مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی سمنان- جلد ۱۱، شماره ۱ (پیاپی ۳۳)، پائیز ۱۳۸۸

بهینه‌سازی فرایند حذف پروپیلن گلیکول در یک راکتور لجن فعال دارای بستر ثابت به کمک روش تحلیل آزمایشات تاگوچی

سهند جرفی [۱*](M.Sc)، کامیار یغمائیان [۲](Ph.D)، امیررضا طلایی [۳](M.Sc) ، غلامرضا موسوی [۱](Ph.D)، روشنک رضایی کلانتری [۴](Ph.D)، مهدی فرزادکیا [۴](Ph.D)

۱- دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم پزشکی، گروه بهداشت محیط و حرفه‌ای

۲- دانشگاه علوم پزشکی سمنان، دانشکده بهداشت، گروه بهداشت محیط

۳- موسسه آموزش عالی جامی، گروه مهندسی عمران و محیط زیست

۴- دانشگاه علوم پزشکی ایران، دانشکده بهداشت، گروه مهندسی بهداشت محیط

چکیده

سابقه و هدف: روش تاگوچی یک روش تحلیل آزمایش‌ها است که بر مبنای آن می‌توان با تعداد معینی آزمایش میزان تاثیر عوامل و سطوح بهینه مطالعات تجربی و آزمایشگاهی را پیش‌بینی کرد. پروپیلن گلیگول یک ترکیب شیمیایی آلی است که کاربرد گسترده‌ای در صنایع مختلف داشته و انتشار آن به محیط زیست اثرات بهداشتی و زیست محیطی مضری در پی دارد. هدف از این مطالعه بهینه‌سازی فرایند حذف پروپیلن گلیکول در یک راکتور لجن فعال دارای بستر ثابت به کمک روش تحلیل آزمایشات تاگوچی بود.

مواد و روش‌ها: پس از سازگاری میکروارگانیسم‌های منتقله از یک تصفیه‌خانه فاضلاب شهری با غلظت‌های مختلف پروپیلن گلیکول در یک راکتور لجن فعال دارای بستر ثابت، شرایط بهینه راهبری راکتور به لحاظ ۴ پارامتر زمان‌ماند هیدرولیکی، COD ورودی، نوع منبع نیتروژن و حجم بستر ثابت در سه سطح به کمک روش تاگوچی تعیین شد.

یافته‌ها: بازده حذف COD فاضلاب ساختگی دارای ازت و فسفر بر حسب نسبت C:N:P برابر ۱۰۰:۵:۱ در راکتور لجن فعال دارای بستر ثابت با زمان‌ماند هیدرولیکی ثابت ۱۴ ساعت در مرحله سازگارسازی در شش غلظت ۵۰۰، ۷۰۰، ۹۰۰، ۱۱۰۰، ۱۳۰۰ و ۱۵۰۰ mg/L به ترتیب ۹۵، ۹۲، ۹۱، ۸۶، ۸۱ و ۷۷ درصد بود. بهینه‌سازی فرایند به وسیله روش تاگوچی نشان داد که عوامل مورد نظر جهت بهینه‌سازی شرایط راهبری راکتور در تجزیه پروپیلن گلیکول شامل زمان‌ماند هیدرولیکی ۶ ساعت، COD ورودی ۱۰۰۰ mg/L، کلرور آمونیوم به عنوان منبع نیتروژن و حجم بستر ثابت ۳۰ درصد با میزان اهمیت به ترتیب ۴۷/۹۶، ۲۹/۹۲۷، ۱۳/۲۵ و ۸/۸۵۷ درصد بوده‌اند.

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که با کمک روش طراحی آزمایشات تاگوچی می‌توان شرایط بهینه راهبری راکتور لجن فعال بستر ثابت را برای حذف پروپیلن گلیکول پیش‌بینی نمود.

واژه‌های کلیدی: پروپیلن گلیکول، لجن فعال دارای بستر ثابت، روش تاگوچی

مقدمه

فرایندهای مبتنی بر فیلم میکروبی یکی از انواع فرایندهای بیولوژیکی تصفیه فاضلاب به شمار می‌روند که در آن‌ها از میکروب‌های رشد یافته بر روی یک بستر، جهت زدایش آلاینده‌های آلی استفاده می‌شود [۲،۱]. از ویژگی‌های این سیستم‌ها می‌توان به غلظت بالای توده میکروبی، امکان

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۶۳۱۰۹۱۵۳ نمابر: ۰۲۱ ۸۲۸۸۳۸۲۵

Email: sahand359@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۲/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۷/۱۳

Archive of SID

www.SID.ir

استفاده از بسترهای ارزان قیمت، امکان تصفیه میزان جریان بیش‌تر یا راندمان بالاتر در میزان جریان مشابه فرایندهای رشد معلق اشاره نمود [۳،۴]. هم‌چنین امکان تصفیه مؤثر فاضلاب‌های دارای غلظت مواد آلی کم، قابلیت حذف و تصفیه مواد آلی دارای سرعت تجزیه کم، پایداری در برابر شوک‌های آلی و هیدرولیکی وارده به سیستم، فضا و انرژی مصرفی کم‌تر، امکان رشد میکروارگانیسم‌های دارای بازده رشد پایین و تولید پسابی با کیفیت بهتر همگی از خصوصیات این سیستم‌ها می‌باشند که کاربرد آن‌ها را روز افزون‌تر نموده است [۵،۶]. سیستم‌های تلفیقی تصفیه فاضلاب برای حذف بسیاری از آلاینده‌های پساب‌های صنعتی در مقیاس آزمایشگاهی، پایلوت و کامل مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. بجای و همکاران (۲۰۰۸) کارایی یک راکتور هوازی بستر ثابت را برای حذف فنول از فاضلاب مصنوعی بررسی کردند [۴]. در این پژوهش نیز یک راکتور لجن فعال بستر ثابت برای حذف پروپیلن گلیکول از فاضلاب مصنوعی مورد مطالعه قرار گرفت.

