Archive of SID

نقش پلیمر طبیعی در افزایش سرعت گرانول‌سازی در راکتور بی‌هوازی بافل‌دار

مائده پاکزاد شهابی، بیتا آیتی*+، حسین گنجی دوست
تهران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست

چکیده: در این پژوهش، نقش پلیمر طبیعی کیتوزان در افزایش سرعت گرانول‌سازی در راکتور بی هوازی بافل‌دارحاوی پساب مصنوعی گلوکز مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور دو راکتور موازی (راکتور اول به عنوان شاهد و راکتور دوم با افزودن هفتگی کیتوزان) با حجم مفید ۱۰ لیتر که هرکدام دارای ٤ محفظه بودند، مورد مطالعه قرار گرفت. بررسی‌ها نشان داد که افزودن پلیمر به راکتور، باعث تسریع تشکیل گرانول‌ها (۳۰ درصد) و در نتیجه کوتاه شدن زمان راه اندازی می‌شود همچنین گرانول‌های چگال‌تر و مقاوم‌تری به‌دست می‌آید. در بررسی تأثیر غلظت COD ورودی بر کارایی حذف در راکتور شاهد در بارآلی ۸۳/۵ $kg\ COD^{3}.d$ درصد و در راکتور حاوی پلیمر کیتوزان در بارآلی ٦ $kg\ COD^{3}.d$، حذف تا ۹٦ درصد در سامانه دیده شد. در بررسی سهم مشارکت هر یک از ٤ محفظه در حذف COD، به ترتیب ٦۰-٥۰،٤۰-۳۰، ٤-۳ و ۳-۱ درصد در محفظه‌های اول تا چهارم در هر دو راکتور دیده شد. همچنین در بررسی تأثیر زمان ماند هیدرولیکی در راکتور دارای پلیمر کیتوزان در زمان ماند هیدرولیکی ۲٤، ٤۸ و ۷۲ ساعت به ترتیب میانگین کارایی حذف COD برابر ۸٦/۹، ۹۳/۸ و ۹٤/٦ درصد و در راکتور شاهد ٦۷/٥، ۸۰/۸ و ۸۱ درصد دیده شد.

واژه‌های کلیدی: راکتور بی‌هوازی بافل‌دار، گرانول‌سازی، کیتوزان، COD، زمان ماند هیدرولیکی.

KEY WORDS: *Anaerobic Baffled Reactor (ABR), Granulation, Chitosan, COD, Hydraulic retention time.*

مقدمه

همزمان با معرفی سامانه UASB، *مک کارتی* و *همکاران* در استانفورد متوجه شدند که بیشتر بیومس در راکتور RBC در سامانه، معلق می‌باشد و با حذف دیسک گرداننده موفق به ساخت راکتور بی‌هوازی بافل‌دار (ABR) شدند که قادر به تصفیه پساب با قدرت g/L ۱۰۰۰ـ ۰/٤٥ و بار آلی ۲۸ $kg/m^{3}.d$ ـ ۰/۴ و همچنین تصفیه بهینه پساب‌های ویژه مانند پساب دارای نیتروژن، سولفات، مایع سیاه قلیایی و غلظت زیاد مواد جامد بود.

ساختار فیزیکی راکتور بافل‌دار بی‌هوازی امکان اصلاحات مهمی را می‌دهد. برتری‌های اصلی این سامانه، طراحی آسان، زمان ماند هیدرولیکی کم، مقاومت در برابر شوک‌های آلی و هیدرولیکی و سمیت، ته نشینی لجن بدون نیاز به محفظه خاص، نیاز نداشتن به جداکننده جامد و گاز و نیز اختلاط مکانیکی و کم بودن آب شستگی در سامانه می‌باشند. مهم‌ترین برتری، توانایی در جداسازی دو فاز اسیدسازی و متان‌سازی در داخل راکتور است

*عهده دار مکاتبات
+E-mail: ayati_bi@modares.ir

www.SID.ir

Archive of SID

که بدون اینکه باعث ایجاد مشکلات کنترلی و بالارفتن قیمت سامانه شود، صورت می‌گیرد. هیدرودینامیک و درجه اختلاط به میزان قابل‌ملاحظه‌ای روی تماس بین باکتری و سوبسترا و میزان انتقال جرم و عملکرد راکتور مؤثر است. طبق مطالعات، فضای مرده در صافی‌های غیرهوازی در حدود ۵۰ تا ۹۳٪ و در سامانه‌های CSTR حدود ۸۲٪ می‌باشد درصورتی که بیشترین فضای مرده در ABR، ۲۲٪ و میانگین آن نیز ۹٫۸٪ بوده است. بافل‌های درون راکتور از اختلاط برگشتی داخل راکتور جلوگیری می‌کنند، درصورتی که باعث افزایش اختلاط در داخل اتاقک‌ها می‌شوند. اگر یک اتاقک به صورت سه فازی در نظر گرفته شود، آزاد شدن گاز و حرکت بیومس باعث افزایش اختلاط می‌شود. حرکت گاز باعث حمل بیومس به سمت بالا می‌شود که بعد از آزاد شدن حباب‌های گاز بیومس به داخل اتاقک سقوط می‌کند. می‌توان جریان رو به پایین هر اتاقک را به صورت لوله‌ای و جریان رو به بالا را به صورت اختلاط کامل در نظر گرفت [۱].

