

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2019.01.010

# 屠宰废水中 COD 降解菌分离鉴定与特性研究

贾明玺<sup>1</sup>, 李文<sup>1</sup>, 邓靖<sup>2</sup>, 刘存<sup>1</sup>, 王莎莎<sup>1</sup>, 岑烽<sup>1</sup>, 幸芬<sup>1</sup>, 裴鑫<sup>1</sup>

(1. 湖南工业大学 生命科学与化学学院, 湖南 株洲 412007;  
2. 湖南工业大学 先进包装材料与技术湖南省重点实验室, 湖南 株洲 412007)

**摘要:** 通过选择性富集培养、驯化培养、划线分离和纯化等方法, 从湖南某肉制品有限公司的屠宰废水中筛选到 4 株 COD 降解菌株, 编号为 1~4 号。并对 4 株 COD 降解菌进行驯化与初步分离, 采用高锰酸钾法测定各菌株的 COD 降解率, 其中 3 号菌株的 COD 降解率最高, 达到 11.30%。经过观察 3 号菌株的形态特征, 以及革兰氏染色实验, 初步鉴定 3 号菌株为盐球菌属细菌。并对其培养温度、pH 值、蛋白胨浓度和酵母膏浓度等特性进行了研究, 单因子优化实验结果表明, 3 号菌的最适生长温度为 37 ℃、最适 pH 值为 6、培养基中蛋白胨的质量分数为 1.5%、酵母膏的质量分数为 0.8%。

**关键词:** 屠宰废水; COD 降解菌; 鉴定; 特性

**中图分类号:** Q93-331

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1673-9833(2019)01-0060-06

**引文格式:** 贾明玺, 李文, 邓靖, 等. 屠宰废水中 COD 降解菌分离鉴定与特性研究 [J]. 湖南工业大学学报, 2019, 33(1): 60-65.

## A Research on the Isolation Identification of COD Degrading Strain with Its Characteristics in the Slaughterhouse Wastewater

JIA Mingxi<sup>1</sup>, LI Wen<sup>1</sup>, DENG Jing<sup>2</sup>, LIU Cun<sup>1</sup>, WANG Shasha<sup>1</sup>, CEN Feng<sup>1</sup>, XING Fen<sup>1</sup>, PEI Xin<sup>1</sup>

(1. College of Life Science and Chemistry, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China;

2. Key Laboratory of Advanced Packaging Materials and Technology of Hunan Province, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

**Abstract:** By means of selective enrichment cultivation, domestication, streaking cultivation and purification, four COD degrading strains, numbered 1, 2, 3 and 4 respectively, have been isolated and separated from slaughterhouse wastewater in a meat product Co., Ltd., Hunan Province. A preliminary separation has been made of the four domesticated strains of COD-degrading bacteria, and the potassium permanganate method has been adopted to determine the COD degradation rate of strains, with three of them reaching the highest rate of 11.30%. After observing the morphological characteristics of No. 3 strain and Gram staining test, it has been preliminarily identified that No. 3 strain proves to be *Salinococcus*. A research has been conducted on the characteristics of culture temperature, pH value, peptone concentration and yeast extract concentration, with the results of single factor optimization showing that the optimum growth temperature of No. 3 strain will be 37 ℃, with the optimum pH value 6, the concentration of peptone in culture medium 1.5%, and the yeast extract concentration 0.8%.

**收稿日期:** 2018-04-12

**基金项目:** 国家自然科学基金资助项目(51774128, 31501538), 湖南省科技厅重点研发基金资助项目(2016NK2096), 长沙市科技局重点基金资助项目(kh1601106), 国家大学生研究性学习和创新性实验计划基金资助项目(201511535003)

