نشریه مهندسی عمران امیرکبیر

نشریه مهندسی عمران امیرکبیر، دوره ۵۴، شماره ۶، سال ۱۴۰۱، صفحات ۲۳۴۳ تا ۲۳۵۲
DOI: 10.22060/ceej.2021.19302.7130

بررسی کارایی فرآیند لجن فعال با هوادهی گسترده و برگشت لجن در کاهش COD پساب صنایع نوشابه‌سازی

محمدجواد ذوقی*، محمدرضا دوستی، محمدحسین ربیعی گسک، مهدی ایوبی

دانشکده مهندسی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

خلاصه: پساب صنایع نوشابه‌سازی دارای مقادیر بالای ترکیبات آلی است که روش‌های تصفیه زیستی در این زمینه بسیار متداول است. با اعمال روش‌های کارآمد جهت تصفیه پساب صنایع نوشابه‌سازی، می‌توان زمینه مصرف پساب تصفیه شده را در جاهای دیگر فراهم نمود. هدف کلی از تحقیق حاضر بررسی کارایی فرآیند لجن فعال با هوادهی گسترده و برگشت لجن جهت کاهش میزان COD پساب صنایع نوشابه‌سازی است. جهت ارزیابی در ابتدا از یک مخزن ۲۰ لیتری به صورت کاملا بی‌هوازی استفاده شده که پساب ساختگی از آن به پایلوت منتقل شده است. میزان بارگذاری آلی از مقدار ۱/۰۳ day.kg COD/m^3 تا ۱/۹۳ day.kgCOD/m^3 افزایش یافته است و در این تحقیق جهت سنجش میزان آلودگی پساب صنایع نوشابه‌سازی از پارامتر COD استفاده شده و سیکل کاری ۲۴ ساعت بوده است. همچنین پارامترهای زمان ماند هیدرولیکی، دما و pH نیز مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. نتایج حاصل شده از فرآیند مذکور نشان داد که با بارگذاری آلی نهایی به میزان ۱/۹۳ day.kg COD/m^3 راندمان حذف برابر ۹۰ درصد گردید، که بخشی از راندمان حذف (۲۰ تا ۳۰ درصد) مرتبط با مخزن بی‌هوازی استفاده شده در ابتدا پایلوت است. با بررسی زمان ماندهای هیدرولیکی ۶، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ ساعت، بیشترین راندمان در زمان ماند ۲۴ ساعت به دست آمده و در روند تحقیق میزان pH بین ۷ تا ۹ و دما در محدوده مزوفیلیک قرار داشته است. لذا می‌توان نتیجه گرفت که فرآیند لجن فعال با هوادهی گسترده و برگشت لجن در تصفیه پساب صنایع نوشابه‌سازی با بار آلی متوسط موثر است.

تاریخچه داوری:
دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۰۴
بازنگری: ۱۴۰۰/۰۷/۱۲
پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۰۸
ارائه آنلاین: ۱۴۰۰/۰۹/۱۱

کلمات کلیدی:
تصفیه زیستی
تصفیه فاضلاب
لجن فعال
هوادهی گسترده
پساب صنایع نوشابه‌سازی

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر، آگاهی عمومی در مورد مشکلات آلودگی آب افزایش یافته است، که این امر باعث تصویب قوانین سخت‌گیرانه محیط زیستی در خصوص تخلیه پساب شده است [۱]. این موضوع باعث افزایش سرعت احداث تصفیه‌خانه‌های فاضلاب، به ویژه در کشورهای در حال توسعه شده است [۲]. برای جلوگیری از آلودگی آب‌های زیرزمینی و سطحی، خاک، محیط زیست و تامین منابع آبی برای برخی از مصارف غیرشرب، امروزه فاضلاب‌ها با روش‌های متعددی تصفیه می‌شوند [۳]. پساب‌های صنعتی بسیار گوناگون و متنوع هستند و از مهم‌ترین مشخصه‌های این نوع پساب، تغییرات کمی و کیفی شدید و نوسانات بالای کمی و کیفی آن است که سبب پیچیده‌تر شدن روش تصفیه پساب صنعتی می‌شود [۴]. روش‌های تصفیه پساب‌های صنعتی شامل روش‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی (روش‌های هوازی و بی‌هوازی) است. فرآیند حذف توسط فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی هزینه بالایی داشته و به همین علت، امروزه روش‌های زیستی بیشتر مورد توجه قرار گرفته است [۵]. در این راستا فرآیندهای تصفیه متفاوتی از جمله لجن فعال، صافی‌های چکنده، برکه‌های تثبیت و غیره وجود دارند [۶] که لجن فعال یکی از متداول‌ترین روش‌های به کار رفته برای نیل به هدف اصلی تصفیه بیولوژیکی فاضلاب که اساس آن پایدارسازی مواد آلی، لخته‌سازی و حذف جامدات کلوییدی غیرقابل ته‌نشینی توسط مخلوط میکروارگانیسم‌ها به ویژه باکتری‌ها است [۷]. این روش به دلایلی چون بازده بالا در دستیابی به استانداردهای موجود، عدم تجمع حشرات و مشکلات کمتر نسبت به سایر روش‌ها گسترش یافته است [۸].

امروزه صنایع نوشابه‌سازی به دلیل مقبولیت اجتماعی و مصرف بالای نوشابه در جوامع به طور وسیعی در سراسر جهان گسترش پیدا کرده است. تخمین زده می‌شود که سالانه بیش از ۲۱ میلیارد گالن نوشابه گازدار در سراسر جهان تولید می‌شود. بنابراین فناوری‌های تصفیه برای فاضلاب حاصل از فرایند تولید نمی‌توانند نادیده گرفته شوند [۹]. صنعت نوشابه‌سازی در ایران

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: mj.zoqi@birjand.ac.ir

حقوق مؤلفین به نویسندگان و حقوق ناشر به انتشارات دانشگاه امیرکبیر داده شده است. این مقاله تحت لیسانس آفرینندگی مردمی (Creative Commons License) در دسترس شما قرار گرفته است. برای جزئیات این لیسانس، از آدرس https://www.creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode دیدن فرمائید.

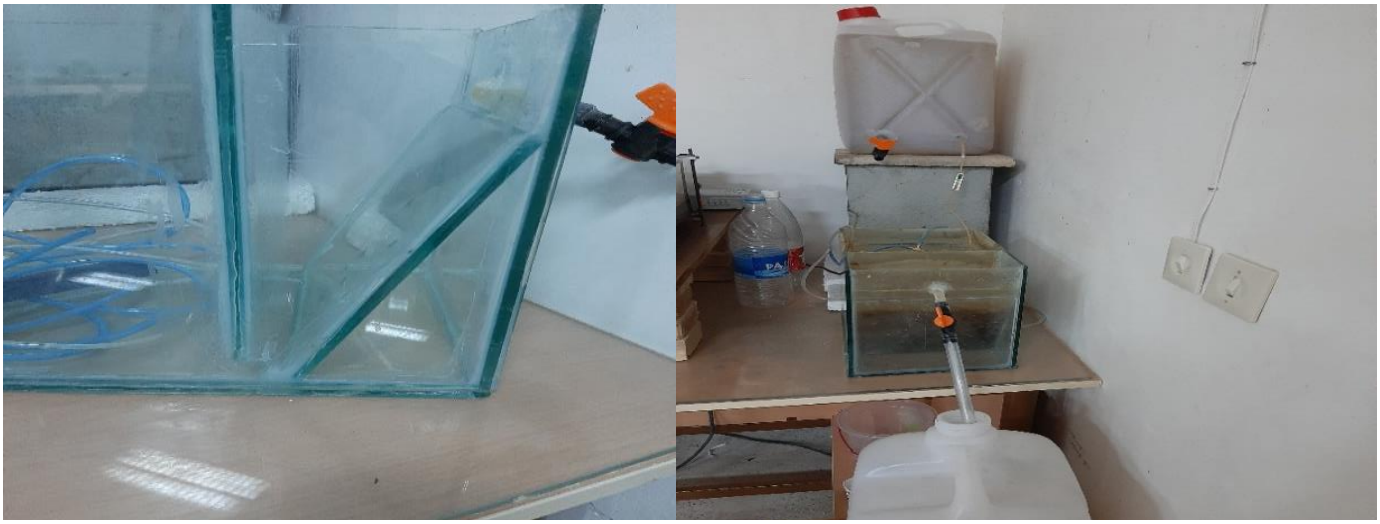
نیز با سابقه بیش از ۵۰ سال و حضور ۱۳۲ واحد تولیدی به عنوان یکی از کالاهای مصرفی در مباحث اقتصادی و اجتماعی حائز اهمیت است. به دلیل وجود مقادیر بالای ترکیبات آلی در این فاضلاب‌ها، روش‌های تصفیه زیستی در این زمینه بسیار متداول است، که می‌توان با صرفه جویی در مصرف آب و اعمال روش‌های کارآمد جهت تصفیه پساب صنایع نوشابه‌سازی، زمینه مصرف پساب تصفیه شده را در جاهای دیگر فراهم نمود [۱۰].

مطالعات آزمایشگاهی گسترده نشان داد که سیستم لجن فعال می‌تواند برای تصفیه پساب‌های خانگی، پساب کشتارگاه، مواد آلی مقاوم در فاضلاب شهری، پساب صنایع غذایی، صنایع کاغذسازی، هورمون‌های استرادیول و مواد آلی به کار برده شود [۱۸-۱۱]. در مطالعه دیندارلو و دستورانی در سال ۱۳۹۶ به بررسی کارایی تصفیه فاضلاب به روش لجن فعال در تأمین کیفیت پساب برای مصارف آبیاری (مطالعه موردی: تصفیه‌خانه فاضلاب کرمانشاه) پرداخته شد. در طول مدت پژوهش فوق، نمونه‌برداری به صورت روزانه و هفتگی از ورودی و خروجی تصفیه‌خانه انجام شد. نتایج نشان داد که شدت آلودگی فاضلاب این شهر از نظر فیزیکی، شیمیایی و زیستی در حد فاضلاب‌های شهری متوسط بوده و نتیجه کارایی تصفیه‌خانه از نظر کاهش آلودگی تا حد استانداردهای مصارف آبیاری، نسبتا قابل قبـول است [۱۹]. در مطالعه‌ای توسط جاشوا آمارنات[1] و همکاران در سال ۲۰۱۵ به مقایسه‌ای در مورد تصفیه فاضلاب با استفاده از فرآیند لجن فعال و فرآیند لجن فعال با هوادهی گسترده پرداخته شد. میانگین نتایج آزمایش نشان داد که راندمان حذف BOD و TSS از فاضلاب خانگی در فرآیند لجن فعال با هوادهی گسترده بیش از ۹۶٪ بوده و برتر از فناوری لجن فعال متداول است [۲۰]. سالیبا[2] و وان اسپرلینگ[3] در سال ۲۰۱۷ به ارزیابی عملکرد یک کارخانه تصفیه فاضلاب در برزیل، شامل یک راکتور پودر لجن بی‌هوازی و پس از آن لجن فعال پرداختند. نتایج به دست آمده نشان دهنده عملکرد کلی سیستم با میانگین راندمان حذف بالا: BOD (۹۴٪)، COD (۹۱٪)، آمونیاک (۷۲٪) و کل جامدات معلق (۹۲٪) بود. همانطور که انتظار می‌رفت، سیستم فوق برای حذف مواد مغذی موثر نبوده، زیرا برای این منظور طراحی نشده بود. حذف اشرشیا کلی (۹۹/۸۳٪) بیشتر از حد انتظار بود. نتایج نشان داد که این سیستم برای درمان فاضلاب خانگی مناسب است [۲۱]. جعفری کنگ[4] و همکاران در سال ۲۰۱۸ به بررسی حذف آنتی بیوتیک سولفامتوکسازول (SMX) با استفاده از فرآیند لجن فعال معلق و دانه‌ای پرداختند. نتایج نشان داد که آنتی بیوتیک SMX به میزان ۸۴ و ۷۳ درصد به ترتیب در راکتور لجن فعال معلق و دانه‌ای حذف شده است [۲۲]. امیر ماهانی و همکاران در سال ۱۳۹۴ به بررسی عملکرد سیستم لجن فعال در حذف آلاینده‌های بیولوژیکی فاضلاب (مطالعه پساب کارخانه تولید فرآورده‌های لبنی شهرستان سنندج) پرداختند. نتایج نشان داد که میانگین ورودی آلاینده‌های COD، BOD و TSS به تصفیه خانه به ترتیب ۲۹۲/۲۵، ۴۲۲/۹۲ و ۱۹۸/۳۳ بوده است که در پساب خروجی به ترتیب به ۲۲/۶۴ (۰/۹۲ کاهش)، ۳۳/۷۴ (۰/۹۲ کاهش) و ۱۱/۴۶ (۰/۹۴ کاهش) واحد رسیده است. آزمون‌های آماری نشان داد که مقدار غلظت TSS در پساب خروجی در حد استاندارد بوده است (P=۰/۰۰۰۱)، غلظت COD خارج از حد استاندارد (P=۰/۰۷۶) و غلظت BOD طبق استاندارد بوده است (P=۰/۰۳۱). بنابراین سیستم لجن فعال تنها در حذف آلاینده TSS موفق عمل کرده است [۲۳]. منظمی تهرانی و همکاران در سال ۲۰۱۸ به ارزیابی کارایی راکتور لجن فعال با فیلم ثابت (IFAS) برای تصفیه فاضلاب صنایع روغن نباتی پرداختند. نتایج نشان داد که بازده حذف COD، BOD و TSS به ترتیب برابر ۹۷/۹٪، ۹۸/۲٪ و ۹۸/۸٪ برای مدت زمان دو روز روش بی‌هوازی و ۸ ساعت هوازی است. همچنین، بیشترین بازده حذف برای این سه پارامتر در سیستم IFAS در ۸ ساعت هوازی به ترتیب برابر ۹۹/۷٪، ۹۷/۷٪ و ۹۷/۶٪ است [۲۴].