گرانول در واقع توده‌ای از باکتری‌های گوناگون می‌باشد که در شرایط مناسب شیمیایی و فیزیکی قرار داشته و در مقابل تنش‌های هیدرولیکی و شوک‌های شیمیایی و فیزیکی مقاومت بسیار زیادی از خود نشان می‌دهد. لجن گرانولی به علت دانسیته و سرعت ته‌نشینی بالا، موجب انباشت بیشتر آن در راکتور می‌شود و در نتیجه سرعت هضم مواد و کارایی راکتور افزایش می‌یابد. سنگینی لجن، فرار باکتریها را از داخل راکتور کاهش می‌دهد. این ویژگی‌های به نوبه‌ی خود در بهبود کیفیت پساب تصفیه شده خروجی از راکتور مؤثر است [۲].

در ادامه به مطالعات عمده انجام شده در دهه اخیر در کاربرد راکتور بافل‌دار بی‌هوازی در تصفیه فاضلاب‌های گوناگون و نیز در زمینه گرانول‌سازی اشاره می‌شود:

Aslan و *Dahab* ، نیترات‌سازی و نیترات‌زدایی با راکتورهای بیوفیلمی با بستر سیال شده را انجام دادند. متوسط حذف نیتروژن آمونیاکی در نرخ بارگذاری ۰٫۹ و ۱٫۲ kg NH_4-N/m^3.d به ترتیب برابر ۹۹٫۲ و ۹۰٫۱ درصد بود [۳].

در پژوهش *Morita* و *همکاران*، از یک بیوراکتور ۳۰ محفظه‌ای برای حذف نیتروژن از پساب تولیدی از قسمت گوگرد زدایی و دارای آمونیاک یک نیروگاه حرارتی استفاده شد. راندمان حذف نیتروژن کل ورودی و اتانول تزریق شده برای نیترات‌زدایی به سامانه به ترتیب ۹۵ و ۹۸/۴ درصد بود و غلظت نیتروژن کل در خروجی به کمتر از ۹ mg/L رسید [۴].

چاوشا و *همکاران*، عملکرد ABBR را در تصفیه پساب مصنوعی تهیه شده از ملاس مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش در زمان ماند هیدرولیکی ۱۶ ساعت با افزایش بار آلی از ۴٫۵ به ۹، کاهش راندمان حذف از ۹۱ به ۸۸ دیده شد [۲].

Kusku در سال ۲۰۰۵ میلادی به حذف ماده سمی پارا نیترو فنل در سامانه ABR دارای ۴ محفظه پرداخت که ۹۹ درصد حذف ماده سمی در بار ۳۳٫۹ g/m^3.d به دست آمد [۵].

Znno و *همکاران*، در سال ۲۰۰۱ میلادی به بررسی تصفیه پساب کارخانه روغن زیتون در ABR با زمان ماند هیدرولیکی در بازه‌ی ۳ تا ۱۰ روز پرداختند. راندمان حذف COD و روغن به ترتیب ۷۲ تا ۹۶ و ۴۴ تا ۹۱ درصد گزارش شد [۶].

خباز و *همکاران* در سال ۱۳۸۱ به بررسی توانایی سامانه به هم پیوسته از راکتور بافل‌دار بی‌هوازی و به دنبال آن راکتور هوازی فیلم ثابت معلق برای تصفیه پساب روغن زیتون پرداختند. در این آزمایش بیشترین راندمان حذف در ABR در زمان ماند ۱ روز و بار آلی ۱۴٫۴ kg/m^3.d برابر ۶۶٪ دیده شد [۷].

شاکری و *همکاران*، تأثیر نسبت COD/SO_4 را بر عملکرد ABR ۵ محفظه‌ای با پساب مصنوعی ملاس با زمان ماند هیدرولیکی ۱ روز و COD ۳۰۰۰ mg/L بررسی کردند. نتیجه‌های این آزمایش نشان داد که با کاهش COD/SO_4 از ۱۶٫۷ به ۶ با افزودن غلظت سولفات از ۱۸۰ به ۵۰۰ mg/L، در راندمان حذف COD کاهشی دیده نشد. بیشترین حذف سولفات حدود ۹۷٪ بود که ۶۵٪ آن در محفظه اول انجام شد [۸].

پلیمرها کاربرد گسترده‌ای در مراحل گوناگون تصفیه آب و پساب دارند و سالیانه میلیون‌ها دلار برای بهینه‌سازی مصرف آنها هزینه می‌شود. از جمله کاربردهای مؤثر جدید آنها، تأثیر آنها در تولید سریعتر بیوگرانول‌ها در سامانه‌های تصفیه می‌باشد [۱۰ ، ۹] که در ادامه به برخی از آنها اشاره می‌شود.

