

# Study on Hexavalent Chromium [Cr(VI)] Contaminated Wastewater Biosorption by *Saccharomyces Cerevisiae*

Yunhai Wu, Xiaokun Yu, Li Jiang, Liang Zhu\*

hohai university, nanjing, China, 210098

Email: zhuliang414@hhu.edu.cn

**Abstract:** Study on the removal of Cr(VI) from aqueous solution using the *S.cerevisiae* as a biosorbent was carried out. The effects of various parameters such as contact time, sorbent dose, pH and initial concentrations were investigated, Cr(VI) removal is pH dependent and found to be maximum at pH 1. The experimental data fitted well to both Langmuir and Freundlich models. Pseudo—second—order model can well describe the kinetics process of Cr(VI) adsorption by *S.cerevisiae*. The results indicated that the *S.cerevisiae* is an efficient biosorbent for the removal of Cr(VI) from wastewater.

**Keywords:** *Saccharomyces cerevisiae*, Biosorption, Cr (VI)

## 酿酒酵母吸附含铬废水的研究

吴云海, 余小坤, 蒋力, 朱亮\*

河海大学, 南京, 中国, 210098

Email: zhuliang414@hhu.edu.cn

**摘 要:** 采用酿酒酵母作吸附剂吸附水中六价铬 Cr(VI), 考察了吸附时间、吸附剂用量、pH 值和初始浓度对吸附效果的影响。研究发现, 吸附效果受 pH 值影响最大, 当 pH 值为 1 时 Cr(VI) 的去除效果最好。酿酒酵母对 Cr(VI) 的吸附遵循 Langmuir 和 Freundlich 等温线方程, 符合拟二级动力学模型, 实验结果表明酿酒酵母是一种有效去除废水中 Cr(VI) 的生物吸附剂。

**关键词:** 酿酒酵母, 生物吸附, 六价铬

### 1 引言

重金属铬是我国环境优先污染物之一, 对人体及其它生物具有强烈的三致效应<sup>[1]</sup>。因此, 对含铬废水的处理, 已成了铬应用工业中一个必须要解决的环境问题<sup>[2,3]</sup>。由于现阶段应用于含铬等重金属废水处理的化学法、离子交换法、电解法、活性炭吸附法等处理技术, 具有费用较高、易产生二次污染等缺点, 因此, 近年来人们一直在致力于高效环保型除铬等重金属废水处理技术和工艺的研究与开发。生物吸附法具有价廉、高效、无二次污染、菌种来源广泛等优点, 因而已成为重金属废水处理的研究热点, 本文研究酿酒酵母对含 Cr(VI) 废水的处理性能<sup>[4]</sup>。

### 2 材料与方法

#### 2.1 试剂和仪器

试剂:  $K_2Cr_2O_7$ , HCl, NaOH 均为分析纯。

仪器: 水浴恒温振荡器(SHY-2型), 722S 分光光度计, 800 型离心沉淀机, pH 计(model 520)。

#### 2.2 分析方法--水样中铬含量的测定(二苯碳酰二肼分光光度法-GB/T 23943-2009)

#### 2.3 菌体的处理

酿酒酵母取至南京某啤酒厂, 用十倍体积的去离子水洗涤、离心三次, 从而去除酿酒酵母表面上所携带的物质。洗涤后的酿酒酵母放置于 60℃ 烘箱中烘干 24 小时, 研磨后过 120 目筛, 置于干燥器中备用。

#### 2.4 吸附实验

将 0.1g 干燥菌体分别加入含有 100ml, 浓度分别为 1mg/l, 5mg/l, 10mg/l, 20mg/l 的铬溶液于三角瓶中, 调 pH 值, 在 30℃, 200rpm 恒温水浴锅中反应一段时间 (280min), 高速离心 (6000rpm, 3min), 取上清

液通过紫外分光光度计测定Cr(VI)浓度。

## 2.5 吸附量的计算

吸附剂的吸附能力以吸附量  $q$  表示:

$$q = \frac{(C_0 - C_e) \times V}{1000 W}$$

其中  $q$ ——吸附剂的吸附量, mg/g;

$C_0$ 、 $C_e$ ——吸附前后溶液中 Cr(VI)的浓度, mg/L;

$V$ ——吸附试验中所取溶液体积, ml;

$W$ ——吸附剂用量, g。

## 3 结果与分析

### 3.1 pH 值对酿酒酵母吸附铬的影响

在 Cr(VI)离子浓度为 10 mg/L, 酿酒酵母投加量为 0.1 g, 吸附时间为 240 min 的条件下, 考察 pH 对 Cr(VI)吸附的影响见图 1。

由图 1 可见, 当溶液中仅含 Cr(VI) (铬含量 10mg/L), 各 pH 值状态下, 吸附最佳 pH 值为 1。

Cr(VI)的去除率随着 pH 值的增大而减小, 这是因为 pH 值不仅影响溶液中金属离子的存在状态, 而且会影响到吸附剂表面的化学性质。水溶液中的 Cr(VI) 以  $H_2CrO_4$ 、 $HCrO_4^-$ 、 $CrO_4^{2-}$  形态存在<sup>[5]</sup>, 各种形态存在的比例决定于溶液的 pH 值和总 Cr(VI) 浓度, 当  $pH < 1.0$ , 铬离子主要以  $H_2CrO_4$  形式存在, 当  $pH = 1 \sim 7$ ,  $HCrO_4^-$  是主要存在形态, 并与  $CrO_4^{2-}$  共存于水溶液中, 在本实验中, Cr(VI) 的浓度为 10 mg/L。实验结果显示 pH 值为 1 时, 酿酒酵母对 Cr(VI) 的去除率最大, 说明 Cr(VI) 很可能主要是以  $HCrO_4^-$  形态通过静电吸引作用被吸附的。在低的 pH 值条件下, 吸附剂表面会被很多的氢离子包围, 从而更增强了 Cr(VI) 和吸附剂表面结合位点的吸引力。随着 pH 值的不断增大, 吸附剂的整个表面逐渐呈负电性, 导致去除率下降<sup>[6,7]</sup>

### 3.2 吸附时间对酿酒酵母吸附量的影响

本实验在 Cr(VI) 离子浓度为 10 mg/L, 酿酒酵母投加量为 1 g/L, 温度 30 °C 的条件下, 考察时间对 Cr(VI) 吸附的影响(见图 2)。由图可见在 60 min 内吸附速率增加的很快, 吸附量达到 3.45 mg/g, 在 60-240 min 内, 吸附量从 3.45 mg/g 升至 3.9 mg/g, 吸附速率比较缓慢, 在 240-300 min 内吸附量基本不变, 故可认为基本达到平衡状态, 因此实验将吸附时间控制 240 min 为宜。

在实验初期吸附速率增加的很快, 这可能是由于菌体表面具有大量的空隙, 随着吸附量的增加, 菌体

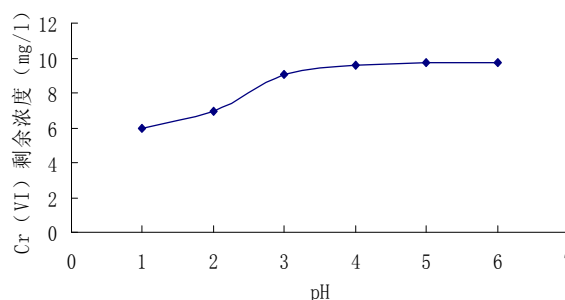


Figure 1. Effect of initial pH on biosorption of Cr (VI) by *S. cerevisiae*

图 1. pH 值对酿酒酵母吸附铬的影响

表面空隙减少, 金属离子之间的斥力增强, 游离金属离子进入微孔内部的阻力增大<sup>[8]</sup>, 因此吸附速率减慢, 达到吸附饱和所需的时间较长<sup>[9,10]</sup>

