

بررسی تاثیر حضور آنتی بیوتیک سفیکسیم تری هیدرات بر روی ویژگی های

بیولوژیکی لجن فعال

لیلا قلمچی و سهیل عابر* و رعنا تجدید خواجه

گروه شیمی کاربردی، دانشکده شیمی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۲/۰۵

تاریخ تصحیح: ۹۵/۰۷/۰۶

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۲/۰۵

چکیده

فرآیند لجن فعال یک فرآیند بیولوژیکی هوازی تصفیه فاضلاب است. این فرآیند از حدود ۱۰۰ سال پیش بطور موثر و گسترده‌ای برای تصفیه انواع فاضلاب‌های شهری و صنعتی بکار گرفته شده است. برخی داروها از قبیل آنتی بیوتیک ها تاثیر سوئی بر باکتری‌های موجود در لجن فعال دارند. سفیکسیم، یک آنتی بیوتیک نیمه سنتتیک و از جمله سفالوسپورین‌های نسل سوم می باشد. در این مطالعه تاثیر حضور سفیکسیم بر پارامترهای عملیاتی بیولوژیکی لجن فعال بررسی شد. پارامترهای $MLSS$ ، COD ، SVI و آنالیز میکروسکوپی بافت لجن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد با کنترل دقیق پارامترهای عملیاتی در دوره‌ی سازگاری، می‌توان کیفیت لجن را در حد قابل قبولی حفظ کرد. به طور متوسط $MLSS$ در مقدار ۳۵۰۰ میلی گرم بر لیتر، pH در حدود ۷.۶ و SVI در حدود 90 mL.g^{-1} کنترل شد. میزان COD پس از دوره سازگاری از حدود 800 ppm به 40 ppm کاهش یافت. آنالیز با میکروسکوپ نوری نشان داد پس از دوره‌ی سازگاری، میکروارگانیسم‌های موجود در لجن فعال از قبیل سیلیات‌ها و پروتوزوئرها حتی در حضور آنتی بیوتیک فعال هستند.

واژگان کلیدی: لجن فعال، آنتی بیوتیک، سفیکسیم تری هیدرات

مقدمه

گسترش روز افزون جوامع بشری و توسعه صنعتی هر چند امتیازات ویژه ای داشته است، اما مشکلات زیست محیطی زیادی را نیز باعث شده است. فاضلاب‌های اماکن مسکونی و واحدهای صنعتی در صورت دفع غیر صحیح و عدم تصفیه، به دلیل بار مواد آلی و معدنی زیاد باعث آلودگی آب، خاک و هوا خواهند شد. بنابراین تصفیه فاضلاب‌ها ضرورت پیدا می‌کند و این امر باعث گسترش و افزایش روش‌های مختلف تصفیه فاضلاب می شود. در مواردی که فاضلاب‌های صنعتی حاوی مواد آلی قابل تجزیه زیستی باشند و برای فاضلاب شهری، ساده ترین و اقتصادی ترین روش تصفیه، استفاده از سیستم‌های تصفیه زیستی است. در تصفیه زیستی، میکروارگانیسم‌ها مواد آلی موجود در فاضلاب را به عنوان منبع غذایی مصرف و تجزیه می‌کنند. یکی از متداولترین روش‌های تصفیه زیستی، فرآیند لجن فعال است که با اکسیداسیون زیستی حاصل از هوادهی باعث تصفیه فاضلاب می‌شود.

گونه‌های متنوعی از باکتری‌ها، قارچ‌ها، تک یاخته‌ها، و روتیفرها در توده زیستی لجن فعال وجود دارند که تنوع گونه‌ها و جمعیت آنها به تنوع ترکیبات آلی موجود در فاضلاب ورودی، ترکیبات حدواسط تولیدی در طی فرآیند زیستی و شرایط فرآیندی بستگی دارد. نسبت پایین $\frac{BOD}{COD}$ ^۱ و وجود آلاینده‌های سمی در فاضلاب‌های صنعتی باعث مقاوم‌تر بودن آنها در برابر تصفیه زیستی و بروز مشکلاتی در فرآیند تصفیه می‌شوند [۳-۱]. از جمله دلایل عدم تصفیه‌پذیری انواع فاضلاب‌های صنعتی می‌توان به حضور آلاینده‌های سمی با غلظت‌های متفاوت، جمعیت کم باکتری‌های سازگار با توجه به غلظت سوبسترا (نسبت نامناسب F/M)^۲، شرایط فیزیکی نامناسب، درصد کم سلول‌های زنده و تولید متابولیت‌های سمی اشاره نمود [۴]. سفیکسیم، یک آنتی بیوتیک نیمه سنتتیک و از جمله سفالوسپورین‌های نسل سوم می‌باشد. این آنتی بیوتیک‌ها در درمان طیف وسیعی از بیماری‌های عفونی و باکتریایی مثل عفونت‌های تنفسی، عفونت‌های پوست و بافت نرم و عفونت‌های استخوان یا مفاصل، و عفونت‌های ادراری مؤثر می‌باشند. این آنتی بیوتیک‌ها همچنین ممکن است برای پیشگیری از ایجاد عفونت در افرادی که تحت عمل جراحی قرار گرفته‌اند یا در افرادی که به هر علتی مستعد عفونت هستند، استفاده شوند. فاضلاب ناشی از بیمارستان‌ها و مراکز بهداشتی درمانی به طور کلی از نظر کیفی تقریباً مشابه فاضلاب شهری هستند. رایج ترین سیستم تصفیه فاضلاب صنایع دارویی، سیستم‌های تصفیه لجن فعال متعارف می‌باشد [۵-۸]. با توجه به اینکه استفاده از سیستم‌های لجن فعال نیازمند یک مرحله سازگاری لجن فعال با فاضلاب دارویی است، لذا مطالعه تغییر پارامترهای مشخصه لجن فعال از قبیل MLSS^۳، MLVSS^۴، SVI^۵ و بررسی بافت میکروسکوپی لجن تحت تاثیر آنتی بیوتیک سفیکسیم حائز اهمیت می‌باشد. در این مقاله، به بررسی تاثیر حضور آنتی بیوتیک بر روی پارامترهای لجن فعال پرداخته شده است.

۲- بخش تجربی

لجن فعال از شرکت شیرپاستوریزه پگاه تبریز تهیه شد. ماده‌ی موثر داروی سفیکسیم تری هیدرات به عنوان آنتی بیوتیک از شرکت داروسازی دانای تبریز تهیه شد. جدول ۱ ساختار شیمیایی و مشخصات آنتی بیوتیک انتخابی را نشان می‌دهد. نحوه‌ی سازگاری لجن تهیه شده با مخلوط این دارو طی مدت زمان ۳۰ روز مورد مطالعه قرار گرفت. لجن پس از تهیه به مدت دو روز به صورت گسترده هوادهی شد تا آماده‌ی تغییر شرایط و مصرف خوراک جدید شود. در روزهای سوم و پنجم ۶۰۰ میلی لیتر از لجن غلیظ، با ۲۰ میلی لیتر خوراک و ۵۸۰ میلی لیتر فاضلاب سنتزی مخلوط شد. فاضلاب سنتزی دارای سفیکسیم تری هیدرات با غلظت ۱۵ میلی گرم بر لیتر بود و خوراک با استفاده از گلوکز، آمونیوم نیترات و پتاسیم هیدروژن فسفات با نسبت

