امکان‌پذیری راه اندازی راکتور بافل‌دار بی‌هوازی (ABR) در تصفیه فاضلاب صنعت نشاسته‌سازی

علی اسدی [۱] حسین موحدیان [۲] عبدالرحیم پرورش [۲]

(دریافت ۸۵/۶/۱ پذیرش ۸۵/۱۲/۲)

چکیده

راکتور بافل‌دار بی‌هوازی (ABR) فرآیندی شامل اتاقکهای مجزای بافل‌دار است که برای راهبری نیازی به تشکیل گرانول ندارد، از اینرو، دوره راه‌اندازی آن کوتاه است. در این تحقیق امکان‌پذیری کاربرد فرآیند ABR برای تصفیه فاضلاب صنعت نشاسته‌سازی با آرد گندم مورد بررسی قرار گرفت. فاضلاب نشاسته‌سازی بعد از حذف مواد معلق توسط ته‌نشینی ثقلی ساده به عنوان ورودی استفاده شد. راه‌اندازی راکتور (حجم ۱۳/۵ لیتر و پنج اتاقک) با رقیق‌سازی COD ورودی تا ۴۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در مدت زمان ۹ هفته با استفاده از لجن بذردهی حاصل از هاضم بی‌هوازی تصفیه‌خانه فاضلاب انجام شد. راکتور در زمان ماند هیدرولیکی (HRT) برابر با ۷۲ ساعت در ۳۵°C و بارگذاری آلی اولیه ۱/۲ kgCOD/m^3.d ، موفق به حذف COD تا حدود ۶۱ درصد شد. بهترین عملکرد راکتور در بارگذاری آلی ۲/۵ kgCOD/m^3.d و در زمان ماند هیدرولیکی ۲/۴۵ روز با ۶۷ درصد تبدیل COD کسب گردید. مزیت اصلی کاربرد ABR ناشی از ساختار اتاقک‌بندی شده آن می‌باشد. اتاقک اول ABR ممکن است به عنوان یک منطقه بافری در برابر مواد سمی و بازدارنده عمل کند و بنابراین اجازه می‌دهد بقیه اتاقکها با مواد به نسبت بی‌ضرر، یکنواخت شده و ورودی اسیدی‌تر بارگذاری شود. به عبارت دیگر، اتاقکهای بعدی برای حمایت جمعیتهای فعال باکتری‌های حساس متان‌ساز مناسب‌تر خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: راکتور بافل‌دار بی هوازی (ABR) ، فاضلاب نشاسته سازی ، حذف COD ، بار گذاری آلی.

Feasibility of an Anaerobic Baffled Reactor (ABR) In Treating Starch Industry Wastewater

Ali Assadi [1] Hossien Movahedyan [2] Abdolrahim Parvaresh [2]

(Received Aug. 23, 2006 Accepted Feb. 21, 2007)

Abstract

The anaerobic baffled reactor (ABR) includes a mixed anaerobic culture separated into compartments and a novel process with a series of vertical baffles at each compartment. It dose not require granulation for its operation, resulting in shorter start-up time. In this study, the feasibility of the ABR process was investigated for the treatment of wheat flour starch wastewater. Simple gravity settling was used to remove suspended solids from the starch wastewater and used as feed. Start-up of a reactor (13.5L with five compartments) using a diluted feed of approximately 4500 mg/L chemical oxygen demand (COD) was accomplished in about 9 weeks using seed sludge from the anaerobic digester of a municipal wastewater treatment plant. The reactor with a hydraulic retention time (HRT) of 72 h at 35°C and an initial organic loading rate (OLR) of 1.2 kgCOD/m^3.d showed a removal efficiency of 61% COD. The best reactor performance was observed with an organic loading rate of 2.5 kgCOD/m^3.d (or hydraulic retention time of 2.45 d) when a COD conversion of 67% was

۱- عضو هیئت علمی گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زنجان، assadi57@yahoo.com

۲- دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان

1-Faculty Member, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Zanjan University of Medical Sciences, assadi57@yahoo.com

2-Assoc. Prof. of Environmental Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences

Archive of SID

www.SID.ir

achieved. The main advantage of using an ABR comes from its compartmentalized structure. The first compartment of an ABR may act as a buffer zone to all toxic and inhibitory materials in the feed and, thus, allows the later compartments to be loaded with a relatively harmless, more uniform, and mostly acidified influent. In this respect, the later compartments would be more likely to support active populations of the relatively sensitive methanogenic bacteria.

Keywords: Anaerobic Baffled Reactor (ABR), Starch Wastewater, COD Removal, Organic Loading.

۱- مقدمه

در بیست سال گذشته به دلیل افزایش استانداردهای سخت‌گیرانه تخلیه فاضلاب به محیط زیست که توسط سازمانهای ملی و بین‌المللی تعیین شده است، کاربرد سیستم‌های کارآتر برای تصفیه فاضلاب افزایش یافته است. فرآیندهای بی‌هوازی به ویژه برای تصفیه فاضلابهای خیلی قوی در چند سال اخیر ثابت کرده است که استفاده از آنها گزینه بهتری برای تصفیه نسبت به فرآیندهای هوازی است [۱-۳]. افزایش کاربرد سیستم‌های بی‌هوازی مربوط به توسعه راکتورهایی با میزان بارگذاری بالا بوده است که قادر به تفکیک زمان ماند هیدرولیکی (HRT) از زمان ماند سلولی (SRT) هستند. این جداسازی اجازه می‌دهد که میکروارگانیسم‌های بی‌هوازی با رشد نسبتاً کُند در درون سیستم، مستقل از جریان فاضلاب باقی بمانند. این کار باعث افزایش بارگذاری حجمی می‌شود و راندمانهای حذف نسبتاً چشمگیری به دست می‌آید [۴ و ۵].

