

The Efficiency of Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) in Soft Drink Industry Wastewater Treatment

Ahmad Reza Yari¹, Ali Reza Mesdaghinia²,
Kazem Nadaf³, Forough Vaezi³, Morteza Safdari⁴,
Mohammad Azizi far⁴

بررسی کارایی فرآیند بستر بی‌هوایی لجن با جریان روبه بالا (UASB) در تصفیه فاضلاب صنایع نوشابه‌سازی

احمد رضا یاری^۱ علیرضا مصداقی‌نیا^۲ کاظم ندافی^۳
فریوخ واعظی^۳ مرتضی صفدری^۳ محمد عزیزی فر^۴

(دریافت ۸۴/۵/۱۳ پذیرش ۸۴/۹/۱)

چکیده

Abstract

This study was performed with the purpose of determining the efficiency of process of UASB (upflow anaerobic sludge blanket) in treating the wastewater of soft drink industry. The experiment was carried out during 8 months. The cylinder reactor dimensions were 170cm in height with 8 cm internal diameter and total capacity of 8.5 liters. The reactor was inoculated with a mixture of cow wastes, activated sludge of an industrial wastewater treatment – plant (Zam Zam factory) and the sludge of an anaerobic digester. The ratio for VSS/ TSS was adjusted at 0.63, and the loading rate at startup was fixed on 1 kg COD /m³day loading rate. The Reactor was uprated and operated in mesophilic (24.8-38.2 °C) temperature. The experiments then performed in three phases. The first phase of the study was carried out in four steps, the loading rate increased up to 2 kg COD /m³.day at the constant COD concentration of 2000 mg/l. The efficiency of COD removal was found upto 78% in this phase. In the second phase, and the two steps the loading rate increased up to 2.8 kg COD /m³.day with an increase of COD concentration and 2500 g/m³. At the end of this phase, the efficiency of COD removal was found to be 78.4 % and equivalent to 0.329 kg COD/kg VSS.day. The detention time was 21.4 hours. At the third phase and in four successive steps, the concentration COD and organic loading rate were increased to 3000 mg/l and 5 kgCOD /m³.day respectively. At the end of this phase, the efficiency of COD removal was 78 % (equivalent to 0.389 kgCOD/kg VSS.day). The detention time at this phase was 14.3 hours and the linear velocity of wastewater flow was about 0.12 m/h. Finally, at the fourth phase of this study the pH of raw wastewater had been increased in few steps up to 10, in order to determine the effect of new conditions on efficiency of the process. The results show that the COD removal efficiency has decreased in the beginning of this phase but again increased to about 78% after adaptation had taken place. The gas generation rate was 0.15 m³/kgCOD removed. Considering the sludge formed in the top of reactor, it could be concluded that the sludge is flocculant and pellet type.

این تحقیق به منظور بررسی کارایی فرآیند بستر بی‌هوایی لجن با جریان روبه بالا (UASB) برای تصفیه فاضلاب صنایع نوشابه‌سازی انجام شد. در مدت ۸ ماه، یک دستگاه راکتور UASB در مقیاس آزمایشگاهی به حجم ۸/۵ لیتر و با قطر ۸ سانتیمتر و ارتفاع ۱۷۰ سانتیمتر به کار برده شد. برای بارور کردن اولیه راکتور از ترکیب فضولات گاوی و لجن فعال تصفیه خانه فاضلاب صنعتی (کارخانه زمزم کرمان) و لجن هاضم بی‌هوایی تصفیه خانه فاضلاب بهداشتی با نسبت VSS/TSS برابر ۰/۶۳ استفاده شد. راه اندازی راکتور با میزان بار گذاری آلی ۱ kgCOD/m³ و در محدوده دمایی مزوفیلیک (۲۴/۸-۳۸/۲ درجه سانتیگراد)، انجام و مورد بهره‌برداری قرار گرفت. مطالعه در چهار مرحله و چند دوره انجام شد. در مرحله اول طی چهار دوره در COD ثابت ۲۰۰۰ گرم بر مترمکعب میزان بار آلی از ۱ kg COD/m³.day تا ۲۰۰۰ kg COD/m³.day افزایش یافت. کارایی حذف COD در این مرحله به ۷۸ درصد رسید. در مرحله دوم غلظت COD از ۲۰۰۰ mg/L به ۲۵۰۰ mg/L افزایش یافت و طی دو دوره، بارگذاری آلی از ۱ kgCOD/m³.day به ۲/۱ kgCOD/m³.day افزایش یافت. در پایان این مرحله با زمان ماند ۲۱/۴ ساعت، کارایی حذف COD به ۷۸/۴ درصد معادل ۰/۳۲۹ kgCOD/kgVSS.day رسید. در مرحله سوم غلظت COD به ۳۰۰۰ mg/L افزایش داده شد. بارگذاری آلی در این مرحله از ۲/۱ kgCOD/m³.day به ۵ kgCOD/m³.day افزایش داده شد. در پایان این مرحله با زمان ماند ۱۴/۳ ساعت و سرعت خطی مایع ۰/۱۲ m/hr، کارایی حذف COD به ۷۸ درصد معادل ۰/۳۸۹ kgCOD/kgVSS.day رسید. در مرحله چهارم pH فاضلاب خام در چند دوره تا مرز ۱۰ رسانده شد. در ابتدا روند حذف کاهش یافت ولی در پایان این مرحله راکتور توانست خود را با شرایط جدید سازگار کند و کارایی حذف ۷۸ درصد را به دست آورد. مشاهدات انجام شده بر روی لجن نشان دهنده این است که لجن راکتور، از نوع لخته‌ای تاگرانول ریز می‌باشد. نسبت VSS/TSS لجن راکتور به ۰/۷۳ رسید. مقدار گاز اندازه‌گیری شده ۰/۱۵ مترمکعب به ازای هر کیلوگرم COD حذف شده می‌باشد.

