

# Mikrobik yakıt hücresi: mayadan elektrik üretimi

Hepimizin de bildiği gibi bira ve ekmek yapımında maya kullanılır. Peki ya elektrik? National Centre for Biotechnology Education, Reading Üniversitesi, Birleşik Krallık'dan **Dean Madden** mayadan elektrik üretiminin nasıl olduğunu gösteriyor.

Çeviri:

**Tuğçe Kaymaz ve Hikmet Geçkil**

İnönü Üniversitesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü

## Giriş

Elektrik üreten mikroplar onlarca yıldır biyolojik bir meraklı. Oysa şimdi araştırmacılar onların kol saatleri ve kameralarda güç kaynağı olarak kullanımını ve organik atıktan elektrik üreten biyoreaktörleri öngörüyorlar. Burada anlatılan mikrobik yakıt hücresi mayanın elektron taşıma zincirinden elektronları dağıtarak elektrik akımı üretiyor.

Elektronları toplamak ve onları dış devreye aktarmak için bir aracı kullanıyor (bu durumda aracı metilen mavisidir). Bu işlem çok da verimli değildir ve gösterilen bu yakıt hücresi yalnızca çok küçük bir akım üretecektir. Sınıfta bu, solunum çalışmasına ilgi çekici bir giriş sağlayabilir ve mikrobik solunumu etkileyen bazı faktörlerin çalışılmasına olanak verebilir.

Son zamanlarda mikroorganizmaların elektronları direkt olarak yakıt hücresi elektrotlarına verdiği aracısı olmayan yakıt hücreleri geliştirildi.

## Araç gereçler

Her öğrenci ya da çalışma grubu için

### Araçlar

- 4 mm kalınlığındaki Perspeks tabakasından kesilen Perspeks yakıt hücresi
- 2 neopren contası
- Yakıt hücresinin bölmelerine uygun kesilmiş katyon değişim zarı. Zar tekrar tekrar kullanılabilir fakat otoklav yapılırsa eriyecektir.
- Sıvıları uymak için 2 x 10 ml plastic şırınga
- Yakıt hücresini bekletmek için petri kabı tabanı ya da kapağı
- Krokodil pensleri ile elektrik kabloları
- 0-5 V voltmeter ya da multimetre ve/veya düşük akım motoru
- Makas.

*Timsah tutaç resmi:*

*Jobalou / iStockphoto'nun izniyle*

## Materyaller

- Yakıt hücresine uygun olarak kesilmiş 2 karbon fiber doku elektrotu

- Yakıt hücresine uygun olarak kesilmiş 2 parça J kumaşı ya da benzeri bir kumaş (bu kumaşın kullanış amacı basit olarak elektrotların katyon değişim zarına temas etmesini ve hücrenin kısa devre yapmasını önlemektir).

**Önemli:** Aşağıda sıralanan tüm çözeltiler su yerine pH'sı 7 olan 0.1 M fosfat tamponunda hazırlanmalıdır.

- 0.1 M fosfat tamponunda koyu kıvamda hazırlanan kuru maya (mayayı tamponda rehidrasyona uğratmadan glukoz çözeltisini eklemeyiniz.)
- 5 ml metilen mavisi çözeltisi (10 mM)
- 5 ml glukoz çözeltisi (1 M)
- 10 ml potasyum hekzasiyanoferrat (III) çözeltisi (0.02 M) (potasyum ferri-siyanür olarak da adlandırılır.)

## Yöntem

1. İki karbon fiber elektrotu resimde gösterildiği gibi kesiniz.



