

## بررسی تولید الکتروسیسته در پیل سوختی میکروبی دو محفظه‌ای با استفاده از فاضلاب به

### عنوان ماده تلقیحی

سکینه فاطمی، علی اصغر قریشی، قاسم نجف پور و مصطفی رحیم نژاد\*

بابل، دانشگاه صنعتی نوشیروانی، دانشکده مهندسی شیمی، گروه مهندسی شیمی

تاریخ دریافت: ۹۱/۴/۱۹

تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۰/۲۷

### چکیده

پیل سوختی میکروبی دستگاهی الکتروشیمیایی است که انرژی شیمیایی موجود در مواد آلی و غیرآلی را با به کارگیری میکروارگانیزم به عنوان بیوکاتالیست (Biocatalyst)، به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند. در این تحقیق تولید جریان بیوالکتروسیسته در پیل سوختی میکروبی بی‌واسطه مورد ارزیابی قرار گرفته است. جهت ارزیابی عملکرد الکتریکی پیل سوختی ساخته شده از منحنی قطبش استفاده شده است. منبع کربنی به عنوان سوپسترا و پساب بی‌هوازی فاضلاب شهرک صنعتی بابل به عنوان بیوکاتالیست مورد استفاده قرار گرفت. در انجام آزمایشات از غشای نفیونی (Nafion 117) برای جداسازی محفظه آند و کاتد و انتقال پروتون از آند به سمت کاتد استفاده شد. الکترودهای به کار گرفته شده از جنس گرافیت بوده است. بیشینه دانسیته توان و جریان الکتریکی تولیدی در آزمایشات صورت گرفته با غلظت  $0.5 \text{ g/l}$  گلوکز به عنوان منبع کربنی و  $10\%$  فاضلاب به عنوان ماده تلقیحی به ترتیب  $186 \text{ mW/m}^2$  و  $1078 \text{ mA/m}^2$  به دست آمده است.

واژه‌های کلیدی: بیوالکتروسیسته، توان الکتریکی، پیل سوختی میکروبی بی‌واسطه، ماده تلقیحی، سوپسترا

\* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۱۱۱۳۲۳۴۲۰۴، پست الکترونیکی: rahimnejad\_mostafa@yahoo.com

### مقدمه

از بین انواع مختلف انرژی، تولید انرژی الکتریکی از منابع تجدیدپذیر، با توجه به قابلیت استفاده از آن در جنبه‌های مختلف زندگی و صنعت، به شدت مورد توجه قرار گرفته است. و تلاش‌های گسترده‌ای جهت جایگزین ساختن روشهای تولید الکتروسیسته در حال انجام می‌باشد (۳ و ۹). در این میان، تکنولوژی پیل سوختی با قابلیت تبدیل مستقیم سوخت به انرژی الکتریکی، نوید بخش راه حل مناسبی جهت عبور از تنگنای انرژی و آلودگی محیط‌زیست می‌باشد (۱) و در میان انواع پیل سوختی، پیل سوختی بیولوژیکی که در آن انرژی ذخیره شده در پیوندهای شیمیایی ترکیبات آلی از طریق واکنشهای کاتالیستی توسط میکروارگانیزم‌ها به انرژی

در طی قرون گذشته، سوختهای فسیلی به فرآیند صنعتی شدن و رشد اقتصادی کشورها کمک شایانی کرده است. اما پر واضح است که این نوع از سوختها نمی‌توانند یک اقتصاد جهانی پایدار برقرار سازند (۱۴). سوختهای فسیلی منابع انرژی رو به زوالی هستند که جامعه رو به توسعه انسانی را در آینده‌ای نه چندان دور دچار کمبود سوخت خواهند ساخت. با توجه به محدودیت منابع انرژی و مشکلات زیست محیطی ناشی از این آلاینده‌ها لزوم استفاده از روشهای تبدیل انرژی با راندمان بالاتر و همچنین استفاده از سوختهایی که آلوده کننده نبوده و امکان تولید آن از منابع انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر ممکن باشد اهمیت پیدا خواهد کرد (۱۴).

الکتریکی تبدیل می‌شود، نظر بسیاری از محققان را به خود جلب کرده است (۲ و ۷).

سیستم پیل سوختی میکروبی معمولاً شامل دو محفظه کاتدی و آندی می‌باشد که توسط غشای مخصوص تبادلگر پروتون از هم جدا شده‌اند. در بدنه آندی، سوخت توسط میکروارگانیزم‌ها اکسید شده، تولید الکترون و پروتون می‌نماید. الکترونها تولیدی از طریق یک مدار خارجی و پروتون‌ها از میان غشاء به بدنه کاتدی منتقل می‌شوند. الکترونها و پروتون‌ها در بدنه کاتدی با اکسیژن ترکیب شده و تولید آب می‌نمایند (۱۰ و ۱۲).

