

基于 FTO 导电玻璃的碱性品红脱色研究

陈瑞榕, 陈毅挺, 林鑫涛, 叶铭琮, 陆秀丽, 田文钊

(闽江学院 海洋学院, 福建 福州 350108)

摘要: 研究了基于 FTO 导电玻璃的碱性品红电化学脱色工艺, 考察了环境酸度、电解质种类与浓度、电解电压、碱性品红初始浓度等因素对碱性品红脱色率的影响. 结果表明, 控制电解电压为 9 V, 对质量浓度为 2.0 g/L 氯化钠的碱性品红 (0.03 g/L) 溶液 (pH 7.0) 进行电化学降解 20 min 后, 碱性品红的脱色率可达到 92%.

关键词: FTO 导电玻璃; 电解; 碱性品红; 降解

中图分类号: O657.32

文献标志码: A

文章编号: 1006-3757(2019)03-0148-04

DOI: 10.16495/j.1006-3757.2019.03.002

Study on Alkaline Magenta Decolorization Based on FTO Conductive Glass

CHEN Rui-rong, CHEN Yi-ting, LIN Xin-tao, YE Ming-qiong, LU Xiu-li, TIAN Wen-chang
(Ocean College of Minjiang University, Fuzhou 350108, China)

Abstract: The electrochemical decolorization process of basic fuchsin based on FTO conductive glass was studied. The effects of the environmental acidity, electrolyte type and concentration, electrolytic voltage, initial concentration of basic fuchsin on the decolorization rate of basic fuchsin were investigated. The results showed that when the control electrolytic voltage was 9 V and the basic fuchsin solution (0.03 g/L, pH 7.0) containing 2.0 g/L sodium chloride was electrochemically degraded after 20 min, the decolorization rate of basic magenta could reach 92%.

Key words: FTO conductive glass; electrolysis; basic fuchsin; degradation

碱性品红(结构式如图 1 所示)为三苯甲烷型染料,其结构中的苯环对生物降解有着抑制作用,直接进入水体会产生大面积的染色. 目前碱性品红的降解脱色方法主要有吸附法^[1-3]、超声法^[4]、光催化法^[5-7]、光电催化法^[8]、芬顿法^[9]、微波法^[10-11]、生物降解法^[12]等. 而电化学法具有使用设备较为简单、操作条件容易控制、处理有机染料废水的氧化能力强等优势,在处理印染废水、电镀废水等应用领域得到越来越多的关注,各种新型电极材料层出不穷^[13-15]. 试验以 FTO 导电玻璃作为阳极、石墨电极作为阴极电解模拟碱性品红废水,利用电解产生的强氧化性羟基自由基与甲基橙发生氧化还原反应而

使碱性品红脱色.

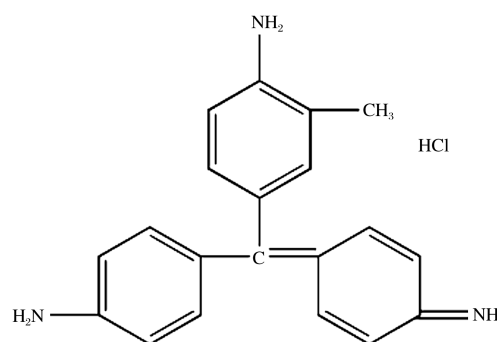


图 1 碱性品红结构式

Fig. 1 Structural formula of basic fuchsin

收稿日期: 2019-04-06; 修订日期: 2019-04-30.

基金项目: 福建省大学生创新创业训练计划项目 (201810395043, 201910395003), 福建省自然科学基金 (2019J01757, 2017J01418), 福建省本科高校教育教学改革研究项目 (FBJG20170086), 闽江学院科技项目 (MYK17008, MYK18008), 闽江学院大学生校长基金项目 (103952018028)

作者简介: 陈瑞榕 (1997-), 女, 本科, 专业方向: 应用化学, E-mail: ruirong0925@foxmail.com

通信作者: 陈毅挺 (1978-), 男, 博士, 主要从事化学传感器研究, E-mail: fjcyt@foxmail.com.

1 试验部分

1.1 仪器与试剂

紫外可见分光光度计 (UV-2450, 日本岛津); 数字稳压稳流电源 (WS-YL, 南京桑力电子设备厂); 酸度计 (pH 700, 新加坡优特公司)。

碱性品红购自上海阿拉丁生化科技股份有限公司; FTO 导电玻璃 (DHS-FTO22-8, 大连七色光太阳能科技开发有限公司); 氯化钠、硝酸钠、硫酸钠购自国药集团化学试剂有限公司; 氢氧化钠购自上海久亿化学试剂有限公司; 盐酸购自西陇化工股份有限公司; 无水乙醇购自天津市福晨化学试剂厂; 所用试剂未注明的均为分析纯, 试验用水为去离子水。

1.2 试验方法

以 FTO 导电玻璃作为阳极, 石墨棒为阴极, 施加一定电压电解碱性品红溶液, 通过检测其在 544 nm 处的吸收值来确定碱性品红的脱色率, 其脱色率计算公式^[15]为:

$$R\% = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\%$$
 (1)

式中: A_0 为碱性品红初始吸光度; A_1 为碱性品红降解后的吸光度。

2 结果与讨论

2.1 碱性品红的标准曲线与吸收光谱

考察了碱性品红溶液在波长为 300~600 nm 处的紫外吸收光谱, 结果如图 2 所示。由图 2 可见, 碱性品红在 544 nm 处有一个明显的特征峰。将碱性品红暴露于自然光下 2 天, 该吸收峰的位置和强度没有明显改变。通过电化学降解, 该峰的吸光度明显下降, 所以选择 544 nm 为降解前后的监测波长。

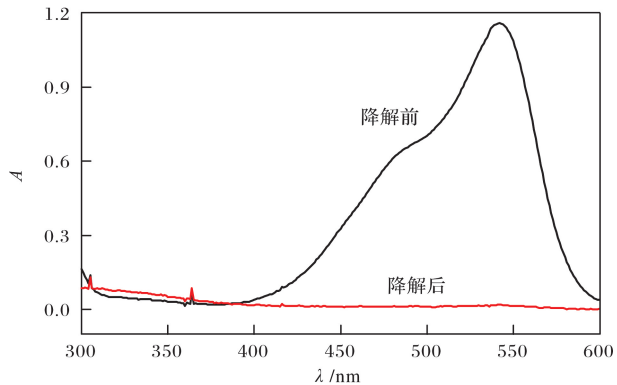


图 2 碱性品红的紫外可见吸收光谱

Fig. 2 UV-vis spectra of basic fuchsin

2.2 电解质种类对碱性品红脱色率的影响

配制质量分数为 0.035 mol/L 的氯化钠、硝酸钠、硫酸钠的碱性品红溶液 (0.03 g/L, pH 7.0), 在电压为 9 V 下进行电化学降解 20 min, 测定其脱色率, 结果如图 3 所示。

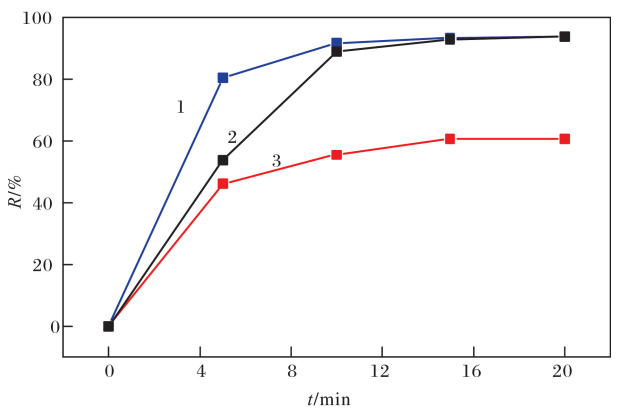


图 3 不同电解质对碱性品红脱色率的影响

(1) 氯化钠, (2) 硝酸钠, (3) 硫酸钠

Fig. 3 Effect of different electrolytes on decolorization rate of basic fuchsin

由图 3 可见, 当电解质为氯化钠时, 电化学降解碱性品红的效果明显好于硫酸钠, 降解速度明显好于硝酸钠。可能原因是以 NaCl 为电解质时, 电解质发生反应生成氧化性很强的活性氯, 从而对反应有促进作用^[16]。因此本文以氯化钠为碱性品红电化学降解的电解质。