**作者简介:** 贾明玺(1990-), 男, 河南南阳人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为生物医学, E-mail: 2278652317@qq.com

**通信作者:** 李文(1980-), 男, 湖南望城人, 湖南工业大学副教授, 博士, 主要从事生物医学与食品安全方面的教学与研究, E-mail: 331631693@qq.com

**Keywords:** slaughterhouse wastewater; COD degrading strain; identification; characterization

## 1 研究背景

屠宰废水中含有大量对人类健康有害的致病因子和微生物, 如果不经处理直接向外部环境随意排放, 则会对排放周围的水环境造成严重的污染, 对人类、畜牧家禽以及其它水生生物的健康造成严重的危害。再者, 屠宰加工废水中含有的危害污染物质大多属于易于生物降解的有机物, 如果让它们随意向外排入周围水体后, 它们会迅速地耗掉水中的溶解氧, 造成水中的鱼类和水生生物因水中的溶氧量不足而缺氧死亡; 此外, 由于溶氧量的不足还会使水体转变为厌氧状态, 会使水质日益恶化、产生臭味、影响环境卫生。同时, 随废水排入水体中的致病微生物也会大量地繁殖, 严重危害人类的健康。所以, 对屠宰肉类加工废水进行处理, 去除废水所带来的污染以及彻底排除其对水环境的危害, 对保护生态环境和人类健康非常重要<sup>[1-3]</sup>。

根据目前国内外的研究情况, 当前的废水处理方法主要有如下 3 种:

1) 废水物理处理法<sup>[4-5]</sup>。其主要包括重力分离、离心分离、筛滤截留、吸附处理、蒸发处理等方法。该方法被主要用于分离和去除废水中不溶解的大颗粒污染物, 设备大都比较简单, 操作方便。但其缺点是只能进行简单的分离过滤, 并未真正降解废水, 对可溶性污染物无能为力。

2) 废水化学处理法<sup>[5-6]</sup>。该方法是通过化学反应改变废水中污染物的理化性质, 改变污染物的状态, 例如将污染物从溶解、悬浮或胶体状态转变为沉淀或漂浮状态, 从而达到降解废水的目的。目前应用的主要有中和处理法、化学沉淀法、氧化处理法、萃取处理法等。但是该技术目前尚未十分成熟, 还处于研发阶段。

3) 废水生物处理法<sup>[5,7-8]</sup>。即利用微生物的生命活动对废水中的有机物进行降解。微生物可以从废水中获取养分, 同时能够降解和利用废水中的有害物质, 从而使废水得到净化。

在处理屠宰废水中, 生物处理法相较于化学处理法和物理处理法是一种实施成本较低、效率较高、净化较彻底以及环保无污染的方法, 是未来解决屠宰废水污染的主流方法<sup>[7-8]</sup>。微生物处理法在实施过程中, 最重要的一环是需要拥有优良降解能力的菌种, 利用活性污泥中的微生物去降解屠宰废水中的有机污染

物。就目前而言, 这是较好的处理方法<sup>[9-13]</sup>。因此本文拟从屠宰废水中分离 COD (化学需氧量, chemical oxygen demand) 降解菌, 并对其菌种进行初步鉴定, 对其生理生化特性进行初步研究, 以期为屠宰废水的生物处理找到合适的菌种。

## 2 试验材料与方法

### 2.1 材料与试剂

屠宰废水收集于湖南省某肉制品有限公司; 蛋白胨、酵母膏为生物纯试剂, 购买于广东环凯微生物科技有限公司; 硫酸铵、无水乙醇、草酸钠、NaOH、盐酸、高锰酸钾均为分析纯试剂, 购买于国药试剂化学有限公司。

### 2.2 主要设备

FA1104 电子天平, 上海舜宇恒平科学仪器有限公司; TU-1901 双光束紫外可见分光光度计, 北京普析通用仪器有限公司; LDZM-80KSC 立式压力蒸汽灭菌锅, 上海审安医疗器械厂; SB-5200 超声波清洗仪, 宁波新芝生物技术股份有限公司; LRH-250A 生化培养箱, 韶关市泰宏医疗器械有限公司; HH-Z 水浴锅, 余姚市亚星仪器仪表有限公司; TSN-200B 摇床, 天津市欧诺仪器仪表有限公司; BX41 无菌操作台, 无锡一净净化设备有限公司; PHS-3C PH 分析仪, 郑州宝晶电子科技有限公司。

### 2.3 试验方法

#### 2.3.1 样品采集

于湖南省某肉制品有限公司取屠宰废水和污泥各 5 L, 保存于塑料瓶中, 取适量废水和污泥混合样进行试验。

#### 2.3.2 菌株的富集培养

将取来的屠宰废水和污泥混合样各取 10 mL 用纱布进行简单过滤后, 取样并进行 10 倍梯度稀释, 依次制备  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$ ,  $10^{-7}$  稀释度的污水稀释液。在无菌操作台中, 将不同稀释浓度的样品各取 200  $\mu$ L 均匀涂布于 LB (Luria-Bertani) 固体培养基中, 放置于 32  $^{\circ}$ C 的生化培养箱中培养 5~7 d, 为下一步菌株的分离与纯化做好准备<sup>[14-15]</sup>。

