مجله سلامت و محیط، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره دوم، شماره اول، بهار ۱۳۸۸، صفحات ۱ تا ۱۵

بهینه سازی راکتور زیستی با بستر متحرک (MBBR) با استفاده از روش تاگوچی

نعمت اله جعفرزاده حقیقی فرد[۱]، محمد مهدی مهربانی اردکانی[۲]، رامین نبی زاده نودهی[۳]، احمدرضا یزدانبخش[۴]

نویسنده مسئول: کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست، شرکت شهرک های صنعتی استان فارس *m.m.mehrabani@gmail.com*

دریافت: ۸۷/۱۲/۱۴ پذیرش: ۸۸/۲/۱۵

چکیده

زمینه و هدف: *در سال های اخیر کاربرد سیستم های راکتورهای زیستی با بستر متحرک در تصفیه زیستی فاضلاب های شهری و صنعتی توسعه یافته است. آزمایش طراحی شده آزمونی است که در آن تغییرات هدف داری در متغیرهای ورودی فرایند اعمال می گردد و معمولا برای شناسایی عوامل مهم و موثر بر روی یک فرایند و بهینه سازی مدل تجربی فرایند استفاده می شود. روش تاگوچی از سال ۱۹۸۰ به عنوان یک روش کنترل کیفیت به منظور بهینه‌سازی فرایند آزمایش‌های مهندسی، به کار گرفته شده است. هدف از انجام این مطالعه بررسی و تعیین شرایط بهینه جهت افزایش کارایی یک راکتور بیوفیلمی با بستر متحرک (MBBR) با کمک روش تاگوچی است.*

مواد و روش ها: *در ابتدا راه اندازی راکتور با کمک لجن فعال برگشتی تصفیه خانه فاضلاب چنبیه اهواز انجام گردید. پس از راه اندازی و سازگارسازی، با ثابت بودن زمان ماند ۹ساعت بارگذاری آلی در سه میزان COD برابر با ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و۳۰۰۰ میلی گرم بر لیتر انجام شد. در این مطالعه برای تعیین شرایط بهینه رشد میکروارگانیسم های سازگار شده، در ۹ مرحله تغییرات پارامترهای pH، نوع منبع نیتروژن، میزان اکسیژن خواهی شیمیایی (COD) و نهایتاً میزان شوری در سه سطح مختلف اندازه گیری شد و نتایج توسط نرم افزار Qualitek-4 (w32b) تجزیه و تحلیل گردید.*

یافته ها: *در این مطالعه، مقدار حذف COD محلول در زمان راه اندازی ۹۷ درصد و بهترین شرایط بهینه رشد راکتور MBBR به ترتیب در میزان COD ورودی برابر ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر، pH برابر ۸، منبع نیتروژن NH_4Cl و شوری ۵٪ به دست آمد.*

نتیجه گیری: *بر اساس تحلیل نتایج می توان با استفاده از روش تاگوچی شرایط بهینه و مناسب را برای افزایش کارایی یک راکتور MBBR به دست آورد.*

واژگان کلیدی: تصفیه بیولوژیکی فاضلاب، طراحی آزمایش ها، تاگوچی، راکتور زیستی با بستر متحرک، نرم افزار Qualitek-4 (w32b)

۱- دکترای بهداشت محیط، گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز
۲- کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست، شرکت شهرک های صنعتی استان فارس
۳- دکترای بهداشت محیط، دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران
۴- دکترای بهداشت محیط، دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-04-06]

مقدمه

حذف ترکیبات خطرناک موجود در خروجی فاضلاب های صنایع گوناگون از نیازهای امروزی بشـر می باشد(۱). این امر لزوم تحقیق درسیسـتم های تصفیه موثر و در عین حال ارزان قیمت را کاملا روشـن می سـازد. صنایع مـادر جزء صنایعی هسـتند که دارای فاضلاب هایی با انواع آلاینده ها می باشـند. صنایـع پتروشـیمی از جملـه ایـن صنایع می باشـد. یکی از آلاینده های موجود در فاضلاب خروجی این صنعت که باعث ایجاد اکسـیژن خواهی شیمیایی بسـیار بالایی شده و در نتیجه آلودگی شـدید منابع پذیرنده را به همراه خواهد داشـت مونو اتیلن گلیکول اسـت(۲،۳،۴). اتیلن گلیکول به فرمول شیمیایی $C_2H_6O_2$ اولین بار در سال ۱۸۵۹ توسط یک شیمیدان فرانسوی بنام چارلز- آدولف وورتز سـاخته شد(۵). از اتیلن گلیکول در صنایع تولید جوهر، رنگ، واکس اسـتفاده می شـود. بنابراین حضور مونو اتیلن گلیکول در فاضلاب اینگونه صنایع مشـهود می باشد(۲،۳،۵،۶).

واحد هـای تصفیه بر پایه لایـه زیسـتی (بیوفیلمی) معمولا کوچک تـر و متراکم تر از واحـد های لجن فعال بوده و میزان کارایی آنها وابسـتگی کمتری به جدا شـدن لجن از سیسـتم دارد(۷). محققین روش های مختلفی را در تصفیه فاضلاب های صنعتی بررسـی نموده اند و موفق به ابداع روش های مختلفی در این زمینه شـده اند. در سـال ۱۹۸۷ فرایند بسـتر متحرک کالدنس که به راکتورهای زیستی با بستر متحرک موسوم است، توسـط یک شـرکت نروژی به نام کالدنس بـا همکاری مرکز تحقیقات سینتف توسعه یافت و در مرکز اختراعات اروپا به ثبت رسید(۸،۹). راکتورهای زیستی با بستر متحرک سیستم هایی با کارایی بسیار بالا و موثر در حذف ترکیبات آلی هستند(۸). کم حجم بودن، اسـتفاده از تمام فضای راکتور برای تصفیه، رشـد مناسـب توده زیسـتی، عدم امکان گرفتگی سیستم و عدم نیاز به برگشت لجن از مزایای این سیستم به شمار می رود(۸،۱۰). در سـال های گذشته اسـتفاده از سیستم تصفیه زیستی با بستر متحرک در تصفیه فاضلاب های شهری برای حذف مواد مغذی در صنایـع مختلف مانند تولید خمیـر کاغذ و مقوا، تولید مواد لبنی (پنیرسـازی)، کشتارگاه ها و صنایع شیمیایی موفقیت آمیز بوده اسـت(۷،۱۱،۱۲). امروزه از این روش جهت تصفیه انواع فاضلاب ها اسـتفاده می گردد و محققین به دنبال راه کارهایی برای افزایش کارایی این سیستم هستند.

تغییر شرایط محیطی می تواند بر روی کارایی این سیستم ها به شـدت موثر باشد. فرایند بهینه سـازی این سیستم ها می تواند منجـر به افزایـش راندمان تجزیـه بیولوژیکی گـردد. زیرا به راحتـی می توان بـا تغییرات اندک در شـرایط محیطی درصد حـذف ترکیبات آلاینده را افزایـش داد. روش های گوناگونی جهت بهینه سـازی این سیسـتم ها موجود اسـت. از این میان بـه کار بردن روش هـای طراحی آزمایش ها مـی تواند منجر به نتایج دقیق تری گردد. آزمایش طراحی شـده آزمونی است کـه در آن تغییـرات هدف داری در متغیرهـای ورودی فرایند اعمال می گـردد و معمولاً برای شناسـایی عوامل مهم و موثر بر روی یک فرایند و بهینه سـازی مدل تجربی فرایند اسـتفاده می شـود. یک آزمایش طراحی شـده اندازه گیری اثرات تمام پارامتر های موثر و اثرات متقابل آن ها را امکان پذیر می سازد. بعد از تعریف مسـیله، پارامترهایی که باید مورد آزمایش قرار گیرند، تعیین شـده و محدوده تغییرات آن‌ها مشخص می‌شود. همچنین تعداد سـطوح هـر پارامتر باید تعیین شـود. با طرح آماری آزمایش‌ها، داده‌های مناسـب جمع‌آوری می‌شـوند و از تحلیل این داده‌ها نتیجه صحیح به دسـت می‌آید(۱۳). از سال ۱۹۸۰ روش تاگوچی، در صنایع الکترونیک و مکانیک و اخیراً نیز در مطالعات زیسـتی کاربردهای فراوانی یافته اسـت و به عنـوان یک روش کنتـرل کیفیت به منظور بهینه‌سـازی فرایند آزمایش‌های مهندسـی، به کار گرفته شـده است(۱۳). قوانین ارایه شـده در این روش باعث ساده‌ترشدن طراحی آزمایش‌ها شـده و به آنها شکلی استاندارد بخشیده است. ابزار کلیدی این روش بـرای طراحی آزمایش‌ها، طراحـی با روش های آماری اسـت. در روش تاگوچی آزمایش ها برای دستیابی به اهداف، تعیین شـرایط عملیاتی بهینه، بررسـی میـزان تاثیر هر یک از عوامل بر روی پاسخ و تخمین پاسخ تحت شرایط بهینه تجزیه و تحلیل می شـوند. ابزار مورد استفاده تاگوچی جهت تحلیل

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-04-06]

نتایج حاصل از آزمایش ها، روش تحلیل نسبت سیگنال به نویز می باشد که عبارتند از نسبت عوامل ثابت عملیاتی به عوامل اغتشاش که غیر قابل کنترل هستند. روش تاگوچی از ابزار قدرتمند دیگری به نام تحلیل واریانس آنوا (ANOVA) نیز برای تحلیل نتایج استفاده می کند. تحلیل واریانس بعد از انجام تحلیل نسبت سیگنال به نویز به منظور برآورد واریانس خطا و اهمیت نسبی هر یک از عوامل انجام می شود. نتایج تحلیل واریانس معمولاً به صورت جدولی شامل درجه آزادی هر عامل و خطای ناشی از آن، مجموع مربعات، واریانس، پارامتر معنی داری برای هر عامل، و درصد تاثیر عوامل در پاسخ ارایه می شود. مراحل انجام روش تاگوچی شامل انتخاب یک طرح مناسب برای انجام آزمایش ها با توجه به تعداد عوامل و سطوح آنها، انجام آزمایش ها با توجه به طراحی آزمایش های صورت گرفته در مرحله اول و در مرحله دوم تجزیه و تحلیل نتایج است(۱۳،۱۴).

پژوهشگران مختلفی نیز بر روی تجزیه زیستی اتیلن گلیکول کار کرده اند. به عنوان مثال مطالعه ای بر روی تجزیه زیستی مونو اتیلن گلیکول در یک راکتور بیوفیلمی بستر متحرک با بار بالا توسط مهربانی و همکارانش انجام شد. در این پژوهش راندمان حذف COD برابر با ۹۸ درصد در بار آلی ۴/۱۳ کیلوگرم COD بر متر مکعب در روز به دست آمد(۱۵). kowiak Grzes و همکارانش در مطالعه خود میزان حذف مونو اتیلن گلیکول و پروپیلن گلیکول در محیط های آبی را مورد بررسی قرار دادند و موفق به حذف مقادیر بسیار زیادی از این ترکیبات در طی آزمایش های خود شدند(۲). Evans و همکارش مطالعه ای را بر روی تجزیه زیستی مونو، دی و تری اتیلن گلیکول در آب رودخانه و در شرایط کنترل شده آزمایشگاهی انجام دادند. آنها توانستند در مدت ۳ روز و با دمای ۲۰ درجه سانتیگراد کل مونواتیلن گلیکول ورودی را در شرایط آزمایشگاهی حذف نمایند ولی با توجه به دمای معمول رودخانه که در حدود ۸ درجه سانتیگراد بود تجزیه کامل مونو اتیلن گلیکول در مدتی کمتر از ۸ روز امکان پذیر نشد(۱۶). عملکرد راکتور زیستی با بستر متحرک در تصفیه زیستی فاضلاب های گوناگون توسط بسیاری از محققین مورد ارزیابی قرار گرفته است که به مواردی از آنها می پردازیم. دلنواز و همکارانش میزان تصفیه پذیری فاضلاب مصنوعی حاوی آنلین را در ۴ زمان ماند و COD مختلف مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه بالاترین راندمان حذف برابر با ۹۱ درصد، در COD برابر با ۲۰۰۰ میلی گرم بر لیتر، زمان ماند هیدرولیکی ۷۲ ساعت و میزان پر شدگی ۵۰ درصد به دست آمد(۱۷). در تحقیقی عملکرد سیستم MBBR جهت تصفیه فاضلاب ورودی پرکند آباد که مخلوطی از دو فاضلاب شهری و صنعتی است توسط محمد یاری و همکارش مورد ارزیابی قرار گرفت. آنها دریافتند که این سیستم در زمان ماندهای بالاتر از ۱۲ ساعت قابلیت کاهش میزان COD در حد استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست را دارا بوده و قابلیت شوک پذیری بالایی را در این سیستم مشاهده کردند(۱۸).

هدف از انجام این پژوهش تعیین شرایط بهینه برای افزایش بازده حذف مونو اتیلن گلیکول در یک راکتور بیوفیلمی با بستر متحرک با استفاده از روش تاگوچی است. برای نیل به این هدف ابتدا میکروارگانیسم های موجود در راکتور مورد نظر برای حذف منواتیلن گلیکول سازگار شده و سپس فرایند بهینه سازی به روش تاگوچی صورت پذیرفت.

