

Mezbahane Atıksularından KOI, Yağ-Gres ve Bulanıklık Giderimi Üzerine Bir Çalışma: Kimyasal Koagülasyon Prosesiyle Ön Arıtımı

Fuat ÖZYONAR*, Bünyamin KARAGÖZOĞLU

*Cumhuriyet Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü,
58140 Sivas-Türkiye*

Received: 19.10.2010, Accepted: 02.02.2011

Özet. Bu çalışmada, mezbaha endüstrisi atıksularının ön arıtımında kimyasal koagülasyon ve flokülasyon prosesi ile arıtılabilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, Sivas (Türkiye) ilinde faaliyet gösteren bir mezbahane endüstrisinden atıksu numuneleri alınmış ve 3 farklı türde koagülan maddenin ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) kullanıldığı koagülasyon deneylerinde başlangıç pH'ın ve koagülan madde dozajının; KOI, yağ-gres ve bulanıklık giderme verimi üzerine etkisi araştırılmıştır. Koagülasyon prosesinin optimum işletme koşulları belirlenmiştir. Bu koşullar; hem $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ hem de $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ için pH 7 ve koagülan dozu $200 \text{ mgMe}^{+3}/\text{l}$ olarak bulunmuştur. Bununla birlikte $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ için optimum işletme koşulları pH 6 ve koagülan dozu $100 \text{ mgMe}^{+3}/\text{l}$ 'dir. Bu işletme koşullarında, alüminyum sülfat ve demir sülfat koagülan maddelerinin kullanıldığı koagülasyon deneylerinde, KOI, yağ-gres ve bulanıklık giderme verimleri, sırasıyla %36,4, %93,6 ve %89,8. ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$) ve %27,6, %88,6 ve %85,9'dir ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). En yüksek KOI giderme verimi %37,4 ile demir (III) klorür koagülan maddesiyle ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) elde edilmiştir. Bu koagülan maddenin kullanılmasıyla yağ-gres ve bulanıklık giderme verimleri ise sırasıyla, %89,9 ve %75,6 olarak bulunmuştur. Ayrıca üç koagülan maddenin çamur oluşumu, teknik ve ekonomik açıdan karşılaştırılması da yapılmıştır. En yüksek çamur oluşumu $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ($3.28 \text{ kg}/\text{m}^3$) ile elde edilmiştir. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ and $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ için işletme maliyetleri sırasıyla 0,567- 0,233-0,265 $\$/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mezbahane Atıksularını Arıtımı, Koagülasyon ve flokülasyon, KOI, Yağ-gres ve Bulanıklık Giderimi.

A Study on Removal of COD, Oil-grease and Turbidity from Meat Slaughterhouse Wastewater: Pretreatment by Chemical Coagulation Process

Abstract. This study, it was aimed to investigate the treatment of slaughterhouse wastewater by chemical coagulation-flocculation process. For this purpose, wastewater samples were provided from a slaughterhouse in Sivas City and the effect of initial pH and coagulant dosage on COD, oil-grease and turbidity removal efficiency were investigated for three different coagulants ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). The optimum operation conditions of

*Corresponding author. Email address: fozyonar@cumhuriyet.edu.tr

Fuat ÖZYONAR, Bünyamin KARAGÖZOĞLU

coagulation process were determined. This conditions, optimum pH and coagulant dosage for both $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ and $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 7H_2O$ were pH 7 and 200 mgMe³⁺/l. Moreover optimum operation conditions for $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ were pH 6 and 100 mgMe³⁺/l coagulant dosage. At the optimum operation conditions, COD, oil-grease and turbidity removal efficiencies were 36.4%, 93.6%, 89.8% for $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ and 27.6%, 88.6%, 85.9% for $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 7H_2O$ respectively. The max. COD removal efficiency with $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ (37.4%) was obtained. Oil-grease and turbidity removal efficiencies of $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ were 89.9% and 75.6% respectively. Furthermore, sludge production and economical and technical aspects of the three coagulants were also compared. The higher sludge production with $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 7H_2O$ (3.28 kg/m³) was obtained. Operation costs for $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 7H_2O$ and $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ were calculated to be 0.527-0.233-0.265 \$/m³ respectively.

Keywords: Slaughterhouse Wastewater Treatment, Coagulation and flocculation, COD, Oil-Grease and Turbidity Removal.

GİRİŞ

Farklı endüstrilerden çeşitli türde prosesler sonucunda ortaya çıkan ve deşarj edildikleri su ortamında olumsuz etkilere neden olan atıksular, inorganik yada organik kökenli maddeleri içermektedir. Bu endüstriyel atıksular deşarj edildikleri alıcı ortamlarda kirlenmelere ve ekolojik dengenin bozulmasına sebep olmaktadır. Özellikle atıksuların alıcı ortama vereceği zarar, hacimleri ve konsantrasyonuna bağlı olarak değişmektedir. Gıda sanayinde önemli bir yeri olan Mezbahane endüstrisi, proste kullanılan su hacmi ve kirletici konsantrasyonu bakımından önemli bir kirlilik kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır. Mezbaha ve entegre et tesislerinden gelen atıksular kimyasal olarak evsel atıksuya benzer fakat bunlara göre oldukça konsantre yapı sergilemektedir.

Mezbahane endüstrisi atıksuları; yüksek miktarda organik madde (KOl, BOİ), toplam askıda katı, toplam fosfor, toplam azot, yağ ve gres ihtiva eden ve biyolojik olarak ayrışabilen önemli bir çevre kirletici kaynağıdır [1, 2]. Bazı araştırmacılar farklı entegre et ve mezbahanelerde yaptıkları atıksu karakterizasyon çalışmalarında Çizelge 1’de verilen değerleri elde etmişlerdir [3, 4, 5].

Çizelge 1. Entegre et ve mezbaha atıksularının özellikleri

Parametre	Li ve ark. (1986)	Manjunath ve ark. (2000)	Norcross ve ark. (1987)
BOI ₅ (mg/L)	399-1037	600-3900	10000
KOI (mg /L)	628-1437	1100-7250	---
Yağ ve Gres (mg/L)	97-452	125-400	13000
TKN (mg/L)	44-126	90-150	---
PO ₄ -P (mg/L)	10-16	8-15	---
NH ₃ -N (mg/L)	25-105	---	---
AKM (mg/L)	92-430	300-2300	150
pH	6.3-7.2	6.5-7.3	4.5-11

Mezbahane Atıksularından KOI, Yağ-Gres ve Bulanıklık Giderimi

Entegre et ve mezbaha endüstrisi atıksuları alıcı ortama herhangi bir arıtıma tabi tutulmadan deşarj edildiğinde, alıcı ortamın çözülmüş oksijeninin tüketilmesine ve su ortamının bozulmasına neden olmaktadır. Alıcı ortamda biriken ve organik partikül içeren çamurun yavaş bozunumu ile bu olay daha da hızlanmaktadır. Çözülmüş oksijenin tükenmesi, sudaki aerobik yaşamı özellikle de balıkları etkilemektedir. Oksijen tamamen tükendiğinde ise anaerobik ayrışma meydana gelmekte ve metan, hidrojen sülfür gibi istenmeyen ayrışma ürünleri oluşmaktadır. Deşarj edilen atıksularda bulunan toplam askıda maddeler, sularda dipset birikimlere sebep olmakta ve bulanıklığa yol açmaktadır. Yağ-gres ise, su yüzeyinde film oluşturarak sudaki ışık ve oksijen transferini engellemekte ve sudaki aerobik yaşam üzerinde olumsuzluğa yol açmaktadır [6].

Bu atıksular içerdği yüksek miktardaki kirleticiler sebebiyle deşarj öncesi arıtılması zorunlu olan atıksulardır. Mezbaha endüstrisi atıksularının içermiş olduğu kirleticiler nedeniyle arıtılması oldukça güç ve pahalıdır. Bu atıksuların arıtılması için çeşitli kimyasal ve biyolojik arıtma teknikleri kullanılmaktadır [2, 7, 8, 9, 10]. Ancak bu nitelikteki bir atıksuyu arıtmak için bazı yöntemler tek başına kullanıldığında yetersiz kalmakta yada işletme problemleri ortaya çıkmaktadır [1, 11, 12]. Bu da çeşitli arıtma alternatiflerinin araştırılmasını zorunlu kılmaktadır. Entegre et ve mezbaha tesisi atıksuları çok yüksek miktarlarda çözülmüş madde içerdği için bu atıksular genellikle biyolojik arıtma yöntemleri ile arıtılmaktadır. Aerobik ve anerobik biyolojik arıtma yöntemleri kullanılabilir. Anaerobik ve aerobik proseslerin işletilmesinde sıcaklık, yüksek organik yük, kalış süresinin uzunluğu, askıda katı madde konsantrasyonu gibi parametreler proses verimliliğini etkilemektedir [11, 12]. Dolayısıyla bu proseslerin devamlı kontrol altında tutulması gereklidir. İyi ve verimli bir biyolojik arıtma için ön arıtmanın bu tesislerde başarılı olarak gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca atıksu hacmi ve organik yük fazlalığı bu proseslerin uygulamasında karşılaşılan başlıca problemlerdendir.

Kimyasal arıtmada yaygın olarak kullanılan koagülasyon ve flokülasyon prosesi su ve atıksu arıtımında geniş bir kirletici grubunun giderilmesinde yaygın bir şekilde kullanılan bir prosestir. Koagülasyon, kolloidal süspansiyon içindeki yüklü partiküllerin zıt yüklü iyonlarla karşılıklı çarpışması ile nötralize edilip bir araya toplanarak çökelmelerin sağlanması olayıdır. Flokülasyon ise oluşan bu yumakların daha büyük floklar oluşturulması için yapılan işlemdir. Bu amaçla ortamda uygun kimyasal maddeler ilave edilir. Alüminyum ve demir tuzları en çok kullanılan koagülant maddelerdir. Koagülasyon-flokülasyon prosesinde suya kimyasal madde ilavesiyle, suda bulunan askıda ve çözülmüş maddelerin yapıları değiştirilerek yada ilave edilen maddelerin oluşturduğu fiziksel etkenler ile suda bulunan maddelerin sudan uzaklaştırılması sağlanır [13]. Koagülasyon ve flokülasyon prosesi üç ana bölümden meydana gelmektedir.

Fuat ÖZYONAR, Bünyamin KARAGÖZOĞLU

Birincisi koagülan ilavesi ile hızlı karıştırma, ikincisi yardımcı koagülan madde ilavesi ile yavaş karıştırma ve son olarak oluşan yumakların çökeltilmesi için çökelme işlemlerinden oluşur. Bu proseste optimum ve ekonomik koagülan madde dozajının belirlenmesi oldukça önemli bir aşamadır. Yüksek koagülan dozu çamurun susuzlaştırılmasını zorlaştırırken, düşük dozlar ise su içerisindeki askıdaki maddelerin giderimini azaltır. Diğer önemli bir aşama ise optimum pH'ın seçimidir. Çünkü oluşan hidroksil radikal türleri pH'a bağlı olarak oluşmaktadır.

