

بررسی تأثیر دبی ورودی و غلظت NaCl بر راندمان میکروپیل سوختی میکروبی

محمد رضا میراویلیائی^۱، کامیاب رجبی زاده^۲، محمد سمیع سمیعی^۲

چکیده

مقدمه: پیل سوختی میکروبی دستگاهی الکتروشیمیایی است که با استفاده از میکروارگانیسم‌ها، انرژی شیمیایی موجود در سوخت‌های زیستی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌نماید. یکی از موارد بسیار مهم در عملکرد پیل‌های سوختی میکروبی، غلبه بر مقاومت‌های داخلی پیل است. هدف مطالعه حاضر بررسی اثر دبی ورودی و غلظت‌های مختلف NaCl بر عملکرد پیل سوختی میکروبی می‌باشد.

روش‌ها: در این تحقیق آزمایشگاهی، دبی ۱ و ۲ میلی لیتر بر دقیقه و همچنین غلظت‌های ۰/۱، ۰/۵ و ۱ مولار از NaCl انتخاب شدند. همچنین در این مطالعه از سه راکتور پیوسته، که هر کدام دارای سه قسمت اصلی آند، کاتد و غشا پلیمری است، جهت بررسی اثر عوامل بالا استفاده شد. جنس آند و کاتد، میله کربنی و جنس غشای پلیمری، نافیون ۱۱۷ بود.

نتایج: در دبی ۱ mL/min و غلظت ۰/۵ مولار NaCl نسبت به دیگر غلظت‌ها، میکروپیل بهترین عملکرد را نشان داد. در صورتی که در دبی ۲ mL/min، بهترین عملکرد پیل مربوط به غلظت ۱ مولار NaCl بود. با تغییر دبی، زمان ماند و با تغییر غلظت به دلیل تغییر هدایت الکترولیت، مقاومت داخلی پیل و همچنین راندمان فرآیند تغییر کرد. تغییر هدایت الکترولیت به تنهایی باعث کاهش مقاومت درونی پیل نشد. تغییرات دبی نیز نشان داد که صرف افزایش زمان ماند، راندمان را بالاتر نمی‌برد.

بحث و نتیجه‌گیری: برای عملکرد پیل در حالت بهینه، هم تغییر الکترولیت و هم تغییر زمان ماند باید در نظر گرفته شود.

واژگان کلیدی: پیل سوختی میکروبی، تولید جریان الکتریسیته، دبی ورودی، NaCl

مقدمه

بعد از انقلاب صنعتی، با مصرف بی‌رویه انرژی‌های فسیلی آسب‌های جبران‌ناپذیری به محیط‌زیست وارد شد که گرمایش جهانی نمودی از آن است. به واسطه ماهیت تجدیدناپذیر این نوع انرژی، نیاز به پیدا کردن جایگزینی برای آن‌ها است.

یکی از تکنولوژی‌هایی که در این راستا می‌تواند مفید واقع شود، استفاده از پیل سوختی میکروبی (MFC) (Microbial Fuel Cell) است. پیل سوختی میکروبی یکی از تجهیزات الکتروبیوشیمیایی است که

هم‌زمان با تصفیه فاضلاب‌ها، تولید جریان الکتریسته می‌کند (۱-۳). از خصوصیات پیل سوختی میکروبی در مقایسه با دیگر پیل‌ها می‌توان به شرایط سازگار با محیط‌زیست، عدم استفاده از کاتالیزورهای فلزی گران قیمت و توانایی استفاده وسیع از سوخت‌های آلی اشاره کرد. در این فرآیند، باکتری‌ها با متابولیسم کردن مواد آلی موجود در محفظه آند، الکترون و پروتون آزاد می‌کنند. الکترون‌ها از طریق مدار خارجی به سمت کاتد مهاجرت کرده؛ اما پروتون‌ها که نمی‌توانند از غشای آنیونی و مدار خارجی عبور

۱- استادیار، گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی، گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

Email: mrrmiroliaei@uk.ac.ir

نویسنده‌ی مسئول: محمد رضا میراویلیائی

آدرس: کرمان، بلوار جمهوری اسلامی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، دانشکده فنی و مهندسی، بخش مهندسی شیمی تلفن و فاکس: ۳۴-۳۲۱۱۸۲۹۸

کنند، در آند باقی می‌مانند. جهت جبران اختلاف بار الکتریکی بین دو الکترود، آنیون و کاتیون‌های موجود در محلول نمکی به ترتیب به سمت اتافک آند و کاتد کشیده می‌شوند. در نتیجه این انتقال بار میان دو الکترود، هم‌زمان و در یک راکتور، تصفیه فاضلاب و تولید الکتریسیته انجام می‌شود. توان تولیدی در پیل سوختی میکروبی هم به فرآیندهای بیولوژیکی و هم به فرآیندهای الکتروشیمیایی آن وابسته است (۵، ۴). یکی از موارد بسیار مهم در عملکرد پیل‌ها، غلبه بر مقاومت‌های داخلی پیل است. این مقاومت‌ها به طور مستقیم بر راندمان کلی پیل تأثیرگذار هستند و با افزایش آن‌ها بازده کلی پیل نیز کاهش چشم‌گیری می‌یابد. پارامترهای مهمی مانند سرعت تبدیل سوپسترا، پتانسیل اضافی در آند و کاتد، عملکرد

غشای تبادلگر پروتونی، مقاومت داخلی پیل و شرایط عملیاتی می‌توانند در عملکرد پیل مؤثر واقع شوند. جابه‌جایی و نفوذ آهسته الکترون‌ها و پروتون‌ها در مسیر تولید جریان، مقاومت‌های داخلی در پیل و در نتیجه افت تولید جریان الکتریکی را سبب می‌شوند (۸-۶، ۴). عملکرد ایده‌آل پیل به واکنش‌های الکتروشیمیایی و گیرنده نهایی وابسته است. پتانسیل ایده‌آل پیل، نامعین است؛ زیرا الکترون‌های منتقل شده به آند از میکروبی به میکروبی دیگر، حتی برای میکروب‌های مشابه وقتی که شرایط رشد آن‌ها متفاوت است، تغییر می‌کند. پتانسیل ایده‌آل تئوری پیل (Ethermo) توسط معادله Nernst تعیین می‌شود:

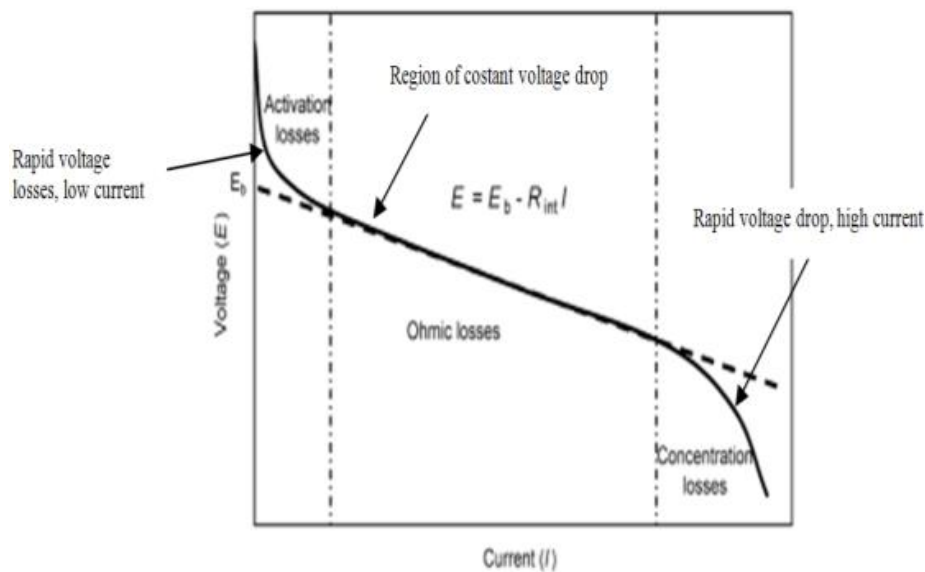
$$E_{\text{thermo}} = E^0 - \frac{RT}{nF} \ln(\Pi)$$

(۱)

می‌کند. این اتلاف‌ها در هر دو بخش آند و کاتد رخ می‌دهند. با توجه به شکل ۱ سه ناحیه مشخص برای کاهش ولتاژ در MFCها دیده می‌شود. این نواحی بر حسب بزرگی دانسیته جریان عبارت‌اند از:

- ۱- دانسیته جریان‌های پایین: افت سریع ولتاژ
- ۲- دانسیته جریان‌های متوسط: کاهش نسبتاً خطی ولتاژ
- ۳- دانسیته جریان‌های بالا: دومین کاهش سریع ولتاژ

که E^0 پتانسیل استاندارد پیل (ولت)، R ثابت ایده‌آل گازها ($8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$)، T دما بر حسب کلوین، n تعداد الکترون‌های منتقل شده در اثر واکنش، F ثابت فارادی (96485 C mol^{-1}) و Π نسبت فعالیت شیمیایی محصولات بر فعالیت شیمیایی واکنش‌گرها می‌باشد. در عمل به علت وجود اتلاف‌های برگشت‌ناپذیر، ولتاژ مدار باز تولید شده در MFC همیشه کمتر از ولتاژ پیش‌بینی شده است. مقدار اتلاف‌ها از یک سیستم به سیستمی دیگر تغییر



شکل ۱: منحنی پلاریزاسیون و سه ناحیه مختلف آن (۱۱،۱۲)

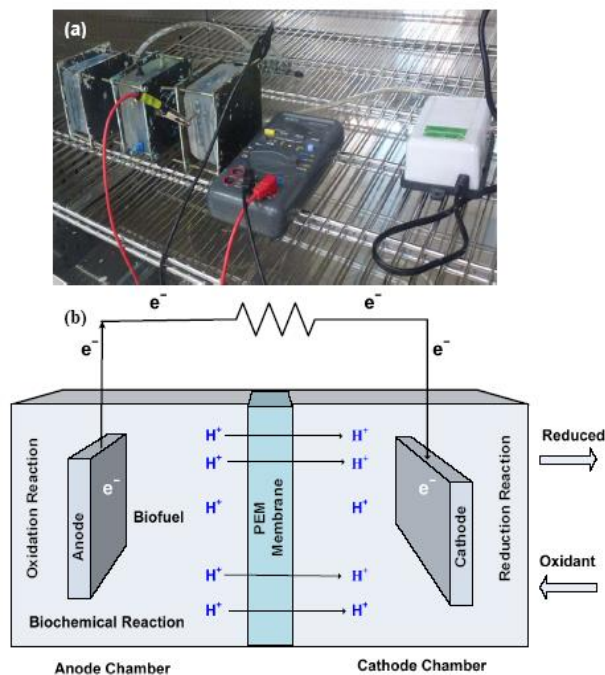
باشند. هدف از این پژوهش بررسی تأثیر دبی خوراک و غلظت‌های مختلف NaCl بر تولید جریان الکتریسیته در میکروپیل سوختی میکروبی است.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه آزمایشگاهی به منظور انجام آزمایش‌های فرآیندی بر روی فاضلاب از یک میکروپیل سوختی میکروبی استفاده شد. میکروپیل استفاده شده در این پژوهش دارای هندسه مکعبی، از جنس پلکسی گلاس بود. این پیل از دو محفظه آند و کاتد، هر کدام به ابعاد $70 \times 70 \times 20$ mm تشکیل شد که توسط غشای تبادلگر پروتونی نازکی از هم جدا شده بودند. شکل ۲، شمای واقعی دستگاه استفاده شده در آزمایش‌های فرآیندی در این مطالعه را نشان می‌دهد.

یکی از عمده‌ترین پارامترهای تأثیرگذار بر عملکرد پیل‌های سوختی میکروبی نقش زیست کاتالیزور موجود در این پیل‌ها است. به طوری که چگونگی مکانیسم انتقال الکترون تولید شده، راندمان فرآیند را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد (۹). از دیگر عوامل کاهش دهنده راندمان پیل‌های میکروبی می‌توان به مقاومت اهمی اشاره کرد که از هادی‌های مختلفی می‌توان برای غلبه بر این مشکل بهره برد (۱۰)؛ اما غلظت بهینه نشده این هادی‌های الکترولیتی ممکن است تأثیرات منفی هم بر عملکرد پیل‌های سوختی میکروبی داشته باشد (۱۱-۱۳).

همان‌گونه که بیان شد پیل‌های سوختی میکروبی می‌توانند یکی از گزینه‌های بسیار مناسب در زمینه تصفیه فاضلاب و همچنین تولید جریان الکتریسیته



شکل ۲: شکل واقعی و شمای دستگاه استفاده شده در آزمایش‌ها (۱۳)

با کمک یک مولتی متر دیجیتال (VC 9805, Zhangzhou Weihua Electronic Co, Ltd) ثبت شد. ولتاژ مدار بسته سامانه توسط یک مقاومت متغیر (۲ تا ۱۰۰۰۰ اهم) به دست آمد. مقاومت داخلی پیل با دبی ۱ میلی‌لیتر بر دقیقه برابر ۱۱۵۳ اهم و با دبی ۲ میلی‌لیتر بر دقیقه برابر ۹۴۸ اهم بود. لازم به ذکر است با توجه به مقدار مقاومت‌های مختلفی که در مدار پیل قرار داده شد، با تغییر مقاومت مدار، زمان پایدار شدن فرآیند نیز متفاوت خواهد بود. همچنین در این پژوهش از مفتول مسی به علت خصوصیات ویژه الکتریکی آن به عنوان جمع کننده نهایی جریان و از میله کربنی به عنوان بستر و الکتروود در هر دو محفظه آند و کاتد استفاده شد.

با استفاده از داده‌های خام به دست آمده و همچنین با کمک معادلات (۲) و (۳)، منحنی‌های پلاریزاسیون و دانسیته توان برای هر آزمایشی رسم شد. این دو منحنی از مهم‌ترین منحنی‌های نشان دهنده عملکرد

برای انجام تحقیق از فاضلاب شهر کرمان به عنوان خوراک میکروپیل سوختی میکروبی استفاده شد. خوراک در ظروف پلی‌اتیلنی درب‌دار حمل و دور از نور و گرما در مکانی با دمای مناسب نگه داری شد. فرآیند به صورت پیوسته انجام گرفت و از یک پمپ پرستالتیک جهت به جریان در آوردن خوراک استفاده شد. خوراک ورودی به میکروپیل با دبی‌های ۱ و ۲ میلی‌لیتر بر دقیقه و با غلظت‌های ۰/۱، ۰/۵ و ۱ مولار از NaCl به دستگاه وارد شد. در محفظه کاتد نیز هوا توسط یک پمپ هوا از طریق روزنه‌های تعبیه شده در سطح زیرین کاتد به صورت یکنواخت در آن توزیع شد.

روش انجام آزمایش‌ها این گونه بود که در ابتدا خوراک در دبی‌های بیان شده بدون ورود هیچ گونه نمکی وارد میکروپیل سوختی میکروبی شد و پس از پایدار شدن ولتاژ مدار باز و تحت شرایط دمای عملیاتی ۳۷ درجه سانتی‌گراد، ولتاژ مدار بسته فرآیند

میکروپیل با غلظت‌های مختلف NaCl وارد شده به فاضلاب شهری، نیز مانند بالا عمل شد.

پیل‌های سوختی می‌باشند که بر اساس آن‌ها می‌توان نقاط بهینه فرآیند و عملکرد آن را به دست آورد. در ادامه آزمایش‌ها، برای تعیین منحنی‌های عملکردی

$$\frac{P}{A} = I \times \frac{V}{A}$$

(۲)

$$\frac{I}{A} = \frac{1}{R} \times \frac{V}{A}$$

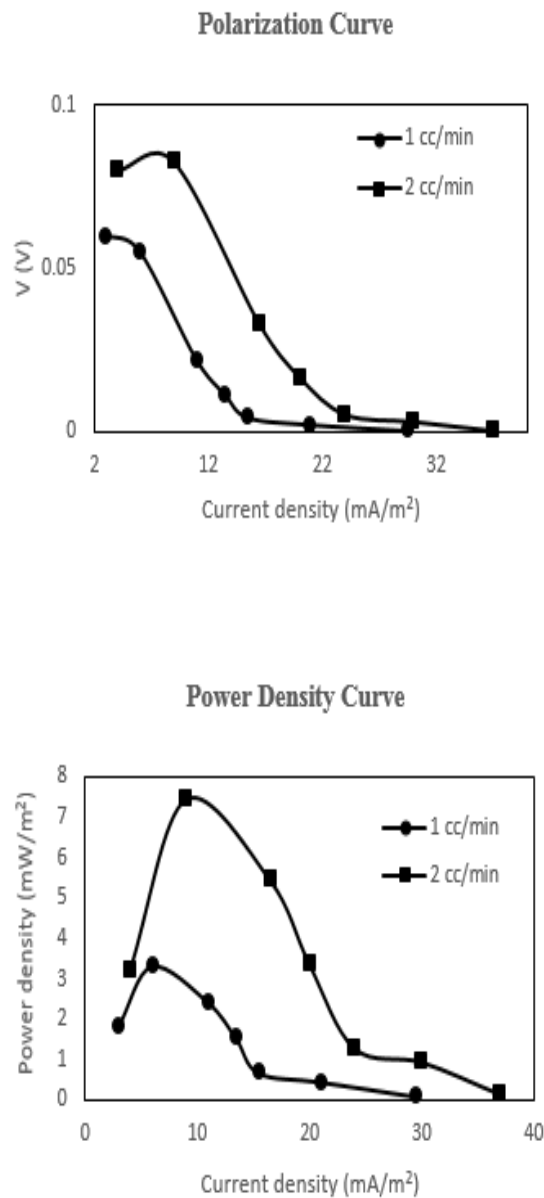
(۳)

بیشترین مقدار ولتاژ به دست آمده با دبی ۲ میلی‌لیتر بر دقیقه، ۰/۹۷۵ ولت و بیشترین مقدار به دست آمده برای دبی ۱ میلی‌لیتر بر دقیقه، ۰/۶۳۴ ولت بود. در ادامه مشاهده شد که دانسیته توان دریافتی برای دبی‌های ۱ و ۲ میلی‌لیتر بر دقیقه به ترتیب برابر ۳/۲ و ۷/۶ میلی وات بر متر مربع است. همان‌طور که در شکل مشخص است، بیشترین چگالی توان در جایی اتفاق افتاده است که امپدانس داخلی و خارجی مدار با هم برابر شده‌اند. نتایج ارزیابی دبی بر عملکرد میکروپیل سوختی میکروبی بر اساس منحنی‌های پلاریزاسیون و دانسیته توان مشخص کرد که بهترین عملکرد پیل مربوط به دبی خوراک در ۲ mL/min است.

در معادلات بالا P/A دانسیته توان (mW/m^2)، I/A دانسیته جریان (mA/m^2)، V ولتاژ (V)، R مقاومت (Ohm) و A مساحت عملیاتی آند است.

نتایج

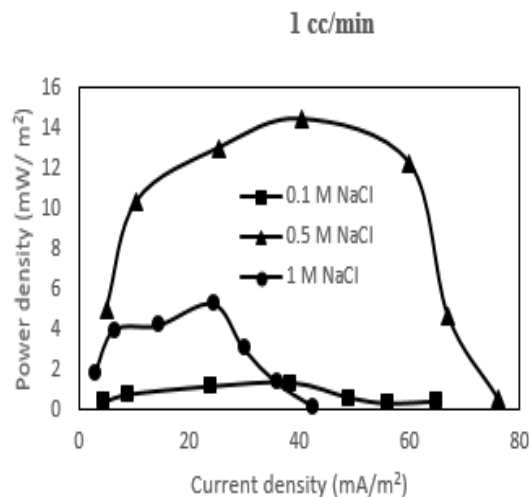
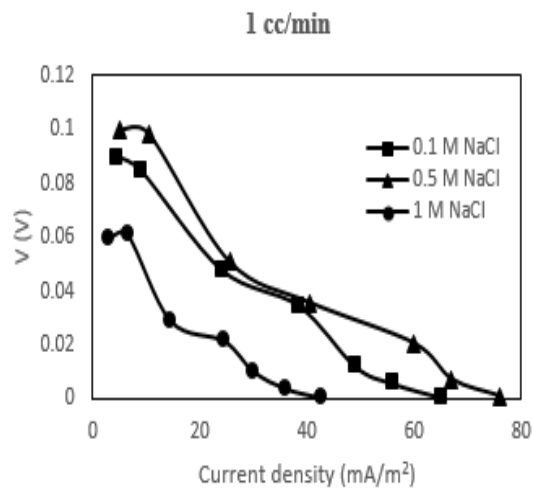
به منظور بررسی اثر دبی بر عملکرد میکروپیل سوختی میکروبی، دبی‌های ۱ و ۲ میلی‌لیتر بر دقیقه از فاضلاب شهری به دستگاه وارد شد. در ادامه برای تبدیل داده‌های خام به داده‌های قابل تفسیر از معادلات (۲) و (۳) استفاده شد. با کمک این معادلات توان منحنی‌های پلاریزاسیون و دانسیته توان برای هر آزمایش رسم شد. بدین ترتیب شکل ۳ تغییرات مقاومتی پیل سوختی میکروبی را در دو دبی ۱ و ۲ mL/min خوراک نشان داد. با توجه به شکل ۳،



شکل ۳. منحنی پلاریزاسیون و دانسیته توان پیل سوختی میکروبی در دبی‌های ۱ و ۲ mL/min

بود. به این منظور غلظت‌های ۰/۱، ۰/۵ و ۱ مولار از NaCl انتخاب شدند. در شکل‌های ۴ و ۵ عملکرد و تأثیرات غلظت‌های معین و مختلف NaCl در دبی‌های مشخص مشاهده شد.

نظر به این که در پیل‌های سوختی، رسانایی الکترولیت نیز حائز اهمیت است؛ بنابراین یکی دیگر از پارامترهایی که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت، اثر NaCl به عنوان تقویت کننده رسانایی الکترولیتی بر عملکرد میکروپیل سوختی میکروبی

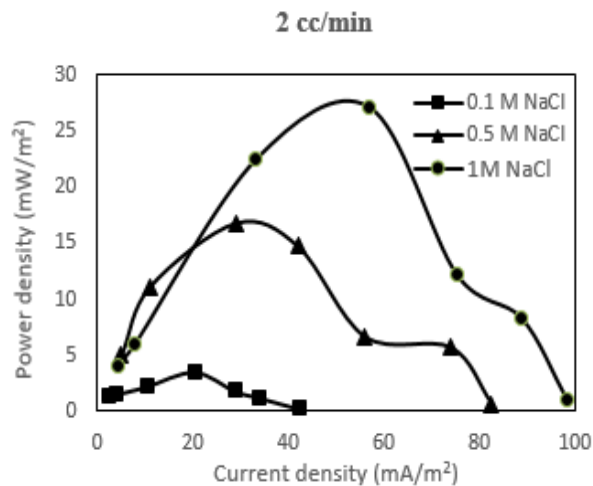
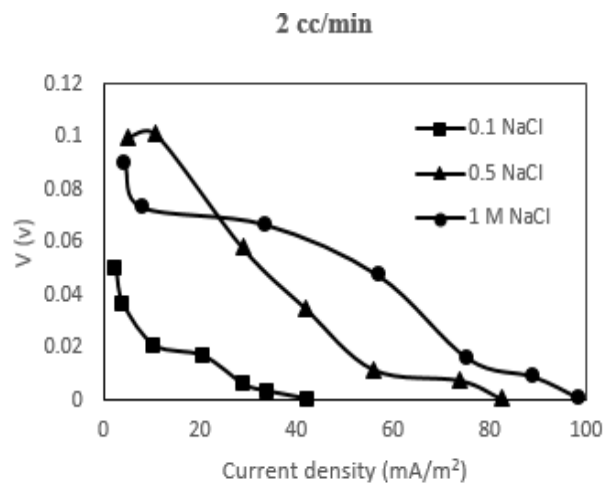


شکل ۴: منحنی پلاریزاسیون و دانسیته توان پیل سوختی میکروبی در دبی ۱ mL/min و غلظت‌های ۰/۱، ۰/۵ و ۱ مولار NaCl.

فعالیت میکروارگانیسم‌ها اخلاص ایجاد کرده و باعث افت عملکرد و بازدهی پیل شد. بیشترین مقدار ولتاژ و دانسیته توان برای دبی مورد بحث به ترتیب، ۰/۱ ولت و ۱۴/۹ میلی‌وات بر مترمربع بود که مربوط به غلظت ۰/۵ مولار بود.

در شکل ۵ تغییرات منحنی پلاریزاسیون و دانسیته توان میکروپیل سوختی میکروبی، در دبی ۱ mL/min و ۲ و غلظت‌های ۰/۱، ۰/۵ و ۱ مولار از NaCl نشان داده شد.

شکل ۴ تغییرات منحنی پلاریزاسیون و دانسیته توان میکروپیل را در دبی ۱ میلی‌لیتر بر دقیقه از خوراک ورودی به همراه غلظت‌های ۰/۱، ۰/۵ و ۱ مولار از NaCl را نشان داد. در این شکل مشاهده شد که با دبی مورد آزمایش، غلظت ۰/۵ مولار از NaCl بهترین نتیجه را دارد. غلظت ۰/۱ مولار به دلیل کم بودن میزان الکترولیت تولیدی تأثیر چندانی بر عملکرد پیل ندارد. از طرفی، غلظت ۱ مولار علیرغم این که میزان الکترولیت کافی تولید می‌کند، به دلیل افزایش یون‌های کلر و زمان ماند بالایی که دارد، در



شکل ۵: منحنی پلاریزاسیون و دانسیته توان پیل سوختی میکروبی در دبی ۲ mL/min و غلظت‌های ۰/۱، ۰/۵ و ۱ مولار از NaCl

مترمربع است که مربوط به غلظت ۱ مولار است.

بحث

با مقایسه نتایج می‌توان بیان کرد در حالتی که دبی زیاد است به دلیل انتقال جرم بالا و تأثیر بیشتر پدیده جابه‌جایی، میزان دسترسی میکروارگانیسم‌های موجود در بیو فیلم به سوبسترا و مواد معدنی بیشتر شده که منجر به افزایش فعالیت آن‌ها می‌شود؛ بنابراین در جریان‌های بالا، راندمان و میزان توان تولیدی افزایش می‌یابد. قابل ذکر است که در فرآیندهای پیوسته، با

در این مورد بهترین نتیجه در غلظت ۱ مولار به دست می‌آید. طبق نمودارها، افزودن الکترولیت باعث بهبود عملکرد کلی شد؛ ولی مقدار ۱ مولار، بیشترین میزان افزایش بازده در تولید الکتریسیته را دارد که به نحوی وابسته به مقدار کاهش مقاومت داخلی پیل است. همچنین می‌توان گفت که با افزایش دبی و میزان اختلاط، اثر منفی افزایش یون کلر بر عملکرد میکروارگانیسم‌ها ظاهر نمی‌شود. بیشترین مقدار ولتاژ و دانسیته توان در این دبی به ترتیب برابر با ۰/۱۰۶۸ ولت و ۲۷/۱ میلی وات بر

افزایش دبی خوراک ورودی، زمان ماند کاهش می‌یابد. در نتیجه میکروارگانیسم‌ها زمان کمتری برای مصرف منابع کربنی موجود دارند و غلظت مواد تقریباً ثابت می‌ماند؛ بنابراین می‌تواند شرایط مناسبی برای پیل سوختی میکروبی ایجاد شود. البته باید در نظر گرفت میزان بیش‌ازحد دبی نیز ممکن است منجر به افزایش حتمی توان تولیدی نشود و بایستی دبی در میزان بهینه خود باشد (۱۴). با افزایش دبی و با توجه به این موضوع که میکروپیل مورد استفاده حجم کمی دارد، به دلیل بیشتر شدن تنش برشی حاصل از دبی بیشتر و افزایش اختلاط، شار نفوذی افزایش داشته که در نتیجه آن، بازدهی پیل افزایش می‌یابد. همچنین ممکن است دبی ۲ میلی‌لیتر بر دقیقه پیوستگی مناسبی را در تولید جریان الکتریکی ایجاد کند که با دبی ۱ mL/min ظاهر نشود؛ بنابراین می‌توان از نتایج به دست آمده، مشاهده کرد که با تغییر دبی، فعالیت الکتروشیمیایی سامانه نیز تغییر و در نتیجه دانسیته، توان متفاوتی در هر پیل تولید می‌شود؛ اما در حالت دبی کم، به دلیل فعالیت پایین‌تر میکروارگانیسم‌ها و میزان دسترسی کمتر به مواد معدنی نسبت به حالت دبی زیاد، کاهش ولتاژ مشاهده شد.

با توجه به نتایج به دست آمده، مشخص شد که در دبی ۱ mL/min، غلظت ۰/۵ M NaCl نسبت به دیگر غلظت‌ها، بهترین عملکرد را نشان داد. با توجه به دبی فرآیند، مقادیر کمتر و بیشتر از ۰/۵ M، تأثیر مثبتی بر کاهش مقاومت‌های داخلی پیل نشان نداد. در آزمایش‌های با دبی ۲ mL/min بهترین عملکرد پیل مربوط به غلظت ۱ M NaCl بود. افزایش غلظت NaCl از ۰/۱ تا ۱ مولار باعث افزایش در ماکزیمم دانسیته توان پیل شد. با توجه به این که مقاومت اهمی خوراک بخشی از مقاومت

داخلی پیل بود، افزایش هدایت الکترولیت باعث کاهش مقاومت اهمی شده و در نتیجه کاهش مقاومت داخلی پیل را به دنبال دارد که این نتایج با یافته‌های Logan و همکاران نیز مطابقت دارد (۵). البته در سرعت‌های پایین خوراک، غلظت بهینه NaCl با توجه به سرعت ورود خوراک جزء تغییرات مهمی محسوب می‌شود که باید تعیین شود. چون غلظت بالای NaCl می‌تواند به عنوان بازدارنده عمل کند. Liu و همکاران نیز در پژوهشی اثرات بازدارندگی غلظت NaCl بر بیوفیلم تشکیل شده و همچنین عملکرد الکتروود موجود در پیل سوختی میکروبی را مورد بررسی قرار دادند که نتایج به دست آمده با نتایج این تحقیق هم‌راستا است (۱۰)؛ بنابراین اثرات نامطلوب افزایش غلظت NaCl در خوراک پیل سوختی میکروبی عملکرد برخی از الکترودها را می‌تواند تحت تأثیر قرار دهد. در تحقیقی که توسط Wang و همکاران در همین زمینه انجام شد، بر این اساس آن‌ها پیشنهاد دادند که از الکتروود پلاتین در هنگام ورود NaCl به خوراک استفاده نشود (۱۱). به همین علت در این پژوهش نیز الکتروود گرافیتی استفاده شد. Chaudhuri و همکاران در نیز در تحقیقی در همین زمینه دریافتند که الکترودهای گرافیتی به دلیل خصوصیات فیزیکی ویژه، دارا بودن هدایت الکتریکی بالا، تخلخل داخلی مناسب، سطح بالای رشد باکتری روی آن‌ها و در دسترس بودن، بهترین عملکرد را در آزمایش‌های فرآیندی نشان می‌دهند (۱۲). به طور کلی NaCl به عنوان الکترولیت، انتقال جرم را بهبود بخشیده و موجب باردار شدن ذرات می‌شود که در پژوهش Gil و همکاران با استفاده از NaCl، هدایت الکترولیت و در نتیجه انتقال جرم اجزای شیمیایی

می‌یابد. همان‌طور که مشاهده شد، با افزودن الکترولیتی مانند NaCl، و بسته به میزان دبی می‌توان بازده بهتری از پیل انتظار داشت. غلظت بهینه با توجه به دبی‌های ۱ و ۲ میلی‌لیتر بر دقیقه به ترتیب ۰/۵ و ۱ مولار بود. این پژوهش اثرات دبی به همراه غلظت‌های مختلف NaCl بر عملکرد پیل را بررسی کرد و نشان داد که با تغییر دبی، فعالیت الکتروشیمیایی سامانه نیز تغییر و در نتیجه دانسیته، توان متفاوتی در هر پیل تولید می‌شود. این پژوهش نشان داد که دبی ۲ میلی‌لیتر بر دقیقه عملکرد بهتری نسبت به دبی ۱ میلی‌لیتر بر دقیقه دارد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از حوزه ریاست دانشگاه شهید باهنر کرمان، به ویژه حوزه معاونت پژوهشی و فناوری آن دانشگاه محترم به دلیل فراهم ساختن امکانات اجرای این پروژه، تقدیر و تشکر می‌شود.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافی از سوی نویسندگان وجود ندارد.

موجود در پیل سوختی میکروبی را مورد آزمایش قرار دادند که نتایج آن‌ها با نتایج به دست آمده در این تحقیق مطابقت دارد (۱۳). بررسی‌های افراسیابی و همکاران نیز نشان داد که افزودن NaCl به آب مقطر بهتر از استفاده از آب مقطر به تنهایی است (۱۵). البته غلظت بیش از اندازه NaCl روی فعالیت باکتری‌ها می‌تواند اثرات بازدارنده داشته باشد، که این مهم باید در نظر گرفته شود. افراسیابی و همکاران هم در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند (۱۵).

از محدودیت‌های این تحقیق می‌توان به تأمین غشای پلیمری استفاده شده اشاره کرد. به علت تکنولوژی بالای تولید این گونه غشاهای هزینه‌های مالی تعریف شده برای این گونه تحقیقات مکفی نمی‌باشد.

نتیجه‌گیری

یکی از موارد بسیار مهم در عملکرد پیل‌ها، غلبه بر مقاومت‌های داخلی پیل است. این مقاومت‌ها به طور مستقیم بر راندمان کلی پیل تأثیرگذار هستند و با افزایش آن‌ها راندمان پیل نیز کاهش چشم‌گیری

References

1. Hashemi J, Samimi A. Steady state electric power generation in up-flow microbial fuel cell using the estimated time span method for bacteria growth domestic wastewater. *Biomass and Bioenergy*. 2012;45:65-76. doi: 10.1016/j.biombioe.2012.05.011
2. Sobieszuk P, Zamojska-Jaroszewicz A, Makowski L. Influence of the operational parameters on bioelectricity generation in continuous microbial fuel cell, experimental and computational fluid dynamics modelling. *Journal of Power Sources* 2017;371:178-87. doi: https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2017.10.032
3. Ivars Barceló F, Zuliani A, Fallah M, Mashkour M, Rahimnejad M, Luque R. Novel applications of

- microbial fuel cells in sensors and biosensors. *Applied Sciences* 2018;8:1184. doi: 10.3390/app8071184
4. Logan BE. *Microbial Fuel Cells*. 1th ed. Canada: Wiley-Interscience; 2008.
5. Logan BE, Hamelers B, Rozendal R, Schröder U, Keller J, Freguia S, et al. Microbial fuel cells: methodology and technology. *Environ Sci Technol* 2006;40(17):5181-92. doi: 10.1021/es0605016
6. Ieropoulos IA, Stinchcombe A, Gajda I, Forbes S, Merino-Jimenez I, Pasternak G, et al. Pee power urinal-microbial fuel cell technology field trials in the context of sanitation. *Environmental Science: Water Research & Technology* 2016;2(2):336-43. doi:10.1039/C5EW00270B

