

---

## بررسی تجزیه بیولوژیکی فاضلابهای حاوی متانول با غلظت بالا در یک سیستم نیمه پیوسته هوازی با رشد معلق

امیر رضا طلائی<sup>۱</sup>، سهند جرفی<sup>۲</sup>، محمد مهدی مهربانی<sup>۱</sup>، نعمت الله جعفرزاده حقیقی فرد<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست واحد علوم و تحقیقات اهواز

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی ایران

۳- دانشیار و عضو هیأت علمی دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز

### چکیده

متانول در غلظتهای بالا ماده ای سمی است که در پسابهای کارخانجات مختلف یافت می شود. متانول در غلظتهای پایین به سادگی توسط سیستم های زیستی تجزیه می گردد ولی در غلظتهای بالا خاصیت میکروب کشی دارد. در این مطالعه با کمک یک سیستم نیمه پیوسته هوازی با رشد معلق متانول در غلظتهای مختلف مورد تجزیه قرار گرفت. در مراحل مختلف این مطالعه از ۴ غلظت متفاوت متانول استفاده شد که COD ناشی از آن عبارت بودند از ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر، ۲۲۰۰ میلی گرم در لیتر، ۳۱۰۰ میلی گرم در لیتر و در نهایت ۴۰۰۰ میلی گرم بر لیتر که بازده حذف آنها به ترتیب ۶۳، ۸۶، ۸۹ و ۹۳ درصد می باشد.

کلیدواژه ها: متانول / تجزیه زیستی / پساب

## ۱- مقدمه

متانول با فرمول  $\text{CH}_3\text{OH}$  مایعی بی رنگ با بوی مخصوص و سمی است که دمای جوش آن  $64/5^\circ\text{C}$  می باشد. متانول از ترکیب هیدروژن با مونوکسید کربن یا  $\text{CO}_2$  در فشار  $250-50$  اتمسفر و دمای  $250^\circ\text{C}$  الی  $400$  بر روی یک کاتالیزور ساخته می شود [۱]. از اکسایش جزئی هیدروکربن ها نیز مقداری متانول پدید می آید که در مجاورت نیکل یا پلاتین با هوا به متانول تبدیل می شود [۲]. متانول برای بسیاری از ترکیبات آلی و نمکهای معدنی حلال مناسبی است. در ساخت متانول (۴۵٪) متانوئیک اسید (۱۰٪) متیل کلرید (۵٪) متیل ترشدی - بوتیل اتر (۵٪) و بسیاری دیگر از ترکیبات آلی به کار می رود. متانول تقریباً به عنوان الکل چوب شناخته می شود. از آن به عنوان یک سوخت جایگزین و یک سوخت غیر قابل تغییر در وسایل نقلیه استفاده می گردد. استفاده از متانول به عنوان سوخت چندان مهم نیست زیرا سازندگان اتومبیل، وسیله نقلیه ای با قدرت متانول تولید نکرده اند. امروزه بخش عمده ای از متانول تولیدی از گازهای طبیعی و بخشی نیز از گیاهان تولید می شود. پساب کارخانجات تولید متانول و همچنین کارخانجاتی همچون کارخانجات کاغذ سازی و پالایشگاهها حاوی  $1/6$  الی  $24/5$  گرم در لیتر از این ماده می باشد که اکسیژن خواهی شیمیایی (COD) بالایی دارد و همچنین به دلیل سمیت این ماده تاثیرات سوئی را بر محیط زیست به جای می گذارد [۳، ۴]. تعداد زیادی از میکروارگانیسم ها توانایی اکسیداسیون بیولوژیکی متانول را دارا می باشند و مطالعات زیادی درباره این میکروارگانیسم ها بخصوص انواع ترموفیلیک آنها انجام شده است [۵]. از متانول در مطالعات مختلف به عنوان یک الکترون دهنده ارزان قیمت برای تصفیه فاضلابهای حاوی ترکیبات غیر آلی استفاده می گردد [۷]. مطالعات گوناگونی درباره حذف متانول در شرایط مختلف انجام شده است. بطور مثال Vallero در سال ۲۰۰۳ مطالعه ای را جهت تعیین تاثیر غلظت سولفات در تجزیه زیستی متانول در دمای بالا (۵۵ درجه سانتیگراد) توسط یک سیستم UASB انجام داد [۶]. Louzeiro در سال ۲۰۰۲ مطالعه ای را با عنوان بررسی کینتیک حذف مواد مغذی (فسفر و نیتروژن) در حضور متانول با کمک یک سیستم SBR در مقیاس صنعتی را به انجام رساند [۸]. Bertin در سال ۲۰۰۶ به بررسی تصفیه زیستی فاضلابهای کارخانجات خمیر کاغذ که تصفیه معمول بر روی آنها توسط یک تصفیه خانه با سیستم هوازی و بستر ثابت انجام گرفته بود پرداخت. وی از یک سیستم بیولوژیک هوازی با کمک گرانشهای کربن فعال برای تصفیه پیشرفته این گونه فاضلابها استفاده کرد. در این مطالعه به بررسی حذف این ترکیب در مقادیر بالای COD در یک سیستم نیمه پیوسته با رشد ملق در یک دوره یک ماهه پرداخته شده است.

## ۲- مواد و روشها

### ۲-۱- راکتور مورد استفاده

در این مطالعه از یک راکتور استوانه ای شکل با قطر  $10\text{ cm}$  و ارتفاع  $35\text{ cm}$  استفاده شد. یک کمپرسور کوچک با دبی  $0/85$  لیتر در دقیقه کار اختلاط و هوادهی را در راکتور انجام می دهد. یک دیفیوزر کوچک نیز برای ایجاد حبابهایی با قطر  $0/3$  میلی متر در راکتور استفاده شده است. فاضلاب در راکتور در ارتفاع  $30\text{ cm}$  ثابت نگهداشته می شد که باعث ایجاد حجم موثر  $9$  لیتر در راکتور می گردید.

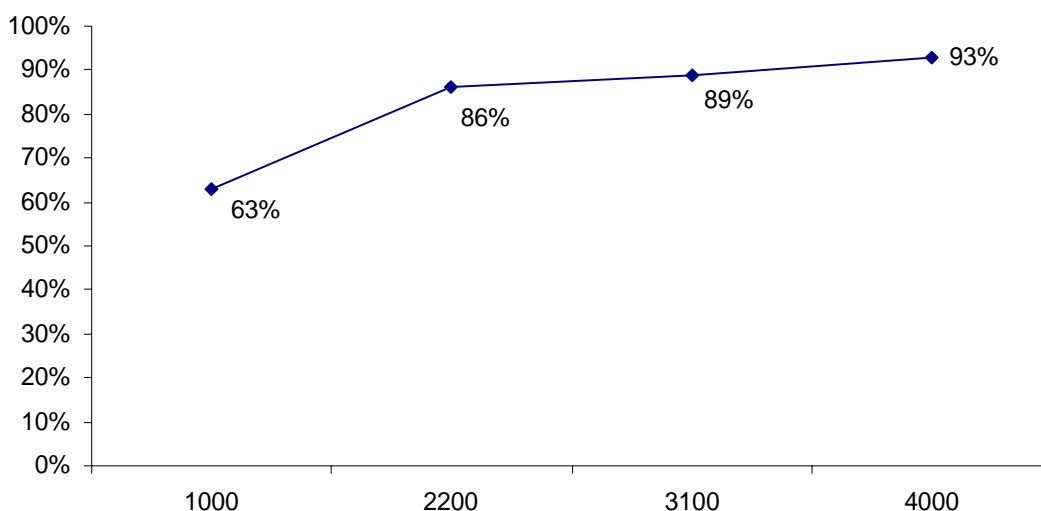
### ۲-۲- راه اندازی راکتور

برای راه اندازی راکتور از  $2$  لیتر لجن فعال و  $7$  لیتر فاضلاب مصنوعی که به صورت زیر تهیه می شد استفاده گردید:  $0/1$  گرم در لیتر  $\text{MgSO}_4$ ،  $0/5$  گرم در لیتر  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ،  $0/1$  گرم در لیتر  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ،  $0/01$  گرم در لیتر  $\text{FeSO}_4$ ،  $1$  گرم در لیتر  $\text{NaNO}_3$ ،  $0/5$  گرم در لیتر  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  و نهایتاً pH نمونه و بر روی  $7$  تنظیم شد.  $3$  میلی لیتر متانول به راکتور اضافه شده که باعث ایجاد COD با غلظت  $480$  میلی گرم در لیتر شد. راکتور به مدت  $24$  ساعت مورد هوادهی قرار گرفت. پس از این مدت برای  $60$  دقیقه هوادهی راکتور قطع گردید و سه لیتر از مایع رویین از راکتور خارج گردید و سه لیتر از فاضلاب مصنوعی حاوی  $9$  میلی لیتر متانول به راکتور اضافه گردید. این عمل به مدت یک هفته ادامه یافت. پس از گذشت یک هفته میزان متانول اضافه شده به راکتور در هر برداشت فاضلاب مانده و افزایش فاضلاب تازه به  $15$  میلی لیتر افزایش یافت. در هفته سوم این میزان به  $20$  و در هفته آخر میزان متانول

اضافه شده تا ۲۵ میلی گرم در لیتر افزایش یافت. COD نهایی ایجاد شده در آخرین بارگذاری برابر ۴۰۰۰ میلی گرم در لیتر بود. برای سنجش میزان COD از روش رفلکس برگشتی باز بنا بر روشهای استاندارد استفاده شد [۱۰]. در تمام طول مطالعه برای ایجاد حالت بافیری و جلوگیری از تغییرات شدید pH از کربنات سدیم استفاده گردید. میزان MLSS در تمامی طول آزمایش با کمک خارج کردن مقداری از مایع مخلوط موجود در راکتور بر روی ۱۵۰۰ میلی گرم بر لیتر تنظیم گردید. دمای انجام این آزمون دمای اتاق بود که به طور متوسط ۲۹ درجه سانتیگراد محاسبه شد.

### ۳- نتایج و بحث

دما بر روی میزان حذف متانول بسیار موثر می باشد بطوری که راندمانهای بالا در حذف متانول با استفاده از باکتریهای ترموفیلیک اتفاق می افتد [۱۱]. دما در این آزمون بطور متوسط ۲۹ درجه سانتیگراد بود. بنابر این تجزیه زیستی در این مطالعه در شرایط مزوفیلیک اتفاق افتاده است. برای دست یابی به بازده بالاتر حذف متانول در غلظت های بیشتر بایستی، یا مدت زمان بیشتری را برای سازگاری میکروارگانیسم ها صرف کرد و یا از دماهای بالاتر در این آزمون استفاده می گردید. pH بهینه در فرایندهای بیولوژیکی بطور معمول ۶ الی ۸ می باشد که در این آزمون pH به طور مدام بر روی ۷ ثابت نگهداشته شد. جهت جلوگیری از تغییرات pH، خاصیت بافیری مایع مخلوط بطور روزانه با کمک اضافه نمودن کربنات سدیم تنظیم می گشت که این امر منجر به تثبیت pH در حدود ۷ می شد. با توجه به ثابت بودن MLSS، pH و دما، در این مطالعه تغییرات غلظت متانول مورد ارزیابی قرار گرفت. متانول ماده ای می باشد که در بسیاری از مطالعات مختلف به عنوان یک الکترون دهنده ارزان قیمت به کار می رود [۷]. سمیت این ماده تنها در غلظت های بسیار بالا مشهود است و در غلظت های پایین توسط سیستم های بیولوژیکی به سادگی مصرف می گردد. این ماده را به عنوان منبع کربن مناسب به پسا بهای حاوی ترکیبات معدنی زیاد اضافه می کنند. در مراحل مختلف این مطالعه از ۴ غلظت متفاوت متانول استفاده شد که COD ناشی از آن عبارت بودند از ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر، ۲۲۰۰ میلی گرم در لیتر، ۳۱۰۰ میلی گرم در لیتر و در نهایت ۴۰۰۰ میلی گرم در لیتر. در نمودار ۱-۳ راندمان حذف COD ناشی از متانول در مقابل هر بارگذاری نمایش داده شده است.



