

Journal of Water and Wastewater, Vol. 30, No.5, pp: 112-120

The Performance of Net-Like Rotating Biological Contactor Bioreactor in Removal of Sulfamethoxazole Antibiotic

*N. Azimi*¹, *M. Sadeghpour Haji*², *S. Khalili*³

1. PhD in Civil and Environmental Engineering, Fan Avaran Ab Saze Iranian Consulting Engineering Company, Babol, Iran
(Corresponding Author) azimi_612@yahoo.com
2. Assist. Prof., Dept. of Civil Engineering, Qaemshahr Branch, Islamic Azad University, Qaemshahr, Iran
3. MSc of Environmental Engineering, Water and Wastewater Company, Sari, Iran

(Received May 12, 2018 Accepted Oct. 22, 2018)

To cite this article:

Azimi, N., Sadeghpour Haji, M., Khalili, S., 2019, "The performance of Net-Like rotating biological contactor bioreactor in removal of sulfamethoxazole antibiotic" Journal of Water and Wastewater, 30(5), 112-120. Doi: 10.22093/wwj.2018.129130.2679. (In Persian)

Abstract

Pharmaceutical wastewater treatment is a complicated process due to presence of various kinds of toxic chemicals and antibiotics that are harmful to any type of organism. In this paper, elimination of sulfamethoxazole antibiotic from artificial sewage was investigated. A pilot scale Rotating Biological Contactor (RBC) with three compartments, 48 discs, and total volume of 78.75 L was employed. The antibiotic removal was measured at various COD concentrations, hydraulic retention times (HRT) and concentrations of sulfamethoxazole. The results indicated that by increasing in OLR and HRT, SMX removal efficiency was increased and in the first 12 hours of the treatment process, SMX removal efficiency is about 50%. The maximum removal occurred within the first 72 hours, which was more than 95%. Also, the obtained results demonstrated that increasing COD concentration had a positive impact on SMX removal efficiency, which was most probably due to the utilization of SMX as a nitrogen source. SMX removal efficiency in OLRs 0, 2, 4, 8, 16 and 32 g COD /L.d was 17, 44, 75, 72, 78 and 82 percent, respectively. It was also revealed that most SMX and organic matter removal occurred in the first compartment of the NRBC, that is about 57 percent. This study indicated that employing the attached growth system is a good alternative for conventional activated sludge system in pharmaceutical wastewater treatment.

Keywords: Antibiotics, Biological Treatment, Sulfamethoxazole, COD Removal, Pharmaceutical Wastewater.



مجله آب و فاضلاب، دوره ۳۰، شماره ۵، صفحه: ۱۲۰-۱۱۲

عملکرد بیوراکتور دیسک‌های بیولوژیکی چرخان در تصفیه فاضلاب حاوی آنتی‌بیوتیک سولفامتوکسازول

نسترن عظیمی^۱، مائده صادقی‌پور حاجی^۲، سعید خلیلی^۳

۱- دکترای مهندسی عمران- محیط زیست، شرکت مهندسی مشاور فن آوران آب سازه ایرانیان، بابل، ایران

نویسنده مسئول) azimi_612@yahoo.com

۲- استادیار گروه مهندسی عمران، واحد قائم‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائم‌شهر، ایران

۳- کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست، شرکت آب و فاضلاب استان مازندران، ساری، ایران

پذیرش (۹۷/۳۰)

(دریافت ۹۷/۲/۲۲)

برای ارجاع به این مقاله به صورت زیر اقدام فرمایید:

عظیمی، ن.، صادقی‌پور حاجی، م.، خلیلی، س.، ۱۳۹۸، " عملکرد بیوراکتور دیسک‌های بیولوژیکی چرخان در تصفیه فاضلاب حاوی آنتی‌بیوتیک

سولفامتوکسازول " مجله آب و فاضلاب، ۳۰ (۵)، ۱۲۰-۱۱۲. Doi: 10.22093/wwj.2019.129130.2679

چکیده

تصفیه فاضلاب صنایع دارویی به دلیل وجود انواع مختلف مواد شیمیایی سمی و آنتی‌بیوتیک‌هایی که می‌تواند برای هر موجود زنده‌ای مضر باشد، فرایندی پیچیده است. در این پژوهش به بررسی حذف آنتی‌بیوتیک سولفامتوکسازول در فاضلاب مصنوعی پرداخته شد. به این منظور، تصفیه این آنتی‌بیوتیک در یک پایلوت دیسک‌های بیولوژیکی چرخان با سه مرحله، ۴۸ دیسک و حجم کلی ۷۸/۷۵ لیتر مورد بررسی قرار گرفت. در این سیستم راندمان حذف آنتی‌بیوتیک برای غلظت‌های مختلف COD و در زمان‌های ماند هیدرولیکی مختلف بررسی شد. زمان ماند هیدرولیکی بهینه برای مقادیر متفاوت COD، ۳۶ ساعت در نظر گرفته شد. مطابق نتایج با افزایش OLR و HRT، راندمان حذف SMX افزایش یافت. در ۱۲ ساعت اول فرایند تصفیه، راندمان حذف SMX حدود ۵۰ درصد بود و بیشینه حذف در ۷۲ ساعت اول اتفاق افتاد و به بیش از ۹۵ درصد رسید. همچنین به دلیل این که SMX منبع نیترژن است، افزایش غلظت COD اثر مثبتی بر راندمان حذف SMX داشت. راندمان حذف SMX در OLRهای صفر، ۲، ۴، ۸، ۱۶ و ۳۲ g COD/L.d، به ترتیب برابر با ۱۷، ۴۴، ۷۵، ۷۲، ۷۸ و ۸۲ درصد بود. مطابق نتایج بیشترین مقدار حذف SMX در بخش اول سیستم NRBC و برابر با ۵۷ درصد بود. با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش، می‌توان سیستم رشد چسبیده را جایگزین مناسبی برای سیستم لجن فعال متعارف در تصفیه پساب‌های صنایع دارویی دانست.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌بیوتیک، تصفیه بیولوژیکی، سولفامتوکسازول، حذف COD، فاضلاب دارویی

۱- مقدمه

کاربرد وسیع تصفیه بیولوژیکی پساب‌ها زمینه مناسبی برای ایجاد ژن‌های مقاوم در برابر آنتی‌بیوتیک ایجاد کرده است (Tan et al., 2006). Pruden et al., 2016 حضور داروها در محیط آبی با مصرف محلی آن‌ها ارتباط دارد (Godfrey et al., 2007). در حقیقت آنتی‌بیوتیک‌های مصرف شده توسط انسان‌ها، در بدن کاملاً مصرف نمی‌شوند و مقدار کمی از آن‌ها به خارج از بدن راه می‌یابد

(Kümmerer, 2001). آنتی‌بیوتیک‌هایی مانند سولفامتوکسازول (Renew and Huang, 2011)، تری‌متوپریم^۲ (Won et al., 2011)، سولفامتازین^۳ (Thurman and Hostetler, 1999)، اریترومایسین^۴ (Jessick, 2010) و سیپروفلوکساسین^۱

^۱Sulfamethoxazole (SMX)

^۲Trimethoprim

^۳Sulfamethazine

^۴Erythromycin



سولفونامیدها به دلیل داشتن خواص ضد باکتری و ضد انگلی در داروسازی کاربردهای فراوانی دارند. داروهایی که دارای این بنیان در ساختار مولکولی‌شان هستند، به سولفو داروها معروف هستند. از انواع سولفونامیدها می‌توان به سولفامتوکسازول، سولفومتازین، سولفامونومتاکسازین^۳ و سولفادی‌متاکسازین^۴ اشاره کرد.

به طور کلی پژوهش‌های محدودی در زمینه تصفیه پساب‌های آنتی‌بیوتیکی با استفاده از سیستم RBC انجام شده است. در این پژوهش به بررسی تصفیه هوازی آنتی‌بیوتیک سولفامتوکسازول با فرمول شیمیایی $C_{10}H_{11}N_3O_3$ در سیستم RBC در پایلوت نیمه صنعتی پرداخته شد و تأثیر پارامترهایی همچون OLR^6 ، HRT^5 ، غلظت COD و SMX، بر عملکرد سیستم RBC مورد بررسی قرار گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

سولفامتوکسازول از شرکت کمیدارو و بقیه مواد شیمیایی از نمایندگی شرکت مرک^۷ آلمان تهیه شد. کارتریج‌های استخراج فاز جامد^۸ ساخته شده در شرکت واترز^۹ (کارتریج ۵۰ میلی‌گرمی HLB®) و همچنین فیلترهای شرکت میلیپور^{۱۰} (۲۲/۰ و ۴۵/۰ میکرومتر) و واتمن^{۱۱} (۷/۰ میکرومتر) به منظور فیلتراسیون مورد استفاده قرار گرفت. استونیتریل^{۱۲}، متانول و آب مناسب برای استفاده در دستگاه HPLC از نمایندگی شرکت مرک خریداری شد.

نمونه برداری از جریان‌های ورودی و خروجی سیستم RBC و هر سه بخش سیستم به عمل آمد (شکل ۱). اندازه‌گیری SMX به وسیله ستون (Smartline, Knauer, Germany) C_{18} مجهز به آشکارگر UV/VIS با طول ۲۵۰ و قطر ۴/۶ میلی‌متر انجام شد. تزریق نمونه‌ها با سرنگ ۱۰۰ میکرولیتری (Hamilton, Reno, Nevada, USA) انجام شد. پیش از انجام آنالیز HPLC، به منظور جلوگیری از آسیب به ستون، کلیه نمونه‌ها از کارتریج‌های استخراج فاز جامد عبور داده شد. فاز سیال متشکل از ۸۷ درصد محلول بافر

(Wei et al., 2012) در جریان خروجی تصفیه‌خانه‌های شهری که پساب‌هایشان را در آب‌های پذیرنده رها کرده‌اند، شناسایی شده است. علاوه بر این، وجود آنتی‌بیوتیک‌ها در پساب کارخانه‌های تولید دارو در غلظت‌های بالای ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر گزارش شده است (Gadipelly et al., 2014). غلظت برخی از آنتی‌بیوتیک‌ها در فاضلاب خام صنایع آنتی‌بیوتیک‌سازی ایران واقع در شهرستان ساری، در حدود ۶۰ میلی‌گرم در لیتر تخمین زده شده است. علاوه بر این، غلظت COD در پساب کارخانه شرکت آنتی‌بیوتیک‌سازی ایران در محدوده ۳۰۰۰۰ تا ۳۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر گزارش شده است (Khademi et al., 2009).

در پژوهش‌های صورت گرفته روش‌های متعارف تصفیه فاضلاب مانند جداسازی غشایی، کربن فعال و کلرزنی برای حذف کامل آنتی‌بیوتیک‌ها مناسب نبوده است. بنابراین، فناوری‌های جدیدی به منظور حذف بیشتر آنتی‌بیوتیک‌ها و مواد دارویی از محیط‌های آبی مورد ارزیابی قرار گرفته است (Deegan et al., 2011). تصفیه بیولوژیکی در اغلب موارد در حذف آلودگی‌های مقاوم مانند آنتی‌بیوتیک‌ها، بسیار اقتصادی و مؤثر است (González et al., 2007).

از انواع روش‌های تصفیه بیولوژیکی که در سال‌های اخیر برای حذف آنتی‌بیوتیک مورد استفاده قرار گرفته است، می‌توان به لجن فعال متعارف، بیوراکتورهای غشایی، راکتور بی‌هوازی با جریان رو به بالا و همچنین دیسک‌های بیولوژیکی چرخان اشاره نمود (Su et al., 2015, Ternes and Joss, 2007, Kaya et al., 2013, Drillia et al., 2005, Chelliapan et al., 2006).

فرایندهای بیولوژیکی به دو دسته کلی سیستم متعارف رشد معلق و رشد چسبیده تقسیم می‌شوند (Bitton, 2005). دیسک‌های بیولوژیکی چرخان^۲ به دلیل عملکرد همزمان هر دو سیستم رشد چسبیده و معلق یک فرایند مناسب برای تصفیه فاضلاب به‌شمار می‌رود (Najafpour et al., 2005). این سیستم به فضا و انرژی مصرفی اندک، طراحی ساده و هزینه سرمایه‌گذاری اولیه کمی نیاز دارد و در برابر تغییرات ناگهانی بار مواد آلی مقاوم است (Hiras et al., 2004).

سولفونامید ترکیبی شامل گروه عاملی $NS(=O)_2$ است.

³Sulfamonomethoxine

⁴Sulfadimethoxine

⁵Hydraulic Retention Time (HRT)

⁶Organic Loading Rates (OLR)

⁷Merck

⁸Solid Phase Extraction Cartridges (SPEC)

⁹Waters

¹⁰Millipore

¹¹Whatman

¹²Acetonitrile

¹Ciprofloxacin

²Rotating Biological Contactor (RBC)



زمان راه‌اندازی، پایلوت NRBC به‌طور پیوسته و بدون توقف در این آزمایشگاه کار کرد. نمودار شماتیک سیستم ساخته شده در شکل ۱ نشان داده شده است. مشخصات سیستم NRBC ساخته شده و جزئیات عملکردی آن در جدول ۱ به‌صورت خلاصه نشان داده شده است.

۲-۲- ترکیب فاضلاب مصنوعی و عملکرد بیوراکتور

به‌منظور راه‌اندازی پایلوت از لجن تصفیه‌خانه بیمارستان ولی‌عصر شهرستان قائم‌شهر در استان مازندران که با سیستم لجن فعال متعارف کار می‌کند، استفاده شد و ۱۰ درصد حجم راکتور به این لجن اختصاص داده شد. راکتور به‌مدت ۲۰ روز در وضعیت

۰/۰۲ مولار آمونیوم استات ($C_2H_3O_2NH_4$) به همراه ۱۳ درصد استونیتریل بود. شدت جریان ۱ میلی‌لیتر در دقیقه و طول موج استفاده شده در آشکارساز ۲۶۵ نانومتر بود (Drillia et al., 2005). دبی ورودی به سیستم با استفاده از یک پمپ پرستالتیک (Etatron D.S., Model PDP-B-V, Italy) با سرعت قابل تغییر ۰ تا ۱۵۰ میلی‌لیتر در دقیقه تنظیم شد.

۱-۲- سیستم NRBC

این پژوهش در آزمایشگاه بیوتکنولوژی دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل در استان مازندران، شهرستان بابل انجام شد. به‌مدت ۱۲ ماه از

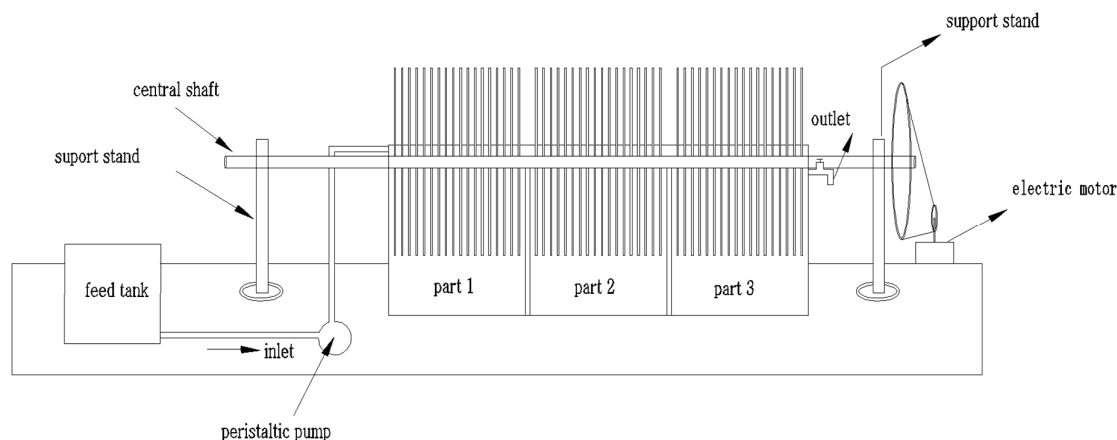


Fig. 1. The fabricated RBC pilot

شکل ۱- فلودیگرام پایلوت RBC ساخته شده در آزمایشگاه

جدول ۱- مشخصات پایلوت RBC

Table 1. Specification of the NRBC pilot

Shape: Rectangular cube		Shape: Circle		
Specifications of the reactor	Length	75 cm	Texture	PVC
	Width	35 cm	Diameter	33 cm
	Height	30 cm	Thickness of disc	2 mm
	Reactor thickness	0.8 cm	Number of discs per reactor	16 < 15 < 15
	The height of the liquid inside the reactor	25 cm	Total disc number	46
	Total reactor volume	75.78 L	Total surface of each disc	0.17 m
	Useful volume of each stage	21.9 L	Total disc area	7.1 m ²
Specifications of Disc	Total useful volume of the reactor	65.5 L	Immersion percentage	45 %
			Rotational speed	4 rpm

۳- نتایج و بحث

۳-۱- حذف COD در راکتور NRBC

در این پژوهش سیستم NRBC پیش از افزودن SMX در HRT های ۱۲ تا ۶۰ ساعت راه‌اندازی و غلظت COD ورودی بین ۳۰۰۰ تا ۲۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر در نظر گرفته شد (OLR= ۲-۱۶ g COD/L.d). نتایج نشان داد که با افزایش HRT، حذف COD به تدریج افزایش می‌یابد. البته افزایش راندمان حذف مواد آلی در HRT های بیشتر از ۳۶ ساعت، قابل توجه نبود. بیشینه حذف COD در غلظت ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر در HRT های ۱۲، ۲۴، ۳۶، ۴۸ و ۶۰ ساعت به ترتیب ۸۹، ۷۸، ۹۶/۵، ۹۶/۹ و ۹۷/۲ درصد بود. با توجه به نتایج به دست آمده با افزایش زمان ماند هیدرولیکی، پس از ۳۶ ساعت، کمتر از ۲ درصد به راندمان حذف ماده آلی اضافه شد. بنابراین HRT بهینه برای دستیابی به حذف مطلوب COD برابر با ۳۶ ساعت در نظر گرفته شد (شکل ۳).

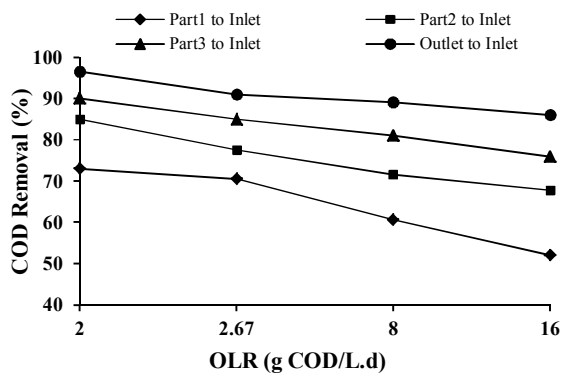


Fig. 3. The COD removal efficiency at various compartments of RBC at HRT=36h

شکل ۳- درصد حذف COD در هر یک از مراحل راکتور RBC در HRT=۳۶h

۳-۲- افزودن SMX در جریان ورودی راکتور NRBC

پس از ایجاد حالت پایدار، آنتی‌بیوتیک در غلظت‌های مختلف و همچنین در OLR های متفاوت به جریان ورودی اضافه شد. با تغییر در غلظت SMX در جریان ورودی، فعالیت سیستم تا رسیدن به شرایط پایدار ادامه یافت. زمان مورد نیاز برای دستیابی به حالت پایدار در غلظت‌های مختلف متفاوت بود؛ برای غلظت‌های ۱، ۵، ۱۵، ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر آنتی‌بیوتیک، SMX به ترتیب

ناپیوسته^۱ با فاضلاب مصنوعی متشکل از آب، ملاس (C₆H₁₂NNaO₃S)، پتاسیم هیدروژن فسفات صنعتی (K₂HPO₄)، پتاسیم دی‌هیدروژن فسفات صنعتی (KH₂PO₄) و ماده صنعتی (CH₄N₂O) تغذیه شد که نسبت به کار رفته هر کدام از مواد در این فاضلاب مصنوعی به عنوان خوراک ورودی به گونه‌ای بود که نسبت کربن، نیتروژن و فسفر به صورت ۱۰۰/۵/۱ حفظ شود. خصوصیات فاضلاب بیمارستان ولی عصر در جدول ۲ خلاصه شده است.

جدول ۲- نتایج آنالیز مربوط به فاضلاب تصفیه‌خانه بیمارستان ولی عصر

Table 2. Analysis of Valiasr hospital wastewater treatment plant

Parameters	Value
pH	7.9
EC	1650 μ/cm
TDS	1105 ppm
TSS	52 ppm
DO	5.28 ppm
BOD	58 ppm
COD	96 ppm
Free chlorine	1 ppm

سیستم NRBC ابتدا در حالت ناپیوسته به مدت ۲۰ روز فعالیت نمود. غلظت COD فاضلاب ساختگی از ۶۰۰ تا ۸۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر افزایش یافت. در طی این مدت HRT برابر با ۲۴ ساعت و سرعت چرخش دیسک ۴ rpm بود. در هفته اول، لایه میکربی قابل توجهی در دو طرف دیسک‌ها رشد کرد و پس از گذشت ۱۲ روز، بیوفیلم کاملاً شکل گرفت (شکل ۲).



Fig. 2. The formation of attached biofilm (on discs) at the end of discontinuous operation cycle of the reactor
شکل ۲- تشکیل بیوفیلم چسبیده بر روی دیسک‌ها در انتهای دوره کارکرد ناپیوسته راکتور

¹ Batch



HRTهای مختلف اندازه‌گیری شد (شکل ۴). همانطور که انتظار می‌رفت، راندمان حذف COD و SMX با افزایش HRT افزایش یافت. در HRT بهینه (۳۶ ساعت)، با افزایش غلظت SMX از ۱۰ به ۹۰ میلی‌گرم در لیتر، درصد حذف آنتی‌بیوتیک به تدریج از ۷۸ به حدود ۶۴ درصد کاهش یافت. به طوری که در غلظت‌های آنتی‌بیوتیک برابر با ۱۰، ۴۵، ۹۰ و ۹۰ میلی‌گرم در لیتر بیشینه حذف SMX در زمان ماند هیدرولیکی ۷۲ ساعت، به ترتیب برابر با ۹۵/۵، ۹۰/۵ و ۸۸ درصد بود. همچنین نتایج نشان داد که تجزیه SMX در HRTهای کمتر از ۶۰ ساعت اتفاق می‌افتد و بیش از ۸۰ درصد حذف آنتی‌بیوتیک در این بازه زمانی رخ می‌دهد. نتایج ثابت کرد که میکروارگانیسم‌ها می‌توانند به تدریج با محیط و منابع غذایی جدید سازگار شوند. همچنین نمودارها نشان می‌دهد که در ۱۲ ساعت اول فرایند تصفیه،

برابر با ۳، ۷، ۷، ۱۴، ۱۴ و ۱۴ روز بود. نوسانات در حذف COD در غلظت‌های پایین آنتی‌بیوتیک (۱ تا ۱۵ میلی‌گرم در لیتر) قابل چشم‌پوشی بود و به همین دلیل زمان مورد نیاز برای تطبیق در غلظت‌های بالای آنتی‌بیوتیک (۱۵ تا ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر) بالاتر بوده و به ۱۴ روز نیز رسید.

۳-۳- حذف SMX در غلظت‌های مختلف HRTهای متفاوت

در این پژوهش COD جریان ورودی به NRBC برابر با ۶۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود که این مقدار معمول غلظت مواد آلی در پساب‌های صنایع دارویی است (Khademi et al., 2009). به منظور بررسی تجزیه و حذف آنتی‌بیوتیک به عنوان یک ماده آلی، حذف SMX و COD در غلظت‌های مختلف آنتی‌بیوتیک و

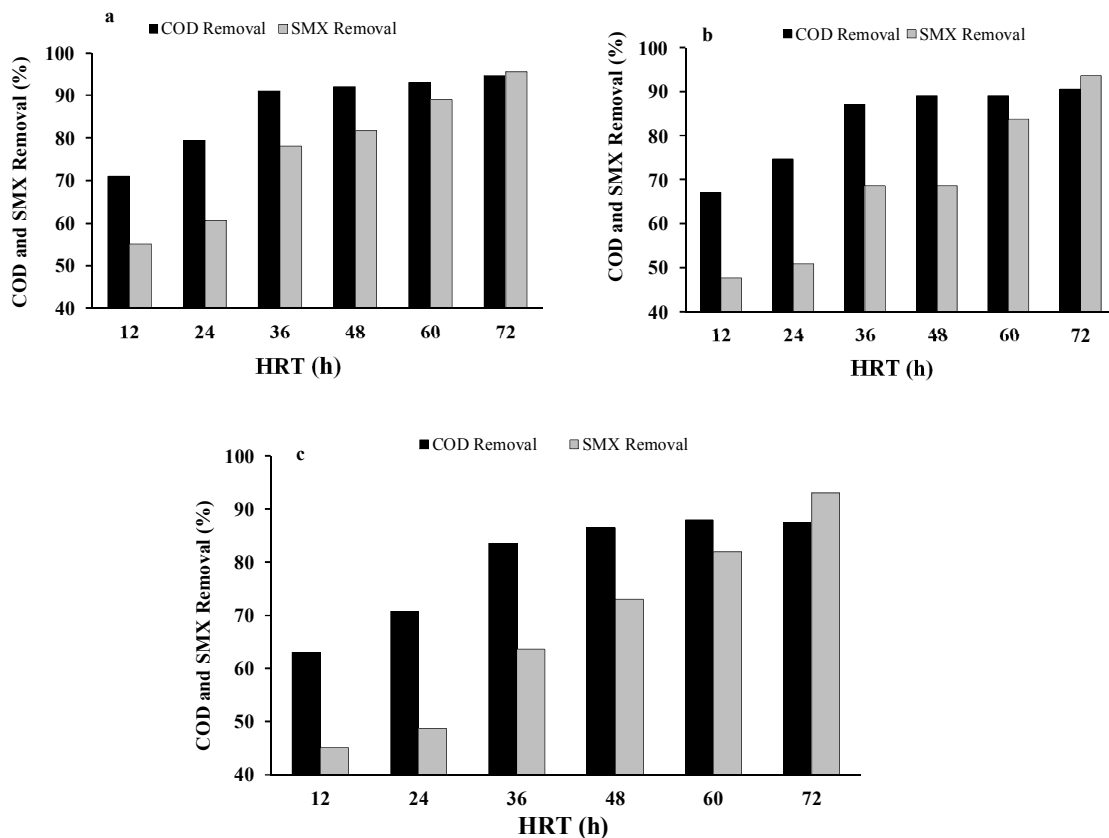


Fig. 4. The COD and SMX removal efficiency at COD = 8000 mg/L and

a) SMX=10 (mg/L.) b) SMX=45 (mg/L.) c) SMX=90 (mg/L.)

شکل ۴- راندمان حذف COD و SMX در 8000 (mg/L) COD و (a) SMX=10 (mg/L) (b) SMX=45 (mg/L) (c) SMX=90 (mg/L)

SMX=90 (mg/L) (c)

آلی و آنتی‌بیوتیک ارزیابی شود. همانطور که شکل ۶ نشان می‌دهد، بیشترین مقدار حذف COD و SMX در بخش اول سیستم و به ترتیب برابر با ۶۰ و ۵۷ درصد بود. دلیل این امر فعالیت بیشتر باکتری‌ها در بخش اول سیستم است که در معرض بار آلی بالاتری نسبت به سایر بخش‌ها است. درصد حذف کل COD و SMX نسبت به بار آلی و آنتی‌بیوتیک ورودی، در بخش دوم به ترتیب برابر با ۷۲ و ۶۵ و در بخش سوم برابر با ۸۵ و ۷۰ درصد بود.

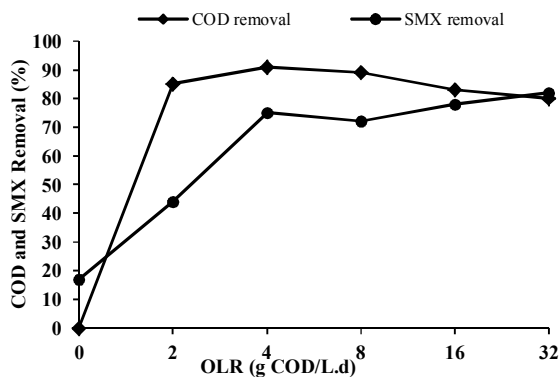


Fig. 5. The COD and SMX removal efficiency in various organic load rates (HRT=36h)
شکل ۵ - درصد حذف COD و SMX در بارهای آلی مختلف (HRT=36h)

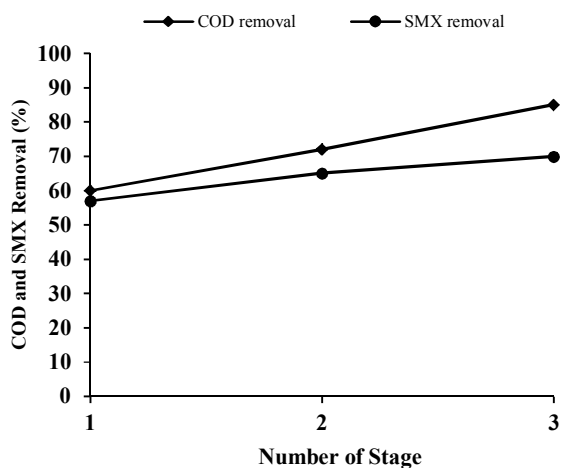


Fig. 6. The COD and SMX removal efficiency in various compartments of NRBC (HRT=36h, SMX=45mg/L)
شکل ۶ - درصد حذف COD و SMX در بخش‌های مختلف راکتور NRBC (HRT=36h, SMX=45mg/L)

در غلظت‌های ۱۰، ۴۵ و ۹۰ میلی‌گرم در لیتر آنتی‌بیوتیک، راندمان حذف SMX به ترتیب حدود ۵۵، ۴۸ و ۴۵ درصد بوده و همچنین بیشینه حذف در ۷۲ ساعت اول اتفاق می‌افتد که برای غلظت‌های ۱۰، ۴۵ و ۹۰ میلی‌گرم در لیتر به ترتیب حدود ۹۶، ۹۳/۵ و ۹۳ درصد بود.

با افزایش غلظت SMX از ۱۰ به ۹۰ میلی‌گرم در لیتر در زمان ماند هیدرولیکی بهینه، بازده حذف SMX از ۷۸ به ۶۴ درصد کاهش یافت. در پژوهش مشابهی در تصفیه فاضلاب خانگی با لجن فعال، راندمان حذف SMX برابر با ۵۲ درصد بوده است. البته راندمان حذف این آنتی‌بیوتیک برای سیستم ترکیبی کربن فعال همراه با بستر ثابت (جریان رو به بالا) تا ۶۰ درصد هم گزارش شده است. این نتایج نشان می‌دهد که سیستم NRBC در مقایسه با سیستم لجن فعال کارایی بالاتری در حذف آنتی‌بیوتیک‌ها دارد (Müller et al., 2013).

۴-۳- تأثیر غلظت COD بر حذف SMX

به منظور بررسی تأثیر غلظت COD بر راندمان حذف SMX، مقدار آنتی‌بیوتیک در HRT برابر ۳۶ ساعت اندازه‌گیری شد. به این منظور COD ورودی در شش مرحله از ۰ تا ۴۸۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر افزایش داده شد و غلظت SMX در ۴۵ میلی‌گرم در لیتر ثابت نگه داشته شد. نتایج این بخش که در شکل ۵ نمایش داده شده است، نشان می‌دهد که راندمان حذف SMX با افزایش OLR افزایش می‌یابد. راندمان حذف SMX در OLRهای ۰، ۲، ۴، ۸، ۱۶ و ۳۲ g COD/L.d به ترتیب برابر با ۱۷، ۴۴، ۷۵، ۷۲، ۷۸ و ۸۲ درصد بود. روند تجزیه SMX با تجزیه مواد آلی متفاوت بود. به بیان دیگر، غلظت‌های بالاتر COD منجر به افزایش راندمان حذف آنتی‌بیوتیک می‌شود که به نظر می‌رسد زمانی که منابع کربن مطلوب در دسترس باشد، سولفامتوکسازول به عنوان منبع نیتروژن مورد استفاده قرار می‌گیرد و به همین علت است که بازده حذف آنتی‌بیوتیک با افزایش غلظت COD افزایش می‌یابد.

۵-۳- بازده حذف COD و SMX در هر بخش NRBC

غلظت COD و SMX در هر بخش از سیستم به‌طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفت تا راندمان سیستم در حذف همزمان ترکیبات



۴- نتیجه‌گیری

درصد بود و بیشینه حذف در ۷۲ ساعت اول اتفاق افتاد که برای غلظت‌های ۱۰، ۴۵ و ۹۰ میلی‌گرم در لیتر به ترتیب حدود ۹۶، ۹۳/۵ و ۹۳ درصد بود. علاوه بر این، با افزایش غلظت SMX از ۱۰ به ۹۰ میلی‌گرم در لیتر در HRT برابر با ۳۶ ساعت، بازده حذف SMX از ۷۸ به ۶۴ درصد کاهش یافت. در سیستم NRBC افزایش OLR نه تنها تأثیر منفی بر حذف آنتی‌بیوتیک نداشت، بلکه سبب بهبود راندمان حذف آنتی‌بیوتیک شد. بررسی‌ها نشان داد که بیشترین مقدار حذف SMX در بخش اول سیستم NRBC اتفاق افتاد. با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش، می‌توان سیستم رشد چسبیده را جایگزین مناسبی برای سیستم لجن فعال متعارف در تصفیه پساب‌های صنایع دارویی دانست. البته پژوهش‌های بیشتری برای ارزیابی سیستم‌های RBC در تصفیه آنتی‌بیوتیک‌ها مورد نیاز است.

در این پژوهش، یک بیوراکتور رشد چسبیده به منظور تصفیه فاضلاب حاوی غلظت‌های بالای آنتی‌بیوتیک سولفامتوکسازول مورد استفاده قرار گرفت و راندمان حذف آنتی‌بیوتیک در COD و HRT‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت و بازده حذف COD و SMX برای هر بخش سیستم NRBC به صورت جداگانه تعیین شد. با افزایش زمان ماند هیدرولیکی، پس از ۳۶ ساعت، کمتر از ۲ درصد به راندمان حذف ماده آلی اضافه شد. بنابراین HRT بهینه برای دستیابی به حذف مطلوب COD برابر با ۳۶ ساعت در نظر گرفته شد. تجزیه SMX در HRT‌های کمتر از ۶۰ ساعت اتفاق می‌افتد و میکروارگانیسم‌ها می‌توانند به تدریج با محیط و منابع غذایی جدید سازگار شوند. نتایج نشان داد در ۱۲ ساعت اول فرایند تصفیه، در غلظت‌های ۱۰، ۴۵ و ۹۰ میلی‌گرم در لیتر آنتی‌بیوتیک، راندمان حذف SMX به ترتیب حدود ۵۵، ۴۸ و ۴۵

References

- Bitton, G. 2005. *Wastewater microbiology*, John Wiley & Sons, Inc., N.Y.
- Chelliapan, S., Wilby, T. & Sallis, P. J. 2006. Performance of an up-flow anaerobic stage reactor (UASR) in the treatment of pharmaceutical wastewater containing macrolide antibiotics. *Water Research*, 40, 507-516.
- Deegan, A., Shaik, B., Nolan, K., Urell, K., Oelgemöller, M., Tobin, J., et al. 2011. Treatment options for wastewater effluents from pharmaceutical companies. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 8, 649-666.
- Drillia, P., Dokianakis, S., Fountoulakis, M., Kornaros, M., Stamatelatos, K. & Lyberatos, G. 2005. On the occasional biodegradation of pharmaceuticals in the activated sludge process: the example of the antibiotic sulfamethoxazole. *Journal of Hazardous Materials*, 122, 259-265.
- Gadipelly, C., Pérez-González, A., Yadav, G. D., Ortiz, I., Ibáñez, R., Rathod, V. K., et al. 2014. Pharmaceutical industry wastewater: review of the technologies for water treatment and reuse. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 53, 11571-11592.
- Godfrey, E., Woessner, W. W. & Benotti, M. J. 2007. Pharmaceuticals in on-site sewage effluent and ground water, western Montana. *Groundwater*, 45, 263-271.
- González, O., Sans, C. & Esplugas, S. 2007. Sulfamethoxazole abatement by photo-Fenton: toxicity, inhibition and biodegradability assessment of intermediates. *Journal of Hazardous Materials*, 146, 459-464.
- Hiras, D. N., Manariotis, I. D. & Grigoropoulos, S. G. 2004. Organic and nitrogen removal in a two-stage rotating biological contactor treating municipal wastewater. *Bioresource Technology*, 93, 91-98.
- Jessick, A. M. 2010. *Detection, fate, and bioavailability of erythromycin in environmental matrices*, Transgenomic, Inc., Nebraska.
- Kaya, Y., Ersan, G., Vergili, I., Gönder, Z. B., Yilmaz, G., Dizge, N., et al., 2013. The treatment of pharmaceutical wastewater using in a submerged membrane bioreactor under different sludge retention times. *Journal of Membrane Science*, 442, 72-82.



- Khademi, M., Najafpour, G., Nia, B. N., Zinatizadeh, A. & Kalantary, R. R. 2009. Biological treatment of antibiotic plant effluent in an UASFF bioreactor. *World Applied Science Journal*, 5, 1-8.
- Kümmerer, K. 2001. Drugs in the environment: emission of drugs, diagnostic aids and disinfectants into wastewater by hospitals in relation to other sources—a review. *Chemosphere*, 45, 957-969.
- Müller, E., Schüssler, W., Horn, H. & Lemmer, H. 2013. Aerobic biodegradation of the sulfonamide antibiotic sulfamethoxazole by activated sludge applied as co-substrate and sole carbon and nitrogen source. *Chemosphere*, 92, 978-969.
- Najafpour, G., Yieng, H. A., Younesi, H. & Zinatizadeh, A. 2005. Effect of organic loading on performance of rotating biological contactors using palm oil mill effluents. *Process Biochemistry*, 40, 2879-2884.
- Pruden, A., Pei, R., Storteboom, H. & Carlson, K. H. 2006. Antibiotic resistance genes as emerging contaminants: studies in northern Colorado. *Environmental Science and Technology*, 40, 7445-7450.
- Renew, J. E. & Huang, C.-H. 2004. Simultaneous determination of fluoroquinolone, sulfonamide, and trimethoprim antibiotics in wastewater using tandem solid phase extraction and liquid chromatography–electrospray mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1042, 113-121.
- Su, R., Zhang, G., Wang, P., Li, S., Ravenelle, R. M. & Crittenden, J. C. 2015. Treatment of antibiotic pharmaceutical wastewater using a rotating biological contactor. *Journal of Chemistry*, doi: 10.11551/2015/705 275.
- Tan, A., Xiao, M., Cui, X., Chen, X., Chen, Y., Fang, D., et al. 2016. Dark matter results from first 98.7 days of data from the PandaX-II experiment. *Physical Review Letters*, 117, doi: 10.1103/Physrevlett. 117.121303.
- Ternes, T. & Joss, A. 2007. *Human pharmaceuticals, hormones and fragrances*, IWA Pub., UK.
- Thurman, E. & Hostetler, K. 1999. Analysis of tetracycline and sulfamethazine antibiotics in groundwater and animal-feedlot wastewater by highperformance liquid chromatography/mass spectrometry using positive-ion electrospray. Conf. *US Geological Survey*, Lawrence, KS.
- Wei, R., Ge, F., Chen, M. & Wang, R. 2012. Occurrence of ciprofloxacin, enrofloxacin, and florfenicol in animal wastewater and water resources. *Journal of Environmental Quality*, 41, 1481-1486.
- Won, S. Y., Lee, C. H., Chang, H. S., Kim, S. O., Lee, S. H. & Kim, D. S. 2011. Monitoring of 14 sulfonamide antibiotic residues in marine products using HPLC-PDA and LC-MS/MS. *Food Control*, 22, 1101-1107.

