

HİBRİT ALÜMİNYUM-DEMİR ELEKTROTLAR KULLANILARAK TETRASİKLİN ANTİBİYOTİĞİNİN ELEKTROKOAGÜLASYON İLE GİDERİMİNDE ELEKTROLİT TİPİNİN ETKİSİ

Meltem Göktaş* & Bahadır K. Körbahti

Kimya Mühendisliği Mersin Üniversitesi
meltemgoktas969@gmail.com

Özet

Son yıllarda antibiyotiklerin kullanımının artmasıyla çevrede kirletici kalıntılar tespit edilmiştir. Bu kirletici kalıntılar hem insan sağlığı üzerinde hem de çevre üzerinde büyük riskler taşımaktadır. Bu risklerin ortadan kaldırılması için çeşitli arıtım yöntemleri geliştirilmiştir. Bu arıtım yöntemlerinden biri de elektrokimyasal arıtım yöntemidir. Bu çalışmada, hibrit alüminyum-demir (Al-Fe) elektrotların kullanılmasıyla tetrasiklin antibiyotiğinin sulu çözeltilerden giderilmesi iki farklı elektrolit varlığında elektrokoagülasyon yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Tetrasiklin antibiyotiğinin elektrokoagülasyonla giderilmesi NaCl ve Na₂SO₄ elektrolitlerin varlığında alüminyum-demir (Al-Fe) elektrot kullanılarak elektrokimyasal reaktörde incelenmiştir. Çalışma parametrelerinin etkileri 200-1000 mg/L tetrasiklin derişimi, 2-10 g/L elektrolit (NaCl, Na₂SO₄) derişimi, 4-20 mA/cm² akım yoğunluğu ve 20-60°C reaksiyon sıcaklığı aralığında incelenmiştir. Tetrasiklin antibiyotiğinin elektrokoagülasyon yöntemiyle gideriminde ele alınan bu dört bağımsız değişken incelendiğinde NaCl elektroliti varlığında KOİ giderimi %65.87-89.38 aralığında ve Na₂SO₄ elektroliti varlığında KOİ giderimi %61.26-83.72 aralığında elde edilmiştir. Enerji tüketimi, NaCl elektroliti varlığında 3.95-102.89 kWh/kg KOİ giderimi ve Na₂SO₄ elektroliti varlığında 5.64-232.65 kWh/kg KOİ giderimi olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada sonuçlar değerlendirildiğinde tetrasiklin antibiyotiğinin elektrokoagülasyon yöntemi kullanılarak başarılı bir şekilde gideriminin sağlandığı görülmüştür.

Problem Durumu

Antibiyotikler, bakteri, mantar, aktinomiset gibi mikroorganizmalar tarafından üretilen, patojenlerin büyümesini ve yaşam aktivitelerini engelleyen kimyasal maddelerdir [1]. Antibiyotikler aynı zamanda en büyük kirletici grupları arasında yer almaktadır [2]. Son yıllara bakıldığında antibiyotik kullanımı dünyada oldukça yaygınlaşmıştır. İnsanlar ve hayvanlar aldıkları antibiyotikleri idrar ve dışkı yoluyla vücutlarından atmaktadırlar ve bu durum farmasötik kökenli antibiyotiklerin çevreye salımına neden olmaktadır [3]. Çok küçük derişimler olsa dahi antibiyotik kalıntılarının çevreye risk taşıdığı belirtilmektedir [4]. Tetrasiklinler, antibiyotikler arasında geniş bir etki yelpazesine sahiptir, *streptomyces aureofaciens*'ten izole edilmiş antibakteriyel maddelerdir [5]. Tetrasiklin dahil birçok antibiyotiğin yaygın olarak kullanılması atıksularda ciddi seviyede antibiyotik kalıntılarının tespit edilmesine neden olmaktadır [6]. Bu ortamlarda antibiyotiğe karşı dirençli bakteri türleri meydana gelmektedir ve doğrudan veya dolaylı olarak hastalıklara neden olan bu bakterilerin çoğalmasına sebebiyet vermektedir [7]. Bu bakteriler antibiyotiğe karşı dirençli olacağından önüne geçilmesi güç

15. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, 4-7 Eylül 2023 Çanakkale

olacak zararlar verecektir. Antibiyotik kullanımının bilinçsiz bir şekilde tüketilmesinin önüne geçilmelidir. Ayrıca atıksulardan antibiyotiklerin giderilmesi için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir [3]. Ekolojik dengenin bozulmaması ve insan sağlığını tehdit edecek olumsuzlukların yaşanmaması için atıksuların deşarj edildiği ortamlarda uygun arıtma yöntemleri kullanılmalıdır. Biyolojik oksidasyon, adsorpsiyon, flotasyon, kimyasal koagülasyon, UV fotokimyasal oksidasyon ve elektrokimyasal işlemler gibi çeşitli arıtma yöntemleri mevcuttur. Elektrokimyasal yöntemler, atıksuların arıtımında uygulanması kolay ve etkili bir yöntemdir. Elektrokimyasal yöntemlerden biri olan elektrokoagülasyon işlemi, atıksuların içerdiği zor ayrışan organik ve inorganik kirleticileri gidermede oldukça etkilidir [8]. Bu çalışmanın amacı, hibrit alüminyum-demir elektrotlar kullanılarak farklı elektrolit tiplerinde biyolojik olarak dirençli tetrasiklin antibiyotığının elektrokoagülasyon ile gideriminin araştırılmasıdır. Tetrasiklin başlangıç derişimi, elektrolit derişimi, akım yoğunluğu ve reaksiyon sıcaklığı işletim parametrelerinin elektrokoagülasyon yöntemi üzerine etkisi incelenerek giderim koşullarının cevap yüzey yöntemi kullanılarak optimize edilmesi sağlanmıştır.

Yöntem

Elektrokimyasal reaksiyonların yürütüldüğü deneyler, cevap yüzey yöntemi kullanılarak Design-Expert® 12 istatistiksel yazılımı kullanılarak tasarlanmıştır. Bağımsız değişkenler; tetrasiklin başlangıç derişimi 200-1000 mg/L, elektrolit (NaCl, Na₂SO₄) derişimi 2-10 g/L, akım yoğunluğu 4-20 mA/cm² ve reaksiyon sıcaklığı 20-60 °C aralığında incelenmiştir. Anot ve katot olarak hibrit alüminyum-demir (Al-Fe) elektrotlarının kullanılmasıyla yapılan elektrokoagülasyon işlemi 600 mL hacminde olan kesikli reaktör sisteminde incelenmiştir. Reaksiyon ortamının homojenliği için 500 rpm'de çalıştırılan mekanik karıştırıcı kullanılmıştır. Kriyostatik su banyosundan sağlanan suyun peristaltik pompayla reaktör ceketinde dolaştırılmasıyla reaksiyon ortamının sıcaklığı kontrol edilmiştir. Akım, programlanabilir voltaj/akım kontrollü doğru akım güç kaynağı ile sağlanmıştır. Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) analizi için reaktörden alınan örneklerin içinde bulunan Cl⁻ iyonlarının, KOİ test kitinde bulunan Ag⁺ katalizörü ile etkileşime girerek yanlış sonuçlara neden olmasını engellemek amacıyla, test kitlerine HgSO₄ tartılarak eklenmiştir. Daha sonra test kitleri vorteks karıştırıcı ile karıştırılarak 148°C'de 2 saat süresince termoreaktörde tutulmuştur. Termoreaktörden alınan kitler, oda sıcaklığına soğutulduktan sonra KOİ derişimleri ölçülmüştür.

Beklenen/Geçici Sonuçlar

Çalışmada, tetrasiklin başlangıç derişimi, elektrolit derişimi, akım yoğunluğu ve reaksiyon sıcaklığı değişkenlerinin KOİ giderimi ve enerji tüketimi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elektrolit tipi KOİ giderimi üzerinde önemli bir rol oynamıştır. NaCl elektroliti genellikle daha yüksek KOİ giderimi sağlarken Na₂SO₄ elektroliti daha düşük KOİ giderimi değerleri göstermiştir. Elektrolit derişimin KOİ giderimi üzerindeki etkisi incelendiğinde, elektrolit derişimi arttıkça KOİ giderimi artmıştır. Tetrasiklin başlangıç derişiminin artması genel olarak daha yüksek KOİ giderimleri sağlamıştır. Akım yoğunluğunun KOİ giderimi üzerindeki etkisinin sonuçlarına bakıldığında belirgin bir etkisi olduğu görülmektedir. NaCl elektroliti kullanıldığında yüksek akım yoğunlukları genellikle daha yüksek KOİ giderimi sağlamıştır. Ancak, Na₂SO₄ elektroliti kullanıldığında akım yoğunluğu arttıkça KOİ giderimi

15. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, 4-7 Eylül 2023 Çanakkale

azalmıştır. Reaksiyon sıcaklığının, NaCl ve Na₂SO₄ elektroliti varlığındaki kıyaslaması yapıldığında NaCl elektrolitinde daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir.