7. Deng H, Wu YC, Zhang F, Huang ZC, Chen Z, Xu HJ, et al. Factors Affecting the Performance of Single-Chamber Soil Microbial Fuel Cells for Power Generation. *Pedosphere* 2014;24(3):330-8. doi: 10.1016/S1002-0160(14)60019-9
8. Miroliaei MR, Samimi A, Mohebbi-Kalhari D, Khorram M. K Kinetics investigation of diversity cultures of *E. coli* and *Shewanella sp.*, and their combined effect with mediator on MFC performance. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 2015;25:42-50. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2014.10.011>
9. Miroliaei M, Samimi A, Mohebbi-kalhari D, Khorram M, Qasemi A. Competition between *E. coli* and *Shewanella sp.* for electricity generation in air cathode MFC in presence of methylene blue as artificial mediator. *Environmental Progress & Sustainable Energy* 2015;34(4): 1097-105. doi:10.1002/ep.12111
10. Liu H, Cheng SA, Logan BE. Power generation in fed-batch microbial fuel cells as a function of ionic strength, temperature, and reactor configuration. *Environ Sci Technol* 2005;39(14):5488-93. doi: 10.1021/es050316c
11. Wang X, Cheng S, Zhang X, Li Xy, Logan BE. Impact of salinity on cathode catalyst performance in microbial fuel cells (MFCs). *International Journal of Hydrogen Energy* 2011;36(21):13900-6. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2011.03.052>
12. Chaudhuri SK, Lovley DR. Electricity generation by direct oxidation of glucose in mediatorless microbial fuel cells. *Nat Biotechnol* 2003;21(10):1229-32. doi: 10.1038/nbt867
13. Gil GC, Chang IS, Kim BH, Kim M, Jang JK, Park HS, et al. Operational parameters affecting the performance of a mediator-less microbial fuel cell. *Biosens Bioelectron* 2003;18(4):327-34. doi: 10.1016/s0956-5663(02)00110-0
14. Afrasyabi A, Samimi AR, Mohebi Kalhari D, Abdi Alimestani J. The effect of the electrode and concentration of sodium chloride on the performance of microbial fuel cell. The First International Conference of Oil, Gas, Petrochemical and Power Plant; 2012 Jun 19; Tehran: 2012. [In Persian]
15. Sobhani M, Qashlaqi R, Akhavan Mahdavi M, The effect of feed flow rate on the performance of microbial fuel cell in a continuous process. 4th Iranian Bioenergy Conference; 2013 Oct 31; Tehran: Hamandishan Energy Kimia Corporation; [In Persian]

The Effect of Feed Volumetric Flow Rate and NaCl Concentration on Microbial Fuel Cell Efficiency

Mohammad Reza Miroliaei¹, Kamyab Rajabizade², Mohammad Sami Samiee²

Abstract

Background: Microbial fuel cell (MFC) is an electrochemical device which uses microorganisms to convert chemical energy of bio-fuel to electrical energy. One of the most important issues in the performance of microbial fuel cells is overcoming the internal resistance of the cell. The purpose of this study is to investigate the effect of inlet discharge and different concentrations of NaCl on microbial fuel cell performance.

Methods: In this experimental study, 1 and 2 mL/min discharges as well as concentrations of 0.1, 0.5, and 1 M of NaCl were selected. We also used three continuous reactors, each with three main parts of anodes, cathodes, and polymer membranes, to investigate the effect of the above factors. The anode and cathode were carbon rods and the polymer membrane was Nafion 117.

Results: Compared to other concentrations, in 1 mL/min volumetric flow of feed and 0.5 M of NaCl concentration, MFC showed the best performance. However, in 2 mL/min volumetric flow, the best operation of MFC was in 1 M concentration of NaCl. With the change in discharge, the retention time changed, and with the change in concentration, the internal resistance of the cell as well as the process efficiency changed due to the change in the electrolyte conductivity. Changing the conductivity of the electrolyte alone did not decrease the internal resistance of the cell. Changes in discharge also showed that increasing the retention time did not result in higher efficiency.

Conclusion: Both the electrolyte change and the retention time should be considered for optimal cell performance.

Keywords: Microbial fuel cell, Electricity generation, flow rate of feed, NaCl

Citation: Miroliaei MR, Rajabizade K, Sami Samiee MS. The Effect of Feed Volumetric Flow Rate and NaCl Concentration on Microbial Fuel Cell Efficiency. Health and Development Journal 2020; 9(1): 75-86. [In Persian] doi: 10.22034/9.1.75

© 2020 The Author(s). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1- Assistant Professor, Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

2- BSc Student, Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

Corresponding Author: Mohammad Reza Miroliaei **Email:** mmiroliaei@uk.ac.ir

Address: Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman, Jomhuri Eslami Blvd. Kerman, Iran

Tel/Fax: 034-32118298