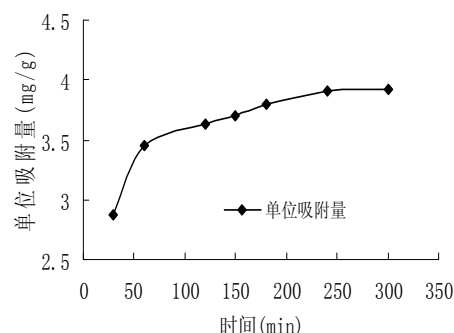


Figure 2. Effect of initial pH on biosorption of Cr (VI) by *S. cerevisiae*

图 2. 时间对酿酒酵母吸附铬的影响

### 3.3 浓度的影响

本实验在温度为 30 °C 之间, 酿酒酵母投加量为 1 g/L, pH 值为 1.0, 吸附时间为 5 h 的条件下, 考察浓度对 Cr(VI) 吸附的影响(见图 3)。

从图 3 中可以看出: 当溶液中仅含铬(铬含量 10mg/L), 各不同浓度 (1.0mg/L, 5.0mg/L, 10mg/L, 20mg/L) 状态下, 反应进行到 280min 时, 水样中铬含量均最低; 此时, 吸附反应达到平衡。

### 3.4 等温吸附线

根据 Langmuir 和 Freundlich 等温吸附模型, 对吸附数据进行拟合。拟合结果见图 4 及图 5。

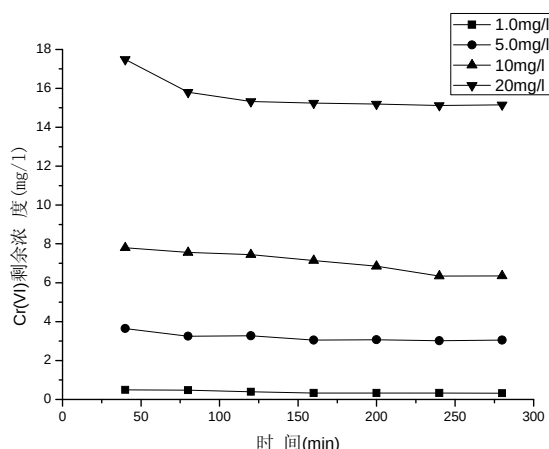


Figure 3. Effect of initial concentration of Cr(VI) on its biosorption by *S. cerevisiae* at different temperatures  
图 3. 浓度对酿酒酵母吸附铬的影响

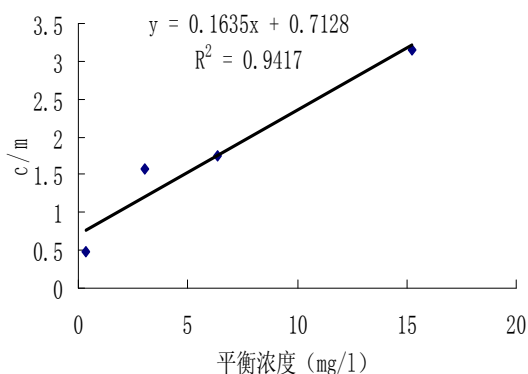


Figure 4. Langmuir isotherms  
图 4. Langmuir 吸附等温线

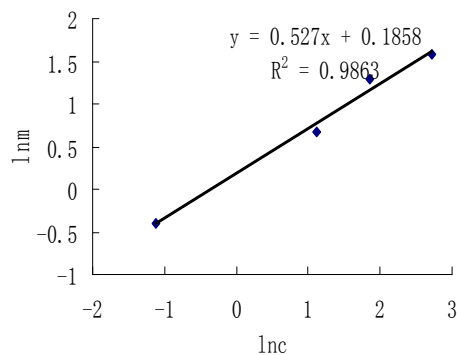


Figure 5 Freundlich isotherms  
图 5. Freundlich 吸附等温线

由图 4, 图 5 可以看出, 酿酒酵母对 Cr(VI) 的吸附既符合 Langmuir 等温线, 也符合 Freundlich 等温线

Table 1 Parameters of Langmuir and Freundlich isotherm model for Cr(VI) adsorbed by *S. cerevisiae*

表 1 酿酒酵母吸附 Cr(VI) 的 Langmuir 模型和 Freundlich 模型参数值

| Langmuir 模型 |         |                | Freundlich 模型 |       |                |
|-------------|---------|----------------|---------------|-------|----------------|
| Xm(mg/g)    | Km(g/L) | R <sup>2</sup> | n             | k     | R <sup>2</sup> |
| 6.116       | 1.403   | 0.9417         | 1.898         | 1.204 | 0.9863         |

因此可计算出酿酒酵母最大吸附量为 6.116mg/g.  $1/n=0.52$ , 在 0~1 之间表明酿酒酵母的生物吸附能力较强, 易吸附 Cr(VI)。

#### 4. 结论

(1) 去除水中的铬, 实践证明是可行的, 效果较好。且操作简便、效果好, 实用性强。

(2) 在投加微生物适量的情况下, 铬的去除率达到 65% 以上, 去除后水中残留的铬的浓度较低 (0.325mg/L), 能够满足我国生活饮用水的水质标准 (GB5749-2006) 的规定含量 (六价铬含量小于 0.5mg/L)。

(3) 对铬的吸附结果显示, pH 值是酵母菌吸附铬的重要影响因素。在 pH 值为 1~6 时, 对 Cr(VI) 的吸附随着 pH 值的上升而显著下降, pH 值对 *Saccharomyces cerevisiae* 吸附铬的影响实验结果表明, *Saccharomyces cerevisiae* 在实验所设定的 pH 范围内, 对含铬废水具有很强的吸附能力。对废水中浓度为 1.0mg/L 铬的去除率均超过了 60%, 当 pH 值为 1 时, 去除率最高达 67.5%。由于在低 pH 值下, 酵母菌具有良好的铬去除特性, 因而对一般呈酸性的重金属废水的处理具有较强的实用价值。(Cr(VI) 浓度为 10mg/L), 而最低去除率为 2.4% (Cr(VI) 浓度为 10mg/L, pH=6)。

#### References (参考文献)

- [1] Ellen J O Flaherty, Brent D Kerger, Sean M Hays. A Physiologically Based Model for the Ingestion of Chromium (III) and Chromium(VI) by Humans[J]. Toxicological Sciences, 2001, 60 (2): 196~213.
- [2] Andre S Ellis, Thomas M Johnson, Thomas D Bullen. Chromium Isotopes and the Fate of Hexavalent Chromium in the Environment [J]. Science, 2002, 295 (15): 2060~2062
- [3] Meng X H, Hu G F. Heavy Metal Effluent treatment, [M]. Beijing: Chemical industry press, 2001. 12.

- [4] Qin C Q ,Du Y M ,Zhang Z Q , *et al* . Adsorption of chromium (VI) on Science ,2003 ,90 (2) :505~510.
- [5] Li Z D , Li N. Cr(VI) adsorbed by *S. cerevisiae*, China Brewing, 1000—5900(2007)03—0079—05
- [6] Cruz C C V, Costa A C A, Henriques C A, *et al*. Kinetic modeling and equilibrium studies during cadmium biosorption by dead *Sargassum* *sp.* [J] Biomass. Bioresour. Technol., 2004, 91: 249-257
- [7] Chiou M S, Li H Y. Equilibrium and kinetic modeling of biosorption of reactive dyes on cross-linked chitosan beads. [J] J. Hazard. Mater., 2002, 93: 233-248.
- [8] Demiral H, Demiral İ, Tımsek F, *et al*. Biosorption of chromium (VI) from aqueous solution by activated carbon derived from olive bagasse and applicability of different biosorption models. [J] Chem. Eng. J., 2008, 144: 188-196.
- [9] Cabatingan L K, Agapay R C, Rakels J L, *et al*. Potential of biosorption for the recovery of chromate in industrial wastewaters. [J] Ind. Eng. Chem. Res. ,2001,40: 2302-2309.
- [10] V.Boonamnuayvitaya,C.Chaiya,W.Tanthaponichakoon,S.Jarudilokkul Removal of heavy metals by adsorbent prepared from pyrolyzed coffee residues a clay, Sep. Purif. Technol. 35(1)(2004)11–12.