نمودار ۱: راندمان حذف COD در بارگذاری های مختلف

همان طور که در نمودار ۱ مشخص است راندمان حذف با افزایش غلظت افزایش یافته است که این امر را می توان به سازگار شدن لجن و میکروارگانیسم های موجود در آن، با گذشت زمان در این آزمون توجیه نمود. با توجه به ثابت بودن میزان MLSS بر روی ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر در تمامی مراحل، توجیه فوق می تواند کاملاً منطقی باشد.

#### ۴- فهرست منابع

1. J.D. Taylor, J.I. Steinfeld, J.W. Tester, Experimental measurement of the rate of methyl tert-butyl ether hydrolysis in sub- and supercritical water, *Ind. Eng. Chem. Res.* 40 (1) (2001) 67-74.
2. Vogel F.E.E., , Joanna L., DiNaro, Philip A., Steven F., Paul A. Webley., Peters W.A., Kenneth A. S. , Jefferson W. T., " Critical review of kinetic data for the oxidation of methanol in supercritical water," *J. of Supercritical Fluids* 34 (2005) 249-286.
3. Lens PNL, Omil F, Lema, JM, Hulshoff Pol LW. Biological removal of organic sulfate-rich wastewaters. In: Lens PNL, Hulshoff Pol LW, editors. *Environmental technologies to treat sulfur pollution: principles and engineering*. London: IWA publishing; 2000. p. 153-73.
4. Minami K, Okamura K, Ogawa S, Naritomi T. Continuous anaerobic treatment of wastewater from a kraft pulp mill. *J Ferment Technol* 1991;71:270-4.
5. Weijma J. Methanol as electron donor for thermophilic biological sulfate and sulfite reduction. Ph.D. Thesis, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands; 2000. 155 p.
6. Vallero M.V.G., Treviño R.H.M., Paulo P.L., Lettinga G., Lens P.N.L., " Effect of sulfate on methanol degradation in thermophilic (55 .C) methanogenic UASB reactors," *Enzyme and Microbial Technology* 32 (2003) 676-687.
7. Weijma J, Stams AJM, Hulshoff Pol LW, Lettinga G. Thermophilic sulfate reduction and methanogenesis with methanol in a high rate anaerobic reactor. *Biotechnol Bioeng* 2000;67:354-63.
8. Louzeiro N.R., Mavinic D.S., Oldham W.K., Meisen A., L.A., Gardner, " Methanol-induced biological nutrient removal kinetics in a full-scale sequencing batch reactor," *Water Research* 36 (2002)2721 .2732.
9. Bertin L., Colao M.C., Ruzzi M., Marchetti L., Fava F., " Performances and microbial features of an aerobic packed-bed biofilm reactor developed to post-treat an olive mill effluent from an anaerobic GAC reactor," *Microbial Cell Factories* 2006,5 :16.
10. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 19th Edition.
11. Weijma J, Hulshoff Pol LW, Stams AJM, Lettinga G. Performance of a thermophilic sulfate and sulfite reducing high-rate anaerobic reactor fed with methanol. *Biodegradation* 2001;11:429-39. thermophilic bioreactor. *Water Res* 2002;36:1825-33.