

# Research and Experiment on Coagulation-Membrane Yeast Treatment for Wastewater Containing Potato Starch

Liye Zhang<sup>1</sup>, Erxin Wang<sup>2</sup>, Jinyao Yang<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Chengde City Research Academy of Environmental Sciences, Chengde Hebei

<sup>2</sup>Department of Sports Health and Art Education, Chengde Petroleum College, Chengde Hebei

<sup>3</sup>Department of Chemical Engineering, Chengde Petroleum College, Chengde Hebei

Email: [18632409481@163.com](mailto:18632409481@163.com)

Received: May 30<sup>th</sup>, 2015; accepted: Jun. 14<sup>th</sup>, 2015; published: Jun. 18<sup>th</sup>, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## Abstract

Treated with the Membrane Yeast Reactor (MYR), the wastewater containing potato starch has its COD removed to a large extent [1]. However, the concentration of COD remains high after treatment, which brings difficulties to following treatment steps. This paper presents a method to pick yeast strains that efficiently process wastewater through the analysis of wastewater quality and the cultivation and acclimation during pilot tests. Through parameter optimization of continuously operating, efficiently mixed yeast strains, this method ensures optimum controlled parameters of pH 5, hydraulic retention time of 24 - 28 h and temperature of 25°C - 30°C, and hence to ensure the stable operation of the entire system [2] [3].

## Keywords

Coagulation, Membrane Yeast, Wastewater Containing Potato Starch

# 混凝 - 膜酵母组合工艺处理马铃薯淀粉 废水实验研究

张立业<sup>1</sup>, 王尔新<sup>2</sup>, 杨金尧<sup>3</sup>

<sup>1</sup>承德市环境科学研究院, 河北 承德

<sup>2</sup>承德石油高等专科学校体育健康与艺术教育部, 河北 承德

<sup>3</sup>承德石油高等专科学校化学工程系, 河北 承德

Email: [18632409481@163.com](mailto:18632409481@163.com)

收稿日期: 2015年5月30日; 录用日期: 2015年6月14日; 发布日期: 2015年6月18日

## 摘要

马铃薯淀粉废水经过膜酵母反应器处理后出水COD有了较大比例的去除[1], 但出水COD仍然较高, 这样就给后续处理工艺带来潜在的压力。本研究主要通过对比马铃薯淀粉废水水质特性分析和小试试验的驯化培养, 有针对性地筛选出高效处理淀粉废水的酵母菌株。通过高效混合酵母菌株在连续运行状况下的参数优化, 确定MYR的最佳控制参数为pH值为5, 水力停留时间为24~28 h, 温度为25℃~30℃, 从而使整个处理系统能稳定运行[2] [3]。

## 关键词

混凝, 膜酵母, 马铃薯淀粉废水

## 1. 引言

随着社会的发展, 食品工业用水量增多, 废水排放量也增大, 尤其以淀粉工业废水的排放量占首位。马铃薯淀粉废水中主要含有淀粉、糖类、蛋白质、可溶性纤维等污染物, 依生产工艺的不同, 废水COD浓度在2000~40,000 mg/L之间。

由于淀粉废水有机物浓度很高, 治理方法主要采用厌氧生物处理, 但是由于在北方冬季低温、马铃薯淀粉生产的季节性和不连续性、经济成本等因素使此方法的, 推广应用受到抑制。

酵母菌是一种单细胞真菌, 具有较好的絮凝沉降效果, 耐酸、耐高渗透压的特点, 适用于高盐、高浓度工业废水处理。另外膜酵母反应器(MYR)与活性污泥处理法相比, 又具有容积负荷高、需氧量小, 产生的剩余污泥少等优点。MYR中产生的剩余酵母富含蛋白质和多种氨基酸, 具有较高的饲料价值, 可回收利用, 从而可实现废水的资源化。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 材料与仪器

#### 1) 实验材料

药品及试剂: 聚合硫酸铁(PFS) (5%)、聚合氯化铝(PAC) (4%)、氯化铁(5%)、聚丙烯酰胺(PAM) (0.1%)、盐酸、氢氧化钠。

淀粉废水: 淀粉废水取承德泓辉双合淀粉有限公司的工艺水。COD为25,000 mg/L左右, 色度为1500倍。

#### 2) 主要仪器

722 光栅分光光度计; JJ-4 六联电动搅拌器; JJ-2 型组织捣碎机; pH计(PHS-5型, REX)等。

### 2.2. 实验方法

1) 混凝沉淀: 于1000 mL烧杯中加入500 mL废水样, 调节pH, 加入一定量的混凝剂, 充分搅拌后

加入浓度为 0.1% 的聚丙烯酰胺(PAM), 搅拌一定时间后静置沉淀, 取上清液测定 COD, 观察各因素对废水中主要污染物 COD 去除率的影响。

#### 2) 混凝的操作步骤

本试验采用混凝烧杯试验, 其基本设备包括提供混凝过程所需搅拌作用的搅拌器和盛废水样的烧杯。六联电动搅拌器需要平稳运行, 以保证同一组试验数据的可比性。

烧杯实验的基本操作步骤:

①取等量废水样于每个烧杯中, 把搅拌浆叶放入水中, 使浆叶与烧杯壁间留有 6 mm 间隙。

②按在烧杯数目, 选用一个系列的药剂投加量, 每次先将药剂稀释成相等容量再装入小试管内, 将小试管装在投药架上, 以便于同时向烧杯中加入药。

③开动搅拌器, 以 120 r/min 的转速进行快速搅拌。按药剂的剂量和投加顺序同时向每个烧杯中加入药, 搅拌约 1 min。

④降低转速进行慢搅拌约 20 min。

⑤把搅拌浆从水中提出, 观察絮体的沉降过程。

⑥经过一定时间的沉淀后, 测定上清液的颜色、COD 等各项指标。

#### 3) 混凝剂的混凝效果实验

控制实验在相同的废水条件下, 通过前期实验优化, 加入混凝剂 PFS、PAC、氯化铁的量分别为 800 mg/L、700 mg/L、800 mg/L, 助凝剂 PAM 加入量为 12 mg/L, 在沉淀时间为 20 min 条件下, 进行对比实验, 观察不同混凝剂的混凝效果。

#### 4) pH 值对混凝效果的影响

在之前实验的基础上控制相同的实验条件, 用盐酸和氢氧化钠将废水调节所要求的 pH 值, 分别投加三种混凝剂, 不间断搅拌, 再加入 12 mg/L 助凝剂 PAM。进行对比实验, 观察不同 pH 值对混凝效果的影响。

#### 5) 混凝剂投加量、沉降时间对混凝效果的影响

针对 PFS 混凝剂, 在之前实验基础上[1], 通过控制条件研究不同投加量、沉降时间对 PFS 混凝剂的去除 COD 效果的影响, 得出最佳投加量和最佳沉降时间。

#### 6) 混凝-酵母组合工艺对废水的处理效果影响

考虑到混凝预处理淀粉废水效果较好, 于是采用 PFS 混凝剂预处理后的废水进行酵母降解实验, 考察混凝-酵母组合工艺对废水处理效果的影响。

### 3. 结果与讨论

#### 3.1. 混凝剂对废水处理效果影响

为筛选出最适合处理马铃薯淀粉生产废水的混凝剂, 根据试验条件对 PFS、PAC、FeCl<sub>3</sub> 进行混凝效果的比较, 结果如表 1 所示。从表中可知, 混凝对马铃薯淀粉生产废水中 COD 去除方面有一定的去除能力, 其中对废水悬浮物的去除效果较为明显。说明将混凝作为马铃薯淀粉废水预处理是符合其水质特点的。在相同条件下, 混凝剂对废水 COD 去除效果为: PFS > FeCl<sub>3</sub> > PAC, 其中 FeCl<sub>3</sub> 和 PAC 的去除效果相差不大, 分别是 24%、23%。PFS 的 COD 去除率为 26%, 且废水色度去除较好, 投加量较其他两种要少, 价格也较便宜。

#### 3.2. pH 值对混凝效果的影响

pH 值是影响混凝处理效果的一个重要因素。用盐酸和氢氧化钠调整废水到所要求的 pH 值, 其他条

件与之前混凝实验一样，检测各种混凝剂对废水 COD 去除效果的变化，找到其最佳 pH 值范围，结果如图 1 所示。

通过以上的数据分析发现，在不同的 pH 值条件下，三种混凝剂对 COD 的去除率有一定差别，三种混凝剂对马铃薯淀粉生产废水混凝时各有一个最佳的 pH 值范围。其中，PAC 最佳 pH 值范围在 10.00 左右，此时的处理效果最好，COD 的去除率达到 24.9%；FeCl<sub>3</sub> 最佳 pH 值范围在 11.00 左右，COD 去除率达到 40.00%；PFS 最佳 pH 值范围在 6.00~7.00，即接近马铃薯淀粉生产废水原水样的 pH 值为 5~6，其 COD 去除率达到 26%。虽然 FeCl<sub>3</sub> 的处理效率能达到 40.00%，但考虑到调节 pH 值(至 11.00)给工艺运行、维护、经济成本等带来不利影响[4]，马铃薯淀粉生产废水的 pH 值是 5~6，符合 PFS 的 pH 值要求，无需调节 pH 值，因此确定选择 PFS 作为马铃薯淀粉生产废水混凝预处理时的混凝剂。

### 3.3. PFS 的投加量对混凝效果的影响

取水样 500 ml，在不改变水样 pH 值，PAM 投加量为 12 mg/L，沉降时间 30 min，不断改变废水 PFS 的投加量，然后测出水 COD，实验结果如图 2 所示。

由图 2 可以看出，PFS 投加量为 800 mg/L 时，混凝效果最好，COD 的去除率最高，能达到 25% 以上。PFS 对废水 COD 的去除率是随着投药量的增大先增加后又降低。其原因可能是当投加量过少时，对胶体颗粒的粘附、架桥、交联作用都不充分，胶粒不能充分地发生凝聚；当投加量过大时，单个胶粒表面都吸附聚铁络离子达到饱和，无法再与其它胶粒发生交联作用，使胶体颗粒处于再稳定状态不易凝聚，因此影响到废水中有机物的去除。

### 3.4. 沉降时间对混凝效果的影响

取水样 500 mL，在不调节 pH 值、PFS 投加量为 800 mg/L 和 PAM 投加量为 12 mg/L 的条件下，进

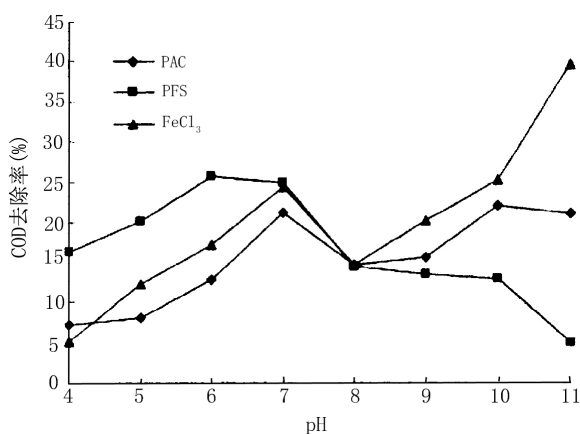


Figure 1. Coagulant in different pH value of wastewater COD removal efficiency

图 1. 混凝剂在不同 pH 值时废水 COD 的去除效果

Table 1. The influence on the effect of different coagulants on wastewater treatment

表 1. 不同混凝剂对废水处理效果的影响

混凝剂种类	助凝剂投加量/mg/L	COD/mg/L	COD 去除率/%	色度/倍
PFS	12	18,500	26	400
PAC	12	19,250	23	400
FeCl <sub>3</sub>	12	19,000	24	800

行混凝实验，混凝后沉降，每隔 10 min 用注射器抽取上清液测定 COD 值，实验结果如图 3 所示。

通过以上数据表明，随着沉降时间的增加，COD 去除率随之提高，当沉淀 30 min 后，COD 去除率趋于稳定，随时间的变化不大，沉淀时间选为 30 min。

### 3.5. 最佳条件下混凝实验

在上述实验确定的最佳条件下(混凝剂 PFS 投加量为 800 mg/L，沉降时间 30 min)，进行混凝实验，其处理效果见表 2。

从表 2 中可以看出，混凝剂 PFS 在最佳实验条件下混凝效果也相应达到了最好，其 COD 去除率达到 28.3%，色度去除率也达到 73.3%，TN、TP 的去除也有一定效果，分别为 13.6%、10.6%。处理后的 pH 值较原水降低，其原因可能是 PFS 在废水中水解后生成  $Fe(OH)_3$ ，导致 pH 值下降。

### 3.6. 混凝预处理 + 膜酵母反应器组合工艺

通过对马铃薯淀粉废水进行混凝预处理，认为混凝剂 PFS 对淀粉废水的 COD 及色度均有一定的预处理效果，但是考虑到混凝剂中的某些金属离子可能会对酵母反应器中微生物产生影响，因此，本实验开展了混凝预处理 + 膜酵母反应器组合工艺研究。

通过投加 PFS 混凝剂对马铃薯淀粉废水进行预处理，其控制最佳条件分别为：PFS 800 mg/L，PAM 12 mg/L，pH5~6，沉降时间 30 min。经过预处理后的废水水质见表 3。

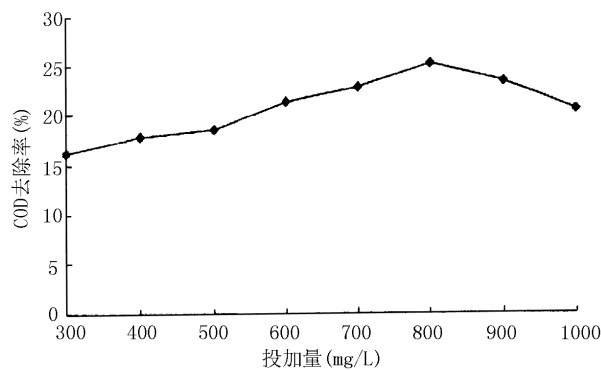


Figure 2. The influence of PFS dosing quantity of COD  
图 2. PFS 投加量对 COD 的影响

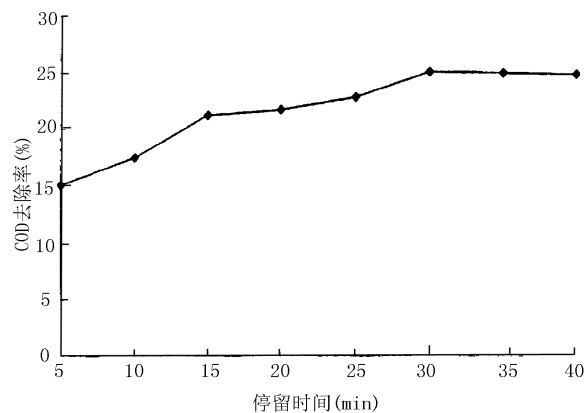


Figure 3. Precipitation time impact on COD  
图 3. 沉淀时间对 COD 影响

**Table 2.** Under the condition of optimum coagulant water quality change before and after processing  
**表 2.** 最佳条件下混凝剂处理前后的水质变化

项目	COD/mg/L	色度/倍	TN/mg/L	TP/mg/L	pH
原水	25,100	1500	377	182.8	5.8
混凝后	18,000	400	325.8	163.5	4.9
去除率/%	28.3	73.3	13.6	10.6	

**Table 3.** Water after coagulation pretreatment  
**表 3.** 混凝预处理后水质

水样	COD/mg/L	pH	色度/倍
原水	25,000	5.5	1500
预处理出水	18,300	4.8	400

取马铃薯淀粉废水预处理出水 2 L 于酵母反应器中培养，控制反应器温度在 25℃ 左右，pH 为 4~5，停留时间为 32~48 h，排水比为 1:2，经过一个月的培养，其膜酵母反应器出水状况如图 4。从图 4 中可以看出，酵母出水 COD 在运行前一周内逐渐降低，COD 去除率逐渐升高。但随着系统的运行，到了后期酵母出水 COD 趋于稳定，基本稳定在 4500 mg/L 左右，COD 去除率稳定在 75% 左右，表现出良好的污染物去除效果。其原因可能是在运行前一周内，膜酵母反应器中酵母的数量在逐渐增多，活性也在相应提高，酵母在逐步适应废水的进水浓度，在运行一周后系统则趋于稳定运行。在之后的运行中出水 COD 也会出现一些波动，发现 pH 值都有所提高(pH 值 7 左右)，此时的出水 COD 会变高，且酵母浓度也有所下降。通过显微镜观察发现酵母菌体较分散，沉降性能变量。然而通过调整 pH 值为 4~5，膜酵母反应器出水又趋于正常稳定。

这现象说明在运行过程中，对于短时间的 pH 冲击，可以通过及时调节 pH 值即可恢复膜酵母反应器系统的最常运行。

图 5 显示了在膜酵母反应器中酵母浓度的变化及其污泥沉降性能的变化，随着进水负荷的变化，在前半个月的运行中，污泥浓度都在增长，变动范围在 10~16 g/L，大部分时间都是维持在 15 g/L 左右。污泥沉降比 SV<sub>30</sub> 变化与 MLSS 变化趋势基本相同，变动范围在 10%~12.5%，大部分时间是在 12% 左右，比没有混凝处理时要高。究其原因是酵母浓度 MLSS 在一定程度上影响着 SV<sub>30</sub>，酵母浓度较高时，酵母之间相互挤压，形成较大的胶体团块便于沉降，且由于是混凝出水中存在一定数量的聚合铁离子，这样会使酵母胶核表面直接吸附带异号电荷的聚合离子等，来降低 ζ 电位从而使胶体失稳，更易于酵母胶体之间相互聚集，从而形成较大的菌胶团，易于沉降，这样酵母沉降性能得到提高，能有效提高废水的处理效率和酵母的回收效率。

