تصفیه بیولوژیکی پساب واحد مونو اتیلن گلایکول شرکت فرساشیمی عسلویه در یک بیوراکتور به کمک لجن فعال

حدیث تاج‌دینی چالشتری[**،۱]، **احمد حلاجی ثانی**[*،۲]
دانشکده فنی کاسپین، پردیس دانشکده‌های فنی ، دانشگاه تهران، تهران، ایران
*hallaj@ut.ac.ir**
*hadis.tajdini.ch@ut.ac.ir***

چکیده

کاهش مقدار آب شیرین همزمان با افزایش تقاضای مصرف آن، لزوم تصفیه پساب‌های صنعتی را می‌رساند. در این پژوهش به بررسی‌تصفیه‌بیولوژییکی بر روی پساب‌صنعتی حاصل از واحد تولید اتیلن گلایکول پرداخته شده است. سه پارامتر دما، دبی‌هوا و pH به عنوان متغیر و میزان پساب، محیط کشت حاوی میکروارگانیسم و مواد مغذی پارامترهای ثابت در نظر گرفته شدند. پس از اندازه‌گیری COD اولیه و COD ثانویه (بعد از گذشت زمان ۲۴ ساعت) و وارد کردن مقادیر COD در نرم افزار Design expert مشاهده شد که در محدوده ی دمایی$^{\circ}C$ ۳۱-۲۷، دبی هوای ۳۴Lit/min و pH در محدوده ۷,۵-۶,۵ بهترین و ایده آل ترین شرایط برای کاهش COD و در نتیجه بهترین کیفیت تصفیه پساب(تقریبا ۷۵٪) ایجاد شده است. با دور شدن از این شرایط، کیفیت تصفیه پساب پایین می‌آید. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که امکان تصفیه پساب کارخانه بصورت زیستی، امکان‌پذیر است.

واژه‌های کلیدی: پساب صنعتی، تصفیه بیولوژیکی، بیوراکتور، طراحی آزمایش، اعتبارسنجی، محیط کشت

۱- مقدمه

در طول ۳۰ سال گذشته، مسائل زیست محیطی در مورد آلودگی‌های شیمیایی و بیولوژیکی آب به یک نگرانی عمده برای جامعه، مقامات دولتی و صنعت تبدیل شده است. منابع مختلفی از آلودگی آب وجود دارد، اما یکی از بزرگ‌ترین آن‌ها استفاده گسترده از آب توسط صنعت است [۱].

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد و مهندسی‌شیمی

۲- استادیار و مهندسی‌شیمی

روش‌های فعلی تصفیه فاضلاب شامل ترکیبی از فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی است و برای حذف ذرات نامحلول و آلاینده های محلول از پساب‌ها استفاده می‌شود. تحقیقات متمرکز بر ترکیبات موثر اقتصادی‌تر سیستم‌ها یا گزینه‌های جدید است. تصفیه بیولوژیکی فاضلاب به دلیل استفاده از موجودات زنده در فرآیند حذف مواد آلی فاضلاب، همواره مهم‌ترین و حساس‌ترین بخش تصفیه‌فاضلاب است[۲]. فرآیند تصفیه بیولوژیکی معمولا برای کاهش اثرات زباله‌های پتروشیمیایی به کار می‌رود. روش تصفیه بیولوژیکی بر مبنای رشد دادن میکروارگانیسم ها در محیط فاضلاب قرار دارد. ترکیبات آلی و نیتروژن دار موجود در فاضلاب به عنوان مواد مغذی برای رشد سریع میکروبی در شرایط هوازی، بی هوازی و یا اختیاری مصرف می‌شوند. این سه نوع شرایط در نحوه مصرف اکسیژن با یکدیگر متفاوت هستند. میکروارگانیسم‌های هوازی برای متابولیسم خود به اکسیژن نیاز دارند، در حالی که میکروارگانیسم های بی‌هوازی در شرایط عدم حضور اکسیژن رشد می‌نمایند و میکروارگانیسم‌های اختیاری هم در شرایط عدم حضور اکسیژن و هم در شرایط وجود اکسیژن تکثیر می‌یابند. هر چند که این دو فرآیند متابولیسم‌های متفاوتی دارند. عمده میکروارگانیسم‌های موجود در سیستم‌های تصفیه فاضلاب مواد موجود در فاضلاب را به عنوان منبع انرژی و رشد استفاده می‌کنند [۳]. انواع شکل‌های این فرآیند روش MBR (بیوراکتور غشایی)، SBR (بیوراکتورهای سری)، Biofilm (راکتور بستر میکروارگانیسم)، MBBR (راکتور بیولوژیکی بستر متحرک) می‌باشند. فرآیندهای تبدیل بیولوژیکی شامل سیستم‌های لجن فعال برای از بین بردن COD، نیتریفیکاسیون و دی‌نیتریفیکاسیون است [۴].

اگر میکروارگانیسم‌ها در تصفیه خانه‌های بیولوژیکی در محیط آبی معلق باشند، این سیستم به عنوان فرآیند رشد معلق معرفی می‌گردد. اگر میکروارگانیسم‌ها به یک سطح چسبیده و روی آن شروع به رشد کنند، به فرآیند رشد چسبیده معروف می شود. تصفیه بیولوژیکی اقدامات میکروب‌های مختلف برای از بین بردن آلاینده‌های خطرناک در فاضلاب پتروشیمیایی و تثبیت موادآلی است. استانداردهای دقیق محیطی و بازیافت آب برای استفاده مجدد، که مستلزم هزینه و دفع آلاینده‌ها می‌باشد، سبب تمرکز بر روی تصفیه‌های بیو لوژیکی شده است [۵].

فرمانی و همکاران؛ مزایا و پیشرفت‌های فرآیندهای تصفیه بیولوژیکی برای تصفیه پساب صنعتی مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند که فرآیند تصفیه بیولوژیکی نسبت به تصفیه شیمیایی و فیزیکی بازده بالاتری داشته و کیفیت آب خروجی از آن بهتر است، زیرا این روش قادر به حذف بر خی ترکیبات است که روش‌های فیزیکی و شیمیایی قادر به انجام آن نیستند و به دلیل گستردگی نوع روش‌های بیولوژیکی با توجه به شرایط موجود انتخاب روش تصفیه راحت‌تر خواهد بود [۶]. زالی و همکاران؛ به بررسی امکان استفاده مجدد از پساب تصفیه‌خانه صنعتی به روش فرآیند بیولوژیکی بی‌هوازی و هوادهی گسترده جهت مصارف کشاورزی و آبیاری

فضای سبز شهری پرداختند. طبق نتایج به‌دست‌آمده غلظت پارامترهای کیفی این تصفیه‌خانه در محدوده استاندارد و حد مجاز جهت مصارف آبیاری و کشاورزی قرار دارد [۷].

هدف از این طرح، بررسی تاثیر سه پارامتر دما، دبی هوا و pH به عنوان متغیر بر روی تصفیه‌بیولوییکی پساب-صنعتی حاصل از واحد تولید اتیلن گلایکول می‌باشد.

۲-مواد و روش‌ها

۲-۱-دستگاه‌ها

یک ظرف دو لیتری مدرج به عنوان بیوراکتور ناپیوسته، حمام آب با دمای آب خنک کننده°C ۴۰، هوادهی با استفاده از یک دیفیوزر پلی‌اتیلنی، محیط کشت با استفاده از۳۰٪ از کل حجم بیوراکتور، pH متر، راکتور دمایی جهت اندازه گیری نمونه برای تست COD، دستگاه اسپکتروفتومتر برای اندازه‌گیری آهن کل، رنگ و مقدار اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) در این طرح استفاده شد.

۲-۲-مواد

مواد استفاده شده در آزمایش‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱: مواد استفاده شده در آزمایش‌ها

نام ماده	مقدار	فرمول شیمیایی	توضیحات
کوداوره	۱۸گرم	$CO(NH_2)_2$	حاوی ۴۶٪ نیتروژن
دی آمونیوم فسفات	۲ گرم	$(NH_4)_2(HPO_4)$	حاوی ۴۰ ٪ فسفات
کاستیک	به مقدار نیاز جهت تنظیم pH	NaOH	۹۸٪ سدیم هیدروکسید
اسید سولفوریک	به مقدار نیاز جهت تنظیم pH	H_2SO_4	غلظت ۹۸٪

۲-۳- روش ها

در این پژوهش بر روی پساب واحد اتیلن گلایکول به روش تصفیه بیولوژیکی، میکروارگانیسم‌ها و لجن فعال را با پساب ورودی (COD مشخص) و در حالتهای متفاوت pH(4-6/5-9) و دماهای (°C ۳۵-۳۰-۲۵) و دبی هوای (Lit/min 50 -10-30) قرار داده و COD خروجی برای ۱۴ حالت بررسی گردید. COD برای تمامی ۱۴ حالت، نتایج جدول ۲ بدست آمد و در نرم افزار Design expert وارد گردید.

جدول ۲: میزان تغییرات COD ورودی و خروجی برای همه حالات آزمایش

	T(OC)	PH	Q(L/Min)	COD(IN)	COD(OUT)	COD ratio	ΔCOD
1	30	4	10	579	294	0.507772	285
2	30	9	10	579	280	0.483592	299
3	30	6.5	30	610	175	0.286885	435
4	30	6.5	30	586	148	0.282356	438
5	30	6.5	30	630	190	0.301587	440
6	30	4	50	520	236	0.453846	284
7	30	9	50	520	215	0.413462	305
8	25	6.5	10	690	295	0.427536	395
9	25	9	30	650	270	0.415385	380
10	25	6.5	50	540	150	0.277778	390
11	35	6.5	50	580	270	0.465517	310
12	35	9	30	670	365	0.544776	305
13	35	6.5	10	596	290	0.486577	306
14	35	4	30	670	390	0.58209	280

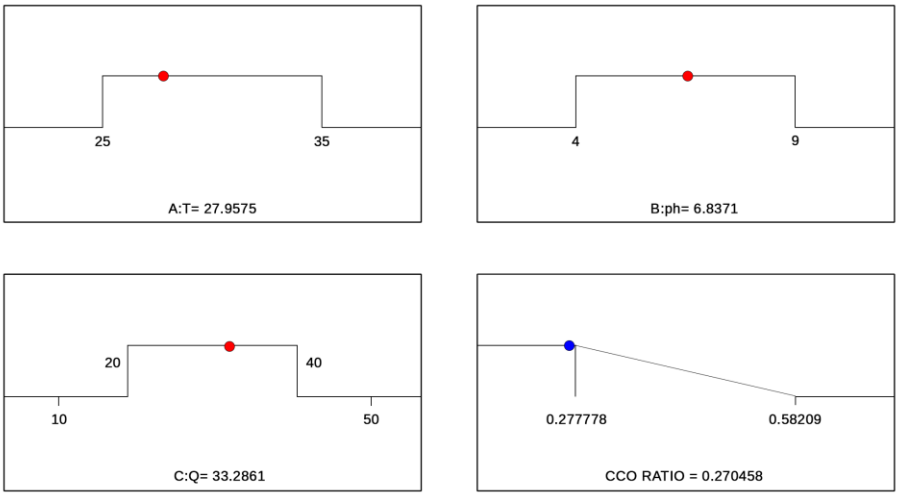
۳- انجام آزمایش

ابتدا یک‌ونیم لیتر از پساب پتروشیمی فرساشیمی با COD مشخص داخل بیوراکتوری حاوی ٪ ۳۲ محیط کشت حاوی میکروارگانیسم، ریخته و به مقدار ۱۸ گرم اوره و ۲ گرم دی‌آمونیوم‌فسفات به آن اضافه شد. در حالت اول راکتور در حمام آبی در دمای ۳۲°C ثابت قرار داده شده و هوا با دبی ۱۲ لیتر بر دقیقه در آن دمیده می‌شود؛ pH پساب با استفاده از محلول سود روی ۴ تنظیم گردید. پساب و راکتور به مدت یک شبانه روز با این شرایط نگهداری و روز بعد دوباره COD اندازه گیری شد. برای هر ۱۴ حالت به همین منوال با توجه به دما، pH و دبی هوای مورد نظر شرایط آزمایش مهیا گردید.

۴- بحث و تحلیل

با توجه نتایج در محدوده‌های دما، pH و دبی هوا مقدار COD ratio minimize، بهینه حالات ممکن تعیین می-شود. با توجه به گستردگی نقاط بهینه، نرم افزار Design expert مشخص می‌کند که نتایج اختلاف‌های بسیار اندکی با هم دارند و تشخیص بهترین نقطه‌ی ممکن از بین این حالت‌ها به عهده‌ی سرپرست تصفیه پساب می-باشد. در صنعت تصفیه پساب رسیدن به عدد بهینه به عنوان مثال T=۲۸,۳°C برای تانک‌های هوازی و ثابت نگه داشتن در این دما کار مشکلی می‌باشد. پس بهترین حالت، عددهای صحیح و بدون اعشار در نظر گرفته می‌شود. پایین نمودار فاکتور Desriribility دیده می‌شود که نشان‌دهنده درصد اطمینان یا اعتماد مدل می‌باشدکه هر چه این فاکتور به یک نزدیک‌تر باشد به معنای آن است که جواب‌ها و نتایج قابل اعتمادترند که در این مقاله Desiribility یک بدست امده است و گویای درصد اعتماد بالای داده ها از دید نرم افزار می‌باشد. در شکل ۱ نیز بهترین حالت ممکن برای تصفیه با یک نمودار سه محوری نشان داده شده است که شرایط عبارت است از:

COD_{ratio}=0/27 ، Airflow:33.28lit/min ، T=27/9 °C ،pH=6/5



شکل1: مقادیر بهینه pH، دما و دبی هوا برای میکروارگانیسم‌ها

۵- نتیجه‌گیری

هر چقدر نسبت COD ratio =COD out/COD in عددکوچکتری باشد و همینطور Δ= CODin -CODout عدد بزرگتری باشد نشان دهنده‌ی کیفیت خوب تصفیه‌پساب می‌باشد. مراحل ۴، ۵ و ۹ کاهش چشمگیری در COD در مقایسه با حالت قبل ازتصفیه وجود دارد و این امر نشان‌دهنده‌ی کیفیت بالای تصفیه پساب به میزان تقریبا ۷۱٪ برای آزمایش شماره ۴ و همچنین ۷۴٪ برای آزمایش شماره ۵ می‌باشد. از طرفی در آزمایشات شماره ۱، ۶ و ۴ تغییرات اندکی وجود داردکه نشان دهنده‌ی تصفیه کم و به میزان تقریبی ۴۱ الی ۴۹٪ می‌باشد. در سایر آزمایش‌ها نیز کاهش محسوس COD وجود دارد. نتایج نشان می‌دهد که با روش تصفیه بیولوژیکی و لجن فعال میتوان به تصفیه ی بالای ۷۵٪ دست یافت که این نتیجه از لحاظ تصفیه بیولوژیکی بسیار مثبت ارزیابی می‌شود.

مراجع

1. Crini, G. and E. Lichtfouse, *Advantages and disadvantages of techniques used for wastewater treatment.* Environmental Chemistry Letters, 2019. **17**(1): p. 145-155.

۲. احسان طاهری، سید زهرا سجادی، حسین رضایی، هانیه رضازاده، حدیث گرایی، هدی جفری زاده مالمیری. تصفیه بیولوژیکی فاضلاب ، همایش ملی پژوهش های دانش بنیان در صنایع نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی،۱۳۹۹

3. Ghimire, N. and S. Wang, *Biological treatment of petrochemical wastewater*, in *Petroleum Chemicals-Recent Insight*. 2018, IntechOpen. p. 55-74.
4. Babi, D.K., M.S. Cruz, and R. Gani, *Fundamentals of process intensification: a process systems engineering view*, in *Process intensification in chemical engineering*. 2016, Springer. p. 7-33.

5. Rajasulochana, P. and V.J.R.-E.T. Preethy, *Comparison on efficiency of various techniques in treatment of waste and sewage water–A comprehensive review*. 2016. 2(4): p. 175-184.

۶. اسماعیل فرمانی اشلاقی، مسلم عزیزی، محمود ترابی انگجی. مزایا و پیشرفت‌های فرآیندهای تصفیه بیولوژیکی برای تصفیه پساب صنعتی؛هفتمین کنفرانس بین المللی شیمی و مهندسی شیمی،۱۳۹۹

۷. سید ابوالفضل زالی، رضا خلیلی، محمد پروین نیا،داریوش یوسفی کبریا،بررسی استفاده مجدد از پساب تصفیه‌خانه صنعتی به روش فرآیند بیولوژیکی بی هوازی و هوادهی گسترده جهت مصارف کشاورزی و آبیاری فضای سبز شهری؛ پنجمین کنفرانس ملی تحقیقات جدید در شیمی، مهندسی شیمی و نفت،۱۳۹۷

Biological treatment of effluent of Mono Ethylene Glycol Unit of Farsa Shimi Assaluyeh Company in a bioreactor with the help of activated sludge

Hadis Tajdini Chaleshtori, Ahmad Hallaji Sani***
*hallaj@ut.ac.ir**
*hadis.tajdini.ch@ut.ac.ir***

Abstract
Reducing the amount of fresh water while increasing the demand for its consumption, necessitates the treatment of industrial effluents. In this research, biological treatment on industrial effluent from ethylene glycol production unit has been investigated. Three parameters of temperature, air flow and pH were considered as variables and the amount of effluent, culture medium containing microorganisms and nutrients were fixed parameters .After measuring the primary COD and secondary COD (after 24 hours) and entering the COD values in the design expert software, it was observed that in the temperature range of 27-31 ° C, air flow rate of 34 Lit/min and pH in the range of 6.5 -7.5 The best and most ideal conditions for reducing COD and as a result the best quality of wastewater treatment (approximately 75%) have been created. The results show that it is possible to treat the plant effluent biologically.

Keywords: Industrial waste, Biological treatment, Bioreactor, Experimental design, Validation, Culture medium