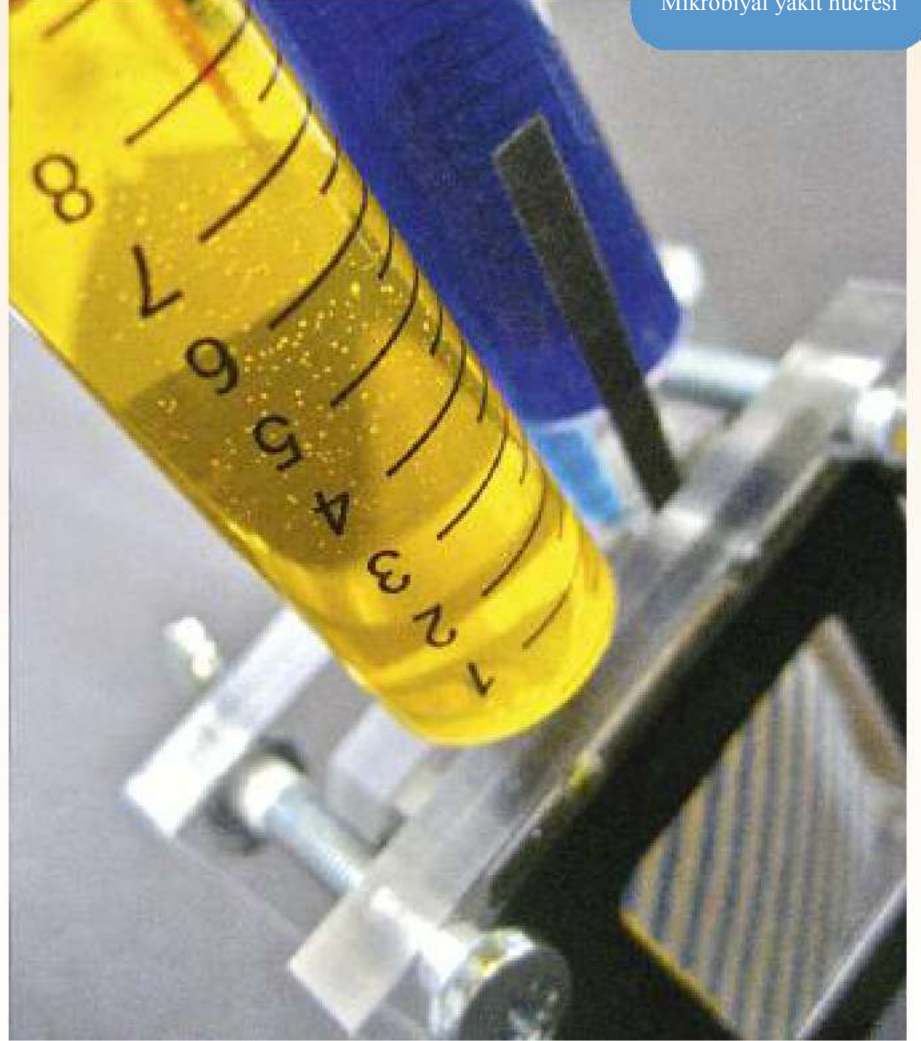
- ✓ Mikrobiyoloji
- ✓ Fizik
- ✓ Enerji

Bu makale elektron taşıma zincirini gösteren bir laboratuvar pratiğini anlatmaktadır. Bu pratik, mikrobik solunum hakkındaki biyoloji dersleri için oldukça uygundur. Bu pratiği fermentasyon alıştırmalarının bir uzantısı olarak kullanmak oldukça kolaydır.

Enerji üretimi için mikroorganizmaların kullanımını gösteren bu pratik, biyoteknoloji ve fiziğin arayüzünde disiplinler arası olarak kullanılabilir. Ayrıca enerji üretiminin alternatif biyoteknolojik yoluna bir örnek olarak biyoetanolün üretimiyle de ilgili ilişkilidir.

*Niels Bonderup Dohn,  
Danimarka*

Resim: Dean Madden' in izniyle



Mikrobiyal yakıt hücresi

## GÖRÜŞ

2. Yakıt hücresine uyacak şekilde 2 parça J kumaşı kesiniz.
3. Yakıt hücresini aşağıda gösterildiği gibi birleştiriniz.
4. Birleştirilmiş yakıt hücresini Petri kabı tabanında ya da kapağında hücreden sızabilecek herhangi bir sıvıyı yakalamak için bekletiniz
5. 5 ml eşit hacimlerdeki maya bulamacı, glukoz ve metilen mavisi çözeltilerini karıştırınız. Bu karışımı, yakıt hücresinin bir bölümüne enjekte ediniz.
6. Potasyum heksasiyanoferrat (III) çözeltisini de hücrenin diğer bölümüne enjekte ediniz.
7. Bir voltmeter ya da multimetreyi krokodil pensleri aracılığıyla elektrot kutuplarına bağlayınız. Akım hemen üretilebilir. Sayaç sıfırını gösterirse bağlantıları kontrol ediniz ve karbon fiber elektrotların katyon değişim zarına temas etmediğinden emin olunuz.

