Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 9:25 IRST on Tuesday October 23rd 2018

مجله سلامت و محیط، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره ششم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۲، صفحات ۳۹۳ تا ۴۰۶

بررسی حذف رنگ و COD رنگ‌زای راکتیو آبی ۱۷۱ در سیستم تلفیقی اکسیداسیون پیشرفته UV/H_2O_2 و بیولوژیکی SBAR

لیلا مرادی پسند[۱]، بیتا آیتی[۲]

دریافت: ۹۱/۰۳/۰۶ پذیرش: ۹۱/۰۵/۳۱

چکیده

زمینه و هدف: در این تحقیق راندمان حذف رنگ‌زای راکتیو آبی ۱۷۱ با استفاده از فرایند تلفیقی اکسیداسیون پیشرفته UV/H_2O_2 و SBAR مورد بررسی قرار گرفت.

روش بررسی: ابتدا دو سیستم شیمیائی و بیولوژیکی هر یک بطور مجزا مورد بررسی قرار گرفت. در سیستم شیمیایی پارامترهای نوع و توان لامپ و نیز غلظت اولیه رنگ‌زا و پراکسید هیدروژن و در سیستم بیولوژیکی زمان ماند هیدرولیکی، شدت هوادهی، غلظت اولیه رنگ‌زا و درصد حذف رنگ و COD بررسی شدند. پس از تعیین شرایط بهینه و قابلیت هر یک از این سیستمها، جهت بررسی کارائی سیستم تلفیقی، خروجی فاضلاب نیمه تصفیه شده در فاز شیمیایی پس از حذف پراکسید هیدروژن باقیمانده توسط دی اکسید منگنز، وارد راکتورهای بیولوژیکی گردید.

یافته ها: در آزمایش فاز شیمیایی، غلظت ppm ۱۰۰ رنگ‌زا با استفاده از لامپ UV-C با توان W ۱۵۰ و با استفاده از mM/۰ ۱ پراکسید هیدروژن در pH=۹ در مدت زمان min ۲۵، به طور کامل رنگ‌بری شد اما راندمان حذف COD در انتهای آزمایش (min ۱۳۵)، ۸۶/۷ درصد بود. کاربرد سیستم بیولوژیکی حذف ۴۴ درصد رنگ توسط مکانیسم جذب در COD اولیه mg/L ۵۰ را به دنبال داشت که بیانگر عدم توانایی سیستم در تجزیه بیولوژیکی و شکستن مولکول رنگ‌زا بود. سیستم تلفیقی، قادر به حذف موفق تر رنگ و COD رنگ‌زا در مقایسه با انجام هر یک از فرایندها بصورت مجزا بود. به طوری‌که علاوه بر حصول رنگ‌بری کامل، در فرایند تلفیقی اول (حذف رنگ تا غلظت ppm ۴۵ در سیستم شیمیائی و تخلیه به سیستم بیولوژیکی)، میزان حذف COD رنگ‌زا به ۸۱ درصد و در فرایند تلفیقی دوم (حذف کامل رنگ در سیستم شیمیائی و تخلیه به سیستم بیولوژیکی) به ۵۲ درصد رسید.

نتیجه‌گیری: طبق نتایج بدست آمده، به دلیل پیچیده بودن ساختار رنگ‌زا، سیستم بیولوژیکی قادر به حذف کامل آلاینده نیست. ولی با تلفیق دو فرایند شیمیایی UV/H_2O_2 و بیولوژیکی SBAR، میزان تجزیه‌پذیری ترکیبات آلی افزایش می یابد که نشان‌دهنده موفق بودن فرایند تلفیقی در تجزیه ترکیبات سخت تجزیه پذیر است.

واژگان کلیدی: UV/H_2O_2، گرانول، MnO_2، جذب، هوادهی، تجزیه بیولوژیکی

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران (محیط زیست)، دانشگاه تربیت مدرس
۲-دکترای مهندسی عمران (محیط زیست)، دانشیار دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس *ayati_bi@modares.ac.ir*

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 9:25 IRST on Tuesday October 23rd 2018

مقدمه

در صنایع نساجی طی مراحل رنگرزی، حجم زیادی آب مصرف می‌شود. با توجه به اینکه تثبیت رنگ بر روی پارچه هرگز به طور کامل انجام نمی شود، فاضلاب تولیدی در این صنایع حاوی مقدار زیادی رنگ است. حضور جامدات معلق، نوسان pH و COD بالا نیز از دیگر خصوصیات این نوع فاضلاب است (۱). تخلیه چنین فاضلابی به محیط منجر به آلودگی بصری، یوتریفیکاسیون و از بین رفتن تعادل در زندگی آبزیان می‌شود. درضمن به دلیل ساختار شیمیایی این رنگ‌زاها، روش‌های معمول تصفیه شیمیایی و بیولوژیکی قادر به تصفیه آنها نیستند. افزایش نگرانی ها در مورد این پساب ها و نیز استانداردهای بین المللی محیط‌زیست، منجر به توسعه روش-های نوین در تصفیه رنگ زاها و تبدیل آنها به مواد بی‌ضرر شده است (۲).

رنگزاهای راکتیو با ساختار آزو که دارای عامل رنگی پیوند دوگانه نیتروژن هستند، از جمله رنگ‌زاهای پر کاربرد در صنایع نساجی هستند (۳). با توجه به سمیت و تجزیه‌پذیری کمی که این رنگ‌زاها دارند، در گروه مواد خطرناک برای محیط‌زیست قرار می‌گیرند که باید قبل از تخلیه، تصفیه شوند (۴). رنگ‌زا-های آزو به تجزیه بیولوژیکی در شرایط هوازی مقاوم هستند و تصفیه آنها در شرایط بی هوازی منجر به تولید ترکیبات حلقوی می شود که ممکن است سمیت آنها از خود مولکول رنگ‌زا بیشتر باشد. همچنین روش های تصفیه فیزیکی- شیمیایی از قبیل انعقاد و لخته‌سازی، جذب و فیلتراسیون غشایی دارای معایبی از جمله تولید لجن، نیاز به باز تولید جاذب و گرفتگی غشاها هستند (۵). از طرفی تحقیقات نشان داده که آلاینده های آلی از جمله رنگ‌زاها، پس از استفاده از یک روش اکسیداسیون شیمیایی مناسب، قابل تجزیه بیولوژیکی می‌شوند (۶). لذا در این تحقیق از ترکیب اکسیداسیون شیمیایی UV/H_2O_2 بعنوان پیش تصفیه و از سیستم SBAR (Subsequent Batch Airlift Reactor) جهت واحد بیولوژیکی استفاده شد.

در فرایند اکسیداسیون پیشرفته UV/H_2O_2، در اثر تابش اشعه ماوراء بنفش به پراکسید هیدروژن، رادیکال فعال هیدروکسیل تولید میشود (رابطه ۱) که به دلیل داشتن قدرت اکسیدکنندگی بالا (E^o=۲/۸eV)، منجر به شکسته شدن بخش عمده مولکول آلاینده های آلی میگردد (۷و۸).

$$H_2O_2 + h\nu \rightarrow 2OH^o \quad (1)$$

در سیستم SBAR از لجن گرانولی جهت تصفیه استفاده میشود. لجن گرانولی در واقع توده متراکمی از میلیون ها میکروارگانیسم است که به دلیل داشتن فعالیت بیولوژیکی خوب، نقش مهمی در تصفیه انواع فاضلاب دارد (۹). ساختار متراکم و مقاوم، قابلیت ته نشینی عالی و مقاومت در مقابل نرخ بالای بارگذاری آلی، از جمله مزیت های آن در مقایسه با لجن فعال معمولی است که توسعه آن را افزایش داده است (۱۰). ویژگی برجسته راکتورهای airlift، وجود یک riser داخلی به صورت یک استوانه هم محور با استوانه خارجی است که تحت عنوان down-comer نامیده می‌شود. چرخش جریان در این بخش، منجر به ارتباط بخش بالا و پایین راکتور با هم می‌شود. به دلیل این نوع چرخش، اختلاط بهتر، انتقال اکسیژن بدون همزن مکانیکی و ضریب انتقال بالای جرم و نیز رشد گرانول امکان‌پذیر می‌شود (۱۱و۱۲).