عوامل مختلفی شامل سرعت تجزیه سوستر، سرعت انتقال الکترون از میکروارگانیزم به الکتروود، مقاومت مدار و انتقال پروتون در مایع و ... بر عملکرد پیل سوختی میکروبی تأثیر گذارند (۵). در میان عوامل تأثیر گذار، سرعت انتقال الکترون از میکروارگانیزم به الکتروود در محفظه آندی تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر عملکرد پیل دارد. از آنجایی که سلولهای باکتریایی اصولاً از نظر الکترو شیمیایی غیر فعال می‌باشند، انتقال سریع الکترون از میکروارگانیزم به الکتروود نیازمند واسطه‌های انتقال الکترون است (۶). در پیل سوختی میکروبی با واسطه انتقال الکترون از میکروارگانیزم‌ها به الکتروود توسط واسطه‌هایی مانند تیونین، متیل ویولوژن، متیل بلو، هیومیک اسید، قرمز خنثی و ... تسهیل می‌یابد (۱۰ و ۱۱). واسطه‌های مورد استفاده در پیل سوختی میکروبی معمولاً ترکیباتی سمی و گران قیمت هستند. بنابراین به کارگیری طولانی مدت پیل سوختی میکروبی با واسطه از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست (۵). اما در پیل‌های سوختی میکروبی بی واسطه میکروارگانیزم‌های مورد استفاده از نظر الکترو شیمیایی فعال می‌باشند، به عبارت دیگر میکروارگانیزم‌ها قادرند الکترونها تولیدی را در غیاب واسطه‌های شیمیایی به سطح الکتروود انتقال دهند (۶).

همان طوری که اشاره شد، میکروارگانیزم‌ها به عنوان بیو کاتالیست در پیل سوختی میکروبی به کار گرفته می‌شوند، که می‌توانند به صورت خالص یا ترکیبی مورد استفاده قرار گیرند. اما از آنجایی که به کارگیری میکروارگانیزم‌ها به صورت خالص در کاربردهای عملی از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نمی‌باشد، می‌توان از مواد تلقیحی ترکیبی استفاده نمود (۴ و ۸).

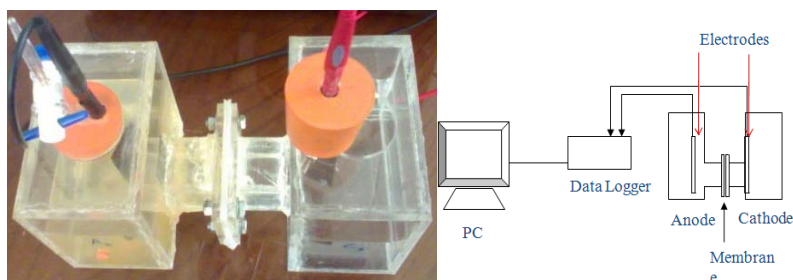
در این بررسی به تولید الکتروسیسته در پیل سوختی میکروبی بی واسطه جهت تولید انرژی پاک تجدید شذنی و ارزان قیمت پرداخته شده است. در ابتدا منبع مناسب مولد تولید جریان بیوالکتروسیسته انتخاب شد و پس از آن تأثیر پارامترهای مؤثر جهت افزایش توان الکتروسیسته مورد بررسی قرار گرفت. پارامترهایی نظیر منبع میکروبی، اثر مقدار ماده تلقیحی و نوع منبع کربنی بر میزان توان الکتروکی مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است.

### مواد و روشها

در این بررسی از فاضلاب بی‌هوازی تصفیه خانه شهرک صنعتی بابل به عنوان ماده تلقیحی استفاده شده است. ماده تلقیحی ترکیبی به محیط کشت ساختگی شامل (گلوکز ۱g، عصاره مخمر ۳g، پیتون ۱g، آمونیوم کلرید ۰/۵g) تلقیح گردید. همچنین pH محلول با استفاده از بافر فسفات در pH=7 نگه داشته شده است. همه مواد شیمیایی و معرفهای مورد استفاده از شرکت مرک آلمان (Merk, Germany) تهیه شد.

**سیستم پیل سوختی میکروبی:** در انجام آزمایشات از یک پیل دو قسمتی شامل بخش آند بی‌هوازی و کاتد هوازی مجزا از هم استفاده گردید. جنس محفظه‌ها از شیشه پلکسی گلاس و ظرفیت هر یک از آنها ۸۰۰ میلی لیتر بوده است. دو محفظه توسط یک غشاء عبور دهنده پروتون با ابعاد (۳×۳cm) از جنس نافیون (Nafion 117, Sigma-Aldrich) از هم جدا شده بودند. به منظور زدودن هر گونه

جریان حاصل توسط یک سیم مسی به مدار بیرونی منتقل گردیده است. نمای تک سل بیولوژیکی طراحی شده به صورت تصویری و شماتیک در شکل (۱) نشان داده شده است. در محفظه آندی پیل سوختی از فاضلاب بی‌هوازی تصفیه خانه شهرک صنعتی بابل به عنوان ماده تلقیحی استفاده شده است. ماده تلقیحی ترکیبی به محیط کشت ساختگی شامل (گلوکز  $1 \text{ g.l}^{-1}$ ، عصاره مخمر  $3 \text{ g.l}^{-1}$ ، پپتون  $1 \text{ g.l}^{-1}$ ، آمونیوم کلرید  $0.5 \text{ g.l}^{-1}$ ) تلقیح گردید. همچنین pH محلول با استفاده از بافر فسفات در  $\text{pH}=7$  نگه داشته شده و محفظه کاتدی نیز از محلول بافری پر شده است. در طول آزمایشات پیل در محفظه ای در دمای اتاق نگهداری شده است.



شکل ۱ - عکس و نمای شماتیک پیل سوختی بیولوژیکی مورد استفاده در این تحقیق.

سازی) شده اند. داده گیر آنالوگ دیجیتال به منظور ثبت داده در هر چهار دقیقه ساخته شده است. اندازه‌گیریها در مقاومت‌های متغیری که در مسیر پیل قرار می‌گرفته انجام گرفته است. جریان در پیل سوختی به صورت خودکار با تقسیم ولتاژ بر مقاومت معین محاسبه و ثبت شده است. سپس سیستم محاسبات توان تولیدی را به صورت حاصل ضرب ولتاژ و جریان فراهم می‌آورد. امکان مشاهده لحظه ای منحنی قطبیت که بیانگر تغییرات دانسیته توان و ولتاژ پیل سوختی نسبت به جریان است، فراهم آورده شده است. سیستم ثبت لحظه ای داده توانایی عملکرد به صورت خودکار یا دستی را داشته است. زمانی که سیستم در حالت خودکار است رله های تعبیه شده قادر به تنظیم خودکار مقاومتها بوده اند. ولتاژ پیل تقویت شده و سپس

ناخالصی و بهبود عملکرد غشاء، غشای مورد استفاده ابتدا به مدت ۱ ساعت در آب اکسیژنه ۳ درصد در حال جوش قرار گرفت، سپس به مدت یک ساعت در آب مقطر جوشیده شد پس از آن به مدت ۱ ساعت در اسید سولفوریک ۰/۵ مولار و در نهایت نیز بار دیگر به مدت ۱ ساعت در آب مقطر در حال جوش به منظور زدودن تمامی آلودگی و ناخالصیها قرار گرفت. همچنین به منظور حفظ قابلیت هدایت غشاء در مواقعی که پیل مورد استفاده قرار نمی‌گرفت، محفظه های کاتدی و آندی با آب مقطر پر می‌گشت. در این کار برای انتقال الکترونها تولیدی از الکترودهایی از جنس گرافیت استفاده شده است. ابعاد الکتروود آند ( $2/5 \times 5/5 \text{ cm}$ ) و کاتد ( $2/5 \times 7 \text{ cm}$ ) بوده و

روش تحلیلی: به منظور آنالیز داده های آزمایشگاهی بر حسب ولتاژ و دانسیته جریان تکنیک قطبیت به کار گرفته شده است. منحنیهای قطبیت با استفاده از یک مقاومت بیرونی قابل تنظیم به دست آمده اند. توان و جریان نیز بر اساس معادلات زیر محاسبه شده اند (۱۳):

$$P = I \times E \quad (1)$$

$$I = \left( \frac{E}{R_{ext}} \right) \quad (2)$$

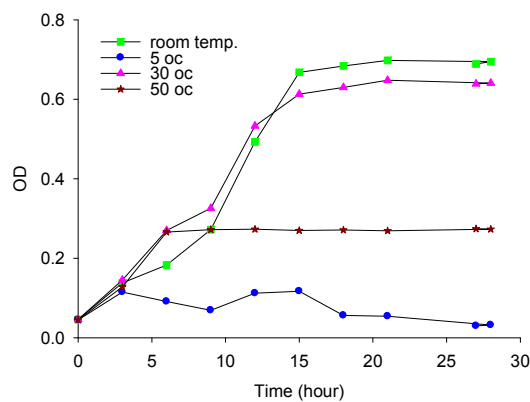
که در آن  $P$  توان تولیدی و  $E$  ولتاژ پیل،  $R_{ext}$  مقاومت بیرونی و  $I$  جریان تولیدی را نشان می‌دهد. جریان و توان تولیدی که به صورت لحظه ای ثبت می‌شدند، با استفاده از مساحت سطح غشای مورد استفاده به هنجار (نرمال

هوای از تصفیه خانه کارخانه لبنی گلا و تصفیه خانه شهرک صنعتی بابل به عنوان دو منبع میکروبی مجزا به محیط کشت تلقیح شده است و سپس منحنی رشد مخلوط بی‌هوای در شرایط مختلف شامل: دمای ۵، دمای محیط (۲۰ درجه سانتی‌گراد)، دماهای ۳۰ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد مورد بررسی قرار گرفت همان طوری که شکل (۲) نشان داده شده است مخلوط بی‌هوای در دمای محیط بیشترین رشد را از خود نشان داده است. و در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد نیز کمترین رشد مشاهده شده است. از طرفی دیگر در شرایط کاملاً یکسان میکروارگانیسم‌های موجود در فاضلاب شهرک صنعتی بابل رشد بیشتری از خود نشان داده است.

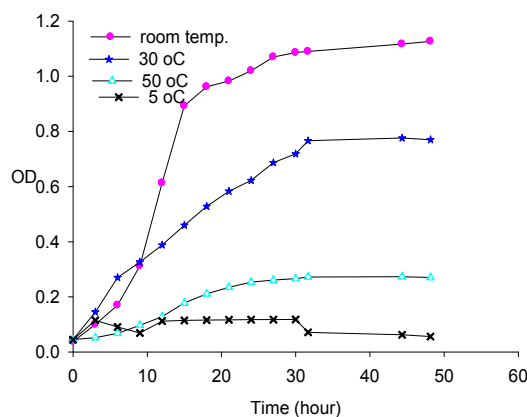
داده با استفاده از یک مبدل دقیق آنالوگ به دیجیتال به یک میکروکنترلر انتقال داده شده است. میکروکنترلر قادر به ارسال داده اولیه به یک کامپیوتر با اتصال موازی بوده است. ضمناً برنامه‌ای از نرم‌افزار MATLAB (۷/۴، ۲۰۰۷) برای ذخیره و نمایش همزمان داده‌های به دست آمده (به کار گرفته شده است. توان، جریان و ولتاژ به صورت خودکار با استفاده از کامپیوتر متصل به سیستم داده‌گیر ثبت شده است (۱۳).

## نتایج

**انتخاب منبع میکروبی:** اولین گام در این تحقیق انتخاب منبع میکروبی مناسب و به دست آوردن شرایط دمایی بهینه جهت رشد میکروارگانیسم‌ها بوده است. فاضلاب بی



ب



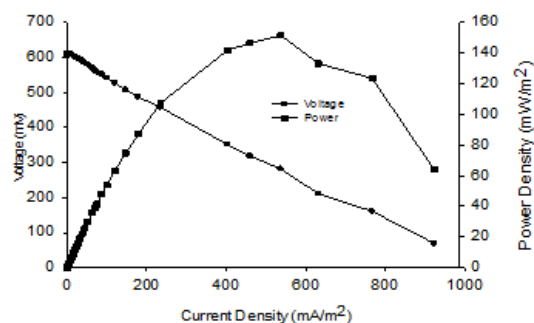
الف

شکل ۲- الف- منحنی رشد فاضلاب شهرک صنعتی بابل ب: منحنی رشد فاضلاب کارخانه لبنی گلا در دماهای مختلف

فاضلاب به عنوان بایوکاتالیست فعال به سمت آند پیل اضافه و توان الکتریکی تولید شده به وسیله آن مورد بررسی قرار گرفت. ابتدا سیستم در حالت ولتاژ مدار باز قرار گرفت. همان طوری که در شکل ۳ نشان داده شده است، ولتاژ مدار باز پیل سوختی ساخته شده برای مدت زمان ۹۰ ساعت توسط دستگاه ثبت دیتا ذخیره ثبت گردیده است. ولتاژ اولیه پیل، پس از تلقیح میکروارگانیسم

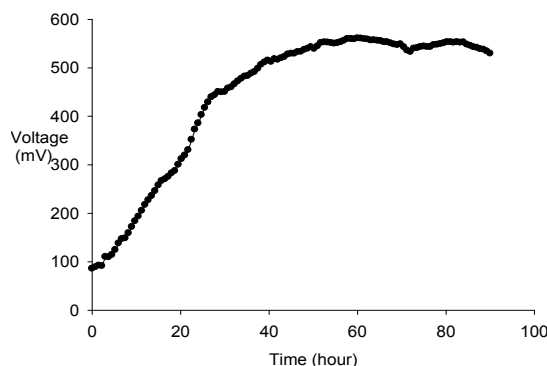
با توجه به رشد مناسب میکروارگانیسم‌های موجود در فاضلاب شهرک صنعتی بابل و سهولت در تهیه این منبع میکروبی، در انجام آزمایشات از این منبع به عنوان ماده تلقیحی استفاده شده است. در انتخاب منبع میکروبی علاوه بر رشد مناسب منبع مورد نظر در شرایط محیطی، قابلیت استفاده از آن به عنوان ماده تلقیحی در محفظه آندی و تولید توان الکتریسته نیز مورد ارزیابی قرار گرفته است.

نشان دهنده انتخاب موفقیت آمیز میکروارگانیزم‌های به کار گرفته و اثبات توانایی آنها در تولید جریان بدون استفاده از واسطه می باشد. شرایط آزمایشی متفاوت به کار گرفته شده، مقایسه نتایج به دست آمده را با منابع موجود دشوار می سازد با این حال جدول ۱ جهت مقایسه تحقیق حاضر با کارهای انجام شده در این زمینه می باشد.



شکل ۴- منحنی قطبی و دانسیته توان بر حسب دانسیته جریان.

به آند کمتر از ۱۰۰ mV بوده است و سپس به طور تدریجی افزایش یافته است. تقریباً پس از گذشت ۳۷ ساعت از تلقیح میزان ولتاژ مدار باز به مقدار بیشینه خود رسیده و در این مقدار در طول مدت بررسی ثابت بوده است. بیشینه ولتاژ مدار باز ثبت شده حدود ۵۸۰ mV می باشد.



شکل ۳- منحنی ولتاژ مدار باز پیل سوختی میکروبی

پس از پایداری ولتاژ مدار باز سیستم، عملکرد سیستم از نظر تولید جریان و توان الکتریکی ثابت خواهد بود. همان طوری که در شکل ۴ نشان داده شده است نتایج حاصل

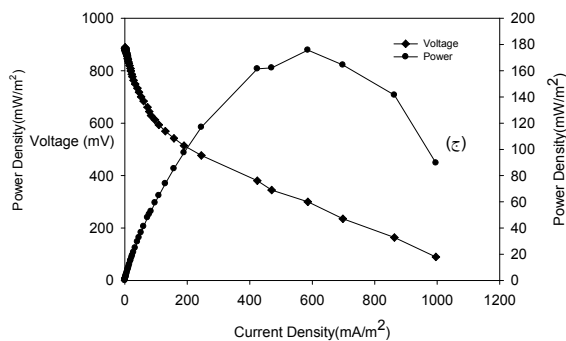
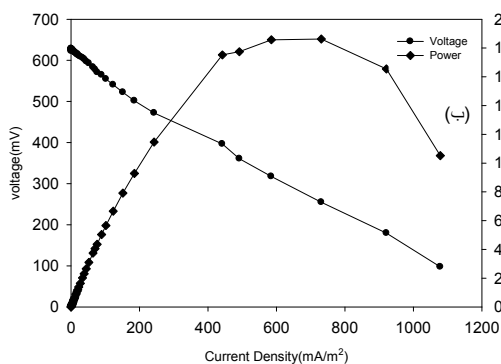
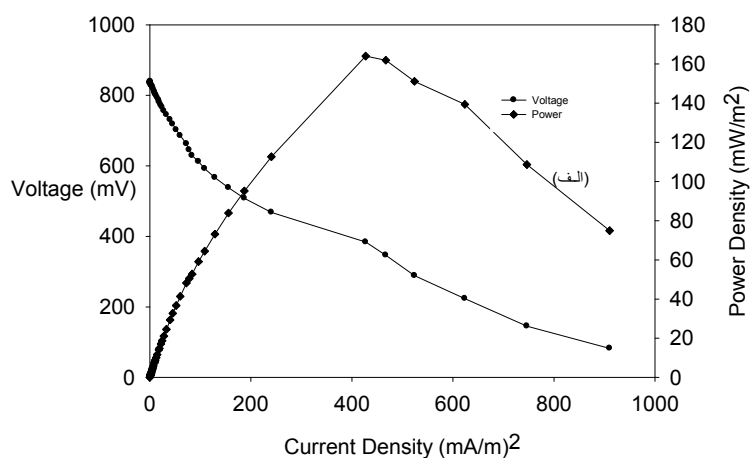
جدول ۱- مقایسه تحقیقات صورت گرفته با تحقیق جاری

| سویسترا | ماده تلقیحی   | دانسیته توان ( $\text{mW/m}^2$ ) | ملاحظات   | مرجع                                     |
|---------|---|----------------------------------|---|--|
| گلوکز   | رودوفراکس فریردوسنس<br>( <i>Rhodospirillum rubrum</i> )<br>( <i>ferrireducens</i> ) | ۳۳/۴                             |   | Cheng, S., H. Liu, and B.E. Logan (2006) |
| گلوکز   | مخلوط بی‌هوازی  | ۱۱۵/۶                            | با استفاده از پرمنگنات در کاتد  | Habermann, W. and E. Pommer (1991)       |
| گلوکز   | ساکرومایسس سرویسیا<br>( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> )                           | ۱۳۳                              | با استفاده از قرمز خنثی (Neutral red) به عنوان واسطه در آند و پرمنگنات در کاتد. | Rahimnejad, et al. (2011)                |
| گلوکز   | فاضلاب بی‌هوازی   | ۱۵۱                              |   | تحقیق حاضر                               |

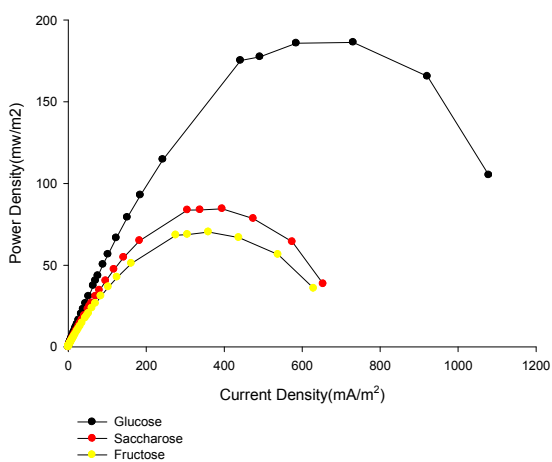
به محیط کشت شامل گلوکز با غلظت  $0.5 \text{ g.l}^{-1}$  و تلقیح و پیل راه اندازی گشت و تولید جریان و توان مورد بررسی قرار گرفت. همان طوری که در شکل ۵ نشان داده شده است، اگر چه با تغییر درصد تلقیح تغییر چشم‌گیری در

اثر درصد تلقیح ماده تلقیحی در تولید توان الکتریکی: در سه آزمایش جداگانه سه درصد تلقیح ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد حجمی ماده تلقیحی در محفظه اندی مورد ارزیابی قرار گرفته است. در هر آزمایش فاضلاب به عنوان ماده تلقیحی

توان تولیدی مشاهده نمی‌شود اما همان طوری که در شکل نشان داده شده است در درصد تلقیحی ۱۰ درصد بیشترین توان تولیدی مشاهده می‌شود.



شکل ۵ - منحنی قطبی و دانسیته توان بر حسب دانسیته جریان در درصد تلقیحهای الف (۵، ب) ۱۰ و ج) ۱۵ درصد



شکل ۶- منحنی قطبی و دانسیته توان بر حسب دانسیته جریان با استفاده از گلوکز، فروکتوز و ساکارز به عنوان منبع کربنی

اثر منبع کربنی مورد استفاده در تولید توان الکتریکی: در آزمایشهای جداگانه با ثابت نگه داشتن سایر اجزای محیط کشت از سه منبع کربنی متفاوت شامل گلوکز، فروکتوز و ساکاروز به عنوان الکترون دهنده با غلظت یکسان  $1 \text{ g.l}^{-1}$  در ۰/۵ درصد محفظه اندی استفاده شده است. شکل (۶) نتایج حاصل از انجام این آزمایشات را نشان می‌دهد. همان طوری که در شکل نشان داده شده است؛ در شرایط کاملا یکسان محیط کشت شامل گلوکز، ساکاروز و فروکتوز به ترتیب بیشترین توان الکتریکی را تولید می‌نمایند.

## بحث

نمی‌گردد که این امر موجب کاهش توان تولیدی می‌گردد اما در درصد تلقیح‌های بالا (۲۰ درصد) هر چند میکروارگانیزم‌های مورد نیاز جهت انجام واکنش مد نظر در محفظه آندی فراهم می‌آید، اما تجمع میکروبی و تولید مواد واسطه ضمن فعالیت متابولیکی بار میکروبی موجود در محفظه آندی سبب کاهش انتقال جرم و در نتیجه کاهش توان تولیدی می‌گردد.

نتایج به دست آمده نشان داد که گلوکز بیشترین توان الکتریکی را در پیل تولید نموده است و این به سبب تمایل میکروارگانیزم‌های موجود به مصرف این سوستر می‌باشد. با توجه به اینکه سایر عوامل تأثیرگذار در تولید الکتریسیته ثابت بوده اند مسیر متابولیکی که میکروارگانیزم‌ها در مصرف سوسترای مد نظر در پیش می‌گیرند بر توان الکتریکی تولیدی تأثیرگذار است. همان‌طور که نتایج به دست آمده نشان می‌دهد در بین منابع کربنی مورد استفاده، محیط کشت شامل گلوکز بیشترین توان الکتریکی را تولید کرده پس از آن ساکارز که ترکیبی از گلوکز و فروکتوز می‌باشد و در نهایت نیز فروکتوز کمترین توان تولیدی را داشته است. گلوکز به دلیل دارا بودن ساختار ساده به وسیله بسیاری از میکروارگانیزم‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. هرچند که لازم به ذکر است که سوسترهای دیگر مورد استفاده نیز توسط بسیاری از میکروارگانیزم‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این تحقیق نتایج به دست آمده نشان داده است که میکروارگانیزم‌های موجود در محفظه بی‌هوازی آند توانایی مصرف سوسترای گلوکز را به راحتی دارا می‌باشند و توان الکتریکی تولید شده به هنگام مصرف سوسترای گلوکز بیشتر از سوسترهای دیگر بوده است (۱۵). محققین از سوسترهای غیر کربنی نیز برای تولید جریان الکتریسته در پیل سوختی میکروبی نیز استفاده نمودند اما منابع کربنی به دلیل فراوانی بسیار و در دسترس بودن بیشتر مورد توجه محققین بوده است (۱۶).

انتخاب انرژی‌های نو و جایگزین مناسب برای انرژی‌های فسیلی از جمله مباحثی می‌باشد که اخیراً مورد توجه محققان قرار گرفته است. وجود انواع مختلفی از میکروارگانیزم‌ها که هرکدام قادر به انجام فرآیندی خاص می‌باشند علم بیوتکنولوژی را قادر به حضور در تمامی زمینه‌ها و شاخه‌های علمی نموده است و با پی بردن محققین این رشته به وجود میکروارگانیزم‌هایی که قادرند در پی انجام واکنش‌های متابولیکی خود الکترون آزاد نمایند گام‌های مؤثری در توسعه پیل سوختی میکروبی گرفته شده است. در این تحقیق به بررسی تولید الکتریسیته در پیل سوختی میکروبی بی‌واسطه با استفاده از فاضلاب به عنوان ماده تلقیحی پرداخته شده است. تا با حذف واسطه به عنوان یک ماده سمی و هزینه‌بر از سیستم پیل سوختی میکروبی و همچنین به کارگیری فاضلاب به عنوان یک منبع میکروبی رایگان گامی مؤثر در جهت توسعه کاربرد های عملی پیل سوختی میکروبی گرفته شود.

در این بررسی نشان داده شده است که مخلوط میکروارگانیزم به عنوان بیوکاتالیست فعال در دمای محیط بهترین شرایط رشد را دارا می‌باشد. و در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد نیز کمترین رشد داشته است. با توجه به رشد مناسب میکروارگانیزم‌های موجود در فاضلاب شهرک صنعتی بابل و سهولت در امکان تهیه این منبع میکروبی تصمیم به استفاده از آن به عنوان ماده تلقیحی گرفته شد. توان الکتریکی به دست آمده با مقایسه با کارهای مشابه در این زمینه قابل ملاحظه بوده است.

با بررسی اثر درصد تلقیح بر عملکرد پیل سوختی، درصد تلقیح ۱۰ درصد ماده تلقیحی به عنوان درصد تلقیح بهینه به دست آمده است در توجیه نتایج به دست آمده می‌توان گفت؛ در تلقیح ۵ درصد میکروارگانیزم‌های مورد نیاز جهت انجام فعالیتهای کاتالیستی در محفظه آندی فراهم

## منابع

1. Aikens, D. (1983) Electrochemical methods , fundamentals and applications. Journal of Chemical Education, 60, 25-29.
2. Bullen, R.A., T. Arnot, J. Lakeman, and F. Walsh. (2006) Biofuel cells and their development. Biosensors and Bioelectronics, 21, 2015-2045.
3. Davis, F.a.S.P.J.H. (2007). Biofuel cells-Recent advances and applications. Biosensors and Bioelectronics, 22, 1224-1235.
4. Freguia, S., K. Rabaey, Z. Yuan, G. Keller. (2006) Electron and carbon balances in microbial fuel cells reveal temporary bacterial storage behavior during electricity generation. Environmental science and technology, 41, 2915-2921.
5. Jang, J.K. (2004) Construction and operation of a novel mediator-and membrane-less microbial fuel cell. Process Biochemistry, 39, 1007-1012.
6. Kim, B.H., H.J. Kim, M.S. Hyun, D.H. Park. (1999) Direct electrode reaction of Fe (III)-reducing bacterium, *Shewanella putrefaciens*. Journal of microbiology and biotechnology, 9, 127-131.
7. Logan, B.E., B. Hamelers, R. Rozendal, U. Schrder, J. Keller, S. Freguia, P. Aelterman, W. Verstraete, and K. Rabaey. (2006) Microbial fuel cells: methodology and technology. Environmental science & technology, 40, 5181-5192.
8. Logan, B.E.a.J.M.R. (2006) Microbial Fuel Cells- Challenges and Applications. Environ. Sci. Technol, 40, 5172-5180.
9. Lovley, D.R. (2006) Microbial fuel cells: novel microbial physiologies and engineering approaches. . Current opinion in biotechnology, 17, 327-332.
10. Palmore, G.T.R.a.G.M.W. (1994) Microbial and enzymatic biofuel cells. Enzymatic conversion of biomass for fuels production. 566, 271-290.
11. Park, D.H.a.J.G.Z. (2000) Electricity generation in microbial fuel cells using neutral red as an electronophore, 66, 1292-1297.
12. Park, D.H.a.J.G.Z. (2003) Improved fuel cell and electrode designs for producing electricity from microbial degradation. Biotechnology and Bioengineering, 81, 348-355.
13. Rahimnejad, M., A. Ghoreyshi, G. Najafpour, T. Jafary (2011) Power generation from organic substrate in batch and continuous flow microbial fuel cell operations. Applied Energy, 88, 3999-4004.
14. Strik, D.P., H. Terlouw, H.V.M. Hamelers, C.J. Buisman. (2008) Renewable sustainable biocatalyzed electricity production in a photosynthetic algal microbial fuel cell (PAMFC). . Applied microbiology and biotechnology, 81, 659-668.
15. Sun, J., Y. Hu, Z. Bi, Y.q. Cao. (2009) Simultaneous decolorization of azo dye and bioelectricity generation using a microfiltration membrane air-cathode single-chamber microbial fuel cell. Bioresource Technology, 100, 3185-3192.
16. Zhu, X., J. Ni, (2009) Simultaneous processes of electricity generation and p-nitrophenol degradation in a microbial fuel cell. Electrochemistry Communications, 11, 274-277.



## **Investigation of bioelectricity production in dual chamber microbial fuel cell by mixed culture as active biocatalyst**

**Fatemi S., Ghoreyshi A.A., Najafpour Gh., Rahimnejad M.**

**Biotechnology Research Lab., Faculty of Chemical Engineering, Noshirvani University, Babol, I.R. of Iran**

### **Abstract**

Microbial fuel cell (MFC) is an electrochemical device that can directly convert chemical energy of organic and inorganic materials to bioelectricity. In this study power generation was studied in mediator-less MFC. The polarity technique was used to characterize the electrical performance of the fabricated MFC. Glucose was used as electron donors and anaerobic effluent of wastewater treatment plant was selected as inoculums. Nafion 117 was implemented to transfer of produced protons from anode to cathode chamber. The substrate consumption and cell growth was monitored for the incubation period. Maximum generated power and current densities were  $186 \text{ mW/m}^2$  and  $1078 \text{ mA/m}^2$ , respectively.

**Key words:** Bioelectricity, Power generation, Mediator less microbial fuel cell, Active biocatalyst, Substrate