پروپیلن گلیگول یک ترکیب شیمیایی آلی سنتتیک است که کاربرد گسترده‌ای در صنایع بهداشتی و آرایشی، دارویی، مواد غذایی و صنایع شیمیایی دارد. پروپیلن گلیکول در آب و اتانول کاملاً محلول بوده و در موارد نیاز به یک حلال قوی کاربردهای گسترده‌ای دارد. حلالیت بالا در آب، کاربرد به عنوان یک حلال قوی، فراریت کم، نقطه جوش بالا، پروپیلن گلیکول را به یک گزینه مناسب برای تولید محصولات نساجی، شوینده‌ها، ضدیخ‌ها، جلادهنده‌ها و صمغ‌ها تبدیل نموده است. هم‌چنین این ترکیب به دلیل خواص ضد قارچی به عنوان یک نگهدارنده کاربرد دارد [۷]. پروپیلن گلیکول می‌تواند به صورت مستقیم یا به عنوان محصول تجزیه زیستی ترکیبات حاوی زنجیره اکسی پروپیلن وارد محیط شود. پروپیلن گلیکول در محیط‌های آبی یک ترکیب آسان زیست تجزیه‌پذیر نبوده و تنها ۲-۱ درصد آن در غلظت‌های تا غلظت‌های ۱۰۰ mg/L تجزیه می‌شود [۸]. جوانا و همکاران (۲۰۰۳) اعتقاد دارند که تجزیه پروپیلن گلیکول کند بوده و منجر به متابولیت‌های ناشناخته می‌شود که برخلاف پروپیلن گلیکول، سمیت آن‌ها برای انسان و محیط نامشخص است [۹]. بنابراین مطالعات تجزیه زیستی پروپیلن گلیکول در محیط‌های آبی می‌تواند مفید باشد. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که محصولات تبدیل زیستی پروپیلن گلیکول شامل متابولیت‌هایی با یک گروه انتهایی آلدهید یا کتون یا دو گروه انتهایی آلدهید یا کتون است. این ترکیب می‌تواند منجر به آثار بهداشتی نظیر آثار پوستی نظیر اریتما، تحریک‌پذیری پوستی، ادم پوستی و آثار سیستمیک، کوچک شدن کلیه و افزایش و کاهش وزن بدن به خارج از محدوده طبیعی [۱۳-۱۰] و آثار زیست محیطی نظیرآلودگی خاک و آب‌های سطحی و زیرزمینی و بر هم زدن تعادل اکوسیستم‌های طبیعی می‌شود [۱۶-۱۴]. تاکنون مطالعات گوناگونی در زمینه حذف بیولوژیکی پروپیلن گلیگول انجام شده است [۱۷]. در یک پژوهش آگنیزسکا و همکاران (۲۰۰۶) تجزیه بیولوژیکی پروپیلن گلیکول را مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاکی قابلیت تجزیه‌پذیری بسیار بالای پروپیلن گلیکول به وسیله زنجیره‌های مختلف باکتریایی بود [۱۸]. جوانا و همکاران (۲۰۰۳) تجزیه بیولوژیکی پروپیلن گلیکول به عنوان تنها منبع کربن در یک فرایند هوازی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این مطالعه نشان داد که پروپیلن گلیکول به کتون و آلدهید تجزیه می‌شود [۹]. بنابراین پروپیلن گلیکول به عنوان یک ماده دارای حلالیت بالا در محیط‌های آبی و از سویی بسیار پر کاربرد در صنایع مختلف که می‌تواند از طرق پساب آن‌ها وارد محیط شود، موضوع این تحقیق قرار گرفت.

بهینه‌سازی فرایند تجزیه بیولوژیکی ترکیبات آلی در پساب‌های صنعتی بسیار مهم است به گونه‌ای که با تغییرات در شرایط محیطی بتوان درصد حذف ترکیبات آلاینده را افزایش داد. روش‌های گوناگونی برای بهینه‌سازی شرایط رشد میکروارگانیسم‌ها توسط محققان مورد بررسی قرار گرفته است. امروزه طراحی آزمایش‌ها برای به‌دست آوردن شرایط بهینه در مطالعات گوناگون کاربرد زیادی یافته است [۱۹،۲۰]. از بین روش‌های مختلف طراحی آزمایش‌ها روش تاگوچی

www.SID.ir

سال‌هاست که در صنایع الکترونیک و مکانیک و اخیراً نیز در مطالعات تصفیه زیستی کاربردهای فراوانی یافته است. روش تاگوچی توسط جنچی تاگوچی پیشنهاد شد و شامل روش طراحی آزمایش‌ها برای تعیین میزان تأثیر عوامل بر پاسخ و به دست آوردن شرایط بهینه سیستم می‌باشد [۲۱]. این روش یک فرایند کامل طراحی و آنالیز آزمایشات می‌باشد. بهینه‌سازی فرایندهای آزمایشگاهی و مطالعاتی مهندسی با این روش یا روش‌های مشابه با مفهوم بهبود کیفیت عملیات مهندسی بیان شده است. این روش بر کاربرد دانش مهندسی و نه تکنیک‌های آماری پیشرفته تأکید دارد [۲۲]. روش تاگوچی به شکل گسترده‌ای برای بهینه‌سازی متغیرهای واکنشی از طریق مدل‌سازی حداقل آزمایشات مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش به شناسایی اثر عوامل مجزا کمک کرده و از رابطه بین متغیرها و شرایط بهره‌برداری استفاده می‌کند. آنالیز داده‌های تجربی با استفاده از آنالیز واریانس به لحاظ آماری در یافتن سطوح بهینه معنادار است [۲۳]. تاکنون مطالعات متعددی در زمینه بهینه‌سازی فرایندهای تصفیه زیستی به روش تاگوچی انجام شده است. در تحقیقی که ایزن چات و همکاران در سال ۲۰۰۸ بر روی تصفیه فاضلاب داشتند با استفاده از روش تاگوچی توانستند به روش‌ها و راه‌کارهای جدیدی در ارتباط با کنترل کیفی فاضلاب دست یابند [۲۴]. هم‌چنین در تحقیق دیگری که توسط هوانگ و همکاران (۲۰۰۸) صورت گرفت برای الگوسازی و تغییر آن از روش تاگوچی استفاده شد [۲۵]. انگین و همکاران (۲۰۰۸) شرایط بهینه راهبری یک راکتور زیستی بستر ثابت حاوی زئولیت را در حذف رنگ از پساب صنایع نساجی مورد مطالعه قرار دادند [۲۶]. در یک پژوهش دیگر ونکاتا و همکاران (۲۰۰۹) اصلاح زیستی خاک‌های آلوده به کرایزن را مورد مطالعه قرار داده و شرایط بهینه راهبری فرایند به کمک روش تحلیل آزمایشات تاگوچی مورد ارزیابی قرار گرفت [۲۷]. رضائی و بادکوبی (۲۰۰۶) در تحقیقی که بر روی تأثیر مواد هوموسی بر رشد باکتری‌ها در فرآیند اصلاح زیستی هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای آروماتیک انجام دادند، با استفاده از روش تاگوچی توانستند شرایط بهینه را با معیارهای آماری تعیین نمایند [۲۸].

هدف از این مطالعه پیش‌بینی شرایط بهینه راهبری راکتور لجن فعال دارای بستر ثابت در حذف پروپیلن گلیکول از فاضلاب مصنوعی بود.

مواد و روش‌ها

ساختار راکتور زیستی. راکتور مورد استفاده در این مطالعه مداخله‌ای تحلیلی یک راکتور لجن فعال دارای بستر ثابت شامل یک مخزن مکعبی شکل از جنس پلاکسی گلاس و به حجم ۱۲ لیتر بود و که ۹ لیتر آن به قسمت هوادهی اختصاص داشت. حجم حوض‌چه ته‌نشینی ۴ لیتر در نظر گرفته شده بود که از طریق یک دیواره با شیب قائم نسبت به افق از قسمت هوادهی جدا شده بود. قسمت پایینی این دیواره دارای ۰/۵ سانتی‌متر فاصله از کف بوده که به منظور برگشت پیوسته لجن ته‌نشین شده در حوض‌چه ته‌نشینی به وسیله نیروی مکش ناشی از هواده‌های واحد هوادهی مورد استفاده قرار می‌گرفت. هم‌چنین در مراحل مختلف مطالعه ۲۳،۱۵و۳۰ درصد از حجم حوض‌چه هوادهی به وسیله یک مدیا تجاری ویژه به نام لانه زنبوری از جنس پلی‌استایرن با سطح ویژه $۶۵۰\ m^3m^{-2}$ پر شده بود که در ۲ محفظه جداگانه در ابتدا و انتهای حوض‌چه هوادهی با فاصله ۴ سانتی‌متر از دیواره‌های جانبی جاگذاری شده بودند که بستر رشد میکروبی را تأمین می‌کردند. این سیستم توسط یک پمپ آکواریمی هوا به ظرفیت هوادهی حداکثر ۱۴ لیتر در دقیقه هوادهی می شد عمل اختلاط در این سیستم با کمک جریان هوای ورودی انجام می‌پذیرفت. فاضلاب ورودی به وسیله یک پمپ تزریق جریان با ظرفیت ۲۰ لیتر در ساعت به راکتور تزریق می‌شد. کل مجموعه در دمای اتاق (۲۰–۲۵ درجه سانتی‌گراد) راه‌بری می‌گردید. شکل ۱ نمایی از راکتور لجن فعال دارای بستر ثابت مورد استفاده در این مطالعه را به همراه متعلقات مربوطه نشان می‌دهد.

