

## ORGANİK ATIKSU ARITAN MİKROBİYAL YAKIT PİLLERİ İLE DOĞRUDAN ELEKTRİK ÜRETİMİ

TÜBİTAK Proje No, 108Y008: 15.06.2008-15.06.2011

ÇALLI, Barış; MERTOĞLU, Bülent

### ÖZET

Mikrobiyal yakıt hücreleri (MYH'ler), elektrokimyasal aktiviteye sahip bakterilerin katalitik reaksiyonu ile kimyasal enerjiyi, herhangi bir ara taşıyıcıya dönüştürmeden doğrudan elektrik enerjisine çeviren biyo-elektrokimyasal sistemlerdir. Laboratuvar ölçekli küçük MYH'ler ve sentetik çözeltiler kullanılarak yapılan çalışmalarda mW seviyesinde güç üretim değerleri elde edilmektedir. Bununla birlikte, elektron kaynağı olarak atık esaslı organik maddeleri kullanmaya ve elde edilen güç üretim değerlerini artırmaya yönelik araştırmalar yoğun olarak devam etmektedir. Bu çalışmada, atıksu ile temasa elverişli malzemelerden üretilmiş, yüksek verimli MYH'ler geliştirmek amacıyla klasik çift-bölmeli, tek bölmeli hava-katot ve biyo-katot olmak üzere 3 tip ve 11 farklı yapıda MYH kullanılmıştır. Bu MYH'lerde karbon kağıt, karbon kumaş, granül aktif karbon (GAK) ve retiküle camı karbon (RCK) gibi elektrot malzemeleri; çözülmüş oksijen, hava ve demir (III) gibi elektron alıcılar; çeşitli ticari proton ileten membranlar ve hava-katot MYH'lerde difüzyon tabakası olarak olefin yalıtım malzemesi test edilmiştir. Ayrıca, MYH'ler saf bakteri kültürü yerine biyolojik atıksu arıtma tesisinden alınan aktif çamur ile aşılansmış ve anot yüzeyinde biyofilm oluşturarak zenginleşen elektrokimyasal aktiviteye sahip bakteri türleri incelenmiştir. Asetat içeren sentetik atıksu veya gerçek atıksu ile sürekli veya kesikli olarak beslenen MYH'lerin pil voltajı, akım yoğunluğu ve güç üretim değerleri on-line olarak ölçülmüş, denenen işletme koşulları ve malzemelerin MYH'lerin performansı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Gerçek atıksu olarak, evsel organik katı atıklardan anaerobik fermentasyon ile süzölen yataklı reaktör kullanılarak üretilen karışık organik asitler ve sızıntı suyu ile beslenen laboratuvar ölçekli yukarı akışlı havasız çamur yatağı (YAHÇY) reaktörünün çıkış suyu kullanılmıştır. Karbon kumaş anot ve katot elektrotlar ve demir (III) elektron alıcı kullanılan MYH'de maksimum 710 mA/m<sup>2</sup> akım yoğunluğu ve 466 mW/m<sup>2</sup> güç yoğunluğu değerleri elde edilmiştir. Anot çıkışı katoda beslenerek işletilen biyo-katot MYH ile 500 Ohm dış dirençte 630 mV civarında sabit pil voltajı, 45,3 W/m<sup>3</sup> akım yoğunluğu ve 124 A/m<sup>3</sup> güç yoğunluğu değerlerine ulaşılmıştır. Hava-katot MYH'de ise elektrotlar arasındaki mesafeyi azaltarak ohmik kayıpları en aza indirmek için anot, mikrofiber bez ve katodun temas halinde olduğu membransız bir yapı geliştirilmiştir. Ayrıca katodun hava ile temas halinde olan yüzeyine ticari bir su yalıtım malzemesi olan olefin tabaka yerleştirilerek yaklaşık 750 mW/m<sup>2</sup> maksimum güç yoğunluğu elde edilmiştir. Ulaşılan yüksek güç üretimi, olefin tabakanın kontrollü oksijen difüzyonu için hava-katot yüzeyinde kullanılabilecek uygun bir malzeme olduğunu göstermiştir. Anaerobik olarak kısmen arıtılmış sızıntı suyu ile beslenen çift-bölmeli MYH'de elde edilen yüksek UYA giderim verimi (>99%), akım yoğunluğu (413 mA/m<sup>2</sup>; 11,1 A/m<sup>3</sup>) ve güç üretim değeri (109 mW/m<sup>2</sup>; 1,7 W/m<sup>3</sup>) bu uygulamanın ikincil kademe arıtma olarak kullanılabileceğini göstermiştir. Aktif çamur ile aşılansan MYH'lerdeki anodofilik bakterileri moleküler mikrobiyoloji teknikleri kullanılarak incelendiği çalışmalarda, MYH'lerde elektrokimyasal aktivite gösteren tek bir baskın bakteri türünün olmadığı, Zoogloea, Thauera, Geobacter, Desulfobacterium, Pseudomonas, Rhodopseudomonas, Azovibrio ve Ferribacterium gibi farklı birçok bakterinin zenginleştiği ve varlığını sürdürdüğü tespit edilmiştir.

