T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANTEPFISTIĞI İŞLEME TESİSİ ATIKSULARININ ARITILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Büşra RASTGELDİ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2015

T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANTEPFISTIĞI İŞLEME TESİSİ ATIKSULARININ ARITILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Büşra RASTGELDİ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2015

Yrd. Doç. Dr. Özlem DEMİR'in danışmanlığında Büşra RASTGELDİ'nin hazırladığı **"Antepfıstığı İşleme Tesisi Atıksularının Arıtılabilirliğinin Araştırılması"** konulu bu çalışma 21/05/2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman :Yrd. Doç. Dr. Özlem DEMİR ……

Üye : Prof. M. İrfan YEŞİLNACAR ……

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ayşegül DEMİR YETİŞ ……

Bu Tezin Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Prof. Dr. Sinan UYANIK
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma HÜBAK Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: 14054

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET……. i
ABSRTACT……. ii
TEŞEKKÜR……. iii
ŞEKİLLER DİZİNİ……. iv
ÇİZELGELER DİZİNİ……. v
SİMGELER DİZİNİ……. vi
1. GİRİŞ……. 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR……. 3
2.1. Antep Fıstığının Genel Özellikleri……. 4
2.2. Dünya'da ve Türkiye'de Fıstık Üretimi……. 5
2.2.1. Dünya üretimi ……. 5
2.2.2. Türkiye'de fıstık üretimi……. 6
2.3. Fıstık İşleme Tesisi Prosesleri……. 13
2.4. Fıstık İşleme Tesisi Atıksularının Kirlilik Özellikleri ……. 19
2.5. Fıstık İşleme Tesisi Atıksularının Arıtılmasında Kullanılabilecek Yöntemler……. 19
2.5.1. Fiziksel yöntemler……. 19
2.5.1.1. Adsorbsiyon……. 19
2.5.1.2. İyon değişimi……. 20
2.5.1.3. Membran prosesler ……. 21
2.5.2. Kimyasal yöntemler ……. 22
2.5.2.1. Kimyasal çöktürme……. 22
2.5.2.2. Kimyasal oksidasyon……. 22
2.5.2.3. Elektrooksidasyon……. 22
2.6. Atıksu Arıtımında Fenton Prosesi……. 23
2.6.1. Fenton prosesinin tanımı……. 23
2.6.2. Fenton prosesinde oluşacak reaksiyonlar……. 24
2.6.3. Fenton prosesine etki eden faktörler……. 25
2.6.3.1. pH……. 25
2.6.3.2. Demir iyonu konsantrasyonu……. 25
2.6.3.3. Hidrojen peroksit konsantrasyonu……. 25
2.6.3.4. Sıcaklık……. 26
2.6.3.5. Kirletici konsantrasyonu……. 26
2.6.3.6. Tamponlayıcı tipi……. 26
2.7. Atıksu Arıtımında Koagülasyon……. 26
2.8. Atıksu Arıtımında Ultrases Prosesi……. 28
3. MATERYAL ve YÖNTEM……. 29
3.1. Şanlıurfa'da Fıstık İşleme Tesisleri ve Atıksuyu ile İlgili Mevcut Durum……. 31
3.2. Fıstık İşleme Tesisi Atıksuyunun Özellikleri……. 33
3.3. Çalışmada Kullanılan Cihazlar……. 33
3.4. Çalışmada Kullanılan Kimyasal Maddeler……. 35
3.5. Çalışmada Kullanılan Analiz Yöntemleri……. 35
3.5.1. KOI analizleri……. 35
3.5.2. AKM analizleri……. 36
3.6. Fenton Oksidasyon Prosesinin Optimizasyon Çalışmaları……. 36
3.6.1. Optimum H_2O_2 konsantrasyonunun belirlenmesi……. 37
3.6.2. Optimum demir konsantrasyonunun belirlenmesi……. 38
3.6.3. Optimum reaksiyon süresinin belirlenmesi……. 38
3.7. Ultrases Fenton Oksidasyonu Çalışmaları……. 39
3.8. Koagülasyon Çalışmaları……. 40
3.8.1. Optimum $FeCl_3$ miktarının belirlenmesi……. 41
3.8.2. Optimum Al_2SO_4 miktarının belirlenmesi……. 42