Keywords: Wastewater Treatment, Industrial Wastewater, Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB), Soft Drink Industry.

واژه‌های کلیدی: تصفیه فاضلاب، فاضلابهای صنعتی، فرآیند بستر بی‌هوایی لجن با جریان روبه بالا (UASB)، صنایع نوشابه‌سازی.

¹- Academic Member, Faculty of Public Health Qom University of Medical Science. Yari1_Ahr@yahoo.com

²- Professor, Faculty of Public Health, Tehran University of Medical Science

³- Assist. Prof. Faculty of Public Health, Tehran University of Medical Science

⁴- Lab. Instructor. Faculty of Public Health, Qom University of Medical Science

۱- مربی دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم - Yari1-Ahr@yahoo.com

۲- استاد - دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

۳- استاد یار - عضو هیئت علمی دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

۴- کارشناس آزمایشگاه دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم

غلظت لجن در ناحیه پوشش، در محدوده ۱۰ تا ۳۰ گرم VSS در لیتر است [۳]. در بالای راکتور، دستگاه جداکننده گاز- جامد (GSS) وجود دارد که مانع از خروج لجن گرانبوی می‌شود. زمان راه‌اندازی راکتور طولانی است و راه‌اندازی سریع، زمانی صورت می‌گیرد که ماده تلقیحی از راکتور بی‌هوازی دیگری که فاضلاب مشابهی را تصفیه می‌کند، به دست آید [۳ و ۴].

متداول‌ترین مواد تلقیحی به کار گرفته شده، لجن هضم شده فاضلاب شهری، کود حیوانی هضم شده، لجن فعال، کود گاوی و لجن چسبیده در فاضلاب‌روها می‌باشد. در راه‌اندازی راکتور مقدار مواد مغذی به اندازه کافی باید وجود داشته باشد [۲ و ۵].

۲- مواد و روشها

در این تحقیق از یک واحد راکتور بی‌هوازی با بستر لجن با جریان رو به بالا (UASB) از جنس پلی اتیلن تری فتالات (PET) به حجم ۸/۵ لیتر و قطر داخلی ۸ سانتیمتر و ارتفاع مفید ۱۷۰ سانتیمتر استفاده شد. به منظور توزیع یکنواخت جریان، در کف راکتور یک صفحه مشبک قرار گرفت. به منظور نمونه‌برداری و اطلاع از وضعیت لجن درون راکتور، چهار شیر نمونه‌برداری در بدنه راکتور به فواصل ۳۰ سانتیمتری تعبیه شد.

به منظور تغذیه راکتور، از یک منبع پلی اتیلن به حجم ۲۵۰ لیتر استفاده شد که فاضلاب با COD مشخص به وسیله یک پمپ از نوع فیدرپمپ پیستونی قابل تنظیم، به راکتور تزریق می‌شد. به منظور کاهش اثر ضربه پمپ، در مسیر پمپاژ از یک لوله لاستیکی استفاده شد که می‌توانست جریان متناوب را به جریان مداوم تبدیل کند و از ضربه جریان بکاهد. راکتور و مخزن ذخیره فاضلاب در داخل اتاقی قرار گرفت که دمای محیط آن به وسیله یک گرمکن الکتریکی، در محدوده دمایی مزوفیلیک (۲۵°C-۳۸°C) تنظیم شده بود. گاز تولیدی نیز به وسیله دستگاهی که بر اساس انتقال مایع عمل می‌کرد، اندازه‌گیری می‌شد.

به منظور تلقیح اولیه راکتور، ۲۰ لیتر لجن هاضم تصفیه‌خانه فاضلاب انسانی به علاوه ۵ کیلوگرم پهن تازه گاوی و همچنین مقدار ۵ لیتر لجن فعال تصفیه‌خانه فاضلاب صنعتی این صنعت با مقداری از فاضلاب این صنعت مخلوط شد و پس از صاف کردن به مدت ۱۵ روز سپتیک شد. مقدار ۶ لیتر از این لجن برای تلقیح اولیه راکتور به کار برده شد. مشخصات لجن مورد استفاده برای تلقیح، در جدول ۱ آورده شده است.

در این تحقیق بر خلاف اکثر مطالعات انجام شده که در شروع راه‌اندازی، از فاضلاب مصنوعی استفاده می‌شود، تغذیه راکتور با فاضلاب طبیعی کنترل شده صورت گرفته است. فاضلاب حاصل

همواره توسعه جوامع بشری و رشد صنعت و فناوری، مشکلات زیست‌محیطی را به دنبال داشته است. آلودگی حاصل از فعالیتهای اجتماعی و صنعتی انسان موجب به مخاطره افتادن منابع آب، هوا و خاک گردیده است. امروزه بیشتر کشورهای دنیا در حال صنعتی شدن هستند. کشور ما نیز از این مقوله عقب نمانده و صنایع با فناوری‌های نوین، رو به گسترش هستند. این صنایع به دنبال خود، آلاینده‌هایی را به محیط دفع می‌کنند که چنانچه چاره‌ای برای دفع بهداشتی آن اندیشیده نشود، در کوتاه مدت و دراز مدت موجب بحرانهای آلودگی خواهند شد.

صنایعی که فرآیند تولیدشان نیاز به مصرف آب فراوان دارد، موجب ایجاد پساب با حجم و غلظت آلودگی بالا می‌گردند و به این ترتیب برای محیط‌زیست و به خصوص برای آبهای زیرزمینی خطرات فراوان دارند. از جمله این صنایع، می‌توان به صنعت نوشابه‌سازی اشاره کرد. میزان آب مصرفی در این صنعت ۷ مترمکعب به ازای هر مترمکعب نوشابه تولیدی است. بیشترین حجم فاضلاب تولیدی در این صنعت را واحد بطری‌شویی تشکیل می‌دهد. بار آلی COD در فاضلاب این صنعت بسیار بالاست [۱].

فرآیندهای بی‌هوازی، از جمله روشهای تصفیه این فاضلابها محسوب می‌شوند که در این تحقیق از فرآیند بستر بی‌هوازی لجن با جریان رو به بالا (UASB)^۱ استفاده شده است.

فرآیند UASB در سال ۱۹۸۰ در دانشکده کشاورزی دانشگاه واگنینگن^۲ در هلند طراحی شد [۲]. راکتور UASB، تانکی است که از لجن بی‌هوازی با خواص ته‌نشینی خوب، پر شده است. در این تانک هیچ گونه مواد نگهدارنده وجود ندارد. راکتور UASB از سه ناحیه مجزا تشکیل شده است که عبارت‌اند از [۳]:

۱- ناحیه بستر لجن؛

۲- ناحیه پوشش لجن؛

۳- ناحیه ته‌نشین‌سازی و جدا سازی گاز.

فاضلاب به طور یکنواخت در سطح مقطع راکتور، از کف توزیع می‌شود و ابتدا از ناحیه بستر که از یک لجن مترکم با رسوب‌دهی بالا تشکیل شده است، عبور می‌کند. غلظت جامدات در این بستر بیش از ۷۰-۴۰ گرم VSS در لیتر گزارش شده است. قسمت بعدی که فاضلاب از آن می‌گذرد، ناحیه پوشش لجن است که حدود ۷۰ درصد حجم کل راکتور را اشغال می‌کند. این ناحیه از دانه‌های ریزتر، لخته‌ها^۳ و حبابهای گاز تشکیل شده که با رفتن به طرف بالای راکتور، از جرم حجمی و سرعت ته‌نشینی ذرات کاسته می‌شود.

¹ Upflow Anaerobic Sludge Blanket

² Wageningen

³ Flocc

جدول ۱- مشخصات لجن مورد استفاده برای تلقیح راکتور

نوع	مقدار
TSS	۹۸۰۰ (mg/L)
VSS	۶۲۰۰ (mg/L)
VSS/TSS	۰/۶۳

جدول ۲- مشخصات فاضلاب صنایع نوشابه سازی

مشخصه فاضلاب	متوسط اندازه گیری شده (mg/L)	محدوده اندازه گیری شده (mg/L)
COD	۲۵۰۰	۱۵۰۰ - ۳۲۰۰
BOD	۱۱۰۰	۷۰۰ - ۱۸۰۰
TKN	۰/۳	۰ - ۰/۸
TP	۱/۲	۰/۵ - ۲/۵
pH	۱۰/۵	۸/۵ - ۱۳
قلیائیت (mg/L CaCO ₃)	۲۳۰	۱۱۰ - ۳۰۰

بارگذاری راکتور از $1 \text{ kgCOD/m}^3 \cdot \text{day}$ شروع و در طی چهار دوره، بارگذاری آلی به $2/1 \text{ kgCOD/m}^3 \cdot \text{day}$ افزایش یافت. COD فاضلاب ورودی در این مرحله ثابت و برابر 2000 میلی گرم در لیتر بود.

در دوره اول مرحله راه اندازی (روزهای اول تا بیستم) کارایی راکتور به 53% درصد رسید. دبی فاضلاب ورودی $4/25$ لیتر در روز و زمان ماند هیدرولیکی 48 ساعت و سرعت خطی مایع $0/035 \text{ m/hr}$ تعیین شد. در روز پنجم این دوره، pH راکتور تا $5/9$ افت کرد که نشان دهنده اسیدی شدن راکتور بود که با افزایش قلیائیت به حد مطلوب رسید. برای تأمین قلیائیت از بی کربنات سدیم و آب آهک استفاده شد [۶]. در دوره دوم مرحله راه اندازی، بارگذاری آلی بدون تغییر غلظت COD، به $1/5 \text{ kgCOD/m}^3 \cdot \text{day}$ افزایش داده شد. در این دوره بار راکتور به $12/0 \text{ KgCOD/day}$ و زمان ماند هیدرولیکی به $32/3$ ساعت و سرعت بالاروی جریان به $0/053 \text{ m/hr}$ رسید. کارایی حذف COD در ابتدا کاهش و سپس به 62% درصد بهبود یافت. در دوره سوم راه اندازی، بارگذاری آلی به میزان $16/5$ درصد افزایش یافت و به $1/8 \text{ kgCOD/m}^3 \cdot \text{day}$ رسید. بار راکتور به $15/0 \text{ kgCOD/day}$ و زمان ماند هیدرولیکی به $27/6$ ساعت رسید. نسبت VSS/TSS در این دوره به طور متوسط برابر 73% درصد بود.

