ORIGINAL ARTICLE

Effect of Oxic-Settling Anoxic Process on Operation Parameters and Biological Excess Sludge Reduction in Sequencing Batch Reactor Activated Sludge

Afshin Takdastan[1],
Ferdos Karimi[2],
Naghmeh Orooji[3]

[1] Associate Professor, Environmental Technologies Research Center, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran
[2] MSc in Civil Engineering, Ahvaz Water and Wastewater Company, Ahvaz, Iran
[3] PhD Student in Environmental Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Ahvaz Branch, Ahvaz, Iran

(Received August 13, 2017 ; Accepted December 26, 2017)

Abstract

Background and purpose: One of the solutions for sludge production is to reduce that via decreasing the yield coefficient by oxic-settling anoxic process with different oxidation reduction potential (ORP) in sequencing batch reactor (SBR) activated sludge.

Materials and methods: We used 2 SBR reactors (20 L volume) that were controlled online. At a steady state in reactors, some parameters such as COD, DO, SVI, ORO, dry solids and moisture of sludge were tested during 12 months. Finally, yield coefficient and reduction rate of biological excess sludge were studied.

Results: At 10-day sludge age, the best removal efficiency of COD (95%) was seen without any sludge bulking problems and the kinetic coefficient Y and K_d were 0.58 $\left(\frac{g\ Biomass}{g\ COD}\right)$ and 0.058 $\left(\frac{1}{d}\right)$, respectively. The anoxic and anaerobic phase of the sludge holding tank showed that sludge storage after 7 hours in the reactor with ORP=-238 decreased the yield coefficient from 0.58 in the control reactor to 0.25g of biomass in g of COD. Consequently, the excess sludge decreased by almost 60%. On the other hand, compared to the control reactor (92 ml/g), the SVI reduced to less than 40 ml/g.

Conclusion: Using holding tanks in aerobic conditions with ORP greater than 230mv could cause appropriate settling and lead to a high efficiency of COD removal from wastewater.

Keywords: SBR reactor, biological excess sludge, yield coefficient, holding tank, ORP

J Mazandaran Univ Med Sci 2018; 28 (162): 128-140 (Persian).

*** Corresponding Author: Naghmeh Orooji -** Faculty of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Ahvaz Branch, Ahvaz, Iran (Email: n.oroji2007@gmail.com)

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-29]

پژوهشی

مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران
دوره بیست و هشتم شماره ۱۶۲ تیر سال ۱۳۹۷ (۱۴۰-۱۲۸)

بررسی فرایند هوازی، ته نشینی و بیهوازی [OSA] بر پارامترهای راهبری و کاهش تولید لجن مازاد بیولوژیکی در رآکتور ناپیوسته متوالی لجن فعال [SBR]

افشین تکدستان[۱]
فردوس کریمی[۲]
نغمه عروجی[۳]

چکیده

سابقه و هدف: یک ایده مطلوب برای حل مشکل تولید لجن مازاد بیولوژیکی کاهش آن ازطریق کاهش ضریب تولید بیومس توسط احداث یک تانک ذخیره‌سازی با پتانسیل اکسیداسیون و احیاء آنوکسیک و بیهوازی در رآکتور SBR می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه از ۲ راکتور SBR به حجم ۲۰ لیتر که توسط سیستم on-line کنترل می‌شود استفاده شد. پس از ایجاد شرایط پایدار در رآکتورها تورها در طول ۱۲ ماه مطالعه، نمونه‌برداری و آزمون پارامترهایی از قبیل COD، DO، SV1، ORP، درصد جامدات خشک و رطوبت لجن انجام شد. در نهایت ضریب تولید بیومس و میزان کاهش لجن بیولوژیکی به‌دست آمد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که در سن لجن ۱۰ روز بهترین راندمان حذف COD (۹۵ درصد) بدون مشکلات حجیم شدن لجن ایجادگردید و متوسط ضرایب سینتیکی Y و K_d به ترتیب $\left(\frac{mg\ Biomass}{mg\ COD}\right)$ ۰/۵۸ و $\left(\frac{1}{day}\right)$ ۰/۰۵۸ محاسبه گردید. به منظور اثر فاز آنوکسیک و بی‌هوازی لجن بر کاهش تولید بیومس نتایج نشان داد نگهداری لجن بعد از مدت ۷ ساعت در رآکتور با ORP=- ۲۳۸ ضریب سینتیکی Y را از ۰/۵۸ در راکتور شاهد به ۰/۲۵ گرم بیومس به گرم COD کاهش داد. در نتیجه لجن مازاد بیولوژیکی تقریباً تا ۶۰ درصد کاهش یافت. از طرفی میزان SVI به کم‌تراز ۴۰ml/g نسبت به رآکتور شاهد (۹۲ ml/g)کاهش یافت.

استنتاج: احداث تانک ذخیره‌سازی در شرایط بی‌هوازی با پتانسیل اکسیداسیون و احیای بیش از ۲۳۰ mv علاوه بر قابلیت ته‌نشینی مناسب منجر به راندمان حذف بالای COD بالا از پساب می‌شود و میزان لجن بیولوژیکی مازاد به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد.

واژه های کلیدی: رآکتور SBR، لجن بیولوژیکی مازاد، ضریب تولید بیومس، تانک ذخیره سازی لجن، پتانسیل اکسیداسیون و احیاء

مقدمه

از میان روش‌های تصفیه بیولوژیکی فاضلاب کاربرد راکتورهای ناپیوسته متوالی (SBR) (Sequencing Batch Ractor) به دلیل سادگی کار، تسهیلات موجود در بهره‌برداری، بازدهی بالا و مقاومت

مولف مسئول: نغمه عروجی- اهواز: شرکت آب و فاضلاب، کنترل کیفیت و نظارت بر بهداشت، آزمایشگاه آب اهواز E-mail: n.oroji2007@gmail.com
۱. دانشیار، مرکز تحقیقات فناوری های زیست محیطی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران
۲. کارشناس ارشد مهندسی عمران، شرکت آب و فاضلاب اهواز، اهواز، ایران
۳. دانشجوی دکتری مهندسی محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
تاریخ دریافت : ۱۳۹۶/۵/۲۲ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات :۱۳۹۶/۵/۲۵ تاریخ تصویب : ۱۳۹۶/۱۰/۵

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-29]

مناسب در برابر شوک مواد سمی‌در تصفیهٔ فاضلاب به ویژه فاضلاب‌های صنعتی، توجه بیش‌تری را به خود جلب کرده است(۳-۱). بسیاری از کشورهای صنعتی و نیمه صنعتی تجربه استفاده از رآکتورهای ناپیوسته با عملیات متوالی (SBR) جهت تصفیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی را با موفقیت پشت سرگذاشته‌اند و در سال‌های اخیر به شدت مورد توجه قرار گرفته است(۴،۵).

سیستم SBR را می‌توان نوعی روش لجن فعال دانست که در آن رآکتور از فاضلاب پرشده و سپس به تدریج در طی یک سیکل زمانی مختلف، پساب تصفیه شده تخلیه می‌گردد. حین تصفیه و مراحل ته نشینی و تخلیه، جریان فاضلاب به یک مخزن SBR دیگر موجود درسیستم هدایت می‌گردد و یا در حالت دیگر مخزن انجام می‌گیرد. بنابراین چنین سیستم‌هایی به حوض ته‌نشینی نهایی و پمپ‌های برگشت لجن فعال نیازی ندارند. معمولاً بهره برداری از سیستم‌های SBR تحت پنج مرحله زیر صورت می‌گیرد: پرشدن[1] رآکتور از فاضلاب (افزودن فاضلاب خام یا پساب خروجی حوض ته‌نشینی اولیه به راکتور)، وقوع واکنش[2] در رآکتور (منظور هوادهی)، ته‌نشینی[3] لجن در رآکتور (زلال‌سازی)، تخلیه[4] و خروج پساب زلال شده از رآکتور، مرحله غیر فعال[5] که آن را مرحله سکون نیز نامیده‌اند(۸-۶). یکی از معایب عمده فرایندهای هوازی تصفیه فاضلاب از جمله SBR، تولید نسبتا زیاد لجن مازاد بیولوژیکی است، به طوری‌که در فرایند لجن فعال به ازای کاهش هر کیلوگرم اکسیژن خواهی بیوشیمیایی پنج روزه در حوض هوادهی حدود ۰/۴ تا ۰/۸ کیلوگرم بیومس تولید می‌شود(۱۰-۸). از بین فراورده‌های جانبی تصفیه خانه فاضلاب شهری، لجن پرحجم‌ترین و مشکل‌ترین جزء از نظر تصفیه و دفع می‌باشد. به طوری که در فرایند لجن فعال، تاسیسات تصفیه و دفع لجن به‌طور معمول ۴۰-۶۰ درصد هزینه ساخت تصفیه‌خانه و تا بیش از ۵۰ درصد هزینه راهبری یک تصفیه‌خانه فاضلاب را به خود اختصاص می‌دهد(۱۲،۱۱). چنان‌چه مشکل تولید لجن مازاد از طریق کاهش تولید لجن در فرایندهای بیولوژیکی تصفیه فاضلاب حل شود، مسائل و مشکلات تصفیه و دفع لجن در حد قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد(۱۵-۱۳). مجموعه اقداماتی که با انجام آن می‌توان نرخ تولید لجن مازاد بیولوژیکی را کاهش داد عبارتند از: فرایند خودتخریبی(۱۴،۱۳)، متابولیسم جفت نشده با استفاده از فرایند OSA (۱۶،۱۳،۱)، افزایش اکسیژن محلول حوض هوادهی، اکسیداسیون بخشی از لجن تو سط کلر و یا ازن(۱۷،۱۶)، افزایش دما در لجن برگشتی به راکتور(۲۰-۱۸)، دور ریزی انرژی توسط ترکیبات مقاوم به تجزیه و مواد سمی(۲۲،۲۱)، استفاده از پالس الکتریکی در لجن برگشتی به رآکتور(۲۴،۲۳) و استفاده از امواج التراسونیک در لجن برگشتی به رآکتور(۲۶،۲۵) را نام برد. انجام اقداماتی که بتواند بخش بیش‌تری از انرژی استحصالی را به مرحله اول متابولیسم سوبستره (کاتابولیسم) توسط باکتری‌های تصفیه‌کننده فاضلاب اختصاص دهد و در نتیجه انرژی کمتری به مرحله آنابولیسم (ساخت مواد سلولی) برسد که ماحصل نهایی آن کاهش ضریب تولید بیومس(Y) توسط باکتری‌ها و در نهایت کاهش مقدار تولید لجن مازاد باشد، تحت عنوان متابولیسم جفت نشده (uncoupling metabolism) شناخته شده است(۲۸،۲۷). پتانسیل اکسیداسیون– احیا، معرف توانایی مولکول‌های موجود در فاضلاب یا لجن جهت آزادسازی یا جذب الکترون‌ها (به ترتیب اکسیداسیون- احیاء) می‌باشد. این پارامتر، نوع فرآیند تنفسی انجام شده را مشخص می‌نماید(۳۱-۲۹). اصلاح سیستم لجن فعال متداول با قرار دادن یک تانک ذخیره‌سازی (Holding tank) در خط برگشت لجن باعث کاهش لجن مازاد در حدود ۵۰ درصد می‌شود(۱۴). فرایند OSA شامل یک تانک هوادهی، به همراه تانک ته‌نشینی و یک تانک بی‌هوازی است. وقتی که میکروارگانیسم‌ها

1. Fill
2. React
3. Settling
4. Draw
5. Idle

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-29]

در معرض شرایط بی‌هوازی بدون منبع غذایی قرار می‌گیرند، توانایی تولید انرژی را ندارند و مجبورند از ذخیره ATP به عنوان منبع انرژی استفاده کنند. طی دوره گرسنگی بی‌هوازی، ATP مصرف می‌شود، بعد از این‌که میکروارگانیسم به رآکتور هوازی غنی از ماده غذایی برمی‌گردد، مجبور است انرژی مورد نیاز خود را قبل از انجام سنتز بیولوژیکی جبران کند، چون سنتز سلولی نمی‌تواند بدون ذخیره کافی ATP انجام شود. در این شرایط مصرف مواد غذایی، صرف فرایند کاتابولیسم به منظور فراهم‌کردن انرژی موردنیاز میکروارگانیسم می‌شود. لذا در فرایند (OSA) فعالیت کاتابولیکی را تحریک می‌کند و باعث می‌شود کاتابولیسم از آنابولیسم جدا شود و افزایش انرژی جدا شده (Uncoupling energy) باعث کاهش بازده جرم میکروبی می‌شود. طبق تحقیقات ۱۹۹۱ Chudoba و ۱۹۹۲ Chudoba که تولید لجن را در فرایند (OSA) با فرایند لجن متعارف (CAS) مقایسه کردند به کاهش ۶۵-۲۰ درصد تولید لجن پی بردند که به ترتیب بازده لجن (yield) از میزان ۰/۲۸ تا ۰/۴۸ به ۰/۱۳ تا ۰/ ۲۹۷ در سیستم OSA کاهش یافت.از طرف دیگر میزان SVI درفرایند (OSA) خیلی کمتر از مقدار بدست آمده در CAS بود. همچنین وقتی‌که کارایی کاهش اکسیداسیون (ORP) [۶] در تانک بی‌هوازی در حدود ۲۵۰mv- کنترل شد، لجن اضافی تا ۳۶ درصد در مقایسه با وقتی که این مقدار در حد ۱۰۰ mv+ بود و ۵۸ درصد در مقایسه با CAS کم‌تر شده بود. این نتایج نشان دهنده این است که فرایند OSA می‌تواند نتیجه خوبی در تولید لجن اضافی، حذف COD و بهبود ته‌نشینی لجن داشته باشد. دمیر و همکاران در سال ۲۰۱۶ مطالعه‌ای تحت عنوان کارایی فرآیند OSA در کاهش لجن بیولوژیکی انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که میزان ضریب تولید جرم سلولی در رآکتور OSA پس از ۵۰ روز راهبری از 0.52 به 0.2 گرم بیومس به گرم COD کاهش یافت، از طرفی غلظت MLSS نیز از حدود ۳۰۰۰ به ۲۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کاهش یافته و راندمان مناسبی در حذف ازت و فسفر نسبت به رآکتور شاهد داشته است. میزان ORP= - 250 =میلی ولت بوده است(۱۰).

ولهو و همکاران در سال۲۰۱۶ در برزیل مطالعه ای بر روی کاهش لجن مازاد بیولوژیکی در سیستم لجن فعال بر اساس متابولیسم جفت نشده انجام دادند و نتایج نشان داد که قابلیت ته‌نشینی لجن نسبت به رآکتور شاهد بیش‌تر بوده و میزان SBR درصد۲۵ کاهش یافت و میزان لجن مازاد بیولوژیکی پس از ۱۶ساعت نگهداری در شرایط بی‌هوازی در تانک نگهداری بی‌هوازی ۶۰ درصد نسبت به رآکتور شاهد کاهش یافت، میانگین میزان COD ورودی ۳۹۳ میلی‌گرم بر لیتر بوده است(۲۱).

نواک و همکاران در سال ۲۰۰۷ از رآکتورSBR جهت حذف مواد مغذی و کاهش لجن استفاده کردند که رآکتور ۴سیکل در روز کار می‌کرد و احداث سیکل بی‌هوازی- هوازی و آنوکسیک در رآکتور علاوه بر کاهش ۶۳ درصد لجن فاضلاب، مواد مغذی نیز به طور قابل ملاحظه‌ای نسبت به رآکتور شاهد کاهش یافت(۲۲).

ویتانزا و همکاران در سال 2016 مطالعه‌ای بروی فرآیندOSA در آزمایشگاه جهت کاهش لجن فاضلاب انجام دادند و نتایج نشان داد که علاوه بر قابلیت مناسب ته‌نشینی و راندمان مناسب حذف COD و BOD و ازت، میزان ضریب تولید جرم سلولی از ۰/۶ با دوبار تکرار آزمون به ۰/۴ و ۰/۳۳ گرم بیومس به گرم COD کاهش یافت. میزان ORP برابر با ۱۶۰- میلی ولت بوده است. میانگین میزان COD فاضلاب ورودی ۳۹۰ بوده است و راندمان حذف COD ۸۲ درصد بوده است(۲۳). Jineefer و همکاران در سال ۲۰۰۸ دریافتند احداث یک تانک ذخیره‌سازی (تانک آنوکسیک) سیستم لجن فعال (سیستم OSA) در مقیاس پایلوت با COD=۳۶۵ mg/l قادر است میزان ضریب تولید بیومس را از۰/۵۳ در سیستم شاهد به ۰/۳۸ در سیستم OSA با ORP =-۲۵۰ mv کاهش دهد(۲۵). سمپلاند و همکاران در سال ۲۰۱۶ مطالعه‌ای تحت عنوان اثر سن لجن بر کارایی فرآیند OSA و

1. ORP- Oxidation-reduction potential

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-29]

خاصیت آبگیری و جامدات بیولوژیکی انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که در زمان ماند سلولی ۲۰روز نسبت به ۱۰روز میزان لجن مازاد تولیدی بیش‌تر کاهش یافته و نسبت MLVSS به MLSS در محدوده ۰/۷۴تا۰/۷۰ می‌باشد و میزان لجن مازاد در سن لجن ۲۰روز ۲۵ درصد بیش‌تر از سن لجن ۱۰روز کاهش یافت و قابلیت ته‌نشینی لجن هم مناسب‌تر است(۲۷).

وانگ و همکاران در سال ۲۰۱۶ با اصلاح یک فرآیند لجن فعال به سیستم OSA و استفاده از لجن حوضچه تغلیظ جهت بازگردش لجن به حوض هوادهی در فاضلاب خانگی توانستند میزان لجن مازاد را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش دهند. به‌طوری که ضریب تولید جرم سلولی در سن لجن ۱۱۵ روز و OPR =۱۷۰- به ۰/۲۴ گرم بیومس به گرم COD حذف شده برسد و میزان لجن مازاد تقریبا ۳۵ درصد نسبت به رآکتور شاهد کاهش یافت. از طرفی میزان راندمان حذف COD بیش از ۹۰ درصد کاهش پیدا کرد و قابلیت ته‌نشینی لجن بهبود یافت(۲۸).

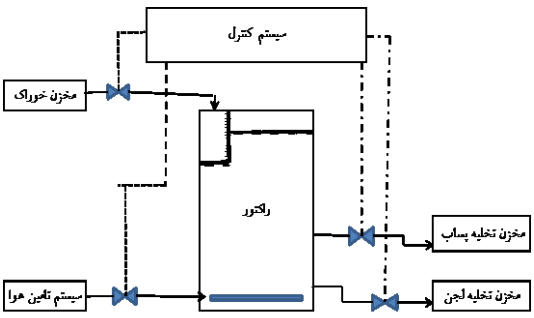
چون وهمکاران در سال ۲۰۱۱ درمقیاس آزمایشگاهی رآکتور SRB با احداث یک شرایط بی‌هوازی در رآکتور با زمان ماند هیدرولیکی یک روز و سن لجن ۱۰روز میزان جامدات بیولوژیکی تولیدی نسبت به رآکتور شاهد درصد۴۰ تا ۵۵ درصد کاهش یافت(۳۱). لذا یک ایده مطلوب برای حل مشکل تولید لجن مازاد بیولوژیکی در فرایندهای تصفیه هوازی کاهش آن از طریق کاهش ضریب تولید بیومس توسط احداث یک تانک ذخیره‌سازی با پتانسیل اکسیداسیون و احیاء آنوکسیک و بی‌هوازی در فرایند بیولوژیکی تصفیه از جمله راکتور SBR می‌باشد که به عنوان هدف اصلی این مطالعه است.

مواد و روش ها

مشخصات پایلوت راکتور SBR

برای انجام مطالعه از دو عدد رآکتور ناپیوسته متوالی استوانه‌ای شکل، از جنس پلکسی گلاس، با قطر داخلی ۲۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر، حجم مفید ۲۰ لیتر و ظرفیت تصفیه ۱۰ لیتر در هر سیکل استفاده شد. برای هوادهی راکتور از یک دیفیوزر عمقی از نوع غشایی با اندازه حباب یک تا سه میلی‌متر مدل ECOFLEX 250CV ساخت شرکت دیفیوزر تک آمریکا به قطر ۲۵۵ میلی‌متر استفاده شد. برای تامین هوا از یک دستگاه کمپرسور هوای دو پیستونی به ظرفیت ۲۵۰ لیتر استفاده شد.

برای تنظیم و یکنواخت سازی فشار هوا از یک تنظیم کننده فشار هوا استفاده شد. برای نگهداری خوراک، پساب خروجی و لجن اضافی رآکتورها به ترتیب از سه مخزن پلاستیکی به ظرفیت ۲۰۰ لیتر، ۶۰ لیتر و ۲۰ لیتر استفاده شد. با توجه به نوع و مشخصات فاضلاب خام مورد استفاده طول دوره‌های کاری برای هر دو رآکتور یکسان و به این ترتیب انتخاب شد. پر شدن ۳ دقیقه، هوادهی ۴ ساعت، ته نشینی یک ساعت و ۴۵دقیقه و تخلیه ۱۲ دقیقه. در عمل مدت زمان لازم برای پر شدن کوتاهتر و حدود یک دقیقه و ۱۰ ثانیه می‌باشد. تصویر شماره ۱- شماتیک سیستم SBR مورد استفاده را نشان می‌دهد.



تصویر شماره ۱: شماتیک سیستم SBR

مشخصات فاضلاب مصنوعی

فاضلاب ورودی به پایلوت به روش اختلاط ۴۰ گرم شیر خشک صنعتی در ۱۰۰ لیتر آب لوله کشی تهیه شد که تقریبا مشابه فاضلاب شهری قوی بود. در آزمایشات انجام شده میانگین مشخصات کیفی فاضلاب مصنوعی به شرح زیر می‌باشد:

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-29]

COD = ۶۰۰ میلی گرم در لیتر، BOD_5 = ۴۲۰ میلی گرم در لیتر، غلظت نیتروژن نیتراتی = ۴/۷ میلی گرم در لیتر بر حسب ازت، غلظت نیتروژن آمونیاکی = ۰/۷ میلی گرم در لیتر، غلظت نیتروژن آلی = ۳۰ میلی گرم در لیتر، غلظت نیتروژن کجدال = ۳۰/۷ میلی گرم در لیتر، غلظت فسفر = ۱۰/۵ میلی گرم در لیتر.

نحوه راه اندازی و Start up پایلوت

جهت راه اندازی رآکتور SBR ابتدا از بذر (Seed) لجن فعال برگشتی تصفیه خانه فاضلاب شهری به حجم تقریبی ۲ لیتر برای هر یک از رآکتورهای پایلوت SBR که دارای حجم ۲۰ لیتر بود استفاده شد و به رآکتور فاضلاب مصنوعی با COD حدود ۲۰ ± ۶۰۰ اضافه گردید. هوادهی و واکنش به مدت تقریبی دوهفته جهت تشکیل لخته یا بیومس صورت گرفت. بعد از دو هفته سیستم پایلوت SBR با ۵ سیکل پر شدن، واکنش، تخلیه پساب، تخلیه لجن و استراحت راه‌اندازی شد. پساب خروجی از نظر COD، SS و PH پایش و کنترل می‌شد و نتایج آزمون در هر نوبت با نتایج قبلی مقایسه گردید. پس از حدود ۲ هفته راه‌اندازی SBR نتایج COD خروجی نزدیک هم بودکه نشان دهنده پایان START UP رآکتور می‌باشد. پس از ایجاد شرایط پایدار در رآکتورها در خلال ۱۲ ماه مطالعه، نمونه‌برداری و آزمون پارامترها یی از قبیل COD، MLSS، جامدات خشک لجن، SV1، F/M و پتانسیل اکسیداسیون و احیاء ودر نهایت Y انجام شد. روش نمونه‌برداری و انجام آزمایشات طبق رهنمودهای مندرج در کتاب (2005) Standard methods for the Examination of water and waste water بوده است(۱۹، ۲۲).

تغییر شرایط

به هنگام تغییر سن لجن و تغییر ORP در تانک ذخیره سازی لجن جهت کاهش لجن مازاد بیولوژیکی حداقل دو هفته (معادل ۴۲ سیکل SBR) برای انطباق سیستم با شرایط جدید زمان در نظر گرفته شد. اندازه‌گیری پارامترها پس از تثبیت شرایط انجام می‌شد. غلظت مواد معلق در داخل رآکتور و COD پساب خروجی به عنوان شاخص تثبیت شرایط در نظر گرفته شد(۱۰،۱۲). برای ایجاد شرایط OSA در رآکتور SBR در فاز استرحت قبل از مرحله پر شدن رآکتور با نگهداری لجن ذخیره شده در تانک در مدت زمان ماند مختلف ۱ الی ۸ ساعت برای ایجاد پتانسیل اکسیداسیون احیا (ORP) مختلف در محدوده ۳۰- تا ۲۵۰- برای ایجاد شرایط آنوکسیک و بی هوازی اقدام شد.

یافته ها

تاثیر زمان ماند سلولی مختلف بردرصد حذف COD، میزان SVI و سایر پارامترها در راکتور SBR

جدول شماره ۱ تاثیر زمان ماند سلولی برSVI، درصدوزن خشک لجن و راندمان حذفCOD و F/M را نشان می‌دهد.

همان‌طورکه در جدول شماره ۱ مشاهده می‌شود در زمان ماند سلولی ۱۰ و ۱۵ روز حداکثر راندمان حذف COD در پساب خروجی حاصل گردید، اما در زمان ماند سلولی ۵ روز به دلیل رشد پراکنده و در زمان ماند سلولی بیش از ۲۰ روز به دلیل رشد میکرورارگانیسم‌های رشته‌ای و حجیم شدن لجن راندمان حذف COD کاهش یافت. مطابق جدول شماره ۱ SVI کم‌تر از ۷۰

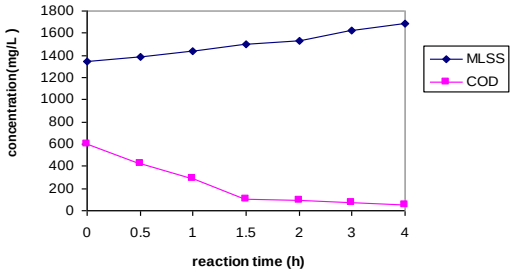
جدول شماره ۱: تاثیر زمان ماند سلولی برSVI،درصدوزن خشک لجن و راندمان حذفCOD و F/M

راندمان حذف COD ٪	وضعیت ته نشینی لجن	F/M (1/d)	درصدآب لجن درصد	درصد وزن جامدات خشک لجن درصد	SVI (ml/g)	زمان ماند سلولی(روز)
۸۰	بد (رشد پراکنده و تا حدی کف سفید)	۱/۸	۹۸/۴۴	۱/۵۶	۶۴	۵
۹۵	خوب	۰/۲۵	۹۸/۸	۱/۲	۹۰	۱۰
۹۴	تقریبا خوب	۰/۱۷	۹۹/۴	۰/۶	۱۸۰	۱۵
۹۰	تقریبا بد (بالکینگ)	۰/۰۹	۹۹/۵۳	۰/۴۶	۲۱۵	۲۰
۸۴	بد (بالکینگ)	۰/۰۵	۹۹/۶۵	۰/۳۵	۲۴۰	۲۵

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-29]

میلی‌لیتر بر گرم نشان دهنده راندمان پایین سیستم به علت رشد پراکنده لخته‌ها ناشی از کم بودن سن لجن می‌باشد، به‌طوری که در سن لجن ۵ روز شاخص حجمی لجن به ۶۴ میلی‌لیتر بر گرم می‌رسد. در سن لجن بالاتر از ۲۰ روز SVI افزایش یافته و به ۲۴۰ میلی‌لیتر بر گرم در سن لجن ۲۵ روز می‌رسد، در نتیجه پدیده حجیم شدن لجن مشهود است. بنابراین بهترین راندمان حذف در زمان ماند سلولی ۱۰ روز حاصل شد و میزان SVI برابر ۹۰ میلی‌لیتر بر گرم بود و ته نشینی لجن به طور مناسب صورت گرفت.

