BRIEF REPORT

Removal of High Concentrations of Phenol in Dual Chamber Microbial Fuel Cell

Ramazan ali Dianati tilaki[1],
Morteza Ghalenoei[2],
Masoumeh Eslamifar[3]

[1] Associate Professor, Department of Environmental Health, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
[2] MSc in Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
[3] PhD Student in Microbiology, Faculty of Medicine, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

(Received November 7, 2018 ; Accepted May 13, 2020)

Abstract

Background and purpose: Microbial fuel cell is one of the sustainable development technologies that can be used simultaneously for removal of many pollutants and generate electricity. The aim of this study was to determine the removal rate of high concentrations of phenol in a microbial fuel cell.

Materials and methods: A dual chamber microbial fuel cell having Nafion proton exchange membrane and carbon cloth as anode and cathode was fabricated and operated in batch mode in incubator at 30°C for 12 weeks. Anode was put in anaerobic chamber containing minimum growth medium and phenol (50-1000ppm) was added as the sole carbon source. Phenol degrading bacterial seed that was supplied by wastewater treatment plant of Tehran Petroleum Refinery was adapted to phenol and used in anaerobic anode chamber. Cathode was put in aerobic chamber containing phosphate buffer. Concentration of remained phenol in different times was analyzed by HPLC method.

Results: Maximum amount of phenol degradation occurred in the first 24h of each run. Phenol concentrations up to 800 ppm were completely removed during 96 h, but time to complete removal of 1000 ppm phenol was 120h.

Conclusion: By using sludge from wastewater treatment plant of oil refinery adapted to phenol in a microbial fuel cell, it is possible to remove 1000 ppm phenol.

Keywords: microbial fuel cell, degradation, phenol, sludge, oil refinery

J Mazandaran Univ Med Sci 2020; 30 (185): 149-153 (Persian).

* **Corresponding Author: Ramazan ali Dianati tilaki -** Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran (E-mail: dianati.tilaki@gmail.com)

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-15]

گزارش کوتاه

مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران
دوره سی ام شماره 185 خرداد سال 1399 (153-149)

حذف فنل در غلظت های زیاد در پیل سوختی میکروبی دو محفظه ای

رمضانعلی دیانتی تیلکی[1]
مرتضی قلعه نوئی[2]
معصومه اسلامی فر[3]

چکیده

سابقه و هدف: پیل سوختی میکروبی در زمره تکنولوژی‌های مبتنی بر توسعه پایدار قرار دارد که می‌تواند هم زمان برای حذف بسیاری از آلاینده‌ها و تولید الکتریسیته مورد استفاده قرار گیرد. هدف از این تحقیق تعیین میزان حذف فنل در غلظت های زیاد در پیل سوختی میکروبی بود.

مواد و روش‌ها: یک پیل سوختی میکروبی دو محفظه ای مجهز به غشاء تبادل گر پروتون نفیونی و آند و کاتد از جنس پارچه کربنی ساخته شد و در انکوباتور دمای 30 درجه سانتی‌گراد به مدت 12 هفته به صورت جریان منقطع مورد بهره‌برداری قرار گرفت. آند در محفظه بی‌هوازی حاوی محیط کشت حداقل (ترکیبات معدنی) قرار گرفت و فنل به عنوان تنها منبع کربن در غلظت‌های 50 تا 1000 میلی‌گرم بر لیتر به آن اضافه شد. بذر باکتریائی تجزیه‌کننده فنل که از تصفیه خانه فاضلاب پالایشگاه نفت تهران تامین و به فنل آداپته شد و در محفظه آند بی‌هوازی پیل میکروبی استفاده شد. کاتد در محفظه هوازی حاوی بافر فسفات قرار گرفت. غلظت فنل باقیمانده در زمان‌های مختلف به وسیله دستگاه HPLC اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: حداکثر حذف فنل طی 24 ساعت اولیه هر مرحله از آزمایش اتفاق می‌افتاد. فنل در غلظت‌های تا 800 ppm طی 96 ساعت به طور کامل حذف شد. اما زمان لازم برای حذف کامل 1000 ppm فنل 120 ساعت بود.

استنتاج: با استفاده از لجن تصفیه خانه فاضلاب پالایشگاه نفت خو یافته به فنل در پیل سوختی میکروبی، حذف فنل تا غلظت 1000 ppm امکان‌پذیر شد.