Bir kimyasal arıtma olarak koagülasyon-flokülasyon prosesi; tekstil atıksularının arıtılmasında [14, 15, 16], tekstil boyar maddelerinin gideriminde [17, 18], ağır metallerin sudan uzaklaştırılmasında [19, 20], sızıntı sularının arıtılmasında [21], katı atıklardan fosfor ve ağır metal gideriminde [22], kağıt sanayi atıksularının arıtımında [23], süt proses atıksuyunun arıtımında [24], fosforun ve katı maddelerin giderilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır [25].

Koagülasyon - flokülasyon prosesi ile mezbaha endüstrisi atıksularından yağ-gres, bulanıklık ve KOI gideriminin amaçlandığı bu çalışmada, optimum pH, uygun koagülan madde türü ve miktarının giderim verimi üzerine etkisi incelenmiştir.

METARYAL ve METOT

Materyal

Çalışmada kullanılan atıksu, Sivas'ta (Türkiye) bulunan, ortalama yıllık kapasitesi 2400 ton/yıl büyükbaş ve 4560 ton/yıl küçükbaş hayvan kesimine sahip olan bir mezbahaneden temin edilmiştir. Yaklaşık olarak tesiste günlük 75 m³ atıksu oluşmaktadır. Tesiste oluşan atıksu üç kaynaktan ileri gelmektedir. Bu atıksular sırasıyla, kesimin yapıldığı bölgeden gelen ve içeriğini proteinlerin ve lipidlerin oluşturduğu kırmızı sular, sakadat prosesinden ve ağıl temizlemeden gelen ve lavabolardan gelen atıksulardan oluşmaktadır. Bu atıksular bir dengeleme havuzunda toplanmakta ve oradan da kanalizasyona deşarj edilmektedir. Deneysel çalışmada kullanılan atıksular bu havuzun çıkışından, tesiste kesimin başlangıcından sonuna kadar geçen sürede; proses süresince kompozit olarak alınmıştır. Atıksu içindeki kıl ve iri katı maddelerin atıksudan alınması için atıksular bir elekten geçirilmiştir. Çizelge 2'de çalışmada kullanılan mevcut mezbaha endüstrisi atıksuyunun karakteristik özelliği verilmiştir.

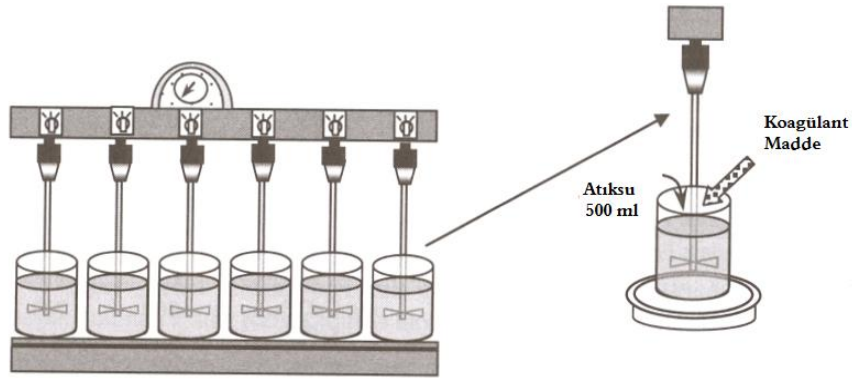
Çizelge 2. Mezbaha endüstrisi atıksuyunun özelliği

Parametre	Aralık
pH	6.72–7.27
KOI(mg/L)	3337–4150
BOI(mg/L)	1950–2640
AKM(mg/L)	980–1200
Yağ-Gres(mg/L)	275–376
İletkenliği (µS/cm)	1616–2270
Bulanıklık(NTU)	265–356

Mezbahane Atıksularından KOI, Yağ-Gres ve Bulanıklık Giderimi

Koagülasyon Deneyleri

Kimyasal koagülasyon deneylerinde, atıksu arıtımı üzerine koagülan dozajının ve pH'nın etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla koagülasyon-flokülasyon deneyleri oda sıcaklığında 6'lı jar testi (Velp marka, FC6S model) düzeneğinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Kimyasal koagülasyon için koagülan madde olarak alümin ve demir tuzları kullanılmıştır ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Her bir koagülan için kimyasal koagülasyon deneylerinde 500 mL atıksu alınarak pH ayarlaması yapılmış ve daha sonra 200 rpm'de 5 dakika hızlı karıştırma, 45 rpm'de 15 dakika yavaş karıştırma ve 1 saat çökme sürelerinden sonra üst duru fazdan numuneler alınarak gerekli (KOI, yağ-gres ve bulanıklık) analizler yapılmıştır. Buradan elde edilen veriler değerlendirilerek optimum pH'lar tespit edilmiştir. Aynı şekilde optimum pH'larda farklı koagülan dozajlarında deneyler yapılarak optimum koagülan dozajları belirlenmiştir.