Uyanik در سال ۲۰۰۱ میلادی به بررسی تاثیر پلیمر Kymene SLX-2 در گرانول‌سازی در ABR ۴ محفظه‌ای دارای پساب بستنی پرداخت. وی در روز ۷۰ ام در محفظه دوم راکتور دارای پلیمر گرانول‌هایی با قطر ۱ تا ۲ میلی‌متر و در روز ۹۰ام در تمام محفظه‌ها، گرانول در دو راکتور دید. قطر این گرانول‌ها بین ۱ تا ۵ میلی‌متر متغیر بود که در طول راکتور کاهش می‌یافت. براساس مشاهده‌ها این پلیمر تأثیر مثبت در افزایش زمان ماند لجن، تشکیل گرانول و کارایی راکتور داشت [۱۱].

www.SID.ir

Archive of SID

She در سال ۲۰۰۵ میلادی، تأثیر بنتونیت و کربن فعال را در تسریع فرایند تشکیل گرانول مورد بررسی قرار داد. در این پژوهش از دو راکتور ۹۰ لیتری ۴ محفظه‌ای و پساب ساکارز استفاده شد. در هر دو راکتور گرانول‌ها در روز ۷۵ آزمایش دیده شد اما گرانول‌ها در راکتور حاوی کربن فعال سریعتر تشکیل شد و قطر و فشردگی بیشتری داشتند [۱۲].

در سال ۲۰۰۵ میلادی، *Manoj* و *همکاران* تأثیر پلیمر Reetha در نوع آنیونی و کاتیونی آن و نیز پلیمر کیتوزان را در روند تشکیل گرانول در سامانه UASB با بازه‌ی COD، ۸۵۰ mg/L ــ ۷۵۰ مورد آزمایش قرار دادند. براساس نتیجه‌های به دست آمده، پلیمر کاتیونی اثر بهتری در سرعت تشکیل گرانول داشته و در همه راکتورهای شامل پلیمرها، COD به میزان ۹۸ ـ ۹۵ درصد حذف شد [۱۳].

Zhou و *همکاران* درسال ۲۰۰۶ میلادی نیز اثر پلیمرهای برون سلولی بر روند تشکیل گرانول‌ها در UASB را مورد مطالعه قرار دادند. آنها اثر افزودن این پلیمر را در تصفیه سه نوع خوراک، گلوکز، شیر بدون خامه و اسیدهای چرب فرار بررسی کردند. در همه موردها افزودن پلیمر باعث سرعت دهی به تشکیل گرانول شد ولی ویژگی‌های سطحی آنها در راکتورها با خوراک‌های گوناگون متفاوت بود [۱۴].

در پژوهش‌های *Hyun* و *همکاران*، کاربرد پلیمرهای ترکیبی آلی و غیرآلی باعث شد تا سرعت تشکیل گرانولها به شدت افزایش یابد. آنها توانستند با این روش راندمان حذف در راکتور با بار آلی بیش از ۱۸ kg COD/m^3.d را تا ٪۹۰ برسانند [۱۵].

El-Mamouni و *همکاران*، اثر Perco را در سال ۱۷۶۵ میلادی مورد مطالعه قرار دادند که کیتوزان اثر بهتری در تشکیل گرانول‌ها و کیفیت گرانول‌های تشکیل شده داشته است [۱۶].

در پژوهش حاضر اثر پلیمر کیتوزان بر سرعت تشکیل گرانول و بهبود کارایی سامانه ABR مورد مطالعه قرار گرفته است.

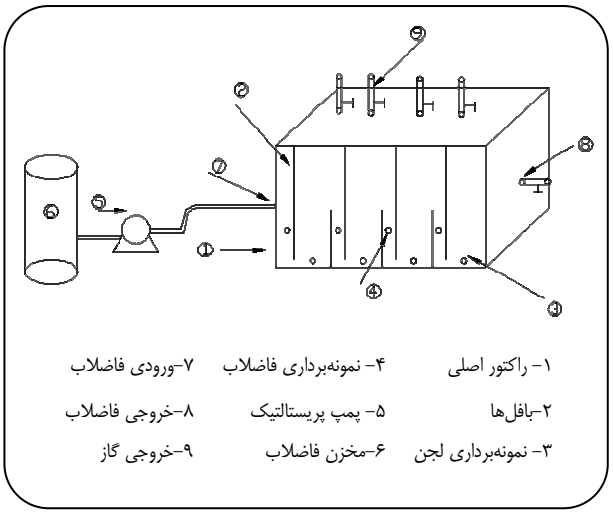
بخش تجربی

روش

به‌منظور بررسی تأثیر کاربرد پلیمر طبیعی کیتوزان در افزایش سرعت گرانولسازی در راکتور بافل‌دار بی‌هوازی، دو سامانه دو جداره ۱ یا شاهد ـ بدون تزریق پلیمر و ۲ با افزودن پلیمر کیتوزان به صورت هفتگی (شکل ۱) با مشخصات جدول ۱، به مدت ۹ ماه مورد مطالعه قرار گرفتند.

جدول ۱ـ ویژگی‌های سامانه‌ها.