لذا با توجه به مخاطرات زیست محیطی پساب صنایع و جلوگیری از ورود پساب به منابع آبی و خاکی و همچنین با توجه به مزایای ذکر شده در خصوص فرآیند لجن فعال در تحقیق حاضر راندمان خروجی پساب ساختگی صنایع نوشابه‌سازی با استفاده از سیستم لجن فعال با هوادهی گسترده و برگشت لجن بررسی می‌شود. نکته حائز اهمیت در تحقیق استفاده از یک مخزن به صورت کاملا بی‌هوازی مشابه عملکرد سپتیک تانک به منظور یکنواخت‌سازی جریان، ته‌نشینی مواد معلق و در کل افزایش راندمان فرآیند لجن فعال است. به دلیل بالا بودن میزان COD پساب صنایع غذایی و بالاخص صنایع نوشابه‌سازی معمولا برای تصفیه پساب این صنایع از روش‌های بی‌هوازی زیستی یا تلفیق روش‌های هوازی و بی‌هوازی استفاده شده است.

هدف از این تحقیق بررسی میزان تاثیر تلفیق فرآیندهای متعارف تصفیه فاضلاب بر میزان کاهش مواد آلی قابل تجزیه بیولوژیکی و مقاوم به تصفیه، در فاضلاب صنایع نوشابه‌سازی در شرایط تلفیقی بود.

1 Joshua Amarnath
2 Saliba
3 von Sperling
4 Jafari kang



شکل ۱. نما پایلوت مورد استفاده در تحقیق حاضر

Fig. 1. Pilot view used in the present study

۲- مواد و روش‌ها

۲- ۱- مواد شیمیایی و دستگاه‌ها

مواد مورد نیاز جهت انجام تحقیق حاضر شامل لجن تصفیه‌خانه کشتارگاه (لجن هوازی)، شکر، نوشابه، اوره، کود پتاس (۱۸:۱۰:۱۸)، اسید سولفوریک ۹۸٪، سولفات نقره، سولفات جیوه، دی کرومات پتاسیم، پتاسیم هیدروژن فتالات پتاسیم (KHP) و آب مقطر می‌باشند.

دستگاه‌های مورد استفاده در تحقیق حاضر نیز شامل پمپ هوا، سنگ هوا آکواریومی، ترازو دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ میلی‌گرم، pH متر، DO متر، دماسنج، راکتور BOD، راکتور COD، اسپکتروفتومتر مدل UV۲۱۰۰ و آون می‌باشند.

۲- ۲- ساخت و راه‌اندازی پایلوت لجن فعال با هوادهی گسترده و برگشت لجن

اصل زیستی مهم در روش لجن فعال ایجاد شرایطی است که باکتری‌ها، مواد مغذی محلول موجود در فاضلاب را در فرآیند سوخت و ساز سلولی خود مورد استفاده قرار داده و با بهترین کارآمدی ممکن به ماده سلولی (توده باکتری) تبدیل نماید و در نهایت این توده سلولی به عنوان لجن مازاد از سیستم تصفیه خارج می‌گردد [۲۵]. فرآیند لجن فعال با هوادهی گسترده مشابه فرآیند جریان پیستونی متعارف است با این تفاوت که فرآیند هوادهی گسترده در فاز تنفس آندوژنوز (خودتخریبی) از منحنی رشد باکتریایی بهره‌برداری می‌شود که نیاز به بارگذاری آلی کمتر و زمان هوادهی طولانی‌تر است [۲۶].

در تحقیق حاضر از یک پایلوت در مقیاس آزمایشگاهی با ابعاد (طول ۳۰ سانتی‌متر، عرض ۲۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر) و جنس شیشه به ضخامت ۶ میلی‌متر استفاده شده است. درون پایلوت دو بافل یکی به صورت عمود و در طول ۲۰ سانتی‌متری با ۲ سانتی‌متر فاصله از کف برای برگشت لجن و دیگری در انتها با زاویه ۴۵ درجه که شیر خروجی بر روی آن بوده تعبیه شده است. برای هوادهی پایلوت از یک پمپ هوا و به عنوان دیفیوزر از یک سنگ هوا مستطیلی و دو دایره‌ای حباب ریز برای پخش هوای پایلوت استفاده شده است. در ابتدای دستگاه نیز از یک مخزن ۲۰ لیتری که در قسمتی بالاتر از راکتور قرار داده شده بود به منظور یکنواخت سازی جریان، ته‌نشینی مواد معلق و در کل افزایش راندمان پایلوت استفاده شده است. نمای پایلوت استفاده شده در تحقیق حاضر در شکل ۱ نشان داده شده است.

۲- ۳- تلقیح و تغذیه راکتور

در مرحله راه‌اندازی استفاده از لجن مناسب بسیار اهمیت دارد چرا که لجن مناسب موجب پایداری فرآیند و کوتاه شدن طول دوره راه‌اندازی می‌شود. متداول‌ترین مواد تلقیحی به کار گرفته شده شامل لجن هضم شده فاضلاب شهری، کود حیوانی هضم شده، لجن فعال، کود گاوی و لجن چسبیده در فاضلاب‌روها است [۲۷].

در تحقیق حاضر به منظور تلقیح اولیه راکتور از لجن هوازی تصفیه‌خانه فاضلاب (روش لجن فعال) کشتارگاه استفاده گردید. برای فعال شدن میکروارگانیسم‌ها مواد مغذی مانند نیتروژن، پتاسیم، فسفر، منیزیم و غیره و همینطور مواد ریز مغذی مانند نیکل، کبالت و آهن مورد نیاز است [۲۸]. لذا در تحقیق حاضر در ابتدا جهت فعال شدن میکروارگانیسم‌ها از شکر، اوره و کود پتاس با نسبت C:N:P برابر ۱۸:۱۰:۱۸ که حاوی اکثر مواد مغذی مورد نیاز برای افزایش عملکرد راکتور است، به عنوان تغذیه اولیه استفاده شده و سپس از نوشابه، اوره و کود پتاس برای ادامه تغذیه پایلوت استفاده شده است. نکته قابل ذکر اینکه در کل دوره تحقیق، نسبت ۱۰۰ به ۵ به ۱ برای کربن به نیتروژن به فسفر با افزودن اوره و کود پتاس در فاضلاب سنتزی تنظیم شد [۲۹].

۲- ۴- روند انجام کار و آزمایشات

تحقیق حاضر در دو دوره به مدت ۶۰ روز به طول انجامید. دوره اول به مدت ۲۰ روز شامل طراحی، ساخت پایلوت، راه‌اندازی، فعال شدن میکروارگانیسم‌ها با تغذیه اولیه به میزان ۰/۵۸ kg COD/m^3.day، اندازه‌گیری pH و دما و دوره دوم به مدت ۴۰ روز شامل افزایش بارگذاری آلی با تغذیه نهایی، اندازه‌گیری pH، دما، اکسیژن محلول (DO)، بررسی نسبت BOD/COD با دو بار اندازه‌گیری میزان BOD و بررسی راندمان حذف COD است. در طی دوره دوم میزان بارگذاری آلی از مقدار ۱/۰۳ kg COD/m^3.day تا ۱/۹۳ kg COD/m^3.day افزایش یافته است و در این تحقیق جهت سنجش میزان آلودگی پساب صنایع نوشابه‌سازی از پارامتر COD استفاده شده و سیکل کاری ۲۴ ساعت بوده است. مبنای انتخاب سیکل کاری بر اساس پارامترهای طراحی فرآیندهای مختلف لجن فعال که در روش هوادهی گسترده بین ۲۰ تا ۳۰ ساعت است، انتخاب شد [۳۰]. تمامی آزمایشات بر اساس روش‌های ذکر شده در کتاب روش‌های استاندارد انجام شده است [۳۱].