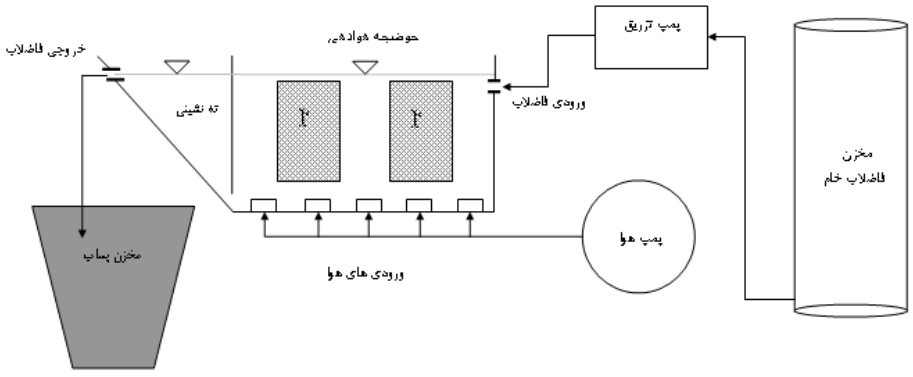
Archive of SID
www.SID.ir

راه‌اندازی راکتور لجن فعال دارای بستر ثابت. به منظور راه‌اندازی راکتور و تأمین میکروارگانیسم‌های مورد نیاز آن، ۹ لیتر لجن از خط لجن برگشتی تصفیه خانه فاضلاب شهری شهرک غرب تهران به راکتور منتقل شد. سیستم تصفیه‌خانه مذکور لجن فعال متعارف می‌باشد. سیستم به مدت ۴ هفته به صورت ناپیوسته مورد راه‌بری قرار گرفت و در این مدت هوادهی به منظور تأمین اکسیژن محلول به میزان mg/L ۴-۳ انجام می‌شد. سیستم در ابتدا بر مبنای COD محلول mg/L ۵۰۰ راه‌اندازی شد که mg/L ۴۵۰ از آن ناشی از گلوکز و ۵۰mg/L آن ناشی از پروپیلن گلیکول بود. در طول یک ماه به تدریج از میزان COD ناشی از گلوکز کاسته و به COD ناشی از پروپیلن گلیکول افزوده شد. معیار افزایش نسبت پروپیلن گلیکول به گلوکز در فاضلاب مصنوعی، بهبود عملکرد راکتور به لحاظ حذف مجموع COD ناشی از گلوکز و پروپیلن گلیکول به میزان ۵۰ درصد در نسبت گلوکز به پروپیلن گلیکول اعمال شده بود. ترکیب فاضلاب ساختگی حاوی پروپیلن گلیکول در جدول ۱ ارائه شده است. مقادیر نیتروژن و فسفر بر اساس نسبت C:N:P برابر ۱۰۰:۵:۱ که باکتری‌ها در آن بهترین کارکرد متابولیکی را دارند، تنظیم گردید [۲۹].

پس از گذشت ۲۸ روز از راه‌اندازی سیستم، کل منبع کربن ورودی به سیستم تنها از طریق پروپیلن گلیکول تأمین می‌شد. از این زمان و پس از ۱۱ روز غلظت COD خروجی به کم‌تر از mg/L ۲۰ کاهش یافت که نشان‌گر توانایی میکروارگانیسم‌های موجود در راکتور جهت تجزیه پروپیلن گلیکول بود. پس از دست‌یابی به شرایط پایدار در حالت راه‌بری ناپیوسته، جریان را پیوسته کرده و راه‌بری در غلظت‌های COD مختلف و زمان‌ماند ثابت ۱۴ ساعت آغاز شد. در این پژوهش شرایط پایدار به صورت عدم وجود بیش از ۵ درصد تغییرات در پارامترهای مورد بررسی پساب خروجی طی ۷ الی ۱۰ روز راه‌بری متوالی راکتور تعریف شد. توالی روند اجرایی مطالعه در شکل ۲ اشاره شده است.

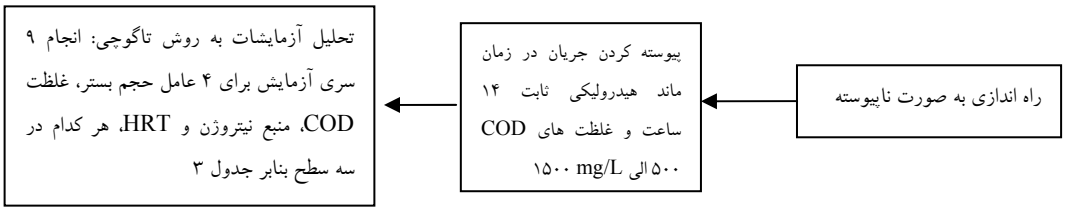
جدول ۱ . ترکیب فاضلاب ساختگی مورد استفاده در هوادهی و خودهی میکروارگانیسم‌های تجزیه کننده پروپیلن گلیکول برای غلظت پروپیلن گلیکول ورودی **mg/L** ۵۰۰

ترکیب	مقدار
$C_3H_8O_2$	۶ میلی لیتر
NH_4Cl	۲۸ میلیگرم
KH_2PO_4	۵/۶ میلیگرم
Na_2CO_3	۰/۸ گرم
عناصر جزئی	۱ میلی لیتر



شکل ۱. نمای شماتیک راکتور لجن فعال دارای بستر ثابت رشد میکروبی

www.SID.ir



شکل ۲. شمای مراحل انجام مطالعه

سازگارسازی میکروارگانیسم‌ها. پس از راه‌اندازی راکتور برای پرورش میکروارگانیسم‌های سازگار با غلظت‌های بالای پروپیلن گلیکول به ترتیب از مقادیر COD ورودی ۵۰۰، ۷۰۰، ۹۰۰، ۱۱۰۰، ۱۳۰۰ و ۱۵۰۰mg/L در زمان‌ماند ثابت ۱۴ ساعت استفاده گردید. سیستم در هر مرحله تا زمان رسیدن به COD خروجی پایدار مورد پایش قرار می‌گرفت که حدوداً هر مرحله سه تا چهار هفته به طول انجامید. کل این مراحل طی ۲۳۸ روز انجام شد.