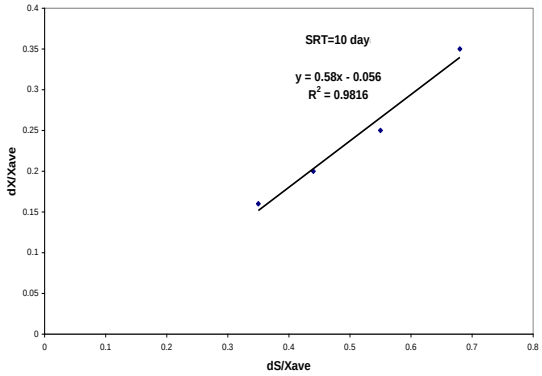
نمودار شماره ۱ میانگین روند تغییرات MLSS، COD در زمان ماند سلولی ۱۰ روز و زمان واکنش ۴ ساعته در رآکتور SBR را نشان می‌دهد. ابتدا در زمان ماند سلولی ۱۰ روز راندمان حذف COD و تولید بیومس (MLSS) بررسی گردید یعنی با میزان COD برابر ۶۰۰ راندمان حذف COD و کنترل پارامترهای بهره برداری از قبیل SVI در زمان ماند سلولی ۱۰ روز در خلال ۲۴ روز یا ۹۶ سیکل در رآکتورSBR بررسی شد که نمودار شماره ۱ میانگین تغییرات MLSS و COD در سیکل‌های ۲ روز آخر را نشان می‌دهد. در زمان ماند سلولی ۱۰ روزبا افزایش زمان واکنش غلظت COD کاهش یافته اما غلظت MLSS (زیست توده) افزایش می‌یابد.



نمودار شماره ۱: میانگین روند تغییرات MLSS،COD در زمان ماند سلولی ۱۰ روز و زمان واکنش ۴ ساعته در راکتورSBR

ضرایب سینتیکی Y، Kd در سن لجن ۱۰ روز

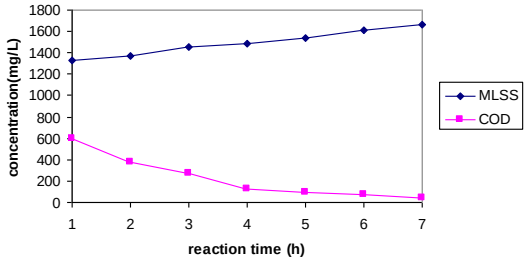
مطابق نمودار شماره ۲ در زمان ماند سلولی ۱۰ روز $Y = 0/58 \frac{mg\ Biomass}{mg\ COD}$ ، $K_d = 0/056 \frac{1}{day}$ می‌باشد. در این زمان ماند سلولی نسبت F/M برابر۰/۲۵ بر روز ، SVI برابر ۹۰ میلی‌لیتر بر گرم، غلظت جامدات خشک لجن ۱/۲ درصد، راندمان حذف COD حدود ۹۵ درصد و خاصیت ته نشینی لجن خوب بود.



نمودارشماره ۲: تعیین ضریب Yو Kd در زمان ماند سلولی ۱۰ روز

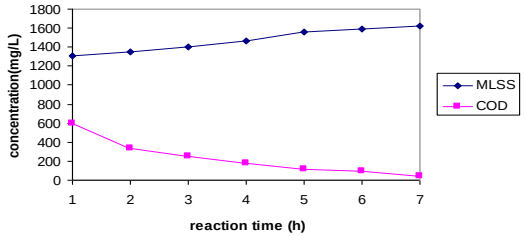
تاثیر تانک ذخیره سازی با ORP متفاوت در تغییرات COD و MLSS راکتور SBR

نمودارهای شماره ۳ تا ۱۰ روند تغییرات COD و MLSS با میزان ORP متفاوت به لجن باقیمانده در راکتور SBRرا نشان می‌دهد. همان‌طور که در نمودارها مشاهده می شود با افزایش زمان نگهداری لجن راندمان حذف COD کاهش یافته است که دلیل آن اثر متابولیسم مجزا (uncoupling metabolism) می‌باشد. همان‌طور که در نمودار شماره ۹ مشاهده می‌شود در میزان ORP= −۲۳۸ (۷ ساعت نگهداری لجن در شرایط بی‌هوازی) میزان COD از ۶۰۰ به ۳۳ میلی گرم بر لیتر می‌رسد و غلظت MLSS به‌طور جزئی از ۱۳۵۰ به ۱۵۰۰ میلی گرم بر لیتر افزایش می‌یابد.

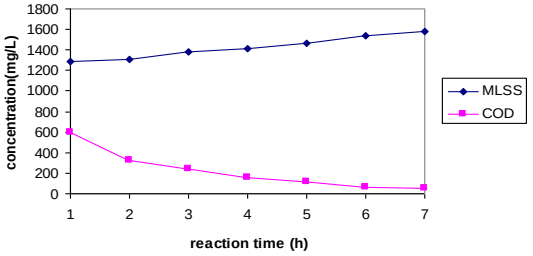


نمودار شماره ۳: روند تغییرات COD و MLSS در نمونه شاهد (ORP=-30)

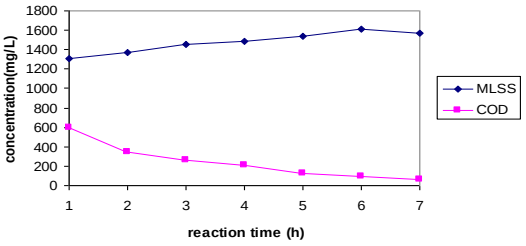
[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-29]



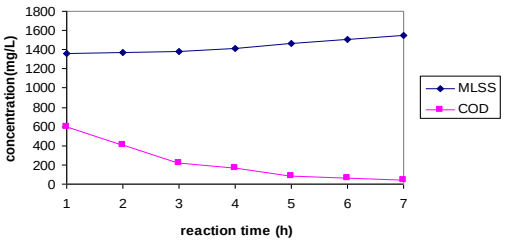
نمودار شماره ۴: روند تغییرات COD و MLSS در یک ساعت نگهداری لجن (ORP=-80)



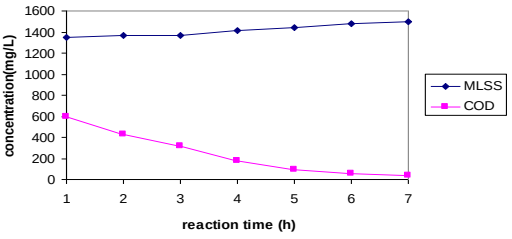
نمودار شماره ۵: روند تغییرات COD و MLSS در دو ساعت نگهداری لجن (ORP=-130)



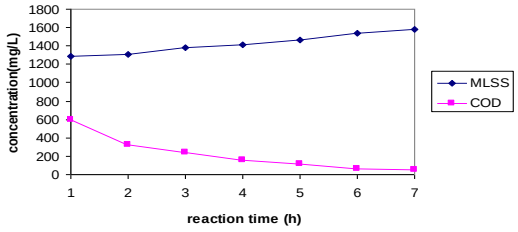
نمودار شماره ۶: روند تغییرات COD و MLSS در سه ساعت نگهداری لجن (ORP=-160)



نمودار شماره ۷: روند تغییرات COD و MLSS در پنج ساعت نگهداری لجن (ORP=-215)



نمودار شماره ۸: روند تغییرات COD و MLSS در هفت ساعت نگهداری لجن (ORP=-238)



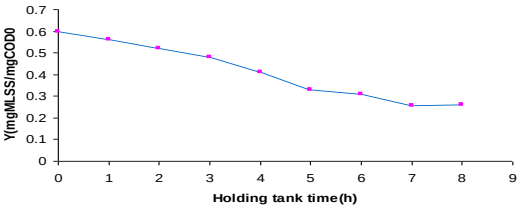
نمودار شماره ۹: روند تغییرات COD و MLSS در هشت ساعت نگهداری لجن (ORP=-246)

تعیین ضریب Y در زمان ماند سلولی ۱۰ روز و میزان ORP متفاوت در راکتور SBR

برای تعیین ضرایب بیوسینتیکی به ویژه ضریب تولید زیست توده (Y) از تغییرات زیست توده تولیدی در واحد زمان نسبت به تغییرات COD مصرفی در واحد زمان استفاده می‌شود. میزان ضریب بیوسینتیکی تولید جرم سلولی (Y) با مدت زمان نگهداری لجن (ORP متفاوت) مطابق جدول شماره ۲ می‌باشد. همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود با افزایش زمان نگهداری لجن، میزان ضریب تولید زیست توده کاهش یافته به‌طوری که به ۰/۲۶ گرم زیست توده تولیدی به سوبسترای مصرفی در زمان نگهداری ۸ ساعت لجن در شرایط بی‌هوازی (ORP=-246) می‌رسد (نمودار شماره ۱۰). موقعی که لجن برای مدت طولانی در تانک ذخیره‌سازی تحت شرایط آنوکسک و یا بی‌هوازی قرا ر می گیرد با کمبود مواد غذایی مواجه شده لذا برای بقاء از انرژی ATP ذخیره شده در سیتوپلاسم استفاده می کند و هنگامی که مواد غذایی تازه در اول فاز (SBR پر شدن) به راکتور اضافه می‌شود میکروارگانیسم‌های موجود قبل از سنتز سلولی، اقدام به ذخیره‌سازی انرژی ازدست داده شده از طریق اکسیداسیون مواد آلی می کنند. چون سنتز سلولی جدید بدون داشتن مقدار انرژی کافی به شکل ATP میسر نمی‌باشد، در نتیجه میزان لجن مازاد بیولوژیکی از طرق کاهش ضریب تولید بیومس کاهش می یابد. نمودار شماره ۱۱ تغییرات SVI را در زمان نگهداری مختلف لجن در تانک ذخیره سازی (ORP مختلف) نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود با

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-29]

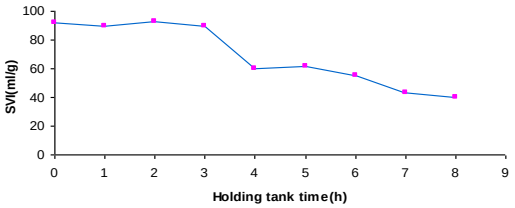
افزایش نگهداری لجن میزان SVI کاهش می‌یابد، به طوری که از ۹۲ در شاهد به ۴۰ میلی‌لیتر بر گرم در زمان ۸ ساعت نگهداری لجن (ORP =۲۴۶) می‌رسد و قابلیت ته‌نشینی لجن بهبود می‌یابد که علت آن آزاد شدن پلیمرهای داخل سلولی تحت شرایط آنوکسیک و بیهوازی است که به پل زنی بین لخته‌های زیست توده جهت بهبود خاصیت ته نشینی کمک می کند.



نمودارشماره ۱۰: میزان ضریب تولید جرم سلولی (Y) در ORP متفاوت در راکتور SBR

جدول شماره ۲: تاثیر زمان نگهداری لجن بر Y، SVI و ORP در راکتور SBR

زمان نگهداری لجن در تانک ذخیره سازی (ساعت)	ORP (mv)	$Y \frac{(mgBiomas)}{mg\ COD}$	درصد کاهش لجن بیولوژیکی (درصد)	SVI (ml/gr)
۰	-۳۰	۰/۶	-	۹۲
۱	-۸۰	۰/۵۶	۶/۷	۹۰
۲	-۱۳۰	۰/۵۲	۱۳/۴	۹۳
۳	-۱۶۰	۰/۴۸	۲۰	۹۰
۴	-۱۹۰	۰/۴۱	۳۱/۷	۶۰
۵	-۲۱۰	۰/۳۳	۴۵	۶۲
۶	۲۳۰	۰/۳۱	۴۸/۳	۵۵
۷	-۲۳۸	۰/۲۵۶	۵۸/۳	۴۳
۸	-۲۴۶	۰/۲۶	۵۶/۷	۴۰



نمودار شماره ۱۱ : تاثیر نگهداری لجن با ORP متفاوت بر SVI در رآکتور SBR

بحث

استفاده از تانک ذخیره‌سازی لجن با پتانسیل اکسیداسیون و احیاء مختلف یکی از روش‌های کاهش تولید لجن مازاد بیولوژیکی است که قادر است لجن مازاد بیولوژیکی را به طور قابل ملاحظه ای کاهش دهد.

نتایج نشان داد که بهترین راندمان حذف در زمان ماند سلولی ۱۰ روز حاصل شد و میزان SVI برابر ۹۰ میلی‌لیتر بر گرم بود و ته‌نشینی لجن به‌طور مناسب صورت گرفت. هر چه زمان ماند سلولی زیاد می‌شود (F/M کم می‌شود) میکروارگانیسم‌ها در فاز خودخوری می‌روند، در نتیجه لاشه باکتری‌ها (میکروارگانیسم‌ها) که بیش از ۹۰ در صد آن موادآلی و هیدروفیل می‌باشند زیاد می‌شود لذا درصد آب لجن بیش‌تر می‌شود و در نتیجه در صد وزن خشک لجن با افزایش زمان ماند سلولی کاهش می‌یابد(۲۴،۲۳). در زمان ماند سلولی ۱۰ روز چون میکروارگانیسم‌ها در فاز کاهش رشد یا فاز ثابت قرار دارند، راندمان حذف COD نزدیک به ۹۵ درصد رسید در این فاز SVI برابر ۹۰ بود و لجن به خوبی ته‌نشین می‌شود(۲۷،۲۶) و پدیده حجیم شدن لجن مشاهده نشد و پساب زلال مشاهده گردید(نمودار شماره ۱). نتایج نشان داد که با افزایش زمان نگهداری لجن، میزان ضریب تولید بیومس کاهش یافته به طوری که به ۰/۲۶ گرم بیومس تولیدی به سوبسترای مصرفی در زمان نگهداری ۸ ساعت لجن در شرایط بی‌هوازی (ORP=-246) می‌رسد، در نتیجه میزان لجن مازاد بیولوژیکی حدود ۵۶/۷ درصد کاهش می‌یابد. با افزایش نگهداری لجن میزان SVI کاهش می‌یابد به‌طوری که از ۹۲ در شاهد به ۴۰ میلی‌لیتر بر گرم در زمان ۸ ساعت نگهداری لجن (ORP=-246) می‌رسد و قابلیت ته‌نشینی لجن بهبود می یابد که علت آن آزاد شدن پلیمرهای داخل سلولی تحت شرایط آنوکسیک و بی‌هوازی است که به پل زنی بین لخته‌های بیولوژیکی جهت بهبود خاصیت ته نشینی کمک می کند. با افزایش زمان نگهداری لجن تا ۳ ساعت (ORP=-160) میزان COD در پساب خروجی افزایش می‌یابد. در زمان نگهداری بالاتر لجن در تانک ذخیره‌سازی تحت شرایط بی‌هوازی میزانCOD در پساب خروجی کاهش می‌یابد، به طوری که در میزان ORP=-238 میزان COD پساب خروجی به ۳۳ میلی گرم بر لیتر می‌رسد. با افزایش زمان

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-29]

نگهداری لجن راندمان حذف COD کاهش یافته است که دلیل آن اثر متابولیسم مجزا (uncoupling metabolism) می‌باشد. این امر باعث می‌شود که بسته به زمان نگهداری لجن در تانک ذخیره‌سازی لجن راندمان حذف COD در انتهای زمان واکنش افزایش یابد. موقعی که زیست توده برای مدت طولانی در تانک ذخیره‌سازی تحت شرایط آنوکسیک و یا بی‌هوازی قرار می‌گیرد با کمبود مواد غذایی مواجه شده لذا برای بقاء از انرژی یا ATP ذخیره شده در سیتوپلاسم استفاده می‌کند وهنگامی که مواد غذایی تازه در اول فاز SBR (پر شدن) به راکتور اضافه می‌شود، میکروارگانیسم‌های موجود قبل از سنتز سلولی، اقدام به ذخیره‌سازی انرژی ازدست داده شده می‌کنند چون سنتز سلولی جدید بدون داشتن مقدار انرژی کافی به شکل ATP میسر نمی‌باشد. در نتیجه سرعت حذف سوبسترا توسط میکرو ارگانیسم‌ها افزایش می‌یابد، به عبارت دیگر در شرایط ORP پایین زیست توده تحت شرایط گرسنگی و استرس قرار گرفته و در هنگام پر شدن رآکتور مملو از مواد غذایی، میکرو ارگانیسم‌ها با سرعت بالا مواد غذایی را در رآکتور هوازی مصرف می‌کنند(۳۰،۲۹). جدول شماره ۳ مقایسه نتایج حاصل از سیستم OSA (هوازی، ته نشینی، آنوکسیک) با دیگر مطالعات در کاهش لجن مازاد زیست توده را نشان می‌دهد. نتایج به‌دست آمده از این مطالعه تقریباً مشابه مطالعات Saby در سال ۲۰۰۲ و Jinafang در سال ۲۰۰۸ می‌باشد(۹، ۳۲،۲۵).

با نگهداری لجن در شرایط مختلف آنوکسیک و بی‌هوازی (ORP متفاوت) COD پساب خروجی پایین‌تر از استاندارد محیط‌زیست از نظر دفع‌پساب به آب‌های پذیرنده و استفاده مجدد در کشاورزی است. از طرفی باعث بهبود کیفیت پساب خروجی وقابلیت ته‌نشینی مناسب لجن می‌شود.

از بین فراورده‌های جانبی تصفیه خانه فاضلاب شهری، لجن پرحجم‌ترین و مشکل ترین جزء از نظر تصفیه و دفع می‌باشد. چنان‌چه مشکل تولید لجن مازاد از طریق کاهش تولید لجن در فرایندهای بیولوژیکی تصفیه فاضلاب همچون فرایند هوازی SBR حل شود، مسائل و مشکلات تصفیه ودفع لجن در حد قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. نگهداری لجن در فرایند OSA در رآکتور SBR در زمان‌های مانند مختلف در نتیجه کاهش پتانسیل اکسیداسیون واحیای لجن باعث می‌شودکه بخش بیش‌تری از انرژی استحصالی را به مرحله اول متابولیسم سوبستره (کاتابولیسم) توسط باکتری‌های تصفیه کننده فاضلاب اختصاص دهد و در نتیجه انرژی

جدول شماره ۳: مقایسه نتایج حاصل از سیستم OSA (هوازی، ته نشینی، آنوکسیک) با دیگر تحقیقات در کاهش لجن مازاد زیست توده

شرایط بهره‌برداری	میزان ضریب تولید زیست توده Y (gMLSS/gCOD)	کیفیت پساب	منابع
۱-احداث یک تانک ذخیره‌سازی(تانک آنوکسیک) سیستم لجن فعال در مقیاس پایلوت با COD=۳۰۰ mg/l			
الف) لجن فعال شاهد	۰/۴	خوب	
ب) سیستم OSA با ORP=-۱۰۰ mv	۰/۳۲	عالی	Saby 2002
ج) در سیستم OSA با ORP=-۱۰۰ mv	۰/۲۲	عالی	
د) در سیستم OIA با ORP =-۲۵۰ mv	۰/۱۸	عالی	
۲-احداث یک تانک ذخیره‌سازی در سیستم لجن فعال در مقیاس پایلوت با COD=۳۶۵ mg/l			
الف) در سیستم لجن فعال شاهد	۰/۵۳	خوب	Jinafang 2008
ب) در سیستم OSA با ORP=-۲۵۰ mv	۰/۳۸	عالی	
۳-استفاده از فرایند CAS-OSA با سن لجن ۲۶ روز و میزان ORP=-۲۵۰ mv در تصفیه فاضلاب خانگی .	۰/۴۹	خوب	Wang2008
۴-استفاده از فرایند راکتور ناپیوسته متوالی (SBR) مجهز به سیکل بیهوازی با زمان واکنش ۵ ساعت در تصفیه فاضلاب خانگی	۰/۱۷	عالی	Chon 2011
۵-استفاده از فرایند راکتور ناپیوسته متوالی (SBR) در شرایط OSA زمان واکنش ۵ ساعت در تصفیه فاضلاب در شرایط آزمایشگاهی	۰/۱۶	عالی	Kim 2012
۶-کارایی فرآیند OSA در کاهش لجن بیولوژیکی در رآکتور SBR پس از ۵۰روز راهبری در میزان ORP= - 250 میلی ولت	۰/۲	عالی	Demir 2016
۷- نگهداری لجن در شرایط آنوکسیک و بی‌هوازی در یک سیستم SBR در مقیاس پایلوت با COD=۶۰۰ mg/l در شرایط زیر			
الف) در راکتور شاهد یعنی با ORP=-۳۰۰ mv	۰/۶	خوب	
ب) یک ساعت نگهداری یعنی با ORP=-۸۰ mv	۰/۵۶	خوب	
ج) چهار ساعت نگهداری یعنی با ORP=-۱۹۰ mv	۰/۴۱	خوب	این مطالعه
د) شش ساعت نگهداری یعنی با ORP=-۲۳۰ mv	۰/۳۱	عالی	
ه) هشت ساعت نگهداری یعنی با ORP=-۲۴۶ mv	۰/۲۶	عالی	

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-29]

کم‌تری به مرحله آنابولیسم (ساخت مواد سلولی) برسد که ماحصل نهایی آن کاهش ضریب تولید بیومس(Y) توسط باکتری‌ها و در نهایت کاهش مقدار تولید لجن مازاد می‌شود و میزان شاخص حجمی لجن کاهش و قابلیت ته‌نشینی لجن بهبود یافته و راندمان حذف مواد آلی (COD) در پساب خروجی افزایش می‌یابد.

سپاسگزاری

این مطالعه حاصل بخشی ازنتایج طرح تحقیقاتی با شماره S 90 است. در پایان نویسندگان از شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور به خاطر حمایت مالی نهایت تشکر را دارند.

