

## مقایسه راکتورهای بیوفیلمی با بستر متحرک و ناپیوسته متوالی جهت تصفیه فاضلابهای شور صنایع غذایی

خدیجه جوادی<sup>۱</sup>، بیتا آیتی<sup>۲\*</sup>، حسین گنجی دوست<sup>۲</sup>

- ۱- کارشناسی بهداشت محیط، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس  
 ۲- دانشیار دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست- گروه مهندسی محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس  
 ۳- استاد دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست- گروه مهندسی محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس  
 (تاریخ دریافت: ۸۷/۱۱/۱۹ تاریخ پذیرش: ۸۸/۳/۵)

### چکیده

غلظت بالای نمک در فاضلاب تولیدی برخی صنایع و نیز آب مصرفی مناطق ساحلی و کویری، سبب افزایش شوری و ایجاد مشکلات عدیده در امر تصفیه فاضلاب می‌شود. در این تحقیق کارایی دو سیستم پیشرفته تصفیه فاضلاب شامل راکتورهای بیوفیلمی با بستر متحرک (MBBR) و راکتورهای ناپیوسته متوالی (SBR) تا غلظت  $30000 \text{ mg/L}$  نمک در شرایط ناپیوسته در مقیاس آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت. طبق نتایج حاصل، کارایی هر دو سیستم در تصفیه و حذف شوری در مقادیر پایین (۰/۵٪) معادل ۹۴ درصد بوده است اما در غلظت بالای نمک (۳٪)، راندمان حذف شوری در سیستم SBR (۹۰ درصد) نسبت به MBBR (۸۳ درصد) افزایش یافته است. عبارتی رشد معلق میکروارگانیسم‌ها در راکتورهای سری SBR در مقایسه با رشد چسبیده بر روی آکنه‌های موجود در سیستم MBBR از توانایی و قابلیت بیشتری برای حذف شوری برخوردار می‌باشند. در رابطه با COD نیز به ترتیب در سیستمهای MBBR و SBR حذف ۷۸ و ۸۵ درصد حاصل شد. در مطالعه اثر شوک بر کارایی سیستمها با افزایش ناگهانی غلظت نمک به  $50000 \text{ mg/L}$ ، راندمان حذف شوری در سیستمهای MBBR و SBR به ترتیب به حدود ۵۶ و ۶۸ درصد کاهش یافت که بعد از گذشت ۲۸ روز به حالت قبل بازگشت.

کلید واژه گان: تصفیه بیولوژیکی، SBR، MBBR، شوری، هالوباکتر

### ۱- مقدمه

غذاهای دریایی، کنسروسازیها، کشتارگاهها و کارخانجات یخ سازی فاضلابهای خیلی شور تولید می‌کنند. این فاضلابها دارای ترکیبات آلی و غلظتهای بالایی از نمک می‌باشند که تصفیه آنها با استفاده از میکروارگانیسم‌های معمولی که در تصفیه خانه‌های فاضلاب وجود دارند، غیر ممکن می‌باشد زیرا شوری

توسعه شهر نشینی و به موازات آن پیشرفت صنایع و کشاورزی همه مرهون وجود آب است. گسترش روزافزون جوامع بشری و توسعه صنعتی هر چند که امتیازات ویژه‌ای همراه داشته ولی مشکلاتی را نیز به ارمغان آورده است. به عنوان نمونه برخی از واحدهای صنعتی مانند کارخانجات صنایع غذایی از جمله تولید

\* مسئول مکاتبات: ayati\_bi@modares.ac.ir

خروجی واحدهای بزرگتر با دبی بیش از ۲۳۰ میلیون گالن در روز که در دوبلین و ایرلند بکار گرفته شده است، مشابه واحدهای کوچکتر می باشد [۶].

از هر دو سیستم در تصفیه فاضلابهای شهری و صنعتی و موارد دیگر در ایران و سایر کشورها استفاده شده که برخی از نتایج تحقیقات جدید در ادامه آمده است:

برقی و حسنی کارائی MBBR را در تصفیه فاضلابهای شور در حذف COD<sup>۴</sup> تحت تاثیر پارامترهای مهم میزان بار هیدرولیکی، بار آلی و غلظت نمک بررسی کرده اند. طبق نتایج حاصل، راندمان حذف ترکیبات آلی و COD در غلظت نمک ۰/۷٪، بیش از ۹۰ درصد بوده است. همچنین در غلظت نمک ۱٪ در بار آلی ورودی کم، راندمان حذف بیش از ۹۰٪ و در بار آلی زیاد بیش از ۸۰٪ گزارش شده اما در غلظت نمک بالای ۲/۵٪، بازدهی حذف COD به حدود ۷۱/۱۵٪ کاهش یافته است [۷].

گودرزی در مطالعه مروری راکتورهای بیوفیلمی با بستر متحرک، این نوع سیستم ها را برای تصفیه فاضلاب شهری و پساب استخرهای پرورش ماهی و نیز تصفیه فاضلابهای صنعتی نظیر کارخانجات تولید کاغذ، خمیر چوب، لبنیات و تولید پنیر، کشتارگاهها و پالایشگاهها موفقیت آمیز گزارش کرده است [۸].

ایگور در سال ۲۰۰۶ به بررسی میزان حذف مواد مغذی در فاضلابهای شور با استفاده از راکتورهای ناپیوسته متوالی پرداخت. در این تحقیق، میزان COD از محدوده ۴۲/۶-۶۳/۳ mg/L به ۳۴-۴۲/۵ mg/L در غلظت کمتر از ۱ درصد نمک کاهش یافت. همچنین در غلظت ۳ تا ۶ درصد نمک کاهش COD از ۲۶/۷ به ۱۰/۷ میلی گرم بر لیتر حاصل شد [۴].

رنه و همکاران، راندمانهای بالاتر از ۹۰٪ حذف نیتروژن در پدیده نیتریفیکاسیون و بیشتر از ۸۰٪ حذف COD را در غلظت نمک ۳/۲٪ طی تحقیقی در رابطه با تاثیر میزان COD/N و شوری بر بازدهی راکتورهای ناپیوسته متوالی گزارش کردند [۹].

ابطحی و همکاران در بررسی راکتورهای ناپیوسته متوالی در حذف نیتروژن از فاضلاب مصنوعی مشابه خانگی در مقیاس پایلوت به بیشترین بازدهی حذف مواد آلی و نیتروژن به ترتیب ۹۳/۴ و ۹۹/۶ درصد دست یافتند [۱۰].

لذا با توجه به مشکلات تصفیه بیولوژیکی فاضلابهای شور و

بالا باعث پلاسمولیز شدن میکروارگانیسم و در نهایت از بین رفتن آنها می شود. جهت تصفیه فاضلابهای شور روشهای متعددی وجود دارد که از جمله آنها دو روش نوین و کارآمد راکتورهای بیوفیلمی با بستر متحرک (MBBR)<sup>۱</sup> و راکتورهای ناپیوسته متوالی (SBR)<sup>۲</sup> به ترتیب با رشد چسبیده و معلق می باشند [۱].

سیستم MBBR به دلیل عدم نیاز به شستشوی معکوس، عدم گرفتگی، توزیع یکنواخت بار در تمام سطح حاملها در بیوفیلیم غرق شده، افت فشار ناچیز و سطح ویژه مناسب برای رشد بیوفیلیم، در نروژ در اواخر دهه ۱۹۸۰ و در اوایل دهه ۱۹۹۰ توسعه یافت. حدود ۷۰ درصد حجم این راکتور از حاملهای بیوفیلمی مانند کالندنس<sup>۳</sup> که عموماً از جنس پلی اتیلن می باشند پر شده و توسط همزدن (نوع بیهوازی) و تزریق هوا (نوع هوازی) به صورت معلق در می آیند. هم اکنون این روش یک موفقیت تجاری به حساب می آید بطوریکه بیش از ۴۰۰ واحد تصفیه فاضلاب در مقیاس بزرگ و نیز در واحدهای کوچک به منظور تصفیه در محل، بر پایه این فرآیند وجود دارند. در سالیان اخیر، انجام عملیات تصفیه توسط این روش بر روی خروجی بسیاری از صنایع (مانند صنایع کاغذ) و فاضلاب کارخانه های پنیرسازی، پالایشگاهها و همچنین فاضلابهای شهری با موفقیت مورد استفاده قرار گرفته است [۲].

سیستم SBR یکی از انواع اصلاح شده لجن فعال است که فرایند اولیه آن در اوایل سال ۱۹۷۰ در آمریکا به کار گرفته شد اما در سایر کشورها تا سال ۱۹۸۰ مورد توجه قرار نگرفت. در چین اولین واحد SBR در سال ۱۹۸۵ برای تصفیه فاضلاب خانگی و صنایع گوشت به کار برده شد [۳]. این سیستم ممکن است به صورت یک تانک منفرد یا چند تانک متوالی باشد. در هر راکتور SBR مراحل پرکردن، واکنش، ته نشینی، تخلیه و سکون وجود دارد [۴]. طی ۲۵ سال اخیر بیش از ۱۳۰۰ واحد در آمریکا، کانادا و اروپا به طور موفقیت آمیزی استفاده شده که تعداد آنها در شمال آمریکا به سرعت در حال رشد است [۵]. بسیاری از این تأسیسات برای اجتماعات کوچک با فاضلاب تولیدی کمتر از یک میلیون گالن در ساعت استفاده شده است. البته کیفیت پساب

1. Moving Bed Biofilm Reactor
2. Sequencing Batch Reactor
3. Kaldnes

4. Chemical Oxygen Demand

به منظور راه‌اندازی راکتورها، لجن برگشتی حوض لجن فعال تصفیه خانه اکباتان (یک سوم حجم راکتورها توسط لجن با MLSS معادل ۲۵۰۰ mg/L و مابقی حجم راکتورها تا حجم مفید ۵ لیتر با آب شهری پر شد) مورد استفاده قرار گرفت.

