

TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

BİYOTEKNOLOJİ İNOVASYON YARIŞMASI

PROJE DETAY RAPORU

FİKİR KATEGORİSİ

TAKIM ADI

Biosensor Team

PROJE ADI

Mikrobiyal Yakıt Hücresi Tabanlı Biyosensör İle

Atık Sularda Toksisite Tayini

BAŞVURU ID

#62132

KATEGORİ

Fikir Kategorisi Lise Seviyesi

1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Atık sularda toksik maddelerin izlenmesi, suların tekrar kullanımı durumunda halk sağlığı ve güvenliği açısından büyük önem taşımaktadır. Alternatif yöntemler sayesinde tespitler yapılabilmektedir lakin mevcut sensörler kompleks yapıları ve yüksek maliyetlerinden ötürü dezavantajlara sahiptir. Mikrobiyal Yakıt Hücreleri (MYH) ise düşük maliyet ve bakım giderleri, uzun vadeli ve istikrarlı kullanım süresi ile bu sistemlere potansiyel birer alternatif olmaktadır. Projemizde ampisilin ve siprofloksasin içeren sentetik besiyerinin MYH tabanlı biyosensör ile toksisite tespiti amaçlanmıştır. Bu doğrultuda çalışmamızda iki bölmeli MYH düzeneği kurulmuş, anot ve katot bölmeleri arasına tuz köprüsü, anot bölümüne *Saccharomyces cerevisiae* biyokatalizör olarak eklenmiştir. Deney grupları, MYH'nin medyatör varlığı ve yokluğunda atık sularda bulunan ampisilin ve siprofloksasin antibiyotiklerinin tayini için bir biyosensör olarak kullanılabilirliğini araştırmak amacıyla 8 farklı şekilde oluşturulmuştur. Ardından platin elektrotlar bakır tel yardımı ile breadboard üzerinde 100 Ω 'luk dirence, direnç de krokodil kablolarla multimetreye bağlanmıştır. Reaktörler çalışmaya başladıktan sonra her bir besleme için potansiyalin dengeye gelmesi beklenmiştir. Antibiyotik enjeksiyonları besleme sıvıları ile beraber yapılmış ve besleme sıvısı olarak, MYH' nin substratı olan sentetik besiyeri ortamı kullanılmıştır. Deney süresince elde edilen potansiyel (voltaj) ölçüm bulguları, hesaplanan elektriksel güç bulguları ve inhibisyon oranı bulguları grafikler haline getirilip yorumlanmıştır. Sonuçlar değerlendirildiğinde medyatörlü gruplarda antibiyotik ekledikten sonraki sürede konsantrasyon artışı ile beraber voltaj düşüşünün düzenli gerçekleştiği söylenebilir.

MYH'lerinin biyosensör olarak kullanımı fikrinden yola çıkarak *Saccharomyces cerevisiae* ile oluşturduğumuz iki bölmeli MYH reaktörü, atık sulardaki antibiyotik varlığını belirlemede bir biyosensör olarak kullanılabilirliğini göstermekte ve daha ileri çalışmalara öncülük etmektedir.

2. Problem/Sorun:

Sanayi ve endüstri kuruluşları, enerji santralleri, tarım ve hayvancılık uygulamaları ve konutlardan açığa çıkan, sağlığa ve çevreye zararlı biyolojik ve kimyasal maddeleri içeren sular atık su olarak tanımlanır. Atık sular; yer altı suları, akarsu, göl ve denizlerde oluşan çevre kirliliğinin en önemli kaynağıdır (Tabuman,1995). Atık sular ile su kaynaklarına karışan toksik maddeler hem su ekosistemlerini hem de toprağa geçerek karasal ekosistemleri etkilemektedir. Bu toksik maddelerin önemli bir kısmını ilaçlar oluşturmaktadır. Özellikle antibiyotikler sık kullanımlarından dolayı ve sürekli sucul ortamlara girişleri nedeniyle uzun dönemde tüm canlılar için potansiyel bir risk oluşturmaktadır (Daughton ve Ternes,1999). Mevcut yöntemler sayesinde tespitler yapılabilmektedir fakat kullanımda olan sensörler kompleks yapıları ve yüksek maliyetlerinden ötürü dezavantajlara sahiptir. Bu sebepten ötürü bu sistemlere biyoyumlu, maliyeti düşük, yapımı kolay ve büyük ölçekli uygulamalarda kullanılabilirliği olan, bakım gerektirmeyen ve etkili bir çözüm yolu sunan alternatif sistemlerin geliştirilmesi gerekmektedir.

3. Çözüm

Son yıllarda yapılan çalışmalarla gelişimi hızlanan ve substrat enerjisinin doğrudan elektrik enerjisine dönüşümünü sağlayan bir sistem olduğu için, yüksek dönüşüm etkinliğine sahip olan mikrobiyal yakıt hücreleri (MYH), atıksularda toksisite tayini için biyosensör olarak

kullanılabilmektedir. MYH tabanlı biyosensörler atık sularındaki beklenmedik şokların yerinde izlenmesi için elverişlidir ve daha ileri çalışmalarla geliştirilmelidir. (Eltzov ve ark., 2009).

Projemizde yaygın kullanılan ampisilin ve atık sularda varlığı bildirilmiş olan siprofloksasin antibiyotiklerinin, katalizör olarak zararsız ve hızlı üremeleri sebebiyle tercih edilen *Saccharomyces cerevisiae* maya mantarının kullanıldığı iki odacıklı bir MYH tabanlı biyosensör ile tayin edilebilirliğini araştırmayı amaçladık. Sistemimizin atıksularda toksisite tayini yapımı için kullanılan diğer yöntemlerden daha ucuz, bakım gerektirmeyen ve etkili bir çözüm yolu sunacağını düşünmekteyiz.

MYH'ler anot, katot ve proton taşıyıcı malzeme olmak üzere üç temel bileşenden oluşmaktadır ve sistemlerde bu bileşenlerin seçimleri yapılırken dikkat edilmesi gereken hususlar maliyet ve elektrik üretim performansdır (Topçu, 2018).

4. Yöntem

Bu çalışmada Bayrampaşa Belediyesi Bilim Merkezi biyoloji ve kimya laboratuvarlarının imkânları kullanılmıştır.

4.1. Kullanılan Materyaller

Distile su cihazı (Nuve), hassas terazi (Ratwag), termometre (Achem), mikropipet (IsoTherm), erlen (IsoLab), deney tüpü (IsoLab), manyetik ısıtıcı (Wisd), beher (IsoLab), borosiklat şişe, fosfat tamponu, havan (IsoLab), U borusu (IsoLab), multimetre (Class MY-68 NEW), direnç, breadboard, krokodil kablo, bakır tel, pH indikatör kağıdı (Beijing), metilen mavisi (Suvar Kimya), yeast extract (Biolife), glukoz (Edu Kim), baktopepton (Biolife).

4.2. Kullanılan Mikroorganizma

Mikroorganizma olarak seçilen hamur mayası *Saccharomyces cerevisiae* olarak, ticari instant maya kullanılmıştır.

4.3. Antibiyotik Çözeltilerinin Hazırlanması

Toksik olarak seçilen antibiyotik çözeltilerin hazırlanmasında etken maddesi Siprofloksasin antibiyotiği olan Cipro ve etken maddesi Ampisilin antibiyotiği olan Azosilin ilaçları kullanılmıştır. MYH' lere 10, 20 ve 40 ppm konsantrasyonlarda olacak şekilde 3 farklı doz olarak enjekte edilmiştir.

4.4. Kullanılan Kimyasal Medyatör

Elektron medyatörü olarak metilen mavisi tercih edilmiştir. Sevda ve Sreerishnan (2012)' nin yapmış olduğu çalışmada en yüksek güç yoğunluğu verimi 0,08 mM metilen mavisi konsantrasyonunda elde edildiği için çalışmamızda bu konsantrasyon tercih edilmiş, anot bölgesine substratla beraber eklenmiştir.

4.5. MYH Düzeneklerinin Kurulması

Anot Bölmesinin Hazırlanması

MYH' nin anot bölgesi için 600 ml çalışma kapasiteli cam bir borosiklat reaktif şişesi reaktör olarak kullanılmıştır. Hazırlanan sentetik besin çözeltisi ve 30 mg/ml *Saccharomyces cerevisiae* olacak şekilde anot bölgesine eklenmiştir. Sentetik besin çözeltisi YEDP (100 mL için 1 g yeast ekstrakt, 2 g baktopepton, 2 g glukoz) besiyeri olarak hazırlanmıştır (Kireçci, 2017).

Katot Bölmesinin Hazırlanması

MYH' nin katot bölümü için 600 ml çalışma kapasiteli cam bir erlen mayer reaktör olarak kullanılmıştır. pH değişiminden etkilenmemesi için bu bölme fosfat tampon çözeltisi eklenmiştir (pH: 7,4). Her beslemeden önce havalandırılmıştır.

Elektrotların Hazırlanması

Elektrot olarak platin teller (uzunluk = 5 cm; çap = 0,5 mm) kullanılmıştır. Elektrotları multimetreye bağlamak için ise bakır teller (uzunluk = 60 cm; çap = 0,3 mm) kullanılmıştır.

Tuz Köprüsünün Hazırlanması

Tuz köprüsü uzunluğu 140 mm, çapı 18 mm olan bir U borusu kullanılarak hazırlandı. Sevda ve Sreerkrishnan (2012)' nin yapmış olduğu çalışmaya uygun olarak en yüksek performansı aldığı tuz konsantrasyonu kullanılarak %5 NaCl ve %10 agar içeren distile su ile tuz köprüsü hazırlanıp U borusu içerisine doldurulmuştur.



Şekil 1. Anot bölümü için substratın ve U borusu kullanılarak NaCl ve agar ile tuz köprüsünün hazırlanması.

4.6. Çalışma Gruplarının Oluşturulması ve Reaktörlerin Çalıştırılması

Araştırmamızda biyokatalizör olarak *Saccharomyces cerevisiae* kullanılan bir MYH' nin, medyatör varlığı ve yokluğunda atık sularda bulunan Ampisilin ve Siprofloksasin antibiyotiklerinin tayini için bir biyosensör olarak kullanılabilirliğini araştırmak için 8 farklı deney grubu oluşturduk.

1.Substrat

300 ml sentetik besiyeri (substrat) eklenmiş anot bölümünden oluşan kontrol grubunda mikroorganizma bulunmamaktadır.

2.Substrat + S. cerevisiae (Kontrol)

Anot bölümünde substratın yanısıra 30 mg/ml S. cerevisiae eklenmiştir.

3. Substrat + S. cerevisiae +Ampisilin

Anot bölümünde substratın yanısıra 30 mg/ml S. cerevisiae eklenmiş, potansiyel sabitlendikten sonra 10, 20 ve 40 ppm konsantrasyonlarında ampisilin besleme sıvısı ile sisteme enjekte edilmiştir.

4.Substrat + S. cerevisiae + Siprofloksasin

Anot bölümünde substratın yanısıra 30 mg/ml S. cerevisiae eklenmiş, potansiyel sabitlendikten sonra 10, 20 ve 40 ppm konsantrasyonlarında siprofloksasin besleme sıvısı ile sisteme enjekte edilmiştir.

5.Substrat + Metilen Mavisi (M.M) (Kontrol)

Anot bölümünde substratın yanısıra 0,08 mM metilen mavisi eklenmiştir.

6.Substrat + M.M + S. cerevisiae

Anot bölgesinde substratın yanısıra 30 mg/ml S. cerevisiae ve 0,08 mM metilen mavisi eklenmiştir.

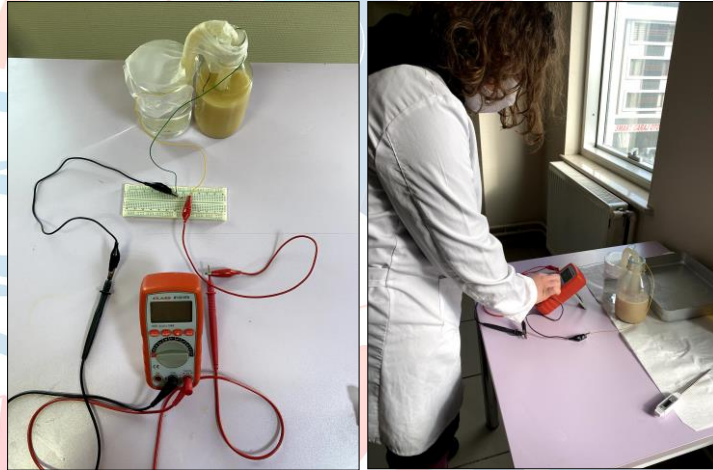
7.Substrat + M.M + S. cerevisiae + Ampisilin

Anot bölgesinde substrat, 30 mg/ml S. cerevisiae, 0,08 mM metilen mavisi eklenmiş ve potansiyel sabitlendikten sonra 10, 20 ve 40 ppm konsantrasyonlarında ampisilin besleme sıvısı ile sisteme enjekte edilmiştir.

8.Substrat + M.M + S. cerevisiae + Siprofloksasin

Anot bölgesinde substrat, 30 mg/ml S. cerevisiae, 0,08 mM metilen mavisi eklenmiş ve potansiyel sabitlendikten sonra 10, 20 ve 40 ppm konsantrasyonlarında siprofloksasin besleme sıvısı ile sisteme enjekte edilmiştir

Hazırlanan anot ve katot bölmeleri arasına tuz köprüsü konulmuştur. Ardından platin elektrotlar bakır tel yardımı ile breadboard üzerinde 100 Ω'luk dirence, direnç de krokodil kablolar ile multimetreye (Class MY-68 NEW multimetre) bağlanmıştır. Reaktörler çalışmaya başladıktan sonra her bir besleme için potansiyalin dengeye gelmesi beklenmiştir. Antibiyotik enjeksiyonları besleme sıvıları ile beraber yapılmış ve besleme sıvısı olarak, MYH' nin substratı olan sentetik besiyeri ortamı kullanılmıştır. Ölçümler sırasında sistemin sıcaklığı 30-35o C' de tutulmuştur.



Şekil 2. MYH reaktörü ve çalıştırılması.

4.7. Analizler

Potansiyel (Voltaj) Ölçümü

MYH sistemi kurulduktan sonra anot ve katot, 100 Ω'luk direnç kullanılarak sabitlenen potansiyel ölçümü için Class MY-68 NEW multimetre kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sistem kurulduktan sonra potansiyelin sabitlenmesi beklenmiş ve her bir çalışma grubu için ölçüm yaklaşık 5 saat gerçekleştirilmiştir.

Elektriksel Gücün Hesaplanması

Birim zamanda üretilen enerji miktarı elektriksel güç olarak tanımlanabilir. MYH' lerde üretilen voltaj (V,volt), akım (I,amper) ve direnç (R, ohm) arasındaki denklem:

$$V = I.R$$

olarak ifade edilebilir. Buradan akım hesaplanır. MYH' lerde üretilen voltaj (V, volt), akım (I, amper), direnç (R, ohm) ve güç (P, watt) arasındaki denklem:

$$P = I^2.R = I.V$$

olarak ifade edilir. Buradan sistemin elektriksel gücü hesaplanabilir.

Inhibisyon Oranının Hesaplanması

Besleme sıvısı içerisinde eklenmiş olan zehirli maddeler biyokatalizörlerin performansını inhibe eder. Bu toksik etkinin göstermesi için inhibisyon oranı (IR) kullanılır. P_{nor} normal güç değeri ve P_{tox} toksik madde varlığındaki güç değerini ifade eder ve inhibisyon oran aşağıdaki denklemlerle hesaplanır (Kim ve ark., 2007).

$$IR (\%) = |P_{nor} - P_{tox}| / P_{nor} \times 100$$

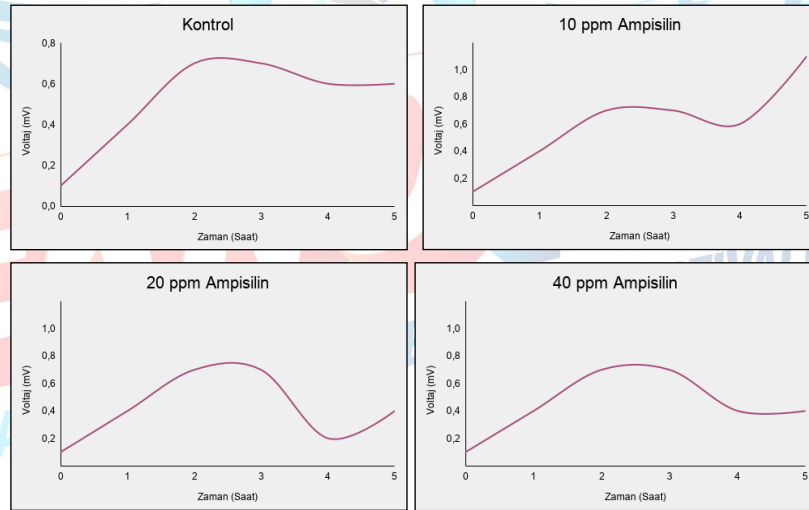
4.8. Bulgular

Saccharomyces cerevisiae'nin katalizör olarak kullanıldığı, iki bölmeli mikrobiyal yakıt hücresi ampisilin ve siprofloksasin antibiyotikleri ile beslenerek farklı konsantrasyonlarının MYH üzerinde oluşan voltaja olan etkileri belirlenmiştir. Ölçülen voltaj değişimlerinden sistemin ürettiği elektriksel güç hesaplanmış ve inhibisyon oranları kıyaslanmıştır.

4.8.1. Potansiyal (Voltaj) Ölçüm Bulguları

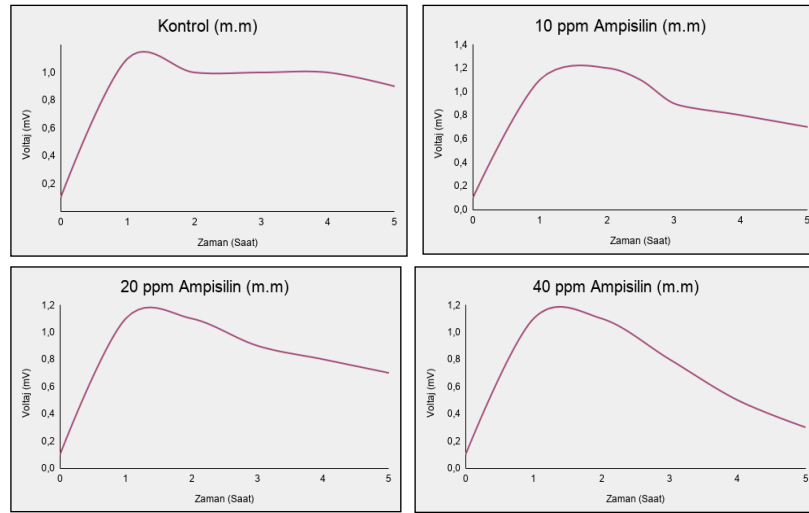
Ampisilin Antibiyotiğine Ait Sonuçlar

Ampisilin antibiyotiği eklenmiş medyatörsüz MYH sisteminde her üç konsantrasyon için sisteme eklendikten sonraki bir saat içinde voltajda düşüş olduğu ölçülmüştür. Kontrol için en düşük voltaj 0,6 mV iken ampisilin için 10, 20 ve 40 ppm konsantrasyonda ölçülen en düşük voltajlar sırasıyla 0,6, 0,2 ve 0,4 mV ölçülmüştür. Ardından tekrar bir yükselme gerçekleşmiş ve 5. saatte sırasıyla 1,1, 0,4 ve 0,4 mV olarak ölçülmüştür.



Şekil 3. Ampisilin antibiyotiğinin farklı konsantrasyonlarda eklendiği MYH sisteminde meydana gelen potansiyel değişim grafikleri.

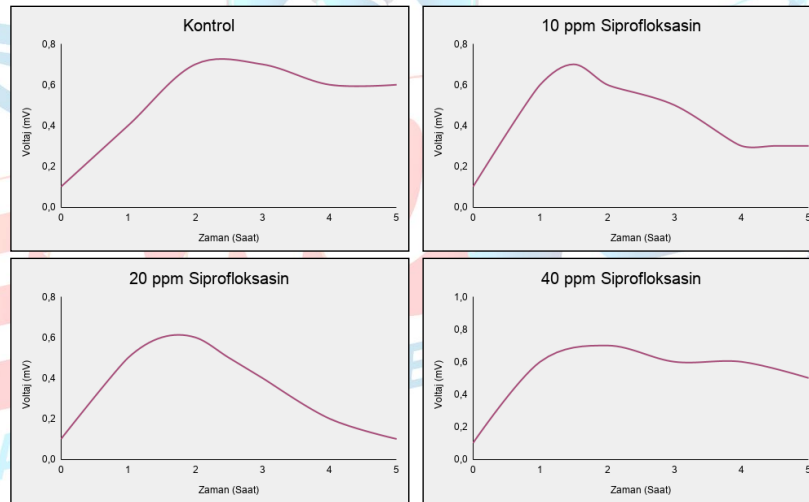
Ampisilin antibiyotiği eklenmiş medyatörlü MYH sisteminde her üç konsantrasyon için sisteme eklendikten sonra voltaj ölçümlerinde düşüş olduğu görülmüştür. Kontrol için en düşük voltaj 0,9 mV iken ampisilin için 10, 20 ve 40 ppm konsantrasyonda ölçülen en düşük voltajlar sırasıyla 0,7, 0,7 ve 0,3 mV ölçülmüştür.



Şekil 4. Ampisilin antibiyotiğinin farklı konsantrasyonlarda eklendiği medyatör olarak metilen mavisi içeren MYH sisteminde meydana gelen potansiyel değişim grafikleri.

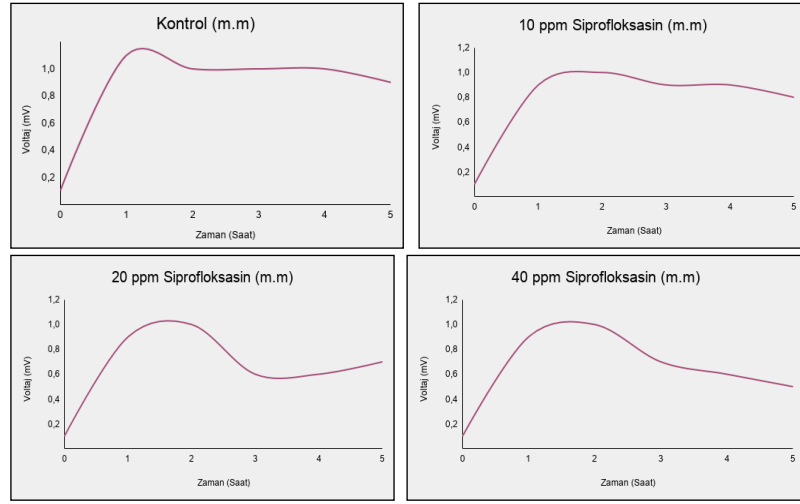
Siprofloksasin Antibiyotiğine Ait Sonuçlar

Siprofloksasin antibiyotiği eklenmiş medyatörsüz MYH sisteminde her üç konsantrasyon için sisteme eklendikten sonra voltaj ölçümlerinde düşüş olduğu görülmüştür. Kontrol için en düşük voltaj 0,6 mV iken siprofloksasin için 10, 20 ve 40 ppm konsantrasyonda ölçülen en düşük voltajlar sırasıyla 0,3, 0,1 ve 0,5 mV ölçülmüştür.



Şekil 5. Siprofloksasin antibiyotiğinin farklı konsantrasyonlarda eklendiği MYH sisteminde meydana gelen potansiyel değişimleri grafikleri.

Siprofloksasin antibiyotiği eklenmiş medyatörlü MYH sisteminde her üç konsantrasyon için sisteme eklendikten sonra voltaj ölçümlerinde değişiklikler görülmüştür. Kontrol için en düşük voltaj 0,9 mV iken siprofloksasin için 10, 20 ve 40 ppm konsantrasyonda ölçülen en düşük voltajlar sırasıyla 0,8, 0,6 ve 0,5 mV ölçülmüştür. 20 ppm konsantrasyonda düşüş sonrası tekrar yükselme gerçekleşmiştir.



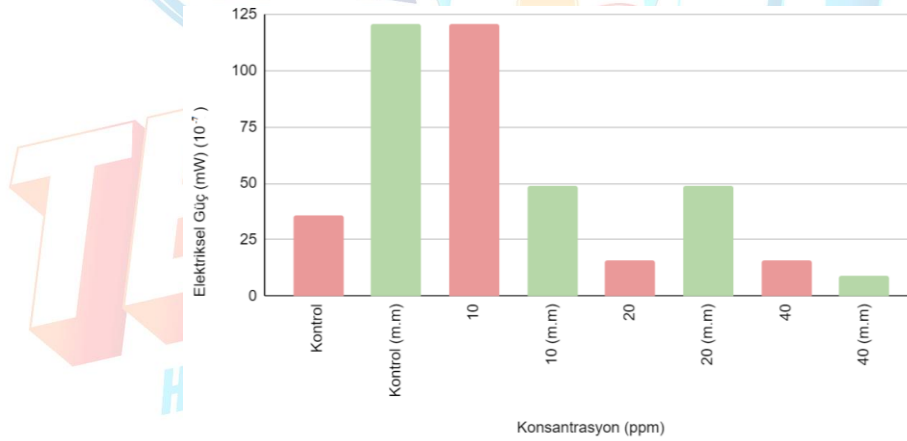
Şekil 6. Siprofloksasin antibiyotiğinin farklı konsantrasyonlarda eklendiği medyatör olarak metilen mavisi içeren MYH sisteminde meydana gelen potansiyel değişim grafikleri.

4.8.2. Elektriksel Güç Bulguları

Medyatör olarak metilen mavisi içeren ve içermeyen ampisilin antibiyotiği gruplarının voltaj ölçümlerinden sonra hesaplanan güç değerleri Şekil.7 de grafik üzerinde karşılaştırılmıştır.

Kontrol gruplarına baktığımızda medyatör olarak metilen mavisinin varlığının sistemdeki elektriksel güçte önemli bir artışa sebebiyet verdiği görülmektedir. 10 ve 40 ppm antibiyotik içeren medyatörsüz sistemde daha yüksek bir güç hesaplanmıştır. 20 ppm antibiyotik içeren sistemde ise medyatörlü grupta hesaplanan güç ise daha yüksek bulunmuştur.

Medyatör içeren grupların elektriksel gücün antibiyotik konsantrasyonu arttıkça azaldığı söylenebilirken, medyatörsüz grupta böyle bir orantı gözlemlenmemiştir.