برخلاف فاضلاب شهری، مشکلات زیادی در تصفیه پسابهای صنعتی وجود دارد. زیرا پسابهای صنعتی با نوسانات جریان و غلظت فاضلاب روزانه و گاهی اوقات فصلی مواجه‌اند [۶]. مشخصات فاضلابهای صنعتی به ویژه فاضلاب حاصل از فرآوری مواد غذایی متغیر می‌باشد. مقادیر COD بین ۱۰۰-۱۰۰،۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و جامدات معلق از مقادیر کم تا بیش از ۱۲۰،۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌رسد. بعلاوه فاضلاب ممکن است به شدت قلیایی یا اسیدی باشد. معمولاً فاضلاب حاصل از فرآوری مواد غذایی، حاوی مواد آلی (در حالت محلول و یا کلوئیدی) در غلظتهای مختلف می‌باشد. بنابراین با توجه به متغیرهای مذکور، انواع فرآیندهای تصفیه بیولوژیکی فاضلاب مورد نیاز است [۷].

نشاسته یک محصول مهم غذایی در تمام نقاط دنیاست. فرآیند استخراج نشاسته از آرد شامل پیش فرآوری آرد، استخراج نشاسته، جداسازی و خشک‌سازی است. فاضلاب صنعت فرآوری نشاسته بخش مهمی از فاضلاب صنایع غذایی می‌باشد. این فرآیند باعث تولید حجم فاضلابی برابر ۲۰ تا ۶۰ مترمکعب در هر تُن محصول می‌شود. این فاضلاب مشکلات بسیار جدی در ارتباط با آلودگی آب و محیط زیست به همراه دارد. فاضلاب صنعت نشاسته دارای مواد آلی بالا با COD بیش از ۲۵۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و pH اسیدی بین ۳/۸ تا ۵/۲ می‌باشد. مقدار جامدات معلق این صنعت نیز بالای ۴۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر است. در نتیجه ، فرآیندهای بی هوازی با بارگذاری بالا به عنوان گزینه مناسب برای تصفیه فاضلاب صنعت فرآوری نشاسته پیشنهاد شده است [۸].

در حال حاضر، در فرآیندهای تصفیه بی‌هوازی با بارگذاری بالا از بیوفیلم‌ها و بیوفلوک‌ها برای تصفیه فاضلابهای صنایع آبجوسازی، شکلات، چوب، کاغذ و فرآوری نشاسته و شکر استفاده می‌شود. یکی از سیستم‌های بی‌هوازی با بارگذاری بالا، راکتور بافل‌دار بی‌هوازی (ABR) است که اولین بار در دانشگاه استانفورد ایالات متحده توسعه داده شد [۴و۹]. راکتور ABR به عنوان یک سری راکتورهای کوچک UASB تعریف می‌شوند که برای راهبری‌شان نیازی به گرانول‌سازی ندارند. این طرح شامل یک سری بافل‌های عمودی است که فاضلاب از زیر و روی آن جریان می‌یابد تا به خروجی برسد. باکتری‌های داخل راکتور به دلیل ویژگیهای جریان و تولید گاز در هر محفظه، در حال صعود و فرود هستند. اما در میزان نسبتاً کم به طور افقی در زمان ماند سلولی ۱۰۰ روز و زمان ماند هیدرولیکی ۲۰ ساعت حرکت می‌کنند. بنابراین فاضلاب امکان تماس بسیار عالی با مقدار زیاد بیومس فعال را داراست [۵ و ۱۰]. به نظر می‌رسد ABR گزینه مناسب برای جاهایی باشد که فاضلاب به طور متناوب به سیستم وارد می‌شود و نگهداری و راهبری کمّی مورد نیاز است [۶]. از جمله مهم‌ترین مزایا و ویژگیهای این راکتورها می‌توان به پایین بودن HRT و در نتیجه حجم کمتر، زیاد بودن SRT، پایداری نسبت به بارهای ناگهانی هیدرولیکی و آلی، احتیاج نداشتن به دستگاههای جداساز گاز و جامد، توانایی تفکیک فازهای اسیدزایی و متان‌زایی، عدم نیاز به تجهیزات مکانیکی پیچیده و هزینه ساخت و راهبری پایین و غیره اشاره کرد [۴، ۱۱ و ۱۲].

جداسازی فازهای اسیدزایی و متان‌زایی سبب افزایش حفاظت در برابر مواد سمی و مقاومت بیشتر در مقابل تغییرات پارامترهای محیطی نظیر pH، دما و بارگذاری آلی می‌شود [۱۳]. الگوی جریان هیدرولیکی مطلوب، خروج بسیار کم بیومس از راکتور ABR و

Archive of SID

www.SID.ir

پایداری pH و غلظت هیدروژن در اتاقکهای انتهایی نیز حایز اهمیت هستند [۱۴ و ۱۵].

اگرچه طرحهای بی‌هوازی زیادی با بارگذاری بالا توسعه داده شده‌اند، فرآیند ABR به طور گسترده در تصفیه فاضلاب سینتتیک دباغی حاوی سولفات و کروم (III) [۱۶]، فاضلاب حاوی رنگهای آزو [۱۷]، فضولات حیوانی [۱۸]، فاضلاب خروجی واحدهای روغن زیتون گیری [۱۹]، فاضلاب صنایع داروسازی [۴]، فاضلاب حاوی سولفات [۱۱]، پساب خروجی از واحدهای چوب و کاغذ [۲۰]، فاضلابهای حاوی نیتروژن [۲۱]، شیرابه محل دفن [۱۵] و همچنین فاضلابهای شهری [۴] استفاده گردیده است. بنابراین هدف این مطالعه ارزیابی کارآیی راکتور ABR برای تصفیه فاضلاب نشاسته‌سازی می‌باشد.

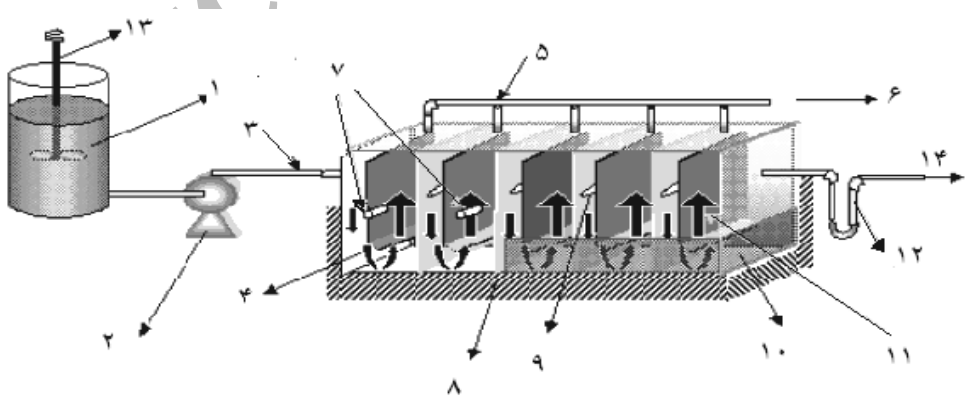
۲- مواد و روشها

سیستم ABR با حجم مؤثر ۱۳/۵ لیتر با ابعاد خارجی طول ۵۳ سانتی‌متر، عرض ۱۶ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر، از جنس پلکسی گلاس به ضخامت ۶ میلی‌متر ساخته شد که دارای پنج اتاقک یکسان بافل‌دار بود (شکل ۱). هر اتاقک دارای یک بافل و سرریز بود که باعث الگوی جریان بالارونده و پایین رونده می‌شد. عرض بخش بالا رونده ۲/۶ برابر بخش پایین رونده بود. بافل‌های آویزان به فاصله ۳ سانتی‌متر از کف و برای توزیع یکنواخت با زاویه ۴۵ درجه نصب شد. نقاط نمونه‌برداری برای تعیین کیفیت پساب خروجی از هر اتاقک در زیر سرریز آن در نظر گرفته شد. دمای راهبری راکتور با استفاده از حمام بخار مجهز به ترموستات و ترموکوپل در محدوده مزوفیلیک ۰/۵± ۳۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری می‌شد. میزان جریان ورودی به راکتور نیز با استفاده از پمپ (Master flux L/s) به صورت دقیق و پیوسته تنظیم می‌شد.

فاضلاب صنعت نشاسته‌سازی از یک شرکت نشاسته‌سازی در اصفهان به صورت دوره‌ای تهیه می‌گردید. فاضلاب نشاسته‌سازی بعد از حذف جامدات معلق توسط ته‌نشینی ثقلی ساده به عنوان ورودی استفاده شد. غلظتهای دلخواه COD ورودی با افزودن آب آشامیدنی شهری به مایع رویی فاضلاب به دست می‌آمد و سپس با کمک NaOH و $NaHCO_3$ برای تنظیم pH و قلیائیت اقدام می‌گردید و فرآیند خنثی‌سازی اجرا می‌شد. برای تأمین مواد مغذی نسبت COD/N/P در طی دوره راه‌اندازی و راهبری پایدار راکتور به ترتیب ۳۰۰/۵/۱ و ۶۰۰/۵/۱ با استفاده از NH_4Cl و K_2HPO_4 نگه داشته شد [۸].

راکتور با لجن هاضم بی‌هوازی تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب اصفهان بذرافشانی شد. لجن ابتدا برای حذف هر گونه زائدات درشت از الک با سوراخ ۲ میلی‌متر عبور داده شد و سپس ۵۰ درصد حجم اتاقکها با این لجن پر گردید. مقادیر TSS و VSS لجن به ترتیب ۳۰۹۸۰ میلی‌گرم بر لیتر و ۲۰۸۸۰ میلی‌گرم بر لیتر بود. باقیمانده حجم مفید راکتور با آب شیر پر گردید.

گاز تولید شده از طریق سیستم جمع‌آوری گاز در بالای هر محفظه جمع‌آوری شده و حجم گاز با استفاده از روش جابه‌جایی آب-گاز معین می‌شد. اندازه‌گیری و پایش شامل اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD)، کل جامدات معلق (TSS)، جامدات معلق فرّار (VSS)، قلیائیت، pH و دما مطابق روشهای استاندارد انجام گردید [۲۲]. برای اطمینان از دقت آزمایش درصدی از نمونه‌ها و محلولهای استاندارد سه بار آزمایش شد و ضریب تغییرات در مورد آزمایش COD نیز کمتر از مقدار پیشنهاد شده در کتاب استاندارد متد لحاظ شد.



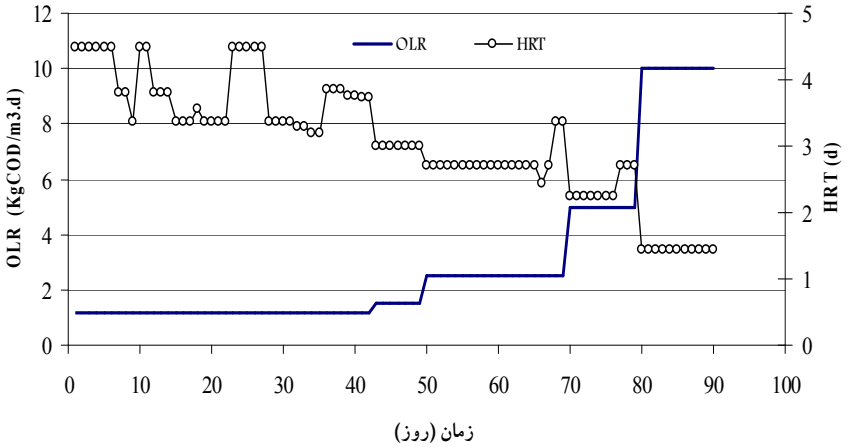
شکل ۱- تصویر شماتیکی راکتور بافل‌دار بی هوازی

۱- مخزن تغذیه؛ ۲- پمپ؛ ۳- ورودی؛ ۴- مسیر جریان؛ ۵- جمع آوری گاز؛ ۶- بیوگاز؛ ۷- نقاط نمونه برداری؛ ۸- حمام آب؛ ۹- سرریز؛ ۱۰ - بستر لجن؛ ۱۱- جریان بالا رونده؛ ۱۲- سیفون؛ ۱۳- همزن؛ ۱۴- پساب

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱- مشخصات فاضلاب نشاسته سازی با آرد گندم

پارامتر	فاضلاب خام	مایع رویی فاضلاب
COD (میلی‌گرم بر لیتر)	۱۶۲۰۰-۲۶۵۰۰	۱۲۰۰۰-۲۰۳۷۵
TSS(میلی‌گرم بر لیتر)	۹۴۴۰ – ۱۱۹۴۰	۳۹۲ – ۶۶۶
VSS (میلی‌گرم بر لیتر)	۸۹۳۰ – ۱۱۱۰۰	۳۷۲ – ۵۸۸
pH	۳/۵ – ۴/۲	۳/۵ – ۴/۲
TKN (میلی‌گرم بر لیتر)	-	۵۰ - ۱۰۰
ارتوفسفات (میلی‌گرم بر لیتر بر حسب P)	-	۲۵ - ۳۵



شکل ۲-مقدار بارگذاری آلی (OLR) و زمان ماند هیدرولیکی (HRT) در طی راهبری راکتور

۳- نتایج و بحث

فاضلاب صنعت نشاسته‌سازی دارای pH پایین، جامدات معلق و COD بالا می‌باشد. جدول ۱، مشخصات فاضلاب نشاسته‌سازی با آرد گندم را ارائه کرده است. به منظور راه‌اندازی سیستم، ابتدا راکتور ABR به مدت دو هفته برای آشنایی و سازگاری لجن با فاضلاب به شکل ناپیوسته راهبری گردید. غلظت VSS در هنگام راه‌اندازی ۱۰۴۴۰ میلی‌گرم بر لیتر و نسبت VSS/TSS برابر با ۰/۶۷ بود.

سپس راکتور به مدت ۴۲ روز با بارگذاری آلی اولیه ۱/۲ $kgCOD/m^3.d$ در زمان ماند هیدرولیکی ۳/۲ تا ۴/۵ روز به صورت پیوسته راه‌اندازی گردید. شکل ۲، مقدار بارگذاری آلی و زمان ماند هیدرولیکی به کار رفته در طی راهبری راکتور را نشان می‌دهد. میزان حذف COD در دوره راه‌اندازی با زمان ماند هیدرولیکی سه روز در بار آلی ۱/۵ $kgCOD/m^3.d$ به بیش از ۶۱ درصد رسید. در این مرحله غلظت COD ورودی در محدوده ۴۲۲۵ تا ۵۹۷۵ میلی‌گرم بر لیتر و دارای میانگین و انحراف معیار ۶۰۰ ± ۴۲۲۵ میلی‌گرم بر لیتر بود. جدول ۲، دامنه تغییرات و میانگین COD ورودی به سیستم در بارگذاریهای مختلف را نشان می‌دهد. هنگامی که تغییرات زیادی در COD خروجی از راکتور مشاهده نگردید، بارگذاری آلی ورودی به سیستم به شکل پله‌ای افزایش داده شد؛ زیرا سیستم ABR برای راه اندازی نیازی به تشکیل گرانول ندارد. در ادامه راکتور به مدت ۴۰ روز در معرض بارگذاریهای آلی بیشتر، یعنی ۲/۵ $kgCOD/m^3.d$ و ۵، ۱۰ با زمانهای ماند هیدرولیکی در محدوده ۱/۴۳ تا ۲/۴۵ روز قرار گرفت. بهترین عملکرد راکتور در بارگذاری آلی $kgCOD/m^3.d$ ۲/۵ و در زمان ماند هیدرولیکی ۲/۴۵ روز با ۶۷ درصد تبدیل COD کسب گردید. میانگین و انحراف معیار COD ورودی در این مقطع برابر با ۱۳۰ ± ۶۷۲۰ میلی‌گرم بر لیتر و مقدار COD اعمال شده ورودی در محدوده ۶۸۷۵-۶۵۲۵ میلی‌گرم بر لیتر بود.

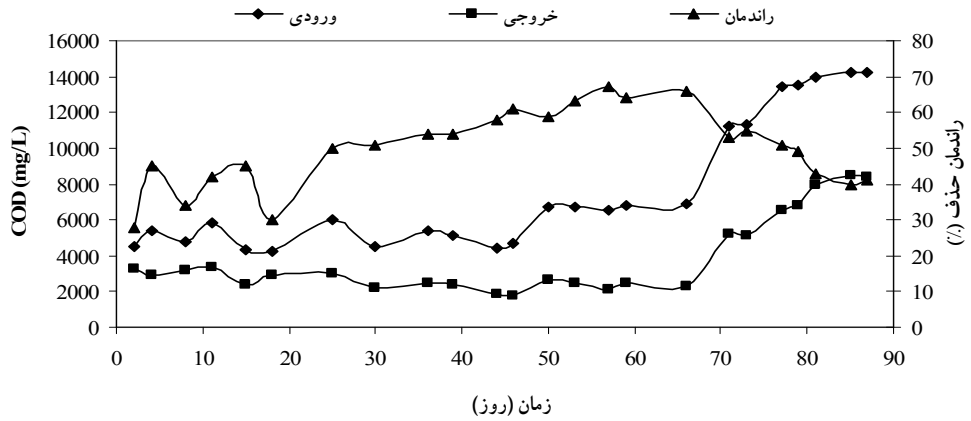
در میزان بار گذاری آلی ۱۰ $kgCOD/m^3.d$، کارآیی سیستم در حذف فاضلاب نشاسته‌سازی بدون عملیات رقیق‌سازی ورودی به حدود ۴۰ درصد کاهش یافت. شکل ۳، راندمان حذف COD در طی دوره راهبری راکتور ABR را نشان می‌دهد. همان طور که مشاهده می‌شود، راندمان حذف با گذشت زمان افزایش می‌یابد ولی از حد خاصی فراتر نمی‌رود؛ زیرا در مورد فاضلابهای قوی با بار آلی بالا مقادیر زیادی CO_2 و اسیدهای چرب فرّار با زنجیره‌ای طولانی از عملیات تجزیه در مرحله هیدرولیز و اسید زایی تولید

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- دامنه تغییرات و میانگین COD ورودی در بارگذاریهای مختلف

بار گذاری آلی (OLR) $KgCOD/m^3.d$	محدوده COD ورودی (میلی‌گرم بر لیتر)	میانگین و انحراف معیار (میلی‌گرم بر لیتر)	راندمان حذف (درصد)	زمان (روز)
۱/۲-۱/۵	۴۲۲۵-۵۹۷۵	۴۹۳۰ ± ۶۰۰	۶۱	۴۹
۲/۵	۶۵۲۵-۶۸۷۵	۶۷۲۰ ± ۱۳۰	۶۷	۲۰
۵	۱۱۲۵۰-۱۳۵۰۰	۱۲۳۶۸ ± ۱۲۶۳	۵۵	۱۰
۱۰	۱۴۰۰۰-۱۴۳۰۰	۱۴۱۸۳ ± ۱۶۰	۴۰	۱۰



شکل۳- کارآیی راکتور در حذف COD طی دوره راهبری راکتور

می‌شوند که باعث باز دارندگی رشد فعالیت جمعیت متان سازها در راکتور می‌شود[۱۲].

مطالعه‌ای در سال ۲۰۰۰ با راکتور UASB در مورد تصفیه فاضلاب صنعت نشاسته‌سازی با کاربرد پیش ته‌نشینی ثقلی انجام شده است. نتایج به دست آمده نشان داده است که در بارگذاری $KgCOD/m^3.d$ ۱۶-۱۰ بیش از ۹۵ درصد COD حذف شده [۸]. علت این راندمان بالا در مقایسه با نتایج این مطالعه، کاربرد لجن گرانوله و سرعت جریان رو به بالای بسیار کم، یعنی ۰/۲۴ متر بر ساعت می‌باشد. زیرا فاضلاب صنعت نشاسته‌سازی سریعاً تجزیه شده و با تولید محصولات واسطه باعث کاهش pH می‌شود که در این حالت لجن گرانوله، تغییرات محیطی را بهتر از لجن فلوکوله سیستم ABR تحمل می‌نماید.

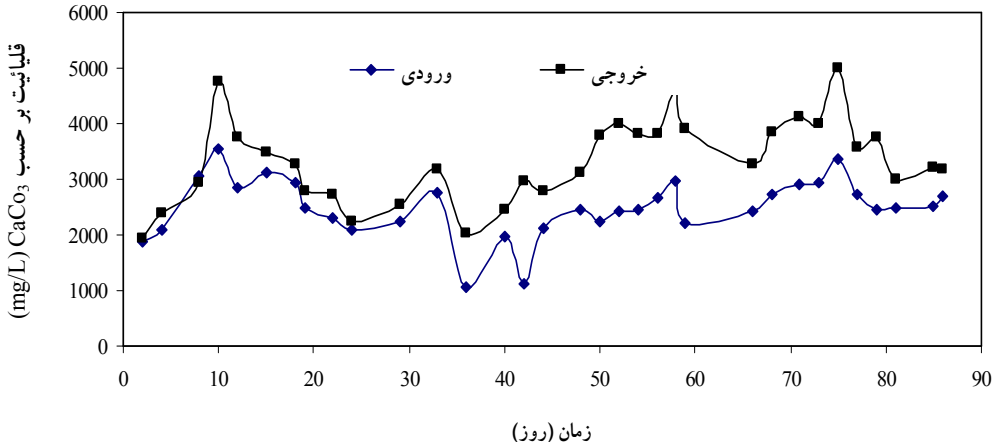
در مطالعه دیگری امکان‌پذیری فرآیند UASB برای تصفیه فاضلاب حاوی نشاسته در صنعت فرآوری سیب زمینی انجام شده است. نتایج نشان می‌دهد که در بارگذاری $KgCOD/m^3.d$ ۱۴، راندمان تصفیه بر اساس COD کل، ۶۳ درصد می‌باشد[۲۳]. زیرا کمیت و کیفیت فاضلاب حاصل از صنایع نشاسته‌سازی، شرایط راهبری و نوع طرح بیوراکتورهای بی‌هوازی نقش مهمی در کسب راندمان قابل قبول دارد. دلیل دیگر کاهش کارآیی در تصفیه بیولوژیکی فاضلاب صنعت نشاسته‌سازی تشکیل رسوب منیزیم آمونیوم فسفات ($MgNH_4PO_4.6H_2O$) می‌باشد. میزان رسوب به غلظت عناصر، pH، دما و اختلاط بستگی دارد[۲۴]. به هر حال به غیر از نقاط ضعف راکتور ABR، کاربرد این سیستم نشان می‌دهد که به علت فراهم آوردن شرایط یکنواخت‌سازی و تنظیم pH، گزینه‌ای مناسب برای پیش تصفیه فاضلابهایی با خصوصیات مشابه در این مطالعه برای سایر راکتورهای بی‌هوازی و هوازی می‌باشد.

میزان قلیائیت ورودی بعد از تنظیم pH خنثی در حدود ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌شد، در حالی که قلیائیت پساب همیشه بین ۲۰۰۰ تا ۵۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بود. افزایش قلیائیت پساب ناشی از تشکیل HCO_3^- به دلیل واکنش بین OH^- و CO_2، تولید شده در طی تجزیه بی‌هوازی می‌باشد[۸]. شکل ۴، تغییرات قلیائیت ورودی و خروجی از راکتور را به طور واضح ارائه کرده است. بر مبنای مشاهدات حاصل از این مطالعه، میزان pH در دو اتاقک اول، کاهش و در اتاقکهای بعدی، افزایش می‌یافت. فعالیت باکتری‌های اسیدزا و تولید اسیدهای چرب فرّار و CO_2، مقدار pH را کاهش می‌دهد ولی در اتاقکهای انتهایی به دلیل تثبیت و تبدیل محصولات میانی به متان و فعالیت باکتری‌های متان‌زا، مقدار pH افزایش می‌یابد. شکل ۵، نیمرخ تغییرات pH در هنگام راهبری راکتور را نشان می‌دهد.

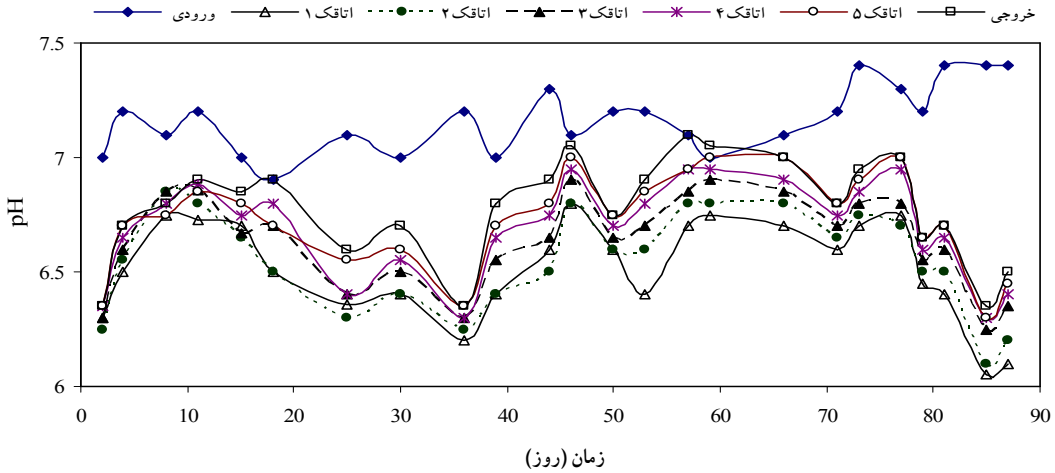
Archive of SID

www.SID.ir

تعیین نسبت VSS/TSS یک رابطه کلی برای رشد بیومس و کیفیت آن ارائه می‌دهد. این نسبت در ابتدای کار ۰/۶۷ بود، ولی با گذشت زمان و افزایش بارگذاری آلی این نسبت سیر صعودی داشته و به ۰/۷۷ رسید. در بارگذاری ۱۰ $kgCOD/m^3.d$ این نسبت تا ۰/۷۳ تنزل یافت. این امر نشان می‌دهد که سرعت رشد بیومس در بارگذاریهای بالا محدود می‌شود. تغییرات نسبت VSS/TSS از آغاز دوره راه‌اندازی تا مراحل نهایی در جدول ۳، ارائه شده است. فرار لجن از داخل راکتور در طی دوره راهبری بسیار کم بود و با افزایش میزان بارگذاری آلی مقدار خروج لجن از سیستم افزایش می‌یافت. مقدار TSS خروجی از سیستم، طی دوره راهبری



