

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Didem ILDIRAR¹, Serap FINDIK^{1,*}

MAYA ENDÜSTRİSİ ATIKSUYUNUN ULTRASES İLE RENK GİDERİMİNDE ÇEŞİTLİ TUZLARIN ETKİSİ

ÖZ

Ultrases prosesi son yıllarda önem kazanan kimyasal oksidasyon yöntemidir. Uygun sıcaklık ve basınçta sucul ortama verilen ses dalgaları ile kavitasyon oluşmakta, suyun fiziksel ve kimyasal bileşimini değiştirerek atıksuda bulunan organik maddelerin daha az zararlı bileşiklere dönüşmesini sağlamaktadır. Bu çalışmada Orta Karadeniz bölgesinde bulunan bir maya fabrikasının biyolojik arıtma tesisi girişinden temin edilen atıksu kullanılmıştır. Ultrases ile maya endüstrisi atıksuyunda renk ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) giderimi araştırılmıştır. Ultrases kaynağı olarak 20kHz frekansa sahip ultrasonik homojenizatör kullanılmıştır. Ultrases ile 60dk reaksiyon sonunda %21,7 oranında renk giderimi sağlanmıştır. Çalışmada Na₂CO₃, CaCO₃, NaCl, CaCl₂ gibi tuzların ilavesinin ultrasonik bozunma üzerine etkisi incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ultrases, Maya endüstrisi atıksuyu, Kavitasyon, Renk giderimi

EFFECT OF SEVERAL SALTS ON ULTRASONIC DECOLORIZATION OF BAKER'S YEAST EFFLUENT

ABSTRACT

Ultrasound process is one of the chemical oxidation method. It gain importance in recent years. By using sound waves in liquid medium with proper temperature and pressure cavitation occurs and it changes chemical and physical properties of water. Organic pollutants in wastewater degradate into smaller or less harmful compounds. In this study, wastewater was supplied from baker's yeast factory which is located in the North of Turkey. Wastewater was collected before biological treatment. Decolorization and chemical oxygen demand (COD) removal of baker's yeast effluent with ultrasound were investigated. Ultrasonic homogeniser with 20kHz frequency was used as a source of ultrasound. By using ultrasound 21,7% decolorization was supplied at the end of 60min. In this study effect of several salts such as Na₂CO₃, CaCO₃, NaCl, CaCl₂ on the ultrasonic degradation was investigated.

Keywords: Ultrasound, Baker's yeast effluent, Cavitation, Decolorization

¹Hitit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, 19030, Çorum, Türkiye

*E-posta: serapfindik@hitit.edu.tr

Geliş: 17 Eylül 2014 **Düzeltilme:** 08 Aralık 2014 **Kabul:** 10 Ocak 2015

1. GİRİŞ

Endüstriyel atıksularda bulunan organik kirleticiler toksik özellikleri nedeniyle boşaltıldıkları alıcı ortama zarar vermektedir. Sudaki kirliliğin yok edilmesinde fiziksel prosesler, kimyasal oksidasyon, biyolojik arıtma ve ileri oksidasyon teknikleri kullanılmaktadır. İleri oksidasyon tekniklerinde amaç serbest radikaller yardımı ile CO₂, H₂O ya da zararsız ürünler oluşturmaktır. İleri oksidasyon teknikleri fenton reaksiyonları, foto fenton reaksiyonları, ozonlama, ıslak hava oksidasyonu ve ultrases gibi değişik oksidasyon yöntemlerini içermektedir (Pang ve ark., 2011).

Maya endüstrisi atıksuyu yüksek organik yükü ve koyu rengi ile önemli bir kirlilik kaynağıdır. Maya üretiminde su, hammadde olan melasın temizlenmesi ve sterilize edilmesinde, fermantasyon prosesinin her aşamasında ve sonrasında, filtreleme, karıştırma, ekstrüzyon ve kesme aşamalarında, üretim alanlarının ve donanımın temizliğinde kullanılmaktadır (Çatalkaya ve Şengül, 2006).

Şeker üretiminin ara ürünü olan melas maya üretiminin ve fermantasyon endüstrisinin hammaddesini oluşturmaktadır. Melas melanoidin adı verilen renkli bileşikler içermektedir. Melanoidinler yüksek molekül ağırlığına sahip polimerlerdir ve amino bileşiklerle karbohidratların bir dizi paralel ve ardışık reaksiyonları sonucu oluşur. Biyolojik arıtma yöntemleri ile melanoidinlerin %6 yada %7'si parçalanmaktadır (Pala ve Erden, 2005; Pena ve ark., 2003). Bu nedenle daha etkili arıtma yöntemleri ya da biyolojik arıtma ile birlikte ilave arıtma işlemleri gerekmektedir.

Melas içeren atıksuların arıtılmasında ozonlama (Pena ve ark, 2003; Coca ve ark, 2005; Zeng ve ark., 2009), koagülasyon (Liang ve ark., 2009a; Liang ve ark., 2009b, Zhou ve ark., 2008), elektrokoagülasyon (Koby ve Delipınar, 2008; Genç ve ark., 2012), ultraviyole (Çatalkaya ve Şengül, 2006), Fenton oksidasyonu (Pala ve Erden, 2005), ultrases (Sangave ve ark., 2004, 2006) gibi yöntemlerle yapılmış çalışmalar bulunmaktadır.

Ultrases, frekansı 16kHz'in üzerinde olan ve insan kulağının duyamayacağı seslerdir. Ultrases prosesinde uygun sıcaklık ve basınçta sucul ortama verilen ses dalgaları suyun fiziksel ve kimyasal bileşimini değiştirerek sıvı içerisinde H[•], OH[•], H₂O₂ gibi radikallerin oluşmasına neden olmaktadır. Bu radikaller atıksudaki toksik ve organik bileşiklerin CO₂, N₂, NO₃, COOH gibi kararlı son ürünlere veya daha az zararlı bileşiklere dönüşmesini sağlamaktadır (Serpone ve Colarusso, 1994).

Ultrases uygun ortamda sıkışıp seyrelmeler şeklinde ilerleyen bir enerjidir. Ultrases dalgalarının seyrelme fazında boşluk biçiminde bir kesilme olur. Bu boşluk ise verilen sıvının doymuş buharı ile doludur. Sıkıştırma fazında buhar yoğunlaşır, boşluk çeperleri üst yüzey geriliminin ve artan basıncın etkisi sonucu bozunur. Sıkışma son bulduğunda ortamda hızla buharlaşan etrafı çevrili sıvı içinde, saniyelik şok dalgaları oluşur. "Kavitasyon" olarak adlandırılan bu olay sonucunda 1000 atm'nin üzerinde basınç ve 2000-5000K gibi yüksek sıcaklık oluşur. Bu enerji, kabarcıkların bulunduğu bölgeyi ısıtır ve kimyasal reaksiyonlara neden olur. Ultrasoniğin temel prensibi de açığa çıkan bu yüksek ısı ve enerjinin kullanılabilirliği üzerinedir (Merouani ve ark., 2010a, 2010b; Joseph ve ark., 2009)

Ultrases prosesinin uygun koşullarda yürütülmesi ile gerçekleşen ilk olay su moleküllerinin H[•] ve OH[•] radikallerine dönüşmesidir. OH[•] radikali kuvvetli oksitleyici olup organik kirleticilerle reaksiyona girebilir. Ultrasonik bozunma iki temel mekanizma ile meydana gelir: Birinci mekanizma çöken oyuğun içinde ve civarında yüksek sıcaklığın etkisiyle pirolitik bozunmadır. İkinci mekanizmada ise çözelti yada çözelti/oyuk arayüzündeki organik maddeler OH[•] radikalleri ile oksitlenir. OH[•] radikalleri ile oksidasyon ve piroliz oranı çözeltide bulunan organik bileşiğin fiziksel özelliklerine bağlıdır. Genelde tetraklorometan, benzen ve klorobenzen gibi hidrofobik ve uçucu bileşikler oyuk içinde ısıl bozunmaya uğrar. Oyuk içindeki enerji kimyasal bağları kırmak için yeterlidir. Fenol, klorofenol gibi buhar basıncı düşük hidrofobik bileşikler ise oyuk/çözelti ara yüzeyinde veya çözelti içinde OH[•] radikalleri ile oksitlenir. Hidrofobik ve uçucu bileşikler kolayca yok edilirken uçucu olmayan hidrofobik bileşiklerin ultrases ile oksidasyonu zordur (Drijver ve ark., 1999; Gonze ve ark., 1999).

Biyolojik arıtma ile maya endüstrisi atıksuyunda deşarj standartları sağlanmaktadır. Ancak atıksu biyolojik yöntemle parçalanması zor olan maddeler içermektedir. Ayrıca çevre ile ilgili yapılan düzenlemeler ile arıtılan atıksularda deşarj limit değerleri azaltılmaktadır. Bu nedenle alternatif arıtma

yöntemlerinin araştırılması önem kazanmaktadır. Bu çalışmanın amacı maya fabrikası atıksuyunun ileri oksidasyon yöntemlerinden biri olan ultrases ile arıtılmasının incelenmesidir. Atıksu bir maya fabrikasından temin edilmiş olup, ultrases ile birlikte çeşitli tuzların renk ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) giderimine etkisi araştırılmıştır.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmada kullanılan atıksu Orta Karadeniz Bölgesinde bulunan bir maya fabrikasından temin edilmiştir. Biyolojik arıtma girişinden alınan atıksu +4 °C’de saklanmıştır. Atıksuyun özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

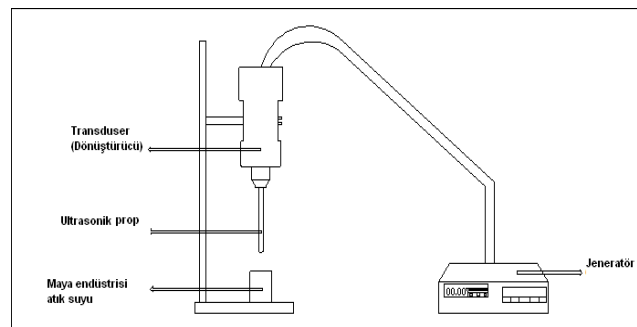
Çizelge 1. Maya endüstrisi atıksuyunun özellikleri

Maya Atıksuyu Özellikleri		
Parametreler	Biyolojik Arıtma	Biyolojik Arıtma
	Giriş	Çıkışı
pH	5,0-6,5	6,5-8,0
KOİ (mg/l)	4000-6000	50-100
Renk (Pt-Co)	200-900	100-200

Deneylerde Emir Kimya tarafından temin edilen CaCl_2 ve CaCO_3 ; sofr tuzu, British Drugs Houses firması tarafından temin edilen Na_2CO_3 kullanılmıştır.

Ultrases kaynağı olarak Bandelin firmasından temin edilen 20 kHz frekans ve 200 W güçte HD 2200 kodlu Ultrasonik Homojenizatör ve çapı 12,7 mm, uzunluğu 130 mm olan VS70T titanyum prop kullanılmıştır. Ultrasonik homojenizatör gücü ortalama %40 ve vuruş döngüsü %30 olarak belirlenmiştir. Şekil 1 deney düzeneğini göstermektedir.

Çalışmada hacmi 500 ml, yüksekliği 12 cm ve çapı 10 cm olan cam reaktör kullanılmıştır. Maya fabrikasının biyolojik arıtma girişinden alınan atıksu filtre edildikten sonra $\frac{1}{4}$ oranında saf su ile seyreltilmiştir. Deneyler seyreltilmiş 500ml atıksu ve belirlenen miktarlarda tuz eklenerek yapılmıştır. Ultrases probu tabandan 3 cm’lik boşluk kalacak şekilde cam reaktör içerisine daldırılmıştır. Deney süresi 1 saat olarak belirlenmiştir ve 15 dakika aralıkla numune alınmıştır. Deneyler en az 3 en fazla 5 defa tekrarlanmıştır.



Şekil 1. Ultrasonik homojenizatör şematik görünümü

15 dakika aralıklarla alınan numune 10 dakika boyunca 4000 devir/dakika'da santrifüj edilmiştir. Renk ve KOİ analizi için HACH DR-2400 spektrofotometresi kullanılmıştır. KOİ ölçümlerinde 0-1500 ppm aralığına sahip KOİ kitleri kullanılmıştır. KOİ ölçümleri spektrofotometrede bulunan "435 KOİ HR" kodlu program ile yapılmıştır.

Absorbans ölçümleri farklı dalga boylarında yapılmış ve en yüksek absorbansı veren dalga boyu seçilmiştir. Maya endüstrisi atıksuyunda en yüksek absorbans 400nm dalga boyunda elde edilmiştir. Bu nedenle tüm absorbans ölçümleri 400nm dalga boyunda yapılmıştır.

Renk giderim yüzdesi aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{ renk giderimi} = (C_0 - C) / C_0 * 100 \quad (1)$$

C_0 numunenin başlangıç konsantrasyon değeri, C ise belirli sürede alınan numunenin konsantrasyon değeridir.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

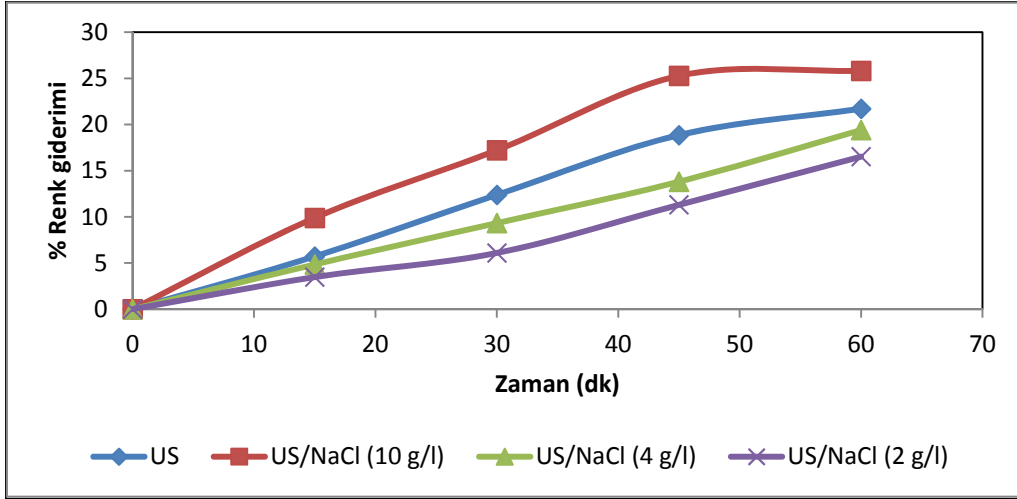
Ultrasonik parçalanma verimini artırmak için çeşitli tuzlar kullanılmaktadır. Tuzun varlığı ayrılma katsayısını değiştirerek sulu ve organik fazın dağılımını değiştirebilir. Sonucunda gaz sıvı arayüzeyinde organik kirletici konsantrasyonunu artırarak parçalanma hızını artırabilir. Tuzun eklenmesi buhar basıncını düşürür fakat organik kirleticinin hidrofiliğini, yüzey gerilimini ve sulu fazın iyonik dağılımını artırabilir. Fizikokimyasal özelliklerin değişmesi ile oyuk oluşumu kolaylaşır ve oyuklar daha şiddetli çöker. Organik kirletici sulu fazdan oyuk içine doğru hareket eder ve OH⁻ radikallerinin yakalanma olasılığı artar. Sonucunda ultrasonik parçalanma artar. Öte yandan tuz kullanımı ultrasonik parçalanmayı bastırabilir (Gogate ve Katekhaye, 2012; Pang ve ark., 2011, Seymur ve Gupta, 1997)

Bu çalışmada maya endüstrisi atıksuyunun ultrasonik parçalanmasında NaCl, CaCl₂, CaCO₃ ve Na₂CO₃ tuzlarının etkisi incelenmiştir.

Deneyler ortam sıcaklığında başlatılmıştır. Ultrasonik parçalanma sırasında açığa çıkan enerji nedeniyle sıcaklık artışı olmaktadır. Deneyler sırasında sıcaklık kademeli olarak artarak 20°C'den 40°C'ye yükselmiştir. Bir saat tepkime sonunda 20°C sıcaklık artışı gözlenmiştir. Benzer sonuç literatürde damıtma atıksuyunun ultrasonik arıtılmasında görülmektedir (Sangave ve ark., 2004, 2006). Yılmaz (2014) yaptığı çalışmada maya endüstrisi atıksuyunun ultrasonik arıtımında sıcaklık etkisini incelemiştir. Sabit sıcaklıkta (17°C ve 28°C) ve kontrolsüz sıcaklıkta çalışılmış olup en yüksek renk giderimi kontrolsüz sıcaklıkta sağlanmıştır. Kademeli sıcaklık artışı ve ultrasenin akustik etkisi atıksuda farklı ara ürünlerin oluşumunu etkileyerek renk giderimini artırmıştır. Bu sonuçlar dikkate alındığında sıcaklık kontrolü yapılmadan çalışmaya devam edilmiştir.

NaCl Etkisi

Maya endüstrisi atıksuyunun ultrasonik renk gideriminde NaCl etkisi incelenmiştir. Şekil 2 NaCl ilavesinin etkisini göstermektedir. Şekil 2'den görüldüğü gibi NaCl miktarı arttıkça renk giderim oranı artmaktadır. Ancak düşük miktarlarda NaCl için sadece ultrases ile yapılan deneylere göre daha düşük renk giderimi sağlanmıştır. Yalnız ultrases ile 60dk reaksiyon sonunda %21,7 renk giderimi sağlanırken 10g/l NaCl ilavesi ile 60dk sonunda %25,8 renk giderimi sağlanmıştır.

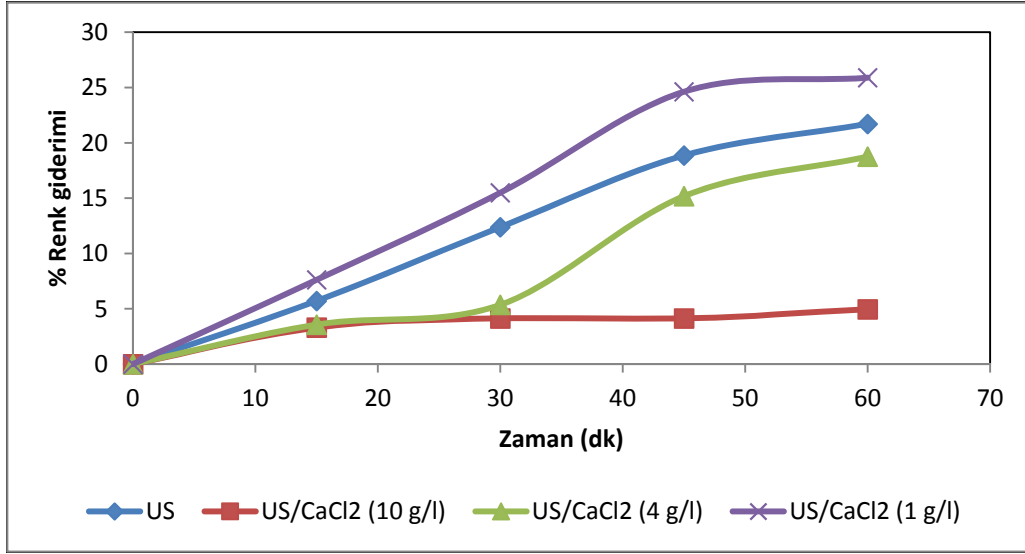


Şekil 2. Maya endüstrisi atıksuyunun ultrasonik renk gideriminde NaCl etkisi

Çeşitli kirleticilerin NaCl ilave edilerek ultrasonik parçalanmasında benzer sonuçlar elde edilmiştir. Gogate ve ark. (2006) formik asitin ultrasonik parçalanmasında NaCl etkisini incelemişlerdir. Optimum tuz miktarına kadar tuz miktarı arttıkça parçalanma artmıştır. Mahamuni ve Pandit (2006) fenolün parçalanmasında NaCl etkisini incelemiştir. %8 NaCl ile %2 NaCl'ye göre daha yüksek parçalanma sağlanmıştır. Yüksek miktarda NaCl ara fazda fenol konsantrasyonunu artırmıştır. 2-4 dinitrofenol, boyar madde olan reaktif parlak kırmızı, potasyum iyodür, formik asit gibi bileşiklerin ultrasonik parçalanmasında da artan NaCl miktarının parçalanmayı artırıcı etkisi görülmüştür (Gogate ve Katekhaye, 2012; Guo ve ark, 2008; Wang ve ark., 2008; Fındık ve Gündüz, 2007). Öte yandan metilen mavi boyar maddesinin ultrasonik parçalanmasında NaCl ilavesinin parçalanmayı azalttığı görülmektedir. Klor iyonları oksitleyici radikalleri yakalayarak ultrasonik parçalanmayı bastırmaktadır (Shimizu ve ark., 2007).

CaCl₂ Etkisi

Şekil 3' den görüldüğü gibi CaCl₂ miktarı arttıkça renk giderim oranı azalmaktadır. 1g/l CaCl₂ ile 60dk sonunda % 25,9 renk giderimi sağlanırken artan CaCl₂ miktarları için sadece ultrasese göre daha düşük renk giderimi sağlanmıştır. 1g/l CaCl₂ ile oyuk oluşumu artmakta ve tuz ilavesinin pozitif etkisi görülmektedir. Artan klor iyonları oksitleyici radikalleri yakalayarak ultrasonik parçalanmayı bastırmaktadır. Benzer sonuç çeşitli kirleticilerin ultrasonik parçalanmasında da görülmektedir. Anju ve ark. (2012) fenolün ultrasonik parçalanmasında, Shimizu ve ark. (2007) ise metilen mavi (boyar madde)'nin ultrasonik parçalanmasında tuzun negatif etkisi olduğunu tespit etmişlerdir.

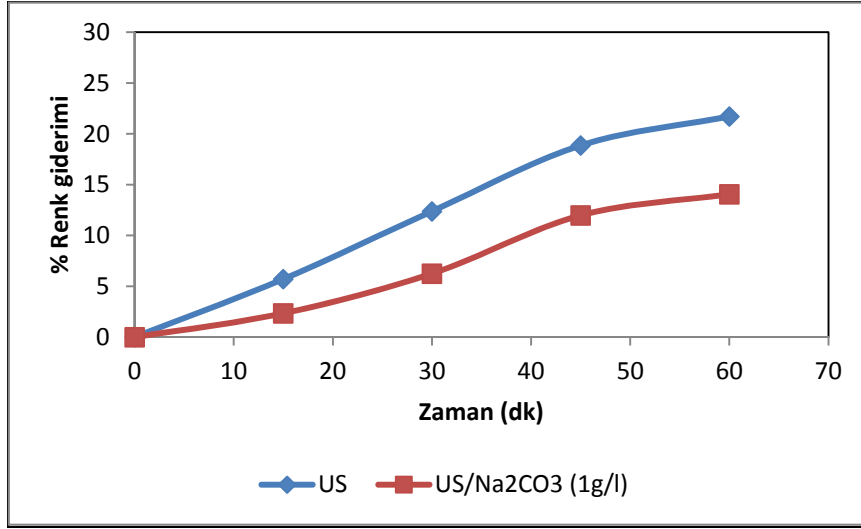


Şekil 3. Maya endüstrisi atıksuyunun ultrasonik renk gideriminde CaCl₂ etkisi

Na₂CO₃ Etkisi

Maya endüstrisi atıksuyunun ultrasonik renk gideriminde Na₂CO₃ etkisi incelenmiştir. Çalışmada 1, 4 ve 10g/l Na₂CO₃ kullanılmıştır. 4 ve 10g/l Na₂CO₃ ile renk giderimi sağlanamamıştır. 1g/l Na₂CO₃ ile elde edilen renk giderimi Şekil 4'te görülmektedir. Şekil 4'ten görüldüğü gibi Na₂CO₃ ile 60dk reaksiyon sonunda sadece ultrasese göre daha düşük renk giderimi elde edilmiştir. Na₂CO₃ ilavesi renk giderimini azaltmakta, artan Na₂CO₃ miktarlarında ise renk giderimini engellemektedir. Na₂CO₃'ün sulu faza eklenmesi ile HCO₃⁻ ve CO₃²⁻ iyonları oluşmaktadır. Bu iyonlar OH• radikalleri ile kolayca reaksiyona girmektedir. Sonucunda ise OH•radikallerinin konsantrasyonu azalmaktadır. Guo ve ark. (2008) 2,4-dinitrofenolun ultrasonik parçalanmasında benzer sonucu elde etmişlerdir. Shimizu ve ark. (2007) metilen mavi (boyar madde)'nin ultrasonik parçalanmasında Na₂CO₃ ilavesinin ultrasonik parçalanmayı azalttığını ve elde ettikleri bu sonuç ile OH• radikallerinin parçalanma reaksiyonunda önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Merouani ve ark. (2010a) boyar madde Rhodamin B'nin ultrasonik parçalanmasında karbonat ve bikarbonat iyonlarının etkisini incelemiştir. Konsantrasyonu 3 ve 5mg/l olan Rhodamin B sulu çözeltisinin ultrasonik parçalanmasında bikarbonat ve karbonat iyonlarının negatif etkisi olmaktadır. Moumeni ve ark. (2012) malacite yeşil (boyar madde)'nin brom iyonları ile ultrasonik parçalanmasında karbonat iyonlarının etkisini incelemiştir. Bikarbonat iyonları oyuk yüzeyindeki OH• radikallerini yakalayarak negatif etki yapmaktadır. Bir başka çalışmada ise kristal mor (boyar madde) içeren sulu çözeltinin ultrasonik parçalanmasında bikarbonat iyonlarının etkisi incelenmiştir. Yüksek konsantrasyonda karbonat iyonları ultrasonik parçalanmayı negatif etkilemektedir (Guzman-Duque ve ark., 2011).



Şekil 4. Maya endüstrisi atıksuyunun ultrasonik renk gideriminde Na₂CO₃ etkisi

CaCO₃ Etkisi

Çalışmada maya endüstrisi atıksuyunun ultrasonik renk giderimine CaCO₃ etkisi incelenmiştir. 1, 4 ve 10g/l CaCO₃ kullanılarak deneyler yapılmıştır. Ancak çalışılan CaCO₃ değerlerinde renk giderimi sağlanamamıştır. CaCO₃ ilavesinin renk giderimini bastırdığı görülmüştür. CO₃²⁻ iyonları OH· radikallerini yakalayarak ultrasonik parçalanmayı bastırmaktadır.

Karbonat iyonları OH· radikalleri ile tepkimeye girerek CO₃⁻ radikallerini oluşturmaktadır. OH· radikalleri organik bileşiklerle hızla tepkimeye girmektedir. Buna karşın CO₃⁻ radikalleri oldukça seçicidir (Merouani ve ark., 2010b). CO₃²⁻ iyonlarının OH· radikalleri ile kolayca tepkimeye girmesi nedeniyle OH· radikallerinin sayısı azaltılmaktadır. Sonucunda ise ultrasonik parçalanmayı bastırmaktadır. m-ksilen'in ultrasonik parçalanmasında CO₃²⁻ iyonunun negatif etkisi görülmektedir (Xie ve ark., 2011).

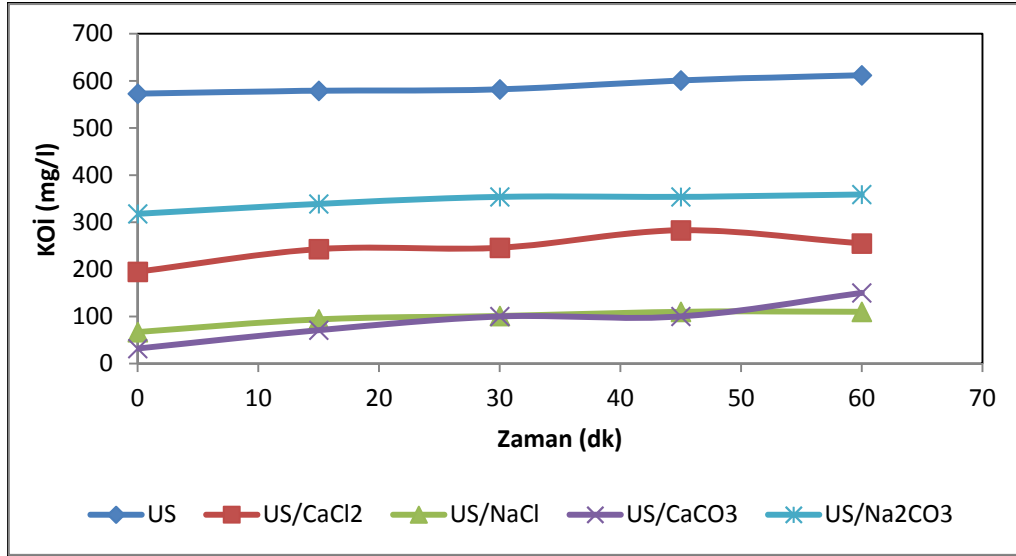
Çeşitli Tuzların KOİ Giderimine Etkisi

Maya endüstrisi atıksuyunun ultrasonik KOİ giderimine çeşitli tuzların etkisi incelenmiş olup sonuçlar Şekil 5'de verilmiştir. KOİ organik karbonun tamamen oksitlenmesi için gerekli oksijen miktarını ifade etmektedir. KOİ değerindeki değişim organik madde miktarındaki değişimi göstermektedir. Şekil 5'den görüldüğü gibi bir saatlik tepkime süresinde KOİ değerlerinde değişim olmamıştır. Ultrasonik parçalanmanın KOİ giderimine olumlu etkisi bulunmamaktadır. Çalışmada kullanılan maya endüstrisi atıksuyu çok sayıda organik bileşik içermektedir. Ultrasonik parçalanma sırasında oluşan ara ürünler KOİ değerlerinin değişmemesine neden olmaktadır.

Literatürde de benzer sonuçlar elde edilmiştir. Damıtma atıksuyunun ultrasonik arıtımında KOİ gideriminin ihmal edilebilir olduğu görülmüştür (Sangave ve Pandit, 2004,2006). Ultrases dalgaları atıksu içindeki moleküllerin oksidasyonunun tamamlanmasından ziyade moleküllerin yeniden yapılanmasına neden olmaktadır. Gerçek atıksu olması durumunda atıksuyun yapısının karmaşıklığı nedeniyle ultrasonik bozunma çok sayıda ürünün oluşmasına neden olmaktadır. Düşük frekansta ultrases kirletici moleküllerin daha küçük moleküllere parçalanmasına neden olmaktadır.

Dükkancı ve Gündüz (2013) bütirik asit'in ultrasonik parçalanmasında ara ürünlerin konsantrasyonunun zamanla arttığını belirtmiştir. Bütirik asitin ultrasonik parçalanması ve ara ürünlerin oluşumu paralel bir yol izlemektedir. Sulu fazda saptanan organik ara ürünlerin karbon miktarının toplamı başlangıçta bütirik asitin sulu çözeltisinde bulunan karbon miktarına eşittir. Bu sonuç

oksitlenmenin tamamlanmadığını göstermektedir. Bütirik asitin daha düşük molekül ağırlıklı ara ürünlere dönüştüğü ve KOİ değerlerinde azalma olmadığı belirtilmiştir.



Şekil 5. Maya endüstrisi atıksuyunun ultrasonik arıtımında çeşitli tuzların KOİ giderimine etkisi (tuz miktarı: 1g/l)

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada biyolojik arıtım öncesi maya endüstrisi atıksuyunun ultrasonik arıtımında çeşitli tuzların etkisi incelenmiştir. Atıksu Orta Karadeniz’de bulunan bir maya fabrikasından temin edilmiş olup ultrases kaynağı olarak 20kHz frekansa sahip ultrasonik homojenizatör kullanılmıştır. NaCl, CaCl₂, Na₂CO₃ ve CaCO₃’ün ultrasonik renk ve KOİ giderimine etkisi araştırılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Sadece ultrases kullanarak 60dk sonunda %21,7 renk giderimi sağlanmıştır.
- NaCl miktarı arttıkça renk giderim oranı artmaktadır. 10g/l NaCl ile %25,8 renk giderimi elde edilmiştir.
- CaCl₂ miktarı azaldıkça renk giderim oranı artmaktadır. 1g/l CaCl₂ ile 60dk sonunda %25,9 renk giderimi sağlanmıştır.
- 1g/l ‘nin üzerindeki Na₂CO₃ miktarları için renk giderimi sağlanamamıştır. 1g/l’de elde edilen renk giderimi sadece ultrases kullanılarak elde edilen renk giderimine göre oldukça düşüktür.
- CaCO₃ ilavesi ile renk giderimi sağlanamamıştır.
- Kullanılan tuzlar ile KOİ giderimi sağlanamamıştır.
- Ultrasonik arıtma verimini artırmak için ultrases ve ileri oksidasyon yöntemleri birlikte kullanılabilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Hitit Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından MUH.03.13.002 no’lu proje ile desteklenmiştir. Sağlanan maddi destek için Hitit Üniversitesine teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

- Anju, S. G., Yesodharan, S. and Yesodharan, E. P. (2012). Zinc Oxide Mediated Sonophotocatalytic Degradation of Phenol, *Chemical Engineering Journal* 189-190, 84-93.
- Coca, M., Pena, M. and Gonzalez, G. (2005). Variables Affecting Efficiency of Molasses Fermentation Wastewater Ozonation, *Chemosphere* 60, 1408-1415.
- Çatalkaya, E. Ç. and Şengül, F. (2006). Application of Box-Wilson Experimental Design Method for the Photodegradation of Bakery's Yeast Industry with UV/H₂O₂ and UV/H₂O₂/Fe(II) Process, *Journal of Hazardous Materials* 128(2-3), 201- 207.
- Drijvers, D., Langenhove, H.V., Kim, L.N. and Bray, L. (1999). Sonolysis of an Aqueous Mixture of Trichloroethylene and Chlorobenzene, *Ultrasonics Sonochemistry* 6, 115-121.
- Dükkancı, M. and Gündüz, G., (2013), Sonolytic Degradation of Butyric Acid in Aqueous Solutions, *Journal of Environmental Management* 129, 564-568.
- Fındık, S. and Gunduz ,G. (2007). Sonolytic Degradation of Acetic Acid in Aqueous Solutions, *Ultrason. Sonochem.* 14(2), 241-245.
- Gengec, E., Koby, M., Demirbas, E., Akyol, A. and Oktor, K. (2012). Optimization of Baker's Yeast Wastewater using Response Surface Methodology by Electrocoagulation, *Desalination* 286, 200-209.
- Gogate, P. R., Pandit, A. B., Wilhemn, A. and Ratsimba, B. (2006). Destruction of Formic Acid using High Cup Horn Reactor, *Water Research* 40, 1697-1705.
- Gogate, P.R. and Katekhaye, S.N. (2012). A Comparison of the Degree of Intensification Due to the use of Additives in Ultrasonic Horn and Ultrasonic Bath, *Chemical Engineering and Processing* 61, 23-29.
- Gonze, E., Fourel, L., Gonthier, Y., Boldo, P. and Bernis, A. (1999). Wastewater Pretreatment with Ultrasonic Irradiation to Reduce Toxicity, *Chemical Engineering Journal* 73, 93-100.
- Guo Z., Feng, R., Li, J. and Zheng, Y. (2008). Degradation of 2,4 Dinitrophenol by Combining Sonolysis and Different Additives, *J. Hazard Mater.* 158(1), 164-169.
- Guzman-Duque, F., Petrier, C., Pulgarin, C. and Penuela, G. (2011). Effects of Sonochemical Parameters and Inorganic Ions During the Sonochemical Degradation of Crystal Violet in Water, *Ultrasonics Sonochemistry*, 18, 440-446.
- Joseph, C. G., Puma, G. L., Bono, A. and Krishnaiah, D. (2009). Sonophotocatalysis in Advanced Oxidation Process: A Short Review, *Ultrasonics Sonochemistry* 16, 583-589.
- Koby, M. and Delipinar, S. (2008). Treatment of the Baker's Yeast Wastewater by Electrocoagulation, *Journal of Hazardous Materials* 154, 1133-1140.
- Liang, Z., Wang, Y., Zhou, Y., Liu, H. and Wu, Z. (2009a). Variables Affecting Melanoidins Removal from Molasses Wastewater by Coagulation/Flocculation, *Separation and Purification Technology* 68, 382-389.
- Liang, Z., Wang, Y., Zhou, Y., Liu, H. and Wu, Z. (2009b). Coagulation Removal of Melanoidins from Biologically Treated Molasses Wastewater using Ferric Chloride, *Chemical Engineering Journal* 152, 88-94.

- Mahamuni, N. N. and Pandit, A. B. (2006). Effect of Additives on Ultrasonic Degradation of Phenol, *Ultrasonics Sonochemistry* 13, 165-174.
- Merouani, S., Hamdaoui, O., Saoudi, F. and Chiha, M. (2010a). Sonochemical Degradation of Rhodamine B in Aqueous Phase: Effects of Additives, *Chemical Engineering Journal* 158, 550-557.
- Merouani, S., Hamdaoui, O., Saoudi, F., Chiha, M. and Petrier, C. (2010b). Influence of Bicarbonate and Carbonate Ions on Sonochemical Degradation of Rhodamine B in Aqueous Phase, *Journal of Hazardous Materials* 175, 593-599.
- Moumeni, O. and Hamdaoui, O. (2012). Intensification of Sonochemical Degradation of Malachite Green by Bromide Ions, *Ultrasonics Sonochemistry* 19, 404-409.
- Pala, E. and Erden, G. (2005). Decolorization of a Baker's Yeast Industry Effluent by Fenton Oxidation, *Journal of Hazardous Materials* B127, 141-148.
- Pang, Y. L., Abdullah, A. Z. and Bhatia, S. (2011). Review on Sonochemical Methods in the Presence of Catalysts and Chemical Additives for Treatment of Organic Pollutants in Wastewater, *Desalination* 227, 1-14.
- Pena, M., Coca, M., Gonzalez, R. R. and Garcia, M. T. (2003). Chemical Oxidation of Wastewater from Molasses Fermentation with Ozone, *Chemosphere* 51, 893-900.
- Sangave, P. C. and Pandit, A. B. (2004). Ultrasound Pre-treatment for Enhanced Biodegradability of the Distillery Wastewater, *Ultrasonic Sonochemistry* 11, 197-203.
- Sangave, P. C. and Pandit, A. B. (2006). Ultrasound and Enzyme Assisted Biodegradation of Distillery Wastewater, *Journal of Environmental Management* 80, 36-46.
- Serpone, N. and Colarusso, P. (1994). Sonochemistry I. Effects of Ultrasounds on Heterogeneous Chemical Reactions – a useful Tool to Generate Radicals and to Examine Reaction Mechanisms, *Research on Chemical Intermediates* 20(6), 635-679.
- Seymour, J. and Gupta R.B. (1997). Oxidation of Aqueous Pollutants using Ultrasound: Salt Induced Enhancement, *Ind Eng. Che. Res.* 36, 3453-3457.
- Shimizu, N., Ogino, C., Dadjour, M. F. and Murata, T. (2007). Sonocatalytic Degradation of Methylene Blue with TiO₂ Pellets in Water, *Ultrasonics Sonochemistry* 14, 184-190.
- Wang, X., Yao, Z., Wang, J., Guo, W. and Li, G. (2008). Degradation of Reactive Brilliant Red in Aqueous Solution by Ultrasonic Cavitation, *Ultrasonics Sonochemistry* 15, 43-48.
- Xie, W., Qin, Y., Liang, D. and Song, D., He, D. (2011). Degradation of m-xylene Solution using Ultrasonic Irradiation, *Ultrasonics Sonochemistry* 18, 1077-1081.
- Yılmaz, E., (2014). Maya Endüstrisi Atıksuyunun Ses Ötesi Dalgalarla Arıtılması, Yüksek Lisans Tezi, Çorum, Türkiye: Hitit Üniversitesi.
- Zeng, Y. F., Liu, Z. L. and Qin, Z. Z. (2009). Decolorization of Molasses Fermentation Wastewater by SnO₂-catalyzed Ozonation, *Journal of Hazardous Materials* 162, 682-687.
- Zhou, Y., Liang, Z. and Wang, Y. (2008). Decolorization and COD Removal of Secondary Yeast Wastewater Effluents by Coagulation using Aluminum Sulfate, *Desalination* 225, 301-311.