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA 43
4.1. Fenton Oksidasyon Prosesi 43
4.1.1. Optimum H_2O_2 konsantrasyonu 43
4.1.2. Optimum demir konsantrasyonu 44
4.1.3. Optimum reaksiyon süresi 45
4.2. Ultrases Fenton Oksidasyonu Verimi 46
4.3. Koagülasyonun Fıstık İşleme Atıksuyunda Arıtma Verimi 48
4.3.1. Optimum $FeCl_3$ miktarı 48
4.3.2. Optimum Al_2SO_4 miktarı 49
4.4. Askıda Katı Madde 50
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 52
5.1. Sonuçlar 52
5.2. Öneriler 53
KAYNAKLAR 54
ÖZGEÇMİŞ 56

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ANTEPFISTIĞI İŞLEME TESİSİ ATIKSULARININ ARITILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Büşra RASTGELDİ

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Özlem DEMİR
Yıl: 2015, Sayfa: 56

Bu çalışmada, özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki fıstık işleme tesisleri ziyaret edilerek fıstık işleme aşamasında kullanılan makine ve teçhizatlar ile ilgili bilgiler elde edilmiştir. Daha sonra bazı tesislerde fıstığın işlenmesi sırasında üretilen atıksu numunesinden alınarak önce karakterizasyon çalışması yapılmış, daha sonra da fenton prosesi, fenton+ultrases ve koagülasyon yöntemleri uygulanarak arıtım verimleri araştırılmıştır. Deneysel olarak yapılan çalışmaların sonuçlarına göre fıstık atıksuyunun fenton ve fenton+ultrases yöntemi ile sırasıyla % 24 ve % 25 verim elde edilirken, Alum ve $FeCl_3$ ile koagülasyon ile yine sırası ile % 45 ve % 60 KOİ giderimi elde edildiği görülmüştür.

ANAHTAR KELİMELER: fıstık işleme atıksuyu, fenton, ultrases, koagülasyon

ABSTRACT

MSc Thesis

THE INVESTIGATION OF THE TREATABILITY OF ANTEP PISTACHIO PROCESSING WASTEWATER

Büşra RASTGELDİ

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Özlem DEMİR
Year: 2015, Page: 56

In this study, the pistachio processing plants, especially located in Southeast Anatolian Region, were visited and the knowledge about the device and equipment used during pistachio processing was obtained. After that, the wastewater samples were taken from some plants during the pistachio processing and characterized. The pretreatment efficiencies of pistachio processing wastewater were investigated using fenton, fenton+ultrasound and coagulation, processes. COD removal efficiencies of Fenton and fenton+ultrasound processes were 24 % and 25 %, respectively. 45 % and 60 % of COD removal efficiencies were also obtained with coagulation using aluminum sulfate and $FeCl_3$, respectively.

KEY WORDS: wastewater of pistachio processing plants, fenton, ultrasound, coagulation

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca yardımlarını ve bilgilerini esirgemeyen, çalışmamızın her aşamasında desteğini gösteren ve hissettiren, yanında çalışmaktan onur duyduğum ve ayrıca tecrübelerinden yararlanırken göstermiş olduğu hoşgörü ve sabırdan dolayı kıymetli danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Özlem DEMİR'e, tez konumun çıkış noktası olan, fikir ve bilgilerini esirgemeyen, gösterdiği ışıktan faydalandığım değerli hocam Sayın Prof. Mehmet İrfan YEŞİLNACAR'a sonsuz şükranlarımı arz ederim.

Tez yazım aşamamda desteğini ve yardımlarını esirgemeyen değerli meslektaşım Çevre Mühendisi İsmail TEKİNER'e, tez çalışmamda cihaz bilgilerini paylaşan ve yardımlarıyla yanımda olan değerli arkadaşım Yüksek Çevre Mühendisi Dilan TOPRAK'a, laboratuvar analizlerimde yardımları için saygıdeğer Çevre Mühendisi Ahmet KIRIKÇI'ya ve manevi desteğinden dolayı hem ablam hem hocam olan sevgili Öğr. Gör. Tuba RASTGELDİ DOĞAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bugüne geliş sebebim canım aileme de özellikle anneme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3.1. Şanlıurfa'da fıstık işleme tesisin işleyişi ve makineleri ……..……..... 32
Şekil 3.2. Kullanılan cihazlar ve laboratuvar çalışmaları resimleri…….....…. 34
Şekil 3.3. KOİ analizi……..... 36
Şekil 3.4. Fenton prosesi uygulama aşaması……..……..... 37
Şekil 3.5. Ultrases cihazı…….……..... 40
Şekil 3.6. Koagülasyon prosesi uygulama aşaması……..... 41
Şekil 4.1. Değişken H_2O_2 için % KOI giderimi……....…….... 44
Şekil 4.2. Değişken $FeSO_4$ için % KOI giderimi……....…..... 45
Şekil 4.3. Değişken süre için % KOI giderimi……..... 46
Şekil 4.4. Ultraseste değişken süre için % KOI giderimi……..…..... 47
Şekil 4.5. Değişken $FeCl_3$ (mg) için % KOI giderimi……..... 49
Şekil 4.6. Değişken Al_2SO_4 (mg) Miktarı İçin % KOI giderimi……..……....……..... 50
Şekil 4.7. Askıda Katı Madde Miktarları……....…..... 51