۳- نتایج و بحث

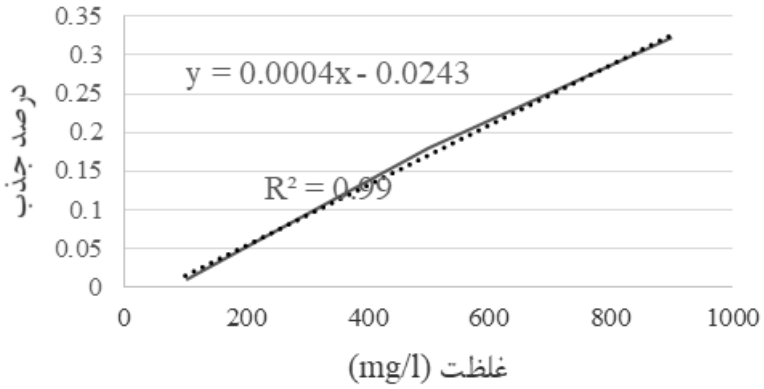
۳- ۱- دوره اول در روند انجام فرآیند

دوره اول به مدت ۲۰ روز شامل طراحی، ساخت پایلوت، راه‌اندازی، فعال شدن میکروارگانیسم‌ها با تغذیه اولیه به میزان ۰/۵ kg COD/m^3.day، اندازه‌گیری pH و دما است. پس از تست‌های انجام شده جهت آب‌بندی و رسیدن به حالت پایا برای شروع به کار پایلوت، ابتدا تلقیح و سپس تغذیه اولیه پایلوت با میزان ۰/۵ kg COD/m^3.day شروع شده و تا پایان دوره در همین میزان باقی مانده است. دمای پایلوت در طی دوره فوق با استفاده از دماسنج اندازه گرفته شده و در محدوده دمایی مزوفیلیک (۴۰-۲۵ درجه سانتی‌گراد) قرار داشته است. میزان pH نمونه با استفاده از دستگاه pH متر پس از کالیبره نمودن دستگاه [۳۲] به منظور کنترل و بررسی جهت جلوگیری از اسیدی شدن لجن اندازه‌گیری شده است. تغییرات pH در محدوده ۷ تا ۹ بوده است. روند تغییرات pH برای پیشرفت مطلوب فرآیند بیولوژیکی موثر در تصفیه فاضلاب از نقش قابل ملاحظه‌ای برخوردار است. مقادیر نامناسب pH (کمتر از ۶) محیط مناسب برای رشد باکتری‌های رشته‌ای و بروز پدیده بالکینگ را فراهم می‌نماید [۳۳].

۳- ۲- دوره دوم در روند انجام فرآیند

دوره دوم به مدت ۴۰ روز شامل افزایش بارگذاری آلی با تغذیه نهایی، اندازه‌گیری pH، دما، میزان اکسیژن محلول، بررسی نسبت BOD/COD با دو بار اندازه‌گیری میزان BOD و بررسی راندمان حذف COD است. میزان بارگذاری آلی طی دوره فوق از مقدار ۱/۰۳ kg COD/m^3.day تا ۱/۹۳ kg COD/m^3.day افزایش یافته و دمای راکتور در محدوده دمایی مزوفیلیک قرار داشته است. تغییرات pH نیز همانند دوره اول در محدوده ۹-۷ بوده است. اندازه‌گیری COD با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل UV2100 پس از رسم منحنی کالیبراسیون انجام شده است. منحنی کالیبراسیون رسم شده در شکل ۲ نشان داده شده است.

پس از رسم منحنی کالیبراسیون برای به دست آوردن COD، میزان ۲ میلی‌لیتر از هر نمونه که برای اندازه‌گیری برداشت شده است به همراه ۱/۵ میلی‌لیتر هاضم و ۳/۵ میلی‌لیتر کاتالیست به ویال منتقل شده است، سپس ویال‌ها به راکتور COD برای مدت زمان ۲ ساعت و دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد منتقل می‌شوند. پس از گذشت مدت زمان ذکر شده ویال‌ها پس از اینکه به اندازه کافی سرد شده (معمولا ۲ ساعت در دمای محیط) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر میزان جذب نمونه قرائت می‌شود و بر اساس منحنی کالیبراسیون میزان غلظت COD به دست می‌آید. میزان COD بعد از افزایش بارگذاری به میزان ۱/۰۳ kg COD/m^3.day که به مدت ۱۵ روز ادامه داشت هر ۵ روز اندازه‌گیری شد که میزان COD خروجی و راندمان حذف در جدول ۱ ذکر شده است. بعد از افزایش بارگذاری به میزان ۱/۹۳ kg COD/m^3.day میزان COD هر روز مورد اندازه‌گیری قرار گرفته است. میزان COD خروجی با توجه به افزایش بارگذاری آلی در شکل ۳ قابل مشاهده است.



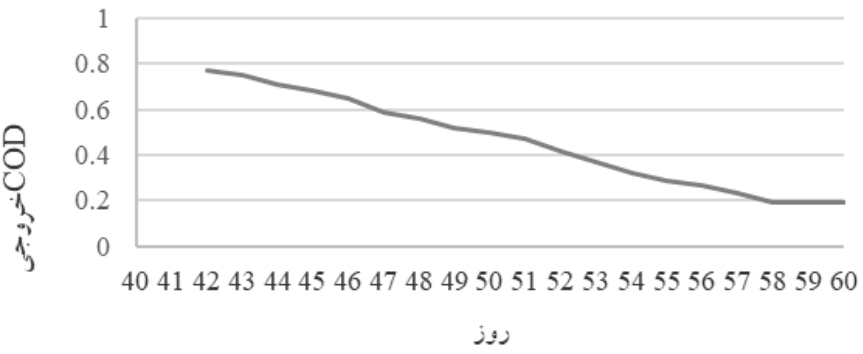
شکل ۲. منحنی کالیبراسیون

Fig. 2. The calibration curve

جدول ۱. میزان COD خروجی در ابتدا دوره دوم

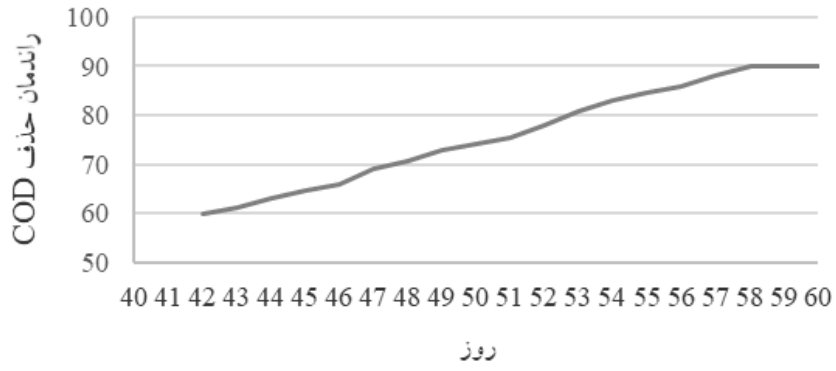
Table 1. The amount of COD output at the beginning of the second period

روز	COD خروجی (Kg COD/m3.d)	راندمان حذف COD
۲۶	۰/۴۹	٪۵۲
۳۱	۰/۴۵	٪۵۶
۳۶	۰/۴۰	٪۶۱



شکل ۳. میزان COD خروجی طی دوره دوم

Fig. 3. The amount of COD output during the second period



شکل ۴. میزان راندمان حذف COD طی دوره دوم

Fig. 4. COD removal efficiency during the second period

همانطور که در شکل مشاهده می‌شود روند COD خروجی با گذشت زمان با روند مناسبی کاهش یافته و دارای راندمان مناسب ۹۰-۶۰ درصد است. میزان درصد حذف COD خروجی در شکل ۴ قابل مشاهده است.

