

شرایط استفاده از گیاه لوفافا به عنوان بستر رشد در راکتور رشد چسبیده مستغرق هوازی

رامین نبی زاده^۱ کاظم ندافی^۲ امیرحسین نافذ^۳ علیرضا مصدافی نبی^۴
فروغ واعظی^۲ اقدس خیری^۵ آذر قصری^۵

(دریافت ۸۵/۱۲/۲۶ پذیرش ۸۶/۶/۱۷)

چکیده

کاربرد سیستم‌های رشد چسبیده در تصفیه فاضلاب با محدودیتهایی همراه است. یکی از این محدودیتهای عدم وجود بستر پرکننده مناسب و ارزان در کشور است. هدف از این مطالعه، بررسی امکان استفاده از گیاه لوفافا به عنوان یک بستر پرکننده طبیعی در تصفیه فاضلاب بود. در این مطالعه عملکرد راکتور رشد چسبیده هوازی مستغرق با بستر نگهدارنده از جنس گیاه لوفافا در حذف مواد آلی از فاضلاب بررسی شد. به این منظور ستونی از جنس پلکسی گلاس به حجم ۸ لیتر به عنوان راکتور استفاده شد. به منظور جلوگیری از تجزیه بیولوژیکی بستر از پوشش لاک الکل استفاده گردید. از گلوکز به عنوان منبع کربن مورد نیاز برای رشد میکروارگانیسم‌ها استفاده شد. بارگذاریهای ۰/۶، ۱/۲، ۱/۸، و ۲/۴ کیلوگرم COD بر مترمکعب در روز به کار گرفته شد و COD خروجی از سیستم به صورت روزانه پایش گردید. راندمان حذف COD در بارگذاریهای انجام شده به ترتیب ۸۲/۸، ۹۳/۴، ۸۹/۵ و ۸۱/۳ درصد بود. نتایج به دست آمده نشان داد که سیلندرهای گیاه لوفافا می‌توانند در بارگذاریهای کم و در مدت زمان محدود استفاده شوند. بیشترین راندمان حذف COD (۹۳/۴ درصد) در بارگذاری ۱/۲ کیلوگرم COD بر مترمکعب در روز به دست آمد. نتایج مشخص ساخت که سیستم رشد چسبیده هوازی مستغرق با بستر نگهدارنده از جنس گیاه لوفافا می‌تواند شوک‌های بارگذاری آلی را تحمل کند.

واژه‌های کلیدی: رشد چسبیده هوازی مستغرق، لوفافا، فاضلاب، بار آلی، تصفیه هوازی.

Application of Luffa as an Innovative Packing Media in an Aerated Submerged Fixed-Film Reactor (ASFFR)

Ramin Nabizadeh¹ Kazem Naddafi² Amir Hossein Nafez³ Alireza Mesdaghinia⁴
Forugh Vaezi² Aghdas Kheiri⁵ Azar Ghasri⁵

(Received Mar. 16, 2007 Accepted Sep. 8, 2007)

Abstract

Application of attached growth systems (AGS) is associated with special limitations in wastewater treatment. One such limitation is the unavailability of cheap and appropriate media in Iran. The main objective of this study was to evaluate the feasibility of Luffa sponge as a natural media in treating synthetic wastewater. Luffa cylinders were used as the fixed media required for an aerated submerged fixed-film reactor (ASFFR) and the performance of the reactor in organic removal was studied. A Plexiglas column having a capacity of 8 liters was used as a reactor. The natural medium was coated by lacquer to protect it against biodegradation. Glucose was used as the carbon source for microorganisms. Organic loading rates of 0.6, 1.2, 1.8, and 2.4 kgCOD/m³.d were applied to obtain COD removal efficiencies of 82.8, 93.4, 89.5, and 81.3%, respectively. Results showed that Luffa

- 1- Assist. Prof. of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, rnabizadeh@tums.ac.ir
- 2- Assoc. Prof. of Public Health, Tehran University of Medical Sciences
- 3- MSc Student of Public Health, Tehran University of Medical Sciences
- 4- Professor of Public Health, Tehran University of Medical Sciences
- 5- Laboratory Staff, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences

- ۱- استادیار دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران. rnabizadeh@tums.ac.ir
- ۲- دانشیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۳- عضو هیئت علمی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قزوین
- ۴- استاد دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۵- کارشناس آزمایشگاه، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

sponge cylinders could be used as supporting media within ASFFR under low organic loading rates and limited time conditions. The maximum efficiency of COD removal (93.4%) was obtained for 1.2 kg COD/m³.d. Also, it was revealed that ASFFR with Luffa sponge medium was capable of withstanding organic loading shocks.

Keywords: ASFFR, Luffa, Wastewater, Organic Loading Aerobic Treatment.

۱- مقدمه

- جنس این بستر از یک ماده طبیعی می باشد که قابل تجزیه بیولوژیکی است و پس از خروج از سیستم می توان آن را کمپوست نمود.

- نسبت به بسترهای مصنوعی ارزان تر و سبک تر است.

- به دلیل تخلخل زیاد، احتمال گرفتگی آن کمتر است.

- امکان کاشت آن در محوطه تصفیه خانه و آبیاری آن به وسیله پساب تصفیه شده وجود دارد.

هدف از این مطالعه بررسی امکان استفاده از سیلندرهای گیاه *لوف* سیلندریکا^۲ به عنوان بستر پرکننده در سیستم رشد چسبیده هوازی مستغرق بود و راندمان این سیستم در حذف مواد آلی در بارگذاریهای مختلف مورد مطالعه قرار گرفت.

۲- مواد و روشها

۲-۱- آماده سازی بستر رشد میکروبی

از سیلندرهای گیاه *لوف* سیلندریکا که مشخصات فیزیکی آن در جدول ۱ ذکر شده است به عنوان بستر رشد میکروبی استفاده شد. به این منظور اسفنجهای به دست آمده از میوه های رسیده و خشک شده این گیاهان به کار گرفته شد. برای استخراج بذرها باقیمانده در داخل گیاه که به صورت پوست کنده و خشک تهیه شده بود (شکل ۱)، ابتدا و انتهای آن به وسیله قیچی برش داده شد. برای پاکسازی ناخالصیها و صمغهای باقیمانده، سیلندرهای *لوف* به مدت ۳۰ دقیقه با استفاده از آب و شوینده به خوبی شست و شو داده شدند. به منظور کاهش احتمال گرفتگی بستر و ایجاد تسهیل در عبور جریان فاضلاب، با استفاده از قیچی برشهای طولی در داخل گیاه ایجاد شد. با توجه به اینکه سیلندرهای این گیاه به صورت الیاف درهم بوده و از جنس سلولز می باشد، برای ایجاد پوشش و جلوگیری از تجزیه بیولوژیکی، سیلندرها در داخل محلول لاک الکل قرار گرفتند. برای تهیه محلول لاک الکل، ۱۰۰ گرم لاک را در ۵ لیتر الکل متیلیک ریخته و به مدت ۴ ساعت بر روی لرزاننده^۳ قرار دادیم تا حل شود. هر یک از سیلندرها به مدت ۵ دقیقه در این محلول غوطه ور شده و سپس از آن خارج شد تا خشک شود. جهت ایجاد پوشش در تمام قسمتهای گیاه و نفوذ محلول لاک الکل به

فرآیندهای بیولوژیکی تصفیه فاضلاب به دو گروه اصلی فرآیندهای رشد معلق و رشد چسبیده تقسیم می شوند. فرآیندهای رشد چسبیده در مقایسه با فرآیندهای رشد معلق دارای مزایایی مانند زمان ماند میکروبی بالاتر و حساسیت کمتر نسبت به شوک های آلی و هیدرولیکی و مواد سمی می باشد [۱ و ۲]. یکی از انواع نوین سیستم های رشد چسبیده، راکتور رشد چسبیده هوازی مستغرق می باشد. این راکتور شامل سه فاز مواد پرکننده (محیط رشد میکروبی)، بیوفیلم و فاضلاب است. در این راکتور مواد آلی کربنه و نیتروژن آمونیاکی اکسید می شوند و اکسیژن مورد نیاز به وسیله دیفیوژرها تأمین می گردد. مهم ترین مزایای این راکتور نیاز به فضای کمتر، توانایی تصفیه مؤثر فاضلابهای رقیق، عدم نیاز به تانک ته نشینی ثانویه و تولید پساب با کیفیت مناسب می باشد. در این راکتور زمان ماند میکروبی بالا شرایط مناسبی را برای رشد میکروارگانیسم هایی با سرعت رشد پایین از جمله باکتری های نیترات ساز فراهم می آورد. بنابراین می توان از این راکتور برای حذف همزمان مواد آلی کربنه و نیتروژن کاسیون استفاده نمود. جنس، شکل و اندازه مواد پرکننده از عوامل مؤثر بر عملکرد این راکتور می باشد [۳ و ۴].

مهم ترین خصوصیات بسترهای مورد استفاده در فرآیند رشد چسبیده هوازی مستغرق عبارت اند از: سطح ویژه زیاد، تخلخل زیاد، خنثی بودن (از نظر شیمیایی)، ساختار محکم، وزن کم، سطح مناسب برای چسبیدن و رشد باکتری ها و قیمت ارزان. ترکیب، اندازه، یکنواختی و عمق بستر پرکننده^۱ نیز بر روی عملکرد سیستم های رشد چسبیده تأثیر دارد [۶]. گیاه *لوف* یک گیاه ارزان، در دسترس کشورهای گرمسیری و نیمه گرمسیری است. این گیاه به طور گسترده در قسمتهای شمالی ایران (استان گیلان) رشد می کند و با توجه به خصوصیات مورفولوژیکی خود پتانسیل بالایی برای استفاده به عنوان بستر در فرآیندهای رشد چسبیده تصفیه فاضلاب دارد، اما تاکنون مطالعات محدودی بر روی این قابلیت صورت گرفته است [۷]. اگر چه تاکنون از بسترهای زیادی برای فرآیندهای رشد چسبیده استفاده شده است ولی گیاه *لوف* به دلیل خصوصیات بالقوه^۱ زیر نسبت به بسترهای دیگر برتری دارد:

² *Luffa cylindrica*

³ Shaker

¹ Media

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی اسفنجهای گیاه لوفای سیلندریکا [۷]

ماهیت ساختاری	شبکه فیبری
درصد تخلخل	۸۵-۹۵
چگالی (گرم بر سانتی متر مکعب)	۰/۰۱۸-۰/۰۵
حجم مخصوص (سانتی متر مکعب بر گرم)	۲۶-۳۴



شکل ۱- سیلندره‌های گیاه لوفای به صورت پوست کنده و خشک شده

در مقابل شیر خروجی و ۲ سانتی متر پایین تر از آن بود. هوای مورد نیاز جهت واکنش‌های بیولوژیکی توسط یک کمپرسور هوا تأمین می‌شد که مجهز به کلید قطع و وصل خودکار بود. اندازه‌گیری و تنظیم مقدار هوای ورودی به راکتور توسط یک فلومتر گازی انجام می‌گرفت. به منظور جلوگیری از ورود بخارات روغن کمپرسور به داخل راکتور از یک صافی کربن فعال استفاده می‌گرفت. در این آزمایش، یک پمپ تزریق جریان با ظرفیت اسمی ۲۴ لیتر در ساعت و فشار ۲۰ اتمسفر به کار گرفته شد. فاضلاب مورد نیاز در طول شبانه روز توسط یک مخزن ذخیره مدرج از جنس پلی اتیلن فشرده به حجم ۳۰۰ لیتر تأمین می‌شد. جهت تنظیم ارتفاع مکش پمپ از یک مخزن یکنواخت‌سازی به حجم ۳۰ لیتر استفاده شد که این مخزن برای قطع و وصل خودکار جریان ورودی مجهز به شناور بود.

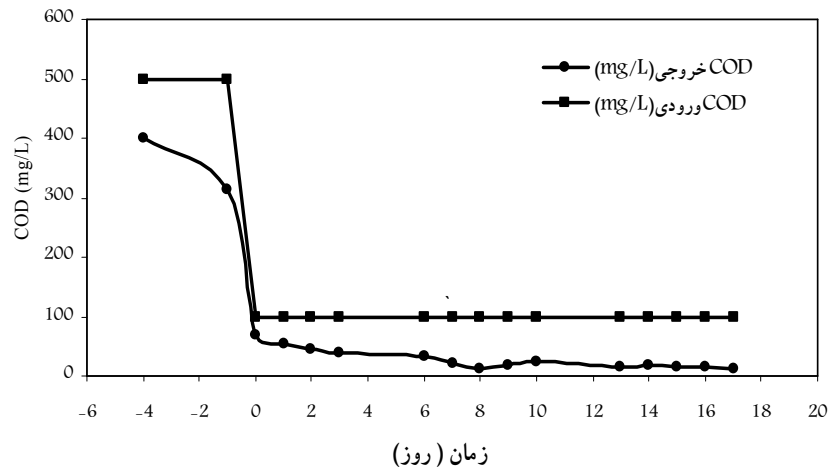
به داخل بافت آن، این کار ۱۰ مرتبه به صورت متوالی انجام شد. سیلندرها به مدت ۲۴ ساعت در فور ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت، تا کاملاً خشک شده و الکل آن تبخیر گردد. پس از تبخیر الکل یک لایه نازک لاک بر روی سیلندرها باقی ماند که به دلیل مقاومت زیاد در برابر تجزیه بیولوژیکی و خوردگی باعث تأخیر در پوسیده شدن و تجزیه زودرس سیلندره‌های لوفای می‌شد. علاوه بر این به دلیل رقیق بودن این محلول، منافذ بستر رشد میکروبی نیز مسدود نشد. پس از خشک شدن کامل سیلندرها ۸ عدد از آنها با استفاده از سیم به یکدیگر بسته شد و در داخل راکتور قرار گرفت. میانگین طول سیلندره‌های استفاده شده در این مطالعه ۳۶/۲۵ سانتی‌متر بود. میزان تخلخل این بستر ۹۰/۳۲ درصد و وزن حجمی آن ۱۵/۲۷۵ کیلوگرم بر متر مکعب بود. مجموع وزن سیلندرها نیز ۱۲۳/۴۲ گرم و میانگین وزن آنها ۱۵/۴۳ گرم بود.

۲-۲- مشخصات پایلوت تصفیه بیولوژیکی

از یک ستون از جنس پلکسی گلاس به حجم ۸ لیتر به عنوان راکتور استفاده شد. جریان فاضلاب و جریان هوا از پایین وارد راکتور شده و پساب خروجی از بالا خارج می‌شد. به منظور توزیع هوا در کف راکتور از سه عدد سنگ هوای حلقوی بر روی هم به عنوان دیفیوزر استفاده شد. برای جلوگیری از شناور شدن و خروج بستر رشد میکروبی از سیستم یک صفحه توری شکل در بالای راکتور نصب شد. محل شیر نمونه‌برداری در قسمت بالای راکتور

۲-۳- راه اندازی و استراتژی بارگذاری

پس از پرکردن راکتور با استفاده از سیلندره‌های گیاه لوفای، راکتور به مدت ۶ روز به صورت بسته راه‌اندازی شد. هدف از این مرحله افزایش غلظت جرم میکروبی در داخل سیستم و آماده‌سازی راکتور برای انجام بارگذاری بود. در این مدت ۵ لیتر از حجم راکتور توسط لجن برگشتی تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک غرب و ۳ لیتر باقیمانده به وسیله فاضلاب مصنوعی با غلظت COD برابر با



شکل ۲- داده های مربوط به مرحله راه اندازی و بارگذاری ۰/۶ کیلوگرم COD بر متر مکعب در روز

جدول ۲- فاکتورهای بهره برداری در بارگذاریهای مختلف

میزان هوای ورودی (L/min)	بار آلی (kg/m ³ .d)	میزان جریان (L/hr)	COD محلول		زمان ماند هیدرولیکی (hr)	مرحله بهره برداری
			ورودی (mg/L)	مماند		
۵	۰/۶	۲	۱۰۰	۴	۴	۱
۱۰	۱/۲	۲	۲۰۰	۴	۴	۲
۱۵	۱/۸	۲	۳۰۰	۴	۴	۳
۱۵	۲/۴	۲	۴۰۰	۴	۴	۴

به ۴۰۰ و ۳۱۴ میلی گرم در لیتر رسید. در طول مدت راه اندازی، رشد فیلم میکروبی به صورت چشمی پایش شد. به دلیل تخلخل و سطح ویژه زیاد سیلندرهای لوف، در مدت زمان کوتاهی رشد فیلم میکروبی کامل شده و ۶ روز پس از آغاز مرحله راه اندازی، اولین نوبت بارگذاری با غلظت COD ورودی ۱۰۰ میلی گرم در لیتر انجام شد. پس از گذشت ۶ روز از راه اندازی سیستم، جریان به صورت پیوسته تبدیل شد و مرحله اول بارگذاری آغاز گردید. پس از آغاز بارگذاری، COD خروجی از سیستم به صورت روزانه پایش شد تا زمانی که غلظت COD محلول باقی مانده در پساب خروجی به وضعیت پایدار رسید و به مدت چندین روز متوالی تغییرات زیادی نداشت؛ در این مرحله غلظت COD ورودی افزایش یافت. به همین ترتیب بارگذاریهای دیگر نیز انجام شده و نتایج به دست آمده به صورت نمودار ترسیم گردید.

در این مطالعه، ۴ مرحله بارگذاری انجام شد که در هر مرحله افزایش بار آلی از طریق افزایش غلظت COD ورودی انجام می گرفت. مقدار بارگذاری بر اساس جرم ماده آلی ورودی به واحد

۵۰۰ میلی گرم در لیتر پر شد. از گلوکز به عنوان منبع کربن استفاده شد و برای تأمین عناصر مغذی برای رشد میکروارگانیسم ها از ترکیبات فسفات آمونیوم برای تأمین فسفر و از کلرور آمونیوم به عنوان منبع ازت استفاده گردید. مقدار هوای ورودی به راکتور در مرحله راه اندازی، ۵ لیتر در دقیقه و زمان ماند فاضلاب و لجن در داخل سیستم ۱۱ ساعت در نظر گرفته شد. به منظور تأمین نسبت COD/N/P برابر با ۱۰۰/۵/۱ در فاضلاب، ترکیبات ذکر شده به نسبت مناسب در آب شیر حل شدند. برای پیشگیری از افت شدید pH، قلیائیت فاضلاب ورودی به سیستم نیز با استفاده از بی کربنات سدیم در حد ۴۰۰ میلی گرم در لیتر تنظیم شد.

پارامتر معیار برای ارزیابی پایداری سیستم، COD محلول باقیمانده در پساب خروجی بود، که این پارامتر به روش تقطیر برگشتی طبق روش C-۵۲۲۰ کتاب استاندارد متد اندازه گیری شد. نتایج حاصل از مرحله راه اندازی و اولین نوبت بارگذاری در شکل ۲ مشاهده می شود. در ضمن غلظت COD فاضلاب استفاده شده در مرحله راه اندازی ۵۰۰ میلی گرم در لیتر بوده است. بر اساس شکل ۲ در روز دوم و روز پنجم از مرحله راه اندازی که سیستم به صورت بسته بهره برداری می شد، غلظت COD محلول خروجی از سیستم

حجم راکتور در روز بیان شده است. جدول ۲ پارامترهای بهره‌برداری مربوط به بارگذاریهای مختلف را نشان می‌دهد.

۳- نتایج و بحث

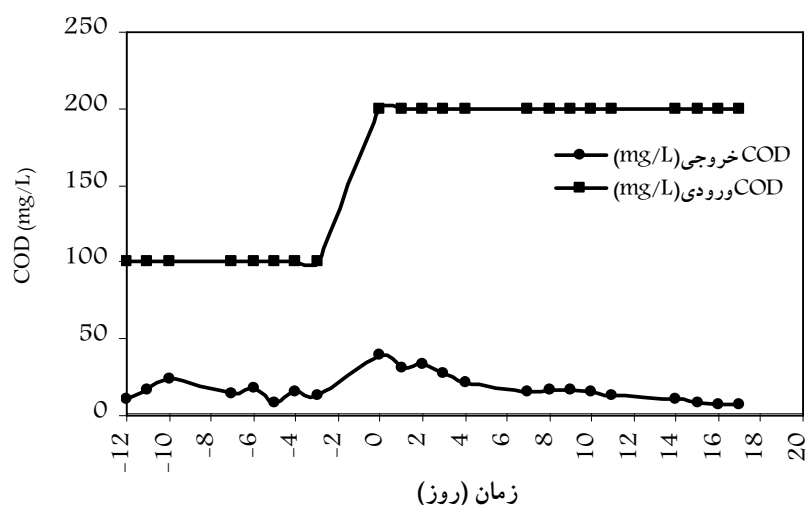
در نوبت اول بارگذاری، حجم فاضلاب و هوای ورودی به راکتور به ترتیب ۲ لیتر در ساعت و ۵ لیتر در دقیقه و زمان ماند هیدرولیکی ۴ ساعت در نظر گرفته شد. چنان که در شکل ۲ مشاهده می‌شود با کاهش COD ورودی از ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر به ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر COD خروجی نیز نسبت به مرحله راه‌اندازی کاهش یافت ولی راندمان حذف COD نیز کمتر شد. با گذشت زمان COD خروجی به تدریج کاهش یافت تا در روز هشتم به کمترین مقدار یعنی ۱۱ میلی‌گرم در لیتر رسید، از این روز به بعد سیستم به مدت ۱۰ روز پایش شد و پس از رسیدن به شرایط پایدار در روز هیجدهم بارگذاری افزایش یافت. متوسط راندمان حذف COD در مرحله اول بارگذاری ۸۲/۸ درصد بود.

شکل ۳ غلظت COD ورودی و خروجی در بارگذاری ۱/۲ کیلوگرم بر متر مکعب در روز را نشان می‌دهد که میزان هوای ورودی ۱۰ لیتر در دقیقه بود. در این مرحله با افزایش COD ورودی، به سیستم شوک وارد شده و COD محلول باقی مانده، از ۱۳ میلی‌گرم در لیتر به ۳۹ میلی‌گرم در لیتر رسید. ولی پس از یک هفته مجدداً شرایط سیستم به وضعیت اول برگشت که نشان دهنده انعطاف‌پذیری سیستم در برابر شوک‌های ناشی از بارگذاری بود. متوسط راندمان حذف COD در این مرحله ۹۳/۴ درصد بود که در بین بارگذاریهای انجام شده از بیشترین راندمان برخوردار بود، که نشان دهنده رشد مناسب میکروارگانیسم‌ها بر روی بستر مورد استفاده بود. ولی فیلم میکروبی رشد کرده بر روی بستر به سختی کنده شده و از سیستم به مقدار خیلی کم خارج می‌شد و در نتیجه تراکم فیلم میکروبی در داخل بستر بیشتر می‌شد. پس از این که

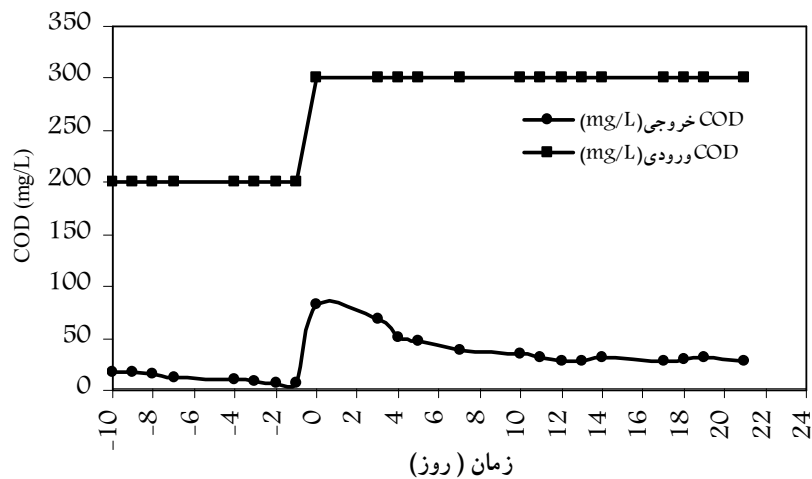
شرایط سیستم به مدت ۱۰ روز به صورت پایدار باقی ماند مجدداً غلظت COD ورودی از ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر به ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر افزایش یافت. در این نوبت شوک وارد شده به سیستم بیشتر از مرحله قبلی بود و COD باقی مانده از ۷ میلی‌گرم در لیتر در آخرین روز بارگذاری مرحله قبل به ۸۳ میلی‌گرم در لیتر رسید. در این مرحله بازگشت سیستم به شرایط پایدار، کمی بیشتر به طول انجامید. مقداری از جرم میکروبی نیز در این مرحله به صورت منقطع از سیستم خارج شد. متوسط راندمان حذف COD در این مرحله ۸۹/۵ درصد بود. در شکل ۴ نتایج به دست آمده از این بارگذاری نشان داده شده است.

در شکل ۵ اطلاعات مربوط به بارگذاری ۲/۴ کیلوگرم بر متر مکعب در روز مشاهده می‌شود. در این مرحله نیز مانند مراحل قبل با افزایش غلظت COD از ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر به ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر به سیستم شوک وارد شد. با گذشت زمان، غلظت COD خروجی از راکتور کاهش یافت ولی پس از گذشت ۱۰ روز از آغاز بارگذاری به علت تجزیه بستر رشد میکروبی، COD مجدداً افزایش یافت و در نهایت در روز بیست و سوم، سیلندرهای لوفات تجزیه شده و به صورت لجن غلیظ همراه با جریان خروجی از راکتور خارج شد. متوسط راندمان حذف COD در این مرحله ۸۱/۳ درصد بود که در بین بارگذاریهای انجام شده کمترین راندمان مربوط به این مرحله بود. افزایش بارگذاری و تجزیه بستر رشد میکروبی از دلایل این کاهش راندمان بوده‌اند. البته لازم به ذکر است که کاهش بازده در مراحل پایانی تحقیق به علت تغییر ماهیت بستر بوده است که در غیر این صورت امکان بارگذاری بیشتر نیز وجود خواهد داشت.

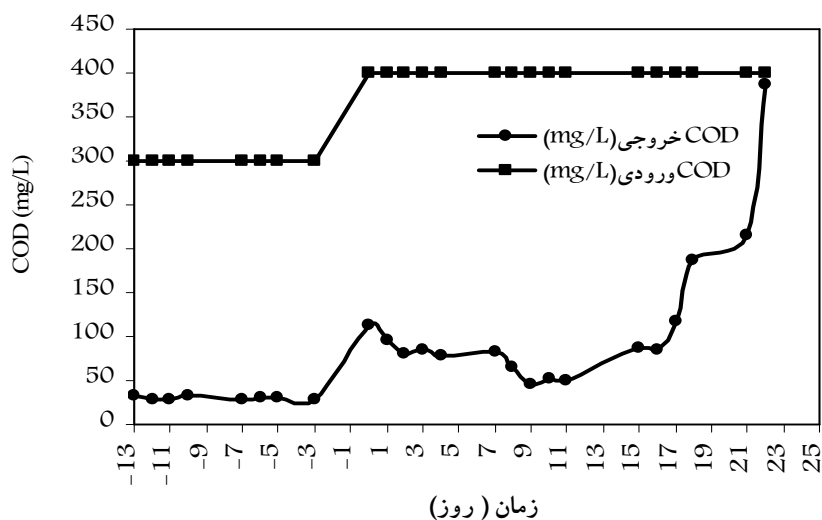
حداکثر زمان ماندگاری این بستر پرکننده در داخل راکتور ۸۳ روز بود. با توجه به نتایج به دست آمده از این مطالعه مشخص شد که از این گیاه نمی‌توان در زمانهای طولانی به عنوان بستر رشد



شکل ۳- داده‌های مربوط به بارگذاری ۱/۲ کیلوگرم COD بر متر مکعب در روز



شکل ۴- اطلاعات مربوط به بارگذاری ۱/۸ کیلوگرم COD بر مترمکعب در



شکل ۵- داده‌های مربوط به بارگذاری ۲/۴ کیلوگرم COD بر مترمکعب در روز

دقیقه و در pH های بین ۲ تا ۱۲ به مدت ۲۴ ساعت دچار تغییر نمی‌شوند و همچنین این بستر پرکننده در صورتی که به مدت ۷ روز با سرعت ۱۵۰ دور در دقیقه در آب مقطر تکان داده شود ۹۹ درصد از جرم میکروبی را در خود نگهداری می‌کند [۸].

در مطالعه دیگری که توسط احمدی و همکاران در زمینه مدل‌سازی تجربی تصفیه فاضلاب کارخانه‌های روغن زیتون انجام شد، از گیاه لوف‌ا به عنوان بستری برای چسبیدن کریزوسپوریوم استفاده شد [۹].

مزایای استفاده از این گیاه به عنوان بستر پرکننده در مقایسه با سایر بسترهای مورد استفاده عبارت است از:

ارزان بودن، در دسترس بودن، سبک بودن، عدم وجود مواد سمی برای میکروارگانیسم‌ها، کاربرد آسان، تخلخل زیاد و همچنین

میکروبی استفاده نمود و این مورد به عنوان محدودیت سیستم مزبور تلقی می‌شود که مطالعات بیشتر برای ایجاد تغییرات و اصلاحات بر روی این بستر پرکننده به منظور رفع محدودیت ذکر شده لازم می‌باشد. همچنین به دلیل تخلخل و چسبندگی خیلی زیاد این بستر، امکان خروج جرم میکروبی وجود نداشته و در نتیجه باعث ایجاد گرفتگی در سیستم می‌شد.

در تمام مطالعاتی که تاکنون بر روی این بستر انجام شده است، از سیلندرهای گیاه لوف‌ا به عنوان ساختاری برای چسبیدن میکروارگانیسم‌های خاص استفاده شده، و زمان ماند سیال تصفیه شده در سیستم کمتر از یک روز بوده است. اقبال و همکاران در سال ۲۰۰۵ از این گیاه به عنوان بستر رشد قارچهای مخصوص برای جذب زیستی فلزات سنگین و ترکیبات کلره از محلولهای آبی استفاده کردند. نتایج به دست آمده در این بررسی نشان داد که شکل و ساختار اسفنجهای لوف‌ا پس از ۱۰ بار اتوکلاو کردن به مدت ۲۰

¹ *Phanerochaete chrysosporium*

امکان کمپوست این گیاه پس از خروج از راکتور با توجه سلولزی بودن جنس آن.

در عین حال مهم ترین معایب کاربرد این گیاه به عنوان بستر پرکننده عبارت اند از:

چسبندگی زیاد که مانع از کنده شدن فیلم میکروبی می شود و به این ترتیب در اثر تجمع زیاد جرم میکروبی در داخل بستر سیستم به سرعت دچار گرفتگی می شود. یکی دیگر از معایب این بستر پرکننده این است که با توجه به ماهیت آلی این گیاه، مدت زمان ماند آن در داخل سیستم محدود است و حداکثر در طول ۱۰ تا ۱۲ هفته دچار پوسیدگی می گردد و باعث اختلال در عملکرد راکتور می شود.

۴- نتیجه گیری

نتایج به دست آمده از این مطالعه نشان داد که عملکرد راکتور رشد چسبیده هوازی مستغرق با بستر لوفافا، در حذف مواد آلی مناسب است. با توجه به راندمان پایین حذف COD در نوبت اول بارگذاری مشخص شد که این سیستم در بارگذاریهای کم، راندمان مناسبی ندارد. مهم ترین محدودیتهای مربوط به این بستر، پوسیدگی زودرس

۶- مراجع

- 1- Hamoda, M. F., and Al-Ghusain, I. A. (1998). "Analysis of organisc removal rates in the aerated submerged fixed film process." *Wat. Sci. Tech.*, 38(8-9), 213-221.
- 2- Loukidou, M. X., and Zouboulis, A. I. (2001). "Comparison of two biological treatment processes using attached-growth biomass for sanitary landfill leachate treatment." *Environmental Pollution*, 111, 273-281.
- 3- Grady, C. P. L. Jr., Daigger, G. T., and Lim, H. C. (1999). *Biological wastewater treatment*, 2nd Ed., Marcel Dekker, Inc., New York.
- 4- Hamoda, M. F., and Al-Sharekh, H. A. (1999). "Sugar wastewater treatment with aerated fixed-film systems." *Wat. Sci. Tech.*, 40(1), 313-321.
- 5- Metcalf & Eddy (2003). *Wastewater engineering: treatment and reuse*, 4th Ed., McGraw-Hill, New York.
- 6- Hogue, S. (2004). "The attached growth process an old technology takes new forms." *J. Pipe Line*, 15(1), 1-8.
- 7- Iqbal, M., and Edyvean, R. G. J. (2004). "Alginate coated Luffa sponge discs for the removal of cadmium from aqueous solutions." *Biotechnology Letters*, 26(2), 165-169.
- 8- Iqbal, M., Saeed, A., Edyvean, R. G. J., O'Sullivan, B., and Styring, P. (2005). "Production of fungal biomass immobilized Luffa sponge (FBILS)-discs for the removal of heavy metal ions and chlorinated compounds from aqueous solution." *Biotechnology Letters*, 27(2), 1319-1323.
- 9- Ahmadi, M., Vahabzadeh, F., Bonakdarpour, B., and Mehranian, M. (2006). "Empirical modeling of olive oil mill wastewater treatment using Luffa- immobilized *Phanerochaete chrysosporium*." *Process Biochemistry*, 41(2), 1148-1154.

و گرفتگی آن در بارگذاری زیاد بود. به منظور جلوگیری از پوسیدگی زودرس این بستر باید از پوششی مناسب برای آن استفاده نمود. همچنین در این مطالعه مشخص شد که برای استفاده از این بستر رشد میکروبی باید بارگذاری فاضلاب به میزان کمتر از ۳ کیلوگرم بر متر مکعب در روز باشد همچنان که بیشترین راندمان در بارگذاری ۱/۲ کیلوگرم بر متر مکعب در روز به دست آمد. با توجه به این که فاضلاب مورد استفاده در این مطالعه به صورت مصنوعی تهیه شده و فاقد مواد معلق بوده است، احتمال گرفتگی سریع تر سیستم در صورت وجود مواد معلق در فاضلابهای طبیعی وجود دارد که مطالعه رفتار این بستر پرکننده در برابر فاضلابهای طبیعی را ضروری می سازد.

۵- قدردانی

این مقاله نتیجه طرح تحقیقاتی مصوب دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران به شماره قرارداد ۱۳۲/۱۱۸۵۲ مورخ ۸۴/۱۲/۲۸ می باشد که بدین وسیله از همکاری صمیمانه آن دانشگاه قدردانی می گردد.