طراحی آزمایش‌ها. برای طراحی تعداد آزمایش‌ها سه روش وجود دارد:

روش یک فاکتور در یک زمان، روش فاکتوریل کامل و روش کسری از یک فاکتوریل کامل. در روش اول یک فاکتور تغییر کرده و سایر فاکتورها ثابت نگه داشته می‌شود و این عمل برای بقیه فاکتورها نیز تکرار می‌شود. به دلیل عدم بررسی اثر متقابل بین متغیرها این روش مناسب نیست. در روش فاکتوریل کامل تمام حالات ممکن بین متغیرها بررسی می‌شود که روش دقیقی است ولی به دلیل صرف انرژی، زمان و هزینه زیاد توصیه نمی‌شود [۳۰]. بنابراین روش سوم انتخاب شد که در آن تعدادی از ترکیب‌های ممکن بین متغیرها انتخاب شده و با ارزیابی آماری پاسخ‌ها، بهترین شرایط تعیین می‌شود. در این مطالعه از روش تاگوچی برای طراحی آزمایشات استفاده گردید. گرچه این روش در مطالعات مختلف از جمله الکترونیک سال‌هاست مورد استفاده قرار گرفته است لیکن روشی نوین در مطالعات زیستی به حساب می‌آید.

برای بررسی تأثیر عوامل و تعیین شرایط بهینه رشد میکروارگانیسم‌ها چهار عامل زمان‌ماند هیدرولیکی، غلظت COD ورودی، حجم بستر ثابت و نوع منبع نیتروژن در سه سطح مختلف در نظر گرفته شد. جدول ۲ مقادیر هر یک از این عوامل را با نمادگذاری در سه سطح ۱، ۲، و ۳ نشان می‌دهد. سطوح مورد نظر با توجه به محدوده عملیاتی متداول آن‌ها که در منابع مختلف ذکر گردیده، انتخاب شد. بررسی متون نشان می‌دهد که یکی از اهداف کاربرد سیستم‌های تلفیقی رشد معلق – رشد چسبیده کاهش زمان‌ماند هیدرولیکی و کاهش فضای فیزیکی مورد نیاز تاسیسات تصفیه فاضلاب می‌باشد. به طور مثال زمان‌ماند در سیستم‌های تلفیقی دارای بستر ثابت، بستر متحرک و بستر ثابت – تماس جامدات به ترتیب ۴/۵ – ۳/۵، ۸–۶ و ۰/۸– ۰/۶ ساعت بوده است [۲۹]. جیانگلانگ و همکاران (۲۰۰۰) نیز در مطالعه خود پیرامون بررسی کارایی عملکرد یک راکتور تلفیقی از زمان‌ماند ۶ ساعت استفاده کردند [۳۱]. زین ژائو و همکاران نیز در مطالعه خود برای تصفیه پساب‌های نفتی با استفاده از یک فیلتر بیولوژیکی از زمان‌ماند ۴ ساعت استفاده کردند [۶]. هم‌چنین ین هوی (۲۰۰۸) از زمان‌ماندهای ۷/۲ الی ۸/۱۷ ساعت در بررسی سینتیک‌های حذف کربن و نیتروژن در یک راکتور بیوفیلمی دارای بستر ثابت– متحرک استفاده کرد [۲].

جدول ۲. معرفی عوامل و سطوح آنها

عامل	سطوح		
	پایین (۱)	متوسط (۲)	بالا (۳)
حجم بستر ثابت	۱۵	۲۳	۳۰
نوع منبع نیتروژن	NO3(NH4)2	NH_4Cl	$CO(NH_3)_2$
COD ورودی (mg/L)	۵۰۰	۱۰۰۰	۱۵۰۰
زمان ماند هیدرولیکی (h)	۴	۶	۸

Archive of SID
www.SID.ir

به منظور طراحی آزمایش‌ها از نرم‌افزار Qualitek-4 (Nutek Inc) استفاده گردید. آزمایش‌های طراحی شده به صورت یک جدول با ۹ نوبت راه‌بری (L_9) با شرایط مختلف در جدول ۳ نشان داده شده است [۳۲،۱۹].

برای انجام آزمایش‌ها، راکتور در ۹ نوبت متوالی با شرایط مذکور و بنابر سطوح معرفی شده در جدول ۳ مورد بهره‌برداری قرار گرفت. میزان منابع مختلف نیتروژن به کار گرفته شده در این مطالعه دقیقاً برای رسیدن به نسبت C:N برابر ۱۰۰:۵ محاسبه شد [۱۷]. هر راکتور تا زمان دست‌یابی به شرایط پایدار مورد راه‌بری قرار گرفت و پس از سنجش پارامترهای مورد نظر، نتایج این آزمایش‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

در روش تاگوچی برای تحلیل آماری و دقیق‌تر نتایج، از یک تابع پاسخ تبدیل یافته که به صورت نسبت علامت هر اثر (S) به اثرات ناشی از خطا (N) تعریف می‌گردد استفاده می‌شود. نحوه محاسبه نسبت S/N بسته به این که هدف چه نوع بهینه‌سازی باشد، متفاوت خواهد بود. از آن‌جا که در این مطالعه پاسخ در نظر گرفته شده درصد حذف COD می‌باشد و بنابراین هدف بیشینه‌سازی پاسخ می‌باشد. نسبت S/N به صورت معادله (۱) محاسبه می‌گردد [۳۲،۲۱].

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

در این معادله مقدار پاسخ اندازه‌گیری شده برای هر آزمایش در هر آزمون، و n تعداد تکرار آزمایش‌ها (در این‌جا برابر با ۲) می‌باشد.

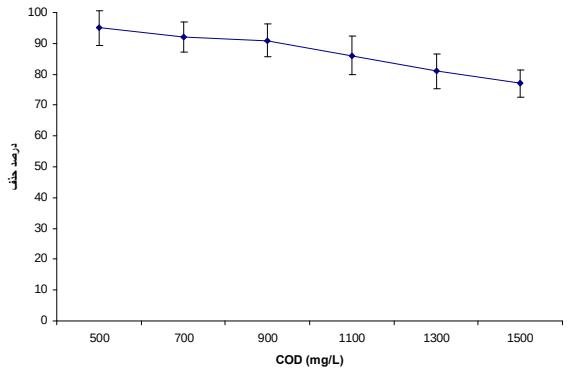
روش‌های آزمایشگاهی. غلظت COD به روش رفلاکس برگشتی باز، اکسیژن محلول به روش یدومتری وینکلر، VSS به روش وزن سنجی [۳۳]، دما به وسیله ترمومتر و pH به روش الکترومتری اندازه‌گیری می‌شدند .pH سیستم به وسیله یک pH متر دیجیتال با مارک Hack به طور دائم اندازه‌گیری و در صورت کاهش و یا افزایش به خارج از محدوده مجاز (۷/۵ – ۷) به وسیله بی‌کربنات سدیم (جوش شیرین) تعدیل می‌گردید.

نتایج

بازده حذف COD در مرحله سازگارسازی میکروارگانیزم‌ها. در بخش اول این مطالعه که ۲۳۸ روز به طول انجامید، راه‌اندازی سیستم و سازگارسازی میکروارگانیسم‌های موجود در راکتور با پروپیلن گلیکول انجام پذیرفت. میانگین درصد حذف COD در شرایط پایدار و در غلظت‌های COD ورودی ناشی از پروپیلن گلیکول به میزان ۵۰۰، ۷۰۰، ۹۰۰، ۱۱۰۰، ۱۳۰۰ و mg/L ۱۵۰۰ به ترتیب ۹۵ (انحراف معیار= ۵/۶۹±)، ۹۲ (انحراف معیار= ۴/۸۶±)، ۹۱ (انحراف معیار= ۵/۳۷±)، ۸۶ (انحراف معیار= ۶/۲۴±) ، ۸۱ (انحراف معیار= ۵/۵۵±) و ۷۷ (انحراف معیار= ۴/۳۵±) درصد بود که میانگین نتایج آن پس از رسیدن به شرایط پایداری در شکل ۳ نمایش داده شده است.