#### 2.3.3 菌株的分离与纯化

随机挑取富集培养的菌落进行划线分离, 然后挑取分离得到的单菌落继续进行划线分离纯化, 直至获

得纯的单菌落,挑取单菌落将其接入 LB 液体培养,培养后放入 4 ℃ 冰箱保存备用<sup>[14-16]</sup>。

### 2.3.4 菌株的 COD 降解能力测定

由于 3 g/L 质量浓度的硫酸铵水样较接近真实屠宰废水中的还原物质的含量,故本论文在无菌条件下,将硫酸铵加入 LB 培养液中,使培养液中硫酸铵的质量浓度为 3 g/L,在 90 mL LB 培养液中接种 10 mL 从屠宰废水中分离纯化的菌株培养物液,并于 32 ℃ 摇床培养,每隔一定的时间取样,用高锰酸钾法测定培养液中 COD,计算其降解率,绘制降解曲线<sup>[17]</sup>。

### 2.3.5 COD 降解菌的初步鉴定

对 COD 降解率最高的菌株进行菌落形态观察和革兰氏染色,并根据《细菌鉴定手册》初步判断菌种类型<sup>[14,18]</sup>。

### 2.3.6 COD 降解菌的生理生化特性研究

根据对分离纯化出的菌株 COD 降解能力的测试结果,以菌株在不同培养时间的 OD (optical density) 值为评判指标,研究 COD 降解率最高的菌株的生长温度、生长 pH 值、蛋白胨浓度和酵母膏浓度等特性,从而确定菌株的最佳生长条件<sup>[19-21]</sup>。

## 3 结果与分析

### 3.1 菌株的富集结果

将梯度稀释后的屠宰废水涂布于 LB 固体培养基上,经过 5~7 d 的培养后形成的菌落如图 1 所示。

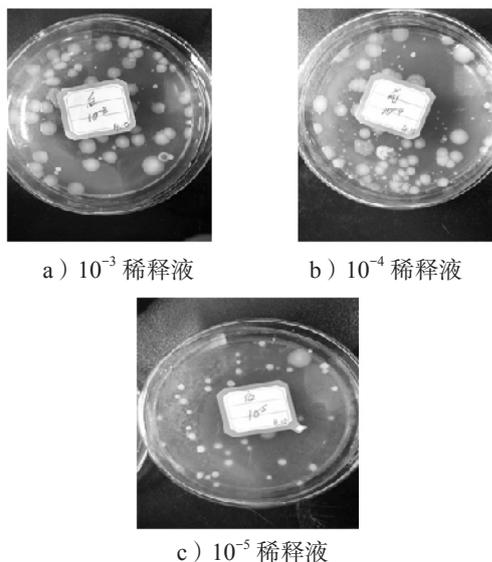


图 1 不同浓度稀释液涂布培养后的菌落

Fig. 1 Coated colonies after application of different concentration dilutions

如图 1 可知,  $10^{-3}$  和  $10^{-4}$  稀释度的污水稀释液经涂布培养后,形成多个菌落,但较为密集,不同菌落

间相互接触,不利于菌株的挑选。 $10^{-5}$  稀释度的污水稀释液涂布培养组中,多个菌落分散性较好,较利于挑选菌落进行下一步的分离纯化。

### 3.2 分离纯化的菌株

根据 3.1 的富集结果,挑选  $10^{-5}$  稀释度的污水稀释液涂布培养组中的不同菌落进行划线培养,用以分离纯化单一菌株。多次划线培养后,分离纯化得到 4 株纯菌株,其划线培养结果见图 2。可以看到 4 株菌株形态呈现明显差异,单一菌株组间无其他杂菌,说明分离纯化效果较好。