Şekil 1. Deneysel çalışmaların yapıldığı Jar testi düzeneği

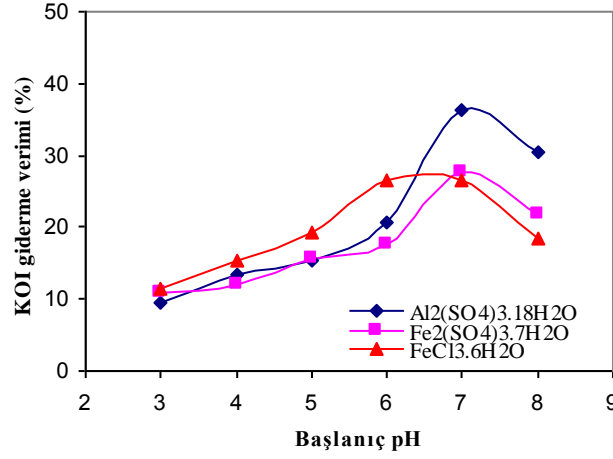
Analitik Prosedür

KOI, BOI, yağ-gres, bulanıklık ve AKM ölçümleri standart metodlarda belirtilen analiz yöntemlerine göre yapılmıştır [26]. KOI ölçümleri, standart metodlarda ifade edilen "open reflux" kolorimetrik metoda göre yapılmıştır. Yağ-Gres analizleri Soxhlet-ekstraksiyon metodu ile yapılmıştır. Analizlerde Chebios marka optimum-one UV-VIS spektrofometre, HF marka MicroTPI arazi tipi bulanıklık ölçer, Merck marka spectroquant TR320 model termoreaktör, Consort marka C931 Model pH-metre ve WTW Marka 340İ model arazi tipi iletkenlik cihazı kullanılmıştır. Ayrıca deneylerde istenilen atıksuyun pH'ı ayarlamak için NaOH ve H_2SO_4 (Merck) kullanılmıştır.

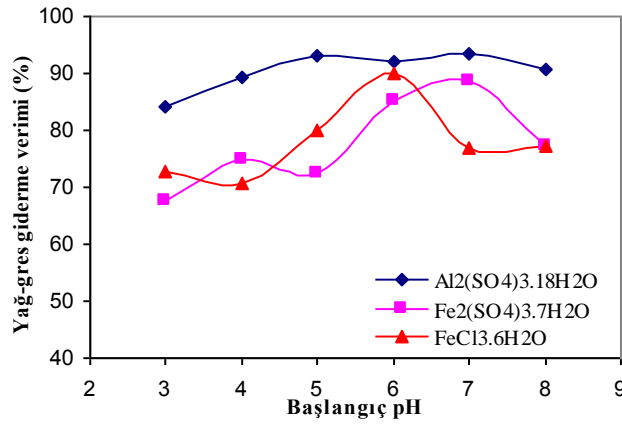
BULGULAR**Kimyasal Koagülasyon Üzerine Başlangıç pH'ın Etkisi**

Mezhabane endüstrisi atıksuyunun kimyasal koagülasyon prosesi ile arıtılmasının incelenmesinde ilk olarak pH'ın proses üzerine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla bazı sabit başlangıç koşulları seçilerek deneyler yapılmıştır. Her bir koagülan için 200 mg Fe⁺/l ve 200 mg Al⁺/l sabit koagülan dozajı, hızlı karıştırma için 5 dakika 200 rpm ve yavaş karıştırma için 15 dakika 45 rpm karıştırma hızı ve 60 dakika çökeltme süresi sabit koşullar olarak alınmıştır. pH'nın etkisini incelemek için atıksu başlangıç pH'ı 3–8 aralığında seçilerek bu pH aralıklarında KOI, yağ-gres ve bulanıklık giderme verimleri incelenmiştir.

Kimyasal koagülasyon ile pH'nın %KOI, Yağ-gres ve bulanıklık giderimleri üzerindeki etkisi Şekil 2a.b.c'de verilmiştir.

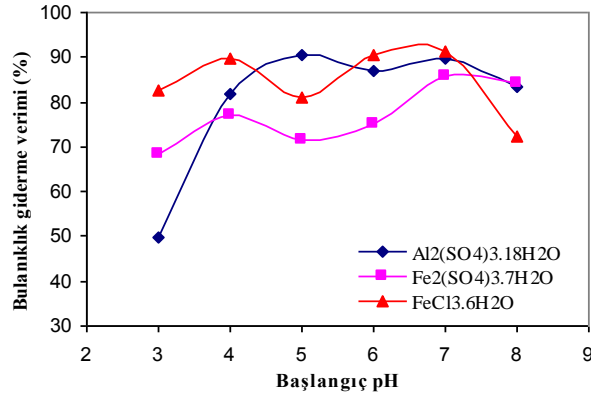


(a)



(b)

Mezbahane Atıksularından KOİ, Yağ-Gres ve Bulanıklık Giderimi



(c)

Şekil 2. Kimyasal koagülasyon'da başlangıç pH'nin (a) KOİ, (b) Yağ-gres ve (c) Bulanıklık giderimi üzerinde etkisi (Koagulan dozu 200 mg/l, Hızlı karıştırma 5 dakika 200rpm, yavaş karıştırma 15 dakika 45 rpm ve çökelme süresi 60 dakika)

Al₂(SO₄)₃.18H₂O koagülününün %KOİ giderme verimi incelendiğinde pH arttıkça verimde bir artış olduğu gözlemlenmiştir. Bu artış pH 7'den sonra bir düşüş göstermiştir. KOİ giderme veriminin en yüksek %36,4 ile pH 7'de gerçekleştiği görülmektedir. Yağ-gres giderme veriminin en yüksek %93,6 ile pH 7'de gerçekleştiği görülmektedir. En yüksek türbidite giderme verimi ise %90,5 ile pH 5'de elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar topluca değerlendirildiğinde en uygun pH değerinin, atıksuyun pH'sına da yakın olması nedeniyle pH 7 olduğuna karar verilmiştir.