در پایان ۲۳۸ روز راه‌بری راکتور در شش بارگذاری مورد بررسی، میزان حذف COD در بیش‌ترین بارگذاری برابر با ۷۷ درصد بود که در صورت بهینه‌سازی شرایط راه‌بری راکتور لجن فعال دارای بستر ثابت، علی‌رغم کم‌تر بودن زمان‌ماند هیدرولیکی بدیهی است که می‌توان به درصد بالاتری از COD را حذف نمود. بنابر شکل ۲ با افزایش غلظت COD ورودی، راندمان سیستم به تدریج کاسته شده است.

بنابر اعتقاد نویسندگان کاهش بازده حذف COD در غلظت‌های بالاتر، می‌تواند ناشی از اثرات سمی تجمع متابولیت‌های حاصل از تجزیه پروپیلن گلیکول بر روی یا درون لجن فعال باشد.



شکل ۳. درصد حذف COD در غلظت های COD ورودی ۵۰۰ – ۱۵۰۰ mg/L در شرایط پایدار

Archive of SID
www.SID.ir

آگنیسزکا و همکاران نیز در تجزیه پروپیلن گلیکول به روش لجن فعال به این نتیجه رسیدند [۷].

تابع پاسخ تبدیل‌یافته. پس از سازگارسازی میکروارگانیسم‌ها، برای بررسی تأثیر عوامل و تعیین شرایط بهینه راه‌بری راکتور لجن فعال دارای بستر ثابت جهت حذف پروپیلن گلیکول، آزمایش‌های دیگری به طور متوالی در ۹ مرحله انجام شد. در هر مرحله عوامل مختلف در نظر گرفته شده، مطابق جدول ۳ در سطوح مختلف تغییر داده شد و راه‌بری سیستم تا رسیدن به شرایط پایدار (ثابت شدن درصد حذف COD در خروجی راکتور) ادامه یافت. میانگین نتایج آزمایشات COD در شرایط پایدار در جدول ۳ درج گردید. لازم به ذکر است که برای افزایش دقت محاسبات، کلیه نمونه‌گیری‌ها و آزمایشات سنجش میزان COD دوبار تکرار گردید. تابع پاسخ تبدیل یافته (نسبت S/N) محاسبه شده از آزمون‌های اول و دوم نیز در جدول ۳ گزارش گردیده است.

جدول ۳. جدول آزمایشهای طراحی شده (به روش تاگوچی) و نتایج حاصل از اندازه گیری حذف **COD**

شماره آزمایش	درصد حذف COD		عوامل				S/N
	آزمون اول	آزمون دوم	حجم بستر ثابت	COD ورودی (mg/L)	نوع منبع نیتروژن	HRT	
۱	۳۰	۲۹	۲	۱	۱	۱	۲۹/۳۹۲
۲	۸۵	۷۹	۳	۲	۲	۱	۳۸/۲۵۸
۳	۴۴	۴۶	۱	۳	۳	۱	۳۳/۰۵۷
۴	۶۳	۵۹	۱	۲	۱	۲	۳۵/۶۹۲
۵	۷۹	۷۹	۲	۳	۲	۲	۳۷/۹۵۲
۶	۷۷	۷۷	۳	۱	۳	۲	۳۷/۷۲۹
۷	۴۴	۴۹	۳	۳	۱	۳	۳۳/۳۱۱
۸	۶۲	۶۴	۱	۱	۲	۳	۳۵/۹۸۳
۹	۵۳	۵۷	۲	۲	۳	۳	۳۴/۷۹

تأثیر عوامل بر بازده راکتور. در این بخش میزان و نحوه تأثیر عوامل مختلف بر پاسخ تبدیل‌یافته سیستم (به صورت نسبت S/N) برای هر یک از عوامل تحلیل شده است. لازم به تاکید است کلیه نتایج به‌دست آمده در محدوده سطوح در نظر گرفته شده صادق است.

تأثیر حجم بستر ثابت راکتور هوادهی. حجم بستر ثابت حامل میکروارگانیسم‌های چسبیده به بستر نقش عمده‌ای در نتایج راه‌بری راکتور دارد. شکل ۴ الف تأثیر حجم بستر ثابت در راکتور هوادهی را نشان می‌دهد. در این شکل محور افقی نشان‌دهنده سه سطح در نظر گرفته شده برای مقادیر مختلف حجم بستر می‌باشد و محور عمودی نشان‌دهنده نرخ S/N محاسبه شده از آزمایش‌های انجام شده می‌باشد. با توجه به شکل ۴ الف مشخص است که با افزایش حجم بستر ثابت حامل میکروارگانیزم‌های واجد رشد چسبیده، بازده حذف COD افزایش یافته است. سطح ۲ با حجم بستر ثابت معادل ۳۰ درصد بهترین نتایج را در پی داشته است. تأثیر مثبت حجم بستر ثابت راکتور در مطالعه‌ای بر روی یک راکتور لجن فعال تلفیقی دارای بستر ثابت به وسیله پلات و همکاران (۲۰۰۶) نیز مورد تأیید قرار گرفته است [۱]. بنابر شکل ۴ الف می‌توان اظهار کرد که تفاوت عملکرد راکتور لجن فعال بستر ثابت در سطوح ۱ (حجم بستر ۱۵ درصد) و ۳ (حجم بستر ۲۳ درصد) چندان محسوس نیست، ولی این تفاوت عملکرد راکتور در سطوح ۱ و ۳ در مقایسه با سطح ۲ قابل توجه بوده و سطح ۲ بازده بهتری دارد. بنابراین سطح ۲ با حجم بستر ثابت معادل ۳۰ درصد به عنوان شرایط بهینه راه‌بری راکتور به لحاظ حجم بستر معرفی می‌شود.

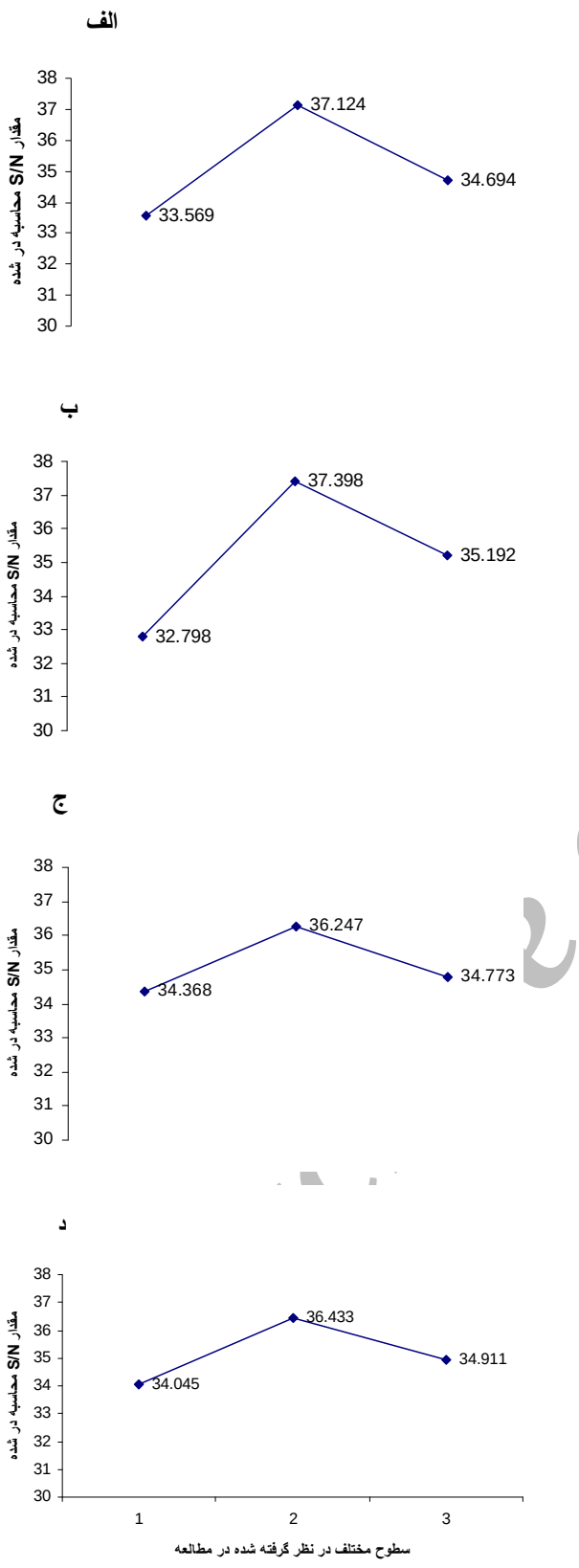
تأثیر منبع نیتروژن. نیتروژن عنصری ضروری برای رشد و متابولیسم میکروارگانیسم‌ها و یکی از اساسی‌ترین عناصر موجود در آنزیم‌ها می‌باشد. در این مطالعه از سه ترکیب نیتروژن‌دار به عنوان منبع نیتروژن استفاده گردید. تاثیر نوع منبع نیتروژن در فاضلاب بر درصد حذف COD ناشی از پروپیلن گلیکول در شکل ۴ ب نشان داده شده است. در بین این سه منبع، بالاترین پاسخ با استفاده از کلرورآمونیوم

Archive of SID

www.SID.ir

(NH_4Cl) به‌دست آمده است. با توجه به نتایج حاصل از طراحی آزمایشات کلرورآمونیوم به عنوان منبع نیتروژن بهینه در نظر گرفته شود. تفاوت در نوع منبع بهینه نیتروژن می‌تواند به مشخصات شیمیایی محل جداسازی میکروارگانیسم‌ها و یا منابع نیتروژنی که قبلاً در دسترس میکروارگانیسم‌ها بوده است نیز مربوط باشد.

تأثیر COD ورودی (تاثیر غلظت منبع کربن). سه غلظت COD ورودی معادل ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰mg/L برای تعیین بهینه‌ترین کارکرد راکتور به لحاظ حذف COD مورد بررسی قرار گرفت. همان‌طور که در شکل ۴ ج مشاهده می‌گردد با افزایش میزان COD ورودی به راکتور، نسبت S/N که در محور عمودی نمودار نمایش داده شده است و شاخصی از پاسخ سیستم به تغییرات غلظت COD است، ابتدا تا سطح ۲ (COD معادل mg/L ۱۰۰۰) افزایش و سپس در سطح ۳ (COD معادل mg/L ۱۵۰۰) کاهش می‌یابد. طبق تحلیل‌های صورت گرفته، غلظت COD معادل mg/L ۱۰۰۰ به عنوان غلظت COD ورودی بهینه معرفی می‌شود که راکتور لجن فعال دارای بستر ثابت در این غلظت بیش‌ترین پاسخ را داشته و به تبع آن مطلوب‌ترین بازده حذف را دارا خواهد بود. با افزایش میزان پروپیلن گلیکول (منبع کربن و ماده محدودکننده) در محیط، میکروارگانیسم‌ها به دلیل افزایش مواد غذایی در دسترس، مدت زمان بیش‌تری در محدوده رشد لگاریتمی قرار دارند و در نتیجه غلظت توده میکروبی می‌تواند به شدت افزایش یابد که این امر به نوبه خود منجر به تجزیه بیش‌تر پروپیلن گلیکول می‌گردد. البته افزایش بیش حد این ترکیب نیز می‌تواند منجر به ایجاد سمیت شده و به دلیل تداخل در کارکردهای آنزیمی و متابولیکی شده و نهایتاً منجر به کاهش رشد میکروارگانیسم‌ها خواهد شد. به نظر می‌رسد در غلظت‌های COD بیش از mg/L ۱۰۰۰، شرایط مختل‌کننده فعالیت‌های آنزیمی و متابولیکی آغاز شده و بازده راکتور در حذف COD ناشی از پروپیلن گلیکول کاهش می‌یابد. آگنسیزکا و همکاران (۲۰۰۷) نیز به این نتیجه رسیده‌اند [۷].



شکل ۴. الف) تغییرات میزان S/N در سه حجم مختلف بستر ثابت در راکتور هوادهی ب) تغییرات نرخ S/N در برابر تغییر نوع منبع نیتروژن بر حسب mg/L ج) تغییرات نرخ S/N در برابر تغییرات غلظت COD ورودی بر حسب mg/L د) تغییرات نرخ S/N در برابر تغییرات زمان ماند هیدرولیکی بر حسب ساعت.

www.SID.ir

تأثیر زمان‌ماند هیدرولیکی. نتایج بررسی پاسخ‌های سیستم به لحاظ تأثیر زمان‌ماند هیدرولیکی در سطوح معرفی شده شامل زمان‌های ماند هیدرولیکی ۴، ۶ و ۸ ساعت در شکل ۴ د. نشان داده شده است. بررسی متون علمی نشان می‌دهد که یکی از ویژگی‌های سیستم‌های تلفیقی تصفیه فاضلاب راه‌بری در زمان‌ماند هیدرولیکی کم‌تر در عین دست‌یابی به نتایج مطلوب در مقایسه با سیستم‌های رشد معلق است [۳۴]. لذا سه زمان‌ماند ۴، ۶ و ۸ ساعت در این پژوهش مد نظر قرار گرفت. بهترین پاسخ در سطح ۲ (زمان‌ماند هیدرولیکی ۶ ساعت) به دست آمده است. بنابراین زمان‌ماند ۶ ساعت به عنوان بهینه‌ترین گزینه در میان سه سطح معرفی شده مد نظر قرار می‌گیرد. زمان‌ماند هیدرولیکی ۶ ساعت، یک زمان‌ماند متداول و رایج در بسیاری از سیستم‌های تصفیه زیستی به شمار می‌رود. کمیت زمان‌ماند به دلیل تأثیر بر حجم تأسیسات به لحاظ اقتصادی یک پارامتر مهم به شمار می‌رود که هرچه کم‌تر باشد، اقتصادی‌تر بوده و امکان تصفیه حجم بیش‌تری فاضلاب در زمان کم‌تر وجود دارد.