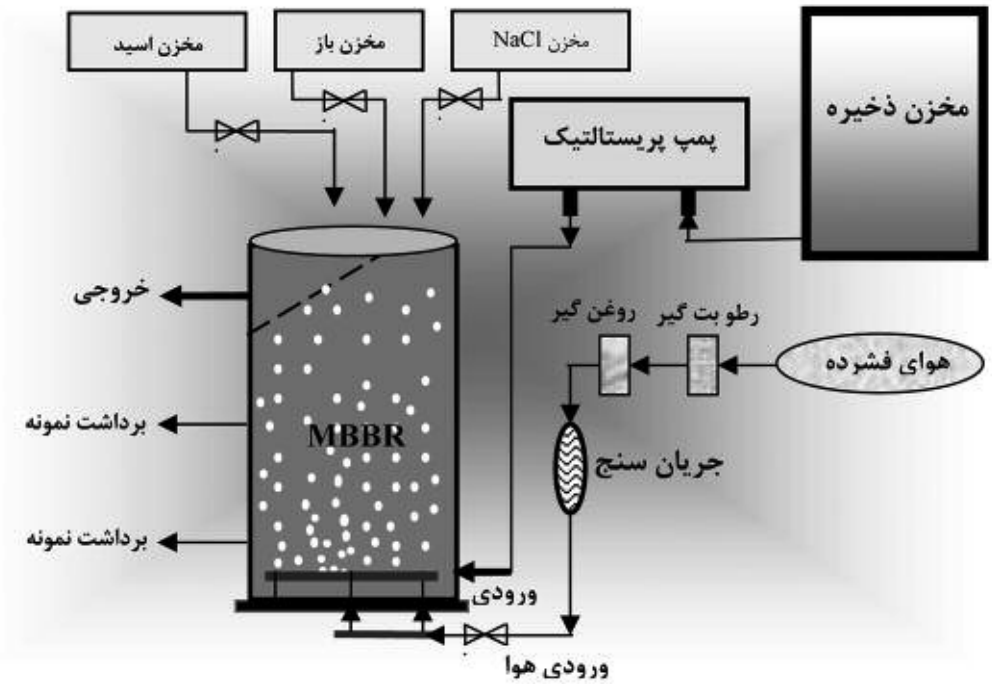
مواد و روش ها

راکتور بیوفیلمی با بستر متحرک (MBBR)

در این مطالعه از دو راکتور زیستی با بستر متحرک هر کدام به حجم ۶/۲۵ لیتر در مقیاس آزمایشگاهی استفاده شد. راکتورها از جنس پلی اتیلن ـ پلگسی گلاس به شکل استوانه با قطر داخلی ۱۳/۵، ارتفاع ۶۰ و ضخامت ۲/۵سانتیمتر ساخته شد. همچنین بستری از جنس پلی استیرن با فشردگی بالا به شکل لانه زنبور با نام تجاری لانه زنبوری ـ ۲۰۰۰ که دارای سطح ویژه ای برابر با ۶۵۰ متر مربع بر متر مکعب بود استفاده شد. میزان پرشدگی راکتور از مواد بستر در این مطالعه ۵۰ درصد در نظرگرفته شد. هوای مورد نیاز جهت تامین اکسیژن محلول و چرخش مواد بستر درتمام حجم راکتور به کمک یک کمپرسور

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-04-06]

هوا و از طریق سه هواپخشان که در قسمت کف قرار گرفته بود وارد راکتـور می گردید. برای جلوگیری از خروج مواد بستر از یک صفحه مشبک (اندازه روزنه ۱×۰/۴ cm) نصب شده در خروجی راکتور استفاده شد. حجم هوای دمیده شده توسط یک جریان سنج اندازه گیری شده و با کمک یک شیر تنظیم دبی هوا برای تامین میزان مورد نیاز اکسیژن محلول کنترل می شد. فاضلاب مصنوعی نیز از مخزن ذخیره توسط پمپ پریستالتیک وارد راکتور می شد. با توجه به مشکلات کنترل دما در کاربردهای این سیستم در مقیاس صنعتی و نزدیکتر بودن شرایط کاری راکتور به شرایط واقعی، راکتور در دمای معمول اتاق (۲۰- ۲۵ سانتیگراد) به صورت پیوسته مورد بهره برداری و مطالعه قرار گرفت. نمایی از این سیستم در شکل ۱ به نمایش درآمده است.



شکل ۱: سیستم راکتور زیستی با بستر متحرک (MBBR) مورد استفاده در مطالعه

فاضلاب مصنوعی

برای تهیه فاضلاب در این مطالعه، یک محیط معدنی محلول در آب همراه با گلوکز در مرحله راه اندازی و مونواتیلن گلیکول ساخت شرکت مرک آلمان هر دو با درصد خلوص ۹۹/۹ درصد به عنوان تنها منبع کربن مورد استفاده میکروارگانیسم ها در مرحله بارگذاری، همراه با مواد مغذی اصلی با نسبت C/N/P برابر با ۵/۱/ ۱۰۰ طبق جدول۱ استفاده شد که این مقادیر برای ساخت فاضلاب با میزان COD برابر با ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر می باشد.

جدول ۱: میزان ترکیبات مورد استفاده برای فاضلاب مصنوعی

ترکیب	(mg/L)
$MgSO_4$	۰/۰۳۲
KH_2PO_4	۸/۶
$CaCl_2.2H_2O$	۱۳/۶۶
$FeSO_4$	۰/۱۳۹
NH_4Cl	۳۷/۱۴
COD	۵۰۰

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-04-06]

راه اندازی و بارگذاری راکتور MBBR

در ابتـدا راکتورهـا با اسـتفاده از لجن فعـال تصفیه خانه فاضلاب شـهری چنیبه اهواز بصورت بسته راه اندازی شدند. در ایـن مدت راکتورها با فاضـلاب مصنوعی حاوی گلوکز و مـواد مغذی اصلی تغذیه شـد. میزان هـوای ورودی علاوه بر تامیـن میزان اکسـیژن محلـول بین ۴ تا ۵ میلی گـرم در لیتر، چرخـش بسـترها در راکتـور را ایجاد می کـرد. در هفته اول راه اندازی سیستم مقدار COD فاضلاب ورودی ۵۰۰ میلی گرم در لیتر در نظر گرفته شـد. جهت سازگاری میکروارگانیسم ها روزانه از میزان گلوکز کاسـته شـد و به جای آن از مونو اتیلن گلیکول به عنوان تنها منبع کربن در فاضلاب اسـتفاده شد. در ایـن مدت میزان pH برابر ۷/۲ ثابت نگاه داشـته شـد. پس از گذشـت ۳۰ روز تمام COD وارد شـده به سیسـتم ناشی از مونـو اتیلن گلیکول به عنوان تنها منبع کربن مورد اسـتفاده میکروارگانیسـم ها بوده و سیستم به صورت پیوسته مورد بهره برداری قرار گرفت. پس از این مرحله، بارگذاری آلی در سـه غلظت ۱۰۰۰، ۲۰۰۰و ۳۰۰۰ (mg/L) انجام شـد. فاضلاب با دبی برابر با۵۵ /۰ لیتر در سـاعت به وسـیله پمپ پریستالتیک وارد راکتور شـد و زمان ماند هیدرولیکی برابر با ۹ سـاعت بوده و در تمام بارگذاری ها ثابت نگه داشته شد. در این مدت همواره میزان اکسـیژن محلول در سیستم بالاتر از ۲ میلی گرم بر لیتر تنظیم گردیده و با افزایش میزان بار آلی، میزان اکسـیژن محلول نیز افزایش یافت.

آزمایش های طراحی شده با استفاده از روش تاگوچی

برای تعیین شـرایط بهینه رشـد میکروارگانیسـم ها در ۹ مرحله، ۴ عامل در سه سطح مختلف مورد بررسی قرار گرفت که جدول ۲ مقادیر هر یک را با نمادگذاری در سه سطح ۱، ۲ و ۳ نشان می دهد. سطوح مورد نظر با توجه به محدوده عملیاتی متداول که در منابع مختلف ذکر گردیده، انتخاب شـد(۹،۱۳). به منظور حذف محدودیت ناشـی از تغییرات اکسیژن محلول در تصفیه زیسـتی مواد در طول مطالعه میزان اکسـیژن محلول به صـورت مداوم اندازه گیری و همواره میزان کافی و ثابت به راکتـور وارد می شـد با این کار محدودیت و کمبود اکسـیژن محلول بوجود نیامد.

