

بررسی راندمان حذف رنگ آزوی راکتیو از فاضلاب به وسیله سیستم بی‌هوازی ABR

ابوالفضل نعیم‌آبادی^۱

حسین موحدیان عطار^۲

(دریافت ۸/۲/۸۷ پذیرش ۳۰/۹/۸۶)

چکیده

ترکیبات آزو به ملکول‌هایی که دارای یک یا چند پیوند آزویک (-N=N-) باشند اطلاق می‌گردد. پیوندهای مزبور ساختارهای حلقوی را به یکدیگر متصل می‌کنند. این رنگها بزرگ‌ترین طبقه رنگهای مورد استفاده در نساجی و دیگر صنایع می‌باشند. در صنایع نساجی حدود ۱۵ درصد از رنگ‌زاهای مصرفی طی فرآیند رنگرزی وارد پسابهای نساجی می‌شوند. رهاسازی این ترکیبات در محیط بسیار نامطلوب است، زیرا تعدادی از این رنگها و محصولات حاصل از تجزیه آنها، برای موجودات زنده اثرات سمی و جهش‌زا دارند. روشهای بیولوژیکی برای حذف این مواد به خاطر راهبری آسان، و عدم نیاز به مواد شیمیایی و هزینه کمتر، روشهای مناسب‌تری هستند. اساس حذف رنگهای آزو به وسیله سیستم‌های بیولوژیکی، احیای بی‌هوازی رنگهای آزو و سپس معدنی‌سازی آمین‌های آروماتیک به وسیله سیستم‌های بی‌هوازی می‌باشد. سیستم بافل‌دار بی‌هوازی (ABR) یک راکتور بی‌هوازی با بار آلی بالا است که از ۳ تا ۸ اتاقک تشکیل شده است. هدف از این تحقیق بررسی راندمان حذف رنگ آزو و همچنین حذف COD فاضلاب به وسیله سیستم بی‌هوازی ABR می‌باشد. در این طرح از یک راکتور بی‌هوازی ABR با حجم مفید ۱۳/۵ لیتر و زمان ماند ۲۴ ساعت استفاده شد. این راکتور ابتدا با فاضلاب سنتزی بارگیری شد سپس به فاضلاب سنتزی، رنگ آزوی قرمز C.I.Reactive Red2 که در صنایع نساجی کاربرد زیادی دارد اضافه شد و درصد حذف رنگ و COD مشخص گردید. نتایج این تحقیق نشان داد که میانگین راندمان حذف رنگ در سیستم بی‌هوازی بافل‌دار ABR، ۸۹/۵ درصد و همچنین میانگین درصد حذف COD در این راکتور ۵۴/۵ می‌باشد. سیستم بی‌هوازی ABR به علت توانایی در شکستن پیوندهای آزو، قدرت رنگبری بیشتری نسبت به سیستم‌های بی‌هوازی دارد. ضمناً با بررسی نتایج مشاهده گردید که افزایش غلظت رنگ ورودی تأثیر محسوسی بر راندمان حذف COD در راکتور ABR ندارد. همچنین بیشترین درصد حذف رنگ در اتاقکهای ابتدایی راکتور ABR دیده شد.

واژه‌های کلیدی: رنگ آزو، راکتور بافل‌دار ABR، COD، راندمان حذف رنگ.

Decolorization and Biological Degradation of AZO Dye Reactive Red2 in Anaerobic Baffled Reactors

Abolfazl NaeemAbadi¹ Hossein MovahedianAttar²

(Received Apr. 28, 2007 Accepted Dec. 21, 2007)

Abstract

Azo compounds are molecules with one or more azo (-N=N-) bridges linking substituted aromatic structures. They represent the largest class of dyes used in textile-processing and other industries. In the textile industry, about 15 percent of the dyestuff annually consumed in the dyeing process finds its way into plant effluent. Release of these compounds into the environment is undesirable because many azo dyes and their products are toxic and/or mutagenic to life. There are several physicochemical and biological methods for dye removal in aquatic environments. Removal of azo dyes in biological systems is based on anaerobic reduction of azo dyes and then mineralization of aromatic amines by aerobic systems. ABR is an anaerobic reactor with a high organic load consisting of 3 to 8 compartments across which wastewater flows. It is the aim of this investigation to study the dye and COD removal efficiencies of the ABR system. An ABR reactor with a capacity of 13.5 L and a

1. Faculty Member of Environmental Health, Northern Khorasan School of Medical Sciences, hnaimabadi@yahoo.com
2. Associate Professor of Environmental Health, Isfahan University of Medical Sciences

۱- کارشناس ارشد بهداشت محیط و عضو هیئت علمی دانشکده علوم پزشکی خراسان شمالی، hnaimabadi@yahoo.com
۲- دانشیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان

retention time of 24 hours was used in this study. After starting up, seeding, and loading with synthetic wastewater, Reactive Red 2 (commonly used in the textile industry) was introduced into the ABR reactor. Following the start-up period, dye and COD removal efficiencies of the reactor were assessed by measuring COD and dye concentrations in the flow using standard methods. Results showed that average dye removal efficiency in the anaerobic baffled system was 89.5 percent while that of COD removal was 54.5 percent. The higher dye removal efficiency of the anaerobic systems is due to their ability to break up azo bonds. It was also revealed that increasing influent dye concentration did not have any considerable effect on COD removal efficiency. The highest dye removal percentage was observed in the primary compartment of the reactor.

Keywords: Azo, Anaerobic Baffled Reactor, COD, Dye Removal Efficiency.

۱- مقدمه

ترکیبات آزو به ملکول‌هایی که دارای یک یا چند پیوند آزو یک (-N=N-) باشند اطلاق می‌گردد. پیوندهای مزبور ساختارهای حلقوی را به یکدیگر متصل می‌کنند. این رنگها بزرگ‌ترین طبقه رنگهای مورد استفاده در صنایعی از قبیل چرم، پلاستیک، غذا و نساجی می‌باشند [۱]. اما بیشترین کاربرد آنها در صنایع نساجی بوده و یکی از آلاینده‌های فاضلاب صنایع نساجی هستند. حدود ۱۵ درصد از رنگ‌زاهای مصرفی در طی فرآیند رنگرزی وارد پسابهای نساجی می‌شوند [۲]. همچنین تخمین زده شده است که حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد این رنگها در خلال ساخت و استفاده در محیط رها می‌شود [۲ و ۳]. فاضلاب صنایع نساجی به خاطر بار آلی بالا ناشی از گریس، چرک، عوامل آهار زنی و نوترینت‌های حاصل از مواد افزودنی در حمام رنگ به تصفیه پیشرفته نیاز دارد. در این میان فاضلابهای اتاق رنگ به دلیل حضور باقیمانده رنگ با تصفیه معمولی فاضلاب حذف نشده و مشکل ساز هستند [۴]. ورود این پسابهای رنگی به محیط زیست باعث جلوگیری از نفوذ نور خورشید به عمق آب پذیرنده و اختلال در عمل فتوسنتز گیاهان آبی و همچنین افزایش COD آبهای پذیرنده می‌شود. بعضی از این ترکیبات و محصولات ناشی از تجزیه آنها سمی، سرطان‌زا و جهش‌زا (رنگهای آزو حاوی گروه نیتروژن) هستند. علاوه بر خاصیت جهش‌زایی، رنگها به علت ایجاد ظاهر نامناسب و قابلیت تجزیه پایین در محیط نیز دردسر آفرین هستند و باید قبل از تخلیه به محیط حذف شوند [۵، ۶ و ۷].

برای تصفیه پسابهای رنگی، از روشهای فیزیکی- شیمیایی شامل فیلترهای غشایی، کوآگولاسیون و فلوکولاسیون، رسوب دهی، شناورسازی، اکسیداسیون پیشرفته و... استفاده می‌شود که بعضی از این روشها مواد شیمیایی ویژه‌ای را تولید می‌کنند که باعث مشکلات زیست محیطی می‌شوند و برخی دیگر هزینه اجرا و بهره‌برداری زیادی دارند. همچنین استفاده از این روشها نیازمند پیش تصفیه‌های مناسب می‌باشد. روشهای بیولوژیکی به خاطر راهبری آسان، عدم نیاز به مواد شیمیایی و هزینه کمتر روشهای

مناسب‌تری هستند [۸]. در تجزیه بیولوژیکی رنگهای آزو، فرآیند بی‌هوازی در حذف رنگ مؤثرتر از فرآیند هوازی می‌باشد، بدین ترتیب که رنگ در مرحله بی‌هوازی احیاء شده و به دنبال آن آمین‌های آرماتیک ایجاد شده در سیستم هوازی به حالت معدنی تبدیل می‌شوند [۹].

راکتور بافل‌دار بی‌هوازی^۱ یک راکتور بی‌هوازی با بار بالا است که از ۳ تا ۸ قسمت تشکیل شده و جریان فاضلاب به طور متناوب بین این بخشها حرکت می‌کند. این راکتور از مزایای زیر بهره‌مند است [۱۰، ۱۱ و ۱۲].

۱- سیستم دو فازه باکتری‌های اسید ساز و متان ساز؛

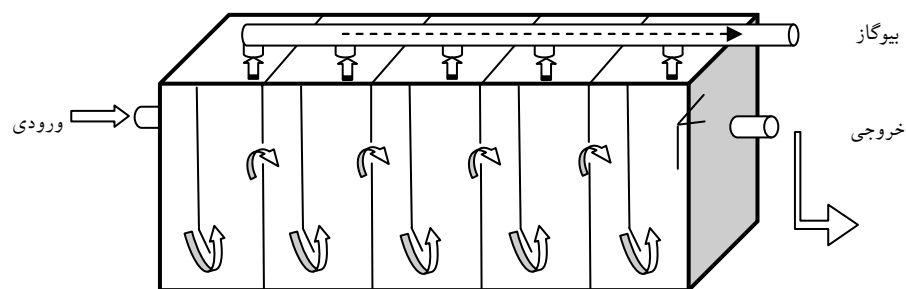
۲- پایداری در مقابل شوک مواد آلی و هیدرولیکی؛

۳- محافظت از مواد سمی در جریان ورودی.

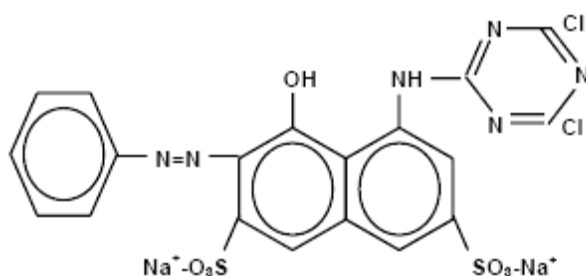
مطالعات متعددی در مورد حذف رنگ از فاضلاب صنایع نساجی صورت گرفته که از آن میان می‌توان به مطالعه‌ای که توسط جان بیل و کریس باکلی در سال ۲۰۰۳ در دانشکده مهندسی شیمی ناتال آفریقای جنوبی انجام گرفته اشاره کرد. در این تحقیق از سیستم ABR در مقیاس آزمایشگاهی برای حذف رنگ CI Reactive Red 141 استفاده شد. محققین به کمک این سیستم توانستند به طور متوسط ۸۶ درصد رنگ و بیش از ۹۰ درصد COD را حذف نمایند [۱۰]. در تحقیق دیگری که توسط جان بیل و کریس باکلی در دانشکده مهندسی شیمی ناتال آفریقای جنوبی انجام شد از سیستم ABR در مقیاس آزمایشگاهی برای حذف رنگ مواد غذایی استفاده گردید. نتیجه حذف ۵۰ تا ۶۰ درصد COD و ۸۶ درصد رنگ بود [۱۳].

با توجه به اینکه در فاضلاب صنایع نساجی، مواد سمی و رنگهای متنوع و همچنین تغییرات در دبی و بار هیدرولیکی مشاهده می‌شود، روش ABR می‌تواند در حذف رنگ فاضلاب این صنایع کارآمد باشد. لذا محققان بر آن شدند تا با طراحی و اجرای طرح به صورت پایلوت به بررسی میزان راندمان حذف رنگ و COD از فاضلاب توسط راکتور ABR بپردازند.

¹ Anaerobic Baffled Reactor (ABR)



شکل ۱- نمای راکتور ABR



شکل ۲- ساختار شیمیایی رنگ Reactive Red2

در شکل ۲ قابل مشاهده است. با توجه به مطالعات قبلی، فاضلاب مصنوعی در این تحقیق با استفاده از گلوکز با غلظت ۴ گرم بر لیتر، عصاره گوشت با غلظت ۰/۴ گرم بر لیتر، پیتون با غلظت ۰/۸۹ گرم بر لیتر و همچنین عناصر جزئی شامل $FeCl_2 \cdot 4H_2O$ ، $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ ، $Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$ ، $CoCl_2 \cdot 6H_2O$ ساخته شد [۱۰].

۲-۳- روش کار

بعد از انجام عمل بذردهی، در ابتدا راکتور با غلظت COD ۱۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر راه‌اندازی شد. سپس غلظت COD سوبسترای ورودی در طول مطالعه به تدریج افزایش یافت تا در نهایت به غلظت ۵۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر رسید. مدت زمان راه‌اندازی راکتور طی مطالعه ۵۰ روز به طول انجامید و با ثابت شدن راندمان حذف COD زمان راه‌اندازی به پایان رسید. در مرحله بعد به منظور سازگاری سیستم، رنگ با غلظت ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر به سوبسترای ورودی افزوده شد و طی ۱۵ روز این غلظت به ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر رسید. سپس غلظت رنگ ورودی در روز ۱۰۲ به ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و در روز ۱۲۵ به ۳۵۰ میلی‌گرم بر لیتر افزایش پیدا کرد. با برقراری تعادل سیستم بعد از هر مرحله افزایش رنگ،

۲- مواد و روشها

این تحقیق یک مطالعه تجربی مداخله‌ای است که به صورت طرح نمونه (پایلوت) در مقیاس آزمایشگاهی در دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اصفهان انجام گردید (شکل ۱).

۲-۱- راکتور

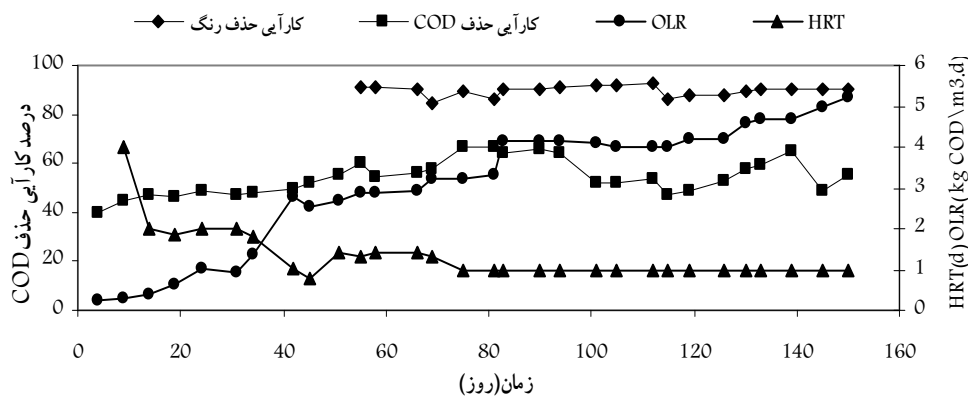
در این آزمایش از یک راکتور بیولوژیکی بی‌هوای با فل‌دار با زمان ماند ۲۴ ساعت و حجم ۱۳/۵ لیتر در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد استفاده شد. بذردهی راکتور ABR با لجن به دست آمده از هاضم بی‌هوای تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب اصفهان انجام شد. راکتور با ۸/۲ لیتر لجن فعال با غلظت کل جامدات^۱ برابر ۳۵ گرم بر لیتر و جامدات فرآر^۲ برابر ۲۵ گرم بر لیتر و ۴/۵ لیتر آب برای تکمیل ظرفیت باقیمانده پر گردید. قبل از وارد کردن لجن به راکتور، مواد زائد درشت آن توسط الک با سوراخهای ۲ میلی‌متری جدا شد.

۲-۲- ترکیبات فاضلاب مصنوعی

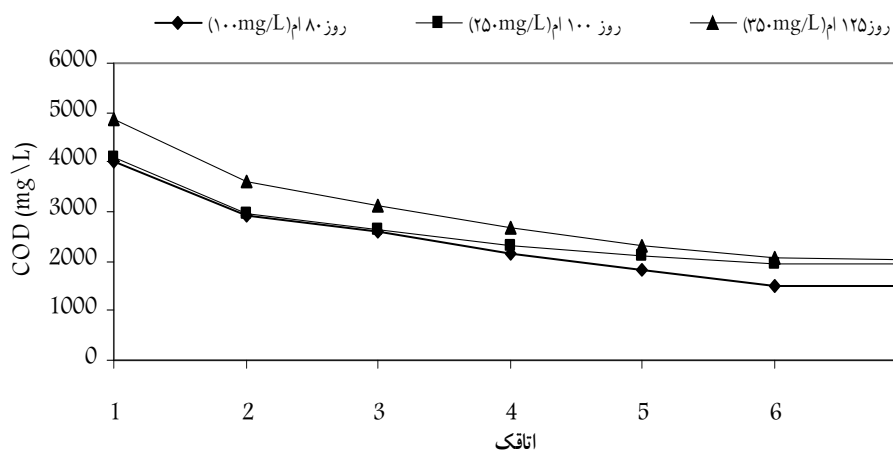
رنگ Reactive Red2 مورد استفاده در این تحقیق از نمایندگی فروش این رنگ در اصفهان تهیه گردید. ساختار شیمیایی این رنگ

¹ Total Solid

² Volatile Solid



شکل ۳- میزان بار ورودی به راکتور ABR و زمان ماند فاضلاب



شکل ۴- میانگین درصد حذف COD داخل راکتور ABR در اتاقکهای مختلف

و ۲۵۰ واحد ADMI واسنجی شد. برای حذف کدورت نمونه‌های خروجی از راکتور با توجه به مطالعات قبلی این نمونه‌ها به مدت ۵ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ rpm سانتریفیوژ شده و سپس مایع رویی به کمک فیلترهای با قطر ۴۵ میکرومتری صاف گردید. و در نهایت غلظت رنگ توسط روش ADMI مشخص گردید [۱۴].

۳- نتایج

شکل ۴، میانگین درصد حذف COD را در اتاقکهای مختلف راکتور ABR نشان می‌دهد. در این شکل اتاقک ۱ ورودی راکتور و اتاقک ۷ خروجی راکتور می‌باشد. همان طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، بیشترین درصد حذف COD مربوط به اتاقکهای ابتدایی بوده و در اتاقکهای بعدی کاهش کمتری در حذف COD از سوبسترای ورودی مشاهده گردید.

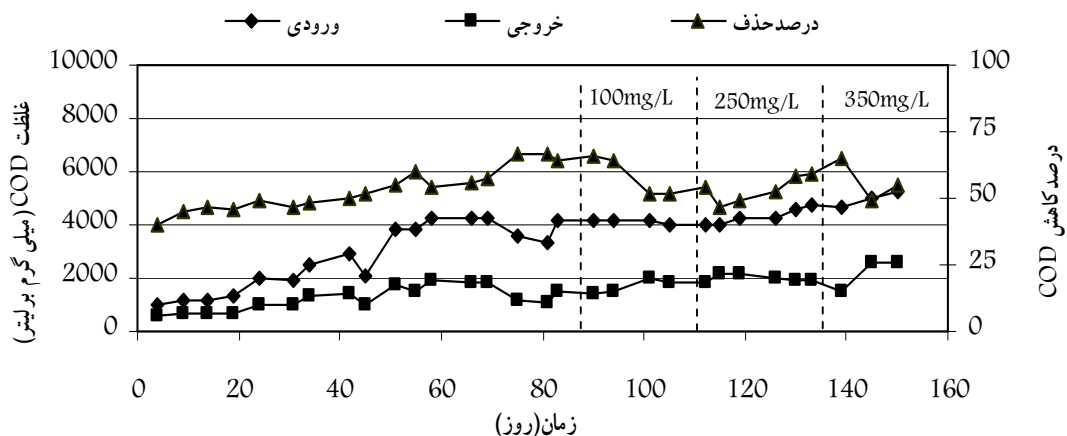
شکل ۵ و جدول ۱ میزان COD ورودی به راکتور ABR و همچنین درصد حذف آن طی غلظتهای مختلف رنگ را نشان می‌دهد. در شکل ۶ و جدول ۱ میزان رنگ ورودی و خروجی و

از پساب ورودی و خروجی راکتور نمونه‌برداری لحظه‌ای انجام شد و بر روی نمونه‌های برداشت شده آزمایش‌های غلظت COD محلول و غلظت رنگ انجام گردید و در نهایت راندمان حذف COD و رنگ تعیین گردید. شکل ۳ میزان بار ورودی به راکتور ABR و همچنین زمان ماند فاضلاب درون راکتور را نشان می‌دهد.

۴-۲- پارامترهای اندازه‌گیری شده

آزمایش COD براساس روش ارائه شده در کتاب روشهای استاندارد انجام گردید. رنگ C.I.Reactive.RR2 در ورودی و خروجی راکتورها به ADMI^۱ و با اسپکترومتر مدل DR 5000 uv-vis سنجیده شد. جزئیات این روش در استاندارد شماره 2120D کتاب روشهای استاندارد آزمایش‌های آب و فاضلاب ذکر شده است. لازم به ذکر است که اسپکتروفتومتر قبل از استفاده با استانداردهای پلاتینیم کبالت ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰

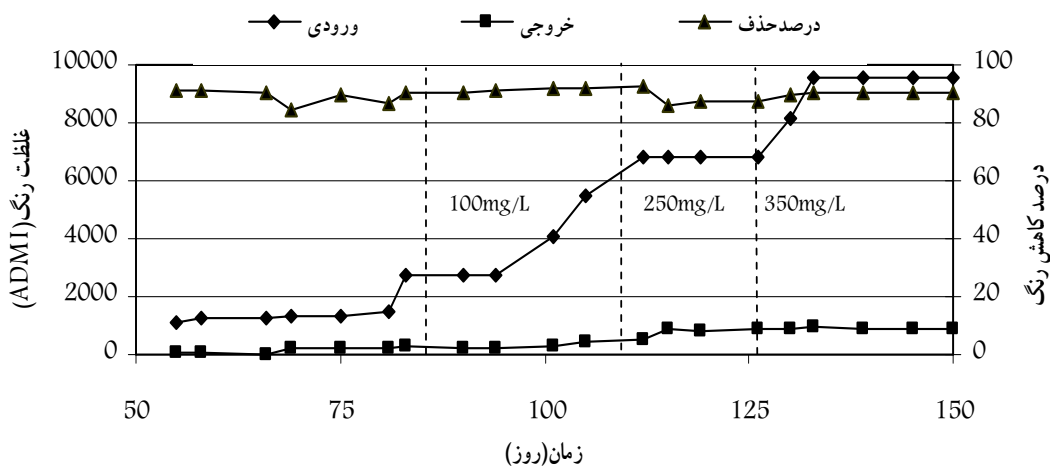
¹ American Dye Manufacturers Institute



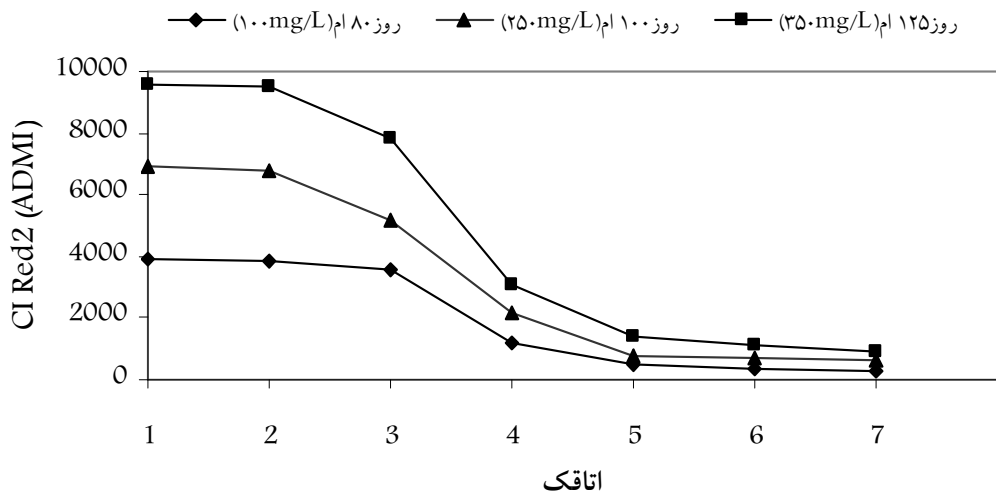
شکل ۵- میزان COD ورودی به ABR و درصد حذف آن

جدول ۱- عملکرد راکتور بی‌هوای بافل دار (ABR) در حذف رنگ RR2 طی دوره مطالعه

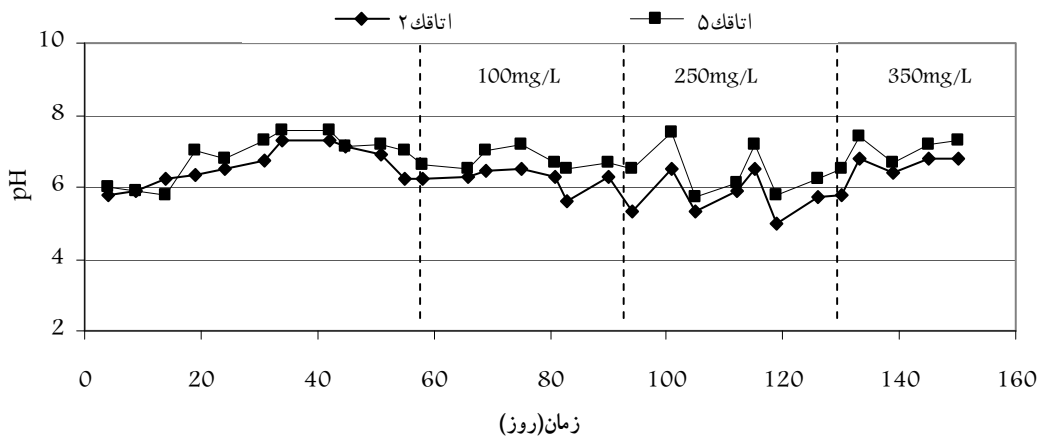
روزهای بهره برداری	OLR (کیلوگرم COD بر مترمکعب در روز)	زمان ماند (روز)	غلظت رنگ ورودی (ADMI)	غلظت رنگ خروجی (ADMI)	درصد حذف رنگ	غلظت COD ورودی (mg/L)	غلظت COD خروجی (mg/L)	درصد حذف COD
۵-۱۵	۰/۵	۳/۳	۰	۰	۰	۱۲۰۰	۶۳۰	۴۷
۱۶-۳۰	۱	۱/۹۵	۰	۰	۰	۱۹۷۷	۱۰۱۰	۴۹
۳۱-۴۹	۲/۵	۱/۲۵	۰	۰	۰	۲۰۷۸	۱۰۰۰	۵۱/۸
۵۰-۶۰	۳	۱/۳۵	۱۱۰۹	۱۰۰	۹۱	۴۲۵۷	۱۹۳۷	۵۴/۵
۶۱-۸۰	۳	۱/۲	۱۳۶۳	۲۱۰	۸۹/۴۵	۴۲۵۷	۱۸۰۰	۵۷/۷
۸۱-۱۰۰	۴	۱	۲۷۲۶	۲۵۵	۹۰/۵	۴۱۷۸	۱۵۰۰	۶۴
۱۰۱-۱۲۵	۴	۱	۶۸۱۵	۸۶۰	۸۷	۴۰۱۵	۱۸۴۶	۵۴
۱۲۶-۱۵۰	۴/۵	۱	۹۵۴۱	۹۱۰	۹۰	۴۶۲۱	۱۹۰۰	۵۸
	۵	۱	۹۵۴۱	۹۱۰	۹۰	۵۲۷۱	۲۵۶۰	۵۵



شکل ۶- غلظت رنگ ورودی و خروجی به راکتور ABR



شکل ۷- تغییرات رنگ (ADMI) داخل راکتور ABR در غلظتهای مختلف رنگ



شکل ۸- تغییرات pH درون اتاقکهای مختلف راکتور ABR

داشته باشد و کاهش راندمان حذف COD فقط به صورت موقتی دیده می‌شود.

در مطالعه‌ای که توسط جان بیل و همکاران در سال ۲۰۰۲ انجام شد از سیستم ABR در مقیاس آزمایشگاهی برای حذف مخلوطی از رنگهای مواد غذایی استفاده گردید. در آن آزمایش راندمان حذف COD ۵۰ تا ۶۰ درصد گزارش گردید که با نتایج به دست آمده در این تحقیق همخوانی دارد [۱۳].

در مطالعه‌ای دیگر که در سال ۲۰۰۳ توسط همین محققان انجام شد از سیستم ABR با هشت اتاقک در مقیاس آزمایشگاهی برای حذف رنگ دی آزو CI Reactive Red 141 استفاده گردید. در این تحقیق مشخص شد که این سیستم قادر است در زمان ماند ۲۴ ساعت، ۹۰ درصد COD با غلظت ۴۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر را در فاضلاب مصنوعی حذف نماید [۱۱]. علت حذف بیشتر COD در تحقیق فوق را می‌توان به حضور تعداد بیشتر اتاقک در راکتور

همچنین درصد حذف آن نشان داده شده است. لازم به ذکر است که رنگ بعد از زمان راه‌اندازی راکتور ABR در روز ۵۲ به راکتور اضافه گردید. همان طور که در شکل ۷ دیده می‌شود بیشتر از ۵۰ درصد حذف رنگ RR2 در دو اتاقک اول راکتور ABR اتفاق می‌افتد. شکل ۸، تغییرات pH اتاقکهای مختلف راکتور ABR طی دوره مطالعه را نشان می‌دهد.

۴- بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به دست آمده در این تحقیق میانگین درصد حذف COD در راکتور بافل‌دار بی‌هوای ۵۴/۵ درصد می‌باشد. یافته‌ها نشان داد که با افزایش غلظت رنگ RR2 کاهشی جزئی در راندمان حذف COD ایجاد می‌شود. لذا می‌توان نتیجه گرفت که افزایش غلظت رنگ باعث کاهش موقت متابولیسم میکروبی شده ولی نمی‌تواند اثر طولانی مدت بر روی متابولیسم میکروارگانیسم‌ها

نسبت داد.

به منظور متعادل کردن pH فاضلاب ورودی صورت می‌گیرد. در اتاقک پنجم راکتور، افزایش کمی در مقادیر pH مشاهده گردید که این امر احتمالاً به علت فعالیت باکتری‌های متان‌ساز و تبدیل محصولات واسطه تولید شده در مرحله اسیدسازی به گاز متان می‌باشد.

یافته‌ها نشان می‌دهد که هضم بی‌هوازی در راکتور ABR نمی‌تواند چندان تحت تأثیر نامطلوب افزایش رنگ RR2 قرار گیرد و افزایش رنگ تأثیری بر روند فعالیت این باکتری‌ها در حین اسیدسازی ندارد. همچنین نتایج بیانگر آن بود که افزایش غلظت رنگ RR2 در فاضلاب ورودی اثراتی جزئی بر روی pH اتاقکهای مختلف راکتور دارد. این تغییرات در شکل ۵ نشان داده شده است.

درصد حذف COD و رنگ در اتاقکهای مختلف ABR حاکی از آن است که بیشترین درصد حذف رنگ RR2 و COD مربوط به اتاقکهای اول و دوم می‌باشد. مطالعات انجام شده در حذف رنگ با استفاده از راکتور ABR نشان می‌دهد که باکتری‌های متان‌ساز حساس‌تر از باکتری‌های اسیدساز در مقابل افزایش رنگ هستند [۱۱]. بنابراین افزایش رنگ باعث کاهش جزئی راندمان حذف COD در اتاقکهای آخر می‌شود که علت آن احتمالاً ناشی از اثرات بازدارندگی ترکیبات ایجاد شده در اثر شکستن پیوندهای آزو می‌باشد.

احیای پیوندهای آزو و رنگ‌زدایی در اتاقکهای اول راکتور به وسیله باکتری‌های اسیدساز انجام می‌گیرد که این باکتری‌ها در تماس مستقیم با ملکول‌های رنگ RR2 قرار داشته و توانایی بیشتری در حذف رنگ RR2 از سوپسترای ورودی دارند.

افزایش غلظت رنگ RR2 فاضلاب ورودی به راکتور ABR تأثیر زیادی بر میزان حذف COD توسط این راکتور ندارد ($P < 0.05$). همچنین نتایج نشان داد که افزایش غلظت رنگ RR2 به ورودی راکتور ABR نیز تأثیر چندانی بر میزان حذف رنگ RR2 توسط این راکتور نخواهد داشت ($P < 0.05$). پیشنهاد می‌شود چنین مطالعه‌ای بر روی فاضلاب واقعی نیز انجام گیرد و همچنین میزان راندمان سیستم‌های ترکیبی هوازی و بی‌هوازی نیز در حذف رنگ سنجیده شود.

۵- قدرت‌دانی

نویسندگان لازم می‌دانند مراتب تشکر و سپاسگزاری خود را از آقای محمد قاسمیان که زحمت ساخت راکتور را تقبل نمودند و همچنین از آقای مهندس حسن زاده، مشاور محترم آماری ابراز نمایند.

در مطالعه‌ای دیگر که توسط اسپونزا و ایزاک در ترکیه انجام گرفت از سیستم بی‌هوازی UASB و هوازی CSTR^۱ در مقیاس آزمایشگاهی برای حذف رنگ مونو آزو Reactive Black 5 در زمان ماند ۱۵ ساعت استفاده شد. نتایج این تحقیق میزان حذف COD فاضلاب با بار آلی ۵ کیلوگرم بر متر مکعب را ۹۰ درصد نشان داد [۴]. در این آزمایش نیز علت حذف بیشتر COD ترکیبی بودن سیستم و همچنین میزان حذف بیشتر COD در سیستم‌های هوازی می‌باشد.

طبق نتایج به دست آمده در این تحقیق میانگین درصد حذف رنگ RR2 در راکتور بافل‌دار بی‌هوازی ۸۹/۵ درصد می‌باشد. حداکثر غلظت رنگ خروجی راکتور ADMI ۹۰۰ است که با توجه به میزان استاندارد تخلیه رنگ خروجی به آبهای سطحی (ADMI ۳۰۰)، این غلظت برای تخلیه پساب به محیط قابل قبول نمی‌باشد. بنابراین پساب خروجی راکتور قبل از تخلیه به آبهای سطحی نیاز به تصفیه بیشتری دارد.

در مورد حذف رنگ به وسیله بیومس، اگر رنگ‌زدایی فقط براساس جذب باشد و هیچ‌ا حیائی در ملکول‌های رنگ آزو رخ ندهد، پس از مدتی بیومس به نقطه اشباع خواهد رسید و دیگر قادر به جذب ملکول‌های رنگ RR2 نخواهد بود. در نتیجه غلظت رنگ RR2 در فاضلاب ورودی و پساب خروجی یکسان خواهد شد. اما در پساب خروجی راکتور غلظت کمتر رنگ در مقایسه با فاضلاب ورودی مشاهده شد. بنابراین رنگ‌زدایی ناشی از احیای متابولیک ملکول‌های رنگ RR2 می‌باشد که در اثر شکستن پیوندهای آزو حاصل می‌شود.

در مقایسه با مطالعه‌های انجام گرفته توسط جان بیل و کریس باکلی که راندمان حذف رنگ مواد غذایی و رنگ دی آزو CI Reactive Red 141 به طور متوسط ۸۶ درصد گزارش شد، در این تحقیق مقادیر بالاتری از رنگ RR2 حذف گردید. اما در مقایسه با تحقیق اسپونزا و ایزاک (۹۲ درصد) راندمان حذف رنگ کمتر بود که این امر به ترکیبی بودن سیستم مورد استفاده توسط ایزاک مربوط می‌شود.

pH در ابتدای راه‌اندازی راکتور ABR متغیر بود اما زمانی که راکتور تثبیت گردید تغییرات pH به حداقل رسید. تغییرات pH در راکتور بافل‌دار بی‌هوازی نشان داد که کمترین مقدار pH در اتاقک دوم و بیشترین مقدار pH در اتاقک پنجم وجود دارد و این ناشی از فعالیت باکتری‌های اسیدساز در داخل اتاقکهای اولیه راکتور ABR می‌باشد. البته در اتاقک اول بیشتر عمل یکنواخت‌سازی فاضلاب

¹ Completely Stirred Tank Reactors (CSTR)

- 1- Piszczek, J. C. (2005). "An evaluation of anoxic/aerobic treatment for the removal of chemical oxygen demand and fiber reactive azo dye color." MS. thesis, Faculty of North Carolina State University, 39-50.
- 2-Vnder zee, F. P. (2002). "Anaerobic azo dye reduction." PhD. thesis, Wagring University, Netherlands.
- 3- Eui, S. Y. (2000). "Biological and chemical mechanisms of reductive decolorization of azo dyes." MS. thesis, Department Environmental Berlin University, Berlin.
- 4- Sponza, D. T., and Isik, M. (2002). "Decolorization and azo dye degradation by anaerobic /aerobic sequential process." *Enzyme and Microbial Technology*, 31, 102-110.
- 5- Wallace, T. (2001). "Biological reduction of synthetic dye water and a industrial textile wastewater containing azo dye compounds." MS. thesis, Department of Civil an Environmental Engineering Blacksburg, Virginia, USA.
- 6- Mustafa, K., and Sponza, D. T. (2006). "Biological treatment of acid dyeing wastewater using a sequential anaerobic/aerobic reactor system." *Enzyme and Microbial Technology*, 38, 887-892.
- 7- Frijters, C. T., Vos, R. H., Scheffer, G., and Mulder, R. (2006). "Decolorizing and detoxifying textile wastewater, containing both soluble and insoluble dyes, in a full scale combined anaerobic/aerobic system." *Water Resrearch*, 40, 1249-1257.
- 8- Esther, F., Tibor, C., and Gyula, O. (2004). "Removal of synthetic dye from wastewater." *Environmental International*, 30, 953-971.
- 9- Albuquerque, M. G. E., Lopes, A. T., Serralheiro, M. L., Novais, J. M., and Pinheiro, M. H. M. (2005). "Biological sulphate reduction and redox mediator effects on azo dye decolourisation in anaerobic-aerobic sequencing batch reactors." *Enzyme and Microbial Technology*, 36, 790-799.
- 10- Bell, J., and Buckley, C. N. (2002). "Treatment of a textile dye in the anaerobic baffled reactor." *Water South of Africa*, 29, 129-133.
- 11- Barber, W., and Stuckey, D. (1999). "The use the anaerobic baffled reactor (ABR) for wastewater treatment." *Water Research*, 33, 1559-1578.
- ۱۲- امیرفخرایی ج.، و شایگان، ج. (۱۳۸۳). "بررسی ویژگیهای راکتور بافلدار بی‌هوازی (ABR) در تصفیه پسابهای صنعتی و شهری." *م. آب و فاضلاب*، ۵۰، ۵۹-۶۲.
- 13- Bell, J., Buckley, C. N., and Plumb, J. (2002). "Treatment and decolourisation of food dyes in the anaerobic baffled reactor." PhD. thesis, Chemical Engineering University of Natal Durbal, South Africa.
- 14- APHA, AWWA, WPCF. (1995). *Standard methods for the examination of water and wastewater*, Washington, D.C.