با توجه به مزیت‌های تصفیه تلفیقی، از این سیستم‌ها در حذف مواد آلی مختلف استفاده شده که در این راستا می‌توان به بررسی تجزیه‌پذیری رنگ‌زای راکتیو قرمز X-۳B در فرایند تلفیقی ازن‌زنی و فیلتر هوادهی رو به بالا (UBAF)، اشاره نمود. در این سیستم، میزان حذف رنگ‌زا و COD به ترتیب ۹۷ و ۹۰ درصد در غلظت اولیه ۵۰ mg/L رنگ‌زا بوده است (۵). همچنین از فرایند تلفیقی فتوکاتالیستی (دی اکسید تیتانیوم تثبیت شده روی شیشه) و بیولوژیکی هوازی برای تصفیه دو آفت‌کش استفاده شده که براساس نتایج حاصل، آفت‌کش ها پس از گذشت ۳۰ min از فرایند فتوکاتالیستی، قابل تجزیه بیولوژیکی شده بطوری‌که با نسبت BOD_5/COD بیش از ۰/۴، راندمان حذف بالای ۹۰ درصد گزارش شده است (۱۳). در فرایند تلفیقی اکسیداسیون شیمیایی فنتون و راکتورهای ناپیوسته متوالی (Sequencing Batch Reactor)، به منظور حذف سه رنگ‌زای راکتیو سیاه ۵، راکتیو آبی ۱۳ و اسید اورانژ ۷، مشاهده شده که در pH بهینه ۳، ۱/۰۵ mM آهن فرو و غلظت بهینه ۷۲ mM پراکسید هیدروژن، رنگ‌بری و تجزیه ۵۰ mg/L رنگ‌زا، با فرایند فنتون رخ داده بطوری‌که راندمان حذف هر سه رنگ‌زا، بالای ۹۰ درصد حاصل شده است. راندمان حذف COD نیز برای سه رنگ‌زا به ترتیب

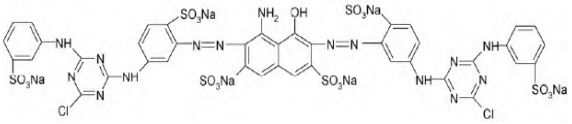
Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 9:25 IRST on Tuesday October 23rd 2018

۵۶، ۲۴ و ۸۰ درصد گزارش شده که پس از تصفیه بیولوژیکی به ترتیب به ۸۱، ۶۸ و ۹۲ درصد رسیده است (۱۴). همچنین با تلفیق اکسیداسیون فتوشیمیایی و بیولوژیکی در حذف هیدروژن اسیدی ترکیب حد واسط مورد استفاده در تهیه انواع رنگزاها با غلظت اولیه ۱۰۰ mg/L، حذف COD پس از گذشت ۵ h به میزان ۷۰ درصد حذف شده درحالی‌که در فرایند بیولوژیکی به طور مجزا میزان حذف COD در غلظت های اولیه ۵۰۰ mg/L و ۱۰۰۰، به ترتیب ۹/۵ و ۳/۵ درصد گزارش شده است (۱۵).

با توجه به مطالعات صورت گرفته، مشخص شد که رنگزای راکتیو آبی ۱۷۱ یکی از انواع پر مصرف و مقاوم در صنایع نساجی است بطوری‌که در بررسی قابلیت فرایند جذب روی خاکستر، راندمان حذف این رنگزا نسبت به سایر رنگزا-های مورد مطالعه، کمتر بوده است (۱۶). همچنین امکان تغییر ساختار آن توسط یک نوع باکتری، مورد بررسی قرار گرفته است (۱۷).

برجسته ترین ویژگی این رنگزا مشابه سایر رنگزاهای آزو، داشتن یک یا چند پیوند N=N (شکل ۱) به عنوان عامل رنگزا (Choromophore) است که بین گروه های عامل کمک رنگزا (Axochorome)، ارتباط برقرار می کند (۱۸و۱۹). از دیگر ویژگی‌ها، پودری و بدون بو بودن آن است. میزان حلالیت آن در آب ۲۰ °C، ۷۰ g/L و ساختار شیمیایی آن، $C_{۴۰}H_{۲۳}O_{۱۹}N_{۹}Na_{۶}S_{۶}Cl_{۲}$ است. همچنین pH آن در حالت عادی، ۵/۸ است (۲۰).

براساس مطالعات کتابخانه‌ای، حذف رنگزای راکتیو آبی ۱۷۱



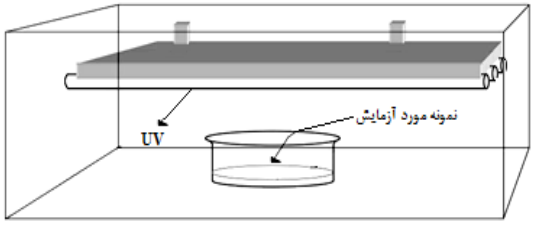
شکل ۱- ساختار شیمیایی رنگزای راکتیو آبی ۱۷۱(۱۷)

با استفاده از فرایند شیمیایی $UV/H_۲O_۲$ و راکتور بیولوژیکی SBAR، مورد بررسی قرار نگرفته است. لذا با توجه به مزیت فرایندهای تلفیقی در حذف ترکیبات سخت تجزیه‌پذیر، در این تحقیق فرایند اکسیداسیون پیشرفته $UV/H_۲O_۲$ به عنوان پیش تصفیه شیمیایی و سیستم بیولوژیکی SBAR به عنوان تصفیه نهایی در حذف این رنگزا، به کار گرفته شد. از بررسی-های جالب انجام شده در این تحقیق، مطالعه تاثیر سه مکانیسم موثر در تصفیه بیولوژیکی شامل جذب، هوادهی و تجزیه بیولوژیکی است.

مواد و روش‌ها

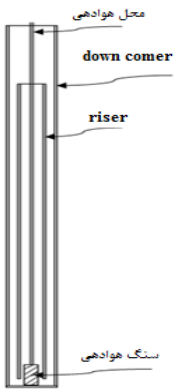
آزمایشات فاز شیمیایی در یک راکتور حاوی ۷ عدد لامپ UV-C مارک Philips به طول ۹۰ cm و با توان ۳۰ W و نیز یک ظرف به ابعاد ۱۵×۲۳ cm با حجم ۱ L انجام شد (شکل ۲). همچنین از یک لامپ UV-A جهت مقایسه در یک راکتور دیگر با مشخصات مشابه استفاده شد. جهت پیشگیری از اثرات سو و خاصیت سرطانزایی اشعه UV و نیز بازتابش اشعه به داخل سیستم، دور تا دور راکتور توسط ورق آلومینیوم ضخیم پوشش داده شد. با توجه به کم بودن زمان ماند در راکتور شیمیایی، دمای داخل محفظه تغییری نداشت و با دمای بیرون یکسان بود. اطمینان از این نکته توسط اندازه‌گیری دما با دماسنج حاصل شد.

آزمایشات فاز بیولوژیکی نیز در دو سیستم موازی SBAR



شکل ۲- شماتیک راکتور شیمیایی مورد استفاده

(شکل ۳ و جدول ۱) صورت گرفت.