در هـر بارگـذاری منبع کربـن (مونو اتیلن گلیکـول) ثابت و میـزان COD ، درصد شـوری، مقـدار pH، همچنین منبع نیتروژن بر طبق جدول شـماره ۲ (جدول طراحی آزمایش ها) تغییر یافت که سـه عامل میزان COD ، درصد شوری و مقدار pH عوامل کمی و نوع منبع نیتروژن عامل کیفی انتخاب شـده در ایـن مطالعه بود. میزان منابـع مختلف نیتروژن به کار گرفته شـده در این مطالعه دقیقاً برای رسـیدن به نسـبت C/N برابر ۱۰۰/۵ محاسـبه گردیـد(۱۱). افزایش میـزان COD ورودی، منبـع نیتروژن، درصد شـوری، مقـدار pH پس از رسـیدن سیسـتم به شرایط پایدار در هر بارگذاری تعویض و جایگزین یکدیگر می شـد. در این مدت مقـدار pH مورد نیاز راکتورها در هر مرحله توسـط دو مخزن اسید و باز حاوی محلول اسید سـولفوریک رقیق و هیدروکسید سدیم و شوری در راکتور نیز توسـط مخزن حاوی محلول کلرور سدیم تامین و تنظیم شد و هر دو راکتور با شرایط یکسان مورد بهره برداری قرار گرفت. در نهایت میانگین نتایج آزمایش ها در شرایط پایداری با کمک نرم افزار Qualitek-4 (w32b) به منظور طراحی آزمایش ها با روش تاگوچی بررسی شدند. نرم افزار Qualitek-4 (w32b) نوعی نرم افزار آماری اسـت که نسخه اولیه آن در سال ۱۹۸۷ توسط شرکت Nutek, Inc. طراحی و روانه بازار شد. نرم افزار مذکور تحت ویندوز و نسـخه ۴/۷۵ بوده (محصول ۱۹۹۱) و تنها قادر به طراحی و آنالیز آزمایش های بهینه سازی به روش تاگوچی می باشد.

جدول ۲: عوامل مورد بررسی در بهینه سازی و سطوح مختلف آنها

عامل	سطوح		
	پایین (۱)	متوسط (۲)	بالا (۳)
pH	۶	۷	۸
نوع منبع نیتروژن	$NaNO_3$	$CO(NH_2)_2$	NH_4Cl
COD ورودی (mg/L)	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۳۰۰۰
درصد شوری	٪۳	٪۵	٪۷

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-04-06]

آزمایش های طراحی شده به صورت یک جدول با ۹ آزمایش (L_9) در جـدول ۳ ارایه شـده اسـت. در روش تاگوچی برای تحلیـل آماری و دقیق تر نتایج، از یک تابع پاسـخ تبدیل یافته که به صورت نسـبت علامـت هر اثر (S) به اثرات ناشـی از خطا (N) تعریف می گردد، استفاده می شود. مزیت استفاده از این پاسـخ جدید در تحلیل آماری، نسبت به شکل اولیه پاسخ، مقایسـه بزرگی اثرات ناشـی از هر عامل اصلی با اثرات ناشی از عوامل خطا و اغتشـاش در اندازه گیری است، که در نتیجه منجر به برداشـت دقیق تری از تاثیر واقعی عوامل بر سیسـتم خواهد شـد(۱۴). نحوه محاسـبه نسبت S/N بسـته به این که هدف چه نوع بهینه سـازی باشد، متفاوت خواهد بود. از آنجا که در این مطالعه پاسخ درنظر گرفته شده درصد حذف COD (متناظر با درصد حذف مونو اتیلن گلیکول) می باشـد، نسبت S/N به صورت معادله ۱ محاسبه می گردد.

$$\frac{S}{N} = -10 \quad \log\frac{(1/y_1^{\,2} + 1/y_2^{\,2} + \cdots + 1/y_n^{\,2})}{n}$$

در ایـن معادلـه y_n مقـدار پاسـخ انـدازه گیری شـده برای هر آزمایـش در هر آزمـون، و n تعداد تکـرار آزمایش ها (در اینجا برابر با ۲) می باشد. لازم به ذکر است که اگر n برابر با ۱ در نظر گرفته شـود دیگر نمی توان از روش سـیگنال به نویز که روش بسـیار دقیق و مطمین تری است استفاده نمود و تنها از روش متوسـط داده ها می توان اسـتفاده کرد. به همین دلیل در ایـن مطالعه تعداد تکرر آزمایش ها برابر با ۲ در نظر گرفته شـد. مقادیر S/N محاسبه شده برای هر آزمایش، در جدول ۳ نشان داده شده است. هدف جدید در مسیله، بیشینه سازی این پاسخ می باشد.

روش های آزمایشگاهی

در ایـن مطالعه میزان COD بصورت روزانه با اسـتفاده از روش تقطیر برگشتی، اکسیژن محلول از روش وینکلر، قلیاییت با روش تیتراسـیون(۱۹)، نـرخ مصرف اکسـیژن (OUR) با DO متر HANNA مدل ۹۱۴۲ HI، میزان شـوری با دستگاه شوری سـنج Atago مـدل S/Mill-E بـا محـدوده قابـل تنظیم ۰-۱۰۰ درصد، دما و میزان pH بوسـیله پراب دسـتگاه HORIBA مـدل F-۱۱ و در نهایـت تحلیل نتایج توسـط نرم افزار Qualitek-4 (w32b) انجام شد.

جدول ۳: ریز آزمایش های طراحی شده به روش تاگوچی با جزییات آن

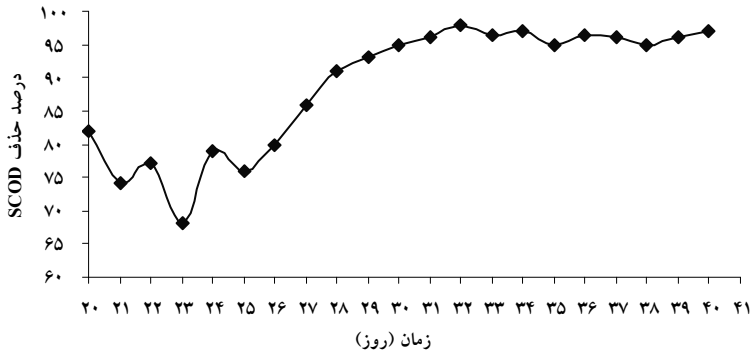
شماره آزمایش	COD ورودی (mg/L)	درصد شوری	نوع منبع نیتروژن	pH
۱	۱۰۰۰	٪۵	$NaNO_3$	۶
۲	۲۰۰۰	٪۷	$CO(NH_2)_2$	۶
۳	۳۰۰۰	٪۳	NH_4Cl	۶
۴	۲۰۰۰	٪۳	$NaNO_3$	۷
۵	۳۰۰۰	٪۵	$CO(NH_2)_2$	۷
۶	۱۰۰۰	٪۷	NH_4Cl	۷
۷	۳۰۰۰	٪۷	$NaNO_3$	۸
۸	۱۰۰۰	٪۳	$CO(NH_2)_2$	۸
۹	۲۰۰۰	٪۵	NH_4Cl	۸

