معالجة مياة الصرف الصناعي للمأكولات البحرية وانتاج الطاقة الكهربائية بإستخدام معزولات خلايا الوقود الميكروبية

أفنان عيد المطيري

إشراف

د.ممدوح جمال

د. أرولازاجان بوزاقاندي

المستخلص

تسمى الكائنات الدقيقة القادرة على نقل الإلكترونات خارجياً إلى القطب بإلكترونيات خارجية وهي المكون الأساسي لإنتاج الطاقة في خلايا الوقود الميكروبية. وتعرف أيضا باسم البكتيريا النشطة كهربائياً، وبكتيريا الأنود. يُعنى توليد الكهرباء في خلايا الوقود الميكروبية بجوانب هامه مختلفة مثل تصميم و تكوين الخلايا وخصائصها ، وطبيعة ومساحة الأقطاب الكهربائية ، والأغشية ، والإلكتروليتات ، وظروف التشغيل مثل معدل التحميل ، ودرجة الحموضة ، ودرجة الحرارة ومعدل البقاء. وقد قامت العديد من الدراسات بدراسة إنتاج الطاقة من مياه الصرف الصحي التي تستخدم في خلايا الوقود الميكروبية. وتركز الدراسة الحالية على معالجة مياه الصرف الصناعي لتجهيز المأكولات البحرية مع توليد الطاقة تحت ظروف ملحية . تم الحصول على مياه الصرف الصناعي من مصنع تجهيز الأغذية البحرية بملوحة ٤٠ جم / لتر (٤٪) من تركيز كلوريد الصوديوم. و تم استخدام خلايا وقود ميكروبية ذات كاثود هوائي مزود بقطعة كربون مغلفة من البلاتين وفرشاة كربون في المعالجة وإنتاج الطاقة. تم تشغيل المفاعل عند أحمال عضوية مختلفة مثل ٠,٥ و ١ و ١,٢٥ و ١,٥ جرام / لتر تحت ملوحة عالية. سجلت النتائج إزالة في الأكسجين الكيميائي الكلي المطلوب من ٥٤ ٪ ، ٨٣ ٪ ، ٨٨ ٪ و ٧٠ ٪ في الأحمال العضوية بالقيم ٠,٥ و ١ و ١,٢٥ و ١,٥ جرام / لتر على التوالي تحت ملوحة عالية. اختلفت كفاءة إزالة الأكسجين الكيميائي المذاب المطلوب في نطاق ٤٤ - ٧٤٪ عند الحمل العضوي من ٠,٥ - ١,٢٥ جرام / لتر. اي زيادة إضافية في الحمل العضوي إلى ١,٥ جرام/ لتر تؤدي إالى إنخفاض في إزالة الأكسجين الكيميائي المذاب المطلوب إلى ٦١% تحت ملوحة عالية. تم تسجيل إنتاج جهد في خلايا الوقود الميكروبية ذات الكاثود الهوائي تحت الحمل العضوي ٠,٥ جرام / لتر تم تسجيل ٨١١ مللي أمبير ، مع كثافة الطاقة ٤٢٠ ميجاوات / م^{٢}. و اي زيادة بعد ذلك في الحمل العضوي إلى ١,٠ جرام / لتر تزيد كثافة الطاقة و سجلت ب ٥٣٠ ملم واط / م^{٢}. تم الحصول على كثافة الطاقة القصوى ٥٥٠ ملم واط / م^{٢} وجهد كهربائي ١١٥٠ ملم فولت في الجهد العضوي ١,٢٥ جرام/ لتر بمقاومة خارجية ٦٠٠ أوم. عند إرتفاع الحمل العضوي إلى ١,٥ جرام/ لتر تنخفض كثافة الطاقة في الخلايا إلى ٢٥٠ ملم واط/م^{٢}. تم الحصول على أقصى قيمة للكفاءة المعروفة الكولومبية بنسبة ٤٧٪ عند الحمل العضوي ٠,٥ جرام / لتر. في الأحمال العضوية المنخفضة ، تم تخفيض الاستفادة من الركيزة لإنتاج الميثان ، وبالتالي زيادة كفاءة الكولومبية. انخفضت الكفاءة الكولومبية إلى ٢٢٪ عند الحمل العضوي ١,٢٥ جرام/ لتر، والتي حققت أعلى كثافة للطاقة. إنخفضت الكفاءة بعد ذلك إلى ١٣% عند الحمل العضوي المقدر بـ ١,٥ جرام/لتر. بلغ إجمالي الإزالة للمعلقات الصلبة ٧٥% عند الحمل العضوي ١,٢٥ جرام/لتر، و ٥٨% عند الحمل العضوي ١,٥ جرام/ لتر. وبالتالي ، أكدت الدراسة أن ١,٢٥ جرام / لتر كان معدل التحميل الأمثل لمعالجة مياه الصرف الصناعي بكفاءة وإنتاج الطاقة. نتائ

ج تحليل المجتمع البكتيري من منطقة الأنود ومنطقة الرواسب من خلايا الوقود الميكروبية ذات الكاثود الهوائي كشفت عن وجود البكتيريا (أركيا) و مجموعة من السلالات البكتيرية. الأركيا الموجودة في منطقة الأنود و الحمأة مثل:

Candidatus Nitrosocosmicus exaquare, Candidatus Nitrosotenuis aquarius, Methanobrevibacter smithii, Methanosaeta sp.

يحتمل أنها بدأت إزالة الأكسجين الكيميائي المطلوب و إنتاج الطاقة في الظروف الملحية.

تحليل المجتمع البكتيري لمنطقة الأنود للحمل العضوي ٠,٥ و ١,٠ جرام/لتر كانت البكتريا المهيمنة باسليلوس ب ٧٥% و ٥٥,٨% على التوالي. ومن المثير للاهتمام في الحمل العضوي ١,٢٥ جرام/لتر منطقة الأنود كانت في هيمنة رودوكوكاس بنسبة ٤٢,٣% و التي كشفت إنتاج طاقة عالية في الظروف الملحية. كانت الميكروبكتريا هي ثالث سلالة بكتيرية سائدة في عينات منطقة الأنود التي تم الحصول عليها في الحمل العضوي ١,٠ و ١,٢٥ جرام/لتر. كشفت عينات الحمأة التي خضعت لتحليل تطور السلالات هيمنة كلوستريديوم ، توريكاياكر وروميوتيا في الحمل العضوي ٠,٥ و ١,٠ جرام/لتر. نتائج المجتمع البكتيري لعينات الحمأة في الحمل العضوي ١,٢٥ جرام/لتر كشفت سلاالات مختلفة في الهيمنة على المجتمع البكتيري. و كانت السلاالات المهيمنة هي

Marinobacter (53.3%), Gelidibacter (19.3%), Bacillus (18.1%)

هكذا ، فإن تحليل السلالات الأنودية والحمأة السلالات التفصيلية يبين بوضوح وجود بكتريا المحبة للظروف القاسية (الملوحة العالية) مع إمكانات عالية لمعالجة مياه الصرف الصحي لمعالجة مياه الصرف الصناعي ونشاط كهربائي انتقائي ممتاز لإنتاج الطاقة في خلايا الوقود الميكروبية ذات الكاثود الهوائي في الظروف الملحية.