شکل ۳- شماتیک راکتور بیولوژیکی مورد استفاده

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 9:25 IRST on Tuesday October 23rd 2018

جدول ۱- ابعاد راکتور بیولوژیکی مورد استفاده

پارامتر	میزان
ارتفاع استوانه خارجی down-comer (cm)	۱۱۰
ارتفاع استوانه داخلی riser (cm)	۹۰
قطر داخلی down-comer (cm)	۸
قطر داخلی riser (cm)	۴
حجم کلی پایلوت (L)	۵

راهبری این دو راکتور با استفاده از یک سیستم برقی به صورت خودکار (روزانه ۶ سیکل) انجام می‌شد بطوری‌که مدت زمان فازهای خوراک دهی، هوادهی، ته نشینی و تخلیه به ترتیب ۲، ۲۱۰، ۱۰ و ۳ بود که پس از آن راکتور به مدت ۱۵ min وارد فاز سکون می شد.

جهت انجام آزمایشات، ابتدا طول موج بیشینه ۶۰۵ nm رنگ‌زا در ناحیه مرئی با رسم طیف جذبی آن توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در گستره ۹۰۰-۲۰۰ nm بدست آمد. سپس با تهیه محلول‌هایی با غلظت های مختلف رنگ‌زا، نمودار کالیبراسیون برای رنگ‌زا رسم و از فرمول خط بدست آمده شامل Y=۹۹/۴۹۸X-۰/۸۶۳ در تعیین غلظت نمونه های مجهول استفاده شد.

هم‌زمان با تعیین شرایط بهینه در فاز شیمیایی، آزمایشات بیولوژیکی نیز آغاز گردید. به این منظور ابتدا لجن غلیظ از لجن برگشتی تصفیه خانه فاضلاب شهرک غرب تهران تهیه شد. سپس مراحل تطبیق لجن با COD معادل ۴۰۰ mg/L گلوکز و نسبت C:N:P معادل ۱۰۰:۵:۱، در دو سیستم SBAR انجام گردید. پس از تطبیق با این COD، روند خوراک‌دهی به منظور تشکیل گرانول‌ها در هر دو راکتور ادامه یافت. رشد گرانول‌ها توسط مشاهدات چشمی مورد بررسی قرار گرفت. دو ماه پس از راهاندازی که گرانول‌ها به رشد مطلوبی رسیده بودند، خوراکدهی یکی از راکتورها به عنوان شاهد (R۱)، به همین صورت ادامه یافت وسازگار نمودن میکروارگانیسم های راکتور دوم (R۲) توسط فاضلاب سنتزی حاوی رنگ‌زا و با COD اولیه ۱۰ mg/L رنگ‌زا، COD=۳۹۰ mg/L گلوکز، آغاز شد. به دلیل کند بودن روند حذف رنگ‌زا، زمان ماند در این راکتور به ۲۴ h افزایش یافت. پس از رسیدن به شرایط پایدار در حذف رنگ‌زا، COD رنگ‌زا به ۲۰ mg/L و COD گلوکز به ۳۸۰ mg/L رسانده شد. این روند خوراک‌دهی نیز تا رسیدن به شرایط پایدار ادامه یافت. در آخرین مرحله، COD با خوراک‌دهی رنگ‌زا و گلوکز به ترتیب ۵۰ mg/L و ۳۵۰ رسید زیرا با توجه به ساختار پیچیده رنگ‌زا، افزایش بیش از این مقدار COD به دلیل کاهش راندمان حذف، امکان‌پذیر نشد.

با توجه به نقش موثر سه مکانیسم جذب، هوادهی و تجزیه بیولوژیکی در حذف مواد آلی توسط فرایندهای بیولوژیکی (۲۱)، به موازات تحقیق، به بررسی نقش هر یک از این عوامل در حذف رنگ‌زا نیز پرداخته شد.

جهت بررسی اثر جذب (مکانیسم اول) ابتدا با برداشت ۱۰ mL نمونه از راکتور و سانتریفوژ کردن آن، آب رویی جدا و روی آن الکل اضافه شد. مجددا محلول حاصل سانتریفوژ و میزان جذب الکل قرائت گردید. این مراحل تا ثابت شدن میزان جذب ادامه یافت. با جمع‌آوری الکل رویی در هر مرحله، غلظت رنگ‌زا در الکل بدست آمد. این کار به فواصل زمانی مشخص و به مدت ۲۴ h ادامه یافت و مشخص شد که میزان رنگ‌زای جذب شده به مقدار ثابتی میرسد که همان میزان حذف رنگ‌زا در اثر جذب است.

برای بررسی نقش هوادهی (مکانیسم دوم) و اندازه گیری میزان حذف رنگزا در اثر این مکانیسم، ابتدا یک نمونه یک لیتری از لجن داخل راکتور گرفته شد. به منظور پائین آوردن دما و قطع فعالیت میکروارگانیسم‌ها، یک حمام یخ مورد استفاده قرار گرفت تا فعالیت میکروارگانیسم‌ها به دلیل شرایط دمایی ایجاد شده قطع گردد (البته از فعالیت تعداد محدودی که در دمای زیر صفر نیز زنده می‌مانند، صرف نظر شد) (۲۲). لذا در این شرایط حذف رنگ‌زا فقط مربوط به جذب و هوادهی است که با کم کردن مقدار جذب (حاصل از مرحله قبل)، حذف رنگ‌زا در اثر هوادهی بدست می آید. نکته قابل ذکر اینکه عملیات فوق روی یک نمونه یک لیتری صورت گرفت که پس از آزمایش نیز مجددا استفاده نشد، لذا هر گونه تداخل در عملکرد میکروارگانیسم‌ها و مرگ و میر آنها، برای ادامه تحقیق مشکلی ایجاد نمی‌کرد. در ضمن با توجه به اینکه در طی انجام این آزمایش، خوراکدهی‌مشابه راکتور اصلی صورت می‌گرفت، لذا همه مراحل فعالیت بیولوژیکی نیز رخ داده است.

برای تعیین میزان حذف رنگ‌زا در اثر تجزیه بیولوژیکی (مکانیسم سوم)، میزان حذف در اثر جذب و هوادهی از مقدار کلی حذف رنگ‌زا کسر شد. همچنین تغییرات غلظت اکسیژن

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 9:25 IRST on Tuesday October 23rd 2018

محلول (DO) و پتانسیل اکسید و احیا (ORP) در فرایند بیولوژیکی بررسی شد. اندازه گیری ORP و DO، توسط دستگاه و از لحظه خوراک‌دهی، شروع شد و تا پایان یک سیکل خوراک دهی ادامه یافت.

پس از مطالعه مجزای دو سیستم شیمیائی و بیولوژیکی، فرایند تلفیقی مورد بررسی قرار گرفت. به این ترتیب که فرایند شیمیایی تا رسیدن به غلظت ppm ۴۵ (معادل COD=۵۰ mg/L رنگزا) که R۲ نیز با همین مقدار تطبیق یافته بود، انجام شد. پس از این مرحله، پساب به منظور تکمیل شدن فرایند حذف، به R۲ تخلیه شد. به منظور خوراک‌دهی R۱ (شاهد) فرایند شیمیایی تا رنگ‌بری کامل پساب انجام و سپس وارد R۱ شد. از طرفی به دلیل سمیت پراکسید هیدروژن برای میکروارگانیسم ها (۲۳) و همچنین اثر مداخله ای آن در آزمایش COD (۲۴)، به منظور تخلیه پساب به راکتورهای بیولوژیکی نیاز به حذف پراکسید هیدروژن باقیمانده در محیط بود. به این منظور از کاتالیزور دی اکسید منگنز استفاده و مقدار بهینه آن با ساخت محلول هایی با آب مقطر دو بار تقطیر که توسط دستگاه جار با دور ۱۵۰ rpm مخلوط می شد، تعیین شد. پس از قرار گرفتن محلول در دستگاه جار، در فواصل زمانی مختلف از آنها نمونه گرفته شد و آزمایش COD به منظور اثبات حضور یا عدم حضور H_2O_2، انجام گرفت.

