تأثیر غلظت اتیلن‌دی‌کلراید بر روی متان‌سازی بیومس بی‌هوازی

معصومه گلشن[1]، مریم ترابی‌فر[2]، منیژه صباغیان بیدگلی[3]، محمد مهدی امین[4]، محمد قاسمیان[5]، لیلا کریمی تکانلو[6]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر بازدارندگی اتیلن‌دی‌کلراید (Ethylene dichloride یا EDC) بر روی تجزیه زیستی از طریق آزمون فعالیت متان‌سازی ویژه (Specific methanogenic activity یا SMA) بیومس بی‌هوازی انجام شد.

روش‌ها: تعداد ۴۰ آزمون SMA بیومس بی‌هوازی به روش ناپیوسته و در ویال‌های شیشه‌ای ۱۲۰ میلی‌لیتری صورت گرفت. ۱۷ درصد از حجم هر ویال به بیومس، ۶۶ درصد به سوبسترا و ۱۷ درصد به تجمع بیوگاز اختصاص یافت. مدت هر batch، ۱۰ روز به طول انجامید. متان تولید شده به وسیله جایگزینی گاز با محلول ۲ نرمال هیدروکسید پتاسیم (KOH) به عنوان جاذب CO_2 اندازه‌گیری شد. آزمایش اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD یا Chemical oxygen demand) قبل و بعد از هر تست بر روی نمونه‌ها انجام شد. تغییرات دمای آزمایش $35 \pm 2\ ^{\circ}C$ و pH در محدوده ۷ حفظ شد. COD ورودی نیز برای هر ویال در ابتدا و انتها سنجیده می‌شد. اتیلن‌دی‌کلراید با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی مجهز به آشکارساز اسپکترومتری جرمی (GC-MS) در ابتدا و انتهای دروه آزمایش آنالیز گردید.

یافته‌ها: در غلظت‌های ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۵۰۰۰ و ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اتیلن‌دی‌کلراید، کاهش تولید متان به ترتیب به میزان ۱۲/۶، ۹/۹، ۲/۹۸ و ۰/۸۶ میلی‌لیتر متان به ازای هر گرم VSS (Volatile suspended solids) در روز به دست آمد. کاهش راندمان حذف COD برای غلظت‌های فوق نیز مشاهده شد؛ به طوری که راندمان حذف COD در غلظت‌های فوق به ترتیب ۶۸/۹، ۷۰/۵، ۵۴/۴ و ۳۳/۸ درصد به دست آمد. اثرات بازدارندگی اتیلن‌دی‌کلراید بر میزان متان‌سازی بیومس بی‌هوازی از غلظت‌های بالاتر از ۷۵۰ میلی‌گرم بر لیتر آغاز گردید. میزان متان تجمعی در غلظت‌های ۷۵۰، ۵۰۰۰ و ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اتیلن‌دی‌کلراید به ترتیب ۳۰/۷، ۹/۸۶ و ۱/۹ میلی‌لیتر بود. نتایج آنالیز راندمان حذف اتیلن‌دی‌کلراید با استفاده از دستگاه GC در پایان دوره در غلظت‌های ۵۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به ترتیب برابر ۹۵/۲، ۹۴/۷ و ۹۳/۸ درصد به دست آمد.

نتیجه‌گیری: افزایش غلظت اتیلن‌دی‌کلراید از حدی به بالا باعث کاهش درصد تولید متان و بازدارندگی بر فعالیت باکتری‌ها می‌شود؛ به طوری که غلظت‌های بالاتر از ۷۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اثر بازدارندگی بر فعالیت متان‌سازی داشت.

واژه‌های کلیدی: فعالیت متان‌سازی ویژه، اتیلن‌دی‌کلراید، بیومس بی‌هوازی، پساب صنایع پتروشیمی

ارجاع: گلشن معصومه، ترابی‌فر مریم، صباغیان بیدگلی منیژه، مهدی امین محمد، قاسمیان محمد، کریمی تکانلو لیلا. **تأثیر غلظت اتیلن‌دی‌کلراید بر روی متان‌سازی بیومس بی‌هوازی.** مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۳۹۴؛ ۱۱ (۴): ۷۱۲-۷۰۵

دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۴/۶ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۷/۲۶

مقدمه

دی کلرواتان ۱،۲ (1,2-DCA)، یا اتیلن‌دی‌کلراید (Ethylene dichloride یا EDC) یکی از فراوان‌ترین محصولات صنایع کلرینه می‌باشد. این ترکیب همچنین، در بعضی از پروسه‌های صنایعی همانند سنتز فلوروکربن و ۱،۱،۱- تری کلرواتان به عنوان یک واسطه استفاده می‌شود. عملیات ضعیف دفن بهداشتی، نفوذ از لندفیل‌ها و نشت‌های تصادفی منجر به آلودگی آب‌های زیرزمینی به این آلاینده شده است. از طرفی، به دلیل حلالیت بالا در آب و ظرفیت جذب پایین، وضع برای این آلاینده وخیم‌تر شده است (۱).

حلالیت EDC در آب $8/7\ g\ l^{-1}$، ضریب جذب آن $\log K_{oc} = 1/28$ و با ثابت Henry پایین $1/1 \times 10^{-3}\ atm\ m^3\ mol^{-1}$ می‌باشد (۲)؛ در حالی که اصلاح فیزیکی شامل استخراج از خاک و آب‌های زیرزمینی ناکارامد، هزینه‌بر، کند و مخل محیط زیست بوده، قابلیت تجزیه زیستی EDC در شرایط هوازی (۴، ۳) و بی‌هوازی (۵، ۲) نشان داده شده است. تجزیه بی‌هوازی EDC بر اساس کلرزدایی احیایی صورت می‌گیرد که در آن این ترکیب نقش پذیرنده الکترون را بازی می‌کند. باکتری‌هایی که این قابلیت را دارند، باکتری‌های دی‌هالوکوکوئید اتنوژنز و بعضی از متانوژن‌ها مثل متانوباکتریوم ترموآتوتروفیسیوم، متانوسارسینا بارکری و متیلوسینوس

۱- کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران
۲- کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، شهرداری لالی، خوزستان، ایران
۳- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۴- مرکز تحقیقات محیط زیست، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۵- مرکز تحقیقات محیط زیست، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان و شرکت مهندسی فاضلاب تهران، تهران، ایران
۶- کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران
نویسنده مسؤول: محمد مهدی امین Email: amin@hlth.mui.ac.ir

www.mui.ac.ir

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-25]

تریکسپریوم که می‌تواند EDC را به اتان، کلرزدایی کند (۶).

تکنیک‌هایی که برای پایش جمعیت فعال متانوژنز در شروع کار و شروع مجدد کار یک بیوراکتور برای رسیدن به درصد حذف مناسب اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (Chemical oxygen demand یا COD) به کار می‌رود، شامل شمارش میکروسکوپی، شمارش محتمل‌ترین (Most probable number یا MPN)، آدنوزین تری‌فسفات (Adenosine triphosphate یا ATP)، فعالیت دهیدروژنیک، کوآنزیم F_{420} و فعالیت متان‌سازی ویژه (Specific methanogenic activity یا SMA) می‌باشد. از میان این تکنیک‌ها، SMA به طور وسیعی برای پایش فعالیت متانوژنیک‌ها با وجود زمان‌بر بودن، استفاده می‌شود (۲). این روش میزان تولید متان را بر واحد بیومس میکروبی در واحد زمان بر حسب $mLCH_4gVS^{-1}d^{-1}$ یا بر حسب اکسیژن مورد نیاز شیمیایی معادل متان ($mgCOD\ gVS^{-1}d^{-1}$) نشان می‌دهد (۹، ۸). پایش فعالیت متانوژنیک‌ها، علاوه بر نشان دادن قابلیت لجن برای تبدیل سوبسترہ آلی به متان توسط تست SMA، در ارزیابی رفتار لجن تحت تأثیر پتانسیل بازدارندگی یا ترکیبات سمی و تعیین میزان آستانه آن‌ها مهم است (۱۰). با توجه به این که اکثر پروسه‌های هالوژن‌زدایی احیایی تحت شرایط متانوژنیک رخ می‌دهند و سمیت، یکی از ریسک فاکتورهای مهم تصفیه فاضلاب بی‌هوازی است، بررسی اثرات غلظت بازدارندگی هیدروکربن‌های آلیفاتیک کلرینه (Chlorinated aliphatic hydrocarbon یا CAH) بر روی باکتری‌های متانوژنیک، مورد نیاز است (۱۱). پایش و کنترل بیوراکتورهای بی‌هوازی به وسیله تعادل مواد مثل pH، راندمان حذف COD و مقدار متان بیوگاز صورت می‌گیرد (۱۲). در واقع پایش، یک استراتژی برای رسیدن به پایداری بهتر فرایند و افزایش راندمان در هاضم‌های بی‌هوازی است و به این منظور، تولید گاز معمول‌ترین شاخص جهت کنترل می‌باشد (۱۳). بازدارندگی بر روی تجزیه زیستی هیدروکربن‌ها و فعالیت متان‌سازی در تحقیقات قبلی گزارش شده است. Sanz و همکاران به بررسی بازدارندگی آلیفاتیک‌ها روی استوکلاسیک‌ها پرداختند (۱۱). Sponza در راکتور Upflow anaerobic sludge blanket (UASB) با فاضلاب سنتتیک برای حذف Trichloroethylene (TCE)، اثر بازدارندگی در غلظت‌های بالا بر روی فعالیت متان‌سازی را نشان داده است (۱۴). حیدری و همکاران گزارش کردند که افزایش غلظت آنتی‌بیوتیک‌ها در فعالیت متان‌سازی بیومس بی‌هوازی، باعث کاهش تولید متان می‌شود (۱۳).

هدف از انجام این مطالعه، بررسی تأثیر غلظت اتیلن‌دی‌کلراید بر SMA بود که بر راندمان تصفیه بیولوژیکی میکروارگانیسم‌های بی‌هوازی در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب پتروشیمی تأثیر می‌گذارد.

روش‌ها

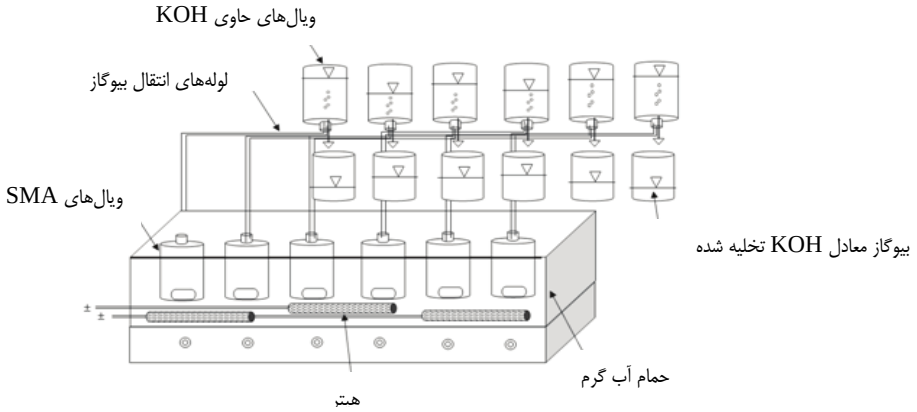
این مطالعه از نوع تجربی مداخله‌ای بود و تعداد ۴۰ آزمون SMA به روش ناپیوسته و در ویال‌های شیشه‌ای ۱۲۰ میلی‌لیتری انجام شد. هر آزمون در محدوده ۱۰ روز به طول انجامید. شکل ۱ شماتیک پایلوت مورد استفاده در این مطالعه را نشان می‌دهد.

۲۰ میلی‌لیتر از حجم هر ویال ۱۲۰ میلی‌لیتری توسط بیومس بی‌هوازی، ۸۰ میلی‌لیتر سوبسترا پر گردید و ۲۰ میلی‌لیتر باقی مانده به تجمع بیوگاز اختصاص یافت. درب ویال‌ها با واشرهای لاستیکی و سپس پوشش‌های آلومینیومی آب‌بند گردید. اختلاط محتویات ویال‌ها با استفاده از دستگاه همزن مغناطیسی ۶ خانه (ساخت شرکت پارس آزما، ایران) در محدوده ۳۰–۲۰ دور در دقیقه در حمام آب گرم با حفظ دمای ۲ ± ۳۵ درجه سانتی‌گراد انجام گردید (۱۵). متان تولیدی از طریق جایگزینی مایع توسط محلول ۲ نرمال KOH به عنوان جاذب CO_2 و برم تیمول بلو به عنوان اندیکاتور اندازه‌گیری شد (۱۷–۱۵، ۲). جهت کنترل آزمایشات از نمونه شاهد بدون افزودن EDC استفاده گردید.

ویال‌ها با استفاده از لجن هاضم‌های بی‌هوازی تصفیه‌خانه جنوب شهر اصفهان به ترتیب با مقادیر Mixed liquor suspended solids (MLSS) و Mixed liquor volatile suspended solids (MLVSS) معادل ۳۲/۱ و ۱۷/۲ گرم در لیتر بذردهی شد.

جهت فعالیت بهتر بیومس بی‌هوازی و عملکرد بهتر متانوژن ها، سوبسترهایی با مخلوط ماکرونوترینت‌ها، میکرونوترینت‌ها به داخل راکتور اضافه شد (جدول ۱).

برای سنجش راندمان حذف EDC در سه غلظت ۵۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ mg/L از دستگاه GC (Tekmar dohrmann 3800) مجهز به ستون کاپیلاری (Thermo TR-VI 30 m × 0/32 mm × 1/8 mm) استفاده شد. گاز نیتروژن به عنوان حامل (۲۰ mL/min) با دتکتور گیرنده الکترون (ECD) به کار رفت. دمای انژکتور و دمای دتکتور ۲۵۰ °C و ۲۸۰ بود. برنامه دمایی ستون در ابتدا، ۷۰ °C در ۱۰ °C/min تا ۱۵۰ °C افزایش یافت و به مدت ۱ دقیقه حفظ شد و در نهایت، در ۲۵ °C/min تا ۲۸۰ °C تنظیم شد.



شکل ۱. شماتیک پایلوت مورد استفاده جهت آزمایش فعالیت متان‌سازی ویژه (Specific methanogenic activity یا SMA)

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-25]
www.mui.ac.ir

جدول ۱. مشخصات نوترینت‌ها و عناصر جزیی

نوترینت‌ها	غلظت (گرم بر لیتر)	عناصر جزیی	غلظت (گرم بر لیتر)
KH_2PO_4	۲۴/۳۰۰	$CoCl_2$	۰/۱۴
$CaCl_2$	۲/۲۰۰	$FeCl_3.6H_2O$	۰/۶۸
$MgSO_4.7H_2O$	۷/۲۲۰	$FeSO_4.7H_2O$	۰/۴۰
$Na_2HPO_4.7H_2O$	۰/۰۶۴		
$NaHCO_3$	۷/۱۰۰		

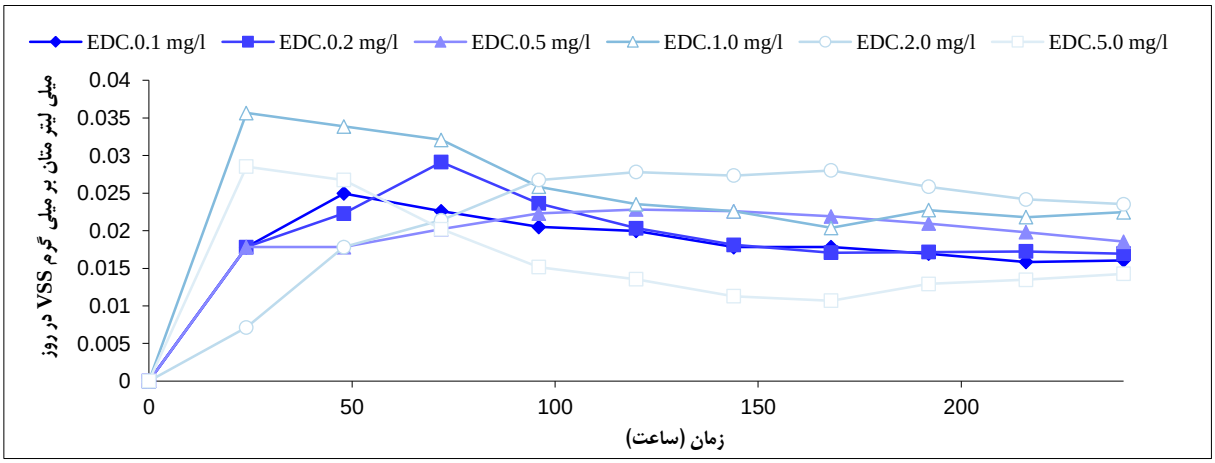
در این تحقیق از نرم‌افزار Excel و SPSS نسخه ۱۶ (version 16, SPSS Inc., Chicago, IL) برای آنالیز نمونه‌ها استفاده شد. کلیه مراحل آزمایش در آزمایشگاه پایلوت دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اصفهان صورت گرفت.

یافته‌ها

شکل ۲ میزان متان تولیدی را در برابر غلظت‌های متفاوت تزریقی اتیلن‌دی‌کلراید با گذشت زمان نشان می‌دهد. همان طور که در این شکل مشاهده می‌شود، افزایش غلظت اتیلن‌دی‌کلراید در گستره ۰/۱–۵۰ mg/L باعث افزایش متان تولیدی در لجن بی‌هوازی با گذشت زمان شد؛ به طوری که این میزان در غلظت ۰/۱ و ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر برابر ۱/۷۱ و ۵/۶۹ میلی‌لیتر متان بر گرم VSS (Volatile suspended solids) در روز و متان تجمعی در غلظت‌های فوق برابر ۴/۸ و ۱۳/۹ میلی‌لیتر به دست آمد (شکل ۵- الف). در غلظت‌های ۱۵ تا ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر، بیشترین میزان SMA تولیدی برابر با ۶/۰۲ میلی‌لیتر متان بر گرم VSS در روز بود (شکل ۳). با افزایش غلظت اتیلن‌دی‌کلراید در گستره ۱۰۰–۱۰۰۰ mg/L در لجن بی‌هوازی مورد آزمایش، میزان SMA در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، ۱۰/۲ میلی‌لیتر متان بر گرم VSS در روز و در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، ۹/۹ میلی‌لیتر متان بر گرم VSS در روز، به دست آمد (شکل ۵- الف). اگرچه، میلی‌لیتر متان تجمعی پس از ده روز برای غلظت ۱۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کاهش یافت، ولی در غلظت‌های فوق به ترتیب ۱۳/۸۹ و ۹/۹ میلی‌لیتر متان حاصل شد (شکل ۵- الف). بیشترین میزان SMA در غلظت ۷۵۰ میلی‌گرم بر لیتر برابر با ۱۳/۹۵ میلی‌لیتر متان بر گرم VSS در روز بود. در غلظت EDC بالاتر، میزان SMA کاهش یافت؛ به طوری که کمترین میزان SMA در غلظت ۲۰ گرم بر لیتر برابر با ۰/۸۶ میلی‌لیتر متان بر گرم VSS در روز مشاهده شد (شکل ۴).

شکل ۵- ب راندمان حذف COD در غلظت‌های مختلف EDC را نشان می‌دهد. مطابق با این شکل، راندمان حذف بالاتر با تولید متان بیشتری همراه بود؛ به طوری که بیشترین راندمان (۹۳/۸ درصد) در غلظت ۷۵۰ میلی‌گرم EDC بر لیتر به دست آمد. با افزایش غلظت EDC که معادل با افزایش COD ورودی بود، درصد حذف نیز کاهش یافت.

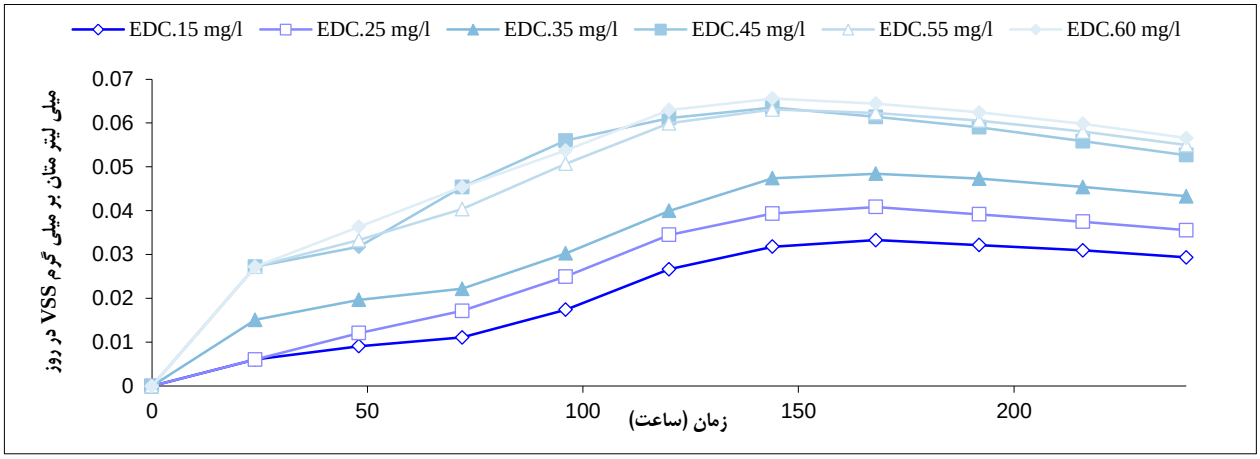
نتایج این مطالعه نشان داد که در غلظت‌های پایین (۰/۱–۶۰ mg/L) با هر واحد افزایش در غلظت EDC، متان تجمعی افزایش می‌یابد که از نظر آماری همبستگی مثبت معنی‌داری بین آن‌ها برقرار است ($P < ۰/۰۰۱$، $r = ۰/۹۱۴$). همچنین، همبستگی مثبت معنی‌دار آماری بین COD ورودی و متان تجمعی مشاهده شد ($P < ۰/۰۰۱$، $r = ۰/۹۰۲$). از طرفی همبستگی معنی‌دار مثبتی نیز بین درصد حذف COD و متان تجمعی یافت شد ($P < ۰/۰۰۱$، $r = ۰/۸۹۸$). در غلظت‌های بالا (۰/۱–۲۰ g/L)، همبستگی منفی بین غلظت EDC و متان تجمعی مشاهده شد ($P < ۰/۰۰۱$، $r = -۰/۸۰۷$). همبستگی بین COD ورودی و متان تجمعی برابر $r = -۰/۸۴۵$ با $P < ۰/۰۰۱$ بود. بین درصد حذف COD و متان تجمعی همبستگی Pearson $r = ۰/۹۶۴$ با $P < ۰/۰۰۱$ مشاهده شد.



شکل ۲. تأثیر اتیلن‌دی‌کلراید بر روی میزان تجمعی متان‌سازی ویژه بیومس بی‌هوازی در غلظت‌های ۰/۱، ۰/۲، ۰/۱/۵، ۲، ۵ میلی‌گرم بر لیتر

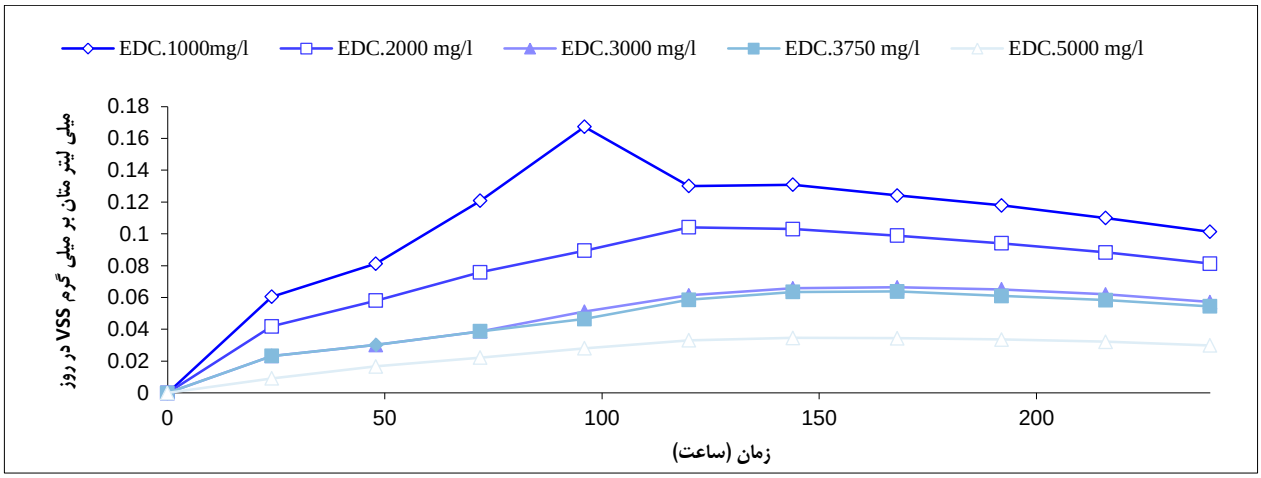
EDC: Ethylene dichloride; VSS: Volatile suspended solids

www.mui.ac.ir
[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-25]



شکل ۳. تأثیر اتیلن‌دی‌کلراید بر روی میزان تجمعی متان‌سازی ویژه بیومس بی‌هوازی در غلظت‌های ۱۵، ۲۵، ۳۵، ۴۵، ۵۵ و ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر

EDC: Ethylene dichloride; VSS: Volatile suspended solids



شکل ۴. تأثیر اتیلن‌دی‌کلراید بر روی میزان تجمعی متان‌سازی ویژه بیومس بی‌هوازی در غلظت‌های بالا شامل غلظت‌های ۱، ۲، ۳، ۳/۷۵ و ۵ گرم بر لیتر

EDC: Ethylene dichloride; VSS: Volatile suspended solids

در نهایت، به منظور تعیین عوامل تأثیرگذار بر میانگین غلظت متان تجمعی با استفاده از مدل رگرسیون خطی چندگانه به روش Backward، نشان داده شد که به ازای هر واحد افزایش در حذف COD، میانگین غلظت متان تجمعی به اندازه ۰/۲۱ واحد افزایش یافته است ($P < ۰/۰۰۱$) و همچنین، به ازای هر واحد افزایش در غلظت EDC، میانگین متان تجمعی به اندازه ۰/۰۰۱ افزایش می‌یابد که این افزایش از نظر آماری معنی‌دار است ($P = ۰/۰۴$). در این مطالعه، در مدل نهایی رگرسیون ۹۰ درصد تغییرات متغیر میانگین غلظت متان تجمعی توسط متغیرهای غلظت EDC و درصد حذف COD تبیین می‌شود که این مقدار نشان دهنده کارایی بالای مدل است و ۱۰ درصد به متغیرهای دیگر مربوط می‌گردد (جدول ۲).

بحث

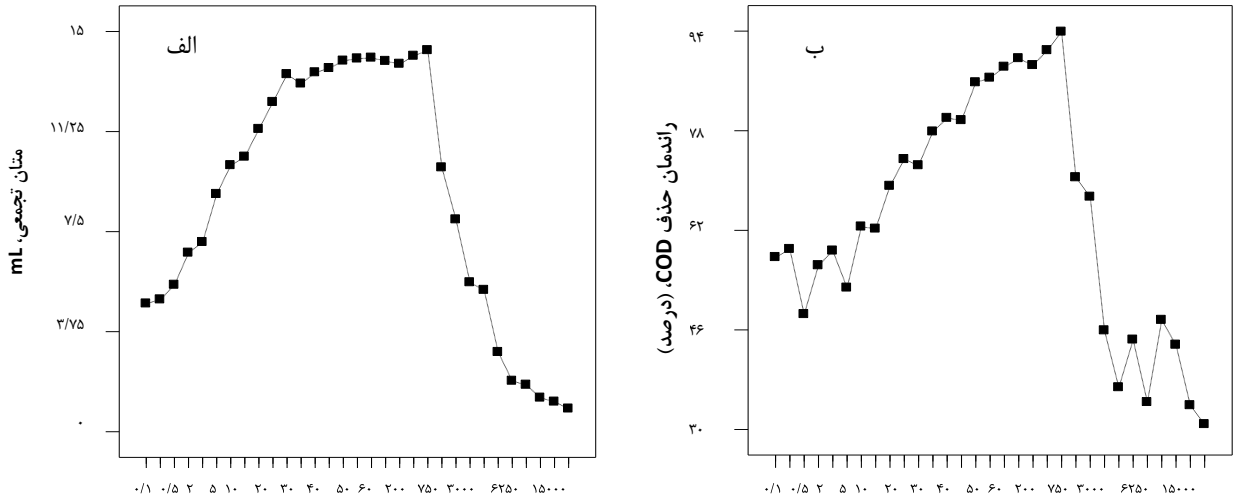
نرخ کلرزدایی EDC با تولید متان ارتباط نزدیکی دارد. در واقع متان محصول پایانی پروسه‌های تجزیه محسوب می‌شود (۱۸). مطابق با نتایج حاصل، بیشترین میزان SMA تولیدی در غلظت ۷۵۰ میلی‌گرم بر لیتر برابر ۱۳/۹۵ میلی‌لیتر متان بر گرم VSS در روز به دست آمد که در غلظت‌های بالاتر از این میزان کاهش چشمگیری در SMA تولیدی مشاهده شد (شکل ۵- ب). همچنین، در غلظت‌های محدوده ۱۰۰۰ و ۵۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اتیلن‌دی‌کلراید در لجن بی‌هوازی، میزان متان تولیدی در غلظت ۵۰۰۰ نسبت به ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کمتر است (شکل ۴). این پدیده می‌تواند به دلیل بازدارندگی ناشی از غلظت‌های بالای اتیلن‌دی‌کلراید بر روی فعالیت متان‌سازی باکتری‌ها باشد (۲۱-۱۹). de Wildeman و همکاران بیان کردند که EDC در غلظت‌های ۱۰۰-۲۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌تواند با متانوژنیزهای استوتروفیک مداخله می‌کند (۲). در تحقیق Siggins و همکاران با افزایش غلظت تری‌کلرواتیلن (TCE) از ۱۰ تا ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر، حذف COD به ۶ درصد و درصد متان بیوگاز به ۳ درصد در هاضم بی‌هوازی کاهش یافت (۲۰). Le Hyaric و همکاران بالاترین SMA اندازه‌گیری شده را برابر ۱۱/۳ mgCOD/gVS d برای غلظت پروپیونیک اسید ۱۰ gCOD/kg به دست آوردند (۸). در مطالعه آن‌ها با افزایش

www.mui.ac.ir
[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-25]

غلظت‌های پروپیونات از ۱ تا gCOD/kg ۱۰، افزایش در SMA از ۱/۸ تا mgCOD/gVS d ۱۱/۳ مشاهده شد. اگرچه، در مطالعه آن‌ها در غلظت COD بالاتر میزان میلی‌لیتر متان تولیدی افزایش یافت، اما آن‌ها به بررسی غلظت‌های بالاتر نپرداختند.

تبدیل زیستی اسیدهای چرب مثل پروپیونات به استات و هیدروژن به طور ترمودینامیکی خود به خود در شرایط استاندارد رخ نمی‌دهد. واکنش‌های مصرف هیدروژن مثل تولید متان برای کاهش میزان هیدروژن نیاز است. در واقع، این باعث می‌شود که تبدیل زیستی پروپیونات رو به جلو رانده شود. در این رابطه، تجزیه پروپیونات زمانی که غلظت هیدروژن بالاتر از 10^{-4} اتمسفر برسد، متوقف می‌شود. غلظت‌های بالاتر منجر به افزایش غلظت اسید پروپیونیک و اسیدهای کربوکسیلیک در هاضم می‌شود (۲۱، ۱۹). بنابراین، در این حالت هیدروژن تجمع یافته و اسید پروپیونیک سریع‌تر از بقیه اسیدهای چرب فرار (VFA یا Volatile fatty acids) تشکیل شده و دیرتر تجزیه می‌شود (۲۰). افزایش غلظت اسید باعث کاهش pH و بازدارندگی و توقف تولید متان می‌شود و این می‌تواند یکی از دلایل احتمالی بازدارندگی در فعالیت باکتری‌ها با افزایش غلظت آلاینده باشد (۲۱). البته، در مطالعه حاضر اندازه‌گیری pH و اسیدهای چرب صورت نگرفته است. با کاهش تولید گاز از ۴۸۸ به ۱۴۳ لیتر با افزایش جامدات خشک در هاضم بی‌هوازی مواد زاید جامد، افزایش در VFA و افت pH مشاهده می‌شود (۱۹). در مطالعه دیگری، افزایش در VFA به خصوص پروپیونیک اسید نشان دهنده نامتعادل بودن بین تولید سریع اسیدها به وسیله هیدرولیز/ اسیدوژنیز و تجزیه به نسبت کند به وسیله استوژنیز/ متانوژنیز بود. VFA توسط استوژنیک‌ها و استوکلاستیک‌ها سریع تجزیه نمی‌شوند و به این دلیل، پروسه کلی هضم بی‌هوازی مهار می‌شود (۲۰). همچنین، مشاهده شد که افزایش غلظت پروپیونیک اسید تا ۶ گرم بر لیتر اثر بازدارندگی در مرحله متانوژنیک ندارد. در نهایت، برای این که یک ماده شیمیایی پروسه متابولیک را مهار کند، لازم است تا از غشای سیتوپلاسمیک عبور کند. این غشا از پخش ترکیبات یونیزه به داخل سلول میکروبی جلوگیری می‌کند. بنابراین، تنها پروپیونیک اسید غیر یونیزه قادر است تا وارد سلول شده و متابولیسم باکتریایی را مختل کند و فرم یونیزه خارج از سلول باقی می‌ماند. تعادل بین فرم یونیزه و غیر یونیزه به pH بستگی دارد (۲۰).

استات پیشرو ۷۵ درصد از متان تولید شده در هاضم‌های بی‌هوازی می‌باشد و تجزیه آن به عنوان مرحله محدود کننده در تجزیه سوبستراهای آلی پیچیده شناخته شده است. پروپیونات و بوتیرات اسیدهای چربی است که به استات و هیدروژن تبدیل می‌شود (۲۱). Siggins و همکاران، علت تجمع استات در راکتور را به دلیل حساسیت بالای استوکلاستیک‌ها به TCE و دی‌کلرواتیلن (DCE)، بیان کردند (۲۰).



شکل ۵. تأثیر غلظت‌های مختلف اتیلن‌دی‌کلراید در پاسخ به الف) میلی‌لیتر تولید متان تجمعی، ب) راندمان حذف COD

جدول ۲. بررسی تأثیر متغیرهای غلظت EDC و راندمان حذف COD بر روی غلظت متان تجمعی به روش رگرسیون Backward

متغیرها	β	S.E	P	R^2
پایه	-۴/۰۷۱	۱/۴۳۶	۰/۰۰۸	۰/۹
غلظت EDC، میلی‌گرم بر لیتر	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۰/۰۴۰	
درصد حذف COD	۰/۲۰۷	۰/۰۲۰	<۰/۰۰۱	

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-25]

در مطالعه‌ای دیگر، افزایش غلظت TCE از ۱۰ تا ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر، باعث کاهش ۲۹ درصدی راندمان حذف COD و ۵۴ درصدی تولید متان بیوگاز در غلظت ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر شد. متانوژن‌های استوکلاستیک تا حدی در حضور TCE و مشتقات تجزیه آن، مهار می‌شود؛ در حالی که در رقابت با ارگانیسم‌های کلرزدا می‌توانند دسترسی هیدروژن برای متانوژن‌های هیدروژنیک محدود شود (۷). در مطالعه حاضر، کاهش متان تولیدی در غلظت‌های بسیار بالای اتیلن‌دی‌کلراید گفته بالا را تصدیق می‌کند (شکل ۵- الف، جدول ۲). این امر منجر به کاهش ۹۰/۱۴، ۹۵/۸ و ۹۸ درصدی تولید متان به ترتیب در غلظت‌های ۵، ۱۲/۵ و ۲۰ گرم بر لیتر اتیلن‌دی‌کلراید شد. در تحقیق حیدری و همکاران نیز افزایش در غلظت آنتی‌بیوتیک‌ها منجر به کاهش در فعالیت متان‌سازی بیومس بی‌هوازی شد (۱۳). در تحقیق آن‌ها در غلظت‌های ۲۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر آنتی‌بیوتیک اوفلوکساسین، کاهش تولید متان به ترتیب ۴۵، ۷۶ و ۸۸ درصد و کاهش ۶۸، ۸۱ و ۸۸ درصدی در غلظت‌های ۱۰۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سیپروفلوکساسین مشاهده شد. همچنین، با افزایش غلظت آلیفاتیک‌ها، بازدارندگی در فعالیت استوکلاسیک‌ها مشاهده شد که این بازدارندگی روند افزایشی داشت (۱۳). مطالعه‌ای که Sponza در راکتور UASB با فاضلاب سنتتیک برای حذف TCE انجام داد، نیز قابل مقایسه با یافته‌های این مطالعه است (۱۴). در تحقیق آن‌ها TCE در غلظت‌های ۱۰ و ۵ mg/L بازدارنده بود. در تحقیق حاضر از غلظت‌های بیشتر از ۷۵۰ میلی‌گرم بر لیتر بازدارندگی آغاز شد؛ به طوری که کاهش در متان تولیدی (شکل ۵- ب) و کاهش در درصد حذف COD مشاهده می‌شود (جدول ۲). در مطالعه Sponza، راندمان حذف TCE در غلظت ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر، ۸۸ درصد با میزان SMA تولیدی ۱/۳۲ گرم COD بر گرم TSS بر روز به دست آمد (۱۴). در مطالعه حاضر راندمان حذف COD در غلظت ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر ۷۲/۴ درصد به دست آمد (شکل ۵- ب).

افزایش در COD ورودی در غلظت‌های بالاتر اتیلن‌دی‌کلراید می‌تواند دلیل دیگری بر کاهش تولید متان (شکل ۵- الف) و همچنین، کاهش راندمان حذف COD (شکل ۵- ب) باشد. نتایج آنالیز راندمان حذف اتیلن‌دی‌کلراید با استفاده از دستگاه GC در پایان دوره در سه غلظت ۵۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به ترتیب برابر ۹۵/۲، ۹۴/۷ و ۹۳/۸ درصد به دست آمد و نشان می‌دهد که سوبسترا اضافه شده به تولید متان منجر شده است (۹).

نتیجه‌گیری

اثر غلظت سوبسترا بر روی SMA در این مطالعه بررسی شد. آزمایش‌های SMA در غلظت‌های مختلف EDC (از ۰/۱ تا ۲۰۰۰۰ mg/L) انجام شد. نتایج نشان داد که SMA به غلظت EDC وابسته است. بالاترین SMA اندازه‌گیری شده ۱۳/۹۵ $mLCH_4/gVSS\ d$ برای غلظت ۷۵۰ mg/L به دست آمد. اتیلن‌دی‌کلراید در غلظت‌های بالای ۷۵۰ میلی‌گرم بر لیتر بازدارنده بر فعالیت باکتری‌ها بود. همبستگی مثبت معنی‌داری بین افزایش غلظت EDC و تولید متان تجمعی در غلظت‌های پایین مشاهده شد، اما در غلظت‌های بالاتر این همبستگی از نظر آماری منفی بود.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل طرح پژوهشی مصوب با عنوان تجزیه بیولوژیکی بی‌هوازی اتیلن‌دی‌کلراید به روش ناپیوسته توسط آزمایش فعالیت متان‌سازی ویژه (SMA) در مقطع کارشناسی در سال ۸۶ و شماره ۲۸۶۱۱۶ است که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی اصفهان اجرا شده است.

References

1. Dinglasan-Panlilio MJ, Dworatzek S, Mabury S, Edwards E. Microbial oxidation of 1,2-dichloroethane under anoxic conditions with nitrate as electron acceptor in mixed and pure cultures. FEMS Microbiol Ecol 2006; 56(3): 355-64.
2. de Wildeman S, Nollet H, van Langenhove H, Verstraete W. Reductive biodegradation of 1,2-dichloroethane by methanogenic granular sludge in lab-scale UASB reactors. Advances in Environmental Research 2001; 6(1): 17-27.
3. Olaniran AO, Naidoo S, Masango MG, Pillay B. Aerobic biodegradation of 1,2-dichloroethane and 1,3-dichloropropene by bacteria isolated from a pulp mill wastewater effluent in South Africa. Biotechnol Bioprocess Eng 2007; 12(3): 276-81.
4. Shokrollahzadeh S, Azizmohseni F, Golmohammad F, Shokouhi H, Khademhaghighat F. Biodegradation potential and bacterial diversity of a petrochemical wastewater treatment plant in Iran. Bioresour Technol 2008; 99(14): 6127-33.
5. Siggins A, Enright AM, O'Flaherty V. Methanogenic community development in anaerobic granular bioreactors treating trichloroethylene (TCE)-contaminated wastewater at 37 degrees C and 15 degrees C. Water Res 2011; 45(8): 2452-62.
6. Pham H, Boon N, Marzorati M, Verstraete W. Enhanced removal of 1,2-dichloroethane by anodophilic microbial consortia. Water Res 2009; 43(11): 2936-46.
7. Dong F, Zhao QB, Zhao JB, Sheng GP, Tang Y, Tong ZH, et al. Monitoring the restart-up of an Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) reactor for the treatment of a soybean processing wastewater. Bioresour Technol 2010; 101(6): 1722-6.
8. le Hyaric R, Chardin C, Benbelkacem H, Bollon J, Bayard R, Escudie R, et al. Influence of substrate concentration and moisture content on the specific methanogenic activity of dry mesophilic municipal solid waste digestate spiked with propionate. Bioresour Technol 2011; 102(2): 822-7.
9. Ince O, Anderson GK, Kasapgil B. Control of organic loading rate using the specific methanogenic activity test during start-up of an anaerobic digestion system. Water Research 1995; 29(1): 349-55.
10. Souto TF, Aquino SF, Silva SQ, Chernicharo CA. Influence of incubation conditions on the specific methanogenic activity test. Biodegradation 2010; 21(3): 411-24.
11. Sanz JL, Rodriguez N, Amils R. Effect of chlorinated aliphatic hydrocarbons on the acetoclastic methanogenic activity of

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-25]

www.mui.ac.ir

granular sludge. Appl Microbiol Biotechnol 1997; 47(3): 324-8.
12. McHugh S, Carton M, Collins G, O'Flaherty V. Reactor performance and microbial community dynamics during anaerobic biological treatment of wastewaters at 16-37 degrees C. FEMS Microbiol Ecol 2004; 48(3): 369-78.
13. Heidari M, Saffari Khouzani H, Amin MM, Ghasemian M, Taherian E, Attari L, et al. Inhibition effect of antibiotics ciprofloxacin and ofloxacin and hormone ß-stradiol 17 valerat on the methanogenic activity of anaerobic biomass. Iran J Health Environ 2011; 4(2): 189-200. [In Persian].
14. Sponza DT. Anaerobic granule formation and tetrachloroethylene (TCE) removal in an upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor. Enzyme and Microbial Technology 2001; 29(6-7): 417-27.
15. van Haandel A, Lettinga G. Anaerobic sewage treatment: a practical guide for regions with a hot climate. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons; 1994.
16. Angelidaki I, Alves M, Bolzonella D, Borzacconi L, Campos L, Guwy A, et al. Anaerobic Biodegradation, Activity and Inhibition (ABAI) Task Group Meeting 9th to 10th October 2006, in Prague. Kongens Lyngby, Denmark: Institute of Environment and Resources, Technical University of Denmark; 2007.
17. le Hyaric R, Canler JP, Barillon B, Naquin P, Gourdon R. Pilot-scale anaerobic digestion of screenings from wastewater treatment plants. Bioresour Technol 2010; 101(23): 9006-11.
18. Gourdon R, Vermande P. Effects of propionic acid concentration on anaerobic digestion of pig manure. Biomass 1987; 13(1): 1-12.
19. Aguilar A, Casas C, Lema JM. Degradation of volatile fatty acids by differently enriched methanogenic cultures: Kinetics and inhibition. Water Res 1995; 29(2): 505-9.
20. Siggins A, Enright AM, O'Flaherty V. Low-temperature (7 degrees C) anaerobic treatment of a trichloroethylene-contaminated wastewater: microbial community development. Water Res 2011; 45(13): 4035-46.
21. Tale VP, Maki JS, Struble CA, Zitomer DH. Methanogen community structure-activity relationship and bioaugmentation of overloaded anaerobic digesters. Water Res 2011; 45(16): 5249-56.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-25]

Influence of Ethylene Dichloride Concentration on the Methanogenic Activity of Anaerobic Biomass

Masoumeh Golshan[1], Maryam Torabifar[2], Manizhe Sabaghian-Bidgoli[3], Mohammad Mehdi Amin[4], Mohammad Ghasemian[5], Leila Karimi-Takanlu[6]

Original Article

Abstract

Background: In this study, the inhibitory effect of ethylene dichloride (EDC) on biodegradation was investigated using the specific methanogenic activity (SMA) test of anaerobic biomass.

Methods: 40 SMA tests were performed using 120-ml vials in batch mode. Substrate, biomass, and biogas occupied 66%, 17%, and 17% (v/v) of the volume of each vial, respectively. The duration of each batch test was 10 days. Produced methane was measured through gas replacement with 2N KOH solution as CO_2 absorbent. The chemical oxygen demand (COD) test was performed on samples before and after each test. The variation in temperature and pH were retained at 35 ± 2ºC and 7, respectively. The input COD was measured for each vial at the beginning and end of the experiment. EDC was analyzed through gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) at the beginning and end of the experiments.

Findings: With the EDC concentrations of 500, 1000, 5000, and 20000 mg/l, methane productions of 12.6, 9.9, 2.98, and 0.86 ml/day per gram VSS were observed, respectively. A decline in the efficiency of COD removal was also observed in the mentioned EDC concentrations. The efficiency of COD removal at the mentioned concentrations was 68.9, 70.5, 54.4, and 33.8%, respectively. The inhibitory effects of EDC on methanogenic activity of anaerobic biomass started at its concentrations higher than 750 mg/l. The amounts of cumulative methane at EDC concentrations of 750, 5000, and 20000 mg/l were 30.7, 9.86, and 1.9 ml/day, respectively. EDC removal efficiency at initial concentrations of 500, 2000, and 3000 mg/l was 95.2%, 94.7%, and 93.8%, respectively.

Conclusion: The results of this study indicated that EDC concentrations of higher than 750 mg/l caused a decrease in bacterial activity and reduction in methane production..

Key words: Specific methanogenic activity (SMA), Ethylene dichloride (EDC), Anaerobic biomass, Petrochemical industry wastewater

Citation: Golshan M, Torabifar M, Sabaghian-Bidgoli M, Amin MM, Ghasemian M, Karimi-Takanlu L. **Influence of Ethylene Dichloride Concentration on the Methanogenic Activity of Anaerobic Biomass.** J Health Syst Res 2015; 11(4): 705-12

Received date: 26/07/2015 Accept date: 18/10/2015

1- Student Research Committee, School of Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran
2- Department of Environmental Health Engineering, Lali Municipality, Khouzestan, Iran
3- Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
4- Environment Research Center, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
5- Environment Research Center, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan AND Tehran Wastewater Engineering Company, Tehran, Iran
6- Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
Corresponding Author: Mohammad Mehdi Amin, Email: amin@hlth.mui.ac.ir

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-25]