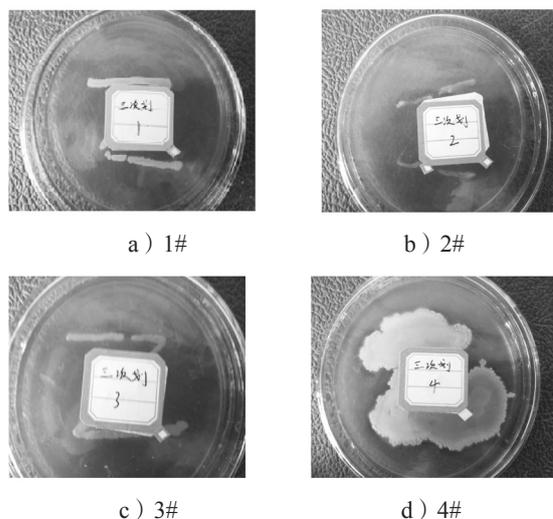


图 2 分离纯化得到的菌株

Fig. 2 Isolated strains after purification

### 3.3 菌株 COD 降解率测试结果

采用高锰酸钾法对分离纯化的 4 株菌的 COD 降解率进行检测,所得结果见图 3。

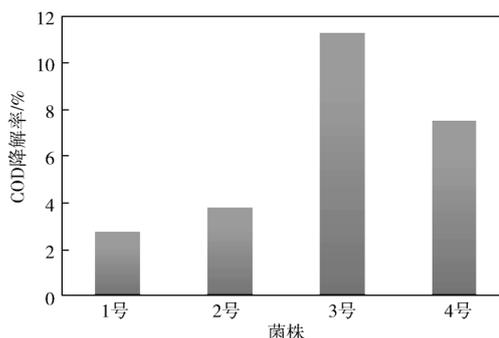


图 3 4 株降解菌对污水的 COD 降解率

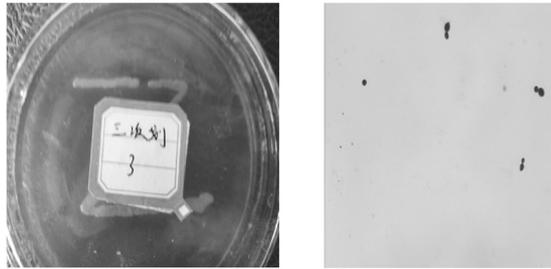
Fig. 3 COD degradation rate of sewage by 4 strains of degrading bacteria

从图 3 可以看出:筛选的 4 株降解菌均有一定的 COD 降解能力,但各菌株的 COD 降解能力还是存在差异,其中 1 号菌降解能力相对较弱,3 号菌的降解能力最强,对 COD 降解率高达 11.30%,因此,在后期选取 3 号菌的菌种进行初步鉴定,并对其生理特性

进行进一步研究。

### 3.4 菌株的鉴定结果

3 号菌株的菌落形态和 100 × 100 倍率油镜镜检结果如图 4 所示。



a) 3 号菌株菌落形态 b) 菌株革兰氏染色结果

图 4 3 号菌株菌落形态及革兰氏染色结果

Fig. 4 Colony morphology and the result of gram staining of No.3 strain

由图 4 可知, 3 号菌菌落呈粉红色, 形态凸起饱满且光滑, 革兰氏染色为紫色, 菌体为球状, 为革兰氏阳性球状细菌, 根据《细菌鉴定手册》, 初步鉴定 3 号菌株有可能为盐水球菌属细菌。

### 3.5 COD 降解菌生物学特性

#### 3.5.1 菌株最适生长温度

温度是影响微生物生长繁殖的重要因素之一, 因此确定高 COD 降解菌的最适生长温度可为更好地利用该菌株提供依据。不同培养温度下 3 号菌株的生长曲线见图 5。

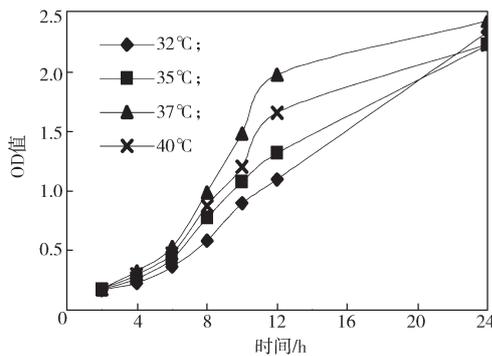


图 5 不同培养温度下 3 号菌生长曲线

Fig. 5 Growth curves of No.3 strain at different temperatures

由图 5 可以看出, 3 号菌株有明显的延滞期 (为 4 h), 随后进入对数生长期, 12 h 后进入稳定期。因此, 3 号菌株的最适生长温度为 37℃。

#### 3.5.2 菌株最适生长 pH 值

不同 pH 值下 3 号菌的生长曲线如图 6 所示。由图 6 可以看出, 3 号菌株在 pH 值为 5 和 9 时生长受到抑制, 基本不生长或繁殖; 在 pH 值为 8 的环境中 6 h 后进入对数期, 但由于环境的抑制作用生长十分