مواد اصلی به کار رفته در این تحقیق شامل رنگزای راکتیو آبی ۱۷۱ ساخت شرکت Ciba Cron، پراکسید هیدروژن (۳۵٪ وزنی) ساخت شرکت دکتر مجللی، اسید سولفوریک، هیدروکسید سدیم، دی اکسید منگنز، سولفات نقره، سولفات جیوه و دی کرومات پتاسیم ساخت شرکت Merck و تجهیزات عمده به کار رفته شامل لامپ‌های UV-A و UV-C ساخت شرکت Philips، اسپکتروفتومتر مدل conc۵۰ ساخت شرکت Varian، pH متر ساخت شرکت Metrohm، COD، ترازوی دیجیتال ساخت شرکت Kern و دستگاه جار با مارک Aqualytic بودند.

کلیه آزمایشات بر اساس کتاب استاندارد متد (۲۵) و در دمای آزمایشگاه (°C ۲±۲۵) انجام گرفت. همچنین تعداد تکرار آزمایشات در هر مرحله، ۳ بار بود.

یافته ها

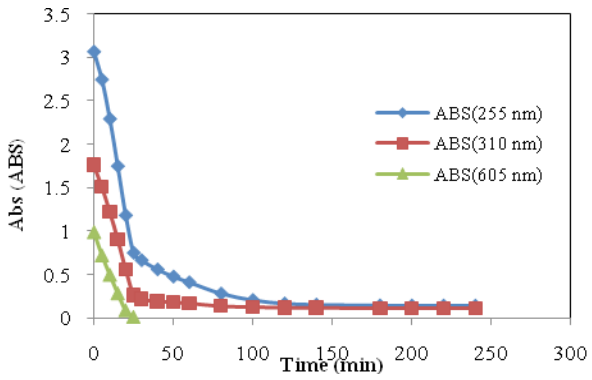
- نتایج آزمایشات فاز شیمیایی

محدوده پارامترهای مورد بررسی و شرایط بهینه بدست آمده در فاز شیمیایی بطور خلاصه در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- مقادیر بهینه بدست آمده پارامترها در فرایند اکسیداسیون پیشرفته UV/H_2O_2، در حذف رنگزا

پارامتر		محدوده مورد بررسی	مقدار بهینه
توان لامپ (W)	UV-A	۲۰	۱۵۰ UV-C
	UV-C	۲۰ -۲۱۰	
غلظت H_2O_2 (mm)		۰/۰۱-۱	۰/۱
pH		۳-۱۳	۹
غلظت رنگزا (ppm)		۱۰-۲۵۰	۱۰۰
شدت تابش (W/cm^2)		۰/۰۸۷-۰/۶۰۹	۰/۶۰۹

در آزمایش فاز شیمیایی، غلظت ppm ۱۰۰رنگزا با استفاده از لامپ UV-C با توان W ۱۵۰ در حضور mM ۰/۱ پراکسید هیدروژن در pH=۹ در مدت زمان min ۲۵، به طور کامل رنگ‌بری شد. مطابق نمودار ۱، بررسی تجزیه رنگزا در دو طول موج nm ۲۵۵ و ۳۱۰ که مربوط به حضور حلقه های فنلی و بنزنی (۲۶) است، نشان‌دهنده ادامه فرایند تخریب حلقه های آلی بود. راندمان حذف COD در انتهای آزمایش (min ۱۳۵) ۸۶/۷ درصد بدست آمد.



نمودار ۱- نحوه رنگ‌بری رنگزا در شرایط بهینه (C_0=۱۰۰ppm و P_{UV}=۱۵۰W و pH=۹ و $C_{H_2O_2}$=۰/۱ mM)

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 9:25 IRST on Tuesday October 23rd 2018

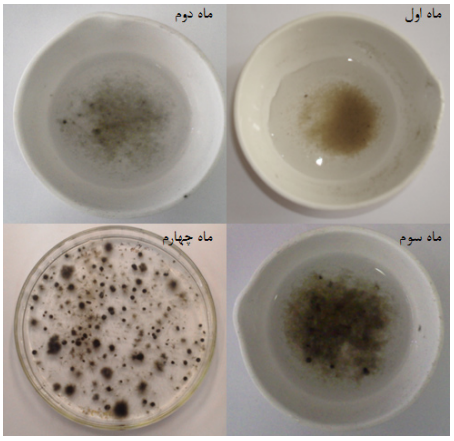
نتایج آزمایشات فاز بیولوژیکی

روند تشکیل گرانول ها

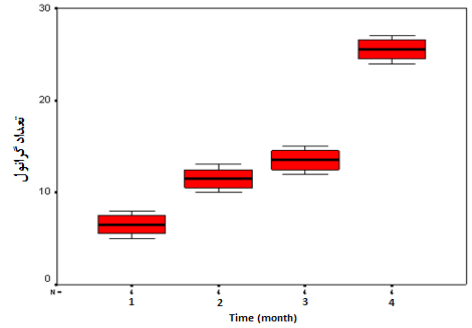
یک هفته پس از راه‌اندازی سیستم SBAR، اولین گرانول ها که بسیار ریز، قهوه ای رنگ و با اندازه تقریبی mm ۱ بودند، مشاهده شدند. رشد گرانول ها با ادامه روند خوراک‌دهی، افزایش یافت به طوری‌که پس از گذشت ۴ ماه، قطر حداکثر گرانول ها در راکتورهای R۱ و R۲ به ترتیب mm ۶ و ۳ مشاهده شد. روند رشد گرانول‌ها در شکل ۴ نشان داده شده است. پس از افزودن رنگ‌زا به سیستم، در R۲ به دلیل ایجاد حالت ممانعت کنندگی، روند رشد گرانولها کندتر شد. بررسی تعداد گرانولهای تشکیل شده در هر دو راکتور نشان داد که پس از گذشت ۴ ماه از راه‌اندازی سیستم ها، بیشترین تعداد گرانول در هر دو راکتور وجود داشته ولی تعداد میانگین آنها در mL ۵۰ نمونه که ۰/۰۱ حجم کل راکتور است، نشان‌دهنده بیشتر بودن تعداد آنها در راکتور شاهد است. نتایج به صورت Boxplot در نمودارهای ۲ و ۳ ارائه شده است.

روند حذف رنگ‌زا

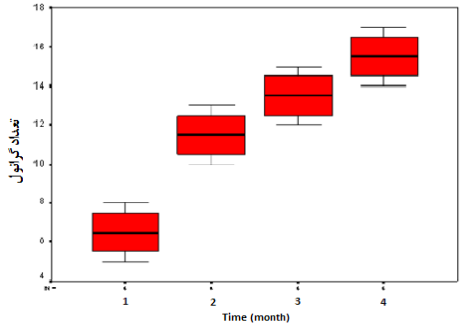
تغییرات راندمان حذف رنگ‌زا در R۲ در زمان ماند هیدرولیکی h ۲۴ در نمودار ۴ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در این راکتور همزمان با افزایش غلظت رنگ‌زای ورودی، راندمان سیستم کم می شود به طوری‌که راندمان حذف



شکل ۴- روند رشد اندازه گرانولها

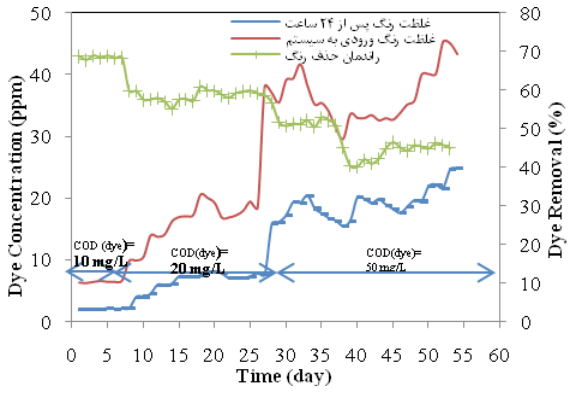


نمودار ۲- تعداد گرانولهای تشکیل شده در راکتور شاهد



نمودار ۳- تعداد گرانولهای تشکیل شده در راکتور R۲

رنگ‌زا پس از h ۲۴، در CODهای ۱۰، ۲۰ و ۵۰ به ترتیب ۶۸، ۵۹ و ۴۴ درصد است. با توجه به پائین آمدن راندمان حذف، از این مرحله به بعد افزایش COD ورودی به سیستم متوقف شد.