یافته ها و بحث

راه اندازی راکتور و سازگارسازی میکروارگانیسم ها

با توجه به مقادیر COD در نظر گرفته شـده برای سطوح تعیین شده در طراحی آزمایش ها و نزدیک شدن به اولین سطح (COD ورودی برابر با ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر) در پایان مرحله راه اندازی و سازگارسـازی، میزان COD ورودی به سیسـتم ۹۰۰ میلـی گرم در لیتـر و تنها منبع کربن میکروارگانیسـم ها مونواتیلـن گلیکول بود. آزمایش تعیین میزان اکسـیژن خواهی شیمیایی مایع خروجی از راکتور، نشانگر حذف COD محلول ورودی تا حدود ۹۷ درصد بود. در شـکل ۲ روند بازده حذف COD ورودی نسـبت به زمان ارایه شـده اسـت. با توجه به شکل ۲ از روز بیستم تنها منبع کربن موجود مونواتیلن گلیکول بوده و روند پایداری از آن روز به بعد مشخص شده است.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-04-06]



شکل ۲: درصد حذف COD محلول نسبت به زمان در مرحله سازگارسازی

طراحی آزمایش ها

پس از سازگارسازی میکروارگانیسم ها، برای بررسی تاثیر عوامل و تعیین شرایط رشد بهینه میکروارگانیسم ها آزمایش های دیگری انجام شد. آزمایش های طراحی شده به صورت یک جدول با ۹ آزمایش(L_9) در جدول شماره ۳ ارایه شده است. با توجه به استفاده از روش S/N تاگوچی در این مطالعه نتایج حاصل از اندازه گیری درصد حذف COD خروجی، با دو بار اندازه گیری گزارش گردید و نتایج بهتر و بررسی دقیق تری از نتایج به دست آمد. برای کاهش زمان انجام این مطالعه و به دست آوردن حداقل ۲ نتیجه از آزمایش COD از ۲ راکتور با کار در شرایط یکسان استفاده شد که نتایج آن در جدول ۴ ارایه شده است.

جدول ۴: جدول آزمایش های طراحی شده به روش تاگوچی و نتایج حاصل از آن

شماره آزمایش	عوامل مورد بررسی در بهینه سازی راکتور MBBR				درصد حذف مونو اتیلن گلیکول		S/N
	میزان شوری	غلظت منبع کربن	نوع منبع نیتروژن	pH	راکتور ۱	راکتور ۲	
۱	۲	۱	۱	۱	۷۲	۷۰	۳۷/۰۲۲
۲	۳	۲	۲	۱	۵۷/۶	۵۵/۹	۳۵/۰۷۶
۳	۱	۳	۳	۱	۶۸/۸	۶۹/۳	۳۶/۷۷۶
۴	۱	۲	۱	۲	۵۲/۸	۵۱/۶	۳۴/۳۵۱
۵	۲	۳	۲	۲	۳۰/۴	۳۲/۹	۲۹/۹۸۷
۶	۳	۱	۳	۲	۹۱/۲	۹۱	۳۹/۱۹
۷	۳	۳	۱	۳	۸۶/۱	۸۴/۳	۳۸/۶۰۷
۸	۱	۱	۲	۳	۹۷	۹۵/۶	۳۹/۶۷۱
۹	۲	۲	۳	۳	۶۷/۲	۶۶	۳۶/۴۵۵

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-04-06]

تاثیر عوامل بر سیستم

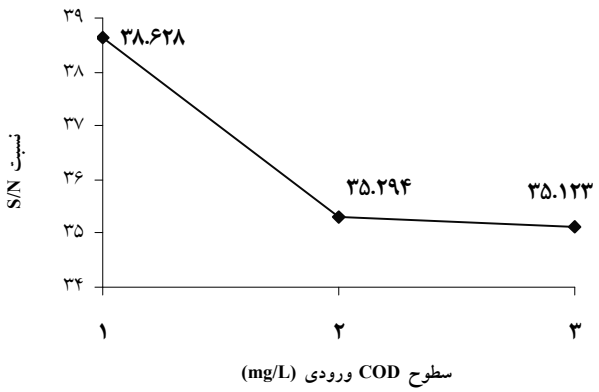
پاسخ هر آزمایش با استفاده از معادله ۱ به نرخ S/N تبدیل شده است. میزان و نحوه تاثیر عوامل مختلف بر پاسخ تبدیل یافته سیستم (به صورت نسبت S/N) برای هر یک از عوامل تحلیل شده و نسبت S/N به دست آمده در هر سطح در جدول ۵ ارایه شده است. افزایش نرخ S/N نشان دهنده بهتر شدن شرایط است. در جدول ۵ بیشترین مقدار S/N شرایط بهینه را در بین سطوح مختلف هر عامل نشان می دهد.

جدول ۵: نرخ های S/N اصلی برای هر سطح از پارامترها

عوامل در نظر گرفته شده	نرخ S/N اصلی		
	سطح۱	سطح ۲	سطح ۳
pH	۳۶/۲۹۱	۳۴/۵۰۹	۳۸/۲۴۴
نوع منبع نیتروژن	۳۶/۶۶	۳۴/۹۱۱	۳۷/۴۷۴
COD ورودی (mg/L)	۳۸/۶۲۸	۳۵/۲۹۴	۳۵/۱۲۳
درصد شوری فاضلاب ورودی	۳۴/۴۸۸	۳۷/۶۲۴	۳۶/۹۳۳

تاثیر COD ورودی (غلظت منبع کربن)

در این مطالعه، در سه بارگذاری با COD های برابر با ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ میلی گرم بر لیتر ناشی از مونواتیلن گلیکول برای یافتن بهترین COD ورودی به راکتور انجام شد. همان طور که در شکل ۳ مشاهده می گردد، با افزایش میزان COD ورودی به راکتور، نسبت S/N که شاخصی از پاسخ سیستم به تغییرات غلظت مونو اتیلن گلیکول است، کاهش می یابد. طبق تحلیل های صورت گرفته در COD برابر با ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر بیشترین میزان پاسخ مشاهده شده است. این میزان به عنوان مقدار بهینه گزارش می گردد. با افزایش میزان مونو اتیلن گلیکول (منبع کربن) در محیط و در نتیجه افزایش بار آلی از توان میکروارگانیسم ها در مصرف این ماده به عنوان ماده غذایی و تنها منبع کربن برای سوخت وساز سلولی کاسته می شود. پس افزایش بیش از حد این ترکیب نیز می تواند یک عامل محدود کننده رشد باشد و منجر به ایجاد سمیت شده و نهایتاً منجر به کاهش رشد میکروارگانیسم ها گردد. در این مطالعه با توجه به رشد مناسب میکروارگانیسم‌ها در غلظت پایین مونو اتیلن گلیکول میزان COD برابر با ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر به عنوان بهترین مقدار معرفی شد. Jianlong و همکارانش(۲۰)، نیز در پژوهشی در زمینه تصفیه فاضلاب در راکتور زیستی دو رگه (HBR)، دریافتند که با افزایش میزان ورودی COD، میزان COD خروجی نیز افزایش خواهد یافت.