جدول ۱ مشخصات فیزیکی بیوراکتورها

پارامتر	میزان
جنس راکتور	پلکسی گلاس
ضخامت دیواره (mm)	۴
قطر داخلی (cm)	۱۰
ارتفاع (cm)	۷۰
حجم مفید (L)	۵

ترکیب خوراک ورودی به سیستم شامل گلوکز (منبع کربنی)، اوره (منبع نیتروژن) و نمکهای بافر فسفات  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  و  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  (منبع فسفر و مواد مغذی برای رشد میکروارگانیسم ها) جهت تامین نسبت COD/N/P در حدود ۱۰۰/۵/۱ و مواد ریزمغذی<sup>۲</sup> شامل سولفات منیزیم (۵ mg/L)، کلریدکلسیم (۰/۴ mg/L)، کلرید آهن(III) (۵ mg/L) و سدیم مولیبدات دو آبه (۱/۲۶ mg/L) سیستم اضافه می‌شد. جهت تامین شوری از نمک طعام (NaCl) استفاده شد که تا غلظت ۳۰۰۰ mg/L (دو ماه) به صورت تدریجی به راکتورها تزریق شد تا میکروارگانیسم های موجود در راکتورها با آن انطباق<sup>۳</sup> پیدا کنند (شکل ۲). میزان هوادهی به راکتورها به گونه‌ای تنظیم شد که ضمن هوادهی، اختلاط آرامی در داخل راکتورها حاصل آید. در طی تحقیق، میزان اکسیژن محلول در هر سه راکتور در حدود ۳/۵-۴ mg/L، دما در محدوده  $23 \pm 2$  درجه سلسیوس و pH در محدوده  $7 \pm 0.2$  کنترل شد.

در مرحله افزایش بار، در هر دو سیستم پس از افزودن خوراک و شوری با غلظت معین و گذشت نیمی از زمان ماند (یک روز) پساب راکتور اول SBR به راکتور دوم تزریق و در نهایت با اتمام زمان ماند ۴۸ ساعت از راکتور MBBR و راکتور دوم SBR در حالت اختلاط نمونه برداری و پارامترهای شاخص شوری یعنی هدایت الکتریکی<sup>۴</sup> (EC) و کلرینیتی (Cl<sup>-</sup>) و نیز COD تعیین می‌شد.

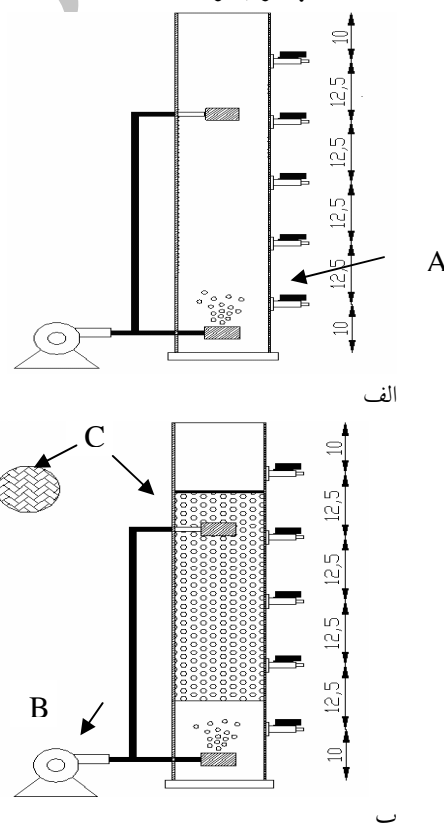
2. Micronutrient
3. Adaptation
4. Electrical Conductivity

کاهش راندمان به دلیل اثرات مخرب شوری بر میکروارگانیسم ها، هدف از این تحقیق مقایسه قابلیت دو سیستم بیولوژیکی پیشرفته شامل MBBR و SBR با ایجاد شرایط مناسب جهت افزایش راندمان تصفیه فاضلابهای شور بوده است.

## ۲- روش تحقیق، مواد و تجهیزات

### ۲-۱- روش تحقیق

در طی دوره تحقیق از سه راکتور استوانه ای مشابه از جنس پلکسی گلاس شامل یک سیستم MBBR و دو سیستم سری SBR که مشخصات و شماتیک آنها به ترتیب در جدول و شکل ۱ آمده است، استفاده شد. در این تحقیق از آکنه‌های<sup>۱</sup> استاندارد کالدنس در سیستم MBBR برای افزایش سطح ویژه جهت رشد میکروارگانیسم های چسبیده استفاده شد که مشخصات آنها در جدول ۲ آمده است



شکل ۱ طرح شماتیک سیستمهای الف) SBR و ب) MBBR مورد استفاده در تحقیق

A: شیرهای نمونه برداری B: پمپ هوادهی  
C: صفحه مشبک جهت جلوگیری از خروج آکنه ها

1. Packing or Media

جدول ۲ مشخصات آکنه‌های مورد استفاده در تحقیق

میزان	مشخصات	میزان	مشخصات
۰/۹۶	دانسیته (g/cm)	۱۲۲۴	سطح کل هر آکنه (mm <sup>2</sup> /piece)
۶۰۴	تعداد آکنه‌ها در یک لیتر	۸۵۷	سطح مؤثر هر آکنه (mm <sup>2</sup> /piece)
۷۳۹	سطح مخصوص کل (m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> )	۷	ارتفاع (mm)
۵۱۷	سطح مخصوص قابل رشد (m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> )	۱۰	قطر (mm)
۳۰ و ۵۰ و ۷۰	میزان پرشدگی (%)	۰/۱۷۰۲۴	متوسط وزن یک آکنه (g)

استفاده می‌گردد. هدایت الکتریکی طبق یک رابطه تجربی قابل تبدیل به شوری می‌باشد [۴]. اما از آنجا که در این تحقیق، مقادیر هدایت الکتریکی به خوبی تغییرات ناشی از افزایش و کاهش شوری را در بیوراکتورها نشان می‌داد از تبدیل این مقادیر به شوری خودداری نموده و این پارامتر به صورت مستقیم مورد بررسی قرار گرفت.

\* COD راکتور: ساخت شرکت امریکایی Hach با ۱۶ جالوله‌ای جهت اندازه‌گیری COD به روش آمپول.

\* اسپکتروفتومتر: ساخت شرکت امریکایی Perkin Elmer مدل Lambda EZ 150 دیجیتال جهت تعیین میزان جذب و COD و طیف جذبی آلاینده‌ها و میزان غلظت

\* pH متر: ساخت شرکت سوئیسی Metrohm با الکتروود دیجیتال

\* DO متر: ساخت شرکت اسپانیایی Crison مدل OXI45

\* سانتریفوژ: ساخت شرکت آلمانی Sigma به منظور جداسازی ذرات معلق و کلونیدی از محلول

\* میکروسکوپ نوری دو چشمی: ساخت شرکت آلمانی Zeiss با بزرگنمایی حداکثر ۱۰۰۰ برابر

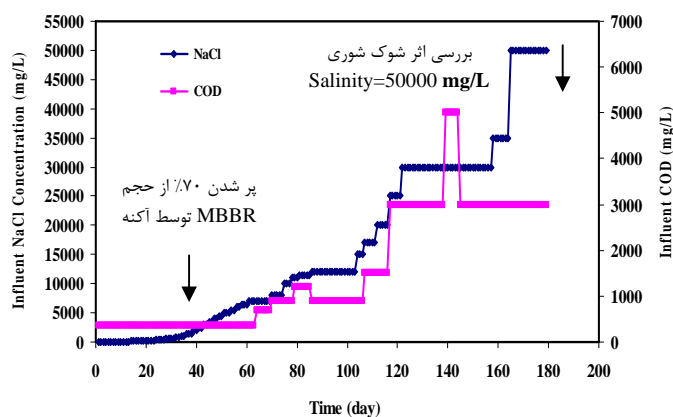
در مرحله بررسی نقش آکنه‌ها در راندمان حذف سیستم MBBR، حجم آکنه‌های موجود از میزان ۷۰ به ترتیب به ۵۰ و ۳۰ درصد تقلیل داده شد و میزان باردهی که بالاترین راندمان حذف را داشت ملاک عمل قرار گرفت تا میزان راندمان با درصد آکنه‌های جدید موجود در راکتور تعیین شود. در ادامه با تخلیه آرام کلیه آکنه‌ها، به بررسی نقش میکروارگانیسم‌های معلق در این سیستم پرداخته شد.

جهت بررسی میکروارگانیسم‌های موجود در دو سیستم از جمله گونه‌های مقاوم به شوری، با انجام کشت میکروبی در محیط کشت مولر هینتون آگار و مشاهدات اولیه بر روی پلیت‌ها، کلنی‌های رشد یافته در پلیت‌ها تعیین و شمارش و بعد از مشخص نمودن مکان و تعداد کلنی‌ها به رنگ آمیزی آنها اقدام گردید.

## ۲-۲- مواد و تجهیزات مورد نیاز

در این تحقیق کلیه آزمایشات بر اساس دستورالعمل‌های ارائه شده در کتاب روش‌های استاندارد برای آزمایشات آب و فاضلاب [۱۱] صورت گرفت و پس از بررسی کلیه روش‌ها با توجه به تجهیزات و امکانات موجود، بهترین روش انتخاب شد. تجهیزات و دستگاه‌های آزمایشگاهی مورد استفاده در طی تحقیق به شرح زیر می‌باشند:

\* EC متر: ساخت شرکت ایتالیایی Martini مدل MI805 جهت اندازه‌گیری مقدار شوری با استفاده از پارامتر هدایت الکتریکی. از آنجایی که تعیین مقدار جرم نمک موجود در محلول با خشک کردن و توزین، وقت گیر و با دقت بسیار پایین انجام می‌شود، در سال‌های اخیر جهت تعیین شوری از پارامترهایی نظیر هدایت الکتریکی، چگالی، سرعت عمق و شاخص بازتابش



شکل ۲ روند افزایش شوری و COD طی دوره تحقیق

1. Density

اثرات مخرب شوری و پلاسمولیز شدن دیواره سلولی میکروارگانیسم ها، جمعیت میکربی موثر در امر تصفیه فاضلاب در بیوراکتورها کاهش می یابد و در نهایت میکروارگانیسمهای نمک دوست (هالوفیل) و مقاوم به شوری در بیوراکتورها باقی می ماند [۱۲].