¹ Biological Oxygen Demand to Chemical Oxygen Demand ratio

² Food to Microorganism ratio

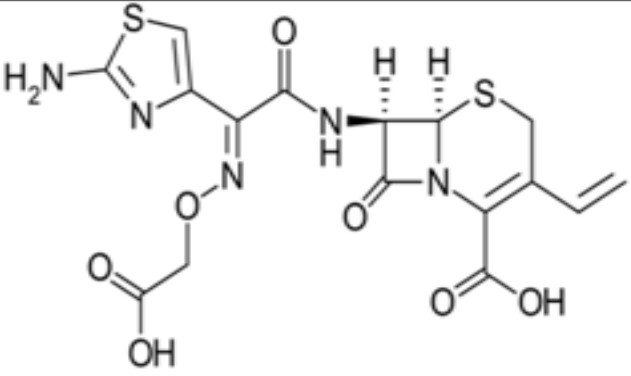
³ Mixed Liquor Suspended Solids

⁴ Mixed Liquor Volatile Suspended Solids

⁵ Sludge Volume Index

۱:۵:۱۰۰ از P:N:COD تهیه شد. از روز ششم تا روز شانزدهم یکرور در میان ۲۰ میلی لیتر از محلول داخل واکنشگاه خارج شد و بجای آن ۲۰ میلی لیتر محلول سفیکسیم با غلظت ۱۵ میلی گرم بر لیتر به سیستم تزریق گردید. از روز هفدهم تا روز سیام غلظت محلول سفیکسیم یاد شده به ۳۰ میلی گرم بر لیتر افزایش داده شد. در تمام این مدت پارامترهای عملیاتی لجن فعال شامل تغییرات بافت لجن، COD، SVI، MLSS و MLVSS به طور مرتب بررسی و اندازه گیری شدند و تغییرات این پارامترها مورد مطالعه قرار گرفت. تمامی آنالیزها با استفاده از روش‌های استاندارد انجام شدند.

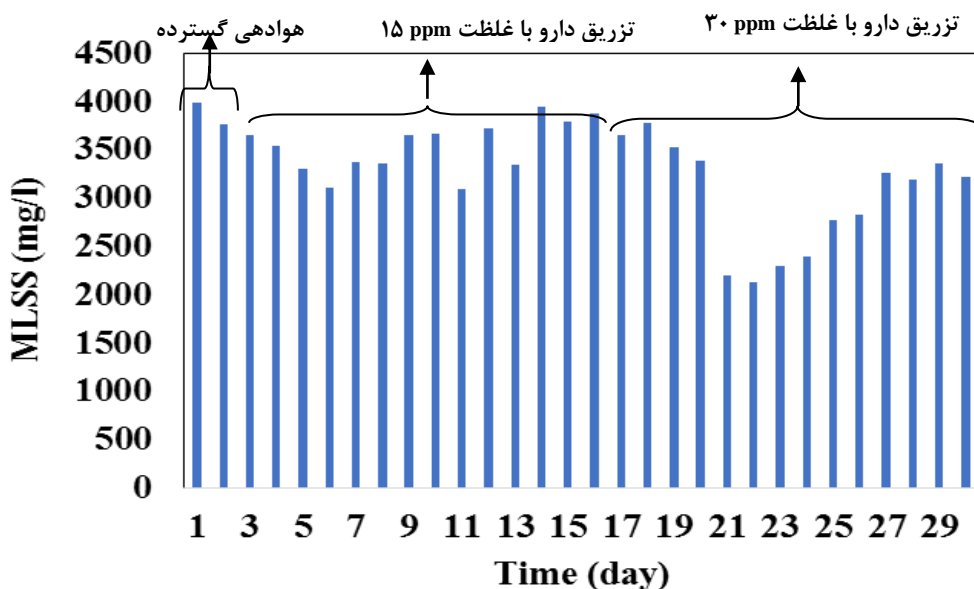
جدول ۱- ساختار و مشخصات داروی انتخابی

	ساختار شیمیایی
۷۹۳۵۰-۳۷-۱	شماره شناسایی
۴۵۳/۴۵۲ گرم بر مول	وزن مولکولی
۲۸۵ نانومتر	طول موج ماکزیمم
$C_{16}H_{15}N_5O_7S_2$	فرمول شیمیایی

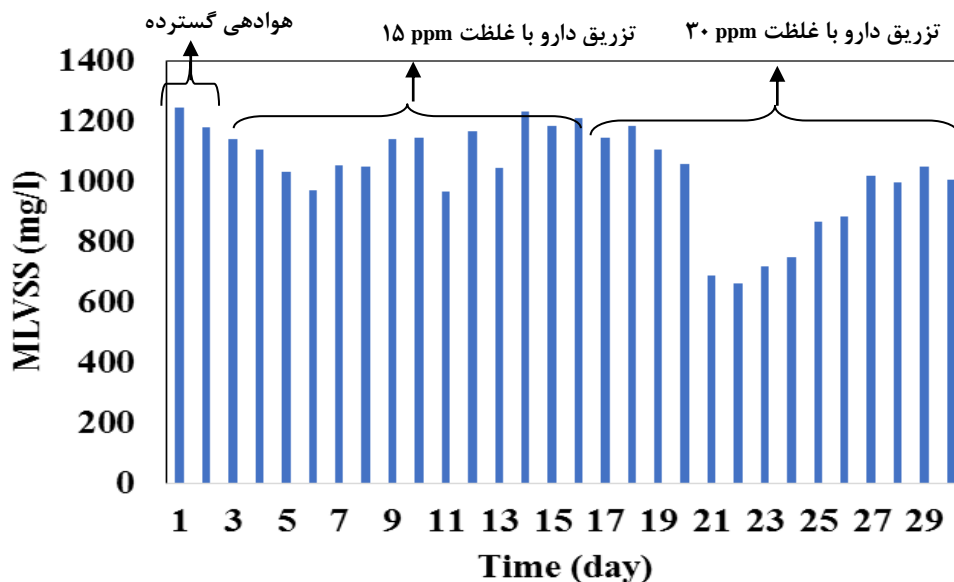
۳- نتایج و بحث

نمودار ۱ و ۲ به ترتیب تغییرات MLSS و MLVSS را طی فرآیند سازگاری به مدت ۳۰ روز نشان می‌دهند. روند تغییرات MLSS و MLVSS مشابه یکدیگر است. با توجه به نتایج بدست آمده، در ابتدای آزمایش حجم لجن و میزان توده زیستی بالا بود که در دو روز اول هوادهی در غیاب خوراک کاهش یافت و بعد از افزودن محلول سفیکسیم نیز احتمالاً به دلیل سمیت دارویی محلول و از بین رفتن میکروارگانیسم‌های با مقاومت کمتر همین روند ادامه پیدا کرد. در این مرحله به دلیل سازگار نبودن میکروارگانیسم‌ها با محیط جدید و مشکل بودن تخریب مواد آلی محلول، امکان استفاده از آن‌ها به عنوان ماده غذایی مشکل بود بنابراین بقاء و تولیدمثل باکتری‌ها کاهش یافت. اما با افزایش مدت زمان تماس میکروارگانیسم‌ها با محلول، میزان MLSS و MLVSS تا حدی افزایش یافت که نشانگر سازش یافتن میکروارگانیسم‌ها با محلول بود.

افزایش مجدد غلظت محلول سفیکسیم ورودی در روز هفدهم مجدداً میزان MLSS و MLVSS را کاهش داد. که این امر را می توان به شوک ناشی از افزایش غلظت دارو و سمیت آن نسبت داد [۳ و ۹-۱۱]. البته مشاهده گردید که از روز ۲۱ به بعد به دلیل سازگاری مجدد باکتری ها با شرایط جدید، میزان MLSS و MLVSS افزایش یافت.

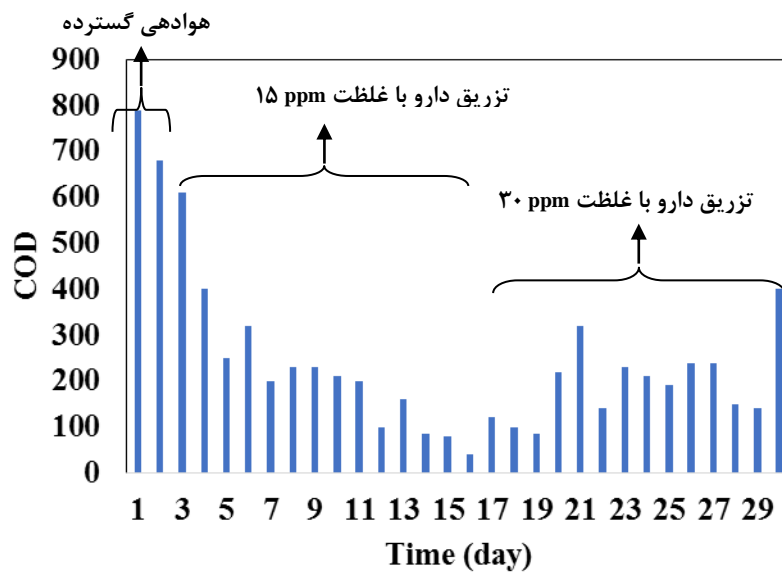


نمودار ۱- تغییرات MLSS طی فرآیند سازگاری



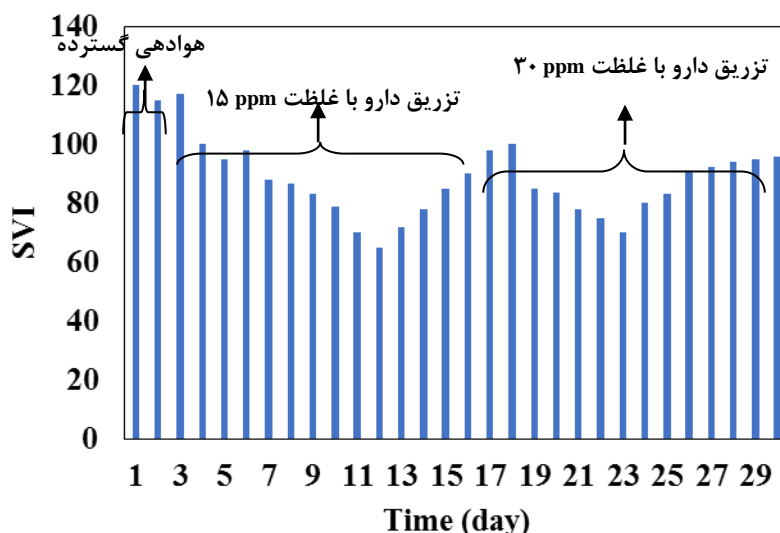
نمودار ۲- تغییرات MLVSS طی فرآیند سازگاری

همانطور که در نمودار شماره ۳ مشاهده می‌شود، مقدار COD محلول خروجی از مقدار ۸۰۰ به ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر کاهش یافته است. در ابتدا کاهش COD محسوس نبود که نشان دهنده غیر فعال بودن میکروارگانیسم‌های لجن فعال و امکان از بین رفتن آنها می‌باشد. با وجود افزایش تدریجی غلظت دارو در طول زمان و در نتیجه سازش پذیری سیستم، مقدار COD سیستم تا روز شانزدهم کاهش یافت که به دلیل فعالیت میکروارگانیسم‌های مقاوم در برابر آنتی بیوتیک است. با افزایش غلظت سفیکسیم ورودی از روز هفدهم به بعد مجدداً COD سیستم به دلیل تحمل نکردن سمیت بالای دارویی افزایش یافت.



نمودار ۳- تغییرات COD طی فرآیند سازگاری

یکی از پارامترهای مهم در فرآیندهای بیولوژیکی شاخص حجمی لجن یا SVI می‌باشد [۱۱-۱۰]. همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود قابلیت ته نشینی لجن به دلیل حضور سفیکسیم کاهش پیدا کرده است بطوریکه در روز دوازدهم به ۶۵ میلی لیتر بر گرم رسیده است که احتمالاً به دلیل از بین رفتن بافت لجن و میکروارگانیسم‌ها و ریزتر شدن فلوک‌های لجن می‌باشد در نتیجه حجم لجن ته نشین شده کاهش یافت. در مراحل بعد به دلیل افزایش تولید مثل باکتری‌ها، فلوک‌های درشت‌تری در سیستم ایجاد شد و در نتیجه مقدار حجم لجن ته نشین شده افزایش یافت. پس از افزایش غلظت دارو در روز هفدهم مجدداً تعال سیستم بهم خورده و تعداد زیادی از میکروارگانیسم‌ها از بین رفته و در نتیجه حجم لجن ته نشین شده مجدداً تا روز ۲۳ کاهش یافت و بعد از آن مجدداً به مقدار مناسب بازگشت. در یک سیستم بیولوژیکی متعادل، مقدار شاخص حجمی لجن بین ۷۰ تا ۱۵۰ میلی لیتر بر گرم می‌باشد. مقدار این پارامتر در طول انجام آزمایش در بازه‌ی مطلوب قرار داشت.



نمودار ۴- تغییرات SVI طی فرآیند سازگاری

همانطور که در شکل ۵ الف مشاهده می‌گردد و بر اساس اطلاعات ریخت شناسی موجود در منابع علمی [۱۲] در لجن فعال قبل از سازگاری تعداد زیادی پروتوزوئر از جمله سیلیاته وجود دارد و همچنین با استفاده از شکل ۵ ب و بر اساس منابع علمی [۱۲] مشاهده می‌شود که پس از سازگار شدن لجن با داروی سفیکسیم، میکروارگانیسم‌های مقاوم‌تری از جمله روتیفرها در لجن فعال دیده می‌شوند. حضور موثر روتیفرها در بافت لجن فعال پس از مرحله سازگاری نشان دهنده فعالیت و پایداری لجن فعال در فرآیند تصفیه بیولوژیکی می‌باشد. این موجودات مانند تک یاخته‌ها هوازی بوده و حضور آنها نشان دهنده کارایی خوب سیستم بیولوژیکی می‌باشد.



شکل ۵- تصویر میکروسکوپ نوری از بافت لجن فعال (الف) قبل از سازگاری (ب) بعد از سازگاری

۴- نتیجه گیری

نتایج نشان داد با وجود ساختار پیچیده و سمیت داروها امکان سازگاری میکروارگانیسم‌های لجن فعال با پساب‌های دارویی وجود دارد. سیفکسیم به عنوان یکی از پرمصرف‌ترین آلاینده‌های دارویی، قابلیت حذف به روش بیولوژیکی را دارد. طی فرآیند سازگاری مقادیر پارامترهای عملیاتی لجن فعال از قبیل MLSS، MLVSS، SVI و COD تغییر می‌کند و کاهش COD نشانگر حذف محلول سیفکسیم‌تری هیدرات است. افزایش مجدد MLVSS بعد از یک روند کاهش نشانگر رشد و تکثیر باکتری‌ها و موجودات مقاوم در حضور سیفکسیم می‌باشد که توانایی مصرف و اکسایش این آلاینده را دارند.

۵- تقدیر و تشکر

تمامی نویسندگان مقاله مراتب قدردانی خود را از دانشگاه تبریز به خاطر حمایت‌های مادی و معنوی از این کار پژوهشی اعلام می‌دارند.

۶- مراجع

- [1] M. Henze, IWA publishing, (Ed.) (2008). Biological wastewater treatment: principles, modelling and design.
- [2] P. F. Strom, D. Jenkins, Water Pollution Control Federation, **56** (1984) 449.
- [3] T. Nguyen, P. H. Nicholas, H. Nidal, Desalination, **204** (2007) 277.
- [4] B. M. Wilén, B. Jin, P. Lant, Water Science and Technology, **47** (2003) 95.
- [5] M. Attimarad, Chemistry Central Journal, **6** (2012) 1.
- [6] T. Zhang, Journal of Chemical & Engineering Data, **59** (2014) 1915.
- [7] B. Kraigher, T. Kosjek, E. Heath, B. Kompare, Water Research, **42** (2008) 4578.
- [8] J. Radjenović, P. Mira, B. Damià, Water Research, **43** (2009) 831.
- [9] A. Joss, S. Zabczynski, A. Göbel, B. Hoffmann, D. Löffler, Water Research, **40** (2006) 1686.
- [10] B. Q. Liao, D.G. Allen, I.G. Droppo, G.G. Leppard, S.N. Liss, Water Research, **35** (2001) 339.
- [11] B. Wilén, J. Bo, L. Paul, Water Research, **37** (2003) 2127.
- [12] R. J. Seviour, L. Blackall (Eds.) (2012). The microbiology of activated sludge. Springer Science & Business Media.