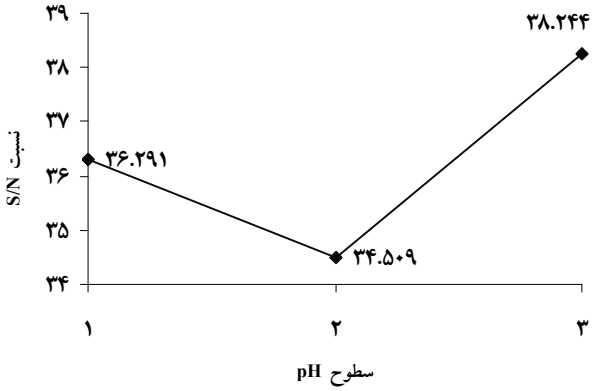
شکل ۳: تاثیر COD ورودی (غلظت منبع کربن) به راکتور بر درصد حذف مونواتیلن گلیکول

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-04-06]

تاثیر pH محیط

pH مناسب میکروارگانیسم ها در بیشتر مطالعات در محدوده خنثی می باشد(۱۱). شکل ۴ نسبت S/N را به عنوان شاخصی از پاسخ سیستم به تغییرات مقدار pH و تاثیر آن بر درصد حذف مونو اتیلن گلیکول را نشان می دهد. در واقع pH محیط یکی از عوامل موثر بر سوخت و ساز سلول ها و کارکرد آنزیم های آنها می باشد. با توجه به شکل ۴ مشخص است که افزایش pH در محدوده سطح دوم به سوم منجر به افزایش کارایی سیستم با همان میزان پاسخ در روش تاگوچی می گردد. در این نمودار با افزایش pH از ۶ به ۷ میزان پاسخ کاهش یافته و با افزایش مجدد pH به محدوده ۸ مقدار پاسخ افزایش می یابد. این تاثیر وقتی که pH از ۷ به ۸ تغییر می کند بیشتر مشهود است.

بنابراین می توان ادعا نمود که pH بهینه برای این سیستم در محدوده تعیین شده و برابر با ۸ می باشد. با توجه به نزدیک بودن شرایط بهینه به دست آمده در این مطالعه به محدوده ۷/۵ می توان به صحت این ادعا پی برد pH مناسب در بیشتر مطالعات قبلی نیز برای میکروارگانیسم های مختلف در همین محدوده به دست آمده است(۲۱). در مطالعه ای که Rusten و همکارانش بر سیستم های راکتور زیستی با بستر متحرک انجام دادند نیز به نتیجه مشابه دست یافتند(۸).



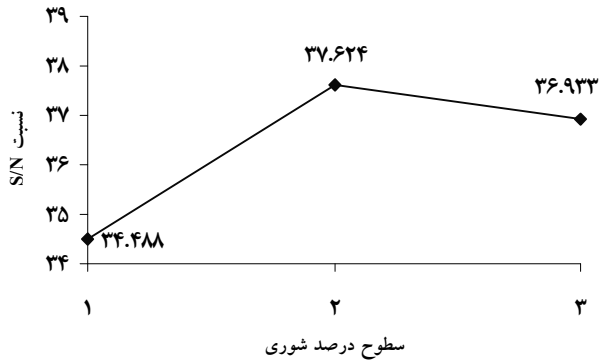
شکل ۴: تاثیر pH فاضلاب بر درصد حذف مونواتیلن گلیکول

تاثیر شوری فاضلاب ورودی به راکتور

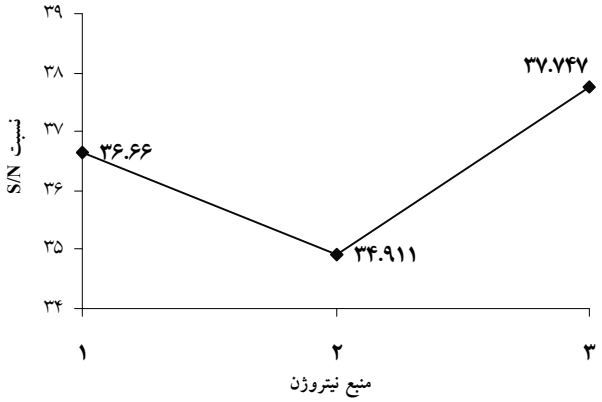
ورود و خروج بخشی از ترکیبات مورد نیاز سلول (مانند یون های کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم) توسط پدیده انتشار در غشاء سلولی صورت می پذیرد. بخشی از ترکیبات فوق برای رشد سلول ها بسیار ضروری می باشند. افزایش و یا کاهش غلظت این یون ها در محیط می تواند خود منجر به تغییر میزان هدایت الکتریکی آب (تغییر غلظت شوری) گردد، که این امر نیز تاثیر مستقیمی بر روی توانایی جذب این ترکیبات توسط سلول ها دارد. از سوی دیگر افزایش بیش از حد شوری نیز می تواند منجر به خروج آب از غشاء سلولی به سبب پدیده اسمز گردیده و رشد سلول را مختل سازد. در شکل ۵ تاثیر شوری فاضلاب بر درصد حذف مونو اتیلن گلیکول نشان داده شده است. همان طور که ملاحظه می شود بیشترین نسبت S/N در سطح دوم و میزان شوری ۵٪ اتفاق افتاده است.

معمولاً پساب صنایع نفت و گاز مانند صنایع پتروشیمی و یا فاضلاب تولیدی در فرودگاه ها که بعضاً حاوی ترکیبات با پایه اتیلن گلیکول با غلظت های بالا ناشی از ضد یخ مصرفی در موتور هواپیماها می باشند، شوری بالایی نیز دارند(۲۱،۲۲). بنابراین میکروارگانیسم های به کار گرفته شده در تصفیه این گونه فاضلاب ها باید برای تحمل شوری بالا مورد بررسی قرار گیرند. شوری بالا منجر به افزایش فشار اسمزی گردیده و بر روی ورود و خروج برخی مواد از سلول تداخل ایجاد می نماید. شکل ارایه شده در شکل ۵ مشخص می سازد که، تفاوت چندانی در کارایی میکروارگانیسم در شوری های ۷٪ و ۵٪ مشاهده نمی شود. بنابر این، این میکروارگانیسم ها قادر به ادامه فعالیت در شوری های بالا نیز می باشند. Li و همکارانش در مطالعات خود موفق به یافتن چند میکروارگانیسم نفت خوار شدند که توانایی زیستن در شوری حداکثر ۶٪ را داشتند. میکروارگانیسم های یافت شده توسط Li در مقایسه با میکروارگانیسم های مورد استفاده در این مطالعه، توان تحمل شوری مشابهی را دارا بودند(۲۲). حتی با توجه به نزدیکی کارایی میکروارگانیسم ها در شوری ۷٪ و ۵٪ می توان گفت که میکروارگانیسم های سازگار شده در این مطالعه توان تحمل شوری بیشتری را نسبت به میکروارگانیسم های یافت شده در مطالعه Li و همکاران دارند.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-04-06]



شکل ۵: تاثیر شوری فاضلاب بر درصد حذف مونواتیلن گلیکول



شکل ۶: تاثیر نوع منبع نیتروژن در فاضلاب بر بازده حذف مونواتیلن گلیکول

تاثیر منبع نیتروژن

تاثیر نوع منبع نیتروژن در فاضلاب بر درصد حذف مونو اتیلن گلیکول در شکل ۶ نشان داده شده است. نیتروژن عنصری ضروری برای رشد و سوخت و ساز میکروارگانیسم ها به حساب می آید و یکی از اساسی ترین عناصر موجود در آنزیم ها می باشد. در این مطالعه از سه ترکیب نیتروژن دار به عنوان منبع نیتروژن استفاده گردید. در بین این سه منبع، بالاترین پاسخ با استفاده از کلرور آمونیوم به دست آمده است. از آنجا که این ماده از لحاظ قیمت نیز نسبت به سایر منابع به کار گرفته شده در این مطالعه ارزان تر است، لذا می تواند به عنوان منبع نیتروژن مناسب در نظر گرفته شود.

