

İTÜ



MEMBRAN TEKNOLOJİLERİNDE BİYOTIKANMA ÇALIŞTAYI

BİLDİRİLER KİTABI

9 OCAK
2025

122M390 NUMARALI PROJE TÜBİTAK TARAFINDAN DESTEKLENMEKTEDİR.

MEMBRAN TEKNOLOJİLERİNDE BİYOTIKANMA ÇALIŞTAYI

9 OCAK 2025, İSTANBUL – TÜRKİYE

BİLDİRİLER KİTABI

Editörler, Prof. Dr. İsmail KOYUNCU

Dr. Öğr. Üyesi Bahar YAVUZTÜRK GÜL

Araş. Gör. Enise PEKGENÇ

Araş. Gör. Sümeyye YAŞAR

İstanbul, 2025

Birinci Basım

ISBN 978-975-561-736-7

İTÜ Yayınevi. No: 2025.2/8

© İTÜ Yayınevi

Bu kitabın her hakkı saklıdır ve tüm yayın hakları “İTÜ Yayınevi”ne aittir. Bu kitabın tamamı ya da herhangi bir bölümü, yayınevinin izni olmaksızın yayınlanamaz, basılamaz, mikrofilme çekilemez, doğrudan veya dolaylı olarak kullanılamaz. Teksir, fotokopi veya başka teknikle çoğaltılamaz, bilgisayarda veya dizgi makinelerinde işlenebilecek bir ortama aktarılamaz. Kitapta yayınlanan tüm metin ve görsellerin sorumluluğu yazar/yazarlara aittir.

Membran Teknolojilerinde Biyotıkanma Çalıştayı (1.:2025:İstanbul, Türkiye)

Membran Teknolojilerinde Biyotıkanma Çalıştayı Bildiriler Kitabı / editörler, İsmail Koyuncu, Bahar Yavuztürk Gül, Enise Pekgenç, Sümeyye Yaşar.

İstanbul: İTÜ Yayınevi, 2025.

Değişken sayfalama. -- (İTÜ Yayınevi. No: 2025.2/8)

ISBN 978-975-561-736-7

1. Su – Arıtma – Teknolojik yenilikler – Kongreler 2. Membran (Teknoloji) --Kongreler
TD442.25.M46 2025 CIP

İTÜ YAYINEVİ

Sertifika No: 70051

İTÜ Ayazağa Kampüsü

Mustafa İnan Kütüphanesi

34469 Maslak İSTANBUL

0212 285 75 05

www.ituyayinevi.itu.edu.tr / ituyayinevi@itu.edu.tr



KOMİTELER

ONUR KURULU

Prof. Dr. Halil HASAR (T. C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Türkiye , Başkan)

Prof. Dr. İsmail KOYUNCU (İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye)

Dr. Öğr. Üyesi Bahar YAVUZTÜRK GÜL (İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye)

ORGANİZASYON KOMİTESİ

Prof. Dr. İsmail KOYUNCU (İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye)

Dr. Öğr. Üyesi Bahar YAVUZTÜRK GÜL (İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye)

Araş. Gör. Enise PEKGENÇ (İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye)

Araş. Gör. Sümeyye YAŞAR (İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye)

BİLİM KURULU

Prof. Dr. Bihter ZEYTUNCU GÖKOĞLU (İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye)

Doç. Dr. Börte KÖSE MUTLU (İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye)

Dr. Öğr. Üyesi Ayşe YÜKSEKDAĞ (İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye)

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Emin PAŞAOĞLU (İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye)

Dr. Öğr. Üyesi Öykü MUTLU SALMANLI (İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KOMİTELER

ONUR KURULU	iii
ORGANİZASYON KOMİTESİ	iii
BİLİM KURULU	iii
YtnP Laktonaz Üretimi ve Karakterizasyonu	1
Hollow Fiber Membran Modüllerinin Performansının Arttırılması: Membranlar ve Membran Modüllerinin CFD ile Yapısal Tasarımının Optimize Edilmesi ve Tıkanma Direncinin Arttırılması	2
Saponin Yüklü Dekstran Hidrojelinin Quorum Sensing Mekanizması Üzerine Etkisinin İncelenmesi	3
Entegre Sabit Filmlili Aktif Çamur Sistemi ve Membran Biyoreaktör ile Farklı Yapıdaki Biyofilm Performanslarının Değerlendirilmesi	5
Membran Biyoreaktör ve Hibrit Membran Biyoreaktör (IFAS MBR) Sistemlerinin Karşılaştırılması	6
Biyofilm Önleyici QQ Bakterilerinin Nafion Membran Tıkanmasına Etkisinin İncelenmesi	8
Tuzluluk, Sülfat ve Kurşun Konsantrasyonları İçeren Endüstriyel Atıksuların Arıtımında Yarı Pilot Ölçekli QQ-MBR'nin Etkinliğinin Değerlendirilmesi	9
Quorum Quenching (QQ) Enzimi Laktonazın Kısmi Saflaştırılması ve Membran Uygulamaları	11