نتایج آنالیز تحلیل واریانس. جدول ۴ تحلیل واریانس (ANOVA) نتایج را نشان می‌دهد. از آن‌جا که هر چهار عامل در این تحقیق، در سه سطح در نظر گرفته شده‌اند، میزان درجه آزادی برای مقایسه مقادیر پاسخ در سه سطح از هر عامل برابر با ۲ می‌باشد. ستون آخر سمت چپ که معرف درصد تأثیر هر عامل بر پاسخ می‌باشد، مفهوم ملموس‌تری دارد [۳۲،۲۱]. درصد تأثیر عوامل مختلف بر تجزیه زیستی پروپیلن گلیکول در محدوده سطوح در نظر گرفته شده نشان می‌دهد که همه عوامل کم و بیش دارای اهمیت نسبی برای تأثیر بر پاسخ می‌باشند. مؤثرترین عوامل به ترتیب زمان‌ماند هیدرولیکی، غلظت COD ورودی، حجم بستر ثابت و نوع منبع نیتروژن می‌باشند. با توجه به نمودارهای تأثیر عوامل و نتایج جدول ANOVA می‌توان شرایط بهینه نسبی برای رسیدن به بهترین کارکرد راکتور و در نتیجه بیش‌ترین درصد حذف پروپیلن گلیکول را نسبت به دو سطح دیگر هر عامل به‌دست آورد.

جدول ۴. تحلیل واریانس نتایج (ANOVA)

پارامتر	درجه آزادی (DOF)	واریانس	درصد تأثیر هر عامل
درصد پر شدگی	۲	۸/۷۷۱	۱۳/۲۵
نوع منبع نیتروژن	۲	۵/۸۶۲	۸/۸۵۷
COD (mg/L)	۲	۹/۹۰۵	۲۹/۹۲۷
زمان ماند هیدرولیکی (h)	۲	۳۱/۷۴۹	۴۷/۹۶۴
کل	۸	–	۱۰۰

در جدول ۵ میزان سهم مقدار بهینه هر یک از عوامل در بهبود پاسخ تبدیل‌یافته (S/N) در ستون آخر نشان داده شده است. در صورت اعمال شرایط بهینه، مقدار پاسخ تبدیل یافته بیش از ۶/۶۸ واحد نسبت به مقدار متوسط پاسخ‌های فعلی (۳۵/۱۲) بهبود خواهد یافت و در نتیجه پاسخی معادل با ۴۱/۸۱۲ حاصل خواهد شد. از طریق مقایسه مقدار پاسخ پیش‌بینی شده با مقادیر پاسخ‌های به‌دست آمده در ستون آخر جدول ۳، می‌توان میزان بهبود پاسخ تحت شرایط بهینه را تعیین کرد.

جدول ۵. شرایط بهینه برای دستیابی به حداکثر کارایی راکتور

عامل	بهترین سطح	میزان سهم در بهبود پاسخ (S/N)
حجم بستر ثابت	۳۰	۱/۹۹۵
نوع منبع نیتروژن	NH_4Cl	۲/۲۶۸
COD ورودی (mg/L)	۱۰۰۰	۱/۱۱۷
زمان ماند هیدرولیکی (h)	۶	۱/۳۰۳
سهم کل عوامل در بهبود پاسخ		۶/۶۸۲
متوسط پاسخ های فعلی در آزمایش های انجام شده		۳۵/۱۲۹
پاسخ پیش بینی شده در شرایط بهینه (S/N)		۴۱/۸۱۲

مزیت استفاده از این پاسخ جدید در تحلیل آماری، نسبت به شکل اولیه پاسخ، مقایسه بزرگی اثرات ناشی از هر عامل اصلی با اثرات ناشی از عوامل خطا و اغتشاش در اندازه‌گیری است، که در نتیجه منجر به برداشت دقیق‌تری از تأثیر واقعی عوامل بر سیستم خواهد شد [۲۱].

Archive of SID

www.SID.ir

بحث و نتیجه‌گیری

بیش‌ترین و کم‌ترین بازده حذف COD در مرحله سازگاری سازی میکروارگانیزم‌ها در غلظت‌های COD ورودی ۵۰۰ و ۱۵۰۰ mg/L به ترتیب ۹۵ و ۷۷ درصد بود.

هر چهار عامل مورد نظر برای بهینه‌سازی عمل‌کرد راکتور، بر کارایی آن مؤثر بوده و ترتیب اولویت آن‌ها به صورت زیر است:

۱- زمان‌ماند هیدرولیکی، ۲- غلظت COD ورودی، ۳- حجم بستر ثابت و ۴- نوع منبع نیتروژن.

در مرحله بهینه‌سازی غلظت میکروارگانیسم‌های به کار رفته در آزمایش‌ها به ۲۰ درصد مقدار اولیه کاهش یافت، با این حال کارائی میکروارگانیسم‌ها در بهترین شرایط هم‌چنان بر روی ۸۵ درصد ثابت باقی ماند.

نتایج بهینه‌سازی نسبی به روش تاگوچی نشان داد که سطوح مناسب برای هر یک از عوامل به صورت زیر است: زمان‌ماند هیدرولیکی ۶ ساعت، غلظت COD ورودی ۱۰۰۰mg/L ، حجم بستر ۳۰ درصد و نوع منبع نیتروژن کلرور آمونیوم بر اساس نسبت C:N:P برابر ۱۰۰:۵:۱.

نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که با کمک روش طراحی آزمایشات تاگوچی می‌توان شرایط بهینه راه‌بری راکتور لجن فعال بستر ثابت را برای حذف پروپیلن گلیکول پیش‌بینی نمود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند از مسئولین محترم دانشگاه‌های علوم پزشکی جندی ایران به دلیل حمایت‌های مالی و معنوی آن در انجام تحقیق سپاس‌گزاری نمایند.

منابع

[1] Plattes M, Henry E, Schosseler P, Weidenhaupt A. Modeling and dynamic simulation of a moving bed bioreactor for the treatment of municipal wastewater. Biochem Eng J 2006; 32: 61-68.

[2] Lin YH. Kinetics of nitrogen and carbon removal in a moving fixed bed biofilm reactor. Appl. Math. Modell 2008; 32: 2360–2377.

[3] Borghei SM, Sharbatmaleki M, Pourrezaie P. and Borghei G. Kinetics of organic removal in fixed-bed aerobic biological reactor. Bioresour Technol 2008; 99: 1118-1124.

[4] Bajaj M, Gallert C. and Winter J. Biodegradation of high phenol containing synthetic wastewater by an aerobic fixed bed reactor. Bioresour Technolo 2008; 99: 8376-8381.

[5] Cresson R, Escudie R, Steyer JP, Delgenes JP. and Bernet N. Competition between planktonic and fixed microorganisms during the start-up of methanogenic biofilm reactors. Water Res 2008; 42: 792-800.

[6] Xin Z, Yanming W, Zhengfang Y. Oil field wastewater treatment in biological aerated filter by immobilized microorganisms. Process Biochem 2006; 41: 1475-1483.

[7] Zgoła-Grześkowiak A, Grześkowiak T, Zembrzuska J, Frańska M, Frański R. and Lukaszewski Z. Bio-oxidation of tripropylene glycol under aerobic conditions. Biodegradation 2008; 19: 365-373.

[8] OECD Screening Information Data Set, Initial Assessment Report for SIAM 2, Paris, July 1994, Tripropylene glycol CAS N_: 24800-44.

[9] Rychłowska J, Zgoła A, Grześkowiak T. and Lukaszewski Z. Isolation of poly(propylene glycol)s from water for quantitative analysis by reversed phase liquid chromatography. J Chromatogr A 2003; 1021: 11-17.