واژه های کلیدی: پیل سوختی میکروبی، تجزیه، فنل، لجن، پالایشگاه نفت

مقدمه

فنل در غلظت‌های بیش از 100 میلی‌گرم بر لیتر به عنوان بازدارنده رشد میکروبی عمل می‌کند(1). تحقیقاتی در زمینه حذف فنل در پیل میکروبی انجام شده اما تاکنون تحقیقی در زمینه حذف غلظت‌های زیاد فنل با استفاده از باکتری‌های خو یافته پالایشگاه نفت در پیل میکروبی یافت نشده است. بررسی متون نشان‌دهنده جدید بودن تحقیقات انجام شده در این زمینه می‌باشد. در سال 2016 تصفیه فاضلاب پالایشگاه نفت حاوی فنل با غلظت 60 میلی‌گرم بر لیتر در پیل سوختی میکروبی مورد بررسی قرار گرفت و میزان حذف فنل تعیین شد(2).

مولف مسئول: رمضانعلی دیانتی تیلکی - ساری: کیلومتر 17 جاده فرح آباد، مجتمع دانشگاهی پیامبر اعظم، دانشکده بهداشت E-mail: dianati.tilaki@gmail.com

1. دانشیار، گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
2. کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
3. دانشجوی دکترای میکروبیولوژی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

تاریخ دریافت : 1397/7/16 تاریخ ارجاع جهت اصلاحات :1397/7/30 تاریخ تصویب : 1399/2/24

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-15]

در تحقیق دیگری در سال 2017، حذف فنل در محفظه آند پیل سوختی میکروبی در محدوده غلظت 6/5 تا 13 میلی‌گرم بر لیتر به عنوان تنها منبع کربن مورد بررسی قرار گرفت(3). حذف فنل در یک پیل سوختی میکروبی بررسی شد که در آن سوپرناتانت لجن فعال تصفیه خانه فاضلاب شهری به‌عنوان بذر میکروبی در محفظه آند مورد استفاده قرار گرفت. غلظت اولیه فنل در محفظه آند (جداگانه) 5 تا 500 میلی‌گرم بر لیتر بود، میزان حذف فنل در پیل میکروبی تعیین شد(4). در سال 2018 تجزیه زیستی فنل طی آزمایشات ناپیوسته و پیوسته در پیل میکروبی مورد بررسی قرار گرفت. باکتری مورد استفاده در محفظه آند سودوموناس بود و میزان حذف غلظت‌های مختلف فنل تعیین شد(5). در سال 2016، تجزیه زیستی فنل، زایلنول و کروزل از آب زیر زمینی آلوده در پیل میکروبی بررسی شد. آب زیرزمینی آلوده شده به فنل با غلظت 20 میلی‌گرم بر لیتر به محفظه آند اضافه شد. در محفظه کاتد آب فاقد آلودگی استفاده شد(6). تاثیر اثرات تشدیدی و تضعیفی باکتری‌های موجود در فاضلاب پالایشگاه نفت بر یکدیگر و بر کارآئی پیل میکروبی در تصفیه فاضلاب پالایشگاه نفت (خروجی واحد شناور سازی) در پیل میکروبی مورد بررسی قرار گرفت(7). با توجه به عدم وجود تحقیق در زمینه کاربرد لجن تصفیه خانه فاضلاب پالایشگاه نفت در پیل میکروبی به منظور حذف فنل در غلظت‌های زیاد (تا 1000 میلی‌گرم بر لیتر)، این تحقیق صورت گرفت. هدف از این تحقیق، تعیین میزان حذف فنل در غلظت زیاد در پیل میکروبی دو محفظه‌ای غشائی با استفاده از لجن فاضلاب پالایشگاه نفت بود.

مواد و روش‌ها

این مطالعه از نوع تجربی آزمایشگاهی می‌باشد. پیل میکروبی ساخته شده در این تحقیق از نوع دو محفظه‌ای و از جنس پلکسی گلس و حجم هر یک از محفظه‌های آند و کاتد 800 میلی‌لیتر بود. محفظه آند به صورت سرپوش دار مجهز به یک دریچه کشوئی جهت خوراک‌دهی و نمونه‌گیری ساخته شد. هوادهی محفظه کاتد به وسیله یک پمپ هوای آکواریوم انجام می‌شد. غشاء نفیون 117 به ابعاد 7× 7 سانتی‌متر برای جدا نمودن محفظه آند و کاتد مورد استفاده قرار گرفت. اکسیژن مورد نیاز در کاتد با تزریق هوا به وسیله یک پمپ هوای آکواریومی انجام می‌شد. بذر میکروبی از تصفیه خانه فاضلاب پالایشگاه نفت تهران اخذ شد. 100 میلی‌لیتر بذر میکروبی به 400 میلی‌لیتر محیط کشت حاوی نوترینت براث اضافه شد و با افزودن فنل به آن، غلظت فنل به 50 میلی‌گرم در لیتر رسید. سپس به مدت دو هفته روی همزن مغناطیسی در انکوباتور دمای 30 درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. در پریدهای زمانی 24 ساعته با افزودن فنل به محیط کشت، غلظت فنل در محیط کشت تا 200 میلی‌گرم بر لیتر افزایش داده شد. محیط کشت محفظه آند با ترکیب در یک لیتر شامل 100 میلی‌لیتر از مایع مخلوط مرحله دوم، سدیم استات 20 میلی‌مولار، بافر فسفات 0/1 مولار، فنل200 میلی‌گرم بر لیتر، NaCl 5/84 گرم بر لیتر، NH_4Cl 0/3 گرم بر لیتر و KCl 0/1 گرم بر لیتر تهیه شد. 600 میلی‌لیتر از محیط کشت مرحله سوم به محفظه آند اضافه شد و در سمت کاتد نیز 600 میلی‌لیتر محلول بافر فسفات 0/1 مولار با pH=7 اضافه شد(8). برای برقراری اختلاط کامل در محفظه آند از همزن مغناطیسی استفاده شد. در هر بار شارژ محفظه آند، با افزودن فنل غلظت آن به تدریج تا 1000 میلی‌گرم بر لیتر افزایش داده شد. برای تعیین میزان حذف فنل در دوره‌های زمانی مختلف، نمونه‌گیری از محفظه آند انجام می‌شد و مقدار فنل باقیمانده اندازه‌گیری می‌شد. نمونه‌ها به وسیله سرنگ مجهز به فیلتر 0/2 میکرون گرفته می‌شد. اندازه‌گیری فنل به وسیله دستگاه HPLC با استفاده از ستون C18، فاز متحرک حاوی بافر فسفات (pH برابر 7 و غلظت 20 میلی مولار) و استونیتریل به ترتیب به نسبت 60 و 40 در طول موج 280 نانومتر انجام شد(9).

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-15]

یافته ها و بحث

در تصویر شماره 1، غلظت باقیمانده فنل بر حسب زمان در پیل میکروبی نشان داده شده است. فنل تا غلظت 800 ppm حداکثر طی 96 ساعت به طور کامل حذف شد. در غلظت 1000 ppm زمان لازم برای حذف کامل فنل 120 ساعت به دست آمد. حداکثر حذف فنل طی 24 ساعت اولیه در هر مرحله از آزمایش مشاهده شد.

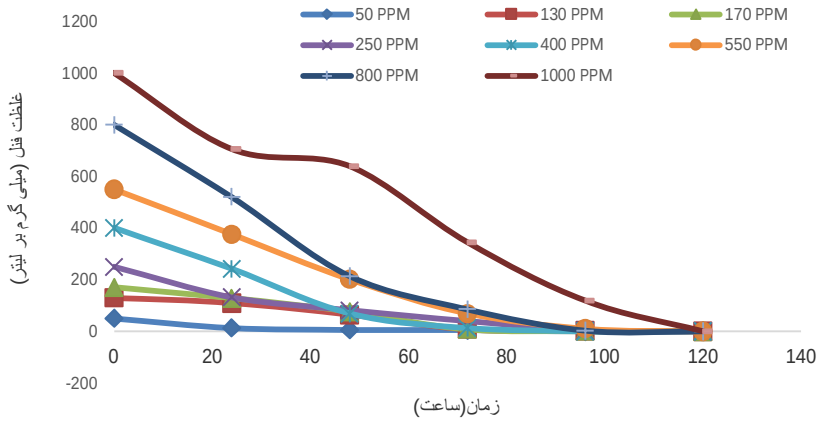
در تحقیقی که Srikanth و همکاران در سال 2016 به منظور تصفیه فاضلاب پالایشگاه نفت حاوی 60 ppm فنل در پیل میکروبی انجام دادند، بدون آداپتاسیون باکتری، حذف حدود 85 درصد از فنل حدود 45 روز طول کشید(2). در حالی که در تحقیق حاضر با استفاده از روش آداپته کردن باکتری به فنل طی چند مرحله حذف 1000 ppm فنل طی 5 روز صورت گرفت. در تحقیقی که در سال 2017 توسط Zhang و همکاران به منظور حذف فنل در پیل میکروبی انجام شد مشخص شد که برای حذف کامل 14 میلی گرم بر لیتر فنل در پیل میکروبی حدود 48 ساعت زمان لازم است(3). این در حالی است که در تحقیق حاضر با خو دادن باکتری‌های پالایشگاه نفت به فنل حذف غلظت‌های زیاد تا 1000 ppm در زمان 5 روز امکان‌پذیر شد. درتحقیقی که Luo و همکاران از پیل سوختی میکروبی برای حذف فنل استفاده کردند نتایج به دست آمده با این مطالعه تطبیق داشته به طوری که راندمان تجزیه فنل به بالای 95 درصد در 60 ساعت رسیده بود(10).