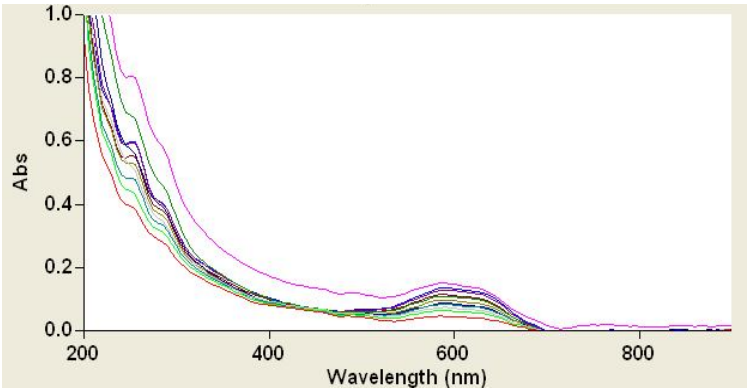
نمودار ۴- تغییرات راندمان حذف رنگ‌زا در R۲

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 9:25 IRST on Tuesday October 23rd 2018

طیف جذبی رنگزا در COD= ۵۰ mg/L طی مدت ۲۴ h و با فاصله زمانی ۲ h در نمودار ۵ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، با گذشت زمان، پیک جذبی رنگزا در طول موج ۶۰۵ nm کاهش میابد ولی بعد از اتمام زمان ماند ۲۴ ساعته به صفر نمی رسد که نشان‌دهنده عدم حذف کامل رنگزا است.

روند تغییرات MLSS و SVI

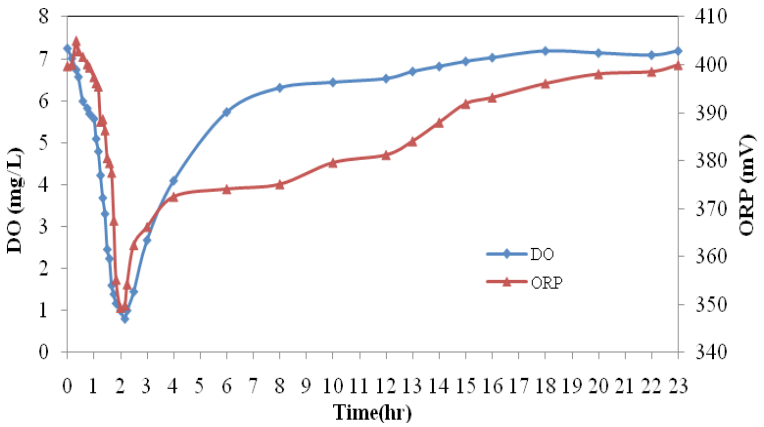
با افزایش رشد میکرواگانیسم ها، افزایش MLSS و کاهش SVI مشاهده شد که به منظور کنترل سیستم ها، تخلیه دورهای لجن صورت می‌گرفت. طبق اندازهگیری‌های انجام شده میزان MLSS در بازه ۲۰۰۰-۲۵۰۰ mg/L و SVI در R۱ و R۲ به ترتیب در محدوده ۵۰-۶۰ mL/g و ۶۰-۷۰، قرار داشت.



نمودار ۵- تغییرات طیف جذبی رنگزا در R۲ در مدت ۲۴ h (C_{dye}=۵۰ppm)

روند تغییرات DO و ORP

تغییرات DO و ORP در یک سیکل ۲۴ ساعته در R۲ در نمودار ۶ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می شود، بلافاصله پس از خوراک‌دهی با رنگزا و گلوکز در ابتدای سیکل، به دلیل مصرف گلوکز توسط میکروارگانیسم ها، غلظت اکسیژن محلول محیط پائین می آید. کاهش اکسیژن محلول در راکتور به معنی کاهش مقدار اکسنده و در نتیجه کاهش پتانسیل اکسیداسیون و احیا است. نتایج اندازه‌گیری ORP نیز این موضوع را تایید می کند.



نمودار ۶- تغییرات DO و ORP در راکتور R۲
(C_o=۵۰ ppm)

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 9:25 IRST on Tuesday October 23rd 2018

تعیین نقش مکانیسمهای موثر در تصفیه بیولوژیکی و حذف رنگزا

نتایج تأثیر هوادهی، جذب و تجزیه بیولوژیکی درحذف رنگزا در جدول ۳ ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد، راندمان حذف رنگزا در اثر جذب، هوادهی وتجزیه بیولوژیکی به ترتیب ۸۹/۸۹، ۴/۰۳ و ۶/۰۸ درصد است.

جدول ۳- نقش مکانیسم های حذف مواد آلی در حذف رنگزا

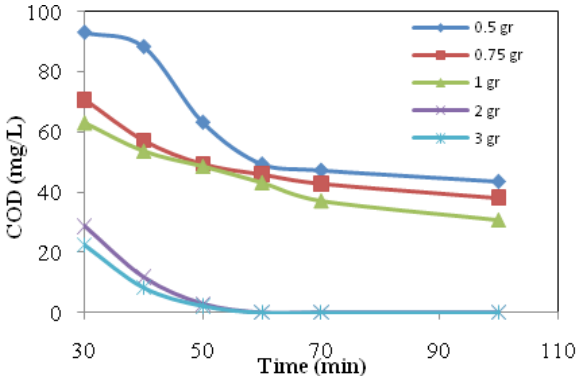
عامل حذف	مقدار حذف رنگزا	راندمان حذف (٪)
جذب	۲۲/۶	۸۹/۸۹
هوادهی	۱/۰۱۲	۴/۰۳
تجزیه	۱/۵۳	۶/۰۸

- نتایج آزمایشات فاز تلفیقی

تعیین غلظت بهینه دی اکسید منگنز

نتایج تعیین غلظت بهینه MnO_2 در نمودار ۷ ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد، پراکسید هیدروژن با غلظت بهینه بدست آمده از آزمایشات فاز شیمیائی (۰/۱ mM) توسط مقدار بهینه ۲ g از دی اکسید منگنز طی مدت ۶۰ min به طور کامل حذف می شود. در این واکنش دی اکسید منگنز به عنوان کاتالیزور عمل کرده و پراکسید هیدروژن در سطح آن به آب و اکسیژن تبدیل می‌شود (رابطه ۲) (۲۷).

پس از انجام واکنش، کاتالیزور دی اکسید منگنز ته نشین شده و به راحتی از سیستم جدا و به دفعات استفاده می گردد. ضمن اینکه ترکیبات ثانویه نیز در محیط تولید نمی شود.

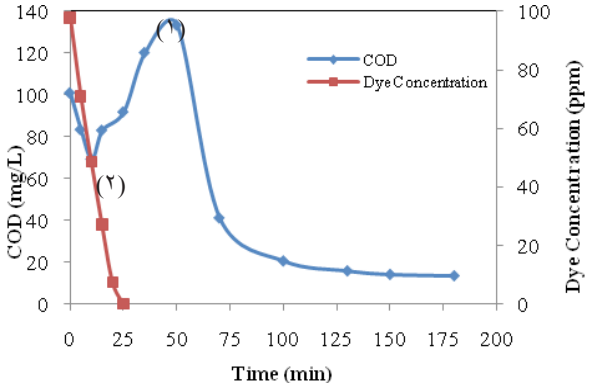


نمودار ۷- تعیین مقدار بهینه کاتالیزور دی اکسید منگنز
($C_{Hydrogen\ Peroxide}$=۰،۱mM)

تعیین شرایط تخلیه پساب از فاز شیمیایی به فاز بیولوژیکی

نتایج تغییرات COD و غلظت نمونه های رنگزا در زمان-های مختلف از راکتور شیمیایی (تحت شرایط بهینه مذکور در جدول ۲) پس از حذف H_2O_2 توسط MnO_2، در نمودار ۸ آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد، مقدار COD محلول در ابتدا یک کاهش جزئی دارد ولی با ادامه واکنش و تبدیل ترکیبات حلقوی به ترکیبات ساده‌تر، افزایش و مجددا کاهش می یابد.

