مجله دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی
پاییز ۱۳۹۳؛۶(۳): ۴۹۷-۵۰۴

Journal of North Khorasan University of Medical Sciences
Autumn2014;6(3): 497-504

مقاله پژوهشی

بررسی عملکرد راکتور پیل سوخت میکروبی در تصفیه فاضلاب همزمان با تولید انرژی الکتریسیته

حسن ایزانلو[۱]، کاظم ندافی[۲]، محمد خزائی[۳]، حمید رضا تشیعی[۴]، زینب یاوری[۵]*

[۱]استادیار، مرکز تحقیقات آلاینده های محیطی و گروه مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی قم، قم، ایران
[۲]دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط و مرکز تحقیقات محیطی دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
[۳]مربی مرکز تحقیقات آلاینده های محیطی و گروه مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی قم، قم، ایران
[۴]استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط دانشگاه آزاد اسلامی تهران، تهران، ایران
[۵]مربی، مرکز تحقیقات آلاینده های محیطی و گروه مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی قم، قم، ایران
نویسنده مسئول: مرکز تحقیقات آلاینده های محیطی و گروه مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی قم
پست الکترونیک: zyavari2412@gmail.com

وصول:۹۱/۴/۲۱ اصلاح: ۹۱/۱۱/۲۱ پذیرش: ۹۱/۱۲/۲۱

چکیده

زمینه و هدف: *پیل سوخت میکروبی که یک سیستم بیوالکتروشیمیایی است، به عنوان روشی نوین در تصفیه فاضلاب همزمان با تولید الکتریسیته می باشد. در این راکتور انرژی شیمیایی ذخیره شده در مواد آلی از طریق فعالیت متابولیکی میکروارگانیسم ها به الکتریسیته تبدیل می شود.*

مواد و روش کار: *در این مطالعه پیل سوخت میکروبی دو محفظه‌ای با جریان پیوسته به مدت ۷۲۰ ساعت در دمای (C ۴±۲۰) راهبری شد. میزان بارگذاری آلی و زمان ماند هیدرولیکی متغیرهای موثر در راهبری راکتور پیل سوخت میکروبی بودند.*

یافته ها: *زمان ماند هیدرولیکی بهینه برای دستیابی به بیشترین بازده حذف COD محلول در محدوده ۱/۵ و ۲/۵ ساعت بود. در این محدوده زمانی راندمان به ۴۹٪ رسید. مطالعه نشان داد که تغییرات میزان بارگذاری آلی تاثیر بسزایی در میزان بازده کلومبیک دارد، به گونه ای که با افزایش میزان بارگذاری آلی مقدار آن کاهش یافت و از ۷۱٪ در کمترین میزان بارگذاری آلی به ۸/۵ ٪ در بیشترین بارگذاری رسید.*

نتیجه گیری: *با توجه به مزایایی از قبیل تولید مستقیم الکتریسیته از فاضلاب و حذف همزمان میزان قابل‌توجهی از بار آلی فاضلاب، استفاده از پیل‌های سوخت میکروبی در مقیاس صنعتی پس از انجام مطالعات تکمیلی و برآورد اقتصادی، جهت تصفیه فاضلاب توصیه می‌گردد.*

واژه های کلیدی: *پیل سوخت میکروبی، الکتریسیته، بازده کلومبیک، تصفیه فاضلاب*

مقدمه

مصرف گسترده و کلان انرژی حاصل از سوخت های فسیلی، اگرچه رشد سریع اقتصادی جوامع پیشرفته صنعتی را به همراه داشته است، اما دریافت انرژی از این منابع موجب افزایش غلظت CO_2، افزایش سرعت تغییرات جهانی آب و هوایی جهانی، ذوب یخهای قطبی و بالا آمدن سطح آب دریاها و مشکلاتی برای سلامت انسان ها شده است [۱،۲]. هم اکنون، سوخت های فسیلی منبع اصلی تأمین انرژی در جهان به شمار می آیند. اما بنا به دلایلی چون نیاز روز افزون به انرژی، محدودیت منابع فسیلی و آلودگی های زیست محیطی ناشی از سوزاندن و متصاعد شدن گازهای آلوده کننده حاصل از آن، استفاده از انرژی های پاک نظیر انرژی خورشیدی، بادی، زمین گرمایی، هیدروژنی و زیست توده به جای انرژی های محدود

فسیلی، می تواند از خطرات و چالش های ایجاد شده ممانعت کنند [۱]. تولید انرژی از مواد تجدید پذیر مانند زیست توده هم برای تولید انرژی مناسب است و هم در کاهش انتشار جهانی CO_2 اثر دارد [۲]. زیست توده، چهارمین منبع بزرگ انرژی در جهان بوده و حدود ۱۴ درصد انرژی جهان را فراهم می کند [۳].

پیل سوختی میکروبی[1] MFC یک سیستم الکتروشیمیایی زیستی است که با کمک شبیه سازی برهم کنش های باکتریایی موجود در طبیعت جریان الکتریسیته تولید می‌نماید [۱،۴-۶]. این تکنولوژی می تواند از باکتری های موجود در فاضلاب به عنوان کاتالیست استفاده کند که هم زمان علاوه بر تولید الکتریسیته، فاضلاب نیز تصفیه می شود.

در سال ۱۹۱۱، پاتر[2] برای اولین بار توانست با استفاده از باکتری ها الکتریسیته تولید کند [۱]. محققین در مطالعات خود از کنسرسیوم های میکروبی خالص و مخلوط جهت اکسیداسیون سوبسترا در پیل سوخت میکروبی استفاده کرده اند. تحقیقات با باکتری های متفاوتی از گونه های خالص مانندا‌شرشیا کلی [3] [۴]، شونلا پیوتریفیکنس [4] [۵]، شونلا انیدنسیس [5] [۶] ژئو باکتر سولفوررودوسنس [6] [۷]، رودفراکس فریدوسنس [7] [۸] انجام شده است. نتایج نشان داد، MFCهایی که در آنها از یک گونه خالص استفاده می شود در شرایط پایدار تری راهبری می شوند و بازده کلومبیک بیشتری دارند [۹] و MFC هایی که با استفاده از گونه های مخلوط راهبری شده اند نسبت به مواردی که در آنها از گونه های خالص استفاده شده است، دانسیته توان بیشتری به دست آمده است [۱۰].

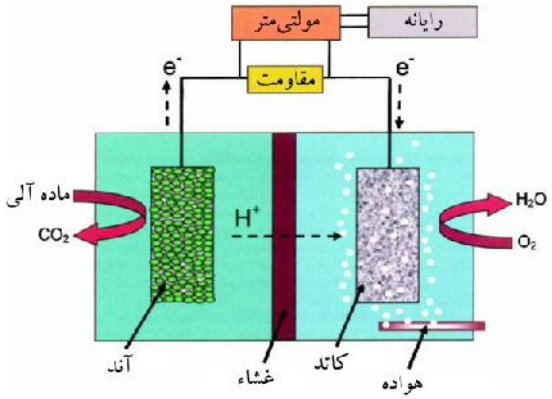
یک MFC دارای دو قسمت آند و کاتد می باشد که توسط یک غشاء تبادل یونی از یکدیگر جدا می شوند [۶،۳]. وجود میکروارگانیسم ها در محفظه آند ترکیبات آلی موجود در فاضلاب را اکسید کرده و الکترون ها را به الکترود منتقل می کنند. الکترون ها از طریق یک سیم رسانا از آند به الکترود کاتد جریان می یابند تا جریان تولید شود، در حالیکه پروتون های تولید شده از میان یک غشای تبادل پروتون نفوذ می کنند. سپس الکترون ها وپروتون ها در کاتد با مولکول های اکسیژن ترکیب می شوند تا آب تشکیل شود [۱]. مواد منتقل کننده پروتون در MFC ها بایستی بتوانند از انتقال سایر مواد مانند سوبسترا و یا الکترون پذیرنده ها مانند اکسیژن جلوگیری کنند و در عین حال پروتون را با سرعت زیادی به کاتد منتقل نمایند [۱۰].

در فرآیندهای بیولوژیکی سوبسترا نقش مهمی در فراهم کردن منبع انرژی و کربن مورد نیاز جهت ساختار سازی سلولی دارد [۱۲،۱۱]. غلظت سوبسترا و ترکیب شیمیایی آن می تواند هم بر جمعیت میکروبی و هم بر عملکرد کلی پیل سوختی میکروبی اثر گذاشته و میزان دانسیته توان و بازده کلومبیک را تحت تاثیر قرار می دهد [۱۱]. فاضلاب که حاوی مواد آلی فراوانی است، به عنوان ماده ای مناسب جهت تولید حامل های انرژی مانند متان، هیدروژن است [۱۰] و استفاده از آن به عنوان سوبسترا در MFC می تواند منجر به تصفیه همزمان فاضلاب و تولید الکتریسیته از آن شود [۱۱]. نتایج پژوهش های محققان در سال ۲۰۰۴ نشان داد که بین درجه تصفیه فاضلاب و توان تولیدی از راکتورMFC ارتباط مستقیمی وجود دارد [۱]. نتایج مطالعه لیو[8] و همکارانش که با هدف تولید الکتریسیته از دو نوع سوبسترا(استات و بوتیرات) انجام شد، نشان داد که بازده کلومبیک بوتیرات بسیار کمتر از استات است [۱۳].

یانقو آن[9] و همکارانش در مطالعه ای که از فاضلاب شهری به عنوان سوبسترا استفاده کرده بودند، دریافتند که دانسیته توان و راندمان حذف COD به ترتیب mW/m^2 ۴۲۲ و۲۵/۸٪ بود [۱۴]. بر طبق نتایج مطالعه جان کیو جیانگ[10] راندمان حذف COD کل لجن فاضلاب در MFC به ۴۶/۴ درصد رسید [۱۵].

1 -Microbial Fuel Cell
2-potter
3 -Escherichia coli
4 -Shewanella putrefaciens
5 -Shewanella oneidensis
6 -Geobacteraceae sulferreducens
7 -Rhodoferax ferrireducens

8- Liu
9-Youngho Ahn
10-Junqiu Jiang



شکل۱: شماتیک راکتور پیل سوخت میکروبی(۱)

این مطالعه با هدف تصفیه پذیری فاضلاب سنتتیک بر پایه گلوکز با استفاده از پیل سوخت میکروبی دو محفظه ای در مقیاس آزمایشگاهی انجام شد. به منظور بررسی اثر میزان بارگذاری آلی بر راندمان حذف COD، بازده کلومبیک و میزان توان تولیدی راکتور به طور پیوسته با استفاده از فاضلاب سنتتیک بر پایه گلوکز راهبری شد.

روش کار

راکتور مورد استفاده در این مطالعه از جنس پلکسی گلس و شامل دو محفظه آند وکاتد(حجم ۲۵۰ml) بود که توسط یک غشای تبادل پروتون[1] Nafion117, (PEM) (DuPont Co USA) از یکدیگر جدا می شدند. الکترود مورد استفاده در آند از جنس پارچه کربن و کاتد از جنس گرافیت مسطح(مساحت سطح ۳۶cm^2) انتخاب شد. قبل از استفاده از غشا به منظور افزایش تخلخل، لازم است پیش‌تصفیه ای روی آن صورت گیرد. بدین منظور غشا به ترتیب ابتدا درون محلول آب اکسیژنه(۳۰٪)، آب بدون یون، محلول اسید سولفوریک ۰/۵M و در نهایت برای حذف اسید اضافی مجدداً درون آب بدون یون قرار گرفت. هر یک از این مراحل بایستی در دمای ۸۰°C و به مدت ۱hr انجام شد [۱۵]. فاضلاب سنتتیک با گلوکز به عنوان منبع کربن و (K_2HPO_4 (۰/۷۸g/l، (NH_4Cl(۰/۲۸g/l، ($MgSO_4$ (۰/۱g/l)، ($CaCl_2.2H_2O$(۰/۱g/l)، (۰/۵۸g/l) NaCl، KCl (۰/۷۴g/l)، (KH_2PO_4(۰/۶۸g/l)، به‌طور پیوسته از طریق یک پمپ پریستالتیک (نانوزیست تک مدل P۵۷۶۰) درون محفظه آند تزریق شد[۳، ۱۵].

به منظور برقراری شرایط یکنواخت و اختلاط کامل درون راکتور از مگنت استفاده گردید. شرایط بی‌هوازی درون محفظه آند، با دمیدن گاز دی‌اکسید کربن (CO_2) فراهم شد. بافر فسفات(۵۰mM PBS)، به‌عنوان الکترون پذیرنده در کاتد استفاده گردید [۱۰،۳]. برای فراهم کردن اکسیژن محلول در محفظه کاتد، این قسمت به‌طور پیوسته با استفاده از یک پمپ هوادهی شد. در این مطالعه از از باکتری های استخراج شده از شکمبه گاو به عنوان کنسرسیوم میکروبی در محفظه آند استفاده شد. در هر میلی‌لیتر از محتویات شکمبه در حدود 10^{9}-10^{10} باکتری وجود دارد [۱۷،۱۶]. عملکرد MFC در شش مرحله بارگذاری و در سه زمان ماند متفاوت که در جدول ۱بیان شده است، به مدت ۷۲۰ ساعت ارزیابی شد. هر بار گذاری تا رسیدن به شرایط پایدار و ثابت شدن ولتاژ راهبری می شد.

آزمایش ها به صورت پیوسته و در شرایط آزمایشگاهی(دمای ۲۰ ±۴°C) انجام گرفت.

1 -Proton Exchange Membrane

شکل ۲: پایلوت مورد استفاده در مطالعه

ولتاژ تولیدی از MFC به طور پیوسته با استفاده از مولتی متر دیجیتالی(RIGOL Digital multimeter$5\frac{3}{4}$) در هر بارگذاری تا رسیدن به ولتاژ ثابت، قرائت می شد. جریان با استفاده از رابطه ۱ محاسبه می شود:

$$I=V\times R^{-1} \qquad (۱)$$

که در آن I جریان بر حسب آمپر، Vولتاژ بر حسب ولت، R مقاومت بر حسب اهم است. توان(P) نیز از رابطه ۲ محاسبه می شود:

$$P=V\times I \qquad (۲)$$

که در آن P توان بر حسب وات است. برای محاسبه چگالی توان(mW/m^2) و جریان(mA/m^2) مقادیر به دست آمده به مساحت سطح الکترود (معمولاً آند) تقسیم می شود. از آنجایی که هدف اصلی راهبری MFC ها تولید توان است، لذا بایستی تا حد امکان الکترون های ذخیره شده بیشتری را از بیومس استخراج کنیم تا به این ترتیب انرژی بیشتری از سیستم به دست آوریم. الکترون های به دست آمده به بازده کولومبیک Columbic (Efficiency) (CE) مربوط می شوند که به صورت نسبتی (یا درصدی) از الکترون های به دست آمده از جریان به کل الکترون های موجود در سوبسترا تعریف می شود. بازده کلومبیک در حالت راهبری پیوسته طبق رابطه ۳ بدین صورت محاسبه می شود [۳،۱]:

$$CE = \frac{8\,I}{F\,q\,\Delta COD} \qquad (۳)$$

که در آن I جریان برحسب آمپر، F ثابت فارادی (۹۶۴۸۵C/mol)، Δc تغییرات غلظت COD درون راکتور (mg/l) و q میزان جریان ورودی به راکتور (l/d) می باشد. برای اندازه گیری بخش محلول COD، درپایان هر بارگذاری نمونه برداشت شده از خروجی راکتور از فیلتر فایبر گلس واتمن با اندازه منافذ ۱/۲ mm و قطر ۴/۷cm عبور داده شد (whatman,GF/C). سپس با استفاده از روش ۵۲۲۰ استاندارد متد، COD فاضلاب سنتتیک اندازه گیری شد (HACH COD system؛ ۵۲۲۰) [۱۸].

یافته ها

با ورود فاضلاب به درون راکتور ولتاژ به صورت تدریجی افزایش یافت و سپس ثابت شد. تولید جریان در پیل سوخت میکروبی بر اساس انتقال الکترون بین سطح الکترود هاست [۱۹،۳]. از سوی دیگر گلوکز سوبسترایی است که به آسانی می تواند توسط میکروارگانیسم ها تجزیه شود. طی شش مرحله راهبری در راکتور بیشینه ولتاژ به دست آمده ۷۰۰ میلی ولت بود که پس از ۲۱ روز

جدول ۱: یافته های پژو هش

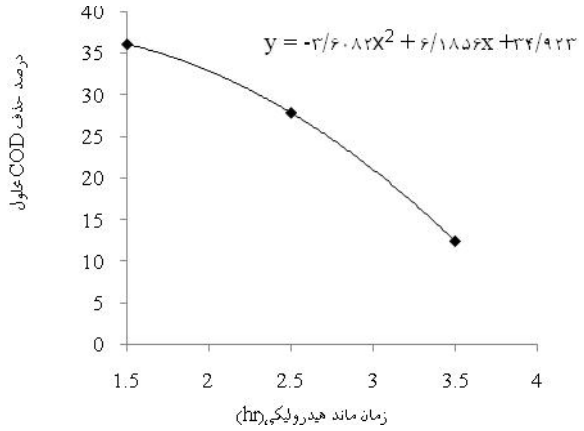
C(g/l)	RUN	OLR(kg COD/m^3.d)	HRT(hr)	V(mV)	CE (%)	I(mA/m^2)	P(mW/m^2)	E (%)
	۱	۶/۶۸۶	۳/۵	۶۸۵	۷۱/۷	۴/۵۲	۴۳۹/۵	۱۲/۳۷
۱	۲	۹/۳۶	۲/۵	۶۶۰	۳۲/۶	۸/۳	۹۱۷	۲۷/۸۳
	۳	۱۵/۶	۱/۵	۶۴۵	۱۵/۶	۸/۷۵	۶۰۰/۸۹	۳۶/۰۳۷
۲	۴	۱۲/۲۷۴	۳/۵	۶۲۷	۱۵/۰۹	۸/۳۳	۶۸۶/۸	۴۶/۳۷
	۵	۱۷/۱۸۴	۲/۵	۶۳۳	۱۵/۰۸	۹/۹	۶۳۳	۴۹
	۶	۲۸/۶۴	۱/۵	۷۰۰	۸/۹	۹/۴۶	۱۷۰۰	۴۰

به دست آمد. اما در نخستین ساعات بهره برداری نیز به دلیل فراهم بودن شرایط مناسب برای میکروارگانیسم ها ولتاژ تولیدی به ۶۸۵mV رسید. نتایج ولتاژ تولیدی، راندمان حذف و بازده کلومبیک در هر مرحله از بارگذاری ها در جدول ۱ ارائه شده است.

بحث

به منظور مطالعه اثر زمان ماند هیدرولیکی (HRT)[1] بر عملکرد سیستم، راکتور مورد استفاده در مطالعه با غلظت متغیری از سوبسترا به طور پیوسته در سه زمان ماند متفاوت و شش بارگذاری آلی راهبری شد. طی مراحل راهبری محفظه آند به طور پیوسته برای بازده حذف COD محلول (SCOD) پایش می شد. داده های به دست آمده از آزمایش که در جدول ۳ نشان داده شده است، نشان می دهد که زمان ماند هیدرولیکی می تواند اثر بارزی بر بازده حذف SCOD داشته باشد.

با توجه به منحنی ارائه شده در شکل ۲، در این سه نوبت نخست کاری که بارگذاری ها با غلظت ۱g/l گلوکز به دست آمد، با افزایش میزان بارگذاری آلی که متناظر با کاهش زمان ماند هیدرولیکی درون راکتور بود، بازده حذف COD محلول نیز افزایش یافت. به گونه ای که بیشترین بازده حذف در زمان ماند هیدرولیکی ۱/۵ ساعت به دست آمد. با توجه به معادله به دست آمده از نمودار $y= -۳/۶۰۸۲x^{۲}+۶/۱۸۵۶x+۳۴/۹۲۳$ می توان با زمان ماندهای متفاوت راندمان حذف COD را محاسبه نمود.

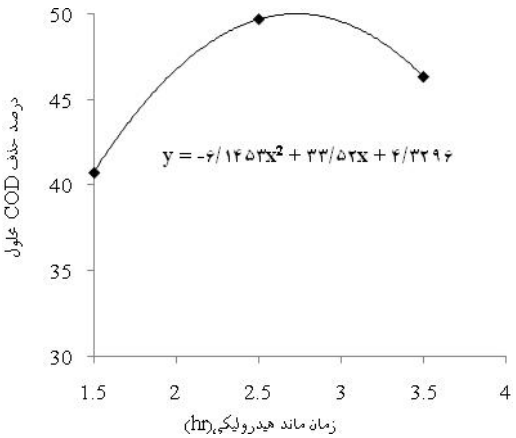


شکل ۲: ارتباط زمان ماند هیدرولیکی و درصد حذف COD محلول در سه نوبت نخست کاری

با تغییر غلظت و محاسبه بارگذاری ها در نوبت های کاری بعدی(جدول ۲)، درصد حذف COD محلول در این مراحل نیز با کاهش زمان ماند هیدرولیکی افزایش یافت. بار آلی از طریق افزایش غلظت ماده آلی ورودی و کاهش

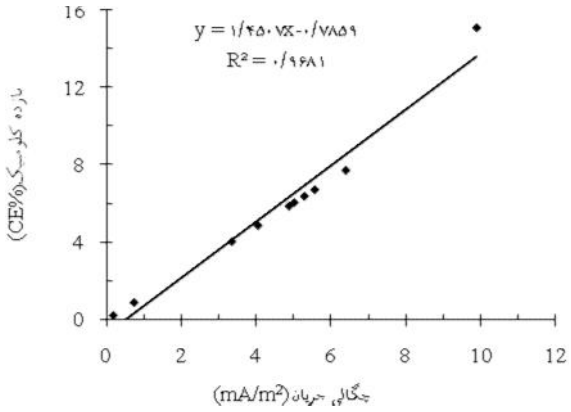
1-hydraulic retention time

میزان جریان ورودی فاضلاب بالا برده شد. اما همان طور که نتایج نشان می دهد، با افزایش میزان بارگذاری آلی و کاهش زمان ماند هیدرولیکی در آخرین نوبت کاری بازده حذف کاهش یافت و بیشترین درصد حذف در زمان ماند هیدرولیکی ۲/۵ ساعت حاصل شد. زمان ماند بهینه برای دستیابی به بیشترین بازده حذف زمان های ماند هیدرولیکی ۱/۵ و ۲/۵ ساعت حاصل شد که این محدوده زمانی می تواند به عنوان زمان ماند بهینه برای راهبری راکتور پیل سوخت میکروبی نیز مورد استفاده قرار گیرد. شکل ۳ ارتباط میان میزان حذف بارگذاری آلی و زمان ماند هیدرولیکی در نوبت های کاری چهارم تا ششم را نشان می دهد.



شکل ۳: ارتباط زمان ماند هیدرولیکی و درصد حذف COD محلول

نتایج به دست آمده از مطالعه ای که یوجی فینگ[1] و همکارانش انجام دادند نشان داد که در زمان های ماند هیدرولیکی بین ۲/۵ و۳/۵ ساعت، بیشینه چگالی توان تولید می شود و بیشترین بازده حذف COD نیز در این زمان ها حاصل شد. از این رو این محدوده زمانی را به عنوان زمان ماند بهینه برای راهبری راکتور پیل سوخت میکروبی معرفی نمودند [۲۰]. در فرآیندهای بیولوژیکی سوبسترا نقش مهمی در فراهم کردن منبع انرژی و کربن مورد نیاز جهت ساختار سازی سلولی دارد [۱۱، ۱۲]. غلظت سوبسترا و ترکیب شیمیایی آن می تواند هم بر جمعیت میکروبی و هم بر عملکرد کلی پیل سوختی میکروبی اثر گذاشته و میزان دانسیته توان و بازده کلومبیک را تحت تاثیر قرار دهد [۱۱]. از آنجا که الکتریسیته از طریق تجزیه سوبسترا های آلی تولید می شود، اکسیداسیون سوبسترا با حذف الکترون ها صورت می گیرد. برای مثال از اکسیداسیون کامل گلوکز و استات به ترتیب ۲۴ و ۸ مول الکترون به دست می آید [۱]. نتایج مطالعه نشان داد که با افزایش میزان بارگذاری مقدار CE کاهش یافت. به گونه ای که CE در نخستین نوبت کاری با کمترین میزان بارگذاری آلی به ۷۱٪ رسید و در نوبت کاری نهایی با بیشترین میزان بارگذاری آلی به ۸/۵ ٪ کاهش یافت. همان گونه که در رابطه ۲ نشان داده شده است، بازده کلومبیک با افزایش چگالی جریان زیاد می شود. با رسم نمودار چگالی جریان در برابر بازده کلومبیک می توان دریافت که یک رابطه خطی میان چگالی جریان و بازده کلومبیک وجود دارد و با ضریب همبستگی بسیار بالایی از واکنش درجه اول ۰/۷۸۵۹- y=۱/۴۵۰۷x پیروی می کند.



شکل ۴: بازده کلومبیک به عنوان تابعی از دانسیته جریان

علت اصلی رابطه معکوس میان CE و غلظت سوبسترا این است که غلظت های زیاد سوبسترا فعالیت های باکتریایی را کاهش می دهد و بنابراین CE کاهش می یابد. وجود اکسیژن یا سایر الکترون پذیرنده ها در محفظه آند می توانند مانع از تجزیه کامل سوبسترا و آزادسازی الکترون ها شود. از آنجایی که باکتری های هوازی نمی توانند در تولید الکتریسیته نقشی داشته باشند، هر گونه نفوذ اکسیژن به درون سیستم موجب کاهش سوبسترا و در

1-Feng Y

نتیجه کاهش بازده کلومبیک می شود. زیرا اگر اکسیژن برای باکتری های بی هوازی در دسترس باشد، به جای اینکه الکترون های خود را از سطح الکترود منتقل کنند، به طور مستقیم آنها را ازطریق اکسیژن عبور می دهند و این کار موجب کاهش راندمان کلومبیک می شود [۲۱-۲۲]. در کمترین بارگذاری ها، میکروارگانیسم ها این امکان را داشتند که تمامی سوبسترای موجود در راکتور را تجزیه کنند. اما با افزایش میزان بارگذاری، سوبسترای در دسترس میکروارگانیسم افزایش یافته و جمعیت میکروبی درون راکتور قادر به تجزیه تمامی مقادیر سوبسترای ورودی نیست. در MFC هایی که از گلوکز استفاده می شود، گلوکز توسط باکتری های اسیدوژنیک به اتانول، استات و بوتیرات تبدیل می شود. این فرآیند های تجزیه ای الکترون ها را از تولید الکتریسیته باز می دارد [۱]. نتایج مطالعه لیو و همکارانش که از استات و بوتیرات در پیل سوختی یک محفظه ای استفاده کرده بودند، نشان داد که بازده کلومبیک استات نسبت به بوتیرات بیشتر است . در واقع استات مستقیما تجزیه شده و الکترون های خود را آزاد می کنند. درحالیکه بوتیرات حین تجزیه به محصولات واسطه ی دیگری نیز تبدیل می شود و همین امر موجب کاهش بازده کلومبیک آن می شود [۱۳]. در میان مطالعات انجام شده بیشترین میزان بازده کلومبیک (۹۷٪) از سوبسترای فرمات است که rosenbum و همکارانش علت را تجزیه تقریبا کامل فرمات بیان نمودند [۱۹]. در مطالعه انجام شده توسط Qing Wen و همکارانش که با هدف تولید الکتریسیته از فاضلاب آبجوسازی انجام شد نتایج نشان داد که بیشترین میزان (CE(٪ ۱۹/۷۵ در مقاومت ۲۰Ω به دست آمد که علت آن را ترکیب پیچیده سوبسترای مورد استفاده در مطالعه بیان کردند [۳].

نتیجه گیری

محدودیت اصلی MFC ها برای استفاده در مقیاس های بزرگ چگالی کم توان در آنهاست. از آنجا که نخستین تولید کننده های انرژی باکتری ها هستند، شناخت و بکار گیری گونه های باکتریایی که بتوانند الکتریسیته بیشتری تولید کنند لازم است. توان خروجی از MFC ها می تواند توسط فاکتور های متعددی مثل راندمان انتقال الکترون از میکروارگانیسم به الکترود ها، مساحت سطح الکترود، شکل راکتور، الکترون دهنده و الکترون پذیرنده و سینتیک های واکنش اکسیژن در محفظه کاتد محدود شود [۶].

تکنولوژی پیل سوخت میکروبی برای تصفیه فاضلاب با محدودیت هایی روبرو است. زیرا فرآیند هنوز جنبه تجاری نیافته است. از این رو پیشنهاد می شود تا در مطالعات آتی به جنبه های صنعتی این فرآیند و استفاده از آن به عنوان یک فرآیند اقتصادی و مقرون به صرفه در تصفیه فاضلاب های شهری و صنعتی پرداخته شود.

پیشنهادات

یکی از مشکلات راکتورهای پیل سوخت میکروبی، گرفتگی غشا در مدت زمان کوتاهی پس از راهبری می باشد که این مشکل در سیستم هایی که به طور پیوسته راهبری می شوند، بیشتر به چشم می خورد. همزمان با گرفتگی غشا که نشانه آن سیاه شدن غشا طرف آند می باشد، بوهای نامطلوبی از پساب تولید می شود که به نظر می رسد ناشی از ترکیبات گوگردی است. از این رو پیشنهاد می شود تا در مطالعات آتی، برای جلوگیری از گرفتگی و تعیین ماهیت این ترکیبات راهکارهایی پیشنهاد گردد.

تشکر و قدردانی

در پایان نویسندگان بر خود لازم می دانند تا از مرکز تحقیقات آلاینده های محیطی وابسته به دانشگاه علوم پزشکی قم، که هزینه های مالی وآزمایشگاهی این پژوهش را فراهم نمود، سپاسگزاری نمایند.

References

1. Logan B.E, "Microbial fuel cell". 1st, John Wiley & Sons, Publication 2007.
2. Sammes N, "Fuel Cell Technology Reaching Towards Commercialization ", Springer publication 2006.
3. Wena Q, Wua Y, Cao D, Zhao L, Sun Q, "Electricity generation and modeling of microbial fuel cell from continuous beer brewery wastewater", Bio Tech 2009; 100: 4171-4175.
4. Schroder U, Nieen J, Scholz F,"A Generation of microbial fuel cells with current outputs boosted by more than one order of magnitude", Angew, Chem 2003; 42: 2880–2883.
5. Kim HJ, Park HS, Hyun MS, Chang I.S, Kim M, Kim BH, "A mediator-less microbial fuel cell using a metal reducing bacterium, Shewanella putrefaciens", Enz & Micro Techno 2002; 30:145–152.
6. Biffinger JC, Byrd JN, Dudley BL, Ringeisen BR, "Oxygen exposure promotes fuel diversity for Shewanella oneidensis microbial fuel cells", Biose & Bioelec 2008; 23: 820–826.
7. Bond DR, Lovley DR, "Electricity production by Geobacter sulfurreducens attached to electrodes", Appli & Environ Microbi2003;69 (3): 1548–1555.
8. Chaudhuri SK, Lovley DR, "Electricity generation by direct oxidation of glucose in mediatorless microbial fuel cells", Natu Biotechno 2003; 21:1229–1232.
9. Rabaey K, Boon N, Hofte M, Verstraete W,"Microbial phenazine production enhances electron transfer in biofuel cells", Environm Scien & Techno 2005; 39: 3401–3408.
10.Booki M, Shaoan Ch, Logan BE, "Electricity generation using membrane and salt bridge microbial fuel cells", Water Research 2005; 39: 1675–1686.
11.Pant D., Van.B, G., Diels, L., Vanbroekhoven, K., "A review of the substrates used in microbial fuel cells (MFCs) for sustainable energy production", Bioresource Technology, 2010; 101, 1533-43.
12.DuZ, Li H, Gu T, "A state of the art review on microbial fuel cells: A promising technology for wastewater treatment and bioenergy", Biotechno Advances 2007; 25: 464–482.
13.Liu H, Cheng S, Logan BE, "Production of Electricity from Acetate or Butyrate Using a Single-Chamber Microbial Fuel Cell", Environ Sciene Techno 2005; 39: 658–662.
14.Ahn Y, Logan BE,"Effectiveness of domestic wastewater treatment using microbial fuel cells at ambient and mesophilic temperatures", Bioreso Techno 2010; 101:469–475.
15.Jiang J, Zhao Q, Zhang J, Zhang G, Lee DJ, "Electricity generation from bio-treatment of sewage sludge with microbial fuel cell" Bioreso Techno 2009; 100:5808-5812.
16.Rismani Yazdi H, Christy Ann D, Dehority Burk A, Morrison M, Zhongtang Yu, Tuovinen Olli H, "Electricity generation from cellulose by rumen microorganisms in microbial fuel cells", Biotechno Bioeng 2007; 97: 1398-407.
17.H.mansoori, A.nikkhah, M.rezaeian, A. mirhadi, "The comparison Rumen microbial population in Holstein and Sistani cows", Journal of pajohesh and sazandegi 2007; 66-73.
18.APHA, "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, Washington, DC. 1998.
19.Rosenbaum M, Schroder U, Scholz F, "Investigation of the electro catalytic oxidation of format and ethanol at platinum black under microbial fuel cell conditions", Solid State Electrochem 2006; 10:872–8.
20.Feng Y, Lee H, Wang X, Liu Y, He W, "Continuous electricity generation by a graphite granule baffled air–cathode microbial fuel cell", Bioreso Techno 2010; 101:632–638.
21.Moon H, Chang IS, Jang JK, Kim BH, "Residence time distribution in microbial fuel cell and its influence on COD removal with electricity generation", Biochemical Engineering 2005; 27: 59–65.
22.Zhang E, Xu W, Diao G, Shuang C, "Electricity generation from acetate and glucose by sedimentary bacterium attached to electrode in microbial-anode fuel cells", Power Sources, 2006; 161: 820–5.

Original Article

Survey of performance microbial fuel cell for wastewater treatment and electricity generation

*Izanloo H[1], Naddafi K[2], Khazaei M[3], Tashauoei HR[4], Yavari Z[5]**

[1] Assistant Professor .Research Center for Environmental Pollutants and Department of Environmental Health Engineering, Qom University of Medical Sciences, Qom, IRAN,
[2]Associate Professor. Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health and Center for Environmental Research, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[3]Educator, Research Center for Environmental Pollutants and Department of Environmental Health Engineering, Qom University of Medical Sciences, Qom, IRAN
[4]Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Islamic Azad University Tehran Medical Branch, Tehran, IRAN,
[5]Educator, Research Center for Environmental Pollutants and Department of Environmental Health Engineering, Qom University of Medical Sciences, Qom, IRAN

***Corresponding Author**: Research Center for Environmental Pollutants and Department of Environmental Health Engineering, Qom University of Medical Sciences
Email: zyavari2412@gmail.com

Abstract

Background and objective: *Microbial fuel cell (MFC) is a bio electrochemical system and a new method for wastewater treatment and electricity generation simultaneously. In this reactor chemical energy stored in organic materials convert to electricity through the metabolic activity of the microorganisms.*

Material & Methods: *In a pilot study, two chambers MFC operated in continuous mode during 720 hours at 20±4 C. Organic loading rate and hydraulic retention time (HRT) were effective variables for operation of reactor.*

Results: *Optimized HRT to achieve the maximum removal efficiency obtained 1.5 and 2.5 hours and reached to 49%. Results showed that Columbic efficiency affected by organic loading rate (OLR) and by increasing it, CE reduced from 71% to 8%.*

Conclusion: *By considering, advantages such as production electricity directly and wastewater treatment simultaneously, it is recommended after further complementary studies and economical assessment, MFC could be used for wastewater treatment in industrial level.*

Keywords: *microbial fuel cell, electricity, columbic efficiency, wastewater treatment*

Submitted:11 Jul 2012
Revised:9 Feb 2013
Accepted: 11 Mar 2013