جنس	پلکسی گلاس
ابعاد جداره داخلی (cm)	۵۲×۳۰×۱۶
حجم موثر هر راکتور (L)	۱۰/۵
حجم کل (L)	۲۲/۵
تعداد محفظه	۴
تعداد بافل‌ها	۸
ابعاد بافل‌ها (cm)	۱۵× ۱۶– ۱۶×۲۸



شکل ۱ـ شمای سامانه‌ی مورد استفاده.

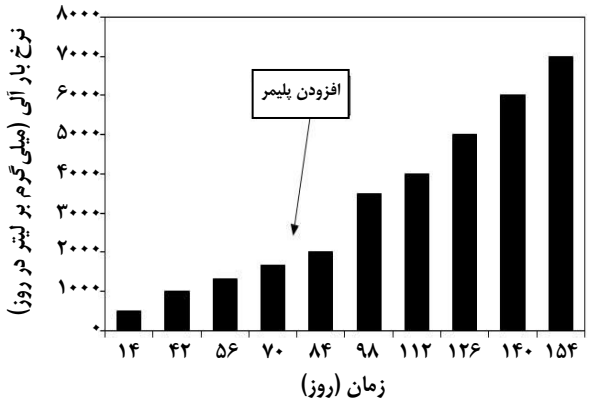
در ابتدا سامانه‌ها با استفاده از لجن مصنوعی (بی هوازی شده توسط پهن گاوی) و پساب مصنوعی حاوی گلوکز با OLR اولیه ۵۰۰ mg/L.d راه‌اندازی شد و بار آلی ورودی به تدریج در مدت ۶ ماه تا ۷۰۰۰ mg/L.d افزایش داده شد و کارایی حذف در هر مرحله مورد بررسی قرار گرفت تا به حالت پایدار برسد (شکل۲).

به همراه آن، آزمایش جار برای تعیین غلظت بهینه پلیمرها، در شرایط دمایی و pH مربوط به سامانه‌ها (دمای ۲۵±۳°C و pH~۷) انجام شد. بعد از تعیین غلظت بهینه، ۵۰ppm پلیمرکیتوزان به‌صورت هفتگی، به راکتور ۲ اضافه شد و راکتور ۱ به عنوان شاهد مورد بررسی قرار گرفت.

پارامترهای کنترل شده در دوره آزمایشها شامل pH در بازه‌ی مجاز ۷/۲ ــ ۶/۵ متناسب با رشد میکروارگانیسم‌ها، محلول مواد مغذی ($CONH_2$، KH_2PO_4، K_2HPO_4) برای تأمین نسبت COD:N:P=۳۵۰:۵:۱، COD محلول و کارآیی حذف آن، BOD_5 (به‌طور دوره‌ای) برای خوراک و خروجی‌ها و تعیین نسبت آن

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲ـ نمودار نرخ افزایش بار آلی.

با COD و نیز مجموعه MLVSS، MLSS و TS برای بررسی میزان رشد میکروارگانیسم‌ها و وضعیت سامانه بوده است.

مواد و دستگاه‌ها

در این پژوهش چندین نوع ماده شیمیایی برای منظورهای خاص مورد استفاده قرار گرفتند که عبارتند از:

- پلیمر کیتوزان ساخت شرکت Nacalai Tesque, Inc.
- گلوکز به عنوان خوراک اصلی سامانه‌ها
- محلول مواد ریز مغذی شامل کلسیم کلرید (۷/۳۴ g/L)، کبالت کلرید (۰/۵ g/L)، منگنز کلرید (۲/۵ g/L)، آهن سولفات (۵ g/L)، منیزیم سولفات (۰/۱ g/L)، مس سولفات (۰/۲ g/L) و روی سولفات (۲/۲ g/L)
- پتاسیم دی کرومات، نقره سولفات، جیوه سولفات و سولفوریک اسید برای تهیه محلول هضم و کاتالیست برای آزمایش COD (محلول و کل)
- سدیم هیدروکسید و فسفریک اسید برای تنظیم pH

اسپکتروفتومتر ساخت شرکت Perkin Elmer مدل Lambda EZ 150 دیجیتالی برای تعیین میزان جذب "XE جذب" و COD و طیف جذبی آلاینده‌ها و میزان غلظت، COD راکتور ساخت شرکت Hach برای اندازه‌گیری COD به روش ۵۲۲۰B [۱۷]، پمپ پریستالتیک Watson Marlow مدل ۵۴ با تنظیم شدت جریان بین۰/۵ mL/min–۲۰، BOD متر ساخت شرکت WTW مدل Oxi Top برای اندازه‌گیری BOD به روش ۵۲۱۰ B [۱۷]، اندازه‌گیری اکسیژن محلول توسط DO متر ساخت شرکت Crison مدل OXI45، میکروسکوپ نوری دو چشمی ساخت شرکت Zeiss با بزرگ‌نمایی حداکثر ۱۰۰ برابر و ترازو ساخت شرکت Sartorius با دقت ۰/۰۰۱ گرم با بیشترین وزن قابل اندازه‌گیری ۱۶۰ گرم از جمله تجهیزات مورد استفاده در پژوهش بودند.