Ghangrekar و همکاران نیز در پژوهش خود به بازده 90 درصد حذف فنل دست یافتند(11).

باکتری‌های خو یافته به فنل نقش به سزایی را به عنوان بیوکاتالیست زنده در پیل‌های سوختی میکروبی ایفا می‌نمایند. به طوری که استفاده از مخلوط باکتریایی در محفظه بی‌هوازی آند نشان داد این میکروارگانیزم‌ها توانایی بسیار خوبی جهت رشد در شرایط بی‌هوازی و تجزیه فنل به عنوان تنها منبع کربن را دارا می‌باشند. این میکروارگانیزم‌ها توانستند طی حدود 96 ساعت فنل موجود در سیستم را مصرف نمایند. برتری این روش در تصفیه پساب حاوی مواد سخت تجزیه‌پذیر و تولید انرژی به صورت همزمان بدون انتشار هیچ‌گونه ماده آلاینده دیگری می‌باشد.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله مراتب تشکر خود را از معاونت محترم تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی مازندران به جهت حمایت مالی و تصویب طرح تحقیقاتی به شماره 2132 که مقاله حاضر (با کد اخلاق : IR.MAZUMS.REC.1397.213) از آن استخراج شده است اعلام می‌دارند.



تصویر شماره 1: حذف فنل در غلظت های مختلف در طی زمان

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-15]

References

1. Pradeep N, Anupama S, Navya K, Shalini H, Idris M, Hampannavar U. Biological removal of phenol from wastewaters: a mini review. Appl Water Sci 2015; 5(2): 105-112.
2. Srikanth S, Kumar M, Singh D, Singh M, Das B. Electro-biocatalytic treatment of petroleum refinery wastewater using microbial fuel cell (MFC) in continuous mode operation. Bioresour Technol 2016; 221: 70-77.
3. Zhang D, Li Z, Zhang C, Zhou X, Xiao Z, Awata T, et al. Phenol-degrading anode biofilm with high coulombic efficiency in graphite electrodes microbial fuel cell. J Biosci Bioeng 2017; 123(3): 364-369.
4. Wu H, Fu Y, Guo C, Li Y, Jiang N, Yin C. Electricity generation and removal performance of a microbial fuel cell using sulfonated poly (ether ether ketone) as proton exchange membrane to treat phenol/acetone wastewater. Bioresource Technology 2018; 260: 130-134.
5. Moreno L, Nemati M, Predicala B. Biodegradation of phenol in batch and continuous flow microbial fuel cells with rod and granular graphite electrodes. Environ Technol 2018; 39(2): 144-156.
6. Hedbavna P, Rolfe SA, Huang WE, Thornton SF. Biodegradation of phenolic compounds and their metabolites in contaminated groundwater using microbial fuel cells. Bioresour Technol 2016; 200: 426-434.
7. Guo X, Zhan Y, Chen C, Zhao L, Guo S. The influence of microbial synergistic and antagonistic effects on the performance of refinery wastewater microbial fuel cells. J Power Sources 2014; 251: 229-236.
8. Jafary T, Ghoreyshi AA, Najafpour GD , Fatemi S, Rahimnejad M. Investigation on performance of microbial fuel cells based on carbon sources and kinetic models. Int J Energy Res 2013; 37(12): 1539-1549.
9. Sambe H, Hoshina K, Hosoya K, Haginaka J. Direct injection analysis of bisphenol A in serum by combination of isotope imprinting with liquid chromatography-mass spectrometry. Analyst 2005; 130(1): 38-40.
10. Luo H, Liu G, Zhang R, Jin S. Phenol degradation in microbial fuel cells. Chem Eng J 2009; 147(2-3): 259-264.
11. Ghangrekar M, Shinde V, editors. Wastewater treatment in microbial fuel cell and electricity generation: a sustainable approach. 12th International sustainable development research conference; 2006 April 6-8; Hong Kong.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-15]