References

1. Goh CP, Seng CE, Sujari AN, Lim PE. Performance of sequencing batch biofilm and sequencing batch reactors in simultaneous p-nitrophenol and nitrogen removal. Environ Technol 2009; 30(7): 725-736.
2. Fazelipour M, Takdastan A, Sekhavatjou MS. Survey on chlorine application in equencing batch reactor waste sludge in order to sludge minimization. Asian J Chem 2011; 23(7): 2994-2998.
3. Takdastan A, Mehrdadi N, Azimi AA, Torabian A, Nabi Bidhendi G. Intermittent chlorination system in biological excess sludge reduction by sequencing batch reactor. Iran J Environt Health Sci Eng 2009; 6 (1): 53-60 (Persian).
4. Pazoki M, Takdastan A, Jaafarzadeh N. Investigation of minimization of excess sludge production in sequencing batch reactor by heating some sludge. Asian J Chem 2010; 22(3): 1751-1759.
5. Takdastan A, Azimi A, Jaafarzadeh N. Biological excess sludge reduction in municipal wastewater treatment by chlorine. Asian J Chem 2010; 22(3): 1665-1670.
6. Novak JT, Chon DH, Curtis BS, Doyle M. Biological solids reduction using the cannibal process. Water Environ Res 2007; 79(12): 2380-2386.
7. Sang L, Yina J, Zhang J. Effect of extracellular polymeric substances on sludge reduction in the umic-activated sludge anoxic-oxic-settling-anaerobic process. Des Water Treat 2017; 62(2017): 101-107.
8. Mohammadi MJ, TakdastanA, Jorfi S, Neisi A, Yari AR, et al. Electrocoagulation process to Chemical and Biological Oxygen Demand treatment from carwash grey water in Ahvaz megacity, Iran. Data Brief 2017; 11: 634-639.
9. Saby S, Djafer M, Chen GH. Feasibility of using a chlorination step to reduce excess sludge in activated sludge process. Water Res 2002; 36(3): 656-666.
10. Demir O, Filibeli A. The investigation of the sludge reduction efficiency and mechanisms in oxic–settling–anaerobic (OSA) process. Water Sci Technol 2016; 73(10): 2311-2323.
11. Takdastan A, Mehrdadi N, Torabian A, Azimi AA, Nabi Bidhendi GH. Investigation of excess biological sludge reduction in sequencing bach reactor. Asian J Chem 2009; 21(3): 2419-2427.
12. Takdastan A, Eslami A. Application of energy spilling mechanism by para-nitrophenol in biological excess sludge reduction in batch-activated sludge reactor. International Journal of Energy and Environmental Engineering 2013; 4(1): 1-7 (Persian).
13. Takdastan A, Pazoki M. Study of biological excess sludge reduction in sequencing batch reactor by heating the reactor. Asian J Chem 2011; 23(1): 29-33 (Persian).

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-29]

14. Hajsardar M, Takdastan A, Ahmadi M, Hasani AH. Study of reducing waste biosolids insequencing batch reactor by ozonation to waste biosolids. Asian J Chem 2011; 23(8): 3615-3619 (Persian).
15. Hormozi Nejad M, Takdastan A, Jaafarzadeh N, Ahmadi Mogadam M, Mengelizadeh N. Removal of orthophosphate from municipal wastewater using chemical precipitation process in Ahvaz wastewater treatment plant, Iran. Asian J Chem 2013;25(5):2565-2571 (Persian).
16. Jafari AJ, Kakavandi B, Kalantary RR, Babaei AA, Takdastan A. Application of mesoporous magnetic carbon composite for reactive dyes removal: Process optimization using response surface methodology. Korean J Chem Eng 2016; 33 (10): 2878-2890.
17. Mahmoudi P, Takdastan A, Alavi AJ Ali, Kaydi N. Study of excess sludge reduction in conventional activated sludge process by heating returned sludge. Asian J Chem 2013; 25 (5): 26-27.
18. Wang J, Zhao Q, Jin W, Lin J. Mechanism on minimization of excess sludge in oxic-settlinganaerobic(OSA) process. Environ Sci Eng China 2008; 2(1): 36-43.
19. American Public Health Association (APHA). Standard Method for the Examination of water& Wastewater. 19th ed. American Public Health Association (APHA). Washington D.C, 2005.
20. Huang X, Liang P, Qian Y. Excess sludge reduction induced by Tubifex tubifex in a recycle sludge reactor. J Biotechnol 2007; 127(3): 443-453.
21. Velho VF, Daudt G, CMartins CL, Belli Filho P, Costa HR. Ruction of Excess Sudge Pduction in an Activated Sludge System Based on Lsis-Cryptic Growth, Uncoupling methabolism and Folic Acid Addiction. Braz J Chem Eng 2016; 33(1): 47-57.
22. Novak JT, Chon DH, Curtis BS, Doyle M. Biological solids reduction using the cannibal process. Water Environ Res 2007; 37(12): 2380-2386.
23. Vitanza R, Arana Sarabia ME. Preliminary Evaluation of Sludge Minimization by a Lab-Scale OSA (Oxic-Settling-Anaerobic) System. Chemical Eeginearing Transaction 2016; 49: 469-474.
24. Alavi N, Shirmardi M, Babaei A, Takdastan A, Bagheri N. Waste electrical and electronic equipment (WEEE) estimation: A case study of Ahvaz City, Iran. J Air Waste Manage Assoc 2015; 65(3): 298-305 (Persian).
25. Jin WB, Wang JF, Zhao QL, Lin JK. Performance and mechanism of excess sludge reduction in an OSA (oxic-settling-anaerobic) process. Europe Pub Med Centreal 2008; 29(3): 726-732.
26. Hassani G, Babaei A, Takdastan A, Shirmardi M, Yousefian F. and Mohammadi M.J. Occurrence and fate of 17β-estradiol in water resources and wastewater in Ahvaz, Iran. Global Nest Journal 2016; 18(4): 855-866.
27. Semblante G, Hai F Bustamante H, Guevara N. Biosolids reduction by the oxic-settling-anoxic process: Impact of sludge interchange rate. Bioresource Technology 2016; 210: 167–173.
28. Wang J, Li Y, Jiang F, Guang J, Liu, L. A modified oxic-settling-anaerobic activated sludge process using gravity thickening for excesssludge reduction. Scientific Reports. 2016; 2(1): 36-43.
29. M Ahmadi, H Rahmani, A Takdastan, N Jaafarzadeh. A novel catalytic process for degradation of bisphenol A from aqueous solutions: a synergistic effect of nano-Fe 3 O 4@ Alg-Fe on O 3/H 2 O 2. Process Safety

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-29]

and Environmental Protection 2016; 104(Pt a): 413-421.

30. Torregrossa M, Di Bella G, Di Trapani D. Comparison between ozonation and OSA process: Analysis of excess sludge reduction and biomass activity in two different pilot plants. Water Sci Technol 2012; 66(1): 185-192.
31. Chon DH, Rome M, Kim HS, Park C. Investigating themechanism of sludge reduction in activated sludge with an anaerobic sidestream reactor. Water Sci Technol 2011; 63(1): 93-99.
32. Kim YM, Chon DH, Kim HS, Park C. Investigation of bacterial community in activated sludge with an anaerobic side-stream reactor (ASSR) to decrease the generation of excess-sludge. Water Res 2012; 46(13): 4292-4300.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-29]