YtnP Laktonaz Üretimi ve Karakterizasyonu

Enise Pekgenc^{1,2}, Sümeyye Yaşar^{1,2}, Hande Mumcu³, Nevin Gül Karagüler³, Bahar Yavuztürk Gül^{1,2}, İsmail Koyuncu^{1,2}

¹Prof.Dr. Dincer Topacık Ulusal Membran Teknolojileri Araştırma Merkezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak 34469, İstanbul, Türkiye

²Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak 34469, İstanbul, Türkiye

³Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak 34469, İstanbul, Türkiye

pekgenc@itu.edu.tr; mumcu@itu.edu.tr, karaguler@itu.edu.tr, bygul@itu.edu.tr,
koyuncu@itu.edu.tr

ÖZET

Biyotıkanma, membran proseslerinde yaygın bir sorun olup, operasyonel verimliliğin azalmasına, enerji tüketiminin artmasına ve sık bakım gereksinimlerine yol açar. Enzimler, mikrobiyal çoğunluk algılamayı (QS) hedefleyerek biyolojik kirlenmeyi azaltmak için yenilikçi ve sürdürülebilir bir çözüm sunar (Pekgenc vd., 2022). Bu çoğunluk algılanmasının önlenmesi (QQ) enzimleri, biyofilm başlatılması için gerekli olan bakteriyel iletişimi inhibe ederek biyofilm oluşumunu önler. Laktonaz enzimlerinin gösterdiği kaynakların araştırılması, QQ enzimi araştırmalarında önemli bir odak noktasıdır. Bu çalışmada, daha önce QQ aktivitesine sahip olduğu belirlenen *Bacillus T5*'ten tüm genom analizi ile laktonaz enzimini kodlayan gen dizisi elde edilerek *Escherichia coli*'de başarıyla klonlanmıştır (Yavuztürk Gül & Koyuncu, 2017). Laktonaz üretimi, sıcaklık, zaman ve İzopropil β -d-1-tiogalaktopiranosid (IPTG) konsantrasyonu gibi ifade parametreleri ayarlanarak rekombinant yöntemlerle optimize edildi ve ardından HisTrapTM-HP kolonu kullanılarak saflaştırıldı. Laktonaz enzimi biyokimyasal olarak karakterize edildi. Ayrıca, ticari düz plaka membranlarında biyofilm oluşumu, *P. mandelii* KGI_MA19 ve *Staphylococcus aureus* (ATCC 29213) tarafından oluşturulan polibiyofilme karşı serbest laktonaz enzimi kullanılarak test edildi.

Bu çalışma, biyofilm önleme stratejilerini optimize etmede enzim teknolojisinin önemini vurgulayarak, membran prosesinde biyotıkanma kontrolüne çevre dostu bir yaklaşım sunmaktadır. Enzim bazlı çözümler, geleneksel kimyasal yöntemlere sürdürülebilir bir alternatif sunarak membran ömrünü uzatır ve su arıtma ve filtrasyon süreçlerinin verimliliğini artırır.

Anahtar Kelimeler: Rekombinant enzim, Quorum Quenching, Laktonaz, Biyokatalitik Membran

Teşekkürler

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenmektedir. (Proje Numarası:122M390)

Kaynak

[1] Pekgenc, E., Yavuzturk Gul, B., Vatanpour, V., & Koyuncu, I. (2022). Biocatalytic membranes in anti-fouling and emerging pollutant degradation applications: Current state and perspectives. *Separation and Purification Technology*, 282, 120098. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2021.120098>

[2] Yavuztürk Gül, Bahar, and İsmail Koyuncu. 2017. "Assessment of New Environmental Quorum Quenching Bacteria as a Solution for Membrane Biofouling." *Process Biochemistry* 61:137–46. doi: 10.1016/j.procbio.2017.05.030.

**Hollow Fiber Membran Modüllerinin Performansının Arttırılması:
Membranlar ve Membran Modüllerinin CFD ile Yapısal Tasarımının
Optimize Edilmesi ve Tıkanma Direncinin Arttırılması**

Recep Kaya^{1,2}

¹Prof.Dr. Dinçer Topacık Ulusal Membran Teknolojileri Araştırma Merkezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak 34469, İstanbul, Türkiye

²Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak 34469, İstanbul, Türkiye

yazar1@itu.edu.tr; yazar2@itu.edu.tr, yazar3@itu.edu.tr, yazarx@itu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada hollow fiber membranlar ve kullanım alanları ile ilgili literatürden güncel bilgiler verilerek, hollow fiber membran filtrasyonunda modelleme çalışmalarına örnekler incelenmiştir. Resistance-in-series model, Hagen-Poiseuille model, kütle ve momentum dengesi modeli, kuvvet dengesi modeli, konsantrasyon polarizasyonu modeli ve Navier Stokes ve süreklilik modeli – 3D CFD Modelleme gibi hollow fiber membranların filtrasyon ve tıkanma modellenmesinde kullanılan bazı model hesaplamalarına örnekler verilmiştir. Hollow fiber membran modüllerde tıkanmaya karşı uygulanan yapısal optimizasyonlara ve 3D CFD modelleme çalışmalarına detaylı örnekler verilerek CFD modelleme ile ileriye dönük perspektifler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: CFD, modelleme, hollow fiber, modül, membran, tıkanma

Saponin Yüklü Dekstran Hidrojelinin Quorum Sensing Mekanizması Üzerine Etkisinin İncelenmesi

Kübra Erkan Türkmen^{1*}, Hatice Ercan Polat^{2,3}

¹Biyoloji Bölümü, K.Ö. Fen Fakültesi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Karaman, Türkiye

²Kimya Bölümü, K.Ö. Fen Fakültesi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Karaman, Türkiye

³Biotechnology Center, Silesian University of Technology, B.Krzywoustego, Gliwice, Polonya

*kerkan87@gmail.com

ÖZET

Quorum sensing (QS), bakterilerin hücre yoğunluğuna bağlı olarak salgıladıkları sinyal molekülleri aracılığıyla gen ekspresyonunu kolektif biçimde düzenlediği önemli bir iletişim mekanizmasıdır. Bu mekanizma, biyofilm oluşumu, virülans faktörler ve antibiyotik direnci gibi bakterilerin topluluk davranışlarını doğrudan etkileyen süreçleri kontrol etmektedir (Waters & Bassler, 2005). Bu nedenle, QS mekanizmasının yönelik yapılan çalışmalar antimikrobiyal direnç ve biyofilm oluşumunun önlenmesi konusunda önem arz etmektedir (Freedman & Eltis, 2021). Özellikle bitkilerden elde edilen ekstraktların QS mekanizması üzerinde yapılan çalışmalarda kullanımına sıklıkla rastlanmaktadır. Saponin molekülleri, doğal bitkisel kaynaklardan elde edilen yüzey aktif bileşikler olarak antibakteriyel ve anti-biyofilm özellikleriyle öne çıkmaktadır (Chopra & Parvez, 2021). Saponinin, bakteri hücre zarının bütünlüğünü bozma veya hücreler arası iletişimde rol oynayan QS sinyal moleküllerini hedef alma potansiyeliyle, patojenlerin topluluk davranışlarını engelleyebildiği gösterilmiştir (Xiang & Zhu, 2022). Bu özellik, onları QS odaklı stratejilerde cazip kılmaktadır. Hidrojeller, yüksek oranda su tutabilen ve biyouyumlu özellikleri sayesinde kontrollü salım sistemlerinde sıkça kullanılan üç boyutlu polimerik yapılardır (Cheng et al., 2022). Saponinin, hidrojeller içine yüklenmesi ve kademeli olarak salınması, etken maddenin hedef bölgede daha uzun sürede ve kontrollü şekilde etki etmesini sağlamaktadır. Bu bağlamda, bitkisel kaynaklardan elde edilen saponinin, dekstran hidrojeline yüklenmesi ve bu yapının QS mekanizması üzerine etkisinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

Yöntem: Saponin meyan kökünden Soxhlet ekstraksiyonu ile elde edilmiştir. Bu amaçla, meyan kökü öncelikle n-hekzan ile muamele edilerek non-polar bileşikler (lipid, yağ. vb.) uzaklaştırılmıştır. Sonrasında metanol ile ekstrakte edilen saponin, çözünün uzaklaştırılmasının ardından kurutularak elde edilmiştir. Ekstrakt, saponin varlığının tespiti amacıyla FTIR ile analiz edilmiştir. Ardından hazırlanan dekstran hidrojeline, farklı konsantrasyonlarda (%0.5, 1 ve 2) saponin ilave edilerek homojen bir karışım elde edilene kadar karıştırılmıştır. Elde edilen hidrojellerin; *Chromobacterium violaceum* 12472 suşunun viyolasin pigmenti sentezi, *Pseudomonas aeruginosa* O1 (PAO1) suşunu swarming (yayılma) hareketi ve biyofilm oluşumu üzerinde etkileri incelenmiştir.