شکل ۴- قلیائیت ورودی و خروجی در طی دوره راهبری راکتور



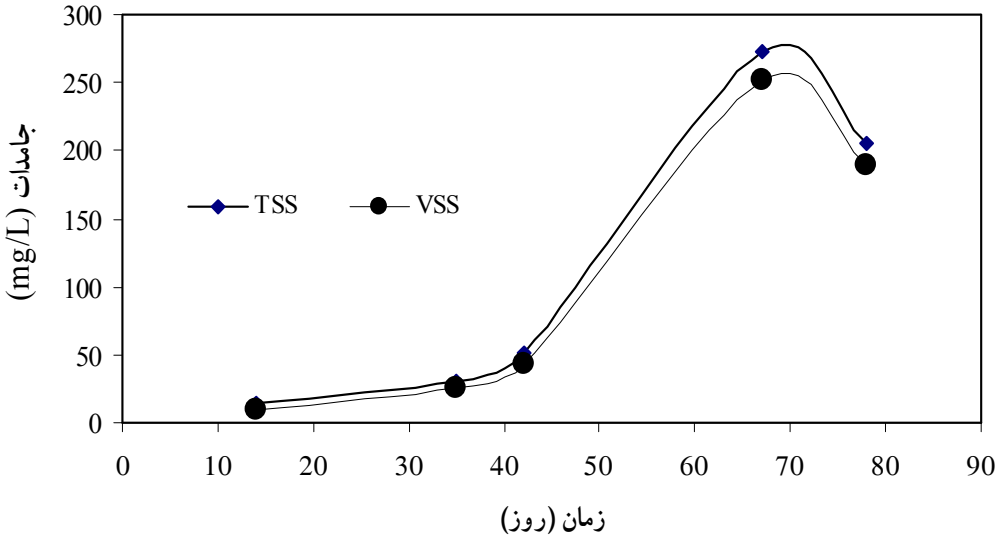
شکل ۵- نیمرخ تغییرات pH در امتداد راکتور

جدول ۳- مشخصات لجن تلقیح شده و لجن داخل راکتور

زمان (روز)	VSS (میلی‌گرم بر لیتر)	TSS (میلی‌گرم بر لیتر)	VSS/TSS
۰*	۲۰۸۸۰	۳۰۹۸۰	۰/۶۷
۱۵	۱۱۰۱۵	۱۹۶۸۵	۰/۵۶
۳۵	۱۵۵۸۲	۲۰۱۰۶	۰/۷۷۴
۴۲	۱۵۳۵۴	۱۹۹۴۰	۰/۷۷
۶۷	۱۵۹۳۰	۲۰۹۶۰	۰/۷۶
۷۸	۱۶۶۷۲	۲۲۸۴۰	۰/۷۳

لجن تلقیح شده در ۵۰ درصد حجم راکتور*

www.SID.ir



شکل۶- تغییرات TSSو VSS در پساب راکتور در طی دوره راهبری

در محدوده ۱۴ تا ۲۷۰ میلی‌گرم بر لیتر بود. شکل ۶، غلظتهای TSS و VSS اندازه‌گیری شده در پساب خروجی راکتور را نشان می‌دهد. این امر، پایداری سیستم ABR در برابر بارهای آلی و هیدرولیکی متغیر را نشان می‌دهد. داده‌های گزارش شده در این مقاله با غلظتهای متغیر COD ورودی و زمان ماند هیدرولیکی متغیر انجام شده است.

۴- نتیجه گیری

عملکرد بهینه راکتور بافل‌دار بی‌هوازی (ABR) ارتباط زیادی به میزان موفقیت در ایجاد لجن فلوکوله شده با کمیت و کیفیت میکروبی بالا و سازگاری با فاضلاب ورودی در مرحله راه‌اندازی راکتور دارد. در مقایسه با سایر راکتورهای بی‌هوازی با سرعت بالا، راه‌اندازی فرآیند ABR به علت عدم نیاز به تشکیل گرانول و بیوفیلم در مدت زمان کوتاه‌تری انجام می‌گیرد. بنابراین توانایی کاربرد در تصفیه فاضلابهای صنعتی که از لحاظ میزان جریان و بار آلودگی متنوع هستند را دارد.

این مطالعه امکان‌پذیری فرآیند ABR برای تصفیه فاضلاب صنعت نشاسته‌سازی با آرد گندم بعد از حذف جامدات معلق توسط ته‌نشینی ثقلی ساده را نشان داد. راه‌اندازی راکتور در دوره زمانی ۹ هفته با لجن حاصل از هاضم بی‌هوازی تصفیه‌خانه فاضلاب شهری انجام شد و حذف COD حدود ۶۱ درصد در بارگذاری آلی $1/5\ kg\ COD/m^3.d$ به دست آمد. بالاترین راندمان تبدیل COD با این فرآیند در بارگذاری آلی $2/5\ kg\ COD/m^3.d$ با ۶۷ درصد حذف کسب گردید. در بارگذاریهای بالاتر، درصد حذف COD روند تنزلی داشت. زیرا در فاضلاب صنایع غذایی نظیر صنعت نشاسته‌سازی در بارهای آلی بالا مقادیر زیادی CO_2 و اسیدهای چرب فرّار (VFAs)تولید می‌شوند که باعث بازدارندگی در جمعیت باکتری‌های متان‌ساز می‌شوند. در این راکتور بیشترین میزان حذف COD در اتاقک اول اتفاق می‌افتد. در اتاقکهای جلویی راکتور مقدار pH (به دلیل تجمع باکتری‌های اسیدساز و تولید اسیدهای چرب فرّار) کاهش می‌یابد. اما در اتاقکهای بعدی با مصرف محصولات واسطهٔ تولید شده، pH به حالت خنثی نزدیک می‌شود که این امر بیانگر جداسازی فازهای اسید زایی و متان‌زایی در طول فرآیند راکتور می‌باشد. به دلیل اسیدی شدن سریع فاضلاب نشاسته‌سازی در اتاقک اول کنترل قلیائیت سیستم یک پارامتر بحرانی است. زمان ماند هیدرولیکی (HRT) بالا و غلظتهای کمتر سوبسترای ورودی، پایداری سیستم را افزایش می‌دهد.

۵- قدردانی

بدین وسیله از همکاری و هماهنگی معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان در تأمین مالی این بررسی و از مدیریت شرکت نشاسته آردینه اصفهان برای کمک به تکمیل این پروژه سپاسگزاری می‌گردد.

Archive of SID

www.SID.ir

۶- مراجع

1- Langenhoff, A.M., and Stuckey, D. C. (2000). "Treatment of dilute wastewater using an anaerobic baffled reactor: Effect of low temperature." *Water Research,* 34 (15), 3867-3875.

2- Rittmann, B .E., and McCarty, P.L. (2001). *Environmental biotechnology*, 1st Ed., Mc-Graw Hill.

3- Akunna, J .C., and Clark, M. (2000). "Performance of granular-bed anaerobic baffled reactor (GRABBR) treating whisky distillery wastewater." *Bioresource Technology,* 74, 257-261.

4- Barber, W.P., and Stuckey, D .C. (1999). "The use of anaerobic baffled reactor (ABR) for wastewater treatment: A review." *Water Research*, 33 (7), 1559-1578.

5- Langenhoff, A.M., Intrachandra, N., and Stucky, D. C. (2000). "Treatment of dilute soluble and colloidal wastewater using an anaerobic baffled reactor: Influence of hydraulic retention time." *Water Research*, 34 (4), 1307-1317.

6- Nachaiyasit, S., and Stuckey, D.C. (1997). "The effect of shock loads on the performance of an anaerobic baffled reactor (ABR). 2. step and transient hydraulic shocks at constant feed strength." *Water Research,* 31 (11), 2747-2754.

7- Nemerow, N. L., and Dasgupta, A. (1991). *Industrial and hazardous waste treatment,* 2nd Ed., VNR, New York, 421-422.

8- Annachhatra, A.P., and Amatya, P.L. (2000). "UASB treatment of tapioca starch wastewater." *J. of Environmental Engineering*, 126 (12), 1149-1152.

9- Wang, J., Huang, Y., and Zhao, X. (2004). "Performance and characteristics of an anaerobic baffled reactor." *Bioresource Technology*, 93, 205-208.

10- Nachaiyasit, S., and Stucky, D.C. (1997). "The effect of shock loads on the performance of an anaerobic baffled reactor (ABR). 1. Step change in feed concentration at constant retention time." *Water Research,* 31 (11), 2737-2746.

11- Vossoughi, M., Shakeri, M., and Alemzadeh, I. (2003). "Performance of an anaerobic baffled reactor treating synthetic wastewater influenced by decreasing COD/SO_4 ratio." *Chemical Engineering and Processing*, 42, 811-816.

12- Uyanic, S., Sallis, P.J., and Anderson, G.K. (2002). "The effect of polymer addition on granulation in an anaerobic baffled reactor (ABR). PART.I: process performance." *Water Research,* 36 (4), 933-943.

13- Kuscu, O.S., and Sponza, D.T. (2005). "Performance of anaerobic baffled reactor (ABR) treating synthetic wastewater containing p-nitrophenol." *Enzyme and Microbial Technology*, 36, 888-895.

14- Angenent, L.T., Abel, S.J., and Sung, S. (2002). "Effect of an organic shock load on the stability of an anaerobic migrating blanket reactor." *J. of Environmental Engineering*, 128 (12), 1109-1120.

15- Wang, B., and Shen, Y. (2000). "Performance of anaerobic baffled reactor (ABR) as a hydrolysis-acidogenesis unit in treating landfill leachate mixed with municipal sewage." *Water Science and Technology*, 42(12), 115-121.

16- Barber, W.P., and Stuckey, D .C. (2000). "Metal bioavilability and trivalent chromium removal in ABR." *J. of Environmental Engineering*, 126(7), 649-656.

17- Bell, J., Buckey, C., and Stuckey, D. (2000). "Treatment and decolorization of dyes in an anaerobic baffled reactor." *J. of Environmental Engineering*, 126 (11), 1026-1032.

18- Boopathy, R. (1998). "Biological treatment of swine waste using anaerobic baffled reactor." *Bioresource Technology*, 64, 1-6.

Archive of SID

www.SID.ir

19- Saeed Khabaz, M., Vossoughi, M., and Shakeri, M. (2004). "Performance of an anaerobic baffled reactor for olive mill oil wastewater treatment." *Proc. of the 9th Iranian Chemical Engineering Congress*, Tehran, CD-ROM.
20- Grover, R., Marwaha, S.S., and Kennedy, J. F. (1999). "Studies on the use of an anaerobic baffled reactor for the continuous anaerobic digestion of pulp and paper mill black liquors." *Process Biochemistry*, 39, 653-657.
21- Bodik, I., Kratocvil, K., Gasparkova, E., and Hutnan, M. (2003). "Nitrogen removal in an anaerobic baffled reactor with aerobic post- treatment." *Bioresource Technology*, 86, 79-84.
22- APHA, AWWA, WEF. (1995). *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 19th Ed., New York.
23- Kalyuzhnyi, S., Santos, L., and Martinez, J.R. (1998). "Anaerobic treatment of raw and preclarified potato-maize wastewater in a UASB reactor." *Bioresource Technology*, 66, 195-199.
24- Austermann-Haun, U., Seyfried, C.F., and Rosenwinkel, K. (1997). "Full scale experiences with anaerobic pre-treatment of wastewater in the food and beverage industry in Germany." *Water Science and Technology*, 36 (2-3), 321-328.

Archive of SID

www.SID.ir