Treatment of Seafood Industrial Wastewater coupled with Electricity Production using Microbial Fuel Cells (MFC)

Afnan Eid AlMutairi

Supervised By

Dr. Mamdoh T. Jamal

Dr. Arulazhagan Pugazhendi

Abstract

Microorganisms capable of transmitting electrons externally to the electrode are called as exoelectrogens and are the essential component for power production in MFC (Microbial Fuel Cells). They are also known as electrochemically active bacteria, anode respiring bacteria or electricigens. Electricity generation in MFC is governed by various important aspects such as MFC design and configuration, characteristics, nature and surface area of electrodes, membranes, electrolytes, nature of inoculums, operating conditions such as loading rate, pH, temperature and retention time. Numerous studies have examined power production from complex wastewaters employing MFC. The present study focused on investigation of sea food processing industrial wastewater treatment with corresponding power generation under saline condition. Industrial wastewater was obtained from the sea food processing industry with a salinity of 40 g/L (4%) of NaCl concentration. Air cathode Microbial Fuel Cells (ACMFC) equipped with platinum coated carbon cloth and carbon brush was employed in the treatment and power production. The reactor was operated at different organic load (OL) such as 0.5, 1, 1.25 and 1.5 gCOD/L under saline condition. The results recorded Total Chemical Oxygen Demand (TCOD) removal of 54%, 83%, 88% and 70% to the corresponding OL of 0.5, 1, 1.25 and 1.5 gCOD/L under saline condition. Soluble

chemical oxygen demand (SCOD) removal efficiency varied in the range of 44 - 74% at OL of 0.5 – 1.25 gCOD/L. Further increase in OL to 1.5 revealed decrease in SCOD removal to 61% under saline condition. The voltage production of ACMFC at OL of 0.5 gCOD/L was recorded as 811 mV, with power density of 420 mW/m^2. A subsequence increases in OL to 1.0 gCOD/L increased the power density and was observed to be 530 mW/m^2. The maximum power density of 550 mW/m^2 and the corresponding voltage of 1150 mV was procured at the OL of 1.25 gCOD/L (external resistance of 600Ω). At higher OL of 1.5 gCOD/L, the power density of the MFC dropped to 250 $mW/m^{2.}$ The maximum coulombic efficiency (CE) of 47% was obtained at the OL of 0.5 gCOD/L.). At low OL, utilization of substrate for methane production was reduced, hence coulombic efficiency increased. The coulombic efficiency dropped to 22% at OL 1.25 gCOD/L, which achieved highest power density. CE further dropped to 13% at OL 1.5 gCOD/L. Total suspended solid removal was 75% at OL of 1.25 gCOD/L and 58% at OL 1.5 gCOD/L. Thus, the study confirmed 1.25 gCOD/L was the optimized OL for efficient industrial wastewater treatment and power production. The results of bacterial community analysis from the anode region and sludge region of the ACMFC revealed the presence of archea and bacterial group strains. The Archae present in the anode and sludge such as *Candidatus Nitrosocosmicus exaquare*, *Candidatus Nitrosotenuis aquarius*, *Methanobrevibacter smithii*, *Methanosaeta* sp. potentially initiated the COD removal and power production under saline condition. Bacterial community analysis for anode region samples for OL 0.5 and 1 gCOD/L was highly dominated by *Bacillus* with 75.8% and 55.8% respectively. Interestingly at 1.25 gCOD/L OL, the anode film was dominated by *Rhodococcus* (42.3%) revealed high power production under saline condition. *Microbacterium was the third dominant bacterial strain present in anode region samples obtained at OL 1 and 1.25 gCOD/L.* Sludge samples subjected to phylogenetic analysis explored the dominance of *Clostridium*, *Turicibacter* and *Romboutsia* at OL 0.5 and 1

gCOD/L. Bacterial community results at 1.25 gCOD/L of OL sludge samples revealed completely different strains of dominancy in the community. *Marinobacter* (53.3%), *Gelidibacter* (19.3%), *Bacillus* (18.1%) was the dominant strains present at OL of 1.25 gCOD/L. Thus, the phylogenetic analysis of the anodic and sludge samples clearly detailed the presence of extremophilic (halophilic) bacterial strains with high potential to treat sea food processing industrial wastewater and excellent exoelectrogenic activity for power production in ACMFC under saline condition.