نتیجه‌ها و بحث

بررسی لخته ها

به طور همزمان با تطابق سامانه‌ها و قبل از افزودن پلیمر، با انجام آزمایش جار به تعیین غلظت بهینه پلیمر طبیعی کیتوزان اقدام شد. از مقایسه‌ی قطر لخته‌های تشکیل شده و نیز کدورت آب روی لجن، در غلظت ppm ۱۰۰ بزرگترین قطر لخته‌ها و کمترین کدورت آب روی لجن به‌دست آمد که با توجه به ملاحظات اقتصادی و این نکته که تشکیل گرانول‌ها در درازمدت اتفاق می‌افتد و نیز به‌دلیل به اختلاف ناچیز کیفیت لخته‌ها و آب روی لجن، غلظت ppm ۵۰ به‌عنوان میزان بهینه نتخاب شد.

بررسی گرانول‌ها

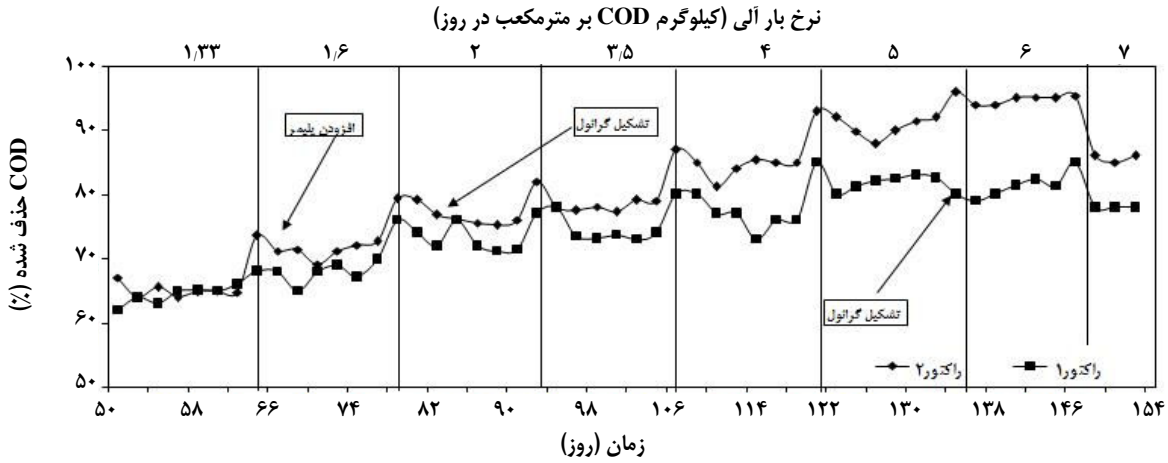
پس از افزودن پلیمر به راکتور دوم، با نمونه‌گیری هفتگی از هر دو راکتور، روند تشکیل گرانول‌ها مورد بررسی قرار گرفت. اولین گرانول‌ها در سامانه ۲ و پس از گذشت ۲۰ روز از افزودن پلیمر (در روز ۸۱ آزمایش) دیده شد. گرانول‌ها در راکتور شاهد در روز ۱۳۰ آزمایش دیده شد. بنابراین افزودن پلیمر باعث تسریع تشکیل گرانول به میزان ۳۰ درصد و در نتیجه کوتاه شدن دوره راه‌اندازی می‌شود. گرانول‌های ابتدایی قطری حدود ۱mm داشتند که با گذشت زمان و درشت‌تر شدن گرانول‌ها، قطرهای بیشتر و تا ۵mm نیز دیده شد. مقایسه این گرانول‌ها نشان داد که گرانول‌های تشکیل شده در سامانه دوم قطر بیشتری دارند و مقاومت بیشتری در مقابل نیروی مکانیکی ناشی از فشار جریان آب از خود نشان داده به سرعت شکسته نمی‌شوند.

تأثیر افزایش بار آلی بر کارایی حذف COD

در ابتدا برای راه اندازی سامانه و تسریع تشکیل گرانول‌ها به مدت ۵۵ روز در زمان ماند هیدرولیکی ۷۲ ساعت میزان COD از ۱۵۰۰mg/L تا ۴۰۰۰mg/L به صورت مرحله‌ای (۱۰ درصد) افزایش یافت. در این مرحله به دلیل عدم تطابق میکروارگانیسم‌ها با محیط راکتور و تغییر pH نتیجه‌های پراکنده‌ای از درصد حذف دیده شد. پس از کنترل pH، رسیدن به ۶۰٪ حذف COD و مشاهده لخته شدن لجن، افزایش بارگذاری راکتورها در زمان ماند ۷۲ ساعت انجام گرفت. با توجه به اینکه هدف اصلی

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳ـ درصد حذف COD در بارگذاری‌های آلی.

