该菌属于革兰氏阴性菌,细胞结构简单,提取容易,可以作为生产类胡萝卜素的生物材料,且明显优于天然植物、微藻等。因此,有必要加强沼泽红假单胞菌天然类胡萝卜素的研究开发工作。本文对分离得到的 1 株光合细菌进行鉴定,优化了其类胡萝卜素的提取方法,并对其积累的类胡萝卜素进行了定性定量分析。由于积累类胡萝卜素组分简单,有望通过发酵改良或基因工程方法提高色素产量。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料

#### 1.1.1 菌株及其培养

对实验室前期在河道中分离得到的光合细菌 X1 进行活化培养。

液体培养采用 van Niel 改良培养基<sup>[15]</sup>:  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  0.6g,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  0.9g, NaAc 0.5g,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  0.3g, 酵母浸膏 0.5g,  $\text{MgSO}_4$  0.2g,  $\text{CaCl}_2$  0.3g, NaCl 0.5g, 微量元素溶液 1mL, 生长因子溶液 1mL, 蒸馏水 1000mL。固体分离培养基为在液体培养基中加入琼脂 15g/L。

培养条件为光照强度 1000lx, 28℃ 培养 7d。

#### 1.1.2 主要仪器

薄层层析板 (GF254 硅胶薄层板, 烟台市化学工业研究所)、虾青素标准品 (德国 Dr. Ehrenstorfer 公司)、PCR 仪 (TC-412 型, 东胜创新生物科技有限公司)、水平电泳槽 (DYCP-31D 型, 北京六一仪器厂)、电泳仪 (DYY-4C 型, 北京六一仪

器厂)、分光光度计 (U-3010 型, 日本 Hitachi)、台式高速冷冻离心机 (Biofuge Fresco, 美国 Kendro)、Diamonsil  $\text{C}_{18}$  (2) 柱, (5 $\mu\text{m}$ , 250mm $\times$ 4.6mm, 迪马科技)、高效液相色谱仪 (LC-20AT, 日本 Shimadzu)、SPD-M20A 二极管阵列检测器 (日本 Shimadzu) 等。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 菌种的分子生物学鉴定

分子生物学鉴定采用 16S rDNA 序列对比的方法。模板 DNA 的提取按照 UNIQ-10 柱式细菌基因组 DNA 抽提试剂盒的说明书进行。

正向引物为 fd1 (5'-AGAGTTTGATCTGGCTCAG-3');

反向引物为 rD1 (5'-AAGGAGGTGATCCAGCC-3')。

50 $\mu\text{L}$  PCR 反应体系为: 10 $\times$ PCR buffer (KCl 50mmol $\cdot\text{L}^{-1}$ , Tris-Cl 10mmol/L),  $\text{MgCl}_2$  2.5mmol/L, dNTPs (each) 0.2mmol/L, 正向和反向引物各 0.4 $\mu\text{mol/L}$ , 模板 40ng, TaqDNA 聚合酶 (TaKaRa) 5U, ddH<sub>2</sub>O 32 $\mu\text{L}$ 。反应程序为: 94℃ 预变性 4min, 然后 35 次循环 (94℃ 1min, 58℃ 1min, 72℃ 1.5min), 最后 72℃ 延伸 8min。PCR 产物的检测采用琼脂糖凝胶电泳预染染色检测法。电泳结果用凝胶成像系统进行观察。PCR 产物纯化、测序工作由上海生物工程股份有限公司完成。测序结果提交到 GenBank 数据库, 采用 MEGA 3.1 的邻接法进行系统树的构建, 并用 Bootstrap 对进化树进行 1000 次可信度分析。

#### 1.2.2 菌种分类鉴定

细菌分类鉴定方法主要参考《伯杰氏细菌鉴定手册》(第 8 版)<sup>[16]</sup>, 并进行革兰氏染色实验观察。

#### 1.2.3 类胡萝卜素提取

(1) 超声波浸提法。取 0.3g 干菌粉于 50mL 的三角瓶中, 加入 30mL 95% 乙醇浸泡 1h, 5000r/min 离心 10min, 弃去上清菌绿素, 加蒸馏水洗涤 2~3 次。加 20mL 丙酮溶剂, 于超声波清洗仪破壁 30min。5000r/min 离心 10min, 弃去无色上清液, 再加 20mL 丙酮浸提, 6000r/min 离心 10min, 上清即为色素粗提液。

(2) 酸-热破碎法。取 25mL 菌悬液于离心管中, 5000r/min 离心 15min, 取上清, 得菌体沉淀。阴干后于离心管中加 3mol/L HCl 5mL, 室温浸泡 1h, 然后 100℃ 水浴 10min, 取出置于冰水中迅速冷却, 5000r/min 离心 15min, 弃去上清, 得细胞泥。细胞泥用蒸馏水洗涤 3~5 次, 加入 5mL 丙酮, 充分振荡, 静置 10min, 6000r/min 离心 15min, 上清即为色素粗提液。

(3) 研磨法。丙酮与菌体的液料比为 50:1 (mL:g), 添加适量石英砂, 研磨 30min 后, 6000r/min 离心 20min, 上清即为色素粗提液。

#### 1.2.4 类胡萝卜素样品制备

对提取得到的类胡萝卜素粗提液, 加入等体积的石油醚, 经充分振荡, 静置分层。取上层石油醚层加入等体积 10% KOH-CH<sub>3</sub>OH 溶液, 充分振荡, 加入少量 5% NaCl 水溶液促进分离。上层石油醚层用 5% NaOH 水溶液反复洗涤 3 次, 以洗净甲醇, 即为类胡萝卜素。

### 1.2.5 类胡萝卜素鉴定

首先采用薄层色谱法(TLC)对类胡萝卜素组分进行初步分析,用移液枪将样品点在距离硅胶板 GF<sub>254</sub> 下端边缘 1.5cm 处,待样品溶液风干后,将薄层板置于有少量展开剂正己烷-丙酮(4:1,体积比)的层析缸中展开。待展开剂前沿接近硅胶板上端后,取出硅胶板使展开剂置于空气中,测量色斑位置,并计算比移值  $R_f$ 。

利用吸光度法计算总类胡萝卜素含量,将提取得到的类胡萝卜素进行全波长扫描。取定量的色素粗提液用 U-3010 分光光度计对其进行吸收光谱测定,开始波长 600nm,结束波长 400nm。扫描速度 120nm/min,采样间隔 0.20nm。狭缝宽度 2nm,光程 10.0mm,测吸收光谱。

$$\text{总类胡萝卜素含量}(\mu\text{g/g}) = \frac{A \cdot D \cdot V}{0.16 \cdot W}$$

其中,  $A$  为吸光值,  $D$  为稀释倍数,  $V$  为加入的提取剂体积(mL),  $W$  为光合细菌干重(g), 0.16 为类胡萝卜素消光系数。

通过高效液相色谱法对色素组分和含量进行分析,色谱条件为:岛津高效液相色谱仪,色谱柱 C<sub>18</sub>,流动相为甲醇:乙腈:水=75:25:5(体积比),流速为 1.0mL/min,进样量为 10 $\mu$ L,柱温为 20 $^{\circ}$ C。

虾青素标准储备溶液:称取 2mg 虾青素标准品于 100mL 容量瓶中,用丙酮溶解定容,待用。

标准曲线制作:将虾青素标准品配制成为 2.352、5.88、11.76、58.8mg/L 的混合标准溶液,然后分别进样(色谱条件同上),并根据色谱图绘制峰面积-浓度标准曲线图。

## 2 结果与分析

### 2.1 菌种的分子生物学鉴定

运用 Blast 程序,将菌株 X1 的序列与 GenBank 数据库中登陆的序列进行比对,构建进化树(图 1)。结果显示,X1 与沼泽红假单胞菌 *Rhodopseudomonas palustris* PSB07-19 在同一小

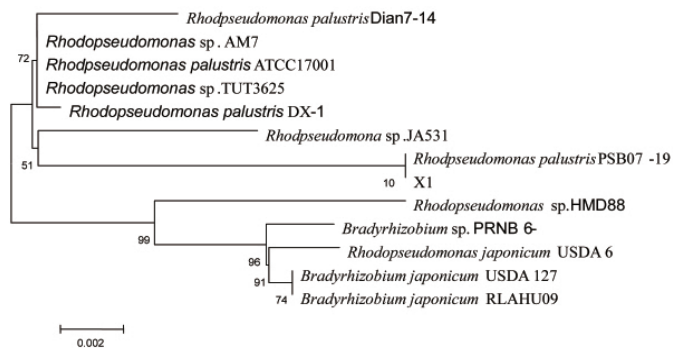


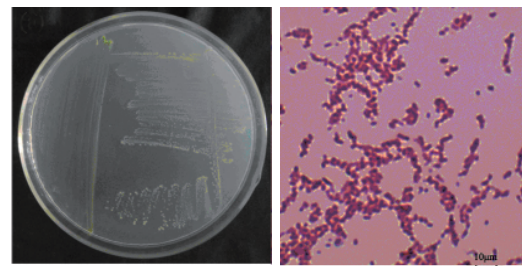
图 1 基于 16S rDNA neighbour-joining 法构建系统发育树

Fig. 1 Phylogenetic tree drawn from neighbour-joining analysis based on sequences of the 16S rDNA Bootstrap percentages over 50% from 1000 Bootstrap replicates are shown. Sequences were retrieved from the GenBank datebasses under the accession numbers indicated

分支上, 同源性达到了 100%, 与 *Rhodopseudomonas* sp. HMD88 的相似性为 99%, 与慢生型大豆根瘤菌 *Bradyrhizobium japonicum* RLAHU09 同源性较低。因此, 将菌株 X1 归于沼泽红假单胞菌, GenBank 数据库中的登录号为 KC162163。

### 2.2 菌株的形态结构和生理特性鉴定

菌株 X1 液体培养液为深红色, 菌落在平板上呈现淡黄色(图 2(a)), 表面光滑湿润, 边缘整齐, 生长十分良好。革兰氏染色显示该菌株为革兰氏阴性菌(图 2(b)), 细胞为卵圆形, 老培养物易形成集束形排列方式, 由这些特有的形态特征判断, 该菌株为沼泽红假单胞菌(*Rhodopseudomonas palustris*)。



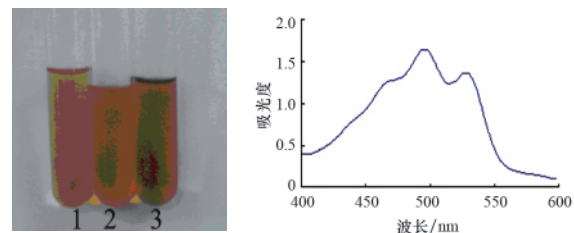
(a) X1 在 van Niel 改良培养基上的菌落形态 (b) X1 的革兰氏染色显微观察图  
(a) Colony morphology of X1 in van Niel improved medium (b) Gram microscopic observation of X1

图 2 菌株 X1 菌落和革兰氏染色图

Fig. 2 Characteristics of strain X1 on plate and Gram dyeing

### 2.3 类胡萝卜素提取方法比较

对 3 种色素提取方法进行比较。对于研磨法, 由于丙酮挥发性较强, 研磨过程中会有损失, 继续添加溶剂, 丙酮的量难以控制, 且研磨法费时费工, 较难进行重复, 结果不理想; 酸-热破碎法, 提取后菌体依然呈粉红色, 色素提取不完全, 并且化学提取法对色素本身也有破坏; 超声波破碎法, 提取后菌体呈灰白色, 色素提取比较完全, 且物理提取法对色素本身没有影响, 操作也较方便, 因此选择超声波破碎法作为类胡萝卜素的提取方法。采用超声波破碎法提取后, 色素颜色呈鲜艳的橙红色, 且浓度较高。提取效果如图 3(a) 所示。



(a) 类胡萝卜素提取效果 (b) 超声波破碎法提取类胡萝卜素  
(a) Carotenoids extraction effect (b) Absorption spectrum of carotenoid from X1

图 3 类胡萝卜素色谱分析

Fig. 3 Result of carotenoid by chromatography

注: 1, 研磨法; 2, 酸-热破碎法; 3, 超声波破碎法。

Notes: 1, grinding; 2, acid-heat crushing method; 3, ultrasonic crushing method.

### 2.4 类胡萝卜素提取液主要成分分析

用紫外-可见分光光度计对类胡萝卜素提取液进行紫外可见光谱扫描(图 3(b))。由总类胡萝卜素含量计算公式可以得出,在 495nm 下,类胡萝卜素含量为 2.125mg/g(以干重计)。400~600nm 波长范围内,在 466、495 和 527nm 处有 3 个特征吸收峰(图 3(b)),可以确定该类胡萝卜素提取液中可能由多种类胡萝卜素构成。

对类胡萝卜素提取液进行薄层层析分析,展开体系为正己烷-丙酮 4:1(体积比)。由图 4(a)可以看出,沼泽红假单胞菌的类胡萝卜素提取液中有两条色带已被完全分离。由李福枝<sup>[7]</sup>的研究可知,沼泽红假单胞菌能够积累虾青素,因此,同虾青素标准品比对可知,其中 1 个色素斑点为虾青素, $R_f=0.207$ ,另一个色素斑点目前不清楚其种类。

采用外标峰面积法测定线性关系。配制一系列虾青素浓度梯度标准液,采用 DAD 检测器,检测波长为 476nm,以虾青素的浓度  $y(\text{mg/L})$  为纵坐标,以相对应的峰面积  $x$  为横坐标进行线性分析,结果如图 4(c)所示。该曲线的回归方程  $y=0.5363x$ , 线性相关系数  $R^2=0.9999$ , 可见,该曲线在浓度 2.352~58.8mg/L 范围有线性关系,且虾青素的浓度与响应值之间的线性关系较好。

在此洗脱条件下,虾青素标准品的出峰时间为 4.62min(图 4(b)),记录样品中出峰时间在 4.6min 左右的色谱峰,带入上述回归方程,计算得到类胡萝卜素提取液中虾青素的浓度为 0.28mg/L。

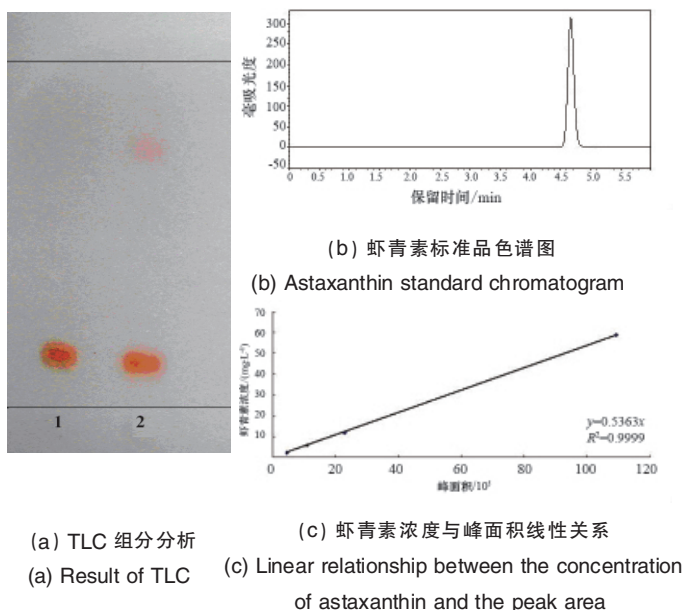


图 4 类胡萝卜素鉴定和含量测定

Fig. 4 Identification and content determination of carotenoid  
注:1, 虾青素标准品;2, X1 类胡萝卜素提取液。

Notes: 1, standard of astaxanthin; 2, extracting solution of carotenoids.

### 3 讨论

根据分子生物学鉴定并参照《伯杰氏系统细菌学手册》(第 8 版)<sup>[16]</sup>,认为本实验分离得到的 X1 菌株属于光合细菌中的紫色非硫细菌中的红罗茵科、红假单胞菌属,沼泽红假单胞菌种(*Rhodospirillum rubrum*)。

沼泽红假单胞菌所含类胡萝卜素属于胞内色素,需要对细胞进行破壁处理后才能进行提取。类胡萝卜素是大分子的有机化合物,能溶于大部分有机试剂,一般不溶于水。在极性较强的有机溶剂中溶解度较大,如丙酮、乙醚、三氯甲烷等。本实验采用有机溶剂提取法对所含类胡萝卜素进行提取,发现菌体在超声波破碎后呈现灰白色,胞内色素基本上全部溶于丙酮溶剂中,类胡萝卜素能够较完全提取,且为物理方法,对色素本身的破坏较小。类胡萝卜素含量为 2.125mg/g(干重)。超声波破碎为最佳的破壁条件,这与崔战利等<sup>[18]</sup>报道的沼泽红假单胞菌 B.9 菌株一致,有机溶剂丙酮对类胡萝卜素的提取效果最好。

类胡萝卜素提取液经紫外-可见分光光度法与薄层层析法检测分析后,可知菌株 X1 积累的类胡萝卜素由两种组成,其中 1 个组分经确定为虾青素,采用 HPLC 法测定类胡萝卜素提取液中虾青素的浓度为 0.28mg/L。在沼泽红假单胞菌中积累虾青素比较少见,且该菌色素组成较为单一,可进一步鉴定未知色素的结构,对菌体培养条件进行优化,或对菌体进行改造,提高虾青素含量,将其应用于日常生产和生活中。污泥中的沼泽红假单胞菌含有虾青素,这是否对环境洁净方面有所贡献也是值得关注的地方。

### 4 结论

(1) 实验室前期筛选保存的光合细菌 X1,经 16S rDNA 鉴定,可确认为紫色非硫细菌中的红罗茵科、红假单胞菌属,沼泽红假单胞菌种(*Rhodospirillum rubrum*)。

(2) 采用超声波破碎法、酸-热破碎法和研磨法对细胞进行破壁,有机溶剂丙酮提取色素,结果表明超声波破碎法效果最佳,其次是酸-热破碎法、研磨法。

(3) 对细胞内积累的类胡萝卜素组分进行分析,采用分光光度法在 495nm 下,总类胡萝卜素含量为 2.125mg/g(干重),通过 TLC 法和 HPLC 法进行定性定量分析,确定其中一种色素组分为虾青素,浓度为 0.28mg/L。

### 参考文献 (References)

[1] 胡南, 王兰甫, 邱玉玲. 沼泽红假单胞菌的分离·鉴定及生物净化作用研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(36): 7860-7861.  
Hu Nan, Wang Lanpu, Qiu Yuling. Anhui Agricultural Sciences, 2009, 37(36): 7860-7861.

[2] 杨莺莺, 曹煜成, 李卓佳, 等. PS1 沼泽红假单胞菌对集约化对虾养殖废水的净化作用[J]. 中国微生态学杂志, 2009, 21(1): 4-6.  
Yang Yingying, Cao Yucheng, Li Zhuojia, et al. Chinese Journal of Mi-