یکی از دلایل پاسخ بهتر سیستم در استفاده از کلرور آمونیوم به عنوان منبع نیتروژن، این است که نیتروژن به شکل آمونیاکی بهتر مورد استفاده میکروارگانیسم ها قرار می گیرد(۹). این ترکیب می تواند منجر به رشد سریع تر میکروارگانیسم ها شده و نهایتاً پس از اتمام آن، مونو اتیلن گلیکول باقی مانده در محیط با کمک تعداد بیشتری از سلول ها مورد تجزیه قرار می گیرد. به همین دلیل درصد تجزیه زیستی مونو اتیلن گلیکول در محیط با کمک کلرور آمونیوم به عنوان منبع نیتروژن در مقایسه با کاربرد سایر منابع نیتروژن افزایش می یابد. از سوی دیگر برخی از محققین نیز در مطالعات خود برای یافتن منبع مناسب نیتروژن موفق به تشخیص منابعی همچون کلرور سدیم و یا نیترات سدیم به عنوان منبع مناسب نیتروژن شده اند(۲۲).

تحلیل واریانس نتایج

در این مرحله داده ها توسط جدول(ANOVA) تحلیل آماری گردیدند. هدف از تحلیل آنوا به دست آوردن نسبت واریانس هر فاکتور نسبت به واریانس کل می باشد(۷). جدول ۶ تحلیل واریانس آنوا نتایج را نشان می دهد. از آنجا که هر چهار عامل در این تحقیق، سه سطحی در نظر گرفته شده اند، میزان درجه آزادی برای مقایسه مقادیر پاسخ در سه سطح از هر عامل برابر با دو می باشد و کل درجه آزادی برابر ۸ محاسبه گردید. بنابراین درجه آزادی برای خطا صفر محاسبه شد که این امر بدلیل یکسان بودن مقادیر درجه آزادی می باشد. نهایتاً واریانس خطا توسط محاسبه مجموع مربع خطا و تقسیم آن بر درجه آزادی به دست آمد. نسبت F از واریانس هر فاکتور نسبت به دوره خطا (Vc) محاسبه می گردد. با توجه به اینکه درجه آزادی محاسبه شده برابر با صفر بود و واریانس خطا از تقسیم مجموع مربع بر درجه آزادی به دست آمد، بنابراین اندازه گیری خطا در این آزمایش غیر ممکن است و در نتیجه مقدار Vc در این مطالعه تعریف نشده است، پس محاسبه نسبت F غیر ممکن است(۶،۷). در بین پارامترهای آماری مختلف در جدول ۶، درصد تاثیر هر عامل بر پاسخ، مفهوم روشن تری دارد. این پارامتر به کمک سایر پارامترهای آماری در این جدول محاسبه شده است و درصد تاثیر عوامل مختلف بر تجزیه زیستی مونواتیلن گلیکول در محدوده سطوح در نظر گرفته شده نشان می دهد که همه عوامل کم و بیش

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-04-06]

دارای اهمیت نسبی برای تاثیر بر پاسخ می باشند. همان طور که مشخص است موثرترین عوامل، به ترتیب غلظت COD ورودی، pH، درصد شوری فاضلاب ورودی، و نهایتا نوع منبع نیتروژن می باشد.

جدول ۶: تحلیل واریانس نتایج (ANOVA)

فاکتورها	درجه آزادی(DOF)	مجموع مربعات (S)	واریانس	درصد تاثیر هر فاکتور
pH	۲	۲۰/۹۴۳	۱۰/۴۷۱	٪۲۹/۵۹
نوع منبع نیتروژن	۲	۱۰/۲۸۶	۵/۱۴۳	٪۱۴/۴۹۹
غلظت COD ورودی	۲	۲۳/۴۲۳	۱۱/۷۱۱	٪۳۳/۰۱۶
درصد شوری	۲	۱۶/۲۹۱	۸/۱۴۵	٪۲۲/۹۶۳
Other error	۰	----	----	----
کل	۸	۷۰/۹۴۵	----	٪۱۰۰

شرایط بهینه نسبی

با توجه به شکل های تاثیر عوامل و نتایج جدول ANOVA می توان شرایط بهینه نسبی برای رسیدن به حداکثر رشد میکروارگانیسم ها و در نتیجه بیشترین درصد حذف مونو اتیلن گلیکول را نسبت به دو سطح دیگر هر عامل به دست آورد. جدول ۷ شرایط بهینه نسبی تعیین شده در روش تاگوچی را نشان می دهد. همان طور که ملاحظه می شود تمام عوامل باید در بالاترین سطح خود قرار گیرند تا بهترین پاسخ به دست آید. به بیان دیگر شرایط بهینه عوامل در محدوده سطوح انتخاب شده شامل میزان COD ورودی برابر با ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر، pH برابر با ۸، شوری ۵٪ ، و در نهایت کلرور آمونیوم به عنوان منبع تامین نیتروژن می باشند.

جدول ۷: شرایط بهینه برای دستیابی به حداکثر رشد میکروارگانیسم ها

عامل	بهترین سطح
COD ورودی (mg/L)	۱۰۰۰
pH	۸
شوری ٪	٪۵
منبع نیتروژن	NH_4Cl

نتیجه گیری

با توجه به بررسی های انجام شده در این مطالعه نتایج زیر به دست آمد:

در مرحله راه اندازی زمانی که میزان COD ورودی به سیستم ۹۰۰ میلی گرم در لیتر و تنها منبع کربن میکروارگانیسم ها مونواتیلن گلیکول بود بازده حذف COD تا حدود ۹۷ درصد در سیستم مشاهده شد.

با توجه به آزمایش های طراحی شده با روش تاگوچی در محدوده سطوح انتخاب شده در این تحقیق، هر چهار عامل در تجزیه زیستی مونو اتیلن گلیکول مهم بوده و ترتیب اولویت در تاثیرگذاری آنها به صورت زیر است: میزان COD ورودی، pH، میزان شوری محیط، و نوع منبع نیتروژن.

نتایج بهینه سازی نسبی به روش تاگوچی نشان داد که سطوح مناسب برای هر یک از عوامل به صورت زیر است: بهترین میزان COD ورودی ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر، pH مناسب برابر با ۸، شوری ۵٪، و در نهایت منبع مناسب نیتروژن کلرور آمونیوم می باشد.