در تحقیق حاضر عواملی چون اکسیژن محلول، دما و استفاده از فرآیند بی‌هوازی در ابتدا سیستم در راندمان حذف COD تاثیرگذار هستند. غلظت اکسیژن محلول در تحقیق حاضر بین ۴-۲/۵ میلی‌گرم بر لیتر بوده که با استفاده از دستگاه DO متر بعد از کالیبره نمودن دستگاه اندازه‌گیری شده است. غلظت اکسیژن محلول در حوض هوادهی به منظور نگهداری در شرایط هوازی و اکسیداسیون مواد آلی توسط میکروارگانیزم‌های هوازی به مقدار کافی باشد. حداقل میزان اکسیژن محلول ۱ تا ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر و در عمل غلظت اکسیژن محلول در تمام قسمت‌های مخزن هوادهی باید در حد ۱/۵ تا ۴ میلی‌گرم در لیتر حفظ شود. مقادیر بیش از ۴ میلی‌گرم در لیتر تأثیر چندانی بر بهبود کار سیستم ندارد، ولی باعث بالا رفتن شدید هزینه هوادهی می‌شود [۱۹]. با توجه به نکات ذکر شده محدوده اکسیژن محلول مناسب بوده است.

با توجه به اینکه دما طی انجام تحقیق در محدوده مزوفیلیک قرار داشته و افزایش یافته است، میزان حذف تا مقدار مشخصی افزایش یافته است. دمای پایین بر دانسیته، شاخص حجمی لجن، فعالیت باکتری‌ها و بر جمعیت میکروبی گونه‌ها تاثیرگذار است [۳۴]. علاوه بر مزایای دمای بالا که ذکر گردید، یکی از معایب دمای بالا افزایش هزینه انرژی به منظور تامین اکسیژن است چرا که مقدرا اکسیژن محلول در ماه‌های گرم نسبت به ماه‌های سرد کمتر است و علت آن را می‌توان به افزایش درجه حرارت فاضلاب و کاهش انحلال اکسیژن نسبت داد [۳۵].

با توجه به بالا بودن میزان COD پساب صنایع غذایی، علاوه بر دما و اکسیژن محلول، تلفیق روش‌های هوازی و بی‌هوازی نیز در افزایش راندمان موثر بوده است. در تحقیق انجام شده توسط صادقی و همکاران نیز نشان داده شد که تلفیق فرآیندها در مقایسه با وقتی که به صورت مجزا به کار می‌روند قادر به حذف COD به میزان دو برابر بیشتر هستند [۱۳].

۳- ۳- ررسی زمان ماند هیدرولیکی

به منظور بررسی تاثیر زمان ماند بر بازده حذف COD سیستم، تحت بارگذاری آلی ۱/۹۳ kg COD/m^3.day، زمان‌های ۶، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ ساعت مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج بررسی تغییرات زمان ماند هیدرولیکی در جدول ۲ قابل مشاهده است.

همانطور که در جدول مشاهده می‌شود روند راندمان حذف COD با افزایش زمان ماند هیدرولیکی، افزایش یافته است. با توجه به مطالعات انجام شده برای تصفیه فاضلاب، می‌توان تجزیه بیولوژیکی را با طولانی کردن زمان ماند هیدرولیکی یا زمان هوادهی به طور چشمگیری افزایش داد [۳۶]. همچنین در فرآیند لجن فعال با هوادهی گسترده نیز بهترین راندمان در زمان ماند بین ۲۰ تا ۳۰ ساعت است [۳۰].

جدول ۲. نتایج بررسی تغییرات زمان ماند هیدرولیکی بر بازده حذف COD

Table 2. Results of changes in hydraulic retention time on COD removal efficiency

راندمان حذف COD	COD خروجی ($kgCOD/m^3.d$)	زمان ماند (ساعت)
۴۸	۱	۶
۶۵	۰/۶۷	۱۲
۷۶	۰/۴۶	۱۸
۹۰	۰/۱۹	۲۴

جدول ۳. نتایج آزمایش BOD_5 و COD و تعیین نسبت COD/BOD_5

Table 3. BOD5 and COD test results and determination of BOD5 / COD ratio

نسبت BOD_5/COD	BOD خروجی (kg/m^3)	COD خروجی (kg/m^3)	مرتبه
۰/۶۲	۰/۳۱	۰/۵۰	اول
۰/۵۰	۰/۰۹	۰/۱۹	دوم

۳- ۴- بررسی نسبت BOD_5/COD

در طول دوره تحقیق جهت به دست آوردن نسبت BOD_5/COD، مقدار BOD_5 توسط راکتور BOD مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. نتایج حاصل تحت بارگذاری آلی ۱/۹۳ $kg\ COD/m^3.day$ و ۲۴ ساعت زمان ماند هیدرولیکی در جدول ۳ ارائه شده است.

با مقایسه BOD با COD می‌توان ارزیابی نمود که آیا ترکیب مورد بررسی به آسانی قابل تجزیه یا غیرقابل تجزیه است. یک نشانه این است که نسبت BOD_5/COD بیشتر از ۱۰۰ بدان معنی است که این ترکیب نسبتاً غیرقابل تجزیه است و چنانچه این نسبت کمتر از ۱۰ باشد نسبتاً قابل تجزیه است [۳۷].