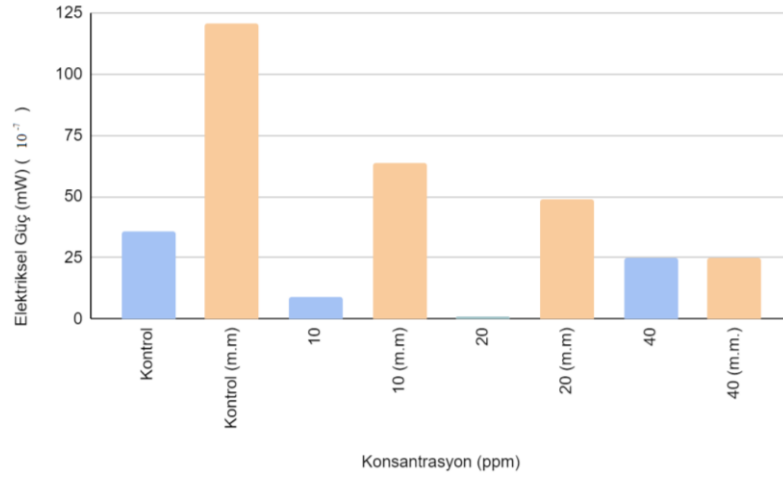


Şekil 7. Ampisilin antibiyotiği eklenmiş farklı gruplarda MYH için hesaplanan elektriksel gücün karşılaştırılması.

Medyatör olarak metilen mavisi içeren ve içermeyen siprofloksasin antibiyotiği gruplarının voltaj ölçümlerinden sonra hesaplanan güç değerleri Şekil.16 de grafik üzerinde karşılaştırılmıştır.

Kontrol gruplarına baktığımızda medyatör olarak metilen mavisinin varlığının sistemdeki elektriksel güçte önemli bir artışa sebebiyet verdiği görülmektedir. 10 ve 20 ppm antibiyotik içeren medyatörsüz sistemde medyatörlü sisteme göre daha düşük bir güç hesaplanmıştır ve kontrolden düşüktür. 40 ppm antibiyotik içeren sistemde ise medyatörlü ve medyatörsüz sistemler arasında anlamlı bir fark yoktur ve ikisi de kontrollerden daha düşüktür.

Medyatör içeren grupların elektriksel gücün antibiyotik konsantrasyonu arttıkça azaldığı söylenebilirken, medyatörsüz grupta böyle bir orantı gözlemlenmemiştir.

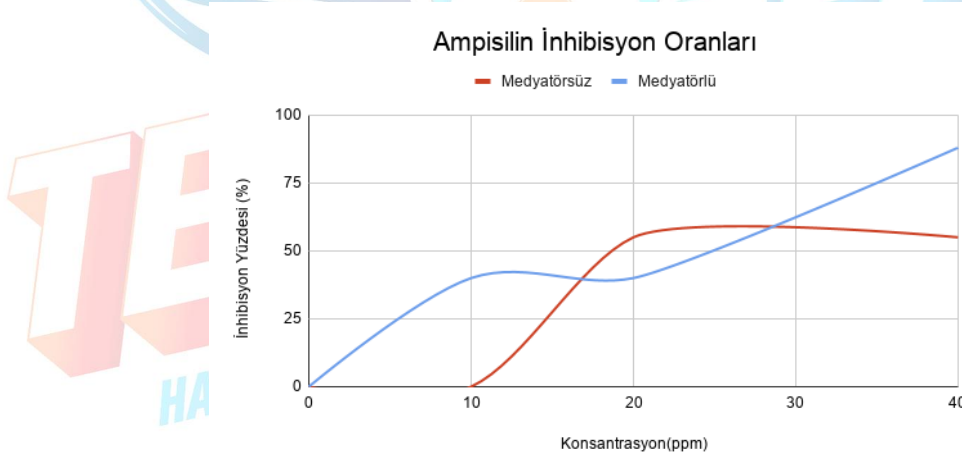


Şekil 8. Siprofloksasin antibiyotiği eklenmiş farklı gruplarda MYH için hesaplanan elektriksel gücün karşılaştırılması

4.8.3. İnhibisyon Oranı Bulguları

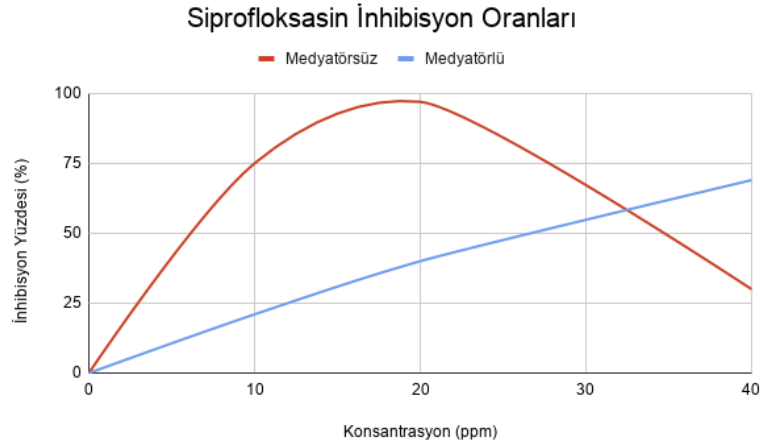
İnhibisyon oranları hesaplanıp ampisilin ve siprofloksasin antibiyotikleri için ayrı ayrı grafiğe dökülmüştür.

Grafik yorumlandığında ampisilin içeren medyatörsüz grupta 10 ppm konsantrasyona kadar inhibisyon görülmezken sonrasında artış başlamıştır. Konsantrasyonun artışı inhibisyon oranını 20 ppm' e kadar arttırırken sonrasında sabitlenmiş ve 40 ppm' de azalmaya başlamıştır. Medyatör içeren grupta ise konsantrasyon arttıkça inhibisyon yüzdesinin de arttığı görülmüştür.



Şekil 9. Ampisilin antibiyotiğinin farklı konsantrasyonlardaki inhibisyon yüzdeleri grafiği.

Siprofloksasin beslemesi yapılan mediyatörsüz grupta inhibisyon yüzdesinin 20 ppm antibiyotiğe kadar arttığı sonrasında ise azaldığı gözlemlenmektedir. Medyatörlü grupta ise konsantrasyon ve inhibisyon yüzdesi doğru orantılı olarak artış göstermektedir.



Şekil 10. Siprofloksasin antibiyotiğinin farklı konsantrasyonlardaki inhibisyon yüzdeleri grafiği.

5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

İnsanların aşırı tüketiminden, yalnız bir şekilde kanalizasyona veya evsel çöplere atılmasından ve insan ve hayvan sağlığı faaliyetleri yürüten kuruluşlardan suyun doğal döngüsüne karışan ilaçların tespiti su ve karada ekosistemlerinin dengesi için önemlidir. Biz de bu problemde yola çıkarak atık sulardaki ilaçların varlığını belirleyebileceğimiz, ekonomik ve pratik bir analiz yöntemi oluşturmak istedik.

MYH' lerinin biyosensör olarak kullanımı fikrinden yola çıkarak *S. cerevisiae* ile oluşturduğumuz iki bölmeli MYH reaktörü ile farklı konsantrasyonlarda antibiyotik içeren düzenekler kurduk. Çalışma gruplarımızın voltaj sonuçlarını karşılaştırdığımızda medyatörsüz gruplarda ölçümlerin doğrusal gitmediğini, medyatörlü gruplarda ise antibiyotik ekledikten sonraki sürede konsantrasyon artışı ile beraber voltaj düşüşünün düzenli gerçekleştiğini söyleyebiliriz.

Projemizde kolay ulaşılabilir ve çoğaltılabilir olması, ucuz, çalışması kolay ve patojen olmaması sebebiyle *S. cerevisiae* mikroorganizması tercih edilmiştir. Ayrıca ökaryot organizmalarla yapılan MYH çalışmaları literatürde daha az bulunmaktadır (Raghavulu ve ark., 2011).

Ampisilin antibiyotiği piyasada bulunan birçok antibiyotiğin etken maddesidir (Kayaalp, 2001) ve siprofloksasin antibiyotiğinin atık sulara varlığı tesbit edilmiştir (Saygı ve ark., 2012). Bu antibiyotiklerin MYH tabanlı biyosensör uygulamalarında kullanımı ile ilgili çalışmalara literatürde rastlanılmamıştır.

Sistemimizde kullandığımız tuz köprüsü, anot ve katot reaktörleri maliyet olarak en düşük malzemelerden meydana gelmektedir.

Literatürde MYH' nin enerji üretimi için kullanıldığı, daha yüksek güç üreten sistemler mevcuttur fakat çalışmamızda elde ettiğimiz inhibisyon yüzdeleri literatürdeki benzer çalışmalarla uyumludur (Rossi, 2017; Topcu, 2018; Erenler ve Ülke, 2018).

Tüm bunlar göz önüne alındığında maliyet ve kurum kolaylığı açısından projemiz diğer literatür çalışmalarından avantajlıdır. Çalışmamız bu sistemin atık sulardaki antibiyotik varlığını belirlemede bir biyosensör olarak kullanılabilirliğini göstermekte ve daha ileri çalışmalara öncülük etmektedir.

6. Uygulanabilirlik

Atık sularda antibiyotik toksisitesi varlığını belirlemek için oluşturmuş olduğumuz sistemimizin verimliliği ve üretilen elektriksel gücün artırılması amacıyla sentetik besiyeri yerine gerçek atık sularla, farklı antibiyotik çeşitleri ile reaktörün güçlendirilmesi ve reaktörün çalışma süresini uzatarak minimum 24 saatlik periyotlarda elektriksel gücün belirlenmesi çalışmamızın geliştirilmesi gereken bir sonraki basamağıdır.

Projemizin ticari bir ürüne dönüştürülebilmesi için sistemin ölçüm ve verilerin hesaplanmasının otomatikleştirilmesi gerekmektedir. Deneyler esnasında kullandığımız multimetrenin yazılım desteği ile sıcaklık ve voltaj değerlerini belirlenen aralıklarla otomatik kaydetmesi kullanım kolaylığı sağlayacaktır.

7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

İş-Zaman Çizelgesi

AYLAR						
İşin	Ağustos 2020	Eylül 2020	Ekim 2020	Kasım 2020	Aralık 2020	Ocak 2021
Tasarım Süreci	x	x	x	x		
Üretim Süreci				x	x	x
Test Süreci					x	x

Projenin üretim sürecinde Bayrampaşa Belediyesi Bilim Merkezi imkanları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Var olan ekipman ve malzemeler dışında elektrot olarak kullanılmak üzere platin tel alınmıştır.