از این صنایع که به راحتی قابل تجزیه بیولوژیکی است، حاوی مقادیر زیادی کربوهیدرات، روغن و چربی است. بار آلی COD این فاضلاب بعد از چربی گیری در محدوده $1500-3200$ میلی گرم در لیتر متغیر است که لزوم استفاده از یک فرآیند تصفیه بی هوازی را ایجاب می نماید. مشخصات فاضلاب این صنایع در جدول ۲ آورده شده است.

با توجه به کمبود شدید ازت، به منظور برقراری نسبت COD/N/P از محلول کود شیمیایی اوره، $\text{CO}(\text{NH}_4)_2$ با 46 درصد ازت استفاده شد [۵]. نظر به کفایت فسفات موجود در فاضلاب، نیازی به اضافه نمودن آن نبود. در مراحل مختلف راه اندازی و کار راکتور، از نقاط زیر نمونه برداری شد:

الف- شیرهای تعبیه شده بر روی بدنه راکتور و ب- خروجی از سر ریز راکتور

آزمایشهای اصلی انجام شده بر روی نمونه ها عبارت اند از: pH، قلیائیت، COD، SCOD، کل جامدات معلق، جامدات معلق فرار، دبی جریان، فسفر کل، ازت و دما. تمامی آزمایشها بر اساس روشهای ذکر شده در کتاب روشهای استاندارد (۱۹۹۵) انجام شده است.

۳- نتایج و بحث

این مطالعه در چهار مرحله انجام شد. مرحله اول که مرحله راه اندازی بود، هشتاد روز به طول انجامید. در این مرحله

در مرحله سوم غلظت COD فاضلاب به ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر افزایش یافت و در چهار دوره، بارگذاری آلی از ۳/۲ به ۵ kgCOD/m³.day رسید. مشخصات هیدرولیکی و تغییرات انجام شده در این مرحله در جدول ۳ آمده است.

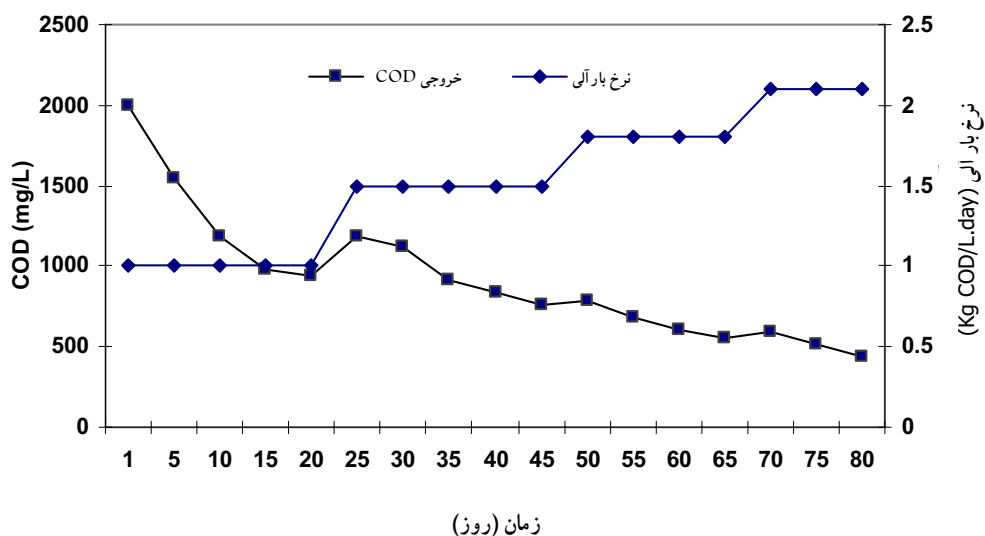
در پایان این مرحله کارایی حذف COD، ۷۸ درصد و معادل با ۰/۳۸۹ kg COD/kgVSS.day بوده است. غلظت لجن در بستر راکتور در این مرحله به ۱۸۲۰۰ mg/L رسیده بود و نسبت VSS به بیومس کل، در این مرحله ۰/۷۱ و دمای راکتور در این مرحله، ۱/۷۸ ± ۳۳/۱۷ °C بود. با توجه به اهمیت مواد مغذی در رشد و فعالیت باکتری‌ها و برقراری نسبت COD/N/P در فرآیند بی‌هوازی، ازت مورد نیاز به صورت محلول آورده به فاضلاب ورودی اضافه شد. مقدار فسفر اندازه‌گیری شده در این فاضلاب، بیشتر از ۲/۵ میلی‌گرم در لیتر بود. این مقدار فسفر به علت استفاده از اسید فسفریک در ترکیب نوشابه و

در دوره چهارم مرحله راه اندازی با افزایش دبی به میزان ۸/۵ لیتر در روز، بارآلی راکتور به ۰/۰۱۷ kgCOD/day مطابق بارگذاری آلی ۲/۱ kgCOD/m³.day افزایش یافت (شکل‌های ۱ و ۲). غلظت متوسط لجن (TSS) در ارتفاع راکتور به ۹/۶۷ گرم در لیتر رسید. متوسط دمای راکتور در پایان این مرحله به ۲۸/۲۲ °C رسیده بود.