بر اساس تحلیل نتایج می توان با استفاده از روش تاگوچی شرایط بهینه و مناسب را برای افزایش کارایی یک راکتور MBBR به دست آورد.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-04-06]

تشکر و قدردانی

از مسـئولین محترم دانشـگاه آزاد اسـلامی واحد علوم و تحقیقات خوزسـتان که امکانات لازم را برای انجام این پروژه فراهم آورده اند، کمال تشکر و قدردانی را داریم.

منابع

1. Mittal, L. Kurup, V.K. Gupta, "Use of waste materials—bottom ash de-oiled Soya, as potential adsorbents for the removal of Amaranth from aqueous solution" Journal of Hazard Mater.2005.; B 117. 171–178.
2. Grzes kowiak A. Z., Grzeskowiak T., Zembrzuska J., Lukaszewski Z., "Comparison of biodegradation of poly(ethylene glycol)s and poly(propylene glycol)s" Chemosphere.2006; 64, 803-809.
3. Berent j., "Current management of ethylene glycol poisoning" Journal of Drugs.2001;61, 7:979-88.
4. Pillard DA. "Comparative toxicity of formulated glycol deicers and pure ethylene and propylene glycol to Ceriodaphnia Dubia and pimephales promelas" Journal of Environ Toxicology Chem. 1995; 14 (2) 311–315.
5. Field D."Acute ethylene glycol poisoning" Criteria Care Med.1985; 13 (10):872-3.
6. Barceloux DG, Krenzelok EP, Olson K, Watson W "American Academy of Clinical Toxicology Clin Toxicol. 1999; 37 (5):537-60.
7. Jahren,S. J., Rintala, J. A., Odegaard, H., "Aerobic moving bed biofilm reactor treating thermomechanical pulping whitewater under thermophilic conditions." Water Res. 2002; 36:1067-1075.
8. Rusten, B., Eikebrokk, B., Ulgenes, Y., Lygren, E. "Design and operation of the Kaldnes moving bed biofilm reactors" Aqua cultural Engineering. 2006; 36, 322-331.
9. Metcalf and Eddy "Waste water engineering treatment and reuse" Fourth edition. Mc Graw Hill.2003.
10. X.y wang, S.Q.Xia,L. Chen, Y.F.Zhao, "Nutrient Removal Farm Municipal Wastewater By Chemical Precipitation in a Moving Bed Biofilm Rector" process biochemistry.2006; 41, 824-828.
11. Rusten, B., Siljadelan J.G, Strand H. "Upgrading of a biological chemical treatment plant for cheese factory wastewater" Water Sci tech.1996; 30; (3): 161-71.
12. Rusten, B., Kolkin O, Odegaard H. "Moving bed biofilm reactors and chemical precipitation for high efficiency treatment of wastewater from small communities" Journal of Water Sci Technol.1997; 35 (6); 71-79.
13. Roy, R.K., A Primer on the Taguchi Method, VNR, New York, 1990.
14. Daneshvar N., Khataee A.R., Rasoulifard M. Pourhassan M., "Biodegradation of dye solution containing Malachite Green: Optimization of effective parameters using Taguchi method" Journal of Hazardous Materials.2007; 143 214–219.
15. Mehrabani Ardekani, M.M., "Investigation of The MBBR Efficiency for mono Ethylene Glycol with high strange treatment" Islamic Azad University Science and Research Branch Ahwaz; 2008. (In Persian)
16. Evans H.W., David E.J., "Biodegradation of mono-Di - and tri ethylene glycols in river waters under controlled laboratory conditions" Journal of Water Research. 1974; Volume 8, Issue 2, Pages 97-100.
17. Delnavaz, M., Ayati, B., Ganjidoust, H., "Treatment Wastewater Containing Aniline Using a Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR)" Journal of Water and Wastewater. 2009 volume 19, No 68, pages 9-18. (In Persian)
18. Mohammadyari, N., Balador, A., "Performance o MBBR in the treatment of Combined Municipal and Industrial Wastewater A case Study: Mashhad Sewage Treatment Plant of Parkandabad" Journal of Water and Wastewater. 2008; volume 19, No 65,

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-04-06]

pages 38-46. (In Persian)
19. APHA, AWWA, WPCF (Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 17Th edition, Washington DC, USA.)1989.
20. Jianlong, W., Hancheng, S., Yi, Q., "Wastewater treatment in a hybrid biological reactor (HBR): effect of organic loading rates" Process Biochemist. 2000; 36: 297-30.
21. Tellez, Gilbert T., N. Nirmalakhandan and Jorge L. Gardea - Torresdey, "performance Evaluation of an Active Sludge System for Removing Petroleum Hydrocarbons from Oilfield Produced water" Advances in Environmental Research. 2002; 6, 455-470.
22. Li, Qingxin, Congbao Kang, changkai Zhang, "Waste water Produced from an Oilfield and Continuous Treatment with and Oil-Degrading Bacterium" Process Biochemistry. 2005; 40, 873-877.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-04-06]

Optimization of Moving Bed Biofilm Reactor Using Taguchi Method

Jaafarzadeh Haghighifard N.[1], *Mehrabani Ardekani M.M.[2], Nabizadeh Nodehi R.[3],Yazdanbakhsh A.R.[4]

[1] Departmant of Environmental Health, School of Health, Ahwaz Jondishapour University of Medical Sciences, Ahwaz, Iran

[2] Environmental Engineer of Industrial Estates Co.

[3] Departmant of Environmental Health, School of Public Health and Research Health Institute, Tehran University of Medical Sciences School of Health, Tehran, Iran

[4] Departmant of Environmental Health, School of Health, Tehran Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Received 5 Mars 2009; Accepted 5 May 2009

ABSTRACT

Backgrounds and Objectives: in recent years, mobile bed biological reactors have been used progressively for municipal and industrial wastewaters treatment. Dissented experiment is a trial that significant changes will accrue for influent variables in the process, and generally used for identification of the effective factors and optimization of the process. The scope of this study was determination of the optimized conditions for the MBBR process by using of Taguchi method.

Materials and Methods: Reactor start up was done by using of the recycled activated sludge from Ahwaz wastewater treatment plant. After that and passing the acclimation period, with hydraulic residence time equal to 9 hours matched for 1000, 2000 and 3000 mg/l based on COD respectively, for optimization determination of the acclimated microbial growth, the variables change (p^H, nitrogen source, chemical oxygen demand and salinity) were determined in 9 steps, and all of the results were analyzed by Qualitek -4 (w32b).

Results: In this study, organic load removal based on COD was 97% and best optimized condition for MBBR were (inf. COD=1000 mg/l, pH= 8, salinity = 5% and the Nitrogen source= NH_4CL)

Conclusion: Based on our finding, we may conclude that Taguchi method is on of the appropriate procedure in determination the optimized condition for increasing removal efficiency of MBBR.

Keywords: biological wastewater treatment, Taguchi, Moving bed biofilm reactors, Experimental design, Qualitek-4 (w32b) software

***Corresponding Author:** *m.m.mehrabani@gmail.com*
***Tel:** +98 9358562018 **Fax:** +98 711 8250884*

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-04-06]