2.3 电解质浓度对碱性品红脱色率的影响

配制质量浓度分别为 0.5、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0、3.5 g/L NaCl 的碱性品红溶液 (0.03 g/L, pH 7.0), 以 9 V 为电解电压对碱性品红溶液进行电化学降解, 结果如图 4 所示。

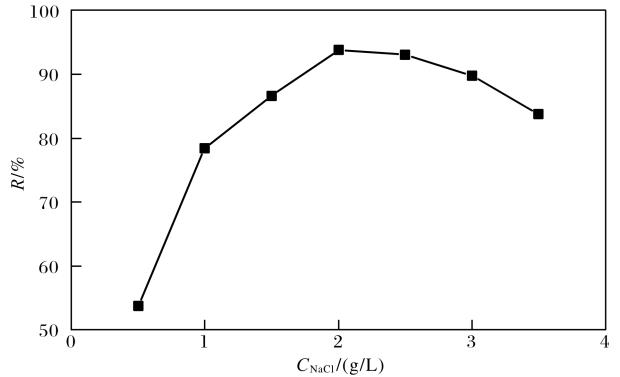


图 4 NaCl 浓度对碱性品红脱色率的影响

Fig. 4 Effect of concentration of NaCl on decolorization rate of basic fuchsin

由图4可见,当电解质的溶度不断升高时,碱性品红溶液的脱色率随着溶液的溶度先升高后降低,其转折点是溶液中氯化钠溶度为2.0 g/L处。经探究得出以下几点原因:可能是随着氯化钠浓度的升高,离子浓度随之增高,提高了溶液中的导电性,从而使电解效果变好。而当氯化钠溶度过高时,过剩的氯离子会抑制其电化学降解碱性品红过程^[17],因为过量的氯离子会吸附在电极表面,从而使碱性品红与电极表面的接触面变少,导致碱性品红不能很好的与电极表面接触,抑制了其电化学反应,所以降解效果变差。结合以上原因,我们得出电解质氯化钠的最佳溶度为2.0 g/L。

2.4 pH 值对碱性品红脱色率的影响

试验结果表明,环境的酸碱度对碱性品红的脱色率影响不大,电解20 min后,不同酸度下的脱色率均可达到90%以上,因此确定溶液的酸度控制为7.0。

2.5 外加电解电压对碱性品红溶液降解的影响

配置质量浓度为2.0 g/L的氯化钠的碱性品红溶液(0.03 g/L, pH=7),在外加电压为1、3、6、9、12 V下分别降解20 min,观察其碱性品红的脱色率情况,其降解效果如图5所示。

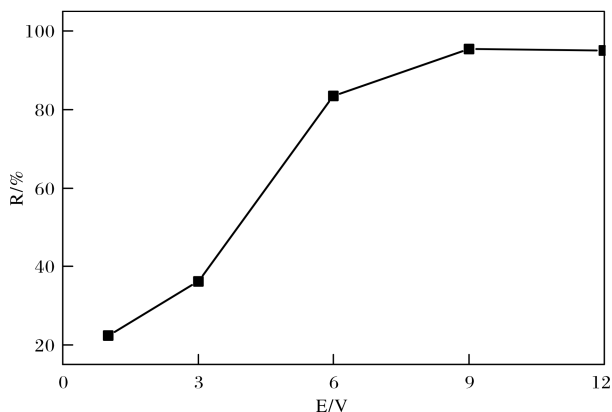


图5 电解电压对碱性品红脱色率的影响

Fig. 5 Effect of electrolysis voltage on decolorization rate of basic fuchsin

由图5可见,当电压越来越大时,碱性品红的电化学降解效果也更好,这是因为在起始阶段氯离子浓度比较大,其对电化学降解过程有着很大的负面影响。随着电解电压的增大,可以将氯离子转化,从而减小对降解过程的影响。但在外加电压超过9 V后,其碱性品红的降解效果变化不大,甚至降解效果开始变差,并出现由于外加电压过大,超过FTO导