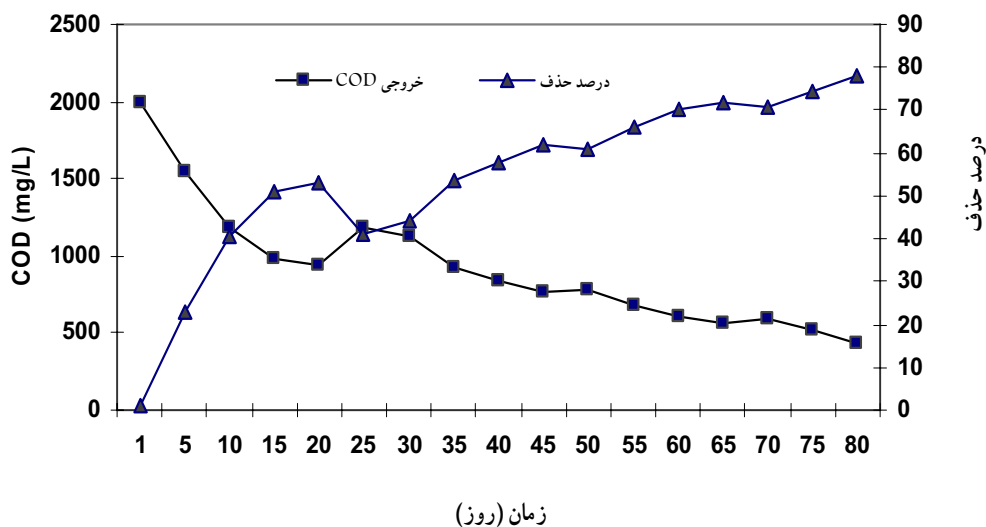
در مرحله دوم، غلظت COD فاضلاب به ۲۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر و بارگذاری آلی، در طی دو دوره، به ۲/۸ kgCOD/m³.day افزایش داده شد. در پایان این مرحله، متوسط دمای راکتور به ۳۱/۶ °C و زمان ماند هیدرولیکی به ۲۱/۴ ساعت و کارایی حذف به ۷۸/۴ درصد، معادل ۰/۳۲۹ kgCOD/kgVSS.day رسید. نتایج نشان داد در فاصله دو دوره در این مرحله، با افزایش بارگذاری، کاهش کارایی زیاد محسوس نیست و این نشان دهنده تشکیل لجن با کیفیت بالاست (شکل ۳).

جدول ۳- پارامترهای اندازه‌گیری شده در طول مرحله سوم تحقیق

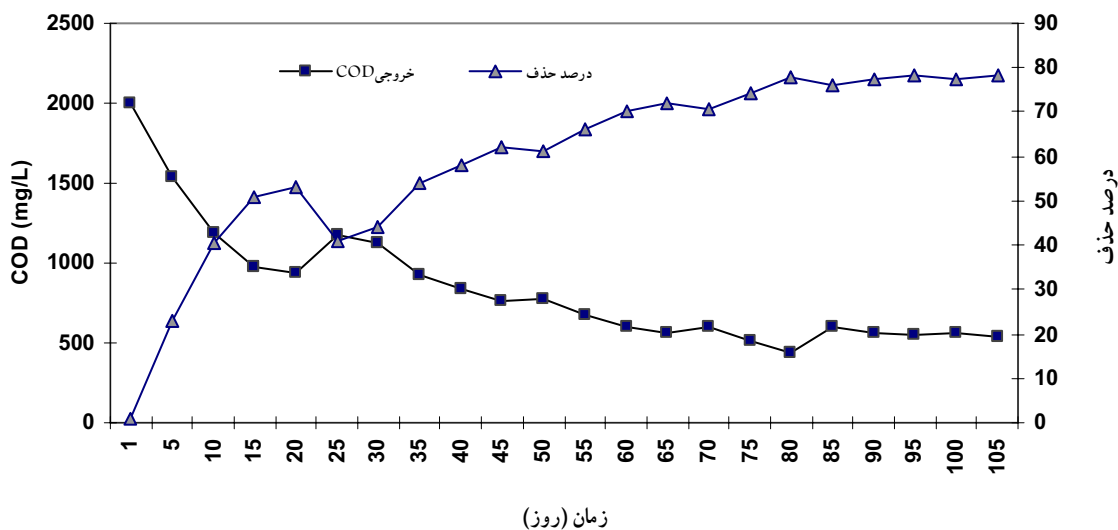
روزهای بهره‌برداری	دبی جریان (L/day)	غلظت COD (mg/L)	زمان ماند هیدرولیکی (hr)	بارگذاری آلی (kgCOD/m ³ .day)	بارگذاری راکتور (kgCOD/day)	سرعت خطی جریان (m/hr)	VSS/TSS در بدنه راکتور	راندمان حذف (درصد)
۱۱۰-۱۲۵	۹	۳۰۰۰	۲۲/۶	۳/۲	۰/۰۲۷	۰/۰۷۵	۰/۷۴	۷۸/۲
۱۲۶-۱۴۰	۱۰/۸	۳۰۰۰	۱۸/۹	۳/۸	۰/۰۳۲	۰/۰۸۹	۰/۷۴	۷۸/۲
۱۴۱-۱۵۵	۱۲/۷۵	۳۰۰۰	۱۶	۴/۵	۰/۰۳۸	۰/۱	۰/۷۵	۷۸/۴
۱۵۶-۱۶۵	۱۴/۱۶	۳۰۰۰	۱۴/۴	۵	۰/۰۴۲۵	۰/۱۲	۰/۷۵	۷۸



شکل ۱- نمودار تغییرات COD و بار آلی تا ۸۰ روز پس از شروع راه‌اندازی



شکل ۲- نمودار تغییرات COD خروجی و درصد حذف COD در مرحله راه اندازی (۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر COD ورودی)



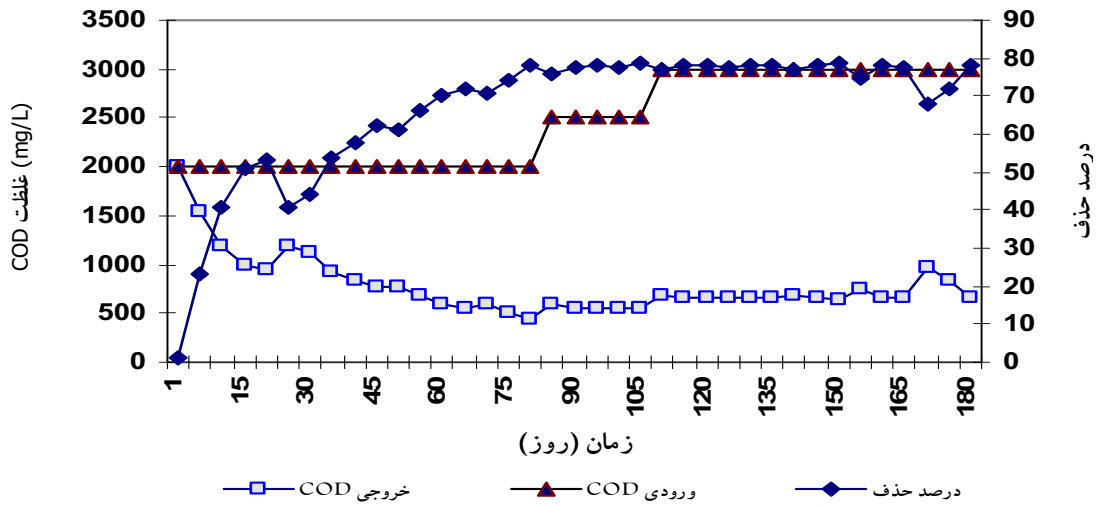
شکل ۳- نمودار تغییرات COD خروجی و کارایی حذف، تا ۱۰۵ روز پس از شروع راه اندازی (۲۵۰۰ میلی گرم در لیتر COD ورودی)

بطری شویی است، خاصیت قلیایی دارند. در مرحله بطری شویی از سود ۳ درصد و تری فسفات سدیم به منظور شستشو و گندزدایی بطریها استفاده می شود.

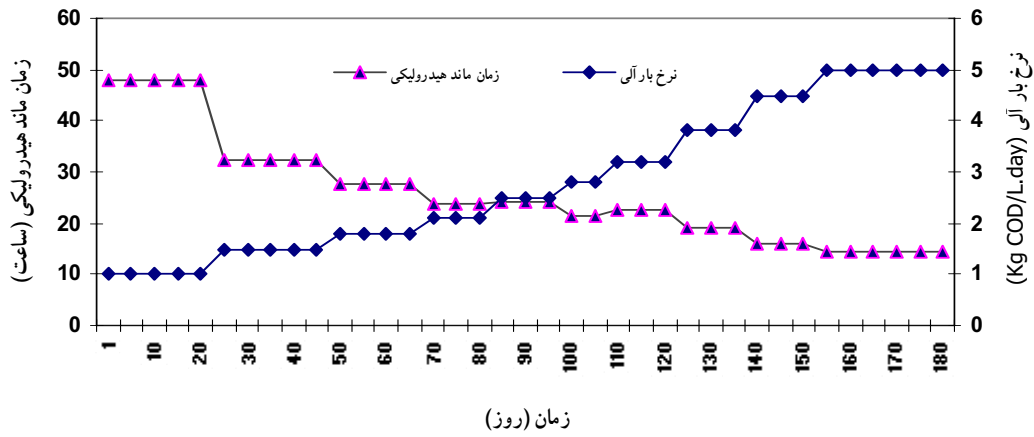
در این مرحله، pH فاضلاب به طور روزانه و به تدریج افزایش داده شد و به مرز ۱۰ رسید (شکل ۶). در ابتدا کاهش در کارایی حذف COD مشاهده شد؛ ولی به تدریج با گذشت ده روز از بهره برداری، کارایی حذف COD به حد مطلوب اولیه

همچنین استفاده از تری فسفات سدیم در مرحله بطری شویی، وارد فاضلاب می شود. شکل ۴ نمودار تغییرات COD و کارایی حذف، و شکل ۵ نمودار تغییرات COD و بارگذاری آلی را در مرحله سوم نشان می دهد.

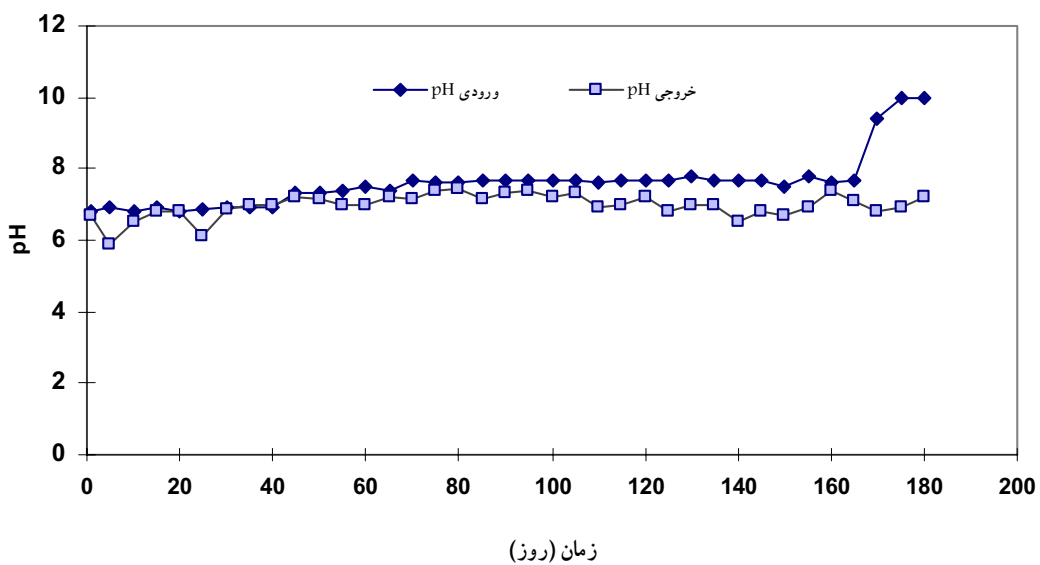
در مرحله چهارم تأثیر ورود فاضلاب با pH بالا بر کارایی راکتور مورد بررسی قرار گرفت. فاضلابهای صنایع نوشابه سازی به علت منشأ تولید آن که بیشتر حاصل از مرحله



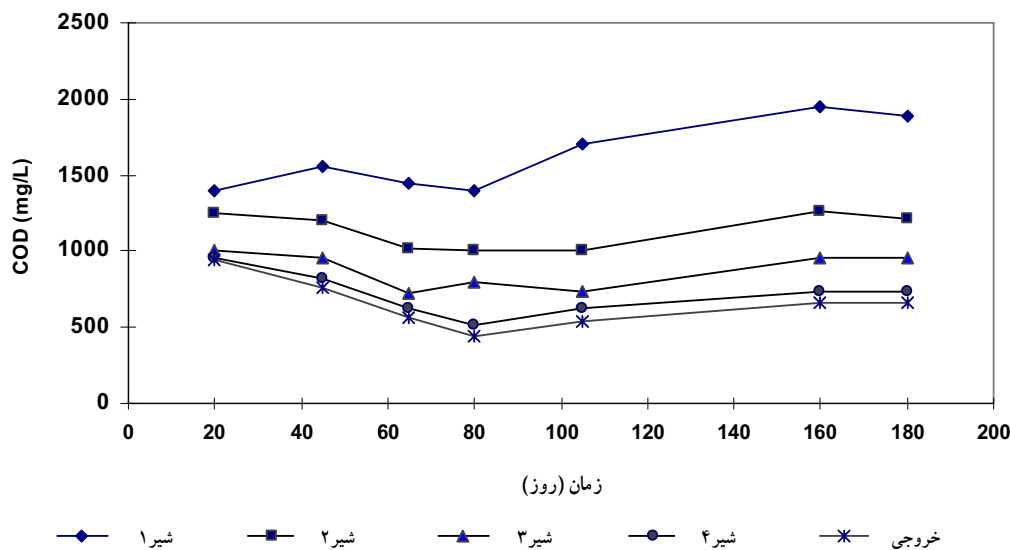
شکل ۴- نمودار تغییرات COD ورودی و خروجی و کارایی حذف در طول دوره تحقیق



شکل ۵- نمودار تغییرات بارگذاری آلی و زمان ماند هیدرولیکی در مراحل تحقیق



شکل ۶- نمودار تغییرات pH ورودی و خروجی راکتور در طول دوره تحقیق



شکل ۷- نمودار تغییرات COD خروجی در نقاط نمونه برداری در طول تحقیق

۴- نتیجه گیری

تحقیق حاضر که بر روی فاضلابهای صنایع نوشابه صورت گرفت می تواند راهگشا و الگوی استفاده از این فرآیند در تصفیه فاضلابهای این صنعت باشد. نتایج حاصل از تحقیق در زیر خلاصه شده است:

۱- استفاده از فرآیند UASB در تصفیه فاضلابهای نوشابه سازی بسیاری از هزینه های مراحل پیش- تصفیه از جمله خنثی سازی را کاهش می دهد و علاوه بر این موجب کاهش هزینه های فرآیند هوازی نهایی می شود.