نکته قابل ذکر اینکه در طول دوره تحقیق، میزان شاخص حجمی لجن<sup>۱</sup> (SVI) در محدوده ۹۵ تا ۱۱۰، مقدار مواد جامد معلق بیولوژیکی در محدوده ۲۵۰۰ تا ۲۹۰۰ mg/L و نسبت MLVSS/MLSS در محدوده ۰/۶۸ تا ۰/۹۲ قرار داشت که حاکی از کیفیت مناسب لجن و سازگاری خوب میکروارگانیسم ها با غلظتهای بالای شوری می باشد.

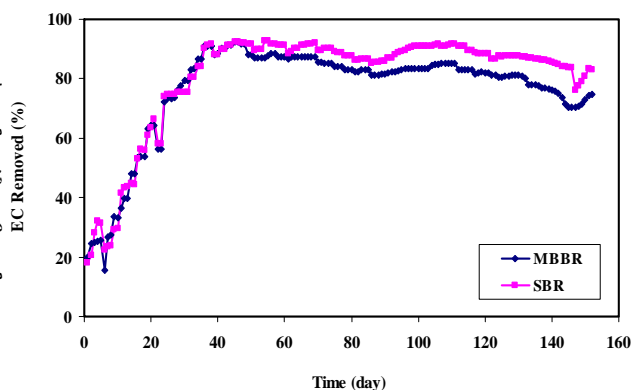
### ۳-۲- اثر شوری بر میزان حذف COD

از آنجا که شوری تاثیر نامطلوبی بر میکروارگانیسم ها گذاشته و باعث لیز شدن دیواره سلولی و در نهایت مرگ سلولی و از بین رفتن آنها می شود، بنابراین میزان تاثیر میکروارگانیسم ها بر تصفیه ترکیبات آلی کاهش خواهد یافت [۱۳]. در شکل ۴ راندمان حذف ترکیبات آلی در دو سیستم با افزایش تدریجی غلظت شوری نشان داده شده است. مشاهده می شود که با افزایش شوری، میزان حذف COD نیز کاهش می یابد. اندازه گیری پارامتر COD از غلظت ۳۰۰۰ mg/L آغاز و تا غلظت ۳۰۰۰ mg/L نمک به صورت دوره ای ادامه یافت. همچنین با افزایش غلظت ترکیبات آلی ورودی در یک غلظت ثابت از شوری (۳۰۰۰ mg/L و ۱۲۰۰۰ mg/L) به بررسی تغییرات راندمان حذف پرداخته شد. در ابتدا خوراک ورودی به بیوراکتورها دارای غلظت ۳۶۰ mg/L بود که این غلظت تا ۳۰۰۰ mg/L ادامه داشته است. در ادامه غلظت COD ورودی به (۷۰۰ mg/L-۹۰۰-۱۲۰۰-۳۰۰۰) افزایش داده شد که مشابه غلظت ترکیبات آلی در فاضلاب کارخانه جات تولید کنسرو ماهی می باشد. در این حالات، راندمان حذف COD بهبود یافته و به حدود ۹۰ درصد افزایش یافت. با افزایش غلظت شوری در بیوراکتورها راندمان حذف ترکیبات آلی کاهش ملامی داشت که در غلظت ۳۰۰۰ mg/L نمک، راندمان حذف COD در سیستم MBBR

## ۳- تحلیل و نتایج

### ۳-۱- کارایی بیوراکتورها در حذف شوری

در شکل ۳ نحوه حذف شوری با استفاده از مقادیر هدایت الکتریکی طی دوره ۵ ماهه نشان داده شده است.