از این پژوهش تشکیل گرانول در راکتورها بود، بارگذاری با زمان ماند ۷۲ ساعت تا تشکیل گرانول در هر دو سامانه ادامه یافت. پس از راه اندازی اولیه، مقدار COD به طور مرحله‌ای طی مدت ۱۰۰ روز از ۴۰۰۰ mg/L به ۲۲۰۰۰mg/L و در نتیجه بار آلی از ۱٫۳۳kg/m^3.d به ۷ kg/m^3.d افزایش پیدا کرد. تغییر بار آلی در هر مرحله پس از دیدن پایداری در راکتور از نقطه نظر درصد حذف COD و میزان pH انجام شد. مقدارهای حذف COD پس از هر مرحله افزایش بار، بالا می‌رفت ولی دوباره کاهش می‌یافت تا به مقدار پایداری برسد زیرا افزایش غلظت ورودی باعث افزایش فعالیت باکتریهای اسیدساز [۲] و در نتیجه افزایش موقتی حذف COD و کاهش pH می‌شود. در این مرحله برای تنظیم pH، افزایش قلیائیت به سامانه لازم می‌باشد. درطول دوره پژوهش در راکتور شاهد در ابتدا در بار آلی ۱٫۳۳kg/m^3.d (COD=۴۰۰۰mg/L) درصد حذف ۶۵٪ دیده شد که با افزایش بارآلی سیر صعودی تا بار آلی ۵ kg/m^3.d (COD=۵۰۰۰mg/L) ادامه یافت و درصد حذف ۸۳ دیده شد و پس از آن افت حذف COD صورت گرفت. در راکتور حاوی پلیمر کیتوزان در ابتدا در بار آلی ۱/۳۳kg/m^3.d (COD=۴۰۰۰mg/L) درصد حذف ۶۵٪ دیده شد که روند افزایشی حذف تا بار ۶ kg/m^3.d (COD=۱۸۰۰۰mg/L) ادامه یافت. در این مرحله حذف ۹۶ درصدی COD و پس از آن افت حذف COD در سامانه دیده شد. همچنین پایداری در راکتور حاوی پلیمرکیتوزان در شوک‌های بارگذاری در هر مرحله افزایش COD نسبت به راکتور شاهد مشهود است. همان‌طور که نتیجه‌ها نشان می‌دهد راکتور حاوی پلیمر دارای مقاومت بیشتر در مقایسه با راکتور شاهد، در افزایش بار بوده و این نتیجه نشان دهنده کارایی بیشتر این راکتور در بارهای آلی بالاتر می باشد. همچنین پایداری در راکتور دارای پلیمرکیتوزان در شوک‌های بارگذاری در هر مرحله افزایش COD نسبت به راکتور شاهد دیده می‌شود. شکل ۳ روند افزایش بارگذاری در هر دو راکتور را نشان می‌دهد.

کارایی حذف در محفظه‌های راکتور

در هر بارگذاری پس از پایدار شدن سامانه، درصد مشارکت هر یک از ۴ محفظه درون راکتورها در حذف COD مورد بررسی قرارگرفت. همان‌طور که در شکل‌های ۴ و ۵ دیده می‌شود بیشترین مشارکت در حذف COD در محفظه های اول و دوم صورت می‌گیرد که حدود ۸۰ درصد حذف می‌باشد.

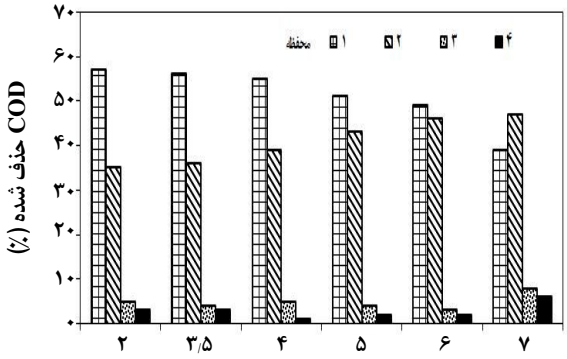
تأثیر افزایش بار آلی و کاهش زمان ماند در کارایی حذف

در این مرحله کارایی دو سامانه برای تصفیه پساب با COD برابر ۱۸۰۰۰ mg/L در زمان ماند هیدرولیکی ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از تشکیل گرانول بررسی شد. در راکتور شاهد به ترتیب میانگین کارآیی حذف COD برابر ۶۷/۵ ، ۸۰/۸ ، ۸۱ درصد دیده شد (شکل ۶). در این مرحله با کاهش زمان ماند هیدرولیکی از ۷۲ به ۴۸ ساعت تغییر زیادی در حذف COD دیده نشد ولی با کاهش زمان ماند به ۲۴ ساعت در حدود ۱۵ درصد کاهش کارایی دیده شد. البته نکته قابل گفتن اینکه هدف از انتخاب زمان ماند هیدرولیکی ۷۲ ساعت در طول مدت این آزمایش تا زمان گرانوله شدن لجن، تسریع تشکیل گرانول بود.

