

## امکان پذیری راه اندازی راکتور بافل دار بی هوازی (ABR) در تصفیه فاضلاب صنعت نشاسته سازی

عبدالرحیم پرورش<sup>۲</sup>

حسین موحدیان<sup>۲</sup>

علی اسدی<sup>۱</sup>

(دریافت ۸۵/۶/۱ پذیرش ۸۵/۱۲/۲)

### چکیده

راکتور بافل دار بی هوازی (ABR) فرآیندی شامل اتاقکهای مجزای بافل دار است که برای راهبری نیازی به تشکیل گرانول ندارد، از اینرو، دوره راه اندازی آن کوتاه است. در این تحقیق امکان پذیری کاربرد فرآیند ABR برای تصفیه فاضلاب صنعت نشاسته سازی با آرد گندم مورد بررسی قرار گرفت. فاضلاب نشاسته سازی بعد از حذف مواد معلق توسط ته نشینی ثقلی ساده به عنوان ورودی استفاده شد. راه اندازی راکتور (حجم ۱۳/۵ لیتر و پنج اتاقک) با رقیق سازی COD ورودی تا ۴۵۰۰ میلی گرم بر لیتر در مدت زمان ۹ هفته با استفاده از لجن بزردهی حاصل از هاضم بی هوازی تصفیه خانه فاضلاب انجام شد. راکتور در زمان ماند هیدرولیکی (HRT) برابر با ۷۲ ساعت در ۳۵°C و بارگذاری آلی اولیه ۱/۲ kgCOD/m<sup>3</sup>.d، موفق به حذف COD تا حدود ۶۱ درصد شد. بهترین عملکرد راکتور در بارگذاری آلی ۲/۵ kgCOD/m<sup>3</sup>.d و در زمان ماند هیدرولیکی ۲/۴۵ روز با ۶۷ درصد تبدیل COD کسب گردید. مزیت اصلی کاربرد ABR ناشی از ساختار اتاقک بندی شده آن می باشد. اتاقک اول ABR ممکن است به عنوان یک منطقه بافوری در برابر مواد سمی و بازدارنده عمل کند و بنابراین اجازه می دهد بقیه اتاقکها با مواد به نسبت بی ضرر، یکنواخت شده و ورودی اسیدی تر بارگذاری شود. به عبارت دیگر، اتاقکهای بعدی برای حمایت جمعیتهای فعال باکتریهای حساس متان ساز مناسب تر خواهد بود.

**واژه های کلیدی:** راکتور بافل دار 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<sup>1</sup>

Hossien Movahedian<sup>2</sup>

Abdolrahim Parvareh<sup>2</sup>

(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 does 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<sup>3</sup>.d showed a removal efficiency of 61% COD. The best reactor performance was observed with an organic loading rate of 2.5 kgCOD/m<sup>3</sup>.d (or hydraulic retention time of 2.45 d) when a COD conversion of 67% was

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

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

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 کند 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 ۱۰۰-۱۰۰۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و جامدات معلق از مقادیر کم تا بیش از ۱۲۰۰۰۰ 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 دنیا است. 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 تن 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 بی‌هوازی 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 بیوفیلیم‌ها 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 استنفورد ایالات متحده توسعه داده شد [۹ و ۴]. راکتور ABR به عنوان یک سری راکتورهای کوچک UASB تعریف می‌شوند که برای راهبری شان 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 کمی 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

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 کارایی راکتور ABR برای تصفیه فاضلاب نشاسته‌سازی می‌باشد.

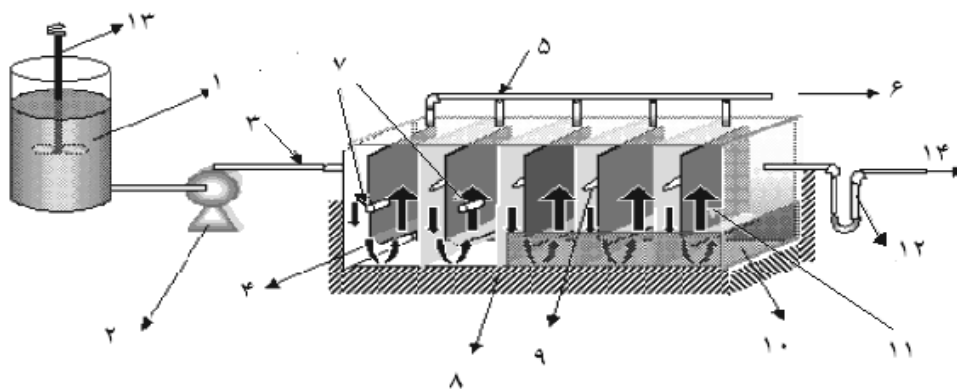
## ۲- مواد و روشها

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 بالا رونده 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  $35 \pm 0/5$  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  $\text{NaHCO}_3$  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  $300/5/1$  و  $600/5/1$  با استفاده از  $\text{NH}_4\text{Cl}$  و  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  نگه داشته شد [۸].

راکتور با لجن هاضم بی‌هوازی تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب اصفهان بذرافشانی شد. لجن ابتدا برای حذف هرگونه زائادات 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  $30980$  میلی‌گرم بر لیتر و  $20880$  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 فرآر (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.

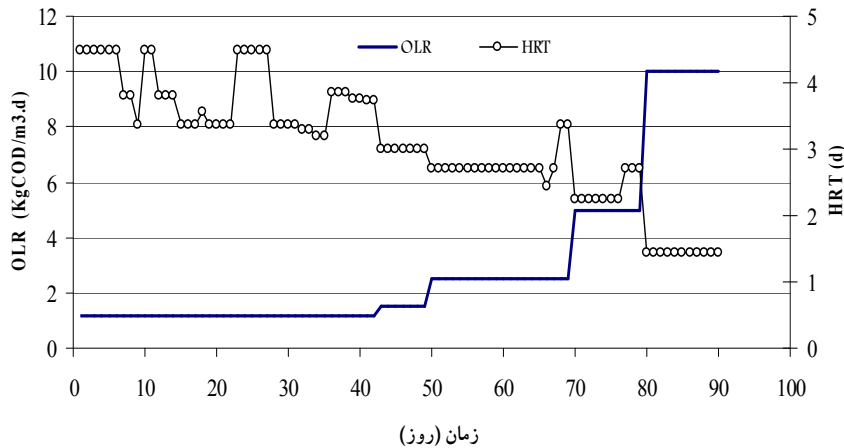


شکل ۱- تصویر شماتیکی راکتور بافل‌دار بی‌هوازی

- ۱- مخزن تغذیه؛ ۲- پمپ؛ ۳- ورودی؛ ۴- مسیر جریان؛ ۵- جمع‌آوری 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

جدول ۱- مشخصات فاضلاب نشاسته سازی با آرد گندم

پارامتر	فاضلاب خام	مايع رويي فاضلاب
COD (میلی گرم بر لیتر)	۱۶۲۰۰-۲۶۵۰۰	۱۲۰۰۰-۲۰۳۷۵
TSS (میلی گرم بر لیتر)	۹۴۴۰-۱۱۹۴۰	۳۹۲-۶۶۶
VSS (میلی گرم بر لیتر)	۸۹۳۰-۱۱۱۰۰	۳۷۲-۵۸۸
pH	۳/۵-۴/۲	۳/۵-۴/۲
TKN (میلی گرم بر لیتر)	-	۵۰-۱۰۰
ارتوفسفات (میلی گرم 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

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  $2/5$  تا  $1/43$   $kgCOD/m^3.d$  قرار گرفت. بهترین عملکرد راکتور در بارگذاری آلی  $2/5$   $kgCOD/m^3.d$  و در زمان ماند هیدرولیکی  $2/45$  روز با ۶۷ درصد تبدیل COD کسب گردید. میانگین و انحراف معیار COD ورودی در این مقطع برابر با  $130 \pm 6720$  میلی‌گرم بر لیتر و مقدار COD اعمال شده ورودی در محدوده  $6875-6525$  میلی‌گرم بر لیتر بود.

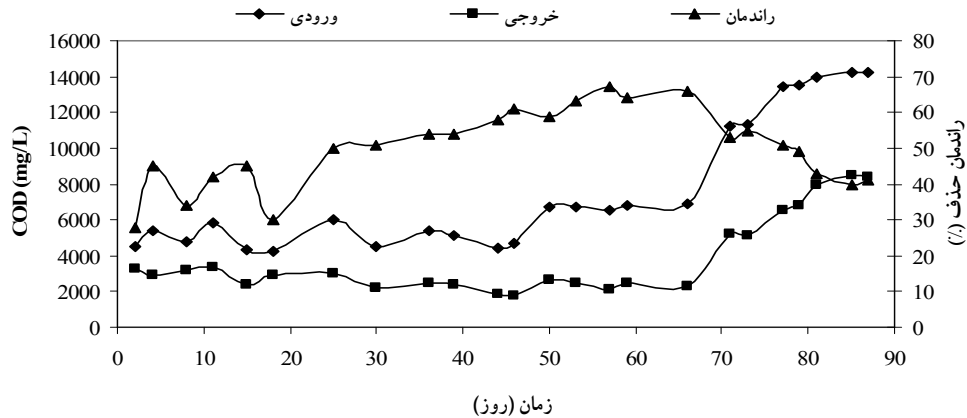
در میزان بارگذاری آلی  $10$   $kgCOD/m^3.d$ ، کارایی سیستم در حذف فاضلاب نشاسته‌سازی بدون عملیات رقیق‌سازی ورودی به حدود ۴۰ درصد کاهش یافت. شکل ۳، راندمان حذف COD در طی دوره راهبری راکتور ABR را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، راندمان حذف با گذشت زمان افزایش می‌یابد ولی از حد خاصی فراتر نمی‌رود؛ زیرا در مورد فاضلابهای قوی با بار آلی بالا مقادیر زیادی  $CO_2$  و اسیدهای چرب فرار با زنجیره‌ای طولانی از عملیات تجزیه در مرحله هیدرولیز و اسید زایی تولید

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  $10440$  میلی‌گرم بر لیتر و نسبت VSS/TSS برابر با  $0/67$  بود.

سپس راکتور به مدت ۴۲ روز با بارگذاری آلی اولیه  $1/2$   $kgCOD/m^3.d$  در زمان ماند هیدرولیکی  $3/2$  تا  $4/5$  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  $1/5$   $kgCOD/m^3.d$  به بیش از ۶۱ درصد رسید. در این مرحله غلظت COD ورودی در محدوده  $4225$  تا  $5975$  میلی‌گرم بر لیتر و دارای میانگین و انحراف معیار  $600 \pm 4225$  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

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

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



شکل ۳- کارایی راکتور در حذف COD طی دوره راهبری راکتور

آمونیم فسفات ( $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ ) می باشد. 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 می دهد که به علت فراهم آوردن شرایط یکنواخت سازی و تنظیم pH، گزینه ای مناسب برای پیش تصفیه فاضلابی با خصوصیات مشابه در این مطالعه برای سایر راکتورهای بی هوازی و هوازی می باشد.

میزان قلیائیت ورودی بعد از تنظیم pH خنثی در حدود ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ میلی گرم بر لیتر می شد، در حالی که قلیائیت پساب همیشه بین ۲۰۰۰ تا ۵۰۰۰ میلی گرم بر لیتر بود. افزایش قلیائیت پساب ناشی از تشکیل  $HCO_3^-$  به دلیل واکنش بین  $CO_2$  و  $OH^-$ ، تولید شده در طی تجزیه بی هوازی می باشد [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 می یافت. فعالیت باکتری های اسیدزا و تولید اسیدهای چرب فرآر و  $CO_2$ ، مقدار pH را کاهش می دهد ولی در اتاقکهای انتهایی به دلیل تثبیت و تبدیل محصولات میانی به متان و فعالیت باکتری های متانزا، مقدار pH افزایش می یابد. شکل ۵، نیمرخ تغییرات pH در هنگام راهبری راکتور را نشان می دهد.

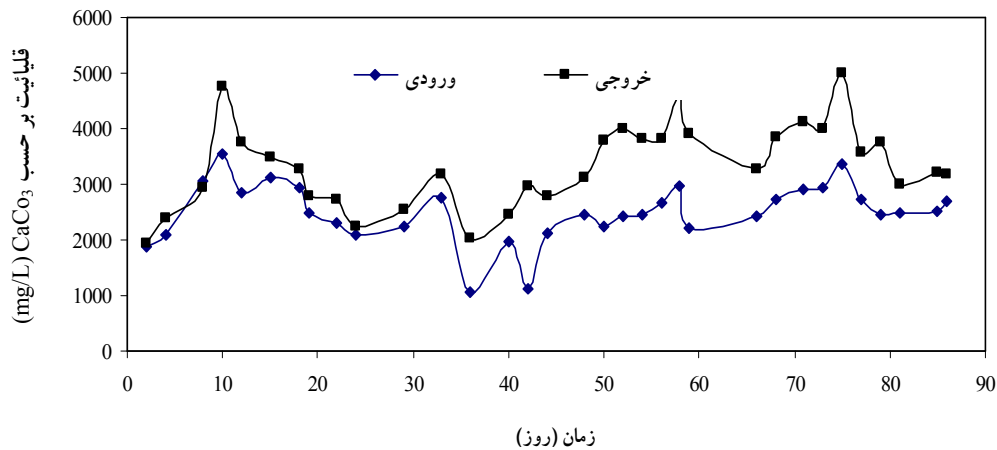
می شوند که باعث باز دارندگی رشد فعالیت جمعیت متان سازها در راکتور می شود [۱۲].

مطالعه ای در سال ۲۰۰۰ با راکتور UASB در مورد تصفیه فاضلاب صنعت نشاسته سازی با کاربرد پیش ته نشینی تقلی انجام شده است. نتایج به دست آمده نشان داده است که در بار گذاری  $10-16 \text{ KgCOD/m}^3 \cdot \text{d}$  بیش از ۹۵ درصد COD حذف شده [۸]. علت این راندمان بالا در مقایسه با نتایج این مطالعه، کاربرد لجن گرانبه و سرعت جریان رو به بالای بسیار کم، یعنی ۰/۲۴ متر بر ساعت می باشد. زیرا فاضلاب صنعت نشاسته سازی سریعاً تجزیه شده و با تولید محصولات واسطه باعث کاهش pH می شود که در این حالت لجن گرانبه، تغییرات محیطی را بهتر از لجن فلوکوله سیستم ABR تحمل می نماید.

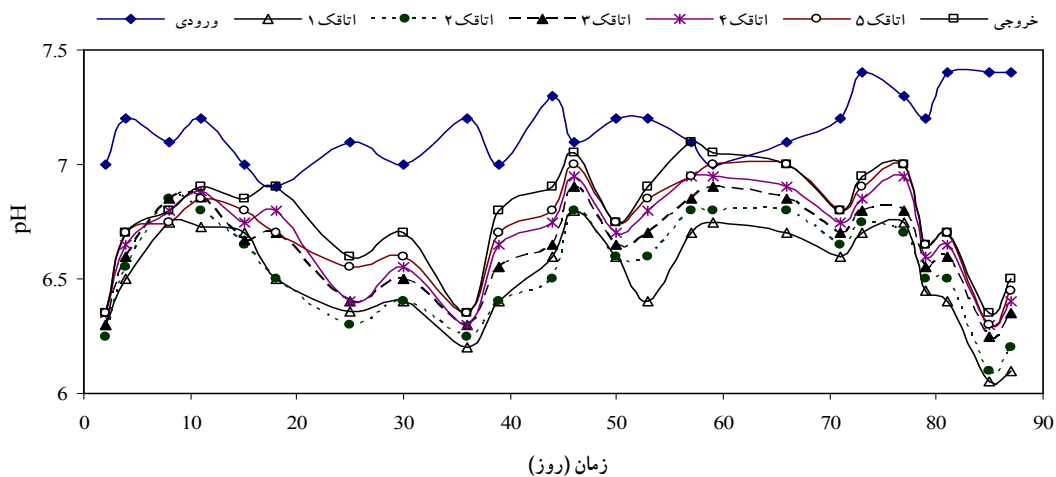
در مطالعه دیگری امکان پذیری فرآیند UASB برای تصفیه فاضلاب حاوی نشاسته در صنعت فرآوری سیب زمینی انجام شده است. نتایج نشان می دهد که در بار گذاری  $14 \text{ KgCOD/m}^3 \cdot \text{d}$ ، راندمان تصفیه بر اساس COD کل، ۶۳ درصد می باشد [۲۳]. زیرا کمیت و کیفیت فاضلاب حاصل از صنایع نشاسته سازی، شرایط راهبری و نوع طرح بیوراکتورهای بی هوازی نقش مهمی در کسب راندمان قابل قبول دارد. دلیل دیگر کاهش کارایی در تصفیه بیولوژیکی فاضلاب صنعت نشاسته سازی تشکیل رسوب منیزیم

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

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<sup>3</sup>.d این نسبت تا ۰/۷۳ تنزل یافت. این امر نشان می‌دهد که سرعت رشد بیومس



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

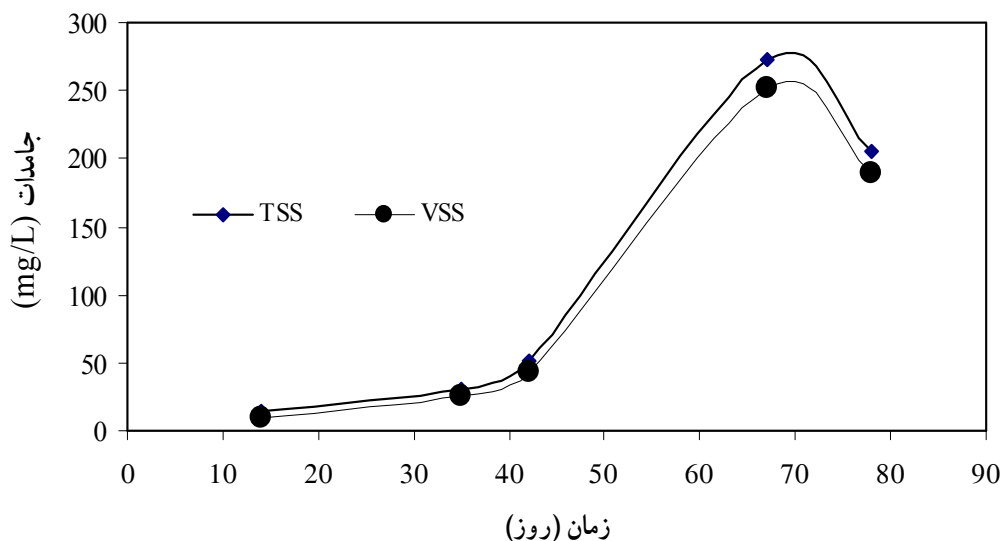


شکل ۵- نیمرخ تغییرات pH در امتداد راکتور

جدول ۳- مشخصات لجن تلقیح شده و لجن داخل راکتور

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

لجن تلقیح شده در ۵۰ درصد حجم راکتور\*



شکل ۶- تغییرات TSS و VSS در پساب راکتور در طی دوره راهبری

با این فرآیند در بارگذاری آلی  $2/5 \text{ kg COD/m}^3 \cdot \text{d}$  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  $\text{CO}_2$  و اسیدهای چرب فرآر (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 فرآر) کاهش می‌یابد. اما در اتاقکهای بعدی با مصرف محصولات واسطه 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 کلیاتیت 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.

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  $1/5 \text{ kg COD/m}^3 \cdot \text{d}$  به دست آمد. بالاترین راندمان تبدیل COD

- 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*, 1<sup>st</sup> 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*, 2<sup>nd</sup> 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<sub>4</sub> 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 bioavailability 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.



- 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 9<sup>th</sup> 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., Kratochvil, 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*, 19<sup>th</sup> 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.