## Tipik sonuçlar

Bu tür mikrobik yakıt hücreleri genellikle 0.4-0.6 V ve 3-50 mA üretir. Hücre gerekli çözeltilerle doldurulursa birkaç gün daha elektrik üretecektir.

## Güvenlik

Potasyum heksasiyanoferrat (III) zehirlidir. Bu madde kullanıldığı zaman gözlük takılmalıdır. Çözelti gözlerle temas ederse bol su ile yıkayınız ve tıbbi yardım isteyiniz. Yutulduğunda ise bol miktarda su içiniz ve tıbbi yardım isteyiniz. Cilde temas ettiğinde ise çözelti acilen suyla yıkayıp temizlenmelidir.

Kullanılan çözeltinin imha edilmesinde yerel düzenlemeler izlenmelidir.

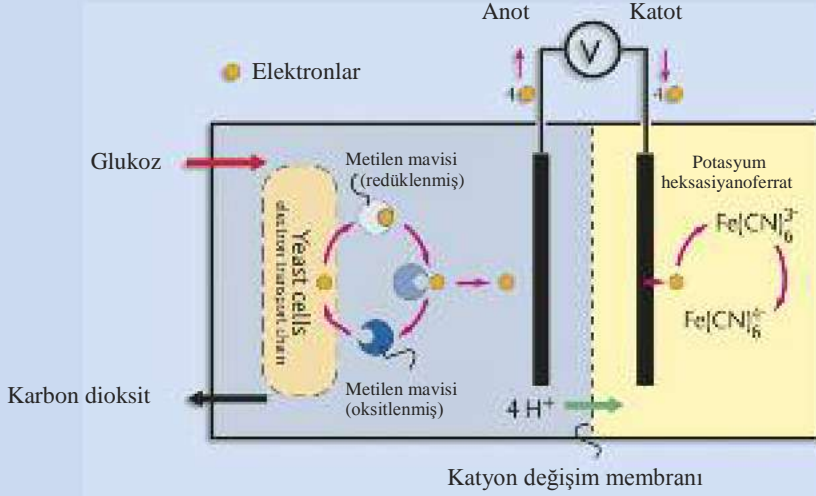
## Yapılışı

pH'sı 7 olan 0.1 M fosfat tamponu hazırlamak için 4.08 g  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  ve 3.29 g  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ 'ü 500 ml saf suda çözünüz.

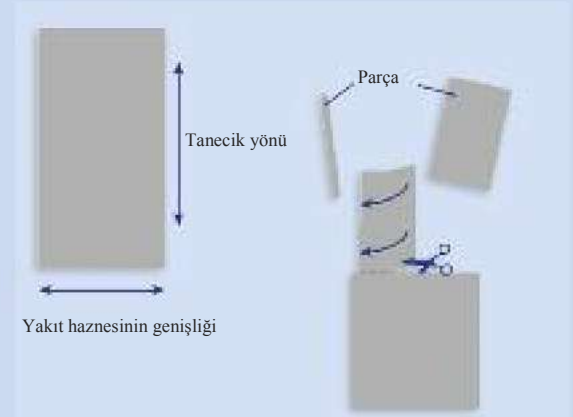
## Hazırlık ve zamanlama

İndikatör çözeltiler önceden hazırlanabilirler. Fakat glukoz çözeltisinin çalışma yapılmadan önce en erken 24 saat içinde hazırlanması gerektiğini unutmayınız.

Çözelti steril olmadığında kontamine edici mikroorganizmaların gelişimini destekleyecektir.



Elektrotların yapımında kullanılan karbon fiber “taneciğe” sahiptir. Elektrotun uzun kuyruğunun kopmayacağından ve yakıt hücresi içindeki boşluğa kolaylıkla uyacağından emin olmak için elektrotun burada gösterildiği gibi kesilip katlanması gerekir.