电玻璃所能承受的程度,导致FTO导电玻璃腐蚀。并且相比电压6 V、电解20 min,电压9 V、电解10 min就能达到同样效果,依据电解电压越高其电解速率越快的原理,本试验选择的最佳外加电压为9 V。

2.6 试验的重复性

在上述所得的最佳条件下,对数据进行重复性试验。即在外加电压为9 V的条件下,电解含有氯化钠(2.0 g/L)的碱性品红溶液(0.03 g/L, pH=7)20 min,并重复5次,发现5组数据的脱色率都能达到92%以上,证明基于FTO导电玻璃的碱性品红染料脱色处理工艺具有一定的可行性和应用性。

3 结论

考察了碱性品红浓度、外加电解电压、支持电解质、电解质浓度、碱性品红溶液浓度、环境pH等因素对碱性品红脱色率的影响。试验结果表明,以FTO导电玻璃为阳极,使用2.0 g/L的氯化钠作为电解质,环境pH值控制为7.0,在电解电压为9 V条件下电化学降解20 min,碱性品红脱色率可达到92%以上。

参考文献:

- [1] 李卓厉,蔡晓敏,徐仪洁,等.改性绿茶去除水中碱性品红的研究[J].茶叶科学,2016,36(6):639-645. [LI Zhuo-li, CAI Xiao-min, XU Yi-jie, et al. Adsorption of basic fuchsin by modified green tea[J]. Journal of Tea Science, 2016, 36(6): 639-645.]
- [2] 杨长河,刘健辉,曹志荣,等.DBD高级氧化耦合活性炭吸附处理水中碱性品红[J].高电压技术,2016,42(2):392-397. [YANG Chang-he, LIU Jian-hui, CAO Zhi-rong, et al. Treatment of fuchsin basic in water by DBD advanced oxidation coupling with activated carbon adsorption[J]. High Voltage Engineering, 2016, 42(2): 392-397.]
- [3] 朱振华,李小敏,张艺,等.改性橘皮对水中碱性品红的吸附[J].江苏农业科学,2015,43(5):334-336. [ZHU Zhen-hua, LI Xiao-min, ZHANG Yi, et al. Adsorption of modified orange peel on alkaline fuchsin in water[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2015, 43(5): 334-336.]
- [4] 侯芹芹,江元汝,王玮,等.纳米钛酸锶的制备及超声降解碱性品红废水研究[J].材料导报B,2014,28(10):38-40. [HOU Qin-qin, JIANG Yuan-ru, WANG Wei, et al. Study on preparation of strontium