Projenin test sürecinden sonra geliştirilme süreci basamakları şu şekilde sıralanabilir:

- 1) Masaüstü dijital termometre ile ölçümlerin tekrarlanması
- 2) Aynı düzenek ile farklı antibiyotik çeşitlerinin ölçümlerinin yapılması.
- 3) Toksikite tayini için gerekli optimum sürenin belirlenmesi için farklı sürelerde ölçümlerin yapılması.
- 4) Gerçek atık sular ile ölçümlerin gerçekleştirilmesi.

Üretim sürecinde en önemli malzeme kalemi platin teldir.320 tl ücrete hem anot hem katotda kullanılacak 10 cm' lik platin tel temin edilmiştir.

Sentetik atık su ile yöntemde anlatılana uygun şekilde test süreci tamamlandıktan sonraki projenin geliştirilme sürecinde ön görülen en önemli kalem masaüstü dijital termometredir. Sistemi otomatikleştirebilecek bu sistemin fiyatı ortalama 20 bin liradır.

8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar):

Özellikle insan ve hayvanların enfeksiyon tedavisinde, tarım ve hayvancılıkta büyüme ajanı ve gübre olarak antibiyotiklerin kullanılması ilk olarak toprağın kirlenmesine neden olur. Sonrasında akıntı ve süzüntü ile yeraltı ve yerüstü sularına karışır (Martines, 2009). Son kullanım tarihi geçmiş ya da kullanılmamış antibiyotiklerin doğrudan kanalizasyona boşaltılması da kirliliğin diğer sebeplerinden biridir (Homem ve Santos, 2011). Ayrıca hastane atık suları da, önemli bir diğer kaynağı olmaktadır (Souza, 2009).

Atık suların ve katıldıkları su kaynaklarının kalite parametrelerinin takip edilmesi ve kirliliğin önlenmesi ülkelerin çevresel politikalarında önemli bir yer tutmaktadır (Galas-Gorcher, 1991).

Bu sebeple atıksu arıtımının yapıldığı ilaç üretimi yapan sanayi kuruluşları, işletmeler, kamu kurum ve kuruluşları projenin hedef kitlesini oluşturmaktadır.

9. Riskler

MYH tabanlı biyosensörün uygulanmasını olumsuz etkileyecek en önemli unsur kirlilik faktörünün spesifik olarak tespit edilememesidir. Kirlilik faktörü olabilecek antibiyotik çeşitlerinin biyokatalizör olarak kullanılan *Saccharomyces cerevisiae* üzerine etkilerinin araştırılması, atıksulardaki toksisiteyi belirlemede referans olacağı için projenin geliştirme sürecinde antibiyotik çeşitleri artırılmalıdır.

Toksosite tayini için gerekli optimum sürenin belirlenmesi için farklı sürelerde ölçümlerin yapılması, biyosensörün kullanımı sırasında sürenin uzunluğuna bağlı olarak meydana gelebilecek olumsuzlukları engellemek için önemlidir.

10. Kaynaklar

- Daughton, C. G. ve Ternes, T. A. Pharmaceuticals and personal care products in the environment: agents of subtle change?, Environmental health perspectives, 107:907.(1999)
- Eltzov E, Marks RS. Fiber-optic based cell sensors. Adv. Biochem. Eng. Biotechnol. 117,131–154 (2009)
- Galas-Gorcher, H. Dietary intake of petricide residues: Cadmium,Mercury and Lead. Food Addit Cont., 8: 793-80. (1991).
- Homem, V. ve Santos, L. Degradation and Removal Methods of Antibiotics from Aqueous Matrices - A Review. Journal of Environmental Management, 92, 2304-2347, (2011).
- Kireççi O. A., . *Saccharomyces cerevisiae*'nin Gelişme Ortamına İlave Edilen Ağır Metallerin (Mn, Mg, Cd, Fe) Bazı Biyokimyasal Parametrelere Etkileri. KSÜ Doğa Bil. Derg., 20(3), 175-184.(2017)
- Martines, J.L. Environmental Pollution by Antibiotics and by Antibiotic Resistance Determinants, Environmental Pollution, 157, 2893-2902, (2009).
- Rabaey, K. and Verstraete W. Microbial fuel cell: novel biotechnology for energy generation. Trends in Biotechnology Vol.23 No.6 June (2005).
- Raghavulu, S.V. ve ark . *Saccharomyces cerevisiae* as anodic biocatalyst for power generation in biofuel cell: influence of redox condition and substrate load. Bioresource Technology, 102, 2751-2757. (2010).
- Rossi, R. *Saccharomyces cerevisiae* as anodic biocatalyst in microbial fuel cell: influence of redox mediator and operative conditions. Bologna Üniversitesi, Doktora Tezi. (2017)
- Saygı Ş., Battal D. ve Şahin N. Ö., Çevre ve insan sağlığı yönünden ilaç atıklarının önemi Marmara Pharm J 16: 82-90, (2012)
- Sevda, S. ve Sreekrishnan, T.R., . Effect of salt concentration and mediators in salt bridge microbial fuel cell for electricity generation from synthetic wastewater. Journal of Environmental Science and Health, Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering, 47, 878-886. (2012)
- Souza, S.M.L ve ark. Environmental Risk Assessment of Antibiotics: An Intensive Care Unit Analysis, Chemosphere 77, 962-967, (2009).
- Tabuman, F. C. Endüstriyel, Evsel Atıksuların ve Alıcı Ortamların İzlenmesi, İller Bankası Genel Müdürlüğü Yayını, 48, (1995).
- Topçu, Ş. Antibiyotik Toksisitesinin Mikrobiyal Yakıt Hücresi (MHY) Tabanlı Biyosensör Kullanarak Tespiti, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, (2018).