缓慢; 在 pH 值为 6 和 7 的环境中 4 h 后进入对数期, 这表明 pH 值为 6 时菌株生长能力相对较强, 过酸或过碱均不利于该菌株的生长。因此, 该菌株最佳培养 pH 值为 6。

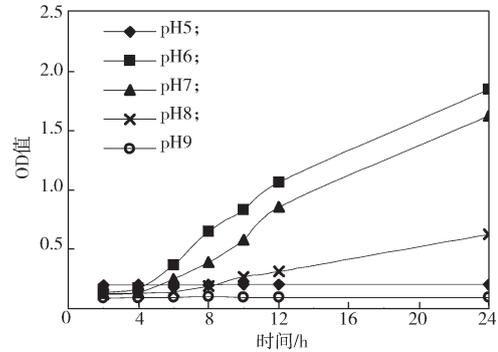


图 6 不同 pH 值下 3 号菌生长曲线

Fig. 6 Growth curves of No.3 strain with different pH values

#### 3.5.3 蛋白胨的浓度对菌株生长的影响

蛋白胨是微生物生长的主要氮源和碳源, 课题组研究了培养基中不同浓度蛋白胨对 3 号菌菌株生长的影响, 其结果见图 7。

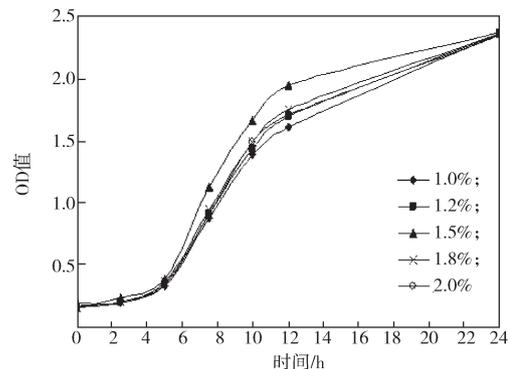


图 7 不同浓度蛋白胨培养条件下 3 号菌的生长曲线

Fig. 7 Growth curves of No. 3 strain under different concentrations of peptone culture conditions

从图 7 可以看出, 在一定范围内, 蛋白胨的浓度对菌株的生长曲线没有显著影响, 但当蛋白胨质量分数为 1.5% 时, 在对数生长期和稳定期前期, 其 OD 值相对较高。因此, 从经济角度考虑, 培养基中蛋白胨的添加量可以选择较低浓度, 可考虑在培养基中用质量分数为 1.5% 的蛋白胨。

#### 3.5.4 酵母膏的浓度对菌株生长的影响

酵母膏也是微生物生长的主要氮源和碳源, 论文研究了培养基中不同浓度酵母膏对 3 号菌菌株生长的影响, 其结果见图 8。

从图 8 可以看出, 酵母膏的浓度对 3 号菌的生长曲线影响不明显, 但在其质量分数为 0.8% 时, 同一培养时间的 OD 值相对较高, 因此培养基中酵母膏的

质量分数可选择 0.8%。

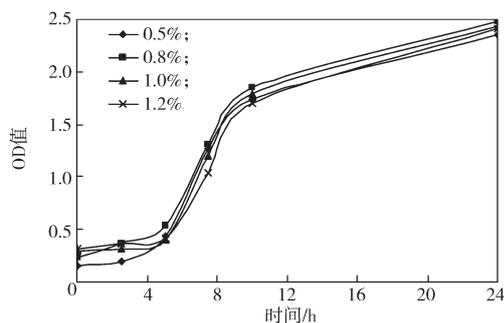


图 8 不同浓度酵母膏培养条件下 3 号菌生长曲线

Fig. 8 Growth curves of No. 3 strain under different concentrations of yeast extract

## 4 结论

本文从屠宰废水中分离出了 4 株具有一定 COD 降解能力的菌株, 其中以 3 号菌株的 COD 降解能力最强。根据 3 号菌菌落形态和革兰氏染色结果, 初步判定为盐水球菌属细菌。对其生理生化特性的研究表明: 温度为 37℃, pH 值为 6, 蛋白胨的质量分数为 1.5%, 酵母膏的质量分数为 0.8% 为其最适生长条件。

组合降解菌是一种具备能降解多种有机物能力的菌种合剂, 由于微生物混合物中含有一些表面活性剂, 能够分解与降解碳氢化合物、酚类化合物、脂肪酸、酮以及其他不易被分解的有机物, 所以其能较大地提高废水 COD 去除率。在本次实验中, 4 号菌的 COD 降解能力亦相对较强, 如果将分离出的 3 号菌与其它分离的菌种按一定比例组合, 组合降解菌可能具有比单一降解菌更好的降解能力, 课题组后期将对组合菌的降解能力进行研究。

### 参考文献:

- [1] 李仁仲. 浅谈我国水资源污染的现状、原因及对策[J]. 科技创新导报, 2015(7): 113.  
LI Renzhong. A Brief Talk on the Present Situation, Reasons and Countermeasures of Water Resources Pollution in China[J]. Science and Technology Innovation Herald, 2015(7): 113.
- [2] 林庆华. 家禽屠宰废水处理初探[J]. 中国环保产业, 2016(8): 42-45.  
LIN Qinghua. Probe into Wastewater Treatment of Poultry Slaughter[J]. China Environmental Protection Industry, 2016(8): 42-45.
- [3] 金玉, 任滨侨, 赵路阳, 等. 屠宰废水处理研究进展[J]. 黑龙江科学, 2015(6): 38-39.

- JIN Yu, REN Binqiao, ZHAO Luyang, et al. Research Progress in Slaughterhouse Wastewater Treatment[J]. Heilongjiang Science, 2015(6): 38-39.
- [4] 汤敏. 焦化废水物化处理技术研究进展[J]. 广东化学, 2016, 43(6): 129-131.  
TANG Min. Research Progress of the Coking Wastewater Treatment by Physical Processes[J]. Guangdong Chemical Industry, 2016, 43(6): 129-131.
- [5] 王晓星, 黄应平, 邹雪, 等. 草甘膦废水有机污染物的微生物降解[J]. 环境科学与技术, 2010, 33(8): 28-32.  
WANG Xiaoxing, HUANG Yingping, ZOU Xue, et al. Biodegradation of Organic Pollutants in Glyphosate Wastewater[J]. Environmental Science & Technology, 2010, 33(8): 28-32.
- [6] 郭燕妮, 方增坤, 胡杰华, 等. 化学沉淀法处理含重金属废水的研究进展[J]. 工业水处理, 2011, 31(12): 9-13.  
GUO Yanni, FANG Zengkun, HU Jiehua, et al. Research Development of Treating Wastewater Containing Heavy Metals by Chemical Precipitation Process[J]. Industrial Water Treatment, 2011, 31(12): 9-13.
- [7] 谢小兵. 两级兼氧+好氧处理技术在屠宰废水处理中的应用研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2013.  
Xie Xiaobing. Application and Analysis of the Technology for Treatment of Slaughterhouse Wastewater[D]. Nanchang: Nanchang University, 2013.
- [8] KUNDU P, DEBSARKAR A, MUKHERJEE S, et al. Artificial Neural Network Modelling in Biological Removal of Organic Carbon and Nitrogen for the Treatment of Slaughterhouse Wastewater in a Batch Reactor[J]. Environmental Technology, 2014, 35(9/10/11/12): 1296-1306.
- [9] 蔡明明, 张培玉, 李阳, 等. 北极生活污水低温降解菌筛选与多样性分析[J]. 环境科学与技术, 2016, 39(6): 7-12.  
CAI Mingming, ZHANG Peiyu, LI Yang, et al. Screening and Phylogenetic Analysis of Sewage-Degrading Microorganism in Arctic Marine Sediments[J]. Environmental Science & Technology, 2016, 39(6): 7-12.
- [10] 贾艳萍, 贾心情, 宗庆, 等. 生物技术在屠宰废水处理中的应用研究进展[J]. 工业水处理, 2015, 35(3): 10-12.  
JIA Yanping, JIA Xinqian, ZONG Qing, et al. Research Progress in the Application of Biological Technology to Slaughterhouse Wastewater Treatment[J]. Industrial Water Treatment, 2015, 35(3): 10-12.
- [11] 张玉秀, 柴团耀. 废水生物处理过程中污泥的微生物种群结构和 PAHs 降解菌研究进展[J]. 中国科学院大

- 学学报, 2016, 33(1): 1-8.  
ZHANG Yuxiu, CHAI Tuanyao. Microbial Community Structure and PAHs-Degrading Bacteria of Activated Sludge in Biological Wastewater Treatment Process[J]. Journal of University of Chinese Academy of Sciences, 2016, 33(1): 1-8.
- [12] 宋永庆, 张 龙, 李南华, 等. 絮凝菌的筛选、培养条件优化及对屠宰场废水的处理[J]. 安全与环境学报, 2016, 16(3): 211-215.  
SONG Yongqing, ZHANG Long, LI Nanhua, et al. Screening the Flocculent Bacteria and Optimizing the Fermentation Conditions in Treating Slaughter-Releasing Sewage[J]. Journal of Safety and Environment, 2016, 16(3): 211-215.
- [13] 沈万峰. 有机废水的好氧生物处理技术进展研究[J]. 城市道桥与防洪, 2017(9): 105-106.  
SHEN Wanfeng. Study on Aerobic Biological Treatment Technology of Organic Wastewater[J]. Urban Roads Bridges & Flood Control, 2017(9): 105-106.
- [14] 苏凤贤, 张 井, 郑晓杰. 人参果自然发酵醪中酵母菌种筛选及其发酵性能[J]. 食品科学, 2017, 38(4): 100-106.  
SU Fengxian, ZHANG Jing, ZHENG Xiaojie, et al. Screening and Fermentation Characteristics of Indigenous Yeast Strains From Spontaneously Fermented Pepino Fruit (*Solanum Muricatum* Ait.)[J]. Food Science, 2017, 38(4): 100-106.
- [15] 陆薇玮, 汪立平. 纯化功能性大豆低聚糖酵母菌的筛选及发酵特性初步应用[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(3): 168-171.  
LU Weiwei, WANG Liping. Isolation and Identification of Yeasts for Purification of Soy Oligosaccharides and Preliminary Application of Its Fermentation Characteristics[J]. Food and Fermentation Industries, 2016, 42(3): 168-171.
- [16] DUAN J, HUO X, DU W J, et al. Biodegradation of Kraft Lignin by a Newly Isolated Anaerobic Bacterial Strain, *Acetoanaerobium* sp.WJDL-Y2[J]. Letters in Applied Microbiology, 2016, 62(1): 55-62.
- [17] 张为艳, 刘鹏程, 郑凤娟, 等. 有机化工废水 COD 高效降解菌的分离筛选及应用[J]. 工业水处理, 2016, 36(8): 52-54.  
ZHANG Weiyan, LIU Pengcheng, ZHENG Fengjuan, et al. Separation, Screening and Application of Efficient Degradation Microorganisms for Improving COD Removing Rates from Organic Chemical Wastewater[J]. Industrial Water Treatment, 2016, 36(8): 52-54.
- [18] 周笑犁, 王 瑞, 雷霁卿, 等. 蓝莓采后病原真菌分离及其生物学鉴定[J]. 食品科技, 2015, 40(9): 283-293.  
ZHOU Xiaoli, WANG Rui, LEI Jiqing, et al. Separation and Biological Identification of Pathogenic Fungi on Postharvest Blueberry[J]. Food Science and Technology, 2015, 40(9): 283-293.
- [19] 张立阳, 张幸怡, 张 薇, 等. 产几丁质酶菌株的筛选、鉴定及其对玉米秸秆中优势霉菌的抑制作用[J]. 动物营养学报, 2017, 29(3): 970-978.  
ZHANG Liyang, ZHANG Xingyi, ZHANG Wei, et al. Screening and Identification of Chitinase Producing Strain and Its Inhibition Action to Dominant Moulds in Corn Stalk[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2017, 29(3): 970-978.
- [20] 李 丹, 严红光, 袁 亮. 蓝莓果酒专用酵母的筛选、鉴定与性能研究[J]. 食品与发酵科技, 2015, 51(5): 75-79.  
LI Dan, YAN Hongguang, YUAN Liang. Screening, Identification and Study of the Fermentation Properties of Yeast Strains for Exclusive Use of Blueberry Wine[J]. Food and Fermentation Technology, 2015, 51(5): 75-79.
- [21] 谭才邓, 王文文, 朱美娟, 等. 1株耐高温高盐生香酵母的选育及特性分析[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(3): 92-96.  
TAN Caideng, WANG Wenwen, ZHU Meijuan, et al. Screening and Characterization of Aroma Yeast with Thermo-Tolerant and Salt-Tolerance[J]. Food and Fermentation Industries, 2016, 42(3): 92-96.

(责任编辑: 申 剑)