## DIRECT ELECTRICITY PRODUCTION WITH MICROBIAL FUEL CELLS TREATING ORGANIC WASTEWATER

### ABSTRACT

Microbial fuel cells (MFCs) are bioelectrochemical systems, which enable the use of microorganisms as catalysts to convert chemical energy of the electron donors directly into electrical energy without the need of any intermediate carriers. Power production in the mW range have been attained using laboratory scale small MFCs with synthetic feeds. Besides, studies have been focusing on using organic materials of waste origin as an electron donor and finding ways to increase power production performance. In this study, in order to develop high efficiency MFCs produced from materials suitable to wastewater contact, three types of MFCs (classical two-chambered, one-chambered air-cathode, and bio-cathode) and 11 different configurations have been used. In these MFCs; carbon paper, carbon cloth, granulated activated carbon (GAC), and reticulated vitreous carbon (RVC) were tested as electrodes; dissolved oxygen, air and iron (III) were tested as electron acceptors; various commercial materials were tested as proton exchange membranes, and olefin sheet insulation material was tested as diffusion layer in air-cathodes. In addition, instead of using pure cultures, activated sludge obtained from wastewater treatment plant was used as an inoculum in the MFCs and electrochemically active anodophilic biofilm forming bacterial species were investigated. Acetate containing synthetic wastewater or real wastewater fed MFCs were operated in batch or continuous modes and current density and power production parameters were measured on-line to determine the effect of operating conditions and materials on the efficiency of MFCs. Effluent of a landfill leachate-fed upflow anaerobic sludge bed reactor (UASB) and leachate of an anaerobic leachbed reactor treating municipal organic solid waste were used as real wastewater in this study. The maximum current density and power density achieved were  $710 \text{ mA/m}^2$  and  $466 \text{ mW/m}^2$ , respectively in the MFC with carbon cloth as anode and cathode electrodes and iron (III) as electron acceptor. Bio-cathode MFC with sequential feeding of anode effluent to cathode, 630 mV constant cell voltage,  $45.3 \text{ W/m}^3$  current density, and  $124 \text{ A/m}^3$  power density was achieved. In the membrane-less air-cathode MFC, electrodes and the cloth separator were configured as cloth-electrode assembly, which resulted in small ohmic resistances by minimizing the distance between the electrodes. In addition, a commercial insulation material, a spunbonded olefin sheet, was placed on the cathode and a maximum power density of  $750 \text{ mW/m}^2$  was achieved. High power production achieved using olefin sheet demonstrated this materials suitability for its use on air-cathode MFCs for effective control of oxygen diffusion. High volatile fatty acid utilization ( $> 99\%$ ), current density ( $413 \text{ mA/m}^2$ ;  $11.1 \text{ A/m}^3$ ), and power density ( $109 \text{ mW/m}^2$ ;  $1.7 \text{ W/m}^3$ ) achieved in anaerobically pre-treated leachate-fed two-chambered MFC demonstrated the feasibility of using MFCs as a post-treatment step. MFCs inoculated with activated sludge were investigated for its anodophilic bacterial species using molecular microbiology techniques. These studies demonstrated that electrochemically active, anodophilic bacteria is formed of various bacterial species rather than a single dominant species and species such as; *Zoogloea*, *Thauera*, *Geobacter*, *Desulfobacterium*, *Pseudomonas*, *Rhodopseudomonas*, *Azovibrio* and *Ferribacterium* were detected in the biofilm.