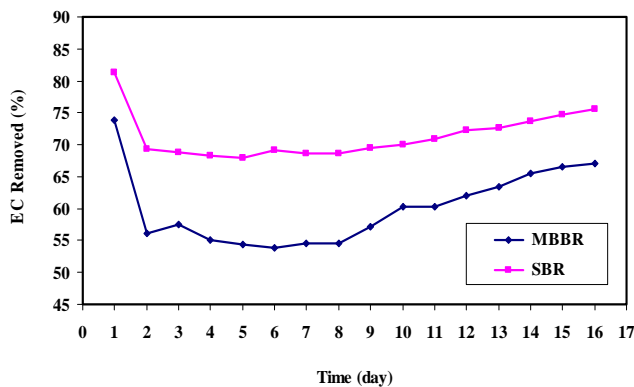


شکل ۳ راندمان حذف شوری در بیوراکتورها

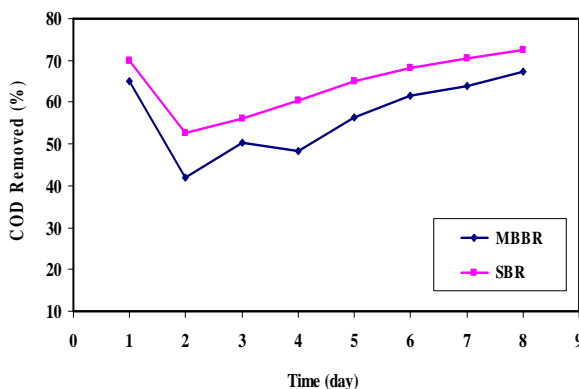
همانطور که مشاهده می شود، روند تغییرات با افزایش غلظت نمک همراه بوده است. در ابتدای راه اندازی، راندمان حذف شوری در هر دو سیستم در حدود ۲۰-۳۰ درصد بدست آمد که به تدریج و با افزایش پله ای غلظت نمک افزایش یافت. این افزایش در روز چهارم به حداکثر میزان ۹۴ درصد در هر دو سیستم در غلظتهای زیر ۵۰۰۰ mg/L نمک رسید. راندمان حذف شوری در غلظتهای بین ۵۰۰۰ تا ۷۰۰۰ میلی گرم بر لیتر نیز در هر دو سیستم روند تقریباً مشابهی داشت اما پس از اضافه نمودن آکنه ها به سیستم MBBR و افزایش غلظت، تغییر نمود. همانطور که مشاهده می شود، راندمان حذف شوری تا غلظت ۳۰۰۰۰ mg/L در راکتورهای سری SBR در حدود ۹۰ درصد و در راکتور MBBR در حدود ۸۳ درصد می باشد بعبارتی رشد معلق میکروارگانیسمها در راکتورهای سری SBR در مقایسه با راندمان چسبیده در سیستم MBBR از توانایی و قابلیت بیشتری برای حذف شوری برخوردار می باشد. با ادامه افزایش غلظت شوری (۳۰۰۰۰ mg/L نمک) راندمان حذف شوری در هر دو راکتور روند کندی داشت. بعبارتی با افزایش غلظت نمک تعداد محدودی از میکروارگانیسم ها با شوری انطباق می یابند و به دلیل

1. Sludge Volume Index  
2. Mixed Liquor Suspended Solids  
3. Mixed Liquors Volatile Suspended Solids

بالتر از ۳٪ نمک رشد و نمو داشته و فعالیتشان را آغاز می کنند [۱۴]. بنابراین باکتریهای نمک دوست متوسط و شدید در غلظت ۵٪ نمک باقی مانده و مابقی هالوفیلها که قدرت تحمل نمک را تا این غلظت ندارند از بین می روند. در نهایت با کاهش جمعیت توده زیستی راندمان حذف نیز به شدت کاهش می یابد لذا جهت افزایش هالوفیلهای سازگار با غلظت ۵٪ نمک در بیوراکتورها نیاز به گذشت زمان می باشد.



شکل ۵ تغییرات هدایت الکتریکی در بیوراکتورها پس از اعمال شوک



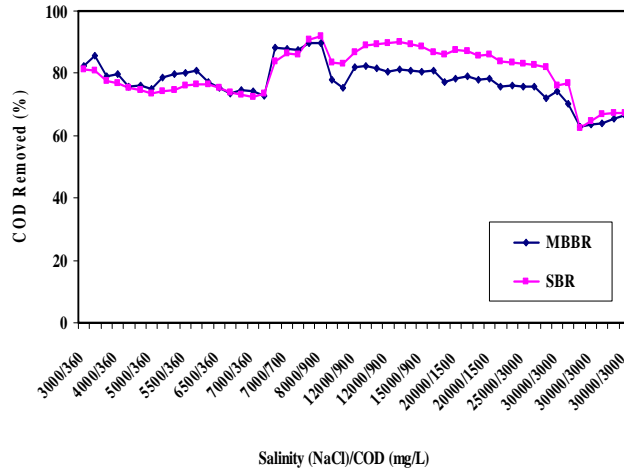
شکل ۶ راندمان حذف COD در بیوراکتورها پس از اعمال شوک

### ۳-۴- نقش درصد پرشدگی آکنه‌ها در

#### MBBR

نتایج حاکی از نقش درصد پرشدگی آکنه‌ها به میزان ۷۰، ۵۰ و ۳۰ درصد در سیستم MBBR بر راندمان حذف شوری در غلظتهای نمک ۲ و ۳/۵ درصد و زمان ماند ۴۸ ساعت در شکل ۷ ارائه شده است. مشاهده می‌شود که راندمان حذف شوری در درصد پرشدگی‌های مختلف تغییر محسوسی نداشته است بعبارتی نتایج مشابه عملکرد سیستم در پرشدگی‌های مختلف با وجود

تقریباً به ۷۸ درصد و در سیستم SBR به حدود ۸۵ درصد کاهش یافت.