۲- تحمل بار آلی در راکتورهای UASB برای فاضلابهای صنایع مختلف متفاوت است. کاربرد بار آلی $5 \text{ kg COD/m}^3 \cdot \text{day}$ در این تحقیق برای فاضلابهای صنایع نوشابه سازی کارآیی مطلوبی به همراه داشته است.

۳- کارآیی حذف COD از فاضلابهای صنعت نوشابه سازی با استفاده از فرآیند UASB در این تحقیق ۷۸ درصد می باشد.

۴- در تصفیه فاضلاب صنایع نوشابه سازی، به منظور تأمین زمان ماند کافی و سرعت بالا روی مناسب، لازم است ارتفاع راکتور حداقل ۵ متر در نظر گرفته شود.

۵- بیشتر توده لجن تشکیل شده در این تحقیق لجن لخته ای متراکم با ۷۰ درصد VSS می باشد. لخته ای شدن لجن ۸۰ روز پس از شروع راه اندازی صورت گرفت.

۶- با توجه به کمبود مواد از ته در فاضلابهای این صنایع باید از ته به طور مصنوعی به سیستم اضافه شود. در صورت تولید نوشابه های پرتقالی افزودن مواد فسفره نیز لازم است.

۷- مقدار گاز تولیدی اندازه گیری شده، $0/15$ مترمکعب به ازای هر کیلوگرم COD حذف شده می باشد.

رسید. شکل ۷ نمودار تغییرات COD خروجی در نقاط نمونه برداری در مدت تحقیق را نشان می دهد. همان گونه که مشاهده می شود، بیشترین تغییرات COD در زمانهای افزایش بار در شیر اول که در ارتفاع ۳۰ سانتیمتری راکتور قرار گرفته به چشم می خورد. این امر به علت شوک وارد شده به آن ناحیه است. این شکل نشان می دهد که بیشترین تأثیر شوک وارده به راکتور را ناحیه بستر لجن تحمل می کند. سرعت حذف مواد آلی در یک فرآیند بی هوازی، تحت تأثیر دو پارامتر فعالیت بیومس و غلظت آن مواد می باشد.

دستیابی به غلظت بالایی از لجن، افزایش فعالیت آن را به دنبال خواهد داشت. تغییرات غلظت لجن در چهار شیر نمونه برداری در بدنه راکتور، نشان می دهد که گرادیان غلظت در ارتفاع راکتور در دوره های دوم و سوم نزدیک به یکدیگرند، اما در نسبت VSS/TSS تغییری مشاهده می شود. با افزایش متان زایی، اختلاط بیشتری در راکتور ایجاد شده و در مراحل بعدی تغییرات غلظت در نقاط نمونه برداری بیشتر شده است. مقدار گاز تولید شده در این تحقیق، $0/15$ مترمکعب به ازای هر کیلوگرم COD حذف شده، اندازه گیری شد که کمتر از مقدار نظری آن ($0/35 \text{ m}^3/\text{kg COD}_{\text{removal}}$) می باشد و یکی از دلایل این کاهش، نقص در سیستم اندازه گیری گاز و دقت پایین آن می باشد [۴].

درصد متان بیوگاز اندازه گیری نشده است؛ اما به منظور حذف مقداری از CO_2 تولیدی در دستگاه اندازه گیری گاز، از محلول سود ۲ نرمال استفاده شده است.

۵- مراجع

- ۱- یاری اسماعیل ترخانی، ا. ر. (۱۳۷۸). کاربرد فرآیند بی‌هوازی بستر لجن با جریان رو به بالا (UASB) در تصفیه فاضلاب صنعت نوشابه‌سازی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۲- امین شهرضا، م. م. (۱۳۷۵). کاربرد فرآیند UASB برای کاهش بار آلودگی فاضلاب کشتارگاه اصفهان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان.
- 3- Lettinga, G., Hulshoff, L. W. (1991). "UASB Process Design for Various Type of Wastewater." *J. Wat. Sci. Tech.*, 24 (8), 87-107.
- 4-Fang, H. P., Herbert, L., Gorhua, Z. J. (1990). "Treatment of Berewery Effluent by UASB Process." *J. Environ. Eng.*, 116 (3), 454 - 461.
- ۵- ندافی، ک. (۱۳۷۳). بررسی عملکرد راکتورهای دو مرحله‌ای بی‌هوازی با بستر لجن و جریان رو به بالا و هوازی با بستر ثابت، پایان نامه دکترا، دانشگاه تربیت مدرس.
- 6- Carter, J.L., Bills, R., and Younger, B. (1992). "Using Anaerobic Filter to Treat Soft Drink Bottling Wastewater." *J. Water Environ. & Techno.*, 4(6), 66-69.