۴- نتیجه‌گیری

صنایع نوشابه‌سازی یکی از صنایع با بار آلودگی متوسط است که به دلیل وجود مقادیر بالای ترکیبات آلی در این فاضلاب‌ها نیازمند تصفیه زیستی مناسب است لذا در تحقیق حاضر از فرآیند لجن فعال با هوادهی گسترده و برگشت لجن و استفاده از مخزنی کاملا بی‌هوازی در ابتدا سیستم، برای تصفیه فاضلاب صنایع فوق استفاده شده است. فرآیند تصفیه در این روش مطابق فرآیند لجن فعال است با این تفاوت که به منظور کاهش حجم لجن تولیدی و مشکلات ناشی از آن اصلاحاتی در روش تصفیه صورت گرفته که این اصلاحات شامل انجام هوادهی به صورت گسترده، برگشت لجن و افزایش زمان ماند هیدرولیکی بوده است. این تغییرات سبب شده که پایداری و مقاومت سیستم نسبت به نوسانات کیفی و کمی ورودی افزایش یافته و انعطاف‌پذیری و پایداری سیستم تصفیه فاضلاب به روش لجن فعال با هوادهی گسترده سبب شده است که امروزه در کشور ما به طور گسترده‌ای از این روش برای تصفیه انواع فاضلاب‌های بهداشتی و صنعتی استفاده شود [۳۶]. همچنین به دلیل بالا بودن بار آلی پساب صنایع نوشابه‌سازی که در بیشتر موارد از روش‌های بی‌هوازی یا تلفیق روش‌های هوازی و بی‌هوازی بهره گرفته می‌شود، به منظور یکنواخت‌سازی جریان، ته‌نشینی مواد معلق و در کل افزایش راندمان از مخزن بی‌هوازی مشابه عملکرد سپتیک تانک در ابتدا سیستم استفاده شده است.

نتایج تحقیق امکان تصفیه بیولوژیکی پساب صنایع غذایی توسط فرآیند لجن فعال با هوادهی گسترده و برگشت لجن را تایید می‌کند. بهترین

حذف بیولوژیکی پساب صنایع غذایی در میزان COD ورودی kg COD/l.d ۱/۹۳ پس از زمان ماند ۲۴ ساعت ۹۰ درصد به دست آمد که تقریبا بین ۲۰ تا ۳۰ درصد میزان راندمان حذف مرتبط با استفاده از مخزن بی‌هوازی در ابتدا پایلوت بوده است.

در طی تحقیق روند تغییرات pH در محدوده مناسب ۷ تا ۹ بوده و تغییرات دمایی در محدوده دمایی مزوفیلیک قرار داشته است. با بررسی نسبت COD/BOD_5 مشخص شد که ترکیب فاضلاب قابل تجزیه است.

نتایج نشان داد که تلفیق روش‌های هوازی و بی‌هوازی در تصفیه پساب صنایع غذایی به دلیل بالا بودن میزان COD این پساب موثر بوده است.

۵- فهرست علائم

BOD	میزان اکسیژن خواهی بیوشیمیایی
COD	میزان اکسیژن خواهی شیمیایی
pH	کمیت تعیین اسیدی یا بازی بودن مواد
KgCOD/l.d	کیلوگرم اکسیژن خواهی شیمیایی بر لیتر.روز
TSS	کل جامدات معلق
DO	اکسیژن محلول

منابع

[1] R. Bagheri, S. Sobhanardakani, B. Lorestani, Selection of the best wastewater treatment alternative for HDPE unit of petrochemical research and technology Company-Arak center based on the analytical hierarchy process Iran, Journal of Health & Environ, 10(3) (2017).

[2] D.S. Verma, A. Pateriya, Supplier Selection through Analytical Hierarchy Process: A Case Study in Small Scale Manufacturing Organization, International Journal of Engineering Trends and Technology, 4(5) (2013) 1428-1433.

[3] S. Rahmani, A. Alamatian, Wastewater Management and Its Application in Combating Drought Effects, Ryan Gostar Green Publishers, Tehran, 2017.

[4] S. Shibani, A.S. Sadeghatpour, m. kindness, A review of different methods of industrial wastewater treatment., in: conference on environmental, energy and clean industry, 2015.

[5] W.D.M.C. Perera, N.J.G.J. Bandara, M. Jayaweera, Treatment of Landfill Leachate using Sequencing Batch Reactor, Tropical Forestry and Environ, 4 (2014) 82-90.

[6] J. Kim, K.J. Cho, G. Han, C. Lee, S. Hwang, Effects of temperature and pH on the biokinetic properties of thiocyanate biodegradation under autotrophic conditions, Water research, 47(1) (2014) 251-258.

[7] S.R. Jazayeri, M. Sadeghi, A. Hasani, A. Javid, Determination of the design parameters for making urban wastewater plants in cold regions of Iran, Journal of Shahrekord University of Medical Sciences, 11(4) (2016) 92-100.

[8] T. Felfoldi, A.J. Szekely, R. Goral, K. Barkacs, G. Scheirich, J. Andras, Polyphasic bacterial community analysis of an aerobic activated sludge removing phenols and thiocyanate from coke plant effluent, Bioresource technology, 101(10) (2016) 3406-3414.

[9] M. Pirshab, A. Azizi, M. Bekmohammadi, S. Rezaei, A. Haqqani, Investigation of biological purification of beverage industry wastewater by SBR method and its effective parameters, in: 16 th Iranian National Environmental Health Conference, 2015.

[10] Z. Borazjani, M. Borazjani, M.F.t. ;, An Overview of Drinking Water Treatment Plants, in: 13 th National Conference on Health, Environment and Sustainable Development, 2015.

[11] S.A. Al-Jlil, COD and BOD Reduction of Domestic Wastewater using Activated Sludge, Sand Filters and Activated Carbon in Saudi Arabia, Biotechnology, 8 (2019) 473-477.

[12] C.K. Chen, S.L. Lo, Treatment of slaughterhouse wastewater using an activated sludge/contact aeration process, Water Sci Technol, 47(12) (2014) 285-292.

[13] M. Sadeghi, S. Falahizadeh, M. Mirzai, Removal of Urban Wastewater Resistant Organic Components by Combined Sludge Activated Sludge Process, Journal of Water and Wastewater, 6 (2016) 106-113.