شکل ۴ راندمان حذف COD در بیوراکتورها

### ۳-۳- اثر شوک بر کارایی بیوراکتورها

در انتهای دوره تحقیق با افزایش ناگهانی غلظت نمک به حدود ۵۰۰۰۰ mg/L شوک شدیدی در بیوراکتورها ایجاد گردید که با ایجاد اثرات نامطلوب بر جمعیت میکروبی هالوفیل‌های موجود، کاهش شدیدی در راندمان حذف شوری و COD (شکل‌های ۵ و ۶) مشاهده شد. مطابق شکل ۵، راندمان حذف شوری در سیستمهای MBBR و SBR به ترتیب به ۵۶ و ۶۸ درصد رسید که پس از ۱۴ دوره (۲۸ روز) به مقدار اولیه قبل از اعمال شوک رسید. مطابق شکل ۶ نیز کاهش راندمان حذف ترکیبات آلی طی ایجاد شوک با شوری ۵٪ بیانگر کاهش راندمان COD در MBBR به ۴۲ درصد و در SBR به ۵۴ درصد می باشد که پس از ۶ دوره (۱۲ روز) به مقدار اولیه قبل از اعمال شوک رسید. از آنجایی که جمعیت توده زیستی<sup>۱</sup> سازگار یافته با شوری شامل انواع مختلفی از هالوفیلها می باشند لذا از نظر متابولیسی و نیاز به محیط رشد مناسب متنوع بوده و به صورت باکتریهای غیر نمک دوست (غیر هالوفیل)، کمی هالوفیلیک، نمک دوست متوسط، نمک دوست شدید طبقه بندی می شوند. باکتریهای غیر هالوفیل و کمی هالوفیل در غلظتهای کمتر از ۱٪ نمک به خوبی رشد نموده ولی باکتریهای نمک دوست متوسط و شدید در غلظتهای

1. Biomass

عبارتند از:

\* کارایی هر دو سیستم در تصفیه و حذف شوری در مقادیر پایین (۰/۵٪) معادل ۹۴ درصد بود اما در غلظت بالای نمک (۳٪)، راندمان حذف شوری در سیستم SBR (۹۰ درصد) نسبت به MBBR (۸۳ درصد) افزایش یافت. عبارت دیگر رشد معلق میکروارگانیسم ها در راکتورهای سری SBR در مقایسه با رشد چسبیده بر روی آکنه های موجود در سیستم MBBR از توانایی و قابلیت بیشتری برای حذف شوری برخوردار می باشند.

\* راندمان حذف ترکیبات آلی (COD) در بیشترین غلظت بررسی شده (۳٪) نمک به ترتیب در سیستمهای MBBR و SBR ۸۰ و ۸۵ درصد به دست آمد.

\* ایجاد شوک با افزایش ناگهانی غلظت نمک به  $50000 \text{ mg/L}$  بر راندمان حذف شوری و ترکیبات آلی به شدت تاثیر داشت و راندمان حذف شوری در سیستمهای MBBR و SBR به حدود ۵۵ و ۶۹ درصد کاهش یافت که بعد از ۲۸ روز برطرف شد.

## ۵- منابع

- [1] Amani, N. "Effect of salt concentration on the performance of moving bed biofilm reactor (MBBR) in treating saline wastewater", The 8th National Conference on Environmental Health, Tehran University of Medical Science, 2005.
- [2] Borghei M. "Use of moving bed biofilm reactor (MBBR) in treating sanitary wastewater to increase the existing plants capacity", Water Treatment Association Newsletter, pp. 14-18, 2006
- [3] Monajjemi, P., "Pilot scale study of high-nitrogen industrial wastewater treatment using SBR", Water and Wastewater Journal, Vol. 53, pp. 49-53, 2008
- [4] Uygur, A. "Specific nutrient removal rates in saline wastewater treatment using sequencing batch reactor", Journal of Process Biochemistry, Vol. 41, No. 1, pp. 61-66, 2006.
- [5] Dupla, M., Comeau, Y., Parent, S., Villemur, R. and Jolicoeur, M. "Design optimization of a self-cleaning moving-bed bioreactor for seawater denitrification", Journal of Water Research, Vol. 40, No. 2, pp 249-258, 2006.
- [6] Westgarth, W.C. Sulzer, F.T. Okun, D.A. "Anaerobiosis in the activated sludge process",

کاهش میزان آکنه ها، حاکی از تطابق میکروارگانیسم ها با شوری با توجه به گذشت زمان می باشد.

## ۳-۵- اثر میکروارگانیسم های معلق در

### MBBR

در انتهای دوره، در غلظت ۲٪ نمک و زمان ماند ۴۸ ساعت اثر میکروارگانیسمهای معلق (بدون حضور آکنه) در فرایند تصفیه مورد بررسی قرار گرفت و راندمان حذف ۷۱/۹ درصد حاصل گردید که در مقایسه با راندمان حذف شوری در همین غلظت و با حضور میکروارگانیسم های چسبیده و معلق، کاهش چشمگیری نداشت. این مطلب حاکی از نقش اصلی میکروارگانیسم های چسبیده در حذف شوری در سیستم MBBR می باشد.