在运行时期、中期、后期的专个时期内酵母形态有着明显变化。在运行前期酵母数量相对较少，但都已繁殖出芽，此时生长酵母活性大，繁殖速度快；运行中期时，酵母的数量和活性都已达到较高水平；运行后期时，酵母数量也相对较多，但活性可能相对减小。中期和后期的反应器中酵母都能相互聚集在一起，易形成菌胶团，此时酵母处理效率也相应提高很多，这些都能很好地说明图 5 中酵母浓度和沉降性能的变化趋势。

#### 4. 结论

通过对混凝预处理+膜酵母反应器组合工艺对马铃薯淀粉废水的处理研究得出如下结论：

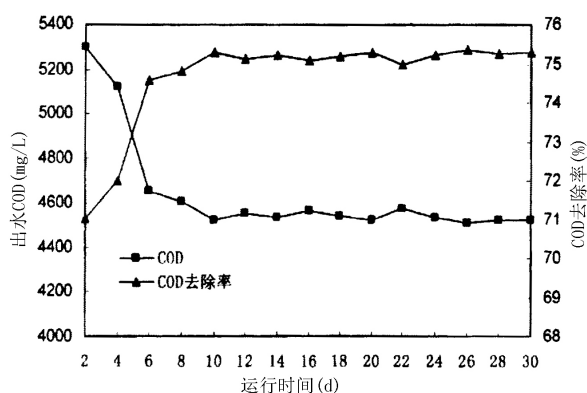


Figure 4. After coagulation pretreatment reactor effluent COD change film yeast

图 4. 混凝预处理后膜酵母反应器出水 COD 变化

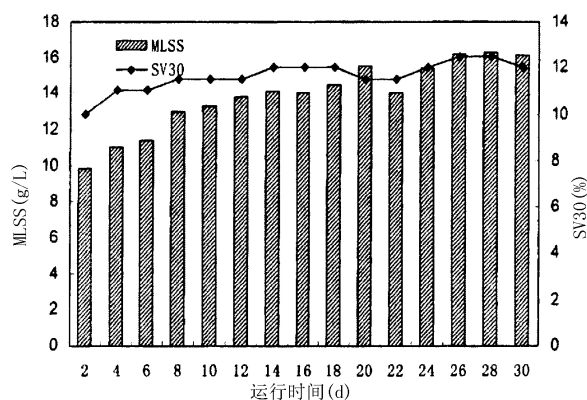


Figure 5. After coagulation pretreatment of membrane reactor yeast concentration and its settling performance changes

图 5. 混凝预处理后膜酵母反应器酵母浓度及其沉降性能变化

1) 就马铃薯淀粉废水的预处理效果来说,  $\text{FeCl}_3 > \text{PFS} > \text{PAC}$ , 但是考虑到  $\text{FeCl}_3$  混凝的最佳 pH 值在 11.0 左右, 而且色度较大, 从经济成本和工艺的运行维护方面考虑, 选择 PFS 作为混凝剂是较理想的。

2) 用 PFS 作为马铃薯淀粉废水的预处理混凝剂时, 投加量 800 mg/L, PAM 12 mg/L, 沉降时间 30 min, COD 的去除率能够达到 28.3%, 而且废水的色度也能得到一定程度的降低, TN、TP 也能得到一定的去除。

3) 混凝预处理+膜酵母反应器组合工艺对马铃薯淀粉废水的处理效果优于采用单独的膜酵母反应器工艺, 化学混凝预处理对后续生物处理无不良影响, 其出水 COD 稳定在 4500 mg/L 左右, COD 去除率稳定在 75%, 酵母浓度也相对较高, 基本稳定在 15 g/L 左右, 而且酵母的沉降性能也相对较好,  $\text{SV}_{30}$  基本稳定在 12% 左右。

## 参考文献 (References)

- [1] 黑亮, 杨清香 (2001) 利用酵母菌处理高浓度味精废水的连续小试. *环境科学*, **7**, 62-66.
- [2] 李隽芝, 缪进康 (2001) pH 与共存物质对蛋白质溶液泡沫形成的影响. *明胶科学与技术*, **21**, 211.
- [3] 刘耕耘, 李亚威, 赛音 (2002) 淀粉废水的絮凝沉淀及生物处理. *内蒙古大学学报(自然科学版)*, **33**, 230-234.
- [4] 郑圣坤, 唐文浩 (2007) 马铃薯淀粉废水混凝预处理研究. *安徽农业科学*, **35**, 187-188.