Sonuç ve Tartışma: Saponin katkılı dekstran hidrojelinin QS mekanizması üzerinde etkilerinin araştırılmış ve saponin içeriği yüksek olan hidrojelde en yüksek etkinin bulunduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, saponin yüklü hidrojeller; Biyofilm ve QS odaklı enfeksiyon kontrolünde umut vadeden, doğal kaynaklı, toksisitesi görece düşük ve kontrollü salım avantajları sunan yeni nesil antimikrobiyal stratejiler arasında yer almaktadır. Biyofilm oluşumu gibi hem tıbbi hem endüstriyel alanda mücadele edilmesi zor bir yapı üzerinde etkili olması farklı alanlarda kullanım özelliği açısından saponin yüklü dekstran hidrojel için umut vaat etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Quorum Sensing, Dekstran, Hidrojel, Biyofilm, Saponin

Kaynak

Waters, C. M., & Bassler, B. L. (2005). Quorum sensing: cell-to-cell communication in bacteria. *Annual Review of Cell and Developmental Biology*, 21, 319–346.

Freedman, B. J., & Eltis, L. D. (2021). Natural products interfering with quorum sensing in bacteria. *Journal of Microbiology*, 59(9), 737-746.

Chopra, S., & Parvez, A. (2021). Saponins in anti-biofilm therapeutics. *Frontiers in Microbiology*, 12, 715463.

Xiang, T., & Zhu, Q. (2022). Development of saponin-loaded hydrogels for enhanced bacterial quorum sensing inhibition. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 14(3), 2542-2553.

Cheng, Y., Xu, G., Wang, H., & Zhang, X. (2022). Recent advances in antibacterial hydrogels for biomedical applications. *Journal of Materials Chemistry B*, 10(16), 3087-3107.

Entegre Sabit Filmlı Aktif Çamur Sistemi ve Membran Biyoreaktör ile Farklı Yapıdaki Biyofilm Performanslarının Değerlendirilmesi

Dr. Öğr. Üyesi Türker Türken, Öğr. Gör. Özgün Yılmaz

¹Prof.Dr. Dinçer Topacık Ulusal Membran Teknolojileri Araştırma Merkezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak 34469, İstanbul, Türkiye

turken@itu.edu.tr, yilmazozg@itu.edu.tr

ÖZET

Su kullanımının yoğunlaşması hem suya olan talebin ve su kaynakları üzerindeki baskının artmasına hem de mevcut su kıtlığının gelecek yıllarda “su krizine” dönüşmesine sebebiyet verecektir. Bu sebeple atıksuların geri kazanımı önem kazanmaktadır. İyi bir arıtım teknolojisi konusunda sadece yüksek giderim verimleri değil, teknolojinin fizibilitesi özellikle, yer sorunu olan bölgelerde yer ihtiyacının düşük olması önemlidir. Bu çalışma kapsamında, atık suların arıtımı için az yer kaplayan ve yüksek giderim verimleri sağlayan membran biyoreaktör (MBR) sistemleri ile biyofilm sisteminin entegrasyonu araştırılmıştır. Entegre biyofilm sistemleri incelendiğinde hem enerji bakımından hem de iş gücü bakımından girdiler azaltılarak organik madde içeriği yoğun olan atıksuların arıtılmasında yerleşimden uzak tesislerde ve daha az nüfusa sahip olan bölgelerde ekonomik anlamda önemli bir yere sahiptir. Bu çalışma ile KOİ giderimi %94 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca biyofilm entegrasyonu olmasından dolayı da nitrifikasyon verimleri oldukça yüksek çıkmıştır. Biyofilmin uzun bekleme süresi sayesinde, nitrifikasyonun arttığı ve düşük SRT değerlerinde bile nitrifikasyonun gerçekleştiği gözlenmiştir. Ayrıca, çalışma kapsamında iki farklı medya türü kullanılarak medya türünün giderim verimi üzerine etkisi irdelenmiştir. Biyofilm entegre MBR sistemi ile yüksek giderim verimlerine ulaşıldığından ve az alan gerektiğinden dolayı, bu yaklaşımın öne çıkarılması gerekli bir teknoloji olduğu kanısına varılmıştır. Ayrıca, MBR sisteminin önünde yer alan biyofilm sistemi ile membrana gelen yük azaltılarak, membranın geri yıkaması için gerekli kimyasal kullanımı azalmıştır. Bu durumda membranın kullanım ömrünün uzamasına ve maliyet açısından sadece MBR kullanılan sistemlere oranla daha verimli olması sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: IFAS, Membran Biyoreaktör, Su Geri Kazanımı

Kaynak

Albizuri, Jon., Santamaria, A., & Larrea, L. (2010). IFAS Process for Nitrogen Removal with an HRT of 4 Hours. Proceedings of the Water Environment Federation. 2010. 440-457. 10.2175/193864710798208575.