Tetrasiklin başlangıç derişiminin enerji tüketimi üzerindeki etkisi incelendiğinde; derişimin artmasıyla enerji tüketiminde azalma görülmüştür. Elektrolit derişiminin artmasıyla enerji tüketiminin azaldığı görülmüştür. NaCl elektroliti kullanımı daha düşük enerji tüketimine yol açarken Na₂SO₄ elektroliti kullanımı enerji tüketimini arttırmaktadır. Akım yoğunluğu arttıkça enerji tüketiminin arttığı görülmüştür. NaCl elektrolitin kullanılmasıyla akım yoğunluğunun artışı ile elde edilen enerji tüketimleri Na₂SO₄ elektrolitin kullanıldığında elde edilen değerlerden daha düşüktür. Reaksiyon sıcaklığının artışıyla genellikle enerji tüketiminde bir azalma görülmüştür. Çalışmada, NaCl elektroliti varlığında KOİ giderimi %65.87-89.38 aralığında ve Na₂SO₄ elektroliti varlığında KOİ giderimi %61.26-83.72 aralığında elde edilmiştir. Enerji tüketimi, NaCl elektroliti varlığında 3.95-102.89 kWh/kg KOİ giderimi ve Na₂SO₄ elektroliti varlığında 5.64-232.65 kWh/kg KOİ giderimi olarak hesaplanmıştır. NaCl elektrolitinin kullanımı, Na₂SO₄ elektrolitine göre daha yüksek KOİ giderimi ve daha düşük enerji tüketimi için daha verimli sonuçların elde edilmesini sağlamıştır.

Teşekkür:

Bu çalışma, Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (MEÜ BAP) tarafından 2019-3-TP2-3823 proje numarası ile desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektrokoagülasyon, Alüminyum-demir elektrot, Tetrasiklin, Atıksu arıtımı

Kaynakça

- [1]. Chen, M., Zhu, M., Zhu, Y., Wang, D., Li, Z., Zeng, G. ve Xu, P. (2019). Collision of emerging and traditional methods for antibiotics removal: Taking constructed wetlands and nanotechnology as an example. *NanoImpact*, 100175.
- [2]. Li, F., Chen, L., Bao, Y., Zheng, Y., Huang, B., Mu, Q., Feng, C. ve Wen, D. (2020). Identification of the priority antibiotics based on their detection frequency, concentration, and ecological risk in urbanized coastal water. *Science of the Total Environment*.
- [3]. Chaturvedi, P., Giri, B. S., Shukla, P., ve Gupta, P. (2020). Recent advancement in remediation of synthetic organic antibiotics from environmental matrices: Challenges and Perspective. *Bioresource Technology*, 124161.
- [4]. Zhang, S., Yang, Y.-L., Lu, J., Zuo, X.-J., Yang, X.-L. ve Song, H.-L. (2020). A review of bioelectrochemical systems for antibiotic removal: Efficient antibiotic removal and dissemination of antibiotic resistance genes. *Journal of Water Process Engineering*, 37, 101421.
- [5]. Yu, F., Li, Y., Han, S. ve Ma, J. (2016). Adsorptive removal of antibiotics from aqueous solution using carbon materials. *Chemosphere*, 153, 365–385.

15. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, 4-7 Eylül 2023 Çanakkale

[6]. Russell, J. N., ve Yost, C. K. (2020). Alternative, Environmentally Conscious Approaches for Removing Antibiotics from Wastewater Treatment Systems. *Chemosphere*, 128177.

[7]. Saima, S., Fiaz, M., Zafar, R., Ahmed, I. ve Arshad, M. (2020). Dissemination of antibiotic resistance in the environment. *Antibiotics and Antimicrobial Resistance Genes in the Environment*, 99–116.

[8]. EPA, 2001. Emergency Planning and Community Right to know Act Section 313 Guidance for Reporting Toxic Chemicals: Pesticides and Other Persistent Bioaccumulative Toxic (PBT) Chemicals.