مطابق نمودار در شرایط بهینه فاز شیمیایی، پس از گذشت ۱۰ min از شروع واکنش، غلظت رنگزا از ۱۰۰ به حدود ۵۰ ppm (غلظت تطبیق یافته در R۲)، می‌رسد. همچنین مقدار BOD_5 به ۲۷ mg/L و نسبت BOD_5/COD به ۰/۳۸ رسید



نمودار ۸- تغییرات COD و غلظت رنگزا در فرایند فتوشیمیایی در شرایط بهینه

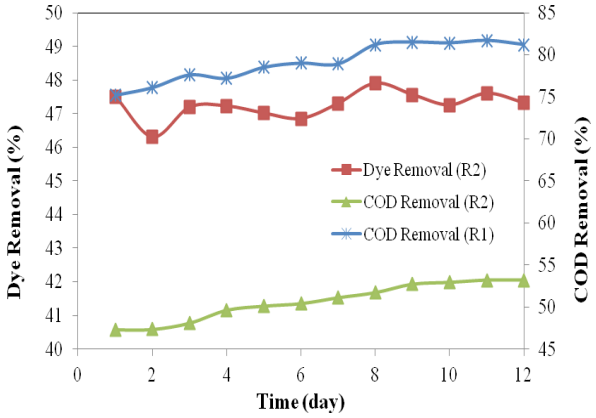
که حد آستانه برای قابلیت تجزیه بیولوژیکی، ۰/۴ انتخاب شد. لذا برای خوراک‌دهی این راکتور در فاز تلفیقی، از این پساب استفاده شد. نقطه شماره ۲ در نمودار نشان‌دهنده لحظه اتمام واکنش در راکتور شیمیایی و ورود به R۲ است. همچنین پس از گذشت ۵۰ min از ابتدای واکنش، مقدار COD به حدود ۱۳۴ mg/L، BOD_5 به ۶۰ mg/L و BOD_5/COD نیز به ۰/۴۵ می رسد که نشان می‌دهد این پساب قابل تجزیه بیولوژیکی است. نقطه شماره ۱ در نمودار که مطابق با این خصوصیات است، نشان‌دهنده لحظه ورود پساب به R۱ است.

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 9:25 IRST on Tuesday October 23rd 2018

تغییرات رنگ‌زدا و COD در فاز تلفیقی

تغییرات راندمان حذف رنگ‌زدا و COD در راکتورهای R۱ و R۲ به ترتیب در نمودارهای ۹ و ۱۰ ارائه شده است.

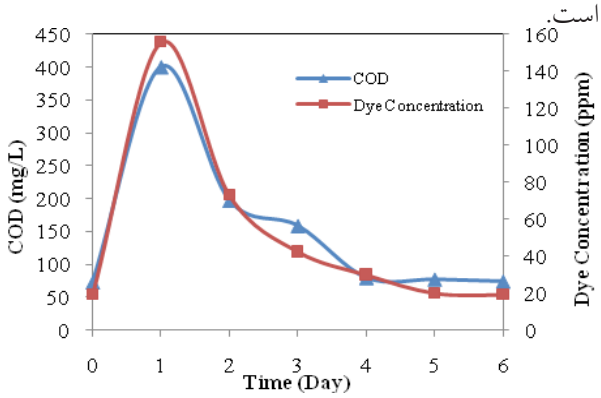
همان‌طورکه مشاهده میشود، راندمان حذف COD در R۱ (با زمان ماند h ۲۴)، پس از گذشت ۱۲ روز و ثابت شدن راندمان حذف، حدود ۸۱ درصد است. راندمان حذف رنگ‌زدا و COD در R۲ (با زمان ماند h ۲۴) نیز پس از گذشت ۱۲ روز و ثابت شدن راندمان، به ترتیب حدود ۴۷ و ۵۲ درصد است.



نمودار ۹- روند حذف رنگ‌زدا و COD در R۲

بررسی شوک‌پذیری سیستم تلفیقی

در این آزمایش، رنگ‌زدا با غلظت اولیه ۲۵۰ ppm در سیستم شیمیائی در مدت زمان ۴۵ min به غلظت ۱۵۰ ppm رسید و پس از حذف H_2O_2 باقیمانده، وارد راکتور بیولوژیکی شد. نتایج تغییرات غلظت رنگ‌زدا و COD در نمودار ۱۰ آمده است.



نمودار ۱۰- تغییرات COD و رنگ‌زدا در اثر شوک‌دهی در فاز تلفیقی (C_0=۲۵۰ ppm)

بحث

فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته به دلیل مصرف بالای مواد و انرژی تا رسیدن به اکسیداسیون کامل ترکیبات آلی، مقرون به صرفه نبوده و کاربرد فرایندهای بیولوژیکی به تنهایی جهت حذف آلایندهای آلی سخت تجزیه‌پذیر به دلیل راندمان بسیار پائینی که دارند، هیچ توجیهی ندارد. لذا امروزه تلفیق این دو فرایند کاربرد روزافزون دارد. در ادامه نتایج بدست آمده از هر یک از مراحل تحقیق مورد بحث قرار گرفته است.

در شرایط بهینه ذکر شده برای فاز شیمیایی (جدول ۲)، رنگ‌بری کامل رنگ‌زای مورد مطالعه در مدت زمان ۲۵ min حاصل شد. همچنین ادامه آزمایش در این شرایط و پس از رنگ‌بری نشان داد که با وجود رنگ‌بری کامل، تجزیه رنگ‌زا به ترکیبات ساده‌تر به دلیل کاهش COD، همچنان ادامه دارد (نمودار ۱). پس از گذشت مدت زمان ۱۳۵ min، روند حذف COD، ثابت شد که تیتراسیون نمونه گرفته شده در این مرحله، نشان‌دهنده مصرف کامل پراکسید هیدروژن بود. لذا ثابت شدن روند حذف COD نیز به همین دلیل بوده، راندمان حذف COD در این مرحله، به ۸۶/۷ درصد رسید. Muruganandham و همکارش (۲۰۰۴) با بررسی حذف و تجزیه رنگ‌زای راکتیو نارنجی ۴، توسط فرایند UV/H_2O_2، مشاهده نمودند که پس از گذشت ۱۵۰ min از شروع فرایند، راندمان حذف رنگ‌زا و COD به ترتیب ۸۸ و ۶۰ درصد است (۲۸).

بررسی قطر متوسط گرانول‌ها در هر دو راکتور (نمودارهای ۲ و ۳) حاکی از آن بود که گرانول‌های تشکیل شده در راکتور شاهد، قطر بزرگتری دارند. دلیل این مسئله ایجاد سمیت ناشی از رنگ برای سیستم بیولوژیکی است که روند رشد گرانول ها را دچار اختلال کرده است. Rezaie در بررسی روند گرانول‌سازی در سیستم SBAR، با خوراک‌دهی توسط گلوکز و آنیلین به ترتیب به گرانول هایی با قطر میانگین ۷ mm و ۲ و پس از گذشت ۹۰ روز دست یافت (۲۹) که تصدیق کننده نتایج حاصل است.

پائین بودن راندمان حذف رنگ‌زا در راکتور بیولوژیکی نشان‌دهنده عدم توانایی سیستم بیولوژیکی SBAR در حذف کامل رنگ‌زا به دلیل پیچیده بودن ساختار شیمیایی آن است (نمودارهای ۴ و ۵).