Membran Biyoreaktör ve Hibrit Membran Biyoreaktör (IFAS MBR) **Sistemlerinin Karşılaştırılması**

Muhammed Ahmet Demirbilekli^{1,2}, E. Ceren Esen^{1,2}, Türker Türken^{1,2}, İsmail Koyuncu^{1,2}

¹Prof.Dr. Dinçer Topacık Ulusal Membran Teknolojileri Araştırma Merkezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak 34469, İstanbul, Türkiye

²Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak 34469, İstanbul, Türkiye

demirbilekli16@itu.edu.tr; yazar2@itu.edu.tr, elifcerenesen@gmail.com, koyuncu@itu.edu.tr

ÖZET

Membran Biyoreaktör (MBR) sistemleri, biyolojik arıtma ile membran filtrasyonunu birleştirerek evsel ve endüstriyel atıksuların arıtımında kullanılmaktadır. Bu süreç, atık sudaki organik maddelerin biyolojik olarak parçalanmasını sağlar ve katı-sıvı ayrımını membranlar vasıtasıyla gerçekleştirir. Yüksek verimli bir fiziksel ayırım sunduğu için MBR sistemleri, konvansiyonel evsel atıksu arıtma tesislerindeki son çökeltim havuzunun yerini almakta ve daha küçük alanlarda yüksek verimli arıtma imkânı sunmaktadır. Ancak, MBR sistemleri her ne kadar gelişmiş bir teknoloji sunsa da işletme maliyetleri ve membran tıkanma sorunları gibi bazı dezavantajlara sahip olabilir. İşte bu noktada biyofilm temelli prosesler, özellikle biyolojik arıtma sürecini daha verimli hale getirmek için önemli bir alternatif sunmaktadır.

Entegre Sabit Film Aktif Çamur (IFAS) sistemi, atıksu arıtma tesislerinde biyolojik arıtım sürecini iyileştirmek amacıyla geliştirilmiş bir teknolojidir. IFAS, klasik aktif çamur sistemlerinin verimliliğini artırmak için sabitlenmiş biyofilm taşıyıcılarını kullanır. Biyofilm taşıyıcılar farklı malzeme cinslerinden oluşabilmektedir (plastik, ipliksi, seramik ve mineral bazlı). Bu sistemde, biyofilm taşıyıcıları, biyolojik arıtma tanklarının içerisine yerleştirilir ve mikroorganizmalar bu yüzeylerde tutunarak büyür. Böylece, atıksu içerisindeki organik maddeler ve azot gibi kirleticiler, mikroorganizmalar tarafından daha etkin bir şekilde giderilir. IFAS sistemlerinin en önemli avantajı, mevcut arıtma tesislerinin kapasitesini artırması ve özellikle azot giderimi gibi biyolojik süreçlerin verimliliğini yükseltmesidir. Sabitlenmiş taşıyıcılar, mikroorganizmalar için daha fazla yüzey alanı sağlar, bu da daha yüksek biyolojik aktivite ve daha hızlı kirleticiler giderimi anlamına gelir. Ayrıca, IFAS sistemleri yer açısından da avantajlıdır, çünkü mevcut arıtma tanklarının içerisine eklenebildiği için yeni altyapı yatırımlarına ihtiyaç duyulmaz. Bu nedenle, IFAS özellikle sınırlı alana sahip tesislerde, atıksu arıtma kapasitesini artırmak ve arıtma kalitesini iyileştirmek için ideal bir çözümdür. Hibrit IFAS MBR sistemi, biyofilm taşıyıcıları kullanarak biyokütlelerin membran tıkanıklığına neden olabilecek askıda katı maddelerin azaltılmasını hedefleyen bir hibrit sistemdir. Bu taşıyıcılar, biyokütleyi hem askıda hem de sabit film (biyofilm) şeklinde tutarak arıtma verimliliğini artırır ve membran tıkanıklığını önemli ölçüde azaltır. [1]

Bu çalışmada, IFAS MBR ve MBR sistemleri aynı işletme koşulları altında pilot ölçeğe çalıştırılmış ve iki sistemin arıtma performansları karşılaştırılmıştır. İki sistem arasındaki tek fark IFAS MBR sisteminin havalandırma havuzuna yerleştirilen ve işletme için önemli bir parametre olan taşıyıcı medyadır. Literatür taraması yapıldığında IFAS ve MBR sistemlerinin hibrit olarak kullanımı yaygın olmamakla birlikte literatüre katkı sağlayacak bir çalışma hedeflenmiştir. Kullanılan atıksu İstanbul Teknik Üniversitesi Ayazağa Kampüsünün kanalizasyonundan sağlanmıştır. Sistem işletilirken hidrolik bekletme süresi kademeli olarak düzenlenmiştir. Bu yöntem ile sistemler için optimum yükleme oranlarını belirleyerek artırılacak maksimum atıksu miktarı saptanmıştır. Sistemler, düşük çamur yaşı koşullarında (SRT 5 gün) evsel atıksuyla beslenmiş ve işletme sırasında temel parametreler izlenmiştir.

Aritma performanslarının yanı sıra, membran tıkanıklığı ve enerji tüketimi gibi işletme parametreleri de değerlendirilmiştir.

Bulgular, IFAS MBR sisteminin MBR'lerin işlevsel kapasitelerini önemli ölçüde artırma, membran ömrünü uzatma, daha düşük hacimde daha fazla atıksu arıtımı ve genel operasyonel maliyetleri düşürme potansiyelini vurgulamaktadır. Çalışma sonucunda elde edilen veriler arazi maliyetlerinin yüksek olduğu Marmara Havzasında IFAS MBR sisteminin yeni bir bakış olarak ortaya koymaktadır. Kapasite artırımı yapamayan ve alan sorunu yaşayan endüstriler için bir alternatif bir seçenektir.

Anahtar Kelimeler: Membran Biyoreaktör, Hibrit sistemler, IFAS, Bağlı Büyüme, Biyotaşıyıcı

Teşekkürler

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenmektedir. (Proje Numarası:121G037)

Kaynak

[1] Waqas, S., Bilad, M. R., Man, Z., Wibisono, Y., Jaafar, J., Mahlia, T. M. I., ... & Aslam, M. (2020). Recent progress in integrated fixed-film activated sludge process for wastewater treatment: A review. Journal of environmental management, 268, 110718.

Biyofilm Önleyici QQ Bakterilerinin Nafion Membran Tıkanmasına Etkisinin İncelenmesi

**Elaheh Mohammadigharagoz¹, Ece Polat², Gamze Ceylan Perver¹, Simge Sertgümeç¹,
Bahar Yavuztürk Gül¹, Mehmet Sadık Akca¹, İsmail Koyuncu¹, Mahmut Altınbaş¹**

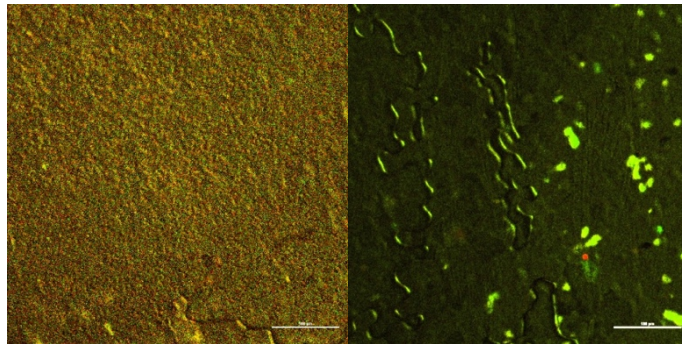
¹Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak 34469, İstanbul, Türkiye

²Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Fen Edebiyat Fakültesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul 34469, Türkiye

ÖZET

Aljinat boncukları biyoteknolojik çalışmalarda mikroorganizma immobilizasyonunda sıklıkla kullanılan bir yöntem olup çalışmanın verimini artırıcı özelliğe sahiptir. Mikroorganizmalar askıda bulundukları ortamlarda besinlerle belli oranlarda karşılaşabilmektedir. Bu mikroorganizmaları bir araya getirdiğimiz ve tutunmalarını sağladığımız ortamlar sunduğumuzda besinlerle karşılaşma olasılıklarını ve aynı zamanda yaşam faaliyetlerini gerçekleştirebilecek alanları yaratmış olduğumuzda aljinat boncuklarının oluşumu önem arz etmektedir. Bu proje kapsamında Quorum Quenching aktivitesine sahip bakteriler reaktörlere aljinat boncuklarına hapsedilerek incelenmesi planlanmıştır. Bu kapsamda bu çalışmada QQ bakterilerinin biyofilm önleme ajanı olarak araştırılması hem aerobik reaktörde hem de anaerobik reaktörde incelenmesi gerçekleştirilmiştir.

Membran tıkanmasını önleyici QQ bakterilerinin aerobik ortama tanıtılması aşamasında *Chlorella vulgaris* kültürü ile çalışılmıştır. QQ bakterilerinin anaerobik ortama tanıtılması aşamasında ise laboratuvarımızda >365 gün boyunca aklime edilmiş anaerobik mikrobiyal topluluğu kullanılmıştır. Kültürler 7 gün boyunca çalkalamalı olarak inkübasyona bırakılmış ve 7. günün sonunda konfokal mikroskopu ve SEM analizi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma TÜBİTAK 122Y345 numaralı “Biyokütle Yoğunlaştırıcılı Hibrit Fotosentetik Mikrobiyal Yakıt Hücresi ile Enerji Üretimi ve Yararlı Ürün Geri Kazanımı” isimli TÜBİTAK 1001 projesi kapsamında desteklenmektedir.



Şekil 1. QQ bakterisiz (sol) ve QQ bakterili (sağ) Nafion membranlara ait konfokal mikroskopu görüntüsü.

**Tuzluluk, Sülfat ve Kurşun Konsantrasyonları İçeren Endüstriyel
Atıksuların Arıtımında Yarı Pilot Ölçekli QQ-MBR'nin Etkinliğinin
Değerlendirilmesi**

Rabia Ardic- Demirbilekli^{1,2}, Börte Köse- Mutlu^{1,2}, İsmail Koyuncu^{1,2}

¹Prof.Dr. Dincer Topacık Ulusal Membran Teknolojileri Araştırma Merkezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak 34469, İstanbul, Türkiye

²Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak 34469, İstanbul, Türkiye

ardic20@itu.edu.tr; kosebo@itu.edu.tr, koyuncu@itu.edu.tr

ÖZET

Membran biyoreaktör (MBR) teknolojisinin kullanımının artması, temel olarak daha sıkı düzenleyici gerekliliklere uygun yüksek kaliteli arıtılmış atık suya duyulan talep tarafından yönlendirilmektedir. Geleneksel biyolojik arıtma yöntemlerinden, örneğin aktif çamur sürecinden farklı olarak, MBR sistemleri bu standartlara ulaşmada genellikle daha güvenilirdir. Son yirmi yılda, membran teknolojisindeki gelişmeler, MBR sistemleriyle ilişkili yatırım ve işletme maliyetlerini önemli ölçüde azaltmıştır [1]. Bununla birlikte, membran biyokirlenmesi, teknolojinin yaygın olarak uygulanmasını ve sürdürülebilirliğini engelleyen kritik bir zorluk olmaya devam etmektedir. Mikrobiyal hücrelerin membran yüzeylerine tutunması ve çoğalmasıyla oluşan biyokirlenme, kirlenmenin baskın mekanizması olan biyofilm oluşumuna yol açar [2]. Biyokirlenmeye yol açan biyofilm oluşumu, esas olarak mikroorganizmalar arasındaki iletişim mekanizması olan Quorum Sensing (QS) nedeniyle meydana gelir. Sinyal moleküllerinin varlığında topluluk davranışlarının oluşumu QS olarak adlandırılırken, mikroorganizmaların iletişim kurma yeteneğini engelleyen süreç Quorum Quenching (QQ) olarak bilinir. Hücreler arası iletişimi engellemek yoluyla biyofilm üretimini engelleyerek, MBR'ler önemli ölçüde daha fazla verimlilikle işlev görebilir [3].

Çalışmanın amacı, QQ MBR sistemlerinin endüstriyel atık su arıtımında toksik şoklara karşı toleransını belirlemek ve arıtma performanslarını belirlemektir.

Bu çalışmada, tuzluluk, sülfat ve ağır metaller gibi inorganik kirleticiler açısından zengin karışık endüstriyel atık suların arıtımında MBR'lerdeki QQ mekanizmasının verimliliğini ve uygulanabilirliğini araştırmak için yarı pilot ölçekli bir MBR sistemi çalıştırıldı. *Rhodococcus sp. BH4* bakterisi immobilize edilmiş sodyum aljinat boncukları (QQ boncukları), biyofilm oluşumunu azaltma ve toksik şok olaylarını önlemedeki rollerini belirlemek için kullanıldı. Karışık endüstriyel atık suyu simüle eden sentetik atık suyla beslenen yarı pilot ölçekli MBR sisteminde biyolojik kirlenmeyi gözlemlemek için sürekli transmembran basıncı (TMP) kontrolü yapıldı. Ayrıca, yarı pilot ölçekli QQ MBR sisteminin endüstriyel atık su arıtma performansı, uzun vadeli işletmede organik madde giderim verimliliği hesaplanarak değerlendirildi.

Bulgular, tuz, kurşun ve sülfat içerikli endüstriyel atık suları arıtırken QQ MBR'nin TMP artışlarını önemli ölçüde azalttığını göstermiştir. Ayrıca, stres koşulları altında çalışan MBR'lerde organik madde giderme verimliliğinin QQ mekanizmasından etkilenmediği belirlenmiştir. Bu çalışma, değişen stres koşulları altında biyolojik kirlenmeyi azaltarak, QQ mekanizmasını kullanan MBR sistemlerinin endüstriyel atık su arıtımındaki zorlukların üstesinden nasıl gelebileceğini ve membran ömrünü uzatmak için uygulanabilir bir yol sunabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Quorum Quenching, Membran Biyoreaktör, *Rhodococcus sp. BH4*, Biyotıkanma

Teşekkürler

Bu çalışma, TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu) tarafından 121Y199 nolu proje kapsamında mali olarak desteklenmiştir. Ayrıca çalışma, İstanbul Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 44246 proje numarası ile mali olarak desteklenmiştir.

Kaynak

- [1] Li, P., Liu, L., Wu, J., Cheng, R., Shi, L., Zheng, X., & Zhang, Z. (2019). Identify driving forces of MBR applications in China. *Science of the total environment*, 647, 627-638.
- [2] Meng, F., Zhang, S., Oh, Y., Zhou, Z., Shin, H. S., & Chae, S. R. (2017). Fouling in membrane bioreactors: An updated review. *Water research*, 114, 151-180.
- [3] Choo, K. H., Park, P. K., & Oh, H. S. (2020). Quorum sensing and quorum quenching in membrane bioreactors. In *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering* (pp. 245-274). Elsevier.

Quorum Quenching (QQ) Enzimi Laktonazın Kısmi Saflaştırılması ve Membran Uygulamaları

SümeYYe Yaşar^{1,2}, Enise Pekgenç^{1,2}, Bahar Yavuztürk Gül^{1,2}, İsmail Koyuncu^{1,2}

¹Prof.Dr. Dinçer Topacık Ulusal Membran Teknolojileri Araştırma Merkezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak 34469, İstanbul, Türkiye

²Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak 34469, İstanbul, Türkiye

yazar1@itu.edu.tr; yazar2@itu.edu.tr, yazar3@itu.edu.tr, yazarx@itu.edu.tr

ÖZET

Biyotıkanma, membran sistemlerinde mikroorganizmaların ve salgıladıkları organik maddelerin membran yüzeyinde birikmesiyle oluşan ve performansı düşüren önemli bir sorundur. Geleneksel kontrol yöntemlerinin sınırlı başarı sağlaması nedeniyle yenilikçi çözümlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada, Quorum Quenching (QQ) teknolojisi kullanılarak elde edilen kısmi saflaştırılmış laktonaz enziminin biyotıkanma kontrolü amacıyla İFK-TO membranlara uygulanması incelenmiştir.

Çalışmanın ilk aşamasında, membran destek tabakasının üretimi gerçekleştirilmiş ve farklı PES polimer konsantrasyonları test edilmiştir. %16 PES konsantrasyonuna sahip membranların saf su akı değeri 116 ± 27 L/m².h olarak belirlenmiş ve optimum polimer konsantrasyonu %16 olarak seçilmiştir. Daha sonra, İFK kaplama işlemi gerçekleştirilmiş ve filtrasyon testleri sonucunda optimum polimer konsantrasyonu %18 olarak yeniden optimize edilmiştir. Üç farklı üretim metodu test edilmiş ve Metot-2 ile üretilen membranlar %86,5 tuz giderim verimiyle tercih edilmiştir. Üretilen membranlar, temas açısı, FTIR ve SEM analizleriyle karakterize edilmiştir.

Laktonaz enzimi, *Bacillus sp. T5* bakterisinden amonyum sülfat çöktürmesi (ASP) yöntemiyle üretilmiş ve HiTrap Q-XL kolonu kullanılarak kısmi saflaştırılmıştır [1]. Enzimin optimum aktivitesi 25°C ve pH 7'de gözlenmiştir. Üretim sürecinde, 6 mL örnek hacmi ile toplam protein içeriği 1,8 mg olarak hesaplanmıştır. Kısmi saflaştırılmış laktonaz enzim, %5 ve %10 ACA ile modifiye edilen İFK-TO membranlarına kimyasal çapraz bağlama yöntemiyle immobilize edilmiştir. %5 ACA ile modifiye edilen membranlarda immobilizasyon verimi %85 olarak hesaplanmıştır.

Biyotıkanma testlerinde, immobilize membranlar başlangıçta 5,7 L/m².h saf su akısına sahipken, biyofilm oluşumu sonrası bu değer %42,1 azalarak 3,3 L/m².h'ye düşmüştür. Buna karşın, bare membranlarda bu düşüş %51,6 olarak gözlenmiştir. Antimikrobiyal aktivite testleri, immobilize membranların bakteriyel büyümeyi önlemede etkili olduğunu ve biyotıkanmayı azalttığını göstermiştir. FTIR analizleri, immobilize enzimlerin karakteristik piklerini doğrulamış ve SEM görüntüleri biyofilm oluşumunu açıkça göstermiştir.

Sonuç olarak, kısmi saflaştırılmış QQ laktonaz enzimi ile fonksiyonelleştirilmiş İFK-TO membranlar başarıyla üretilmiş ve biyotıkanmaya karşı etkili bir çözüm sunmuştur. Çalışmanın bulguları, biyokatalitik membranların su arıtma sistemlerinde kullanımı için önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Amonyum Sülfat Çöktürmesi, Quorum Quenching, *Bacillus sp. T5*, Biyokatalitik Membran, İFK-TO Membran

Teşekkürler

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenmektedir. (Proje Numarası:122M390)

Kaynak

[1] Yavuztürk Gül, Bahar, and Ismail Koyuncu. 2017. "Assessment of New Environmental Quorum Quenching Bacteria as a Solution for Membrane Biofouling." *Process Biochemistry* 61:137–46. doi: 10.1016/j.procbio.2017.05.030.