

# 蔗渣活性炭对糖蜜酒精废水脱色的试验研究

张志柏, 朱义年\*, 刘辉利, 成官文, 梁美娜, 梁延鹏

(桂林工学院资源与环境工程系广西环境工程与保护评价重点实验室, 广西桂林 541004)

**摘要** [目的] 确定蔗渣活性炭对糖蜜酒精废水脱色的可行性。[方法] 通过单因素与正交试验, 研究废水脱色的工艺条件及其影响因素。[结果] 结果表明, 最佳工艺参数为: 蔗渣活性炭投加量 $0.3\text{ g}/50\text{ ml}$ , 吸附时间 $90\text{ min}$ , 溶液 $\text{pH}$ 值 $9.8$ 和温度 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 。在该条件下, 糖蜜酒精废水吸附脱色率达 $80.2\%$ 。[结论] 利用蔗渣活性炭对糖蜜酒精废水脱色是可行的。

**关键词** 甘蔗渣; 活性炭; 吸附; 糖蜜酒精废水; 脱色

中图分类号 X703.1 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)33-14720-02

## Study on the Decolorization of Molasses Alcohol Wastewater Using Activated Carbon Prepared from Bagasse

ZHANG Zhi-bai et al (Department of Resources and Environment Engineering, Guilin University of Technology, Guilin, Guangxi 541004)

**Abstract** [Objective] The study aimed to evaluate the utilization possibility of activated carbon prepared from bagasse in the decolorization of molasses alcohol wastewater. [Method] The decolorization condition was studied through single factor and orthogonal experiment. [Result] The results showed that the optimum technique parameters were the adsorbent amount of  $0.3\text{ g}/50\text{ ml}$ , the adsorption time of  $90\text{ min}$ ,  $\text{pH}$  value of  $9.8$  and the temperature of  $25\text{ }^\circ\text{C}$ . The decolorization rate was as high as  $80.2\%$  under the treatment condition. [Conclusion] It was feasible to use activated carbon prepared from bagasse to decolorize the molasses alcohol wastewater.

**Key words** Bagasse; Activated carbon; Adsorption; Molasses wastewater; Decolorization

蔗渣是制糖工业的重要副产品, 主要成分是纤维素、半纤维素及木质素, 其重量约为甘蔗重量的 $25\%$ , 每产 $1\text{ t}$ 蔗糖就会产生 $2\text{ t}$ 甘蔗渣。近几年我国蔗糖的产量在 $1\ 000\text{ 万} \sim 1\ 100\text{ 万 t}$ 左右, 2007年达到 $1\ 300\text{ 万 t}$ 以上<sup>[1]</sup>, 相应的蔗渣的产生量也非常可观。蔗渣的处理和利用是甘蔗糖业经济的一个非常重要的组成部分, 也是提升糖业发展平台, 实现糖业可持续发展的重要方面, 合理利用蔗渣将具有很大的经济意义。糖蜜酒精废水的污染治理, 尤其是废水的脱色问题一直是环保部门需要解决的技术问题。目前对于糖蜜酒精废水的脱色报道较少, 部分报道涉及到吸附絮凝等方法对废液脱色的研究<sup>[2-4]</sup>。

为此, 在总结当前蔗渣综合利用和糖蜜酒精废水治理方法的基础上, 笔者利用氯化锌活化法制备的蔗渣活性炭吸附剂进行糖蜜酒精废水的脱色试验研究, 并确定吸附剂用量、 $\text{pH}$ 值、温度、吸附时间等因素对脱色效果的影响。

## 1 材料与方 法

**1.1 材料** 自制甘蔗渣活性炭吸附剂: 将取自柳州市某制糖厂的原料蔗渣清理、筛选、干燥、粉碎, 过 $30$ 目筛, 备用。

称取粉碎好的原料(蔗渣) $10\text{ g}$ 放入瓷坩埚中, 同时加入一定浓度的所需比例的氯化锌溶液, 搅拌混匀, 将混匀的料液在室温下浸渍 $12\text{ h}$ 。将浸渍好的料液放入高温马弗炉中, 从室温升至所需活化温度, 升温速率为 $10\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ , 保温一定时间。将活化好的样品从高温马弗炉中取出, 立即倒入 $(1+9)$ 盐酸水溶液中; 再将样品用水洗涤至洗涤液的 $\text{pH}$ 值为 $7$ , 并检验洗涤液中无 $\text{Cl}^-$ 。同时将洗涤液回收, 浓缩后循环回用。将洗涤好的样品放入电热鼓风烘箱中,  $110\text{ }^\circ\text{C}$ 烘

$4\text{ h}$ , 在干燥器中冷却。将样品粉碎, 过 $200$ 目筛, 以用于脱色试验。

糖蜜酒精废水: 取自柳州市某制糖厂, 稀释 $20$ 倍用。

**1.2 方法** 量取 $50\text{ ml}$ 糖蜜酒精废水移至 $100\text{ ml}$ 离心管中, 将废液调 $\text{pH} = 8$ , 再加入一定量的蔗渣吸附剂。控制水浴温度以 $140\text{ r}/\text{min}$ 的速度振荡一定时间, 过滤。用紫外分光光度计在 $560\text{ nm}$ 处测定滤液的吸光度, 并计算脱色率。

## 2 结果与分析

**2.1 活性炭用量对脱色率的影响** 在温度为 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 和振荡吸附 $120\text{ min}$ 的条件下, 当氯化锌法蔗渣活性炭吸附剂的投加量小于 $0.3\text{ g}$ 时, 脱色率随蔗渣活性炭吸附剂的投加量而急剧增加, 但是当蔗渣活性炭的投加量超过 $0.3\text{ g}$ 时, 脱色率几乎不再增加(图1)。在节约氯化锌法蔗渣吸附剂用量并且达到具有较高脱色效果的前提下, 选择处理 $50\text{ ml}$ 废水的蔗渣活性炭用量为 $0.3\text{ g}$ 。

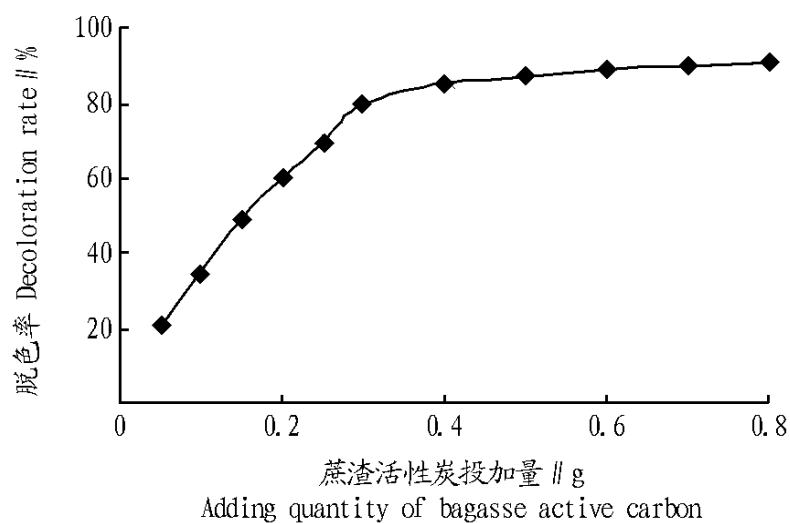


图1 蔗渣活性炭投加量与脱色率的关系

## Fig.1 Relationship between adding quantity of bagasse active carbon and decoloration rate

**2.2 糖蜜酒精废水 $\text{pH}$ 值对脱色率的影响** 在温度为 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 、蔗渣活性炭用量为 $0.3\text{ g}$ 和振荡吸附 $120\text{ min}$ 的条件下, 脱色率随 $\text{pH}$ 值的增大而上升, 在酸性条件下, 脱色效果不是很理想(图2)。这可能是因为蔗渣吸附剂对糖蜜酒精废水色素的吸附主要是依靠蔗渣吸附剂表面阳离子负电荷对有机

基金项目 广西科学基金项目(桂科自0833020); 广西“新世纪十百千人才工程”专项资金资助项目(2004217); 广西高校人才小高地建设“环境工程”创新团队资助计划项目(桂教人[2007]71号); 广西环境工程与保护评价重点实验室研究基金项目(桂科能0701K004)。

作者简介 张志柏(1980-), 男, 江西南昌人, 硕士研究生, 研究方向: 环境科学。\* 通讯作者, 博士, 教授, E-mail: zhuyinian@glite.edu.cn。

收稿日期 2008-08-25

分子的电性亲和吸附。在 $\text{pH} > 7$  时,蔗渣活性炭表面的负电荷增加,吸附能力也就相应地增大。因此, $\text{pH}$  值增高蔗渣吸附剂的脱色率会出现上升的趋势。

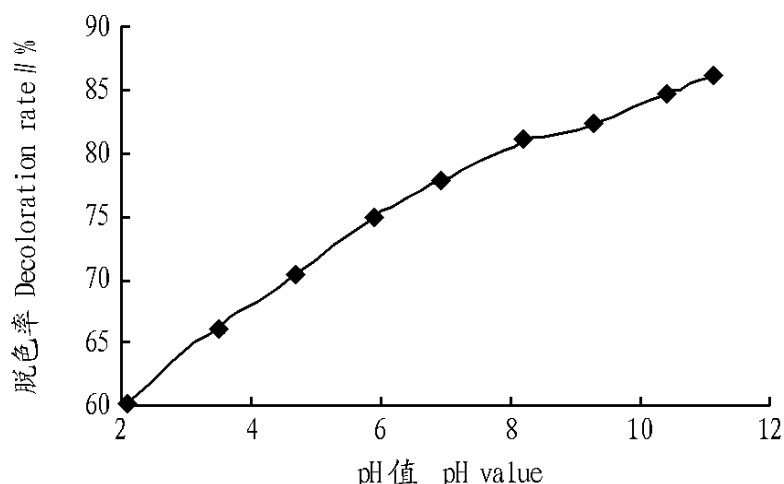


图2 pH 值与脱色率的关系

Fig.2 Relationship between pH value and decoloration rate

**2.3 温度对脱色率的影响** 在蔗渣活性炭用量为 $0.3 \text{ g}$ 、 $\text{pH} = 9.8$  和振荡吸附 $120 \text{ min}$  的条件下,随着温度升高脱色率有所提高(图3)。当温度上升到 $35$  后,脱色率不再增加,变化平缓。同时可以看出,温度对氯化锌法蔗渣吸附剂的脱色率的总体影响不大,基于试验结果和工艺条件的简便可行,实际处理中应选取室温为氯化锌法蔗渣吸附剂处理废水的最佳工艺条件。

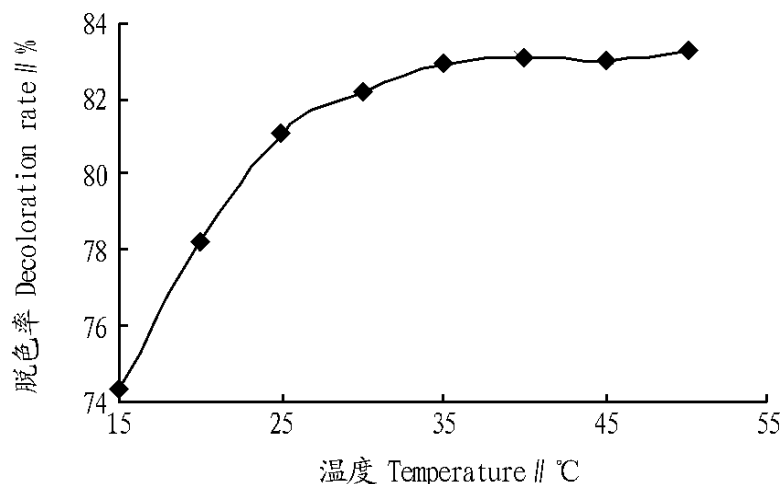


图3 温度与脱色率的关系

Fig.3 Relationship between temperature and decoloration rate

**2.4 吸附时间对脱色率的影响** 在温度为 $25$  、蔗渣活性炭用量为 $0.3 \text{ g}$  和 $\text{pH} = 9.8$  的条件下,蔗渣活性炭在 $120 \text{ min}$  后脱色率几乎不再增加而达到吸附平衡(图4)。同时也可以看出,氯化锌法蔗渣吸附剂吸附过程中分为快吸附和慢吸附2 个过程,前 $25 \text{ min}$  为快吸附, $25 \sim 120 \text{ min}$  为慢吸附过程, $120 \text{ min}$  后脱色率呈现稍微波动的现象。这表明达到吸附平衡的氯化锌法蔗渣吸附剂存在解吸附、吸附的动态过程。因此,氯化锌法蔗渣吸附剂吸附脱色废水的处理时间选取为 $120 \text{ min}$ 。

**2.5 正交试验** 影响氯化锌法蔗渣活性炭吸附剂对糖蜜废水脱色的主要因素分别为吸附溶液的温度(A),吸附溶液的 $\text{pH}$  值(B),吸附时间(C),氯化锌法蔗渣吸附剂(D)。由正交试验规则,采取各因素相互独立的蔗渣活性炭对糖蜜酒精废水进行脱色处理的正交试验 $L_{16}(4^4)$ ,正交试验方案和试验结果分别见表1 和表2。不同工艺条件下糖蜜酒精废水吸附脱色效果差别较大,为了判断所选的4 个因素对糖蜜酒精废水脱色效果的好坏,并确定最佳工艺,对正交试验结果进行极差分析(表2)。

结果表明,在采用 $D_4C_4B_4A_1$  工艺,即蔗渣活性炭投加量

$0.4 \text{ g}$ 、吸附时间即平衡时间 $120 \text{ min}$ 、溶液的 $\text{pH}$  值 $11$  和温度 $25$  的条件下,糖蜜酒精废水吸附脱色效果最高,脱色率达 $85.6\%$ 。

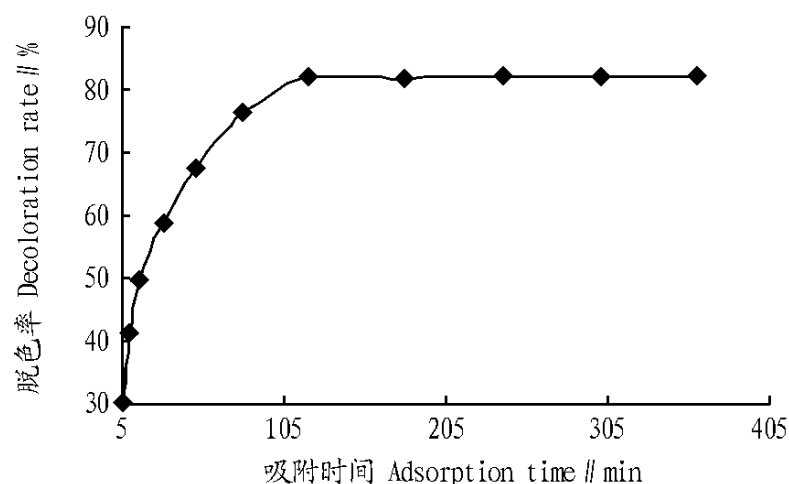


图4 吸附时间与脱色率的关系

Fig.4 Relationship between adsorption time and decoloration rate

表1  $L_{16}(4^4)$  正交试验方案

Table 1 Scheme of  $L_{16}(4^4)$  orthogonal test

水平 Level	A	B	C min	D g
1	25	5.1	30	0.1
2	30	7.3	60	0.2
3	35	9.8	90	0.3
4	40	11.0	120	0.4

表2 正交试验结果

Table 2 Result of orthogonal test

试验号 Est. No.	A	B	C	D	脱色率 % Decoloration rate
1	1	1	1	1	24.2
2	1	2	2	2	54.7
3	1	3	3	3	80.2
4	1	4	4	4	85.6
5	2	3	1	2	55.1
6	2	4	2	1	33.1
7	2	1	3	4	81.1
8	2	2	4	3	80.9
9	3	3	1	2	60.4
10	3	4	2	3	83.6
11	3	2	3	1	28.4
12	3	1	4	4	79.6
13	4	3	1	2	62.1
14	4	4	2	3	81.6
15	4	2	3	1	28.3
16	4	1	4	4	72.3
R	1.9	23	29.2	53.1	

吸附溶液的温度对糖蜜酒精废水脱色率的影响极不明显,在实际工艺中几乎可以不考虑,因此在工艺设计中,把常温作为吸附的温度,这样既方便又可以节省能源。对糖蜜酒精废水脱色率影响最大的因素是蔗渣吸附剂的投加量,但是当氯化锌法蔗渣吸附剂的投加量增加到一定程度时,脱色效果并不增强。兼顾吸附效果,同时考虑资源充分利用,在实际应用中选择第3 水平为最佳水平。吸附时间、溶液的 $\text{pH}$  值对废液有一定影响,介于吸附温度和氯化锌法蔗渣吸附剂投加量之间。综合实际工艺,可以得出最佳工艺为 $D_3C_3B_3A_1$ ,即蔗渣

时,DEL 的值较大,根系的相对变化不明显,要隔几天 DEL 才能看到。

**3.3 L 系统规则的确立** 模型要用到带括号的L 系统,同时因为该模型可以靠控制参数的变化来改变根系的结构,所以要用到参数L 系统。对于根系的直径变化,越往下的地方根系越细,所以还用到基于语义相关的L 系统,来判断根系是否到达底端,从而决定根系的直径大小。

确定了所用到的基本L 系统后,下面就来确定具体的L 系统规则。

上面已经提到该模型所用的参数为分枝角度、延迟时间和能量消耗参数,自变量为生长时间,所以,假定顶点为  $A(\text{dir}, \text{del}, \text{vig}, t)$ , 当  $t \rightarrow t + dt$  时,

$P:A(\text{dir}, \text{del}, \text{vig}, t) \rightarrow F(-\text{vig}) [ + (R\text{Angle} * \text{dir}) A(\text{dir}, \text{DEL}, \text{vig} * \text{DMG}, t + dt) ]$

$F(-\text{vig})-(L\text{Angle} * \text{dir}) A(-\text{dir}, \text{DEL}, \text{vig}, t + dt)$

产生式P 在每一步迭代过程当中由主轴顶点A 产生2 个节间F( 长度为vig) 和一对侧顶点。上面的生成规则是模型的主要精髓所在,是符合根系生长规律的模型。只要适当地添加或修改一些内容,即可实现复杂的根系结构。

**4 根系生长过程模拟的实现**

主要算法:先确定初始元,然后根据产生规则画出主根、侧根。再根据产生规则依次进行  $t + dt$  次迭代,直到  $t = \text{STEPS}$ ,算法结束。迭代过程中,根的长度和直径随着迭代过程的深入而变化,同时新根生长动态也会随着时间的不同而不同。用流程图表示见图2。

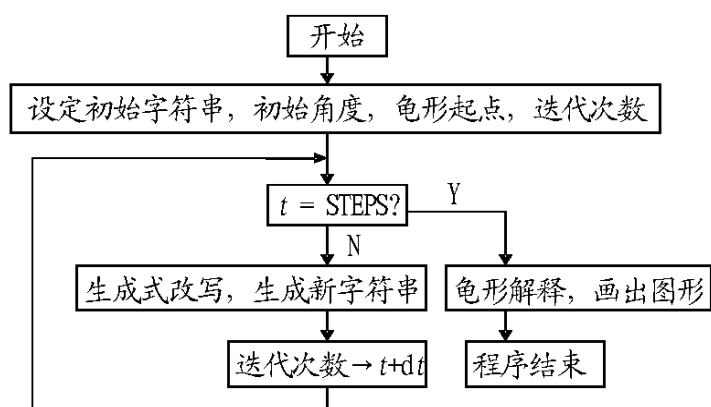


图2 算法流程

Fig.2 The arithmetic flow

**5 程序实现流程及模拟结果**

程序流程图如图3 所示。苹果根系在不同阶段的模拟结果如图4 所示。由图1 ~ 图4 可以看出,  $t < 90$  时,根系变

化是相当明显的,说明这段时间是新根生长的高峰期;  $t > 90$  时,根系变化不是很大,这段时间主要是根系直径加粗,符合试验所得到的结果。

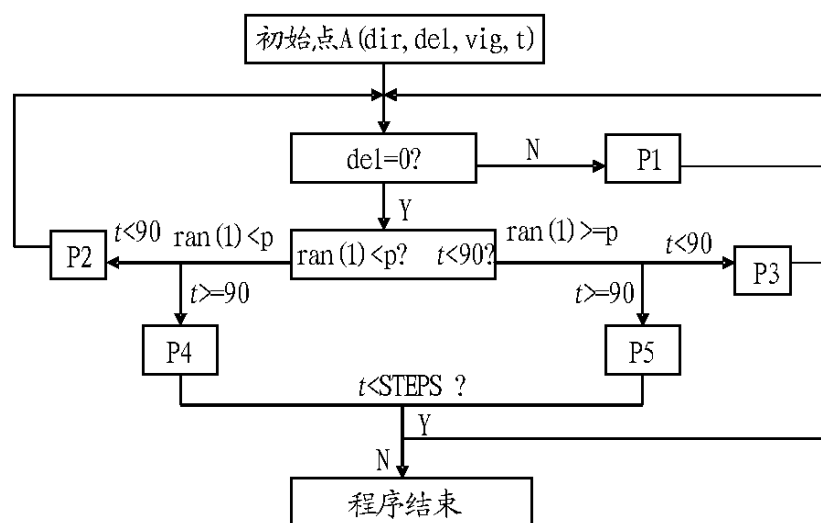


图3 40 cm 深度树穴时的程序流程

Fig.3 The programflow at 40 cmdepth of tree hde

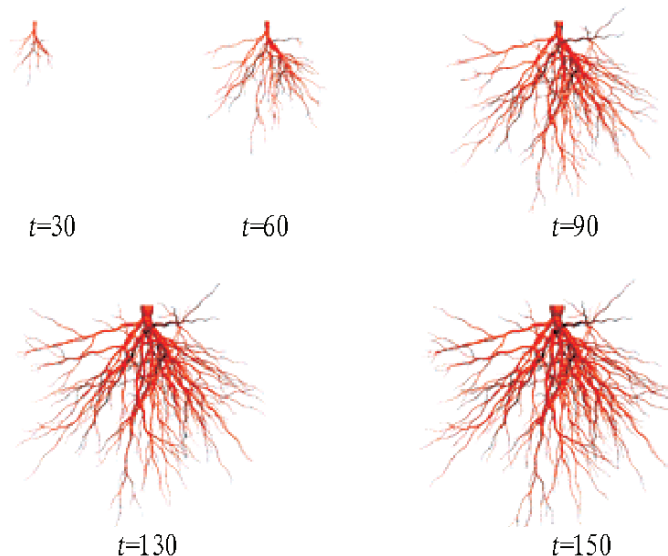


图4 40 cm 深度树穴时根系在不同阶段的模拟结果

Fig.4 The simulation results of root system with 40 cmdepth of tree hde in different stages

**6 结语**

该研究提出的果树根系模拟方法实现果树根系的动态生长模拟,较真实地反映了果树根系在40 cm 深度树穴的生长。这种模拟方法具有良好的可控制性和实用性,经过修改也能应用于其他植物根系的生长模拟中。

**参考文献**

[1] 胡包钢, 赵星, 严红平, 等. 植物生长建模与可视化回顾与展望[J]. 自动化学报, 2001, 27(6) :816 - 835 .  
 [2] 马新明, 杨娟, 熊淑萍, 等. 植物虚拟研究现状及展望[J]. 作物研究, 2003, 17(3) :148- 151 .  
 [3] 邢全华. 苹果幼树根系周年发生动态的研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2000.

可以得出最佳工艺为  $D_3C_3B_3A_1$ , 即蔗渣活性炭投加量0.3 g, 吸附时间90 min, 溶液pH=9.8, 温度25 , 在此条件下糖蜜酒精废水吸附脱色率达80.2%。

**参考文献**

[1] 佚名. 2007 年四季度国内糖市回顾及展望 EB/OL. (2008-01-14) [2008-08-01]. <http://www.ynsugar.com/Article/PPKS/FXPL/200801/7497.htm>.  
 [2] 吴振强, 梁世中, 姚汝华. 甘蔗糖蜜酒精废水色素特性及脱除的研究[J]. 环境污染与防治, 1997, 19(1) :5- 8 .  
 [3] 冯冰凌, 洗萍, 黄世钊, 等. 糖蜜酒精废液的脱色[J]. 工业水处理, 2002, 22(3) :38- 40 .  
 [4] 吴振强, 梁世忠. 糖蜜酒精蒸馏废液色素研究[J]. 环境污染与防治, 2002, 24(1) :13- 15, 18.

(上接第14721 页)

活性炭投加量0.3 g, 吸附时间90 min, 溶液pH=9.8, 温度25 , 在最佳工艺条件下糖蜜酒精废水吸附脱色率达80.2%。

**3 结论与讨论**

对糖蜜酒精废水脱色率影响最大的因素是蔗渣吸附剂的投加量,但是当氯化锌法蔗渣吸附剂的投加量增加到一定程度时,脱色效果并不增强;吸附溶液的温度对糖蜜酒精废水脱色率的影响不明显;吸附时间、溶液pH 值对脱色有一定影响,介于吸附温度和吸附剂投加量之间。综合实际工艺,