در روند تحقیق، مقدار SVI به صورت دوره ای مورد بررسی

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 9:25 IRST on Tuesday October 23rd 2018

قرار گرفت. با توجه به اینکه مقدار SVI مناسب برای لجن گرانولی هوازی زیر ۸۰ mL/mg است (۳۰)، مقادیر بدست آمده برای این پارامتر در کل دوره تحقیق، در محدوده قابل قبول قرار دارند. از طرفی دلیل اختلاف مقادیر SVI در این دو راکتور به دلیل ایجاد سمیت حاصل از رنگ‌زا برای میکروارگانیسم ها است که منجر به کاهش سرعت ته نشینی و در نتیجه افزایش SVI در R۲ نسبت به R۱ شده است. Rezaie در طی تحقیقات خود در مورد حذف آنیلین توسط سیستم SBAR نیز نتایج مشابهی گزارش کرده است (۲۹).

غلظت اکسیژن محلول بلافاصله پس از خوراک‌دهی به دلیل مصرف اکسیژن توسط میکروارگانیسم ها، کاهش می یابد که منجر به کاهش پتانسیل اکسید و احیا نیز میگردد. مقدار ORP برای سیستم های هوازی باید بالای ۱۰۰ mV و در سیستم های بی هوازی پائین تر از ۱۰۰- mV باشد (۳۱). در سیستم بیولوژیکی هوازی مورد مطالعه، حداقل مقدار ORP به ۳۴۵ mV رسید (نمودار ۶).

طبق نتایج حاصل از بررسی مکانیسم های مختلف حذف مواد آلی (جدول ۳)، به دلیل پیچیده بودن ساختار شیمیایی رنگ‌زا، اکسیژن به عنوان یک اکسیدکننده در هوادهی، اثر چندانی روی حذف رنگ‌زا ندارد. همچنین پیچیده بودن‌ترکیب رنگ‌زا و نیز سمیت حاصل از آن، منجر به‌کاهش قابلیت میکروارگانیسم ها در تجزیه بیولوژیکی آن می شود. لذا بیشترین سهم را در حذف رنگ‌زا در راکتور بیولوژیکی، جذب به خود اختصاص می دهد. لذا لازم است که با استفاده از یک روش پیش تصفیه شیمیائی و شکستن مولکول پیچیده رنگ، آن را به ترکیب قابل تجزیه بیولوژیکی تبدیل نمود تا به این ترتیب سهم تجزیه بیولوژیکی ارتقا یابد. در غیر این‌صورت با ادامه خوراک‌دهی سیستم با رنگ‌زا و پر شدن فضاهای جذب موجود، به تدریج از کارائی سیستم کاسته خواهد شد.

جدول ۴- خلاصه نتایج در فاز شیمیایی، بیولوژیکی و تلفیقی

فرایند	زمان ماند	غلظت اولیه رنگ‌زا	حذف رنگ‌زا (٪)	حذف COD (٪)
شیمیایی(بهینه)	۲۵ min	۱۰۰	۱۰۰	۸۰
بیولوژیکی	۲۴ h	۴۵	۴۴	---
تلفیقی ۱	شیمیایی: ۵۰min بیولوژیکی: ۲۴ h	---	۱۰۰	۸۱
تلفیقی ۲	شیمیایی: ۱۰ min بیولوژیکی: ۲۴ h	----	۷۷	۵۲

در سیستم‌های تلفیقی با وجود COD ورودی تقریبا یکسان به هر دو راکتور، راندمان های حذف بدست آمده متفاوت بود (نمودارهای ۸ و ۹). دلیل این مسئله این است که در پساب ورودی به R۱ به دلیل افزایش مدت زمان فاز شیمیایی و پس از رنگ‌بری کامل، ترکیبات حلقوی تا حدودی شکسته شده و به ترکیبات قابل تجزیه بیولوژیکی تبدیل شده است. بنابراین حذف ترکیبات ساده تر توسط میکروارگانیسم ها، راحت تر می‌شود (۳۲). و لذا راندمان حذف COD نیز به مراتب بهتر خواهد بود.

مطابق نمودار ۱۰، راندمان حذف رنگ‌زا و میزان COD پس از گذشت ۵ روز به مقدار قبل از اعمال شوک رسیده که بیانگر شوک‌پذیر بودن سیستم است.

براساس نتایج حاصل، قابلیت تجزیه بیولوژیکی رنگ‌زای مورد مطالعه در فرایند تلفیقی UV/H_2O_2 و SBAR به طور چشم‌گیری افزایش می یابد. خلاصه ای از نتایج حذف COD و رنگ‌زا در سه مرحله آزمایشات در جدول ۴ ارائه شده است. همان‌طور که ملاحظه می گردد، سیستم تلفیقی شماره ۱ بهترین نتیجه را در حذف رنگ و COD نشان داده است.

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 9:25 IRST on Tuesday October 23rd 2018

Ghaneian (۱۳۸۷) در تحقیقات خود نشان داد که با استفاده از فرایند تلفیقی اکسیداسیون $TiO_2/UV-C/H_2O_2$ و سیستم بیولوژیکی ساده لجن فعال، راندمان حذف COD با استفاده از ۲/۵ mM پراکسید هیدروژن و با غلظت ۱۰۰ mg/L رنگزای راکتیو آبی ۱۹ که به مدت ۳ h پرتودهی شده بود، از ۶۰ به ۸۱ درصد افزایش یافت. COD ورودی به سیستم تلفیقی متوسط ۴۳ mg/L گزارش شده است (۳۳). همچنین در فرایند تلفیقی واکنش احیا شیمیایی و اکسیداسیون بیولوژیکی هوازی جهت تصفیه فاضلاب نساجی که حاوی مخلوطی از رنگزاهای راکتیو، اسیدی و بازی بود، راندمان حذف رنگزا و COD به ترتیب ۷۴-۸۸ و ۷۶-۸۳ درصد در غلظت اولیه ۲۰ ppm رنگزا بدست آمده است (۳۴).

نتیجه‌گیری

براساس نتایج تحقیق، فرایند تلفیقی UV/H_2O_2 و SBAR، قادر به حذف موفقتر رنگزای راکتیو آبی ۱۷۱ در مقایسه با هر یک از فرایندها بصورت مجزا است. زیرا با شکسته شدن ساختار پیچیده مولکول رنگزا توسط فرایند شیمیائی، قابلیت سیستم بیولوژیکی در حذف رنگزا بهبود می‌یابد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از همکاری صمیمانه اعضای گروه مهندسی محیط- زیست دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست خاصه جناب آقای دکتر حسین گنجی دوست و حمایت مالی معاونت محترم پژوهشی و فناوری دانشگاه، کمال تشکر و قدردانی را می‌نماید.

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 9:25 IRST on Tuesday October 23rd 2018

منابع

[1]O'Neill C, Hawkes FR, Hawkes DL, Lourenc ND, Pinheiro HM, Delee W. Colour in textile effluents - Sources, management, discharge consent and simulation: A Review. Journal of Chemical Technology and Biotechnology. 1999;74(11):1009-18.

[2] Garcıa-Montano J, Perez-Estrada L, Oller I, Maldonado MI. Pilot plant scale reactive dyes degradation by solar photo-Fenton and biological processes. Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry. 2008;195:205-14.

[3] Lopez A, Pic JS, Debellefontaine H. Ozonation of azo dye in a semi-batch reactor: A determination of the molecular and radical contributions. Chemosphere. 2007;66:2120-26.

[4] Yazdanbakhsh AR, Sheikh Mohammadi A, SardarM, Mohammadi H, Zarabi M. Investigation of iron powder, hydrogen peroxide and iron hydrogen peroxide for removal of acid yellow powder 36. Iranian Journal of Health & Environment. 2009;2(4):296-303 (in Persian).