- croecology, 2009, 21(1): 4-6.
- [3] 戴秋洪, 边阔, 周勇. 沼泽红假单胞菌对活性大红废水处理的研究[J]. 天津化工, 2012, 26(2): 25-27.  
Dai QiuHong, Bian Kuo, Zhou Yong. Tianjin Chemical Industry, 2012, 26(2): 25-27.
- [4] 贺雅静, 白红娟. 沼泽红假单胞菌降解 TNT 废水的研究 [J]. 化工中间体, 2012, 9(5): 19-23.  
He Yajing, Bai Hongjuan. Chemical Intermediates, 2012, 9(5): 19-23.
- [5] 李子超, 肖娜, 李响锴, 等. 沼泽红假单胞菌对亚硒酸盐还原脱毒的研究[J]. 微生物学通报, 2011, 38(5): 660-667.  
Li Zichao, Xiao Na, Li Yunkai, et al. Journal of Microbiology, 2011, 38(5): 660-667.
- [6] 白红娟, 张肇铭, 俞妮, 等. 沼泽红假单胞菌去除铅的实验研究 [J]. 中国安全科学学报. 2007(1): 96-101.  
Bai Hongjuan, Zhang Zhaoming, Yun Ni, et al. China Safety Science Journal, 2007(1): 96-101.
- [7] 王妹, 陈有光, 段登选, 等. 沼泽红假单胞菌对泥鳅养殖池塘水质的改善效果[J]. 福建农林大学学报: 自然科学版, 2010, 39(2): 168-172.  
Wang Mei, Chen Youguang, Duan Dengxuan, et al. Journal of Fujian Agriculture and Forestry University: Natural Science Edition, 2010, 39(2): 168-172.
- [8] 罗卫星, 蔡惠芬, 郭必坤. 光合细菌在分娩母猪饲养中的应用效果[J]. 山地农业生物学报, 2010, 29(4): 312-316.  
Luo Weixing, Cai Huifen, Guo Bikun. Journal of Mountain Agriculture and Biology, 2010, 29(4): 312-316.
- [9] 许志强, 杨启银, 吴向华, 等. 沼泽红假单胞菌在暗纹东方鲀育苗上的应用[J]. 南京师范大学报: 自然科学版, 2004, 27(4): 85-88.  
Xu Zhiqiang, Yang Qiyin, Wu Xianghua, et al. Journal of Nanjing Normal University: Natural Science Edition, 2004, 27(4): 85-88.
- [10] 何强强, 惠伯棣, 官平, 等. 类胡萝卜素代谢物的生物学活性研究进展[J]. 食品科学, 2011, 32(15): 289-295.  
He Qiangqiang, Hui Bodi, Gong Ping, et al. Food Science, 2011, 32(15): 289-295.
- [11] 刘翔, 惠伯棣. 类胡萝卜素在体内外的抗氧化活性[J]. 食品工业科技, 2008(10): 279-282.  
Liu Xiang, Hui Bodi. Science and Technology of Food Industry, 2008(10): 279-282.
- [12] 揭晶, 赵越. 光合细菌应用的研究进展[J]. 广东药学院学报, 2006, 22(1): 113-115.  
Jie Jing, Zhao Yue. Journal of Guangdong College of Pharmacy, 2006, 22(1): 113-115.
- [13] 赵婷, 林孔亮, 惠伯棣. 微生物源类胡萝卜素研究进展 [J]. 食品科学, 2010, 25(23): 461-467.  
Zhao Ting, Lin Kongliang, Hui Bodi. Food Science, 2010, 25(23): 461-467.
- [14] 言世贤, 俞吉安, 朱章玉. 光合细菌红色类胡萝卜素的制取和研究[J]. 上海交通大学学报, 1991, 25(5): 73-79.  
Yan Shixian, Yu Ji'an, Zhu Zhangyu. Journal of Shanghai Jiaotong University, 1991, 25(5): 73-79.
- [15] 刘如林, 刁虎欣, 梁凤来. 光合细菌及其应用 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 1991.  
Liu Rulin, Diao Huxin, Liang Fenglai. Photosynthetic bacteria and its application [M]. Beijing: China Agriculture Science and Technology Press, 1991.
- [16] Buchanan R E, Gibbons N E. Bergey's manual of systemaic bacteriology [M]. 8th ed. American: Willianams and Wikins Public Inc, 1974.
- [17] 李福枝. 利用沼泽红假单胞菌生产类胡萝卜素的研究[D]. 株洲: 湖南工业大学, 2007.  
Li Fuzhi. The research of using *Rhodospseudomonas palustris* production carotenoids[D]. Zhuzhou: Hunan University of Technology, 2007.
- [18] 崔战利, 陈锡时. 沼泽红假单胞菌类胡萝卜素的提取和组分分析[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2005, 17(3): 4-8.  
Cui Zhanli, Chen Xishi. Journal of Heilongjiang August First Land Reclamation University, 2005, 17(3): 4-8. (责任编辑 吴晓丽)

## · 学术动态 ·

### 2013 年科技活动周将于 5 月 19—25 日举办

为深入贯彻落实党的十八大精神,实施创新驱动发展战略,在全社会大力弘扬科学精神,进一步提高全民科学素质,科技部、中央宣传部、中国科协决定,2013 年继续举办全国科技活动周。

2013 年科技活动周将围绕“科技创新·美好生活”主题,重点突出 4 个方面:① 通过展示提振民族信心、支撑经济发展、促进民生改善的重大科技成果,促进公众理解和支持科技创新;② 针对食品安全、生态环保、应急避险、低碳节能、健康生活等热点问题,普及科技知识,增强科技意识;③ 动员科技人员开展科普活动,组织高端科技资源向社会开放,让公众特别是广大青少年亲身体验科技活动,激发创新创造兴趣;④ 推出一批影视剧作、动漫游戏、科普图书、展教用品等科普产品,增强科普活动乐趣,推动科普产业发展。

重大示范活动有:① 北京大型科普博览;② 网络科技周;③ 科技列车湘西行;④ 流动科技馆进基层;⑤ 青少年“未来工程师”竞赛;⑥ 长三角科技博览会;⑦ 科研机构和大学向社会开放活动;⑧ 万名科学使者进校园(社区);⑨ 全国优秀科普作品推介;⑩ 媒体科普传播专题活动。

详见中国科协网 <http://www.cast.org.cn/n35081/n35488/14605489.html>。