Koagülan maddesi Fe₂(SO₄)₃.7H₂O'nun kullanıldığı koagülasyon denemelerinde ise pH 7'de % 27,7 ile en yüksek KOİ gideriminin elde edildiği görülmüştür. Yağ-gres gideriminin yine pH 7'de %88,5 ile en yüksek değerine ulaştığı saptanmıştır. Türbidite açısından incelendiğinde en yüksek giderme verimi yine pH 7'de gerçekleşmiş olup bu değer % 85,9 olarak bulunmuştur. Sonuçta her 3 parametre için pH 7'de en yüksek giderme verimleri elde edilmiştir. Bu nedenle Fe₂(SO₄)₃.7H₂O için optimum pH aralığı 7 olarak kabul edilmiştir.

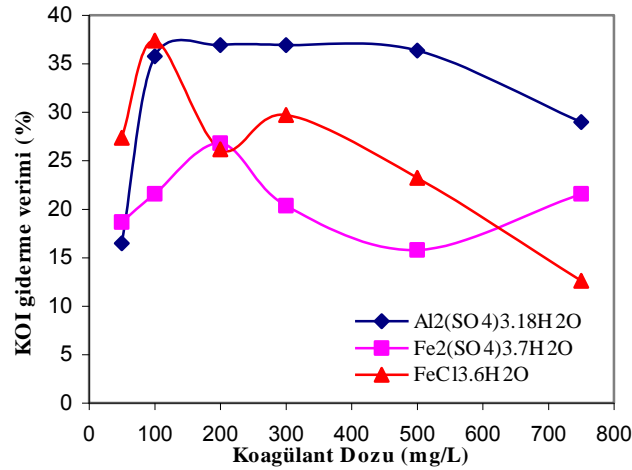
FeCl₃.6H₂O koagülan maddesi için ise en yüksek KOİ giderim verimi (%26,44) pH 6 ve pH 7 için yaklaşık aynı değerlerde olup pek farklılık göstermemiştir. Yağ-gres açısından sonuçlar incelendiğinde en yüksek giderme verimi pH 6'da gerçekleşmiş olup % 89,9 olarak bulunmuştur. Bulanıklık açısından sonuçlar değerlendirildiğinde giderme veriminin en yüksek değer olarak pH 7'de % 91,2 olarak elde edildiği görülmektedir. Bu koagülan maddesi için optimum pH değerinin ise, sonuçlar değerlendirildiğinde, pH 6 olduğuna karar verilmiştir. Sonuç olarak Al₂(SO₄)₃.18H₂O ve Fe₂(SO₄)₃.7H₂O için optimum pH 7, FeCl₃.6H₂O için ise optimum pH 6 olarak alınmıştır. Ancak her 3 koagülan madde için % KOİ giderim verimine bakıldığında çok fazla bir giderimin sağlanmadığı, ancak yağ-gres ve bulanıklık açısından

Fuat ÖZYONAR, Bünyamin KARAGÖZOĞLU

yüksek giderme verimleri elde edildiği görülmüştür. Kimyasal koagülasyon prosesi ile çözülmüş kirleticilerin giderimi düşük olurken askıdaki kirleticilerin giderimi yüksek oranlarda gerçekleşmektedir. Elde edilen deneysel verilerden de bu sonuç ortaya çıkmaktadır. Kimyasal koagülasyon ile kirleticilerin gideriminde koagülasyon, adsorbsiyon ve çökelme mekanizmalarının biri ya da bir kaçı ile kirletci gideriminin gerçekleştiği düşünülmektedir. Dolayısıyla yağ-gres ve bulanıklık parametreleri gibi kolloidal ve askıda maddelerden meydana gelen kirleticilerin gideriminde çalışmamızda yüksek giderme verimi elde edilmesi bu şekilde açıklanabilir.

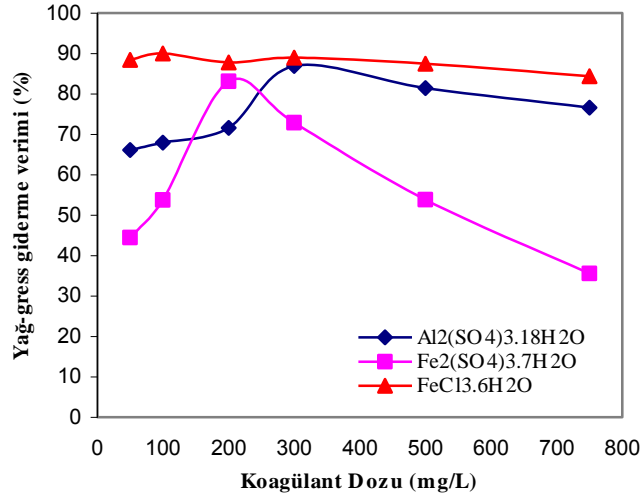
Kimyasal Koagülasyon Üzerine Koagülan Dozajı'nın Etkisi

Kimyasal koagülasyon prosesinde, önemli parametrelerden biri de koagülan dozajıdır. Kirleticilerin gideriminde rol oynayan hidroksit miktarının yeterli olması ancak optimum koagülan madde miktarı ile sağlanmaktadır. Kimyasal koagülasyon prosesinde, koagülan dozajının etkisini belirlemek amacıyla pH deneylerinde belirlenen optimum pH değerleri baz alınarak deneysel işlemler gerçekleştirilmiştir. Kimyasal koagülasyon prosesinde koagülan dozajının, KOI, yağ-gres ve bulanıklık giderimleri üzerine etkisi incelenmiş aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 3).

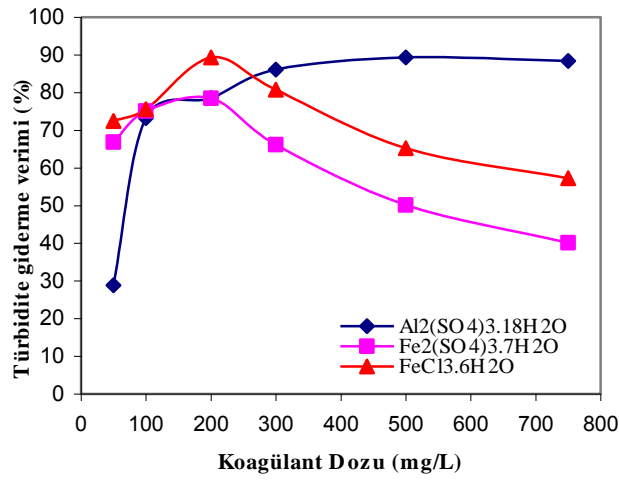


(a)

Mezbahane Atıksularından KOI, Yağ-gres ve Bulanıklık Giderimi



(b)



(c)

Şekil 3. Kimyasal koagülasyon'da koagülant dozajının (a) KOI, (b) Yağ-gres ve (c) Bulanıklık giderimi üzerinde etkisi (FeCl₃.6H₂O için pH 6, Al₂(SO₄)₃.18H₂O ve Fe₂(SO₄)₃.7H₂O için pH 7, tüm koagülantlar için hızlı karıştırma 5 dakika 200rpm, yavaş karıştırma 15 dakika 45 rpm ve çökeltme süresi 60 dakika)

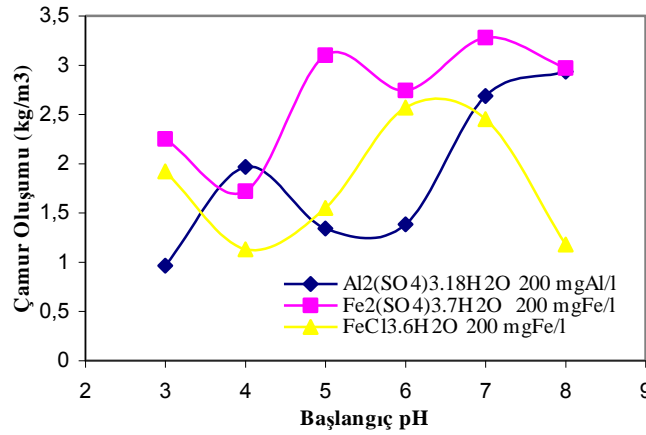
Kimyasal koagülasyon'da koagülant dozajının KOI giderimi üzerindeki etkisinin incelendiği deneylerde sonuçlara bakıldığında, koagülant dozajı değişimin KOI gideriminde en yüksek değerine, %37,3 ile koagülantı ile ulaşılmış olup, bu değer 100 mgFe/l dozaj değerinde elde edilmiştir. Al₂(SO₄)₃.18H₂O koagülantı ile 200 mgAl/l dozaj değerinde, en yüksek giderim verimleri KOI için %36,9 Bulanıklık için %89,8 oranında gerçekleşirken yağ-gres için bu değer %93,6 giderim verimi olarak elde edilmiştir. Fe₂(SO₄)₃.7H₂O koagülantının kullanıldığı

Fuat ÖZYONAR, Bünyamin KARAGÖZOĞLU

denemelerde 200 mgFe/l dozaj değerinde hem bulanıklık (%85,9) hem de yağ-gres (%88,6) için yüksek giderme verimleri elde edilmiştir. KOI giderme verimi ise oldukça düşük değerlerde kalmıştır. Bunun sebebi kimyasal koagülasyon prosesiyle çözülmüş maddelerin gideriminin düşük gerçekleşmesidir.

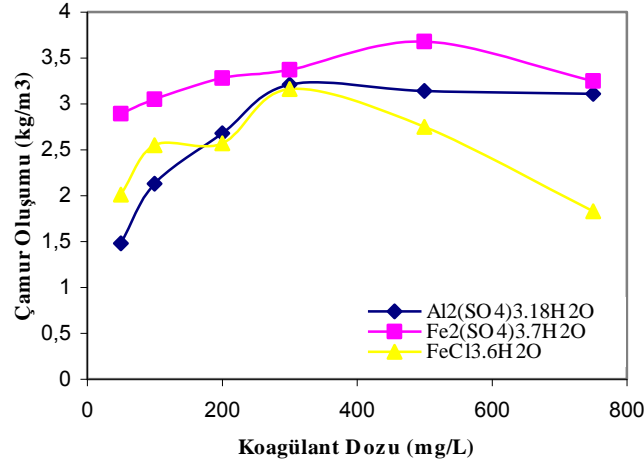
Kimyasal Koagülasyon'da Çamur Oluşumu

Kimyasal koagülasyon prosesini etkileyen parametrelerden pH'nın ve koagülan madde dozajının çamur oluşuma etkisinin incelendiği deneylerde elde edilen sonuçlar, Şekil 4 ve 5'da gösterilmiştir. Şekil 4 incelendiğinde pH değişimlerine bağlı olarak çamur miktarlarında değişik salınımlar gözlemlenmektedir. Özellikle optimum olarak seçilen pH değerlerinde çamur miktarının maksimum değerde olduğu gözlemlenmiştir. Bunu sebebi olarak optimum pH'da oluşan kompleks metal hidroksit türlerinin ve miktarının olacağı düşünülmektedir. Çünkü çamur miktarını büyük kirleticileri çökeltmeyle uzaklaştıran metal hidroksitler oluşturmaktadır. Şekil 5 incelendiğinde ise koagülan madde miktarının artmasıyla orantılı olarak çamur miktarında da bir artış meydana gelmektedir.



Şekil 4. Kimyasal koagülasyonda başlangıç pH'nın çamur oluşumu üzerindeki etkisi (Koagülan dozu 200 mg/l, hızlı karıştırma 5 dakika 200rpm, yavaş karıştırma 15 dakika 45 rpm ve çökeltme süresi 60 dakika)

Mezbahane Atıksularından KOI, Yağ-Gres ve Bulanıklık Giderimi



Şekil 5. Kimyasal koagülasyonda koagülan dozajının çamur oluşumu üzerindeki etkisi (FeCl₃.6H₂O için pH 6, Al₂(SO₄)₃.18H₂O ve Fe₂(SO₄)₃.7H₂O için pH 7, tüm koagülanlar için hızlı karıştırma 5 dakika 200rpm, yavaş karıştırma 15 dakika 45 rpm ve çökeltme süresi 60 dakika)

Ekonomik Değerlendirme

Toplam maliyet hesapları günlük 75 m³ atıksu kapasitesine göre hesaplanmıştır. Bu hesaplama içinde elektrik, kimyasallar malzeme, çamur taşıma ve uzaklaştırma gibi direk maliyetlerin yanı sıra, yatırım maliyetleri ile bunlara ait işçilik, bakım ve amortisman gibi dolaylı yatırım maliyetleri de yer almalıdır. Bu çalışmadaki maliyet hesaplarında ise, dolaylı maliyetler tam olarak bilinmediğinden sadece direk maliyetler göz önüne alınarak ekonomik değerlendirme yapılmıştır.

Toplam işletme maliyetlerinin hesaplanmasında kullanılan 2010 (Türkiye) yılına ait ekonomik parametreler US dolar olarak Çizelge 3’de verilmiştir [27].

Çizelge 3. Maliyet hesaplarında kullanılan ekonomik parametreler.

Parametreler	Fiyat (US dolar)
<i>Enerji (\$/kWh)</i>	0.06
<i>Çamur Taşıma uzaklaştırma (\$/kg)</i>	0.01
<i>Kimyasal Maliyeti (\$/kg)</i>	
Al ₂ (SO ₄) ₃ .18H ₂ O	0.40
Fe ₂ (SO ₄) ₃ .7H ₂ O	0.40
FeCl ₃ .6H ₂ O	0.34
H ₂ SO ₄	0.2
NaOH	0.2

Fuat ÖZYONAR, Bünyamin KARAGÖZOĞLU

Ayrıca deneysel çalışmalar neticesinde elde edilen veriler ile kimyasal koagülasyonun teknik ve ekonomik özelliklerinin bir arada karşılaştırılması yapılmış ve Çizelge 4’de sunulmuştur. Koagülan maddelerin optimum koşullarda işletme maliyeti yönünden $\$/m^3$ olarak karşılaştırılmasında; $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ için $0,527\$/m^3$, $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 7H_2O$ için $0,233\$/m^3$ ve $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ içinde $0,265\$/m^3$ bulunmuştur. $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ işletme maliyeti en yüksek olmasına rağmen bu koagülan maddesi ile yapılan deneysel sonuçlara bakıldığında optimum giderme verimi açısından daha uygun olduğu görülmüştür.

Çizelge 4. Kimyasal koagülasyonun teknik ve ekonomik özelliklerinin birarada karşılaştırılması.

	Kimyasal Koagülasyon		
Materyal	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 7H_2O$	$FeCl_3 \cdot 6H_2O$
Optimum Deneysel Şartları	pH= 7; Dozaj= 200 mgMe ⁺³ /l Zaman: 20 dk	pH= 7; Dozaj= 200 mgMe ⁺³ /l Zaman: 20 dk	pH= 6; Dozaj= 100 mgMe ⁺³ /l Zaman: 20 dk
% KOI Giderimi	36,4	27,6	37,3
% Yağ-Gres Giderimi	93,6	88,6	89,9
% Türbidite Giderimi	89,8	85,9	75,6
Çamur Oluşumu (kg/m³)	2,68	3,28	2,55
Koagülan Tüketimi (kg/m³)	0,2	0,2	0,3
Koagülan Tüketimi (kg/kg KOI)	0,13	0,16	0,068
İşletim Maliyeti (Materyal $\\$/m^3$)	0,527	0,233	0,265
İşletim Maliyeti (Materyal $\\$/kg$ KOI)	0,376	0,206	0,081

TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada, kimyasal koagülasyon-flokülasyon prosesi ile mezbaha atıksularının arıtımı incelenerek optimum işletme şartları belirlenmiştir. Kimyasal koagülasyon deneylerinde KOI gideriminde tüm koagülan maddeler için giderme verimi oldukça düşük kalmıştır. Bunun nedeni KOI’ye neden olan kirlenmelerin çoğunun organik maddelerden ileri geldiği düşünülmektedir. Çözünmüş madde gideriminde kimyasal koagülasyon prosesinin etkisi çok fazla değildir. Ancak yağ-gres ve bulanıklık giderim verimleri incelendiğinde bu prosesle oldukça yüksek giderme verimleri elde edilmiştir. Dolayısıyla mezbahane endüstrisi atıksularının arıtımında özellikle askıdaki maddelerin giderilmesinde koagülasyon – flokülasyon prosesi etkili bir yöntem iken KOI gideriminde etkili bir yöntem olmadığı görülmüştür. Ancak

Mezbahane Atıksularından KOI, Yağ-Gres ve Bulanıklık Giderimi

koagülasyon – flokülasyon prosesi başka proseslerle entegre edilerek kullanıldığında daha yüksek giderme verimleri elde edilebilir. Ayrıca, 3 farklı koagülan maddenin kullanıldığı deneylerde atıksuda renk açısından berrak bir giderim gerçekleşmemiştir. Sonuçlara bakıldığında kimyasal koagülasyon prosesi bu nitelikteki bir mezbahane atıksuyu için KOI giderimi açısından uygun olmayıp, yağ-gres ve bulanıklık giderimi açısından yüksek olduğu için başka bir prosesle birlikte kullanılarak diğer prosesin verimini artırabilir. Örneğin, suyun karakterinden kaynaklanan çözünmüş madde giderimini arttırmak için kimyasal koagülasyon ile biyolojik bir arıtma prosesi kombinasyonunun giderim verimleri üzerindeki etkileri incelenebilir.

TEŞEKKÜRLER

Bu araştırma Cumhuriyet Üniversitesi “Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi” tarafından desteklenmiştir (Proje Kodu: M-309).

KAYNAKLAR

- [1]. L.A., Nunez, B., Martinez, *Water Sci. Technol.* 1999, 40, 99-106.
- [2]. N.Z., Al-Mutairi, M.F., Hamoda, I., Al-Ghusain, *Bioresource Technolgy*, 2004, 95, 115–119.
- [3]. C.T., Li, W.K., Shich, A.M., Asce, C.S., Wu, J.S., Huang, *Journal of civil Engineerring*, 1986, 4, 112-118.
- [4]. K.L., Norcross, S., Petrie, R., Bair, G., Beaushaw, *42 Purdue Industrial Waste Conference Proceedings*, 1987, 475-482.
- [5]. N.T., Manjunath, I., Mehrotra, R.P., Mathur, *Water Research*, 2000, 34, 6, 1930-1936.
- [6]. M., Oğuz, M., Oğuz, *International Journal of Environmental Studies*, 1993, 44, 39-44.
- [7]. M.I., Aquilar, J., Saez, M., Llorens, A., Solar, J.F., Ortuno, *Water Research*, 2003, 37, 2233–2241.
- [8]. M.I., Aquilar, J., Saez, M., Llorens, A., Solar, J.F., Ortuno, V., Meseguer, A., Fuentes, *Chemosphere*, 2005, 58, 47-56.
- [9]. K., Subramaniam, P.F., Greenfield, K.M., Ho, M.R., Johs, J., Keller, *Water Science and Technology*, 1994,36, 2-3, 225-228.

Fuat ÖZYONAR, Bünyamin KARAGÖZOĞLU

- [10]. I., Ruiz, M., Veiga, P., De Santiago, R., Blazquez, Biosource Technology, 1997, 60, 251-258.
- [11]. R., Borja, C.J., Banks, Z.J., Wang, A., Mancha, Bioresource Technology, 1998, 65, 1-2, 125-133.
- [12]. R., Del. Pozo, V., Dicz, *Water Research*, (2005) 39, 1114–1122.
- [13]. W.W., Eckenfelder, *Industrial Water Pollution Control (Second Edition)*, McGraw-Hill Internal Editions, Civil Engineering Series, 1989, Printed in Singapore.
- [14]. G.R., Nabi Bidhendi, A., Torabian, H., Ehsani, N., Razmhah, M., Abbasi, *International Journal of Environmental Research*, 2007, 1, 3, 242-247.
- [15]. Y., Wang, B.Y., Gao, Q.Y., Yue, J.C., Wei, W.Z., Zhou, R., Gu, *Environmental Technology*, 2007, 28, 6, 629-637.
- [16]. E.K., Mahmoud, *Polish Journal of Environmental Studies*, 2009, 18 (4), 651-655.
- [17]. A., Szygula, E., Guibal, M., Arino Palacin, M., Ruiza, A.M., Sastre, *Journal of Environmental*, 2009, 90, 10, 2979-2986.
- [18]. H., Najafi, H.R., *African Journal of Biotechnology*, 2009, 8, 13, 3053-3059.
- [19]. A.L., Bojic, D., Bojic, T., Andjelkovic, *Journal of Hazardous Materials*, 2009, 168, 2-3, 813-819.
- [20]. P.D., Johnson, P., Girinathannair, K.N., Ohlinger, S., Ritchie, L., Teuber, J., Kirby, *Water Environment Research*, 2008, 80, 5, 472-479.
- [21]. M.T.O., Velasquez, I., Monje-Ramirez, *Ozone-Science & Engineering*, 2006, 28, 5, 309-316.
- [22]. E., Teirumnieks, L., Berzina-Cimdina, J., Malers, G., Pelcers, E., Teirumnieka, *Environment Technology Resources Proceedings*, 2007, 102-107.
- [23]. A.A., Vucinic, M., Zebic, N., Ruzinski, K., Berkovic, *Transactions of Famena*, 2009, 33, 2, 79-90.
- [24]. F.H., Chi, W.P., Cheng, *Journal of Polymers and The Environment*, 2006, 14, 4, 411-417.
- [25]. D., Marani, A.C., DiPinto, R., Ramadori, M.C., Tomei, *Environmental Technology*, 1997, 18, 2, 225-230.

Mezbahane Atıksularından KOI, Yağ-Gres ve Bulanıklık Giderimi

- [26]. Standart Methods for Examination of water and wastewater, 17th ed. A.P.H.A/A.W.W.A/W.E.F., 1992, Washigton, DC.
- [27]. M., EYVAZ, M., BAYRAMOĞLU, M., KOBYA, *Su kirlenmesi Kontrolü İTÜ dergisi*, 2006, 16, 55-65.