Gösterildiği gibi üst parçanın yaklaşık olarak yarısı kesilmiş, daha sonra ikiye katlanmış. Ardından elektrot üzerinde kuyruk oluşturmak için tekrar ikiye katlanmış.

**Mikrobik yakıt hücresi nasıl çalışır?**  
Hücresinin bir bölümünde maya hücreleri glikoz çözeltisi ile beslenir. Bir aracı olan metilen mavisi maya hücrelerine girer ve mayanın elektron taşıma zincirinden elektronları alır. Elektronlar daha sonra anot elektrotuna geçerler. Elektronlar dış devreye geçerler ve hücresinin ikinci bölümünde bulunan potasyum heksasiyanoferrat (III) tarafından alınırlar. Hidrojen iyonları iki bölmei ayıran katyon değişim zarından geçerler.

Bu tür mikrobik yakıt hücreleri genellikle 0.4-0.6 V ve 3-50 mA üretir. Bu çok düşük akımlı bir motoru çalıştırmak için yeterlidir. Bu gibi birkaç hücre seri olarak bağlanırsa ısık vavan divotu(LED) vakmak mümkün olur.

Saf sudaki katyon değişim zarını kullanımdan 24 saat önce ıslatınız.

Önce kurutulmuş mayayı tampon çözeltiliye, daha sonra glikoz çözeltisini maya bulamacına eklemek önemli olmasına rağmen; kurutulmuş maya yakıt hücresi birleştirildiğinde de rehidrasyona uğratabilir. Mayayı direkt olarak glikoz çözeltisinde rehidrasyona uğratmaya çalışırsanız ozmotik etkiler işlemi geciktirecektir (yaş maya kullanıyorsanız glikoz çözeltisini eklemeyen önce basitçe bunu tamponla koyu bulamaç haline getiriniz).

Yakıt hücresinin birleştirilmesinden elektrik üretimine kadar geçen süre yaklaşık 30 dakikadır.

### Açık uçlu araştırmaların kapsamı

Birkaç yakıt hücresi büyük gerilim oluşturmak için birbirine seri bağlanabilir, fakat üretilen akım değişmeyecektir. Aksine hücre boyutunun ya da elektrot yüzeyinin artışı üretilen akımı artıracak, voltajı ise değiştirmeyecektir.

Şarap üreticileri ve fırıncıların kullandığı mayada olduğu gibi farklı araçlar ya da farklı çeşit mayalar kullanılabilir. Güvenlik nedeniyle bu yakıt hücresinin diğer mikro-organizmalarla kullanımının tavsiye edilmediğini unutmayınız.

Sıcaklığın yakıt hücresinin çalışması üzerindeki etkisini araştırınız (bu tür karşılaştırmaları yaparken ne gibi kontrollerin gerektiğini düşünmeyi unutmayınız).

### Tedarikçiler

Okul araştırmaları için uygun olan mikrobik yakıt hücreleri burada da anlatıldığı gibi National Centre for Biotechnology Education (NCBE), Reading Üniversitesi, Birleşik Krallık'dan edinilebilirler.

Bu makaledeki yönergeleri izleyerek kendi yakıt hücrelerini yapmayı tercih edenler için katyon değişim zarı ve karbon fiber elektrotlar NCBE'den sağlanabilir.

Katyon değişim zarı ayrıca VWR<sup>w2</sup>'den satın alınabilir.

Burada anlatılan örnekte olduğu gibi yakıt hücresiyle kullanıma uygun olan düşük akım motorları pahalıdır ve bulunması zordur.

### Atıkların ortadan kaldırılması ve maddelerin geri dönüşümü

Potasyum heksasiyanoferrat (III) çözeltisi zehirlidir. Kullanılan maddenin imha edilmesinde yerel düzenlemeler takip edilmelidir.

### Maddelerin muhafaza edilmesi

Potasyum heksasiyanoferrat (III) çözeltisi ışığa duyarlıdır bu yüzden ışığı geçirmeyen koyu renkli ya da alüminyum folyo ile sarılmış bir şişede saklanmalıdır. Altı aydan fazla muhafaza edilmemelidir.