## ۳-۶- بررسی و مطالعه کشت، خالص سازی و

### رنگ آمیزی هالوفیل های موجود در بیوراکتورها

پس از انجام کشت میکروبی در محیط مولر هیتون آگار در اکثر پلیت ها، کلنی های نسبتا بزرگ و شیری رنگ دیده شد که بیانگر باکتریهای غالب در بیوراکتورها بودند. اکثر این کلنی ها توده هایی از باکتریهای گرم منفی بودند که در رنگ آمیزی به رنگ صورتی براق درآمدند. علاوه بر این کلنی های دیگری به صورت توده های برجسته و زرد رنگ نیز در تعدادی از پلیتها مشاهده گردید که نشان دهنده توده هایی از باکتریهای گرم مثبت بودند که در رنگ آمیزی به رنگ بنفش تیره درآمدند و تعداد آنها بسیار کم بود. همچنین کلنیهای دیگری به صورت توده های آتشفشانی و نیز ریز سوزنی در سطح پلیتها به صورت گسترده همراه با سایر کلنی ها مشاهده گردید. طی بررسی هالوباکترهای رنگ آمیزی شده با میکروسکوپ چشمی، انواع مختلف باسیلها و کوکسیهای گرم منفی و نیز پروتوزورها<sup>۱</sup> و نماتدها<sup>۲</sup> نیز مشاهده شدند.

## ۴- نتیجه گیری

سیستمهای MBBR و SBR تحت شرایط یکسانی از نظر زمان واکنش ۴۸ ساعت و زمان ماند سلولی ۱۰ روز در بیوراکتورها و شرایط عملیاتی برای تصفیه فاضلابهای شور مورد استفاده قرار گرفتند. مهمترین نتایج بدست آمده از این تحقیق بطور خلاصه

1. Protozoa
2. Nematode

- from synthetic sanitary wastewater using SBR in pilot scale", The Second Conference on Environmental Engineering, 2008.
- [11] APHA/AWWA/WEF. "Standard methods for the examination of water and wastewater", 2005, Washington DC, USA. Publisher.
- [12] Uygur, A. Kargi, F. "Salt inhibition on biological nutrient removal from saline wastewater in a sequencing batch reactor", Enzyme and Microbial Technology, Vol. 34, No. 3-4, pp 313-318, 2004.
- [13] Lefebvre, O., Moletta, R., "Treatment of organic pollution in industrial saline wastewater", Journal of Water Research, Vol. 40, No. 20, pp 3671-3682, 2006.
- [14] Noel R.K., John. G. Holt, "Bergeys manual of systematic bacteriology", Vol. 2, pp. 261-267, 1984.
- 1964, Proceeding of the Second IAWPRC Conference, Tokyo, pp. 43-54.
- [7] Borghei M., Hassani A.H. "Biofilm moving bed reactor (MBBR) mathematical model in saline wastewater treatment", Environmental Science and Technology, No. 27, pp. 2-15, 2005
- [8] Goodarzi, B. "Study of the moving bed biofilm reactors (MBBR)", The Second Conference on Environmental Engineering, 2008
- [9] Eldon R.R., Sung J.K., Hung S.P., "Effect of COD/N Ratio and salinity on performance of sequencing batch reactor", Journal of Bioresource Technology, Vol. 99, No. 4, pp.839-846, 2007.
- [10] Abtahi M., Jafarzadeh N., Salami Far H., Attarzadeh Z. "Evaluation of nitrogen removal



## Comparison of moving bed biofilm and sequencing batch reactors in salty wastewater treatment of food industries

Javadi, Kh.<sup>1</sup>, Ayati, B.<sup>2\*</sup>, Ganjidoust, H.<sup>3</sup>

1- M.Sc. Student, Civil & Environmental Engineering Faculty, Tarbiat Modares University

2- Assoc. Prof., Civil & Environmental Engineering Faculty, Tarbiat Modares University, Tehran.

3- Full Prof., Civil & Environmental Engineering Faculty, Tarbiat Modares University

(Received: 88/11/19 Accepted: 88/3/5)

High concentrations of salt in beach water and some industrial wastewaters resulted in an increase in water salinity, which causes difficulties in wastewater treatment. In this research, the effect of salt concentration (up to 30000 mg/L) on the treatment efficiency rates of saline wastewater in lab- scale batch conditions of Sequencing Batch Reactors (SBR) and Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) were investigated.

The results indicated that at low concentration of salinity (0.5%) the removal rate of 94% in both MBBR and SBR has been achieved but in high concentration (3%) the efficiency of SBR (90%) was more than MBBR (83%). On the other hand attached growth in SBR has more potential to remove salinity. The rate of COD removal was 78 and 85 percent in MBBR and SBR, respectively. In the investigation of shock effect in salinity concentration of 50000 mg/L, the salinity removal efficiencies in MBBR and SBR has decreased to 56 and 68 percent respectively that has been reached to the previous level after 28 days.

**Key words:** Biological treatment, MBBR, SBR, Salinity, *Halobacter*

---

\* Corresponding Author E-Mail address: ayati\_bi@modares.ac.ir