[14] A Azimi, M. Taherian, The Performance of the Fixed-

Sadeghi, Evaluation of the performance of activated sludge system in the removal of biological contaminants of wastewater; Study of effluent of dairy factory in Sanandaj, Third National Conference on Environmental and Agricultural Research in Iran, (2015).

[24] G. MonazamiTehrani, M. MollaMahmoudi, H. Borgheipour, A. Nezampour, Evaluation of the Efficiency of Integrated Fixed-Film Activated Sludge reactor for Treatment of Wastewater from Vegetable Oil Industries Arch Hyg Sci, 7(3) (2018) 192-199.

[25] M. Shokouhian, M.S. Wazin, F. Piyadeh, Water-energy-material interconnection in wastewater treatment using activated sludge, in: International Conference on Modern Research in Civil, Architecture, Urban Management and Environment, 2017.

[26] A. Takdestan, B. Kordestani, A. Nisi, R. Jalilzadeh, Investigation of Parameters and Problems of Operation of Extended Sludge Aeration System and Providing Appropriate Solutions to Improve the Efficiency of Ahwaz Golestan Hospital Wastewater Treatment Plant, Journal of Environmental Health Engineering, 3(4) (2016) 270-279.

[27] D. Dionisi, I.M.O. Silva, Production of ethanol, organic acids and hydrogen: an opportunity for mixed culture biotechnology, Reviews in Environmental Science and Bio/Technology, 15(2) (2016) 213-242.

[28] R.E. Speece, Anaerobic Biotechnology for Industrial Wastewater, Tenn Archae Press

English: Nashville, 2013.

[29] L. Zhang, J.D. Vrieze, T.L.G. Hendrickx, W. Wei, H. Temmink, H. Rijnaarts, G. Zeeman, Anaerobic treatment of raw domestic wastewater in a UASB-digester at 10 °C and microbial community dynamics, Chemical Engineering Journal, 334 (2018) 2088-2097.

[30] S. Mardan, H. Tawfiqi, Guide to the operation and maintenance of

Wastewater treatment plants, Public and International Relations of the Small Industries and Industrial Towns Organization of Iran, Tehran, 2010.

Bed Integrated Activated Sludge Process in Food Industry Wastewater Treatment (Case Study: Amol Industrial Estate Treatment Plant), Journal of Water and Wastewater, 3 (2014) 80-87.

[15] M.A. Hubbe, J.R. Metts, D. Hermosilla, M.A. Blanco, I. Yerushalmi, F. Haghighat, Wastwater Treatment and Reclamation: A Review of Pulp and Paper Industry Practices and Opportunities, Bio Resources Journal, 11(3) (2016) 7953-8091.

[16] V. Agridiotis, Activated Sludge Treatment of Paper Mill Effluents, 2014.

[17] T. Mohebzadeh, M.M. Taghizadeh, A. Takdastan, M. Dehghani, Comparing the performance of wastewater treatment using activated sludge and aerated lagoons processes in the removal efficiency of estradiol hormones, Jundishapur Journal of Health Sciences., 5(3) (2013) 149-156.

[18] O. Modin, F. Persson, B. Wilen, M. Hermansson, Non-Oxidative Removal of Organics in the Activated Sludge Process, Environmental Science and Technology, (2016).

[19] A. Dindarloo, M. Dastoorani, Evaluation of effluent treatment effluent by activated sludge method for quality of effluent for irrigation purposes (Case study: Kermanshah wastewater treatment plant), Journal of Water and Sustainable Development, 4(2) (2017) 31-40.

[20] D. JoshuaAmarnath, R. Thamilamudhan, S. Rajan, Comparative study on wastewater treatment using activated sludge process and extended aeration sludge process, Journal of Chemical and Pharmaceutical Research, 7(1) (2015) 798-802.

[21] P D Saliba , M. vonSperling, Performance evaluation of a large sewage treatment plant in Brazil, consisting of an upflow anaerobic sludge blanket reactor followed by activated sludge, Water Sci Technol, 76(7-8) (2017) 2003-2014.

[22] A. JafariKanga, A.K. Brown, C.S. Wong, Q. Yuan, Removal of antibiotic sulfamethoxazole by anoxic/anaerobic/oxic granular and suspended activated sludge processes, Bioresource Technology, 251 (2018) 151-157.

[23] N. AmirMahani, N. Azadi, R. AliFallahzadeh, S.

[31] APHA, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, in, Am Pub Health Associat, Washington:, 2005.

[32] M. Rezaei, Medical Equipment Office, in, Fars University of Medical Sciences and Health Services, 2013.

[33] G. Kamizoulis, Setting health based targets for water reuse (in agriculture), Desalination Joournal, 218(1-3) (2018) 154-163.

[34] A. Karkman, K. Mattila, M. Tamminen, M. Virta, Cold temperature decreases bacterial species richness in nitrogen-removing bioreactors treating inorganic mine waters, Biotechnology Bioengineering, 108(12) (2017) 2876-2883.

[35] g. kamizoulis, Setting health based targets for water reuse, Desalination Joournal, 218 (2014) 154-163.

[36] B. Kayranli, A. Ugurlu, Effects of temperature and biomass concentration on the performance of anaerobic sequencing batch reactor treating low strength wastewater, Desalination Journal, 278 (2017) 77-83.

[37] P.A. Kadu, A.A. Badge, Y.R.M. Rao, Treatment of Municipal Wastewater by using Rotating Biological Contractors (Rbc's), American Journal of Engineering Research, 2 (2013) 127-132.

چگونه به این مقاله ارجاع دهیم

M. J. Zoqi, M. R. Doosti, M. H. Rabee Gasak, M. Ayobi, Evaluation of the efficiency of activated sludge process with extensive aeration and sludge return in reducing the COD of effluent of beverage industries, Amirkabir J. Civil Eng., 54(6) (2022) 2343-2352.

DOI: 10.22060/ceej.2021.19302.7130