[10] Center for the Evaluation of Risks to Human Reproduction. NTP-CERHR Expert Panel report on the reproductive and developmental toxicity of propylene glycol. Reprod Toxicol 2004; 18: 533-579.

[11] Agancy for toxic substances and disease registry. Hazard Data Base. Altene G. 1995.

[12] Pillard DA. Comparative toxicity of formulated glycol deicers and pure ethylene and propylene glycol to Ceriodaphnia Dubia and pimephales promelas. Environ Toxicol Chem 1995; 14: 311-315.

[13] Zgola-Grzeskowiak A, Grzeskowiak T, Zembrzuska J, Franska M, Franski R, Kozik T. and Lukaszewski Z. Biodegradation of poly (propylene glycol)s under the conditions of the OECD screening test. Chemosphere 2007; 67: 928-933.

[14] Bielefeldt AR, Illangasekare T, Uttecht M. and LaPlante R. Biodegradation of propylene glycol and associated hydrodynamic effects in sand. Water Res 2002; 36: 1707-1714.

[15] Sills R, Blakeslee P, Editors. The environmental impact of deicers in airport storm water runoff. Chemical deicers in the environment. Boca Raton, FL: Lewis Publishers; 1992.

[16] Staples CA. and Davis JW. An examination of the physical properties, fate, ecotoxicity and potential environmental risks for a series of propylene glycol ethers. Chemosphere 2002; 49: 61-73.

[17] Veltman S, Schoenberg T. and Switzenbaum MS. Alcohol and acid formation during the anaerobic decomposition of propylene glycol under methanogenic Conditions. Biodegradation 1998; 9: 113-118.

[18] Zgoła-Grześkowiak A, Grześkowiak T, Zembrzuska J. and Łukaszewski Z. Comparison of biodegradation of poly(ethylene glycol)s and poly(propylene glycol)s. Chemosphere 2006; 64: 803-809.

[19] Yau YJ, Chao CJ, Hwang SL. Optimization of Chinese interface design in motion environments. Displays 2008; 29: 308-315.

[20] Um J, Kim K, Yam B, Hwang H. Determination of an optimal configuration of operating policies for direct-input-output manufacturing systems using the Taguchi method. Comput Ind Eng 3: 555-560.

[21] Daneshvar N, Khataee AR, Rasoulifard MH. and Pourhassan M. Biodegradation of dye solution containing Malachite Green: Optimization of effective parameters using Taguchi method. J Hazard Mater 2007; 143: 214-219.

[22] Antony J, Multi-response optimization in industrial experiments using Taguchi's quality loss function and principal component analysis. Qual Reliab Eng Int 2000; 16: 3-8.

Archive of SID

www.SID.ir

[23] Phadke MS, Dehnad K, Optimization of product and process design for quality and cost. Qual Reliab Eng Int 1988; 4: 159-169.

[24] Aizenchtadt E, Ingman D, Friedler D. Quality control of wastewater treatment: A new approach. Eur J Oper Res 2008;189: 445-458.

[25] Huang C, Hsu T, Liu C. The Mahalanobis-Taguchi system-Neural network algorithm for data-mining in dynamic environments. Expert Syst Appl 2009; 36: 5475-5480.

[26] Engin AB, Ozdemir O, Turan M. and Turan AZ. Color removal from textile dyebath effluents in a zeolite fixed bed reactor: Determination of optimum process conditions using Taguchi method. J Hazard Mater 2008; 159: 348-353.

[27] Venkata Mohan S, Purushotham Reddy B. and Sarma PN. Ex situ slurry phase bioremediation of chrysene contaminated soil with the function of metabolic function: Process evaluation by data enveloping analysis (DEA) and Taguchi design of experimental methodology (DOE). Bioresour Technol 2009; 100: 164-172.

[28] Rezaei Kalantary R. and Badkoubi A. Effect of humic compounds on bacterial growth in bioremediation of PAHs. Iran. Journal of. Environmental Health. Science. Eng 2006; 3: 31-38. (Persian).

[29] Metcalf., Eddy., Wastewater Engineering Treatment and Reuse. 4th Edition. Mc Graw-Hill Inc. 2003.

[30] Shojalssadati S. and Asadallahi M, Editors. Industrial Biotechnology. 1st Edition, Tarbiat Modares University Publications; 2002. (Persian).

[31] Wang J, Shi H, Qian Y. Wastewater treatment in a hybrid biological reactor (HBR): effect of organic loading rates. Process Biochem 2000; 36: 297-303.

[32] Qualitek 4: http://rkroy.com/WP-G4W. [computer program].

[33] APHA.. Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater. 21Th edition, Washington DC, USA. 2005.

[34] Lohi A, Alvarez Cuenca M, Anania G, Upreti SR. and Wan L. Biodegradation of diesel fuel-contaminated wastewater using a three-phase fluidized bed reactor. J Hazard Mater 2008; 154: 105-111.

Archive of SID

www.SID.ir

Optimization of propylene glycol removal in a fixed bed activated sludge bioreactor by Taguchi method

Sahand Jorfi (M.Sc)[*1], Kamyar Yaghmaeian (Ph.D)[2], Amir Reza Talaie (M.Sc)[3], Gholamreza Mousavi (Ph.D)[1], Roshanak Rezaei Kalantary (Ph.D)[4], Mahdi Farzadkia (Ph.D)[4]

1- Dept. of environment and occupational health, School of Medical Science, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

2 – Dept. of environmental health engineering, School of health,Semnan University of Medical Sciences,Semnan, Iran

3 – Dept. of Civil Engineering and Environment, Jami Institute of Technology, delijan, Iran

4 – Dept. of environmental health engineering, School of health, Iran University of Medical Sciences, Tehran,Iran

(Received: 18 May 2009-10-27Accepted: 5 Oct 2009)

Introduction: Taguchi method is an experimental design approach based on, we can predicate the effect of factors and optimum levels of operational factors with a minimum number of experiments. Propylene glycol is a synthetic organic which can release to the environment and cause health and environmental effects. The objective of this study was to determine the optimum conditions of propylene glycol removal in a fixed bed activated sludge bioreactor by Taguchi method.

Materials and Methods: Following the adaptation of microorganisms, which were obtained from a municipal wastewater treatment plant to different concentrations of propylene glycol in a fixed bed activated sludge reactor, optimum conditions of operational parameters of bioreactor such as hydraulic retention time, influent COD, source of nitrogen and volume of fixed bed of aeration basin with packing were determined in three levels by Taguchi method.

Results: COD removal efficiency of synthetic wastewater containing N and P based on C:N:P ratio of 100:5:1 in the fixed bed activated sludge reactor with HRT of 14 h and influent COD of 500, 700, 900, 1100, 1300 and 1500 mg/L was 95%, 92%, 91%, 86%, 81 and 77% respectively. Optimization of the process by Taguchi method showed that HRT of 6 hours, influent COD of 1000 mg/L, fixed bed volume of 30% and NH4Cl as the source of nitrogen with importance priority of 47.96%, 29.927%, 13.25% and 8.857% were determined as optimum conditions of operational parameters of the fixed bed activated sludge rector for propylene glycol biodegradation respectively.

Conclusion: Results of this study indicate that by the use of Taguchi method, optimum operational conditions of fixed bed activated sludge reactor for propylene glycol can be predicted.

Key Words: Propylene glycol, Fixed bed activated sludge, Taguchi Method

* Corresponding author Fax: +98 21 82883825; Tel: +98 9163109153
sahand359@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir