



بررسی تجزیه فرم آلدهید با کمک میکروارگانیزم های جدا شده از فاضلاب صنایع شیمیایی

احمد جنیدی جعفری^۱، امیر رضا طلایی^۲، سهند جوفی^۳، محمد مهدی مهربانی اردکانی^۱

چکیده

زمینه و هدف: فرم آلدهید یکی از ترکیبات خطرناک می باشد که ممکن است در فاضلاب های صنایع مختلف دیده شود. این ترکیب سمی بوده و تجزیه بیولوژیکی آن مشکل است. هدف از این مطالعه تعیین کارایی میکروارگانیزم های جداسازی شده از پساب های آلوده به فرم آلدهید در شرایط هوازی و حالت های رشد معلق و چسبیده می باشد.

در این پژوهش ضمن شناسایی منابع مولد صدای مستقر در منطقه لاوان، تراز فشار صدا در واحدهای مختلف اندازه گیری و نقشه های صوتی منطقه مورد پژوهش تهیه گردید. به علاوه دز صدای دریافتی کارکنانی که در نواحی خطر مشغول به کار بودند، تعیین گردید.

روش بررسی: در این مطالعه میکروارگانیزم های تجزیه کننده فرم آلدهید از پساب و خاک یکی از صنایع شیمیایی جدا گردید. سپس میکروارگانیزم ها با استفاده از محیط های کشت اختصاصی ایزوله شده و جداسازی شدند. ۱۲ میکروارگانیزم جداسازی شده و در این مطالعه برای بررسی تجزیه بیولوژیکی فرم آلدهید استفاده شدند. آزمایش COD به روش استاندارد برای ارزیابی میزان تجزیه مورد استفاده قرار گرفت.

یافته ها: نتایج نشان داد که میکروارگانیزم سودوموناس آئروژنوزا بیشترین کارایی را داشت. بازده حذف COD سودوموناس آئروژنوزا در حالت رشد معلق معادل ۸۵ درصد و در حالت رشد چسبیده ۸۳ درصد بود. همچنین پارامترهای سینتیکی حذف آن محاسبه گشت که ضرایب K_s ، K_d ، Y به ترتیب معادل $1/144d$ ، $3/28mg\ COD/mg\ MLSS.day$ ، $0/44mg\ MLSS/mg\ COD$ ، $1/36mg/l$ و $0/041/day$ می باشند.

نتیجه گیری: با به کارگیری شرایط هوازی در این مطالعه جهت حذف فرم آلدهید و بازده قابل قبول آن در کاهش COD می توان از مزایای روش هوازی در مقایسه با روش بی هوازی بهره برد.

کلیدواژه ها: فرم آلدهید، تجزیه بیولوژیکی، رشد چسبیده و معلق، صنایع شیمیایی

مقدمه

فرم آلدهید گازی است با بویی تند و زننده که تحریک کننده پوست و مخاط چشم بوده و عوارضی چون اختلالات تنفسی بصورت آسم و سرطان زایی در سیستم تنفسی حیوانات آزمایشگاهی ایجاد کرده است. و بر اساس اعلام مرکز بین المللی سرطان سازمان بهداشت جهانی این ترکیب برای انسان سرطان زامی باشد [۱]. فرم آلدهید در پساب صنایع چسب سازی، شیمیایی، پتروشیمی و... تولید می گردد و دارای فرمول

شیمیایی CH_2O است [۲]. این صنایع فاضلابی با غلظت های بیش از ۱۰ میلی گرم در لیتر فرم آلدهید تولید می کنند [۳]. در رتبه بندی اثرات زیست محیطی، که ۴۵ ماده شیمیایی مضر در آن توسط ادواردز و همکارانش تقسیم بندی شده اند، فرم آلدهید در رتبه اول قرار گرفته است [۴]. سمیت و سرطان زایی آن در تعدادی از مطالعات انجام شده بر روی فرم آلدهید مورد بررسی و تأیید قرار گرفته است [۵، ۶]. به عنوان یک ماده گندزدا محلول ۰/۵ درصد فرم آلدهید قادر به از بین بردن میکروارگانیزم ها در یک دوره زمانی ۶ الی ۱۲ ساعته

۱- (نویسنده مسئول) دانشیار گروه بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی ایران (email:ahmad_jonidi@yahoo.com)

۲- عضو موسسه آموزش عالی جامی، گروه مهندسی عمران

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی ایران



سانتیمتری برداشته شده و به همراه نمونه فاضلاب تا آزمایشگاه در کنار یخ نگهداری شد.

۲- جداسازی میکروارگانیسم ها

بدین منظور محیط کشت معدنی به صورت زیر تهیه گشت: ۰/۱ گرم در لیتر $MgSO_4$ ، ۰/۵ گرم در لیتر KH_2PO_4 ، ۰/۰۱ گرم در لیتر $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ ، ۰/۰۱ گرم در لیتر $FeSO_4$ ، ۱ گرم در لیتر $NaNO_3$ ، ۰/۵ گرم در لیتر K_2HPO_4 و pH نمونه به کمک محلول هیدروکسید سدیم بر روی ۷/۲ تنظیم شد. در دوارن مایر ۲۵۰ میلی لیتری ۱۰۰ میلی لیتر از محیط پایه نمکی ریخته و ۰/۵ میلی لیتر محلول فرم آلدئید به آنها اضافه گردید. ۵ گرم از نمونه خاک را در ۱۰۰ میلی لیتر سرم فیزیولوژیک حل کرده و پس از آن ۲ میلی لیتر از محلول خاک و سرم فیزیولوژیک را به یکی از ارلن مایرها اضافه شد. ۲ میلی لیتر نیز از نمونه فاضلاب به ارلن مایر دیگر اضافه گردید. این محیط به مدت ۷۲ ساعت و با ۱۶۰ دور در دقیقه در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد در یک شیکرانکوباتور قرار گرفت و هوادهی شد. پس از گذشت این مدت زمان مجدداً دوارن مایر با شرایط فوق را مهیا نموده و دو میلی لیتر از محلول موجود در ارلن ها به آنها پاساژ داده شد. این محیط ها نیز به مدت ۷۲ ساعت دیگر در شیکرانکوباتور قرار گرفتند.

۳- خالص سازی میکروارگانیسم ها

با کمک اضافه کردن ۱۵ گرم در لیتر آگار - آگار به محیط پایه نمکی، آن را جامد سازی نموده و ۲۰ میلی لیتر از محیط کشت را در پیلیت ریخته شد. با کمک لوپ آزمایشگاهی مقداری از محیط موجود در ارلن مایر ها را به پیلیت منتقل شد. پس از سرد و جامد شدن محیط پایه نمکی یک میلی لیتر محلول فرم آلدئید را بر روی محیط جامد اضافه شد و با کمک حرکت دادن آن محلول را در تمامی سطح محیط پخش گردید. این محیط ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد انکوباسیون شدند. پس از این مدت کلنی هایی بر روی محیط جامد ایجاد گشت.

از هر کلنی با کمک لوپ مقداری برداشت کرده و به روی محیط جامد دیگری منتقل گشت و مجدداً به مدت ۴۸ ساعت انکوباسیون شد. این عمل تا به دست آمدن کلنی های مشابه ادامه یافت. در این عمل با توجه به شکل و رنگ کلنی های بدست آمده ۱۲ نوع باکتری جداسازی شد که M-1 الی M-12 نامگذاری شدند. از باکتریها اسلنت تهیه شد و در دمای ۴ درجه سانتیگراد نگهداری شدند. برای نگهداری طولانی مدت نمونه ها هر ۴ ماه یکبار محیط کشت موجود در اسلنت ها تعویض گردید.

۴- بررسی کارائی میکروارگانیسم هادر حالت رشد معلق

با کمک لوپ آزمایشگاهی از اسلنت های تهیه شده، میکروارگانیسم ها جدا شده و به ارلن مایر های ۲۵۰ میلی لیتری

می باشد [۷]. راههای تجزیه فرم آلدئید و میکروارگانیسم های درگیر در آن مدتها به خوبی شناخته شده نبود [۲، ۸]. درباره حداکثر غلظت های قابل تصفیه فرم آلدئید و غلظتهایی از آن که باعث از بین رفتن بیومس فعال در سیستم های تصفیه می شود و همچنین تولیدات حد واسط و پاسخ میکروارگانیسم ها به راه های گوناگون تجزیه و همچنین مهمترین سوبسترا های کمکی، توافقی کلی در بین محققین وجود ندارد [۲]. بیشترین مطالعات درباره تجزیه بی هوازی فرم آلدئید بوده است و اطلاعات زیادی درباره تجزیه هوازی آن در دست نیست. برای دستیابی به بهترین کارائی در حذف این ترکیب باید زمان ماند میکروبی بالا باشد که بدین منظور سیستم های رشد چسبیده بهترین گزینه ممکن می باشند [۲]. یکی از روشهای بدست آوردن میکروارگانیسم های مناسب برای حذف ترکیبات سمی آدپتاسیون می باشد [۹، ۱۰]. در اکثر مطالعات گذشته از روش آدپتاسیون برای سازگار ساختن میکروارگانیسم ها جهت حذف فرم آلدئید استفاده شده است. این امر باعث افزایش چشم گیر مدت زمان مطالعه می گردد. بطور مثال اولیورا و همکارانش از روش آدپتاسیون برای بدست آوردن میکروارگانیسم های مورد نیاز خود استفاده نمودند. آنها به مدت یک سال میکروارگانیسم ها را تحت غلظت های مختلف فنل قرار داده و پس از آن تزریق فرم آلدئید را آغاز نمودند [۲]. ولی این روش نیازمند زمان زیادی است و می توان به جای آن از میکروارگانیسم هایی که بطور طبیعی با مواد سمی در تماس بوده اند و طی سالها برای مصرف این مواد سازگار شده اند استفاده نمود. بنابراین هدف از این مطالعه جداسازی میکروارگانیسم هایی از محیط می باشد که قبلاً در محیط های حاوی فرم آلدئید بوده اند و سازگاری کافی را بطور طبیعی برای مواجهه با غلظتهای بالای فرم آلدئید پیدا نموده اند. بدین سان نیاز به سازگار سازی میکروارگانیسم قبل از شروع مطالعه حذف شده و زمان رسیدن به حداکثر بازدهی کاهش چشم گیری می یابد. در این مطالعه به بررسی عملکرد رشد چسبیده و معلق میکروارگانیسم جدا شده پرداخته شد و کارائی میکروارگانیسم در این حالات بررسی گردید. برای استفاده از نتایج این مطالعه در مقیاس صنعتی مدل سازی سینتیک رشد نیز به انجام رسید.

روش بررسی

۱- نمونه برداری

در این مطالعه برای جداسازی میکروارگانیسم های مورد نیاز از یک لاگون واقع در کارخانه صنایع شیمیایی که مواد اولیه تولید ظروف ملامین را تولید می نمود و برای سالهای متوالی حاوی پساب دارای فرم آلدئید بود استفاده شد. برای یافتن میکروارگانیسم های مناسب برای حذف فرم آلدئید از چند نقطه آلوده به فاضلابهای حاوی این ترکیب نمونه هایی برداشته شد. نمونه ها از فاضلاب خروجی آلوده به فرم آلدئید و خاک اطراف لاگون های حاوی آن برداشته شد. نمونه خاک از عمق ۵



۱۰۰ میلی لیتر محیط معدنی استریل انتقال داده شد. یک ارلن مایر نیز بدون میکروارگانیزم به عنوان نمونه شاهد در نظر گرفته شد. ارلن مایرها در یک شیکرانکوباتور با دمای ۳۰ درجه سانتیگراد و شدت هوادهی ۱۸۰ دور در دقیقه قرار گرفت. ارلن مایرها با زمان ماند های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۸ روز از شیکرانکوباتور خارج و برای تعیین پارامترهای اکسیژن خواهی شیمیایی محلول و جامدات معلق فرار مورد آزمایش قرار گرفتند. این پارامترها بر طبق روش استاندارد متد انجام پذیرفت [۱۳].

$$\frac{X\theta}{S_0 - S} = \frac{K_s}{k} \times \frac{1}{S} + \frac{1}{k} \quad (1)$$

$$\frac{1}{\theta_c} = Y \frac{S_0 - S}{X\theta} - k_d \quad (2)$$

$$\mu_{max} = kY \quad (3)$$

برای محاسبه ضرایب سینتیکی در این مطالعه از معادلات زیر استفاده گردید:

در معادلات فوق X غلظت میکروارگانیزم هابر حسب میلی گرم بر لیتر، θ زمان ماند هیدرولیکی روز، θ_c زمان ماند میکروبی بر حسب روز، K_s ثابت نیمه اشباع، S_0 غلظت سوپسترای اولیه، S غلظت سوپسترا بر حسب میلی گرم بر لیتر بعد از گشت زمان ماند، k آهنگ حداکثر مصرف سوپسترا در واحد جرم میکروارگانیزم، k_d ضریب مرگ و میر سلولی بر حسب day^{-1} می باشد. برای تعیین k و بر حسب میلی گرم بر لیتر از معادله شماره ۱ استفاده نموده و با رسم $X\theta/S_0 - S$ در مقابل $1/S$ (رگرسیون خطی) محل برخورد نمودار با محور طولها $1/k$ برابر و شیب خط ایجاد شده برابر K_s/k می باشد. برای تعیین Y و k_d از معادله شماره ۲ استفاده می گردد که با رسم $1/\theta_c$ در مقابل $(S_0 - S)/X\theta$ محل برخورد نمودار ایجاد شده با محور طولها برابر k_d و شیب نمودار رسم شده برابر Y می باشد. در نهایت برای تعیین میزان μ_{max} از رابطه شماره ۳ استفاده می شود.

یافته ها

در نمودار یک میزان کارائی میکروارگانیزم های مختلف در حذف فرمالدئید در حالت رشد معلق با یکدیگر مقایسه شده است. در این مطالعه میکروارگانیزم با کد M-12 دارای بیشترین میزان کارائی حذف اکسیژن خواهی شیمیایی ناشی از فرمالدئید بود. این میکروارگانیزم قادر به کاهش ۸۵ درصد COD بود. سایر میکروارگانیزم های جدا شده از محیط در این مطالعه توانایی کمتری در حذف فرمالدئید در محیط داشتند. با توجه به نتایج ارائه شده در نمودار شماره یک، میکروارگانیزم M-12 که بیشترین میزان کارائی در تجزیه فرمالدئید را ایجاد نموده بود برای ادامه مطالعات انتخاب گردید. در ادامه کارایی میکروارگانیزم M-12 در دو حالت رشد چسبیده و معلق بررسی گردید که نتایج حاصل از آن نشان می

حاوی ۱۰۰ میلی لیتر محیط کشت نوترینت برات انتقال داده شد. این محیط به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد و ۱۸۰ دور در دقیقه در یک شیکرانکوباتور جهت هوادهی قرار می گیرد. پس از گذشت ۲۴ ساعت، ۱۰ میلی لیتر از هر محیط کشت بطور مساوی به دو لوله آزمایش منتقل شده (۵ میلی لیتر در هر لوله) و با دور ۳۰۰۰ دور در دقیقه و به مدت ۵ دقیقه سانتریفوژ گردید. مایع روپی که فاقد میکروارگانیزم است دور ریخته شده و میکروارگانیزم ها چسبیده به دیواره هر لوله آزمایش با کمک ۵ میلی لیتر سرم فیزیولوژی یک و استفاده از دستگاه شیکر لوله که در دور پایین تنظیم گردیده بود، در سرم فیزیولوژی یک معلق شدند. میزان میکروارگانیزم های موجود با استفاده از میزان جذب محلول در ۶۰۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر که قبلاً کالیبره شده است اندازه گیری شده و به میزان برابر در ۱۳ ارلن مایر ۲۵۰ میلی لیتری حاوی ۱۰۰ میلی لیتر محیط معدنی تلقیح گردید. در هر کدام یک میلی لیتر فرم آلدئید اضافه شد. یک ارلن مایر نیز به عنوان نمونه شاهد و فاقد میکروارگانیزم در نظر گرفته شد. ارلن مایر ها در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد و شدت هوادهی ۱۶۰ دور در دقیقه به مدت ۲۴ ساعت در شیکرانکوباتور قرار گرفتند. پس از گذشت این مدت COD در هر ارلن مایر اندازه گیری شده و با COD مربوط به شاهد مقایسه گردید.

۵- بررسی کارائی میکروارگانیزم ها در حالت رشد چسبیده

از روشی که توسط سرینیواسولا و همکارانش گزارش شده است استفاده شد [۱۱].

۶- مطالعات میکروسکوپی

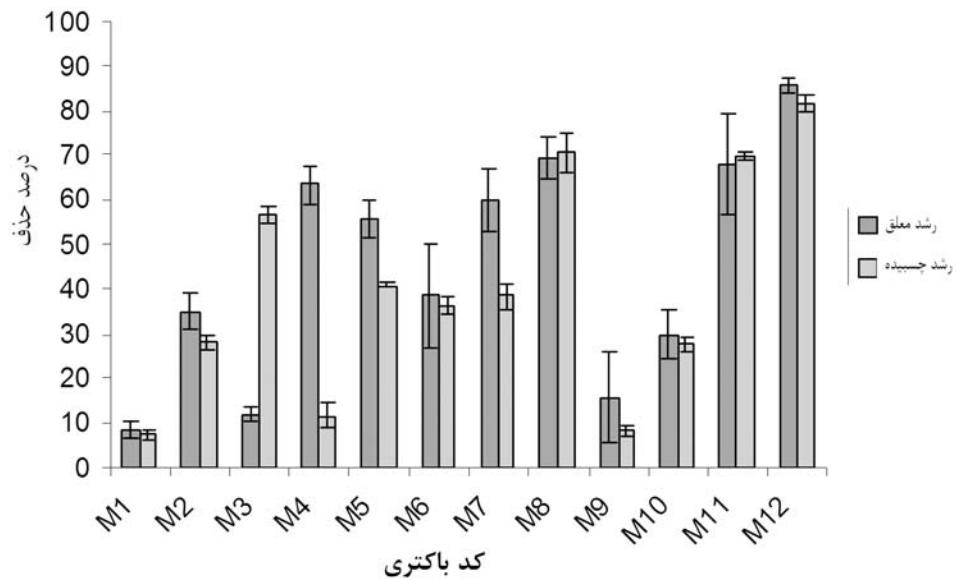
در تمام مراحل آزمایشات مطالعات میکروسکوپی توسط تهیه لام مرطوب با کمک روغن امرسیون و بزرگ نمایی ۴۰۰ برابر انجام گرفت.

۷- بررسی میکروارگانیزم

پس از شناسایی میکروارگانیزم غالب آزمایشات گرم، تست اکسیداز، بررسی میکروارگانیزم برای تعیین هوازی یابی هوازی بودن آن، مطالعات میکروسکوپی و در نهایت کشت در محیط مایع (نوترینت برات) و جامد (نوترینت آگار) و بررسی پیگمانهای رنگی تولیدی توسط میکروارگانیزم ها انجام شد. ریخت شناسی سلول ها، آزمایش گرم و همچنین آزمایش اکسیداز به کمک روش گزارش شده توسط بارو و فلتام انجام شد [۱۲].

۸- تعیین ثوابت سینتیکی

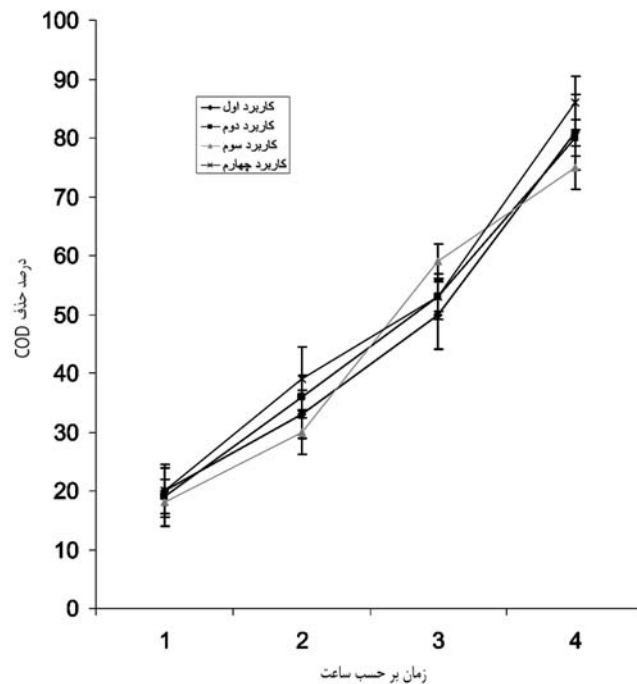
برای بدست آوردن میکروارگانیزم کافی از محیط کشت نوترینت برات طبق روش ذکر شده در بخش ۲-۴ استفاده گردید. میکروارگانیزمها به ۵ ارلن مایر ۲۵۰ میلی لیتری حاوی



نمودار ۱- مقایسه حذف COD توسط هر یک از میکروارگانیسم‌ها در حالت رشد معلق و چسبیده

از سلولهای موجود در رشد چسبیده بارها استفاده نمود ولی سلولهای رشد معلق به دلیل عدم ایجاد فلوک (که این امر می تواند به دلیل فقدان میکروارگانیسم های رشته ای باشد) و همچنین عدم ته نشینی مناسب پس از یک بار استفاده از محیط خارج می گردند و نیاز به اضافه نمودن سلولهای جدید برای ادامه فرایند می باشد. نتایج آزمایشات گرم و مطالعات میکروسکوپی بر روی

داد کارائی میکروارگانیسم تفاوت چندانی در هر دو حالت با یکدیگر ندارند. میکروارگانیسم M-12 در حالت رشد چسبیده قادر به حذف ۸۳ درصد COD بود که تفاوت چندانی با میزان حذف COD در حالت رشد معلق نداشت. نمودار شماره دو تاثیر استفاده مجدد از میکروارگانیسم های چسبیده را نشان می دهد که تفاوت زیادی با یکدیگر پس از بارها استفاده ندارند. تنها تفاوت سلولها در رشد چسبیده و معلق در این است که می توان



نمودار ۲- تأثیر استفاده مجدد از سلولها در حالت رشد چسبیده

شرایط هوازی	شرایط بی هوازی	گرم مثبت یا منفی	شکل	رنگ کلونی	آزمایش اکسیدار	تولید پیگمان رنگی	مشخصات پیگمان رنگی
قادر به رشد می باشد	قادر به رشد نمی باشد	گرم منفی	میله ای	شیری با اطراف نامنظم - وسط کلنی برآمده	+	+	در آب و اسید استیک حل می شود ولی در کلروفرم نامحلول است

جدول ۱- نتیجه آزمایشات انجام پذیرفته جهت شناسایی باکتری M-12

چسبیده برای حذف فرم آلدئید استفاده شده بود. با کمک سیستم های رشد چسبیده زمان ماند میکروبی بطور چشم گیری افزوده شده و مدت زمانی که یک میکروارگانیزم در تماس با فرمالدهید قرار می گیرد بسیار افزایش می یابد. بدین ترتیب میکروارگانیزم در طی این مدت برای مصرف فرمالدهید سازگاری کافی را پیدا نموده و برای مدتها در سیستم باقی می ماند. با توجه به بکارگیری شرایط هوازی در این مطالعه جهت حذف فرمالدهید و بازده قابل قبول ۸۵ درصدی آن در کاهش COD در حالت رشد معلق و ۸۳ درصد در حالت رشد چسبیده، می توان از مزایای روش هوازی در مقایسه با روش بی هوازی بهره برد و از مشکلات راهبری سیستم در شرایط بی هوازی اجتناب کرد. استفاده از سودوموناس آئروژنوزا که یک باکتری میله ای شکل گرم منفی بود و قبلاً در محیط طبیعی خود در معرض غلظت های بالایی از فرم آلدئید قرار گرفته بود مدت زمان رسیدن به حداکثر حذف را بطور چشم گیری کاهش داد. در نگهداری از میکروارگانیزم ها برای مدت طولانی باید دقت کافی کرد، زیرا در صورتی که میکروارگانیزم ها برای مدت طولانی در معرض یک منبع کربن دیگر به غیر از فرم آلدئید قرار گیرند ممکن است حساسیتشان به فرم آلدئید مجدداً افزایش یابد [۲]. در این تحقیق تفاوت معناداری بین مصرف فرمالدهید در سلولهای چسبیده و معلق مشاهده نگردید و تنها تفاوت بین آنها در امکان استفاده مجدد از میکروارگانیزم های چسبیده بود.

در نمودار یک راندمان کار سلولها در کاربرد مجدد آنها نمایش داده شده است. همان طور که از این شکل مشخص است در چهار بار استفاده مجدد از این سلولها تغییر چندانی در کارایی آنها مشاهده نگردید. در این تحقیق ثوابت سینتیکی تجزیه بیولوژیک فرمالدهید مورد بررسی قرار گرفت. دانش

میکروارگانیزم M-12 نشان داد که این میکروارگانیزم یک باسیل گرم منفی است. تست اکسیداز این باکتری نیز مثبت بود. این باکتری در شرایط بی هوازی قادر به رشد نبود. این امر نشانگر هوازی مطلق بودن این باکتریست. وسط کلنی های حاصل از رشد این میکروارگانیزم بر روی محیط نوترینت آگار کمی برآمده تر و اطراف آنها نامنظم بود. پس از گذشت سه روز از انکوباسیون کلنی های رشد کرده بر روی محیط نوترینت آگار پیگمانهای سبز رنگی را در اطراف کلنی ها تشکیل دادند. این پیگمان در اثر تماس با آب و اسید استیک از محیط کشت جامد شسته شد ولی کلروفرم تأثیری بر روی این پیگمان نداشت. در اثر رشد این میکروارگانیزم در محیط نوترینت برات کدورتی یکنواخت در تمام محیط کشت ایجاد می گردید. این باکتری در دمای بالا (۴۰°) در محیط نوترینت برات تولید پیگمانهای سبز رنگ می کرد. کلیه مشخصات فوق مختص گونه سودوموناسها می باشد و ایجاد پیگمان سبز رنگ (Pyoverdine) با مشخصات بالا مختص گونه سودوموناس آئروژنوزا است که از خانواده باسیلهای پیوسیپتیک می باشد. در جدول شماره یک نتایج آزمایش های انجام شده بر روی M-12 نمایش داده شده است.

در جدول دو مقایسه ای میان ضرایب بیوسینتیک بدست آمده در این مطالعه و ضرایب مربوط به فاضلاب شهری نشان داده شده است. همانطور که پیش از این ذکر شد پارامترهای سینتیکی میکروارگانیزم سودوموناس آئروژنوزا مورد محاسبه قرار گرفت که به شرح زیر می باشد: K_s برابر $1/3 \text{ mg/l}$ ، برابر $1/d$ برابر $0/44$ ، Y برابر با $0/43 \text{ mg MLSS/mg COD}$ و k برابر $0/041 \text{ day}^{-1}$ و $3/25 \text{ mg COD/mg}$ و k_d برابر با $0/041 \text{ day}^{-1}$.

بحث

در بیشتر مطالعات گذشته از روشهای بی هوازی با رشد

ضرایب	واحد	مقادیر ضرایب بیوسینتیک	
		فاضلاب شهری	مقادیر محاسبه شده در این مطالعه
k	g bsCOD/g VSS.d	۱-۲	۳/۲۵
K_s	mg/l BOD	۱۰-۲۵	۱/۳
	mg/l bcCOD	۶-۱۰	
Y	mg VSS/mg BOD	۰/۸-۰/۴	۰/۴۳
	mg/l bcCOD	۰/۶-۰/۳	
k_d	g VSS/g VSS.d	۰/۱۵-۰/۰۶	۰/۰۴۱

مقادیر فوق برای دمای ۲۰ درجه سانتیگراد گزارش گردیده است.

جدول ۲- مقایسه ضرایب بیوسینتیک معمول برای فرایند لجن فعال در حذف ترکیبات آلی موجود در فاضلاب خانگی و ضرایب محاسبه شده

نتیجه گیری

این مطالعه نشان داد که به کمک سیستم های رشد چسبیده زمان ماند میکروبی بطور چشم گیری افزوده شده و مدت زمانی که یک میکروارگانیسم در تماس با فرمالدهید قرار می گیرد بسیار افزایش می یابد.

با توجه به بکارگیری شرایط هوای در این مطالعه جهت حذف فرمالدهید و بازده قابل قبول ۸۵ درصدی آن در کاهش COD در حالت رشد معلق و ۸۳ درصد در حالت رشد چسبیده، می توان از مزایای روش هوای در مقایسه با روش بی هوای بهره برد و از مشکلات راهبری سیستم در شرایط بی هوای اجتناب کرد. استفاده از سودوموناس آئروژنوزا که یک باکتری میله ای شکل گرم منفی بود و قبلاً در محیط طبیعی خود در معرض غلظت های بالایی از فرم آلددهید قرار گرفته بود مدت زمان رسیدن به حداکثر حذف را بطور چشم گیری کاهش داد.

منابع

1. IARC classifies formaldehyde as carcinogenic to humans, N°153, Lyon, France, 2004
2. Oliveira SVWB, et al. Formaldehyde Degradation in an Anaerobic Packed-bed Bioreactor, Water Research 2004; vol. 38, pp.1685-1694.
3. Zoutberg GR, de Been P. The Biobed EGSB (expanded granular sludge bed) system covers shortcomings of the up flow anaerobic sludge blanket reactor in the chemical industry. Journal of Water Science Technology, 1997; vol.35, pp.183-8.
4. Edwards FG, Egemen E, Brennan R, Nirmalakhandan N., Ranking of toxics release inventory chemicals using a level III fugacity model and toxicity. Journal of Water Science Technology, 1999; vol.39, pp.83-90.
5. Grafstrom RC, Curren RD, Harris CC. Genotoxicity of formaldehyde in cultured human bronchial fibroblasts. Journal of Science, 1985, vol.228, pp.89-91.
6. Casteel SW, Vernon RJ, Bailey EM., Formaldehyde. Toxicology and hazards, journal of Vetnairy and Human Toxicology, 1987, vol. 29, p.31-3.
7. Conaway CC, Whysner J, Verna LK, Williams GM. Formaldehyde mechanistic data and risk assessment: endogenous protection from DNA adduct formation, journal of Pharmacology and Therapeutics, 1996; vol.71, p.29-55.
8. Mingoia Q. Qumica farmaceutica. Sao Paulo: Editora Universidade de Sao Paulo-EDUSP; 1967.pp.787.
9. Gonzalez-Gil G. Conversion of methanotrophic substrates in anaerobic reactors, metals, mass transfer and toxicity. PhD theses, The Netherlands, Wageningen University, 2000. p.157.

سینتیک برای طراحی و بهینه سازی سیستم های بیولوژیکی تصفیه فاضلاب لازم و ضروری می باشد. در حالت رشد خالص و رشد با سوبسترای محدود کننده می توان سینتیک رشد را به صورت تجربی برای تجزیه سوبسترای محدود کننده و نوترینت ها توسط معادله مونود تعریف نمود [۱۴ و ۱۵]. امروزه معادله هالند برای سوبسترای حاوی مواد ممانعت کننده از معادله مونود توسعه بیشتری یافته و بطور گسترده برای فاضلابهایی با غلظت بالای مواد ممانعت کننده رشد مورد استفاده قرار می گیرد. دورویکرد مهم برای تعیین سرعت حذف مواد غذایی توسط فرایندهای بیولوژیکی وجود دارد [۱۶ و ۱۷]. در هر دورویکرد از روابطی که در صنایع تخمیری کاربرد دارد استفاده می شود. روش اول از شکل اصلاح شده سینتیک شیمیایی رشد میکروبی [۱۷] استفاده می کند و معادلات آنرا می توان از روابط مکائیلیس - منتن برای مصرف مواد غذایی بدست آورد. روش دوم از روابط مونود برای سینتیک رشد میکروبی استفاده می کند [۱۴ و ۱۸].

اگر در تحقیقات آزمایشگاهی تصفیه پذیری فاضلاب مخصوصی را برای بدست آوردن پارامترهای سینتیک مورد آزمایش قرار دهیم و یک تصفیه خانه لجن فعال را بر این اساس طراحی کنیم از هر دوروش زمان ماند یکسانی برای حوضچه هوادی به دست می آید [۱۹]. استفاده از معادله مونود در مدل سازی فاضلابهایی با غلظت بالا به طور گسترده ای در مجلات گوناگون گزارش گردیده است [۲۰]. بطور مثال تعدادی از محققین از معادله مونود برای توصیف تجزیه بیولوژیکی استات استفاده نموده اند [۲۱] و یا این معادله برای مدل سازی تجزیه فنول و فاضلابهای پتروشیمی استفاده به کار گرفته شده است [۲۲]. اولیورا از معادله مونود برای مدل سازی سینتیک تجزیه فرم آلددهید در یک راکتور بی هوای رشد چسبیده با جریان افقی استفاده نمود [۲۳]. ناخلا از این معادلات برای توصیف تجزیه بیولوژیکی فاضلاب های صنایع غذایی با درصد بالایی از روغن و گریس در یک سیستم لجن فعال با کارکرد بسته استفاده نمود [۱۵]. بطور معمول ضرایب بیوسنتیک به کمک مشاهده مصرف سوبسترا در واحد زمان در یک سیستم بسته و قرار دادن اطلاعات گردآوری شده در یک مدل مناسب و یا با کمک مطالعات تنفس سنجی بدست می آید.

همان طور که جدول شماره دو نشان می دهد k_d و k محاسبه شده در این مطالعه در محدوده ضرایب بیوسنتیک فاضلاب شهری می باشد. اما K_s همانند برخی از ضرایب بیوسنتیک محاسبه شده در فاضلاب های صنعتی بسیار کمتر از محدوده ذکر شده برای فاضلاب شهری می باشد. کم بودن مقدار K_s نشان دهنده تمایل زیاد میکروارگانیسم به مصرف سوبسترای موجود در محیط می باشد. بطور مثال تلز و همکارانش در مطالعه خود بر روی تصفیه آبهای آلوده به نفت خام در یک سیستم لجن فعال میزان K_s را ۱/۳۶۱/۳۶۱ محاسبه نمودند [۲۴].



10. Todini, O. and Hulshoff Pol, L. Anaerobic degradation of benzaldehyde in methanogenic granular sludge: the influence of additional substrates. *Journal of Applied Microbiology and Biotechnology*, 1992, vol. 38, No.3, pp. 417-420.
11. Srinivasulu B, Prakasham RS, Jetty A, Srinivas S, Ellaiah P, Ramkrishna SV. Neomycin production with free and immobilized cells of *Streptomyces marinusensis* in an airlift reactor. *Process Biochemistry*, 2002, vol.38, pp593-608.
12. Barrow G.L. and Feltham R.K.A., Cowan and Steel's Manual for the Identification of Medical Bacteria (third ed.), Cambridge University Press, Cambridge 1993
13. Eaton A., Clesceri LS, Greenberg AE, Rice EW, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21th Edition, Washington D.C., American public heath association, 2005
14. Monod J. The Growth of Bacterial Cultures. *Annual Review of Microbiology*. 1949, vol.3, pp.371.
15. Nakhla G, Liu, Bassi A. Kinetic modeling of aerobic biodegradation of high oil and grease rendering wastewater. *Journal of Bioresource Technology*, 2006, vol.97, pp.131-139.
16. Eckenfelder WW. *Industrial water pollution Control*. New York: McGraw-Hill. 1966
17. McCarty PL, Lawrence AW. Unified Basis for Biological Treatment Plant Design and Operation. *Jour. SED*, 1970, No. SA3:757.
18. Tchobangolous G, Burton FL. *Wastewater Engineering: Treatment. Disposal and Reuse*. Metcalf and Eddy, Inc., New York: McGraw-Hill. 2003
19. Kappeler J, Gujer W. Estimation of kinetic parameters of heterotrophic biomass under aerobic conditions and characterization of wastewater for activated sludge modeling. *Journal of Water Science and Technology*, 1992, vol.25, no.6, pp. 125-139.
20. Chang JE, Nokie T, Matsumoto J. Characteristics of mixed substrate utilization in methanogenic phase of anaerobic digestion. *Japan society of civil engineerings proess* 1983, Vol.355, pp. 79-87.
22. Hsu EH. Treatment of a petrochemical wastewater in sequencing batch reactors, *Journal of Environmental Progress*, 1986, vol.5, pp. 71-81.
23. Oliverira S VW, Moraes EM, Adorno MAT, Varesche MBA, Foresti E, Zaiat M. Formaldehyde degradation in an anaerobic packed-bed bioreactor. *Journal of Water Research*, 2004, vol.38, pp.1685-1694.
24. Tellez Gilbert T, Nirmalakhandan N, Jorge L. Gardea-Torresdey, performance Evaluation of an Active Sludge System for Removing Petroleum Hydrocarbons from Oilfield Produced water, *Journal of Advances in Environmental Research*, 2002, vol. 6, pp. 455-470



Investigation of formaldehyde degradation by using isolated microorganisms from waste water of chemical industries

Ahmad Joneidi-Jafari¹,
Amir-Reza Talaei²,
Sahand Jofi³
Mohammad-Mehdi Mehrbani-Ardakani⁴

Abstract:

Background and aims: Formaldehyde is one of hazardous compounds that may be found in waste water of different industries. This compound is toxic and biodegradation of it is difficult. The aim of this study is determination of efficiency of isolated microorganisms from polluted effluents by formaldehyde in aerobic and suspended and attached growth.

Methods: In this study formaldehyde degrading microorganisms were separated from waste water and soil in a chemical industry. Then microorganisms were isolated and separated by using special culture medias. 12 microorganisms were separated and used for biodegradation of formaldehyde. Standard method was used to evaluated of degradation value.

Results: The results showed that pseudomonas aeruginosa was the most effective microorganisms. COD removal efficiency of pseudomonas aeruginosa was 85% in suspended growth and 83% in attached growth condition. Also removal kinetic parameters were calculated That μ_{max} , K, Y, Ks and Kd coefficients were 1.44 l/d, 3.28 mg COD/mg MLSS.day, 0.44 28 mg COD/mg MLSS. day, 1.36 mg/l and 0.04 l/day respectively.

Conclusion: Using aerobic conditions in this study to degrade formaldehyde and acceptable output reduction in the COD can be the advantages of aerobic exercises method in comparison with anaerobic exercises.

Keywords:

Formaldehyde, biological degradation, suspended and attached growth, Chemical industries

1. (Corresponding author) Associate Professor of Occupational Health Faculty, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran. Email: ahmad_jonidi@yahoo.com

2&4. Faculty member of Civil Engineering of Jami Institute

3. MSc Student of Occupational Health Faculty, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.