

تولید همزمان جریان الکتریسته و تصفیه‌ی فاضلاب با استفاده از سیستم‌های الکتروشیمیایی - بیولوژیکی، مطالعه‌ی موردی پیل سوخت میکروبی با کاتد هوایی

مهدی اسدی قاهری^۱، ناصر مهرداد^{۲*}، غلامرضا نبی بیدهندی^۲

^۱ دانشجوی دکترای مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران
^۲ استاد گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران

نشانی نویسنده مسؤول: تهران، دانشگاه تهران، دانشکده محیط زیست، دکتر ناصر مهرداد
E-mail: mehrdadi@ut.ac.ir

وصول: ۹۳/۵/۱۶، اصلاح: ۹۳/۷/۱۷، پذیرش: ۹۳/۸/۲۸

چکیده

زمینه و هدف: در حال حاضر، تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر مثل زیست توده به‌عنوان جایگزین سوخت‌های فسیلی مورد توجه جدی قرار گرفته است. براین اساس، در این مطالعه دو هدف تصفیه‌ی فاضلاب و تولید جریان الکتریسته در پیل سوخت میکروبی با کاتد هوایی در نظر گرفته شد.

مواد و روش‌ها: پایلوت پیل سوخت میکروبی با کاتد هوایی در مقیاس آزمایشگاهی مورد استفاده قرار گرفت. با استفاده از رسم منحنی پلاریزاسیون، مقاومت خارجی بهینه در حد $1000\ \Omega$ تعیین شد. با بهره‌برداری منقطع در دو ظرفیت بافری فاضلاب، ولتاژ خروجی از دستگاه، تعیین و دانسیته‌ی توان و جریان الکتریکی خروجی از سیستم محاسبه گردید. COD فاضلاب ورودی و خروجی از سیستم جهت تعیین راندمان نیز مورد آزمایش قرار گرفت.

یافته‌ها: راندمان حذف COD فاضلاب در دو ظرفیت بافری 25mM و 50mM به ترتیب برابر با $90/86 \pm 1/4$ و $90/45 \pm 0/48$ درصد بود. حداکثر ولتاژ تولیدی نیز در این دو ظرفیت برابر با 587mV و 596mV به دست آمد. حداکثر دانسیته‌ی جریان تولیدی در 50mM برابر با 843mA/m^2 و در 25mM برابر با 30mA/m^2 محاسبه شد. در طی این مدت، دانسیته‌ی توان به دست آمده نیز در 50mM برابر با $0/2\text{mW/m}^2$ و در 25mM برابر با 487mW/m^2 محاسبه گردید. همچنین به علت مقاومت بیشتر فاضلاب در مقابل کاهش pH، طول مدت زمان تولید ولتاژ در ظرفیت بافری 50mM بیشتر از 2 برابر 25mM بود.

نتیجه‌گیری: استفاده از پیل‌های سوخت میکروبی با کاتد هوایی می‌تواند علاوه بر رقابت با سیستم‌های متداول مثل لجن فعال در تصفیه‌ی فاضلاب، انرژی الکتریسته نیز تولید نماید.

واژه‌های کلیدی: پیل سوخت میکروبی، کاتد هوایی، تصفیه‌ی فاضلاب، انرژی الکتریکی.

مقدمه

در حال حاضر، نفت، گاز طبیعی و زغال سنگ از منابع اصلی انرژی می‌باشند. اما با رشد مصرف این منابع در آینده مقادیر آنها رو به کاهش نهاده، تداوم نخواهد داشت. به علاوه، استفاده از این منابع و یا سایر منابع سوخت‌های فسیلی، باعث افزایش غلظت آلاینده‌ها و به خصوص دی‌اکسید کربن به عنوان گاز گل‌خانه‌ای شده و اثرات نامطلوبی در زمینه‌ی آلودگی هوا را در پی خواهد داشت (۱).

به علت کمبود سوخت‌های فسیلی و تاثیر آن بر معادلات جهانی، استفاده از زیست توده به عنوان یک منبع انرژی پایدار مورد توجه قرار گرفته است (۲). به طور مثال می‌توان به استفاده از انرژی موجود در فاضلاب به عنوان یک فرایند سازگار با محیط زیست و همچنین یک منبع انرژی ارزان اشاره نمود (۳، ۴).

حدود یکصدسال پیش توسط پاتر مشخص شد که باکتری‌ها می‌توانند انرژی الکتریسته تولید کنند. این فرایند قداراست در داخل پیل‌های سوخت میکروبی (Microbial Fuel Cell) صورت گیرد (۵، ۶). بر این اساس، از سال ۲۰۰۶ به بعد فناوری پیل سوخت میکروبی بر مبنای تصفیه‌ی فاضلاب‌های خانگی و صنعتی آغاز گردید (۱).

باکتری‌های تولیدکننده‌ی جریان الکتریسته، باکتری‌های الکترونزای خارجی (exoelectrogenic bacteria) نامیده می‌شوند. این باکتری‌ها مواد آلی را تجزیه کرده، پروتون (H^+) و الکترون تولید می‌کنند (۷). الکترون تولیدی ناشی از مصرف مواد آلی مستقیماً به خارج از سلول هدایت می‌شود (۸). بیشتر این باکتری‌ها در دسته‌های بی‌هوازی و اختیاری قرار می‌گیرند (۹). گاما پروتوباکترها (Gammaproteobacteria) و گونه‌هایی از شوانلا (shewanella)، دلتا پروتوباکترها (Deltaproteobacteria)، ژئوباکتریاسه‌ها (Geobacteraceae)، بتا پروتوباکترها (Betaproteobacteria)، فرمیکوتس (Firmicutes)، کلسترییدیوم (Clostridia) و اشرشیا

کلی (E.coli) باکتری‌هایی هستند که بدون واسطه الکترون-ها را منتقل می‌کنند (۱۰).

الکترون‌ها و پروتون‌های تولیدی باعث اختلاف پتانسیل بین آند و کاتد شده و در نتیجه باعث حرکت الکترون‌ها از آند به سمت کاتد می‌شوند (۱۱). حرکت الکترون از سمت آند به سمت کاتد، باعث ایجاد جریان الکتریسته می‌گردد (۱۲، ۱۳). در داخل محفظه‌ی کاتد پذیرنده‌ی نهایی، الکترون را گرفته و احیا می‌شود. پذیرنده-ی نهایی الکترون، می‌تواند اکسیژن، نیترات، سولفات و غیره باشد (۱۴، ۱۵).

در این مطالعه به بررسی میزان الکتریسته‌ی تولیدی در پیل‌های نمک زدای میکروبی با کاتد هوایی پرداخته و همزمان کارایی این گونه سیستم‌ها را در تصفیه‌ی فاضلاب مورد بررسی قرار داده‌ایم.

مواد و روش‌ها

جهت ساخت بدنه‌ی اصلی پایلوت از ورقه‌های پلکسی در ضخامت‌های ۰.۵-۲cm استفاده شد. حجم مفید محفظه‌ی فاضلاب و محفظه‌ی مربوط به بافر کاتولیت بادر نظر گرفتن ضخامت واشرهای آب‌بندی و همچنین قرار گرفتن الکتروود و سایر تجهیزات در داخل محفظه‌ها، به ترتیب برابر با ۴۰ و ۲۰ میلی لیتر به دست آمد.

یک غشای تبادل یونی کاتیونی مدل CMI7000, Membrane International INC جهت جداسازی محفظه‌ی کاتد از محفظه‌ی فاضلاب مورد استفاده قرار گرفت. الکتروود آند از جنس گرافیت مسطح و گرمادیده در ۴۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد بود. این الکتروود قبل از استفاده و به منظور حذف فلزات جزئی، به مدت ۴۸ ساعت در HCl 1M قرار گرفته و پس از آن با آب دیونیزه شسته شد. الکتروود کاتد از نوع کاتد هوایی (Air Cathode) و از جنس پارچه‌ی کربنی ضد آب بود. یک سمت آن که در معرض محلول کاتولیت قرار می‌گرفت، با پودر کربن پلاتین به نحوی پوشش داده شد که میزان پلاتین آن برابر با

ماند و در دو بهره‌برداری متوالی قابل دسترسی بود، بهره-برداری نهایی از سیستم آغاز شد. بهره‌برداری از سیستم به صورت منقطع بود و زمانی که ولتاژ خروجی به کمتر از 80mV می‌رسید، فاضلاب و کاتولیت جایگزین می‌شد. قبل از ورود فاضلاب به سیستم، COD آن و پس از خروج نیز COD فاضلاب اندازه‌گیری می‌شد.

آزمایش‌ها براساس دستورالعمل کتاب استاندارد متد سال ۲۰۱۲ انجام شده و نتایج با استفاده از نرم‌افزار SPSS20 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (۲۳). پارامترهای محاسبه‌ای مثل چگالی جریان الکتریکی، پس از به دست آمدن ولتاژ دستگاه براساس فرمول ذیل محاسبه شد:

$$i = \frac{E}{RA} \quad (1)$$

همچنین چگالی توان سیستم نیز با توجه به فرمول ذیل محاسبه گردید:

$$P = \frac{Ei}{A} \quad (2)$$

E: ولتاژ عبوری از مقاومت R بر حسب mV

A: مساحت کاتد (m²)

R: مقاومت خارجی سیستم (Ω).

نرخ مصرف COD نیز با توجه به فرمول ذیل به دست آمد:

$$Q_c = \frac{C_i - C_t}{t} \quad (3)$$

C_i و C_t: به ترتیب COD ورودی و خروجی از سیستم بر حسب mg/l.

t: زمان ماند هیدرولیکی فاضلاب بر حسب ساعت.

یافته‌ها

قبل از مرحله بهره‌برداری از پیل سوخت میکروبی، ولتاژ مدار جریان باز (Open circuit potential) در حد 810mV به دست آمد. سپس منحنی پلاریزاسیون آن با استفاده از یک جعبه مقاومت ترسیم گردید. ولتاژ تولیدی در مقاومت‌های خارجی مختلف از ۱۰ تا ۲۰۰۰۰Ω ثبت شد. نتایج منحنی پلاریزاسیون نشان داد که در مقاومت خارجی 1000Ω بیشترین توان به دست می‌آید. بر این اساس

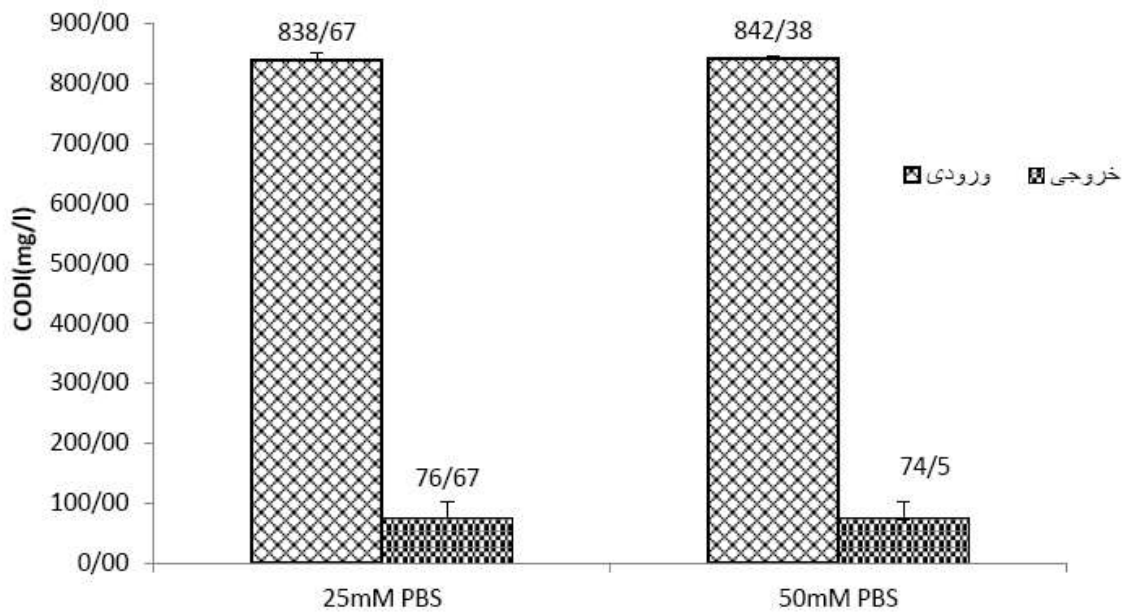
0.5mg/cm² به دست آمد. همچنین سمت دیگری که در معرض هوا قرار می‌گرفت با ۴ لایه پلی‌تترافلورواتیلن (Polytetrafluoroethylene) جهت ضد آب کردن پارچه‌ی کربنی پوشانده شد. به علت عدم استفاده از هوادهای الکتریکی هیچ‌گونه نیازی به استفاده از انرژی الکتریکی در این گونه سیستم‌ها نیست. در نتیجه، هزینه‌های بهره‌برداری تا حدود بسیار زیادی کاهش می‌یابد. همچنین به منظور عبور دادن الکترون‌های تولیدی از الکتروند آند به سمت کاتد از سیم تیتانیوم استفاده گردید (۱۶).

جهت اندازه‌گیری میزان ولتاژ خروجی از پیل سوخت میکروبی با کاتد هوایی از یک دستگاه ثبت داده‌ها استفاده شد. باتوجه به این که ثبت تغییرات ولتاژ در بازه‌های زمانی کوتاه مدنظر بود، لذا در نرم‌افزار طراحی شده برای دستگاه، ثبت ولتاژهای ورودی در فاصله‌های زمانی یک دقیقه تعریف گردید.

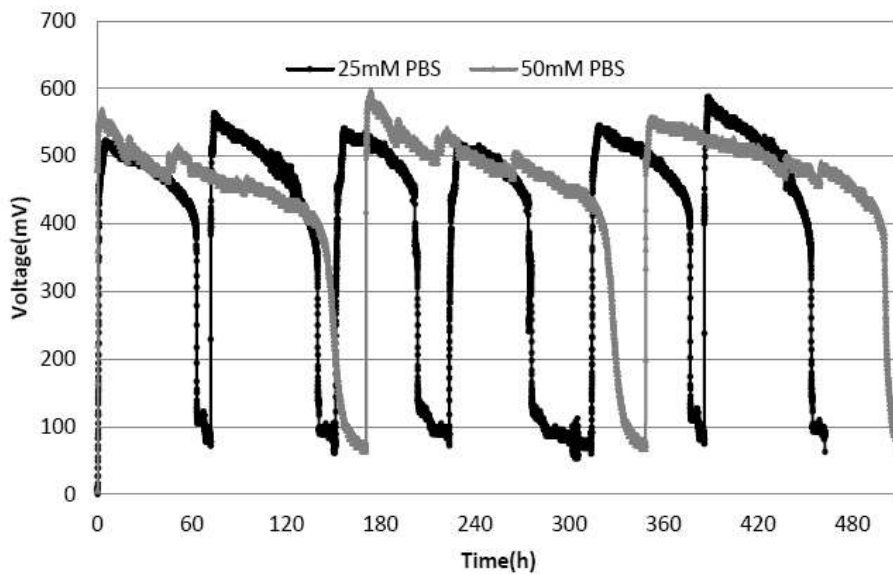
در ابتدای شروع به کار پیل سوخت میکروبی با کاتد هوایی و جهت بذردهی باکتریایی، از فاضلاب ورودی به تانک هوادهی تصفیه‌خانه‌ی فاضلاب شهر قم به نسبت ۲۰٪ حجمی استفاده شد (۱۷). همچنین جهت ساخت فاضلاب مصنوعی، 1.64g/l استات سدیم در محلول 25mM و 50mM بافر فسفات در pH برابر با ۷، حل و به آن ۱۰ میلی لیتر محلول فلزات معدنی و ویتامین‌ها اضافه گردید (۱۸).

در اکثر مطالعات از سوبستراهایی مثل گلوکز، ساکاروز و استات به عنوان منبع کربنی برای باکتری‌ها استفاده شده است (۱۹-۲۱). باتوجه به این که در پیل‌های سوخت میکروبی با استفاده از استات به عنوان منبع کربنی، می‌توان به توان بیشتری دست یافت، لذا در این مطالعه از استات سدیم استفاده شد (۲۲). همچنین جهت ساخت کاتولیت (محلول مورد نیاز برای محفظه‌ی کاتد) نیز محلول بافر فسفات 25mM PBS و 50mM PBS (pH برابر با ۷) استفاده گردید (۱۶).

در ابتدای راه‌اندازی، زمانی که ولتاژ MFC ثابت



شکل ۱: میزان حذف COD توسط پیل سوخت میکروبی با کاتد هوایی



شکل ۲: میزان ولتاژ تولیدی توسط پیل سوخت میکروبی با کاتد هوایی

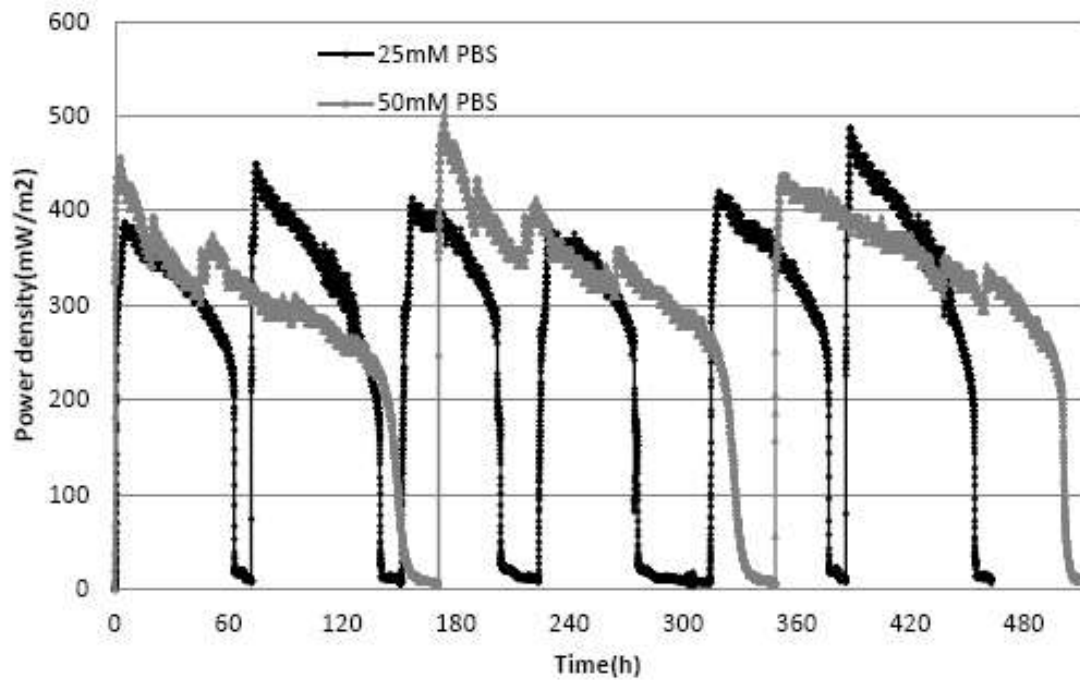
شکل ۲: میزان ولتاژ تولیدی توسط پیل سوخت میکروبی با کاتد هوایی

غلظت بافری 50mM به میزان 90.45 ± 0.48 درصد کاهش داشت.

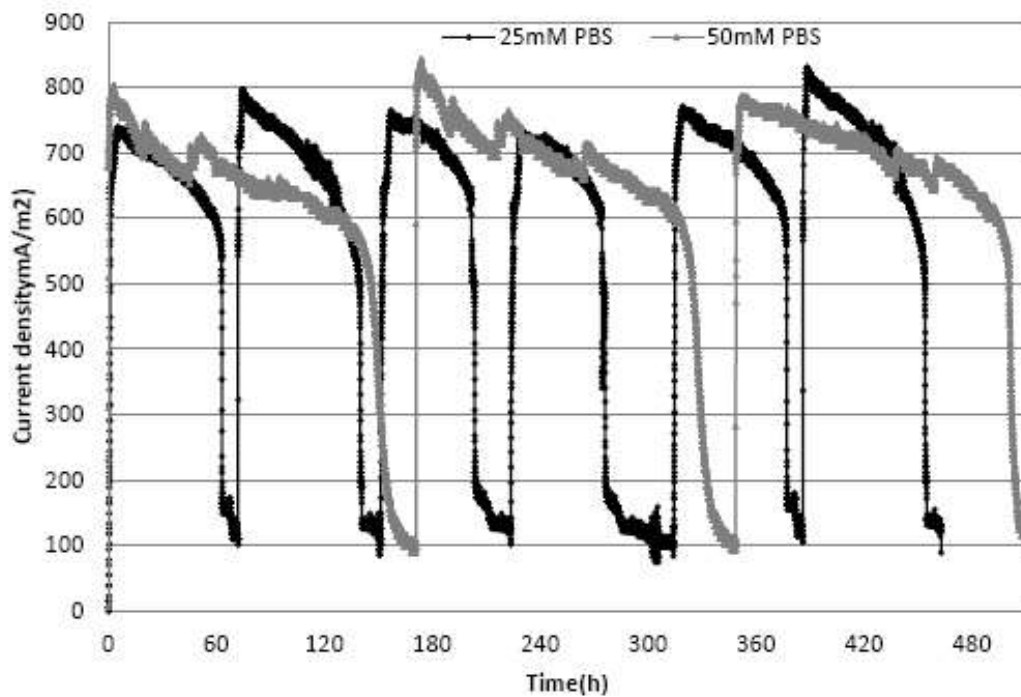
همچنین با توجه به معادله‌ی شماره‌ی ۳ و با در نظر گرفتن میزان کاهش COD فاضلاب، نرخ کاهش COD در ظرفیت بافری 25mM برابر با $10.18 \pm 0.65 \text{ mg/l.h}$ و در ظرفیت بافری 50mM برابر با $4.37 \pm 0.09 \text{ mg/l.h}$ محاسبه شد.

و در طی بهره‌برداری، دانسیته‌های توان و جریان تولیدی در این مقاومت اندازه‌گیری و محاسبه گردید.

در شکل شماره‌ی ۱ راندمان کاهش COD فاضلاب ورودی به سیستم نشان داده شده است. با استفاده از اطلاعات نمودار مذکور، مشخص شد که COD فاضلاب در غلظت بافری 25mM در حدود 90.86 ± 1.4 درصد و در



شکل ۳: دانسیته توان تولیدی توسط پیل سوخت میکروبی با کاتد هوایی



شکل ۴: دانسیته جریان الکتریکی تولیدی توسط پیل سوخت میکروبی با کاتد هوایی

هوایی در ظرفیت بافری 25mM برابر با 587mV و در ظرفیت بافری 50mM برابر با 596mV می باشد. حداکثر دانسیته‌ی توان تولیدی توسط دستگاه نیز در

همانطور که در شکل شماره‌ی ۲ نشان داده شده، حداکثر ولتاژ تولیدی (اتصال دستگاه به مقاومت خارجی 1000Ω) توسط دستگاه پیل سوخت میکروبی با کاتد

و جهت افزایش مدت زمان تولید جریان، دو ظرفیت بافری مورد آزمایش قرار گرفت. همانطور که در نمودارها مشخص می‌باشد، مدت زمان تولید جریان الکتریسته در ظرفیت بافری 50mM در حدود ۲ برابر ظرفیت بافری 25mM است. در صورتی که از فاضلاب خانگی استفاده شود، با توجه به این که در این گونه فاضلاب‌ها نسبت قلیائیت به BOD، بسیار کمتر از محلول استات می‌باشد، لذا در صورت استفاده از فاضلاب واقعی، باید نسبت به جلوگیری از کاهش pH اقدام نمود (۲۷).

در این مطالعه همچنین مشخص شد که افزایش ظرفیت بافری فاضلاب تا حدودی می‌تواند بر افزایش ولتاژ و در نتیجه توان تولیدی توسط پیل سوخت میکروبی تأثیر بگذارد. با توجه به این که عوامل گوناگون دیگری مثل نوع الکترودها، مساحت و فاصله بین آنها، نوع کاتولیت و همچنین نوع فاضلاب نیز بر توان تولیدی توسط MFC ها تأثیر دارد، لذا توان‌های تولیدی توسط این گونه سیستم‌ها با یکدیگر متفاوت می‌باشند (۲۸).

به عنوان مثال در مطالعه‌ی مشابهی که توسط Huang و همکاران در سال ۲۰۰۸ بر روی فاضلاب صنایع کاغذ توسط پیل‌های سوخت میکروبی انجام گردید حداکثر توان به دست آمده برابر با $501 \pm 20 \text{ mW/m}^2$ به دست آمد که تقریباً با میزان توان تولید شده در مطالعه‌ی ما برابر بود. این در حالی بود که میزان کاهش COD در این طرح، برابر با 76 ± 4 درصد به دست آمد که از میزان کاهش COD در مطالعه‌ی ما کمتر بود (۲۹).

در مطالعه‌ی دیگری که توسط Jadhav و همکاران در سال ۲۰۰۹ بر روی میزان حذف COD توسط پیل‌های سوخت میکروبی انجام شد، میزان حذف COD برابر با ۹۰ درصد حذف به دست آمد که مشابه مطالعه‌ی ما بود (۳۰). در مطالعه‌ی مشابهی، Min و همکاران در سال ۲۰۰۵ تصفیه‌ی فاضلاب حیوانی را با استفاده از پیل‌های سوخت میکروبی با کاتد هوایی انجام دادند که در این مطالعه به حداکثر توان 261 mW/m^2 و میزان حذف COD برابر با 88-92 درصد

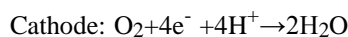
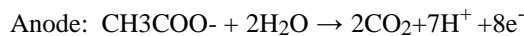
ظرفیت بافری فاضلاب 25mM برابر با 487 mW/m^2 و در ظرفیت بافری 50mM نیز برابر با 502 mW/m^2 به دست آمد (شکل شماره ۳).

همانطور که در شکل شماره ۴ نشان داده شده، حداکثر دانسیته‌ی جریان الکتریکی تولیدی در ظرفیت بافری 25mM برابر با 830 mA/m^2 و در ظرفیت بافری 50mM برابر با 843 mA/m^2 می‌باشد.

بحث

در فرایندهای لجن فعال به طور متوسط در حدود 0.349kwh انرژی الکتریکی برای تصفیه‌ی هر متر مکعب فاضلاب استفاده می‌شود (۲۴). عدم نیاز به مصرف انرژی برای تصفیه‌ی فاضلاب و علاوه بر آن تولید انرژی پاک ناشی از تصفیه‌ی فاضلاب در پیل‌های سوخت میکروبی با کاتد هوایی، اهمیت این گونه سیستم‌ها را در جهان امروز بیش از پیش نمایان می‌سازد.

استات موجود در فاضلاب ورودی به پیل سوخت میکروبی با کاتد هوایی توسط باکتری‌های الکترون‌زای خارجی در شرایط بی‌هوازی مورد استفاده قرار گرفته و بر اساس معادله‌ی ذیل به‌زای هر مول استات ۸ الکترون تولید می‌گردد. این الکترون‌ها از طریق سیم تیتانیوم به سمت کاتد حرکت کرده و در آنجا با حضور اکسیژن و پلاتین (0.5 mg/cm^2) به عنوان کاتالیزور به آب تبدیل می‌گردند (۲۵).



با توجه به این که یکی از اهداف مهم این طرح، تولید جریان الکتریسته از فاضلاب بود، لذا فراهم نمودن شرایط لازم جهت افزایش مدت زمان تولید جریان الکتریسته اهمیت زیادی داشت. مطالعات قبلی نشان می‌داد که یکی از علت‌های اصلی کاهش تولید ولتاژ در این سیستم‌ها، کاهش pH در محفظه‌ی فاضلاب در اثر فعالیت باکتری‌های الکترون‌زای خارجی می‌باشد (۲۶). بنابراین در این مطالعه

دست‌یافتند (۳۱). در بسیاری از مطالعات و جهت افزایش توان تولیدی از فری سیانید پتاسیم و یا پرمنگنات نیز در کاتولیت استفاده نموده‌اند (۳۲). ذکر این نکته ضروری است که استفاده از این ترکیبات علاوه بر مشکلات زیست‌محیطی هزینه‌های تولید جریان الکتریسیته را بالا برده و لذا استفاده از کاتد هوایی با توجه به واکنش‌های صورت‌گرفته در کاتد (معادلات بالا) از نظر زیست‌محیطی مورد تایید بوده و همچنین هزینه‌های بهره‌برداری از این سیستم‌ها را تا حدود زیادی کاهش می‌دهد.

در این مطالعه همچنین مشخص گردید که نرخ کاهش COD در ظرفیت بافری فاضلاب 25mM بیشتر از ظرفیت 50mM است که علت این امر، افزایش مدت زمان تصفیه در ظرفیت بافری فاضلاب 50mM می‌باشد.

نتایج این مطالعه نشان‌داد که استفاده از پیل‌های سوخت میکروبی با کاتد هوایی به‌علت عدم نیاز به هوادهی کاتولیت و همچنین بی‌هوازی بودن محفظه‌ی فاضلاب انرژی نیاز نداشته و به‌علت کاهش ۹۰ درصدی COD فاضلاب می‌تواند جایگزین مناسبی برای سیستم‌های متداول تصفیه‌ی فاضلاب باشد. همچنین با توجه به تولید انرژی در فرایند تصفیه می‌توان انرژی مورد نیاز در سایر فرایندهای تصفیه‌خانه را تامین نمود.

در این مطالعه همچنین مشخص گردید که نرخ کاهش

References

1. Logan BE. Microbial fuel cells: Wiley-Interscience; 2008.
2. Lovley DR. Microbial fuel cells: novel microbial physiologies and engineering approaches. *Curr Opin Biotechnol.* 2006;17(3):327-32.
3. Sun Y, Wei J, Liang P, Huang X. Electricity generation and microbial community changes in microbial fuel cells packed with different anodic materials. *Bioresour Technol.* 2011;102(23):10886-91.
4. Xiao L, Damien J, Luo J, Jang HD, Huang J, He Z. Crumpled graphene particles for microbial fuel cell electrodes. *Journal of Power Sources.* 2012;208:187-92.
5. Logan BE, Regan JM. Electricity-producing bacterial communities in microbial fuel cells. *Trends in Microbiology.* 2006;14(12):512-8.
6. Matos CT, Lopes da Silva T. Using multi-parameter flow cytometry as a novel approach for physiological characterization of bacteria in microbial fuel cells. *Process Biochemistry.* 2013;48(1):49-57.
7. Yang Q, Feng Y, Logan BE. Using cathode spacers to minimize reactor size in air cathode microbial fuel cells. *Bioresour Technol.* 2012;110:273-7.
8. Yu D-y, Wang G, Xu F-c, Chen L-m. Constitution and Optimization on the Performance of Microbial Fuel Cell Based on Sulfate-Reducing Bacteria. *Energy Procedia.* 2012;16, 1664-70.
9. Quan X-c, Quan Y-p, Tao K. Effect of anode aeration on the performance and microbial community of an air-cathode microbial fuel cell. *Chemical Engineering Journal.* 2012;210:150-6.
10. Yadav AK, Dash P, Mohanty A, Abbassi R, Mishra BK. Performance assessment of innovative constructed wetland-microbial fuel cell for electricity production and dye removal. *Ecological Engineering.* 2012;47:126-31.
11. Srikanth S, Venkata Mohan S, Sarma PN. Positive anodic poised potential regulates microbial fuel cell performance with the function of open and closed circuitry. *Bioresour Technol.* 2010;101(14):5337-44.
12. Kiely PD, Cusick R, Call DF, Selembo PA, Regan JM, Logan BE. Anode microbial communities produced by changing from microbial fuel cell to microbial electrolysis cell operation using two different wastewaters. *Bioresour Technol.* 2011;102(1):388-94.
13. Li W-W, Sheng G-P, Liu X-W, Yu H-Q. Recent advances in the separators for microbial fuel cells. *Bioresour Technol.* 2011;102(1):244-52.
14. Mohan SV, Srikanth S. Enhanced wastewater treatment efficiency through microbially catalyzed oxidation and reduction: Synergistic effect of biocathode microenvironment. *Bioresour Technol.* 2011;102(22):10210-20.
15. Mahendiravarman E, Sangeetha D. Increased microbial fuel cell performance using quaternized poly ether ether ketone anionic membrane electrolyte for electricity generation. *International Journal of Hydrogen Energy.* 38(5): 2471-2479.
16. Qu Y, Feng Y, Wang X, Liu J, Lv J, He W, et al. Simultaneous water desalination and electricity generation in a microbial desalination cell with electrolyte recirculation for pH control. *Bioresour Technol.* 2011;106(0): 89-94.

17. Nielsen JL, Juretschko S, Wagner M, Nielsen PH. Abundance and phylogenetic affiliation of iron reducers in activated sludge as assessed by fluorescence in situ hybridization and microautoradiography. *Applied and environmental microbiology*. 2002;68(9):4629-36.
18. Werner CM, Logan BE, Saikaly PE, Amy GL. Wastewater treatment, energy recovery and desalination using a forward osmosis membrane in an air-cathode microbial osmotic fuel cell. *Journal of Membrane Science*. 2013;428:116-22.
19. Hassan SH, Kim YS, Oh SE. Power generation from cellulose using mixed and pure cultures of cellulose-degrading bacteria in a microbial fuel cell. *Enzyme Microb Technol*. 2012;51(5):269-73.
20. Kiely PD, Regan JM, Logan BE. The electric picnic: synergistic requirements for exoelectrogenic microbial communities. *Curr Opin Biotechnol*. 2011;22(3):378-85.
21. Thygesen A, Poulsen FW, Min B, Angelidaki I, Thomsen AB. The effect of different substrates and humic acid on power generation in microbial fuel cell operation. *Bioresour Technol*. 2009;100(3):1186-91.
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. *Journal of Power Sources*. 2006;161(2):820-5.
23. Association APH, Association AWW, Federation WPC, Federation WE. Standard methods for the examination of water and wastewater: American Public Health Association. 2012.
24. Oh ST, Kim JR, Premier GC, Lee TH, Kim C, Sloan WT. Sustainable wastewater treatment: How might microbial fuel cells contribute. *Biotechnol Adv*. 2010;28(6):871-81.
25. Du Z, Li H, Gu T. A state of the art review on microbial fuel cells: A promising technology for wastewater treatment and bioenergy. *Biotechnol Adv*. 2007;25(5):464-82.
26. Pant D, Van Bogaert G, Diels L, Vanbroekhoven K. A review of the substrates used in microbial fuel cells (MFCs) for sustainable energy production. *Bioresour Technol*. 2010;101(6):1533-43.
27. Luo H, Xu P, Roane TM, Jenkins PE, Ren Z. Microbial desalination cells for improved performance in wastewater treatment, electricity production, and desalination. *Bioresour Technol*. 2012;105:60-6.
28. Oh SE, Logan BE. Proton exchange membrane and electrode surface areas as factors that affect power generation in microbial fuel cells. *Appl Microbiol Biotechnol*. 2006;70(2): 162-9.
29. Huang Y, He Z, Kan J, Manohar AK, Nealson KH, Mansfeld F. Electricity generation from a floating microbial fuel cell. *Bioresour Technol*. 2012;114:308-13.
30. Jadhav GS, Ghangrekar MM. Performance of microbial fuel cell subjected to variation in pH, temperature, external load and substrate concentration. *Bioresour Technol*. 2009;100(2):717-23.
31. Min B, Kim J, Oh S, Regan JM, Logan BE. Electricity generation from swine wastewater using microbial fuel cells. *Water Res*. 2005; 39(20): 4961-8.
32. You S, Zhao Q, Zhang J, Jiang J, Zhao S. A microbial fuel cell using permanganate as the cathodic electron acceptor. *Journal of Power Sources*. 2006;162(2):1409-15.

Simultaneous Production of Electricity and Wastewater Treatment by Bioelectrochemical Systems, a Case Study of Air-Cathode Microbial Fuel Cells

Mahdi Asadi-Ghalhari.,

PhD Student of Environmental Engineering, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran

Nasser Mehrdadi.,

Faculty member of Department of Environmental Engineering, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran

Gholamreza Nabi-Bidhendi.,

Faculty member of Department of Environmental Engineering, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran

Received:07/08/2014, Revised:09/10/2014, Accepted:19/11/2014

Corresponding Author:

Nasser Mehrdadi,
Faculty member of Department of
Environmental Engineering,
Faculty of Environment,
University of Tehran, Tehran, Iran
E-mail: mehrdadi@ut.ac.ir

Abstract

Background: Today, production of energy from renewable sources such as biomass is now receiving serious attention to replace fossil fuels. Accordingly, the aim of this study was electricity production due to wastewater treatment.

Materials and Methods: The pilot of the air Cathode microbial fuel cell (MFC) was used at laboratory scale. The external resistance was determined about 1000 Ω using a polarization curve. The system was operated as batch mode. Voltage produced by the system in 25 and 50 mM phosphate buffer solution (PBS) was determined. Then the output power and current density was calculated. To determine the efficiency of the air cathode MFC in wastewater treatment, COD of wastewater (influent and effluent) was also measured.

Results: COD removal efficiencies of wastewater in both 25 and 50mM PBS were 90.86 ± 1.4 and $90.45 \pm 0.48\%$, respectively. The maximum voltage, power and current density were 587mV, 830mW/m² and 487mA/m² in 25mM PBS and 596mV, 843mW/m² and 502mA/m² in 50mM PBS, respectively. Duration of the voltage produced in 50mM PBS was higher than 25mM PBS (2 times) due to higher resistance against decrease in pH value.

Conclusion: Air cathode microbial fuel cells in addition to compete with conventional systems such as activated sludge, in wastewater treatment, can produce energy simultaneously.

Keywords: *Bioelectrochemical, Air cathode microbial fuel cells, Wastewater treatment.*