[5] Lu X, Yang B, Chen J, Sun R. Treatment of wastewater containing azo dye reactive brilliant red X-3B using sequential ozonation and upflow biological aerated filter process. Journal of Hazardous Materials. 2009;161:241-45.

[6] Meric S, Kaptan D, Olmez T. Color and COD removal from wastewater containing Reactive Black 5 using Fenton's oxidation process. Chemosphere. 2004;54:435-41.

[7] Daneshvar N, Salari D, Niaei A, Khataee AR. Photocatalytic degradation of the herbicide Erioglaucine in the presence of nano-size titanium dioxide: Comparison and modeling of reaction kinetics. Journal of Environmental Science and Health. Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes. 2006;41(8):1273-90.

[8] Dehghani MH, Nasseri S, Ghaderpoori M, Mahvi AH, Nabizadeh R. Investigating the efficiency of UV/H_2O_2 process for removal of linear alkyl benzene sulfonate (LAS) in aqueous solutions. Iranian Journal of Health & Environment. 2010;3(4):411-18 (in Persian).

[9] Verlaan P, Tramper J. Hydrodynamics axial dispersion and gas-liquid oxygen transfer in an airlift bioreactor with three-phase flow. Proceedings of Int. Conf. on Bioreactors and Bio-transformations, 1987;14: 363-73.

[10] Chisti Y. Airlift Bioreactors. Chemie Ingenieur Technik. 1989;61(11):932-41.

[11] Beun JJ, Hendriks A, Van Loosdrecht MC, Morgenroth E, Wilderer PA, Heijnen JJ. Aerobic granulation in sequencing batch reactor. Water Research. 1999;33(10):2283-90.

[12] Song Z, Ren N, Zhang K, Tong L. Influence of temperature on the characteristics of aerobic granulation in sequencing batch airlift reactors. Journal of Environmental Sciences. 2009;21:273-78.

[13] Essam T, Amin MA, Tayeb E, Mattiasson B, Guieyesse B. Sequential photochemical– biological degradation of chloro-phenols. Chemosphere. 2007;66:2201-9.

[14] Tantak NP, Chaudhari S. Degradation of azo dyes by sequential Fenton's oxidation and aerobic biological treatment. Journal of Hazardous Materials. 2006;136(3):698-705.

[15] Mohanty S, Rao NN, Khare P, Kaul SN. A coupled photocatalytic–biological process for degradation of 1-amino- 8-naphthol- 3,6-disulfonic acid (H-acid). Water Research. 2005;39:5064-70.

[16] Sun D, Zhang X, Wu Y, Liu X. Adsorption of anionic dyes from aqueous solution on fly ash. Journal of Hazardous Materials. 2010;181(1-3):335-42.

[17] Chung-Chuan H. Bor-Yann C. Chia-Yi Y. Understanding effects of chemical structure on azo dye decolorization characteristics by Aeromonas hydrophila. Journal of Hazardous Materials. 2009;167(1-3):995-1001.

[18] Santos AB. Reductive decolorization of dyes by thermophilic anaerobic granular sludge [dissertation]. Wageningen University; 2005.

[19] Kulkarni SV, Blackwell CD, Blackard AL, Stackhouse CW Alexander MW. Textile dyes and dyeing equipment: Classification, properties, and environmental aspects. Air & Energy Research Laboratory. 1985; EPA /600/S2-85/010.

[20] MSDS (Material Safety Data Sheet), Vilmafix Navy Blue R-HE, 2001; No. 82311, Revision: 17/11/03.

[21] Eckenfelder WW. Industrial Water Pollution Control. Boston: McGraw-Hill; 1999.

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 9:25 IRST on Tuesday October 23rd 2018

[22] Bitton G. Wastewater Microbiology. 3rd ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc; 2005.

[23] MSDS (Material Safety Data Sheet), Hydrogen peroxide (20 to 40%). 2009; No.: 7722-84-1-3, Revision; No. 12.

[24] Talini I, Anderson GK. Interference of hydrogen peroxide of the standard COD test. Water Research. 1992;26(1):107-10.

[25] APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st ed. Washington DC: American Public Health Association; 2005.

[26] Damodar RA, You SJ. Performance of an integrated membrane photocatalytic reactor for the removal of reactive black 5. Separation and Purification Technology. 2005;71(1):44–49

[27] Arslan I, Akmehmet-Balcioglu I. Degradation of commercial reactive dyestuffs by heterogeneous and homogenous advanced oxidation processes: A comparative study. Dyes and Pigments. 1999;43(2):95-108.

[28] Muruganandham M, Swaminathan M. Photochemical oxidation of reactive azo dye with UV/H_2O_2 process. Dyes and Pigments. 2004;62(3):269-75.

[29] Siroos Rezaie L. Effect of chitosan on granulation accelerating in GSBAR. [dissertation]. Tehran: Tarbiat Modares University; 2009 (in Persian).

[30] Zheng YM, Yu HQ, Sheng GP. Physical and chemical characteristics of granular activated sludge from a sequencing batch airlift reactor. Process Biochemistry. 2005;40(2):645-50.

[31] Suthersan SS. Natural and Enhanced Remediation Systems. Washington: CRC Press; 2002.

[32] Sarria Muñoz VM. Coupled advanced oxidation and biological processes for wastewater treatment [dissertation]. Lausanne: Ecole polytechnique fédérale de Lausanne; 2003.

[33] Ghaneian MT. Combination of TiO_2 photocatalytic and activated sludge process for the removal of reactive blue 19 dye and related organic material from synthetic textile wastewater [dissertation]. Tehran: Tarbiat Modares University; 2009 (in Persian).

[34] Ghoreishi SM, Haghighi R. Chemical catalytic reaction and biological oxidation for treatment of non-biodegradable textile effluent. Chemical Engineering Journal. 2003;95(1-3):163-69.

Study of reactive blue 171 dye degradation in hybrid system of UV/H_2O_2 & SBAR

*** .Moradi Pasand L., Ayati B**

.Civil and Engineering Faculty, Environmental Engineering Division, Tarbiat Modares University, Tehran-Iran

Received: 26 May 2012 Accepted: 21 August 2012

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 9:25 IRST on Tuesday October 23rd 2018

Abstract

Background and Aim: In this study, the removal of dye blue reactive-171 by combination of .advanced oxidation processes UV/H2O2 and SBAR has been investigated

Methods: The efficiency of chemical and biological system was first investigated separately. In chemical system, the kind, power, initial dye concentration and hydrogen parasitize and in biological system, hydraulic detention time, aeration rate, initial dye concentration and the percent removal of dye and COD were investigated. In order to investigate the hybrid system, after determination of the optimum conditions and the capabilities of each system, the removed chemical system effluent .from residual hydroxide peroxide, was entered into the biological reactor

Results: In the chemicals process, 100 ppm dye using 150 Watt-UV-C lamp and 0.1 mM hydrogen peroxide at pH= 9 was completely removed in 25 minutes. COD removal was 86.7 percent at the end of the experiment (135 min). Biological system with adsorption mechanism has shown 44 percent dye removal with initial COD of 50 mg/L that indicated the system inability in biodegradation and breaking down of the dye molecule. In comparison to separate chemical and biological processes, hybrid system has shown better dye removal efficiency. The results indicated that in addition to the complete dye removal achievement, 81% of COD in the first hybrid system and 52% of COD in the .second hybrid system was removed, respectively

Conclusion: According to the results, because of complexity of dye structure, biological system was not able to remove the dye as efficient as hybrid system of advanced oxidation processes UV/H2O2 .with SBAR

Keyword: UV/H_2O_2, Granule, MnO_2, Adsorption, Aeration, Biodegradation

Corresponding Author: *niayati_b@modares.ac.ir**
Tel: *+98 21 8288328 ,* ***Fax:*** *+98 21 82884914*