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 2.1. Antepfıstığı dünya hasat alanı……..…….... 5
Çizelge 2.2. Antepfıstığının ülkelerde verimi……..…..... 5
Çizelge 2.3. İllere göre Türkiye'de antepfıstığı ağaç sayısı ve üretimi..... 7
Çizelge 2.4. Türkiye'de antepfıstığı ağaç sayısı, üretimi ve ağaç başına verim..... 7
Çizelge 2.5. Türkiye'de fıstık üreten şehirlerin ağaç sayısı, üretimi ve Şanlıurfa'nın ilçelere göre ağaç sayısı, üretimi, verileri..... 9
Çizelge 2.6. Kabuk ayırma iş akım şeması..... 17
Çizelge 2.7. Kavurma iş akış sırası..... 18
Çizelge 3.1. Fıstık işleme atıksuyunun karakterizasyonu……..... 33
Çizelge 3.2. H_2O_2 değişkeni için deney sırasına göre miktarlar……..... 37
Çizelge 3.3. $FeSO_4$ değişkeni için deney sırasına göre miktarlar……..... 38
Çizelge 3.4. Süre değişkeni için deney sırasına göre miktarlar……..... 39
Çizelge 3.5. Ultraseste süre değişkeni için deney sırasına göre miktarlar……..... 40
Çizelge 3.6. $FeCl_3$ değişkeni için deney sırasına göre miktarlar……..... 41
Çizelge 3.7. $(Al_2SO_{4)3}$ değişkeni için deney sırasına göre miktarlar……..... 42
Çizelge 4.1. En ideal değerler……..... 43
Çizelge 4.2. Değişken H_2O_2 için % KOI giderimi ve miktarlar……..... 43
Çizelge 4.3. Değişken $FeSO_4$ için % KOI giderimi ve miktarlar……..... 44
Çizelge 4.4. Değişken süre için % KOI giderimi ve miktarlar……..... 45
Çizelge 4.5. Ultraseste değişken süre için % KOI giderimi ve miktarlar……..... 47
Çizelge 4.6. Değişken $FeCl_3$ (mg) miktarı İçin KOI giderimi ve miktarları……..... 48
Çizelge 4.7. Değişken Al_2SO_4 (mg) Miktarı İçin % KOI giderimi ve miktarları……..... 49
Çizelge 4.8. Askıda Katı Madde Miktarları……..... 50

SİMGELER DİZİNİ

$(Al_2SO_4)_3$	Alüminyum sülfat
AKM	Askıda katı madde
BOI	Biyolojik oksijen ihtiyacı
Ca	Kalsiyum
$Ca(OH)_2$	Kalsiyum hidroksit
Cr	Krom
Fe	Demir
$FeCl_3$	Demir 3 klorür
$FeSO_4$	Demir sülfat
H_2O_2	Hidrojen peroksit
HCl	Hidrojen klorür
H_2SO_4	Sülfirik asit
KOI	Kimyasal oksijen ihtiyacı
kHz	Kilohertz
Mg	Magnezyum
mg/l	Litre başına düşen miligram miktarı
NH_4	Amonyum
OH	Hidroksit
rpm	1 dakika içerisinde gerçekleştirilen devir sayısı
SO_4	Sülfat
Zn	Çinko

1. GİRİŞ

Antepfıstığı lezzetli ve besin değeri oldukça zengin bir yemiştir. Fıstık ağacının meyveleri salkımlar şeklinde ve pembe renklidir. Fıstığın geniş bir tüketim alanı vardır. Çerez olarak yenildiği gibi tatlılarda ve tuzlu yemeklerde kullanılