



**ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE**

**Filiz BAYRAKCI KAREL<sup>1</sup>**

**ULTRASOUNDLA E.COLI DEZENFEKSİYONUNA ORTAM İYONLARININ  
ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**ÖZ**

Su kaynaklarının azalması ve özellikle patojen mikroorganizmalarla kirlenmesi dezenfeksiyon işlemlerinin uygulanması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Dezenfeksiyon amaçlı kullanılan klorun organik bileşikler ile tepkimesi sonucu oluşan dezenfeksiyon yan ürünlerini sağlık üzerinde olumsuz etkiler oluşturması, alternatif dezenfeksiyon yöntemlerinin araştırılmasını gündeme getirmiştir. Ultrasound ile dezenfeksiyon önemli alternatif dezenfeksiyon yöntemlerin birisidir. Bu çalışmada ultrasonik reaktörde, önemli sağlık sorunlarına sebep olan, su ortamında bulunabilecek önemli indikatör mikroorganizmalardan biri olan fekal kontaminasyon etmeni olan *Escherichia coli* giderimi ile su arıtımı gerçekleştirilmiştir. Çalışma süresince ultrasonik sistemde farklı frekanslar kullanılmış, bu frekanslardaki çeşitli ortam iyonlarının ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) ve sisteme ilave edilen farklı derişimlerdeki hidrojen peroksit ve farklı akış hızlarındaki azot gazının sistemin çalışmasında yarattığı etkiler incelenmiştir. Ultrasound reaktörün çalışma frekansı 28kHz olduğu durumda optimum mikroorganizma inaktivasyonu gözlenmiştir. Sisteme eklenen  $\text{SO}_4^{2-}$  ve  $\text{HCO}_3^-$  iyonları için derişim arttıkça mikroorganizma inaktivasyonunda artış olduğu gözlemlenmiştir,  $\text{NO}_3^-$  iyonunun varlığı ise, ultrasoundun inaktivasyon verimine etkisi görülmemiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ultrasound, dezenfeksiyon, E. coli, Ortam iyonları

**INVESTIGATION OF EFFECTS OF MEDIA IONS ON THE E.COLI  
DISINFECTION BY ULTRASOUND**

**ABSTRACT**

Diminishing water sources and their contamination by pathogenic microorganisms in pariculat set forth the necessity of application of disinfection processes. Chlorine which has been used for disinfection purposes and disinfection by-products generated bu the reaction of chlorine with organic compounds are known to have adverse effects on human health, therefore the research on alternative disinfection techniques has brought into question. Ultrasound disinfection is among major alternative disinfection technologies. In this study the removal of *Escherichia coli* that is a major indicator microorganism which is a fecal contamination factor that can be found in water media, was performed in ultrasound reactor. Various frequencies were studied in ultrasound reactor and effects of various media ions ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) and hydrogen peroxide and nitrogen gas fed to the system at various flow rates were examined. Optimum microorganism inactivation was attained when the operation frequency of the reactor is 28kHz. The increased concentration of  $\text{SO}_4^{2-}$  and  $\text{HCO}_3^-$  ions added to the system favored the microorganism inactivation, however the presence of  $\text{NO}_3^-$  didn't change the inactivation yield of the ultrasound system.

**Keywords:** Ultrasound, disinfection, E. coli, Media ions

<sup>1</sup>Anadolu Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye.  
E-posta: fbayrakci@anadolu.edu.tr

## 1. GİRİŞ

İnsanların yaşamlarını sağlıklı bir biçimde sürdürebilmelerinde içinde buldukları çevrenin önemi büyüktür. İnsan dışındaki her şey olarak tanımlanan çevrenin, çok sayıda ve farklı türler içeren hastalık yapıcı mikroorganizmalardan arındırılması gerekmektedir. Mikroorganizma miktarının belli oranın üzerine çıktığı durumlarda kişisel ve çevresel özelliklere bağlı olarak değişik şiddetler de bulaşıcı hastalıklara hatta salgınlara yol açtığı bilinmektedir. Sağlık risklerini önlemek üzere içme sularının kullanılabilir kalitede olabilmesi için öncelikle *Escherichia coli* olmak üzere patojen mikroorganizmaların olmadığını tespit edilmesi gerekmektedir (Kocasoy 1991). Sağlıklı içme ve kullanma suyu eldesi için, sularda farklı arıtma yöntemleri uygulanmaktadır. Bu arıtma yöntemlerinden başlıcaları havalandırma, klasik koagülasyon, flokülasyon, çökeltme, filtrasyon, dezenfeksiyon ve ileri dezenfeksiyondur (Reynolds 1999, Gül 1994). Dezenfeksiyon işleminde kalıcı etki sağlaması ve maliyetinin diğer dezenfektanlara oranla daha uygun olması nedeniyle en çok klor tercih edilmektedir. Klor alternatif olarak kullanılan dezenfektanlar ise; potasyum permanganat, hidrojen peroksit, perasetik asit, formaldehit gibi kimyasallardır. Ayrıca alternatif dezenfeksiyon yöntemleri arasında UV (ultraviyole radyasyonu), ozon, ısı, ters ozmos, ultrafiltrasyon, iyonizasyon ve ultrasonik sistemler yer almaktadır (USEPA 1999).

Dezenfeksiyon amaçlı kullanılan klor ve klorun organik bileşikler ile tepkimesi sonucu oluşan dezenfeksiyon yan ürünlerinin, kanser meydana getirme riski, karaciğer, böbrek ve sinir sistemi hastalıklarına yol açması, çocuklarda gelişme geriliği, kalp rahatsızlıkları gibi ciddi sağlık etkileri yarattığı gözlenmiştir (Tokmak ve ark. 2000). Ayrıca klorun, akut ve kronik etkileri de yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen bulgular arasındadır. Klor alternatif olarak kullanılan bir başka kuvvetli dezenfektan ise ozondur (Samsunlu 1999). Ozonun avantajı düşük konsantrasyonlarda bile kuvvetli bir dezenfektan olması ve klorlu organik bileşiklerin oluşumuna yol açmamasıdır. Ancak yüksek maliyetlidir ve kalıntı bırakmadığından arıtılan suya dağıtım sistemine verilmeden önce kalıcı bir dezenfektan katılması gerekir. Bir diğer dezenfeksiyon yöntemi olan ultraviyole ışınları sularda mikroorganizmal yaşamı %99.99 oranında önleyebilmektedir (Montgomery 1985). Bulanıklık yaratan katı maddeler UV

radyasyonunun mikroorganizmaya ulaşmasında bir engel teşkil ettiğinden, sulara UV ile dezenfeksiyon işleminin kullanımı sınırlandırmaktadır (Metcalf ve Eddy 1981).

Günümüzde kullanılan dezenfeksiyon yöntemlerinin bazı riskleri ve eksiklikleri bulunduğundan birçok yöntemin beraber çalıştırılması ve dezavantajların en aza indirilmesi üzerinde durulmaktadır. Bu çalışmada bu amaçla ultrasonunun dezenfeksiyon etkisinin ortam iyonlarına bağlı olarak alternatif dezenfeksiyon sistemi olarak kullanılabilirliği belirlenmeye çalışılmıştır.

## 2. MATERYAL ve YÖNTEM

Gerçekleştirilen bu çalışmada sürücüye bağlı (W-113 Ultrasonic multi cleaner, Honda Electronics Co., Ltd., Aichi, Japonya) özel tasarım ultrasonik kesikli reaktörde farklı frekanslar kullanılmış ve bu frekanslardaki çeşitli ortam iyonlarının sistemin çalışmasında yarattığı etkiler belirlenmiştir. Ultrasonik reaktör, 28, 45, ve 100 kHz frekanslarda ses üreten iki adet transducer bulduran bir sistemdir. Ultrasonik reaktör Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Ultrasonik reaktör

Çalışmalarda kullanılan *Escherichia coli* Refik Saydam Hıfzısıhha Merkezi'nden temin edilmiştir. Ultrasonik reaktör ile yapılan çalışmalar 28, 45 ve 100 kHz frekanslarında ve üç frekansın sırayla verildiği ardışık frekans kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmalar farklı başlangıç bakteri derişimlerinde ve farklı frekanslarda, steril kabin (Heraeus KSP-18 ClassII) içinde ortam sıcaklığında gerçekleştirilmiştir.

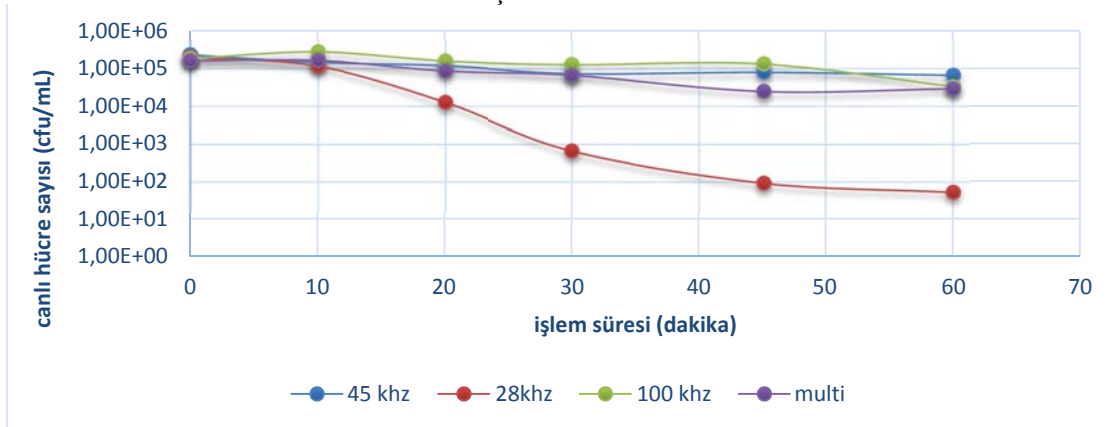
Su dezenfeksiyon çalışmalarında kullanılan çözelti, steril edilmiş distile suya farklı derişimlerde *Esheria coli* eklenerek elde edilmiştir. Farklı başlangıç derişimleri, bir gün önceden hazırlanan bakteri kültüründen belirli seyreltmeler yapılarak uygun miktarlarının çözeltiye eklenmesi ile elde edilmiştir. Çalışmalar 100 mL çözelti ile, başlangıç çalışma çözeltisinden ve işlem boyunca belirli zaman aralıklarında reaktörden örnekler alınarak yapılmıştır. Alınan örnekler nütrient agar (Merck KGgA, Almanya) katı besi ortamlarına ekim yapılmış ve bakterilerin gelişmesi için nütrient agarda 37 °C' de inkübe edilmiştir. Uygun süre ve sıcaklıkta inkübe edildikten sonra gelişen koloniler sayılır.

### 2.1. Farklı Ultrasonik Frekans Değerlerinin Etkisinin İncelenmesi

1x10<sup>5</sup> cfu/mL, 1x10<sup>6</sup> cfu/mL başlangıç bakteri derişimlerinde gerçekleştirilen çalışmada frekansın etkisi incelenmiştir. 100 mL distile suya farklı derişimlerde bakteri eklenerek hazırlanan çalışma çözeltisi ile 28, 45 ve 100 kHz ve ardışık frekanslarda ultrasonik reaktörde çalışılmıştır. Başlangıç ve 10 dakika ara ile alınan örneklerin gerekli dilüsyonları yapılarak katı besiyerine ekilmiş ve 37°C de inkübe edilmiştir. Ekim yapılan petrielerde sayım yapılarak bakteri miktarındaki azalma belirlenmiştir.

### 2.2. Suda Eşlik Eden Çeşitli Ortam İyonlarının Etkisinin İncelenmesi

Çalışmada 1x10<sup>5</sup> cfu/mL başlangıç bakteri derişiminde, 100 mL çalışma çözeltisi ile 28 kHz ultrasonik frekansta 200 mg/L SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, 100 mg/L SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, 50 mg/L HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 25 mg/L HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 25 mg/L NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ve 50 mg/L NO<sub>3</sub><sup>-</sup> iyonlarının ultrasonik sisteme etkisi incelenmiştir.



Şekil 2. 1 x 10<sup>5</sup> cfu/mL başlangıç bakteri derişiminde farklı ultrasonik frekansların etkisi

Başlangıçta ve 10 dakika ara ile alınan örneklerin gerekli dilüsyonları yapılarak katı besiyerine ekilmiş ve 37°C' de inkübe edilmiştir. Ekim yapılan petrieler sayılarak bakteri miktarındaki azalma belirlenmiştir.

### 2.3. Ultrasonik Ortama İlave Edilen Azot Gazının Etkisinin İncelenmesi

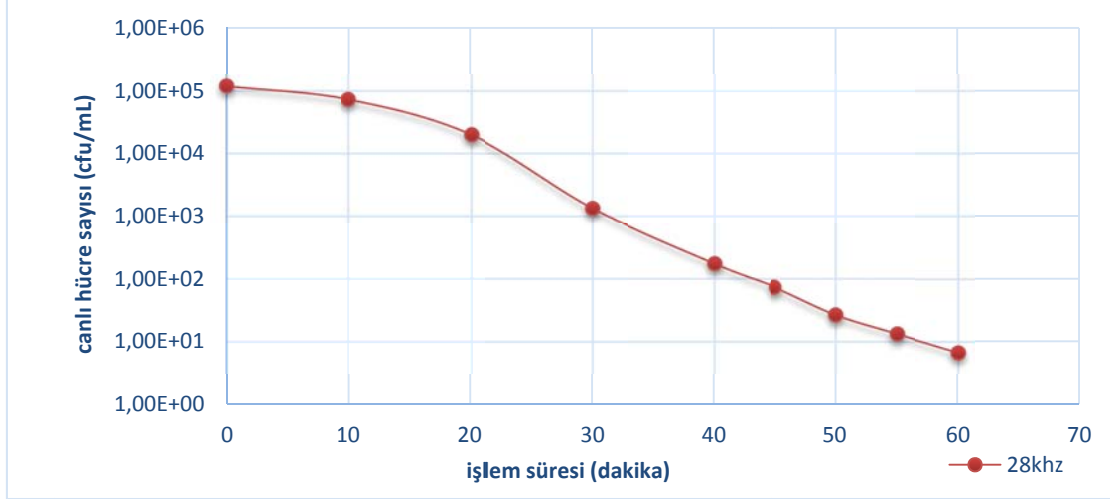
Başlangıç hücre derişimi 1x10<sup>5</sup> cfu/mL ve farklı akış hızlarında (8 L/h, 12 L/h, 16 L/h) sisteme ilave edilen azot gazının ultrasonik ortamdaki etkileri incelenmiştir. Başlangıç ve 10 dakika ara ile alınan örneklerin gerekli dilüsyonları yapılarak katı besiyerine ekilmiş ve 37°C' de inkübe edilmiştir. Ekim yapılan petrieler sayılarak bakteri miktarındaki azalma belirlenmiştir.

## 3. BULGULAR

Çalışmada elde edilen bulgular farklı ultrasonik frekans değerlerinin etkisi, suda eşlik eden çeşitli ortam iyonlarının etkisi, ultrasonik ortama ilave edilen azot gazının etkisi olmak üzere üç ayrı başlık altında sunulmuştur.

### 3.1. Farklı Ultrasonik Frekans Değerlerinin Etkisi

1x10<sup>5</sup> cfu/mL başlangıç bakteri derişimlerinde gerçekleştirilen farklı frekans etkisinin incelendiği çalışmanın sonuçları Şekil 2'de verilmektedir. Bakteri derişiminde en iyi giderimi sağlayan frekans değeri olan 28 kHz ile yapılan çalışma sonuçları ise Şekil 3'te gösterilmektedir.



Şekil 3.  $1 \times 10^5$  cfu/mL başlangıç bakteri derişiminde 28kHz ultrasonik frekansın etkisi



a) 0. dk

b) 40. dk

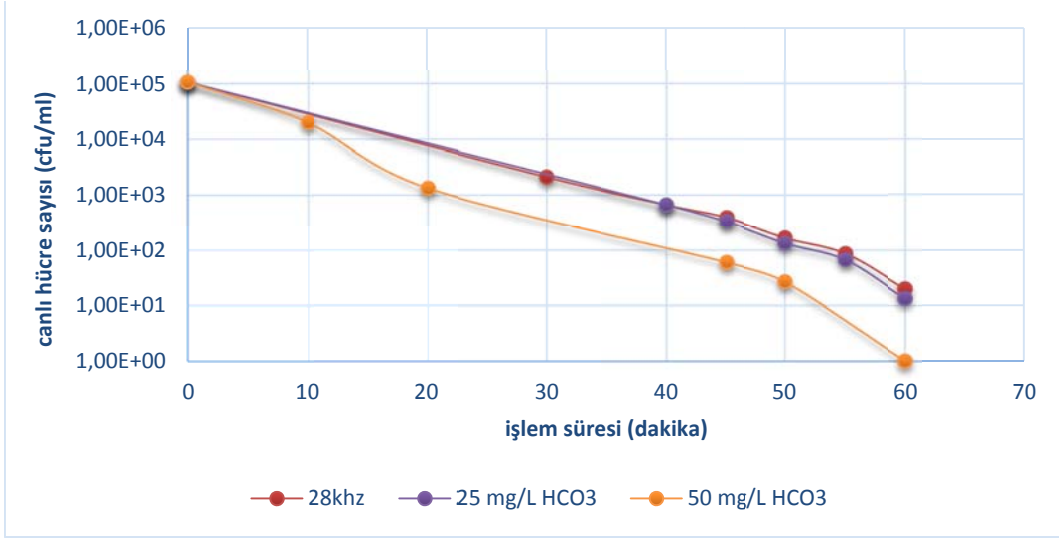
c) 60. dk

Şekil 4. a) Ultrasonik reaktör çalıştırılmadan önceki b) Reaktör çalışmaya başladıktan 40 dk. sonraki c) Reaktör çalışmaya başladıktan 40 dk. sonraki mikroorganizma sayısı

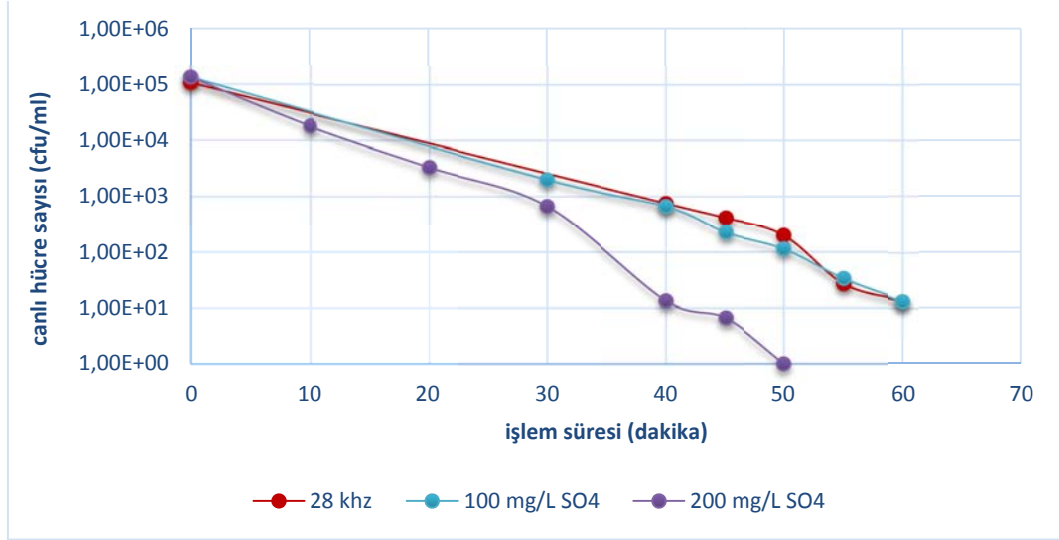
### 3.2. Suda Eşlik Eden Çeşitli Ortam İyonlarının Etkisi

Ultrasonik sistemde farklı derişimlerde suda eşlik eden farklı ortam iyonlarının (sırasıyla 50 mg/L  $\text{HCO}_3^-$ , 25 mg/L  $\text{HCO}_3^-$ ; 200 mg/L  $\text{SO}_4^{2-}$ ,

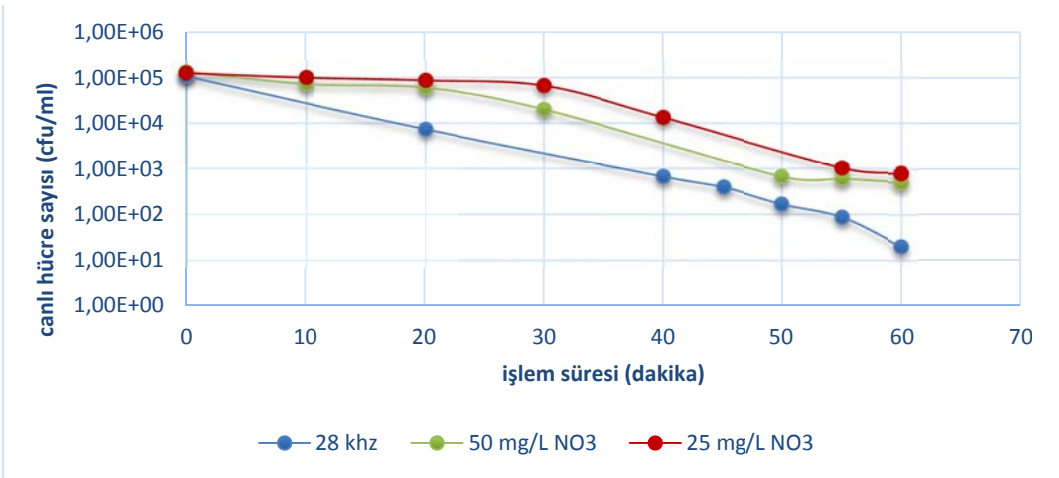
100 mg/L  $\text{SO}_4^{2-}$ ; 25mg/L  $\text{NO}_3^-$  ve 50mg/L  $\text{NO}_3^-$ ),  $1 \times 10^5$  cfu/mL başlangıç bakteri derişimlerine etkisi ile ilgili sonuçlar Şekil 5, Şekil 6, Şekil 7'de sunulmuştur.



Şekil 5. Farklı derişimlerdeki  $\text{HCO}_3^-$  iyonunun ultrasonik sisteme etkisi



Şekil 6. Farklı derişimlerdeki  $\text{SO}_4^{2-}$  iyonlarının ultrasonik sisteme etkisi

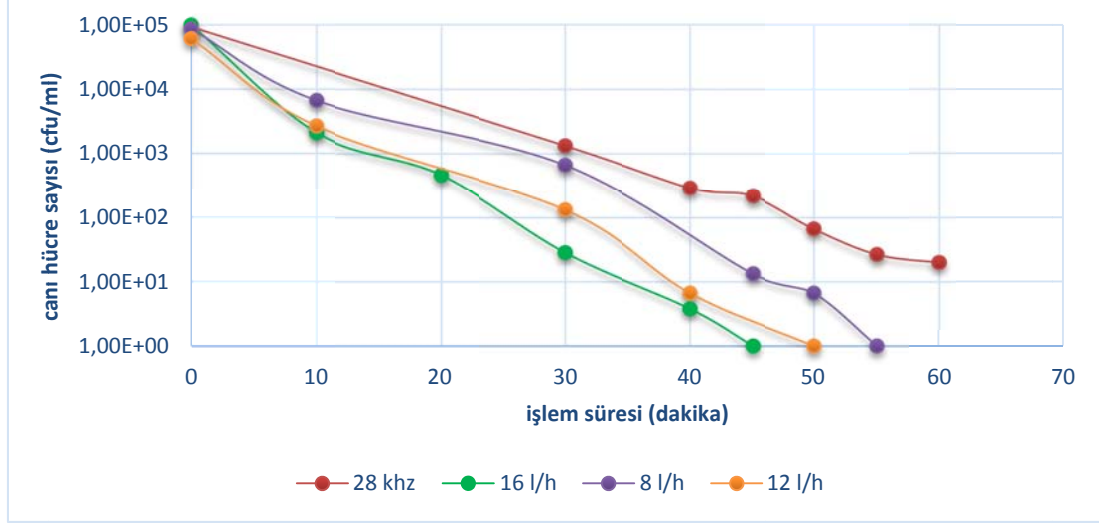


Şekil 7. Farklı derişimlerdeki  $\text{NO}_3^-$  iyonunun ultrasonik sisteme etkisi

### 3.3. Ultrasonik Ortama İlave edilen Azot Gazının Etkisi

Başlangıç hücre derişimi  $10^5$  cfu/mL olan ve farklı akış hızlarında (8 L/h, 12 L/h, 16 L/h)

sisteme ilave edilen azot gazını içeren çalışma çözeltisine 28 kHz frekansta ultrasonik güç uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 8.'de verilmiştir.



Şekil 8. 28 kHz'de farklı akış hızlarındaki azot gazının etkisi

## 4. SONUÇLAR

Çalışmada ultrasonik ortamda bulunabilecek iyonların mikroorganizma inaktivasyonu üzerine etkileri incelenmiş, yüksek mikroorganizma inaktivasyon verimlerine ulaşılmıştır. Ultrasonik sistemde farklı bakteri derişimlerinin, farklı frekansların, ortamda bulunabilecek iyonların mikroorganizma giderim performansına olumlu veya olumsuz olan etkileri incelenmiştir.

Çalışma ile içme ve kullanma suyunun ultrasound ile mikrobiyolojik olarak arıtılabileceği sonucuna varılmıştır. Ultrasonik sistemin tek başına veya hibrit olarak çalıştırılması ile çok daha yüksek verimlerde mikroorganizma inaktivasyonu önerilebilir.

Yapılan çalışmalar küçük ölçekli (laboratuar ortamında) gerçekleştirilmiş olup bu çalışmaların pilot ölçekli ve daha büyük sistemlerde denemesi bu çalışma sonucunda öneri olarak verilebilir. Ayrıca hedeflenen su ortamında bulunabilecek spesifik mikroorganizmalar için ayrı çalışmalar ile ultrasound sisteminde test edilmesi bir başka önerimiz olacaktır.

## KAYNAKLAR

- Gül, S (1994), *Atıksuların dezenfeksiyonu, Atıksu Arıtma Sistemleri Uygulamaları ve İşletilmeleri Bildiriler Kitabı*, Makine Mühendisleri Odası, Adana
- Kocasoy G. (Ed.) (1991), *"Atıksu Arıtma Sistemleri"*, TMMOB Kimya Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, 2.Baskı, İstanbul
- Metcalf ve Eddy (1981), *"Wastewater Engineering"*, McGraw Hill, New York, 432
- Montgomery J. M. (1985), *"Water Treatment Principles and Designs"*, A Wiley-Interscience Publication, John Wiley&Sons, Inc., USA 696
- Reynolds, T.D. (1999), *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering*, (Ed: Reynolds, T.D., Richards, P.A.), PWS Pub.Co., Boston
- Samsunlu A.. (1999), *"Çevre Mühendisliği Kimyası"*, SAM-Çevre Teknolojileri Merkezi Yayını, İstanbul, 393

Tokmak B., Çapar G., Dilek F.B. ve Yetiş Ü.  
(1998), Ankara *İçme Suyunda Trihalometanlar*, 1.Ulusal Çevre Kirliliği Kontrolü Sempozyumu, *Türkiye'nin Çevre Sorunları*, 99, Türkiye Çevre Vakfı Yayını, Ankara

USEPA (1999), *Alternative Disinfectants and Oxidants Guidance Manual*, 815-R-99014

### **Açıklama**

Bu makale kapsamında sunulan çalışmalar Anadolu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu Başkanlığı tarafından desteklenmiştir. Proje No: 1202F028