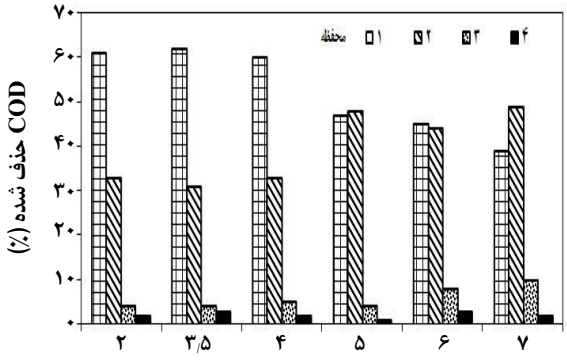
در راکتور دارای پلیمر کیتوزان در زمان ماند هیدرولیکی ۲۴، ۴۸، ۷۲ ساعت به ترتیب میانگین کارآیی حذف COD

www.SID.ir

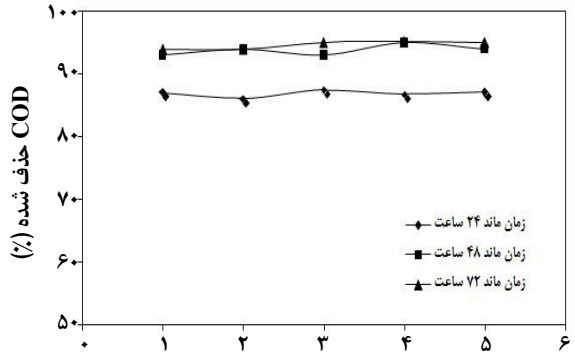
Archive of SID



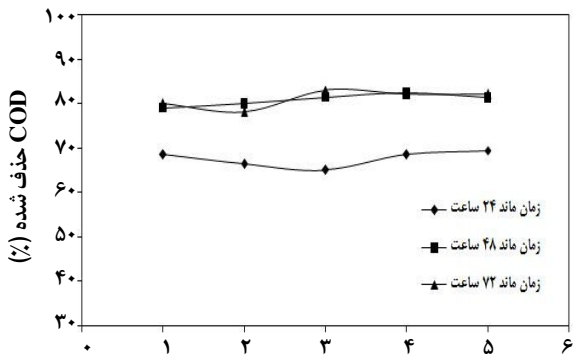
شکل ٤ـ درصد حذف COD در بارگذاری های گوناگون در زمان ماند ۷۲ ساعت در راکتور شاهد.



شکل ۵ ـ درصد حذف COD در بارگذاری های گوناگون در زمان ماند ۷۲ ساعت در راکتور حاوی پلیمر.



شکل ٦ـ کارآیی حذف COD در زمان ماند هیدرولیکی ٢٤، ٤٨ و ۷۲ ساعت در COD mg/L ۱۸۰۰۰ در راکتور شاهد.



شکل ۷ـ کارایی حذف COD در زمان ماند هیدرولیکی ٢٤، ٤٨ و ۷۲ ساعت در COD mg/L ۱۸۰۰۰ در راکتور حاوی پلیمر کیتوزان.

برابر ۸۶/۹، ۹۳/۸، ۹۴/۷ درصد دیده شد (شکل ۷). با کاهش زمان ماند هیدرولیکی از ۷۲ به ۴۸ ساعت تغییر زیادی در حذف COD دیده نشد ولی با کاهش زمان ماند به ۲۴ ساعت در حدود ۱۱ درصد کاهش کارآیی دیده شد.

همان‌طور که از نتیجه‌ها مشخص می‌شود در هر دو راکتور دارای پلیمرکیتوزان و شاهد با کاهش زیاد زمان ماند هیدرولیکی، کاهش کارایی حذف COD دیده می‌شود. بنابراین با توجه به ملاحظات اقتصادی از نظر اندازه راکتور و کیفیت پساب خروجی لازم می‌توان از زمان ماند بهینه استفاده کرد.

مقایسه‌ی نتیجه‌های به دست آمده با پژوهش‌هایی که پیش از این در سال ۲۰۰۱ میلادی بر روی اثر پلیمر های کاتیونی در حذف E-Coli ها و در سال ۲۰۰۳ بر روی اثر ECPها و در سال‌های ۲۰۰۴ و ۲۰۰۵ میلادی روی اثر پلیمر های گوناگون از جمله Percol و Reetha در نوع آنیونی و کاتیونی در راکتور UASB مورد مطالعه قرار گرفته نشان می دهد که اثر کیتوزان در سرعت راه اندازی و بهبود کارایی این راکتور مشابه پلیمرهای ذکر شده بوده است [۲۰ ـ ۱۸، ۱۵، ۹].

نتیجه‌گیری

افزودن پلیمر طبیعی کیتوزان به سامانه ABR با توجه به طبیعی و تجزیه‌پذیر بودن آن نه تنها مشکلی برای میکروارگانیسم‌ها و محیط زیست ایجاد نمی‌کند بلکه باعث سرعت‌دهی به تشکیل گرانول‌ها و در نتیجه کوتاه شدن زمان راه اندازی آن که از مسئله‌های مهم در تصفیه‌خانه‌های پساب می‌باشد، می‌شود. ضمن اینکه گرانول‌های چگال‌تر و مقاوم‌تری به‌دست می‌آید که قابلیت حذف بهتر آلاینده‌ها را دارند. البته با توجه به گران بودن این ماده پلیمری مؤثر، ضرورت پژوهش بیشتر در این رابطه احساس می‌شود.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۱/۲۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۳/۳

www.SID.ir

Archive of SID

مراجع

[1] William P. Barber, David C. Stuckey, The Use of the Anaerobic Baffled Reactor (ABR) for Wastewater Treatment: A Review, *Water Research*, **33**(7), p. 1559 (1998).