- titanate nanopowders and ultrasonic degradation effect toward basic fuchsin wastewater[J]. Materials Review B, 2014, 28(10): 38-40.]
- [5] 张一兵,肖朵朵,江雷.掺 Fe^{3+} A- TiO_2 粉末的制备及其可见光催化降解碱性品红[J].光谱实验室,2011, 28(4):1667-1671. [ZHANG Yi-Bing, XIAO Duo-Duo, JIANG Lei. Preparation of Fe^{3+} -doped anatase TiO_2 powders and their visible light photocatalytic degeneration of basic fuchsin[J]. Chinese Journal of Spectroscopy Laboratory, 2011, 28(4): 1667-1671.]
- [6] 陈宜菲,邱罡. TiO_2 /石墨烯在模拟太阳光下光催化降解碱性品红的研究[J].韩山师范学院学报,2016, 37(6):34-39. [CHEN Yi-fei, QIU Gan. A study of photocatalytic degradation of fuchsin basic using TiO_2 /graphene under simulated sunlight irradiation [J]. Journal of Hanshan Normal University, 2016, 37(6): 34-39.]
- [7] 施来顺,王晓美.二氧化氯/ TiO_2 光催化氧化降解碱性品红模拟废水及反应机理[J].平顶山学院学报, 2012,27(2):41-46. [SHI Lai-shun, WANG Xiao-mei. Investigation of chlorine dioxide/ TiO_2 photocatalytic oxidative degradation of simulated wastewater containing fuchsine and its reaction mechanism[J]. Journal of Pingdingshan University, 2012, 27(2): 41-46.]
- [8] 方建章,李浩.光电催化结合氧化降解碱性品红的研究[J].环境化学,2005,24(2):200-204. [FANG Jian-zhang, LI Hao. Degradation of basic violet by photo-electrochemical catalytic oxiation [J]. Environmental Chemistry, 2005, 24(2): 200-204.]
- [9] 曾飞虎,张青海,林继辉,等. $\text{FeOOH}/\text{H}_2\text{O}_2$ 催化降解碱性品红的研究[J].应用化工,2014,43(10):1930-1934. [ZENG Fei-hu, ZHANG Qing-hai, LIN Ji-hui, et al. Catalytic degradation of fuchsin with $\text{FeOOH}/\text{H}_2\text{O}_2$ [J]. Applied Chemical Industry, 2014, 43(10): 1930-1934.]
- [10] 崔义慧,张濛月,牛佚竹,等. $\text{Cu}-\text{SiO}_2$ 催化降解芳甲烷类染料的研究[J].辽宁化工,2014,43(12):1494-1500. [CUI Yi-hui, ZHANG Ying-yue, NIU Yi-zhu, et al. Study on catalytic degradation of arylmethane dyes by $\text{Cu}-\text{SiO}_2$ [J]. Liaoning Chemical Industry, 2014, 43(12): 1494-1500.]
- [11] 王吟,杜保保,张晓东,等.环境化学综合设计实验:钙钛矿的制备、表征及其微波诱导降解有机废水性能研究[J].化学教育,2019,40(2):63-67. [WANG Yin, DU Bao-bao, ZHANG Xiao-dong, et al. Environmental chemistry comprehensive design experiment: preparation and characterization of perovskite and its microwave induced catalytic degradation of organic wastewater [J]. Chinese Journal of Chemical Education, 2019, 40(2): 63-67.]
- [12] 王纪爱,乔敏,余珊,等.三苯甲烷类染料脱色细菌降解途径及其机制研究进展[J].云南大学学报(自然科学版),2014,36(2):281-289. [WANG Ji-ai, QIAO Min, YU Shan, et al. Process of the pathways and mechanisms of triphenylmethane dyes' s biodegradation by bacteria [J]. Journal of Yunnan University, 2014, 36(2): 281-289.]
- [13] 黄兴华,王黎明,关志成,等.电化学法处理染料废水的研究[J].高压电器,2002,38(5):22-23,26. [HUANG Xing-hua, WANG Li-ming, GUAN Zhi-cheng, et al. Study on dyeing wastewater treatment by application of electro-chemical method [J]. High Voltage Apparatus, 2002, 38(5): 22-23, 26.]
- [14] 齐燕珍,陈毅挺,张森颖,等.基于掺杂氟的二氧化锡导电玻璃的苏丹红I号电化学降解研究[J].分析测试技术与仪器,2015,21(1):7-11. [QI Yan-zhen, CHEN Yi-ting, ZHANG Sen-ying, et al. Study on electrochemical degradation process for sudan I based on FTO glass[J]. Analysis and Testing Technology and Instruments, 2015, 21(1): 7-11.]
- [15] 陈毅挺,黄露,林棋.苋菜红在掺杂氟的二氧化锡导电玻璃上的电化学降解[J].环境化学,2011,30(11):1871-1876. [CHEN Yi-ting, HUANG Lu, LIN Qi. The electrochemical degradation of amaranth on FTO[J]. Environmental Chemistry, 2011, 30(11): 1871-1876.]
- [16] 方建章,蒲玉英,廖锦云,等.电化学生成 H_2O_2 - TiO_2 /UV降解碱性品红研究[J].华南师范大学学报(自然科学版),2006,38(3):74-80. [FANG Jian-zhang, PU Yu-ying, LIAO Jin-yun, et al. Degradation of basic violet by electrogenerated H_2O_2 - TiO_2 /UV[J]. Journal of South China Normal University (Natural Science Edition), 2006, 38(3): 74-80.]
- [17] 李浩,方建章.光催化氧化间接电氧化结合降解碱性品红研究[J].华南师范大学学报(自然科学版),2004,36(4):94-99. [LI Hao, FANG Jian-zhang. Degradation of basic violet by combined photocatalytic oxidation and indirect electro-oxidation method [J]. Journal of South China Normal University (Natural Science Edition), 2004, 36(4): 94-99.]