[۲] چاوشا، ناهید؛ بررسی ویژگی ها و کارایی راکتور بی هوازی بافلدار بیوفیلمی در تصفیه پساب‌های صنعتی، پایان نامه کارشناسی ارشد محیط زیست ۱۳۸۵، دانشکده صنعتی شریف.

[3] Aslan S., Dahab M. Nitritation and Denitritation of Ammonium-Rich Wastewater Using Fluidized-Bed biofilm Reactors, *Journal of Hazardous Materials*, **156** (1-3), p. 56 (2008).

[4] Morita M., Uemoto H., Watanabe A., Nitrogen-Removal Bioreactor Capable of Simultaneous Nitrification and Denitrification for Application to Industrial Wastewater Treatmen, *Biochemical Engineering*, **41** (1), p. 59 (2008).

[5] Kusku O., Sponza D., Performance of Anaerobic Baffled Reactor Treating Synthetic Wastewater Containing P-nitrophenol, *Enzyme and Microbial Technology*, **36**, p. 888 (2005).

[6] Znno H., Faisal M., Kinetic Analysis of Palm Oil Mill Wastewater Treatment by a Modified Anaerobic Baffled Reactor, *Journal of Biochemical Engineering*, 9, pp. 25-31 (2001).

[۷] سعید خباز، مرتضی؛ مطالعه و بررسی تصفیه پساب کارخانه روغن زیتون توسط سیستم متوالی غیرهوازی ABR و سیستم هوازی ASFF، پایان نامه کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشکده صنعتی شریف (۱۳۸۱).

[۸] شاکری، مظفر؛ مطالعه و بررسی تصفیه فاضلاب کاغذسازی با استفاده از یک سیستم غیرهوازی و هوازی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد بیوشیمی، دانشگاه صنعتی شریف (۱۳۸۰).

[۹] آیتی، بیتا؛ تأثیر کاربرد پلیمرهای طبیعی و مصنوعی بر سرعت گرانول‌سازی، طرح پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس، (۱۳۸۴-۱۳۸۵).

[۱۰] محمدیون، ملیحه؛ آیتی، بیتا؛ گنجی دوست، حسین؛ کارآیی کیتوزان و پلی آکریل آمید در افزایش سرعت تشکیل گرانول در راکتور UASB- مجله عمران و محیط زیست تبریز، **۳۹**(۱)، صفحه ۴۵، بهار (۱۳۸۸).

[11] Uyanik S., Anderson G.K., The Effect of Polymer Addition on Granulation in an Anaerobic Baffled Reactor (ABR).Part1: Process Performance, *Water Research*, **36**, p. 933 (2001).

[12] She Z., Zheng X., Granule Development and Performance in Sucrose Fed Anaerobic Baffled Reactors, *Journal of Biotechnology*, **122**, p. 198 (2005).

[13] Manoj K. Tiwari, Saumyen Guha, C.S. Harendranath and Shweta Tripathi. Enhanced Granulation by Natural Ionic Polymer Additives in UASB Reactor Treating Low-Strength Wastewater, *Water Research*, **39**(16), p. 3801 (2005).

[14] Zhou W., Imai T., Ukita M., Sekine M., Higuchi T., Triggering Forces for Anaerobic Granulation in UASB Reactors, Process Biochemistry **41**(1), p. 36 (2006).

www.SID.ir

Archive of SID

[15] Jeong H.S., Kim Y.H., Yeom S.H., Song B.K., Lee S.I., Facilitated UASB Granule Formation Using Organic-Inorganic Hybrid Polymers, *Process Biochemistry*, **40**(1), p. 89 (2005).

[16] El-Mamouni R., Leduc R., Guiot S.R., Influence of Synthetic and Natural Polymers on the Anaerobic Granulation Process, *Water Science and Technology*, **38**(8-9), p. 341 (1998).

[17] Greenberg A.E., Clescerl L.S., Eaton A.D. (2005), "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", 21st Edition, APHA, AWWA, WEF, Washington D.C., USA

[18] Sallis P., Uyanik S., Anderson G.K., The Effect of Polymer Addition on Granulation in an Anaerobic Baffled Reactor(ABR). Part1:Process Performance, *Water Research*, **36**, p. 933 (2001).

[19] Tawfik A., Klapwijk B., Van Buuren J., El-Gohary F., Lettinga G., Physico-Chemical Factors Affecting the E. Coli Removal in a Rotating Biological Contactor (RBC) Treating UASB Effluent, *Water Research*, **38**(5), p. 1081 (2004).

[20] Vlyssides A., Maria Barampouti E., and Mai S. Determination of Granule Size Distribution in a UASB Reactor, *Journal of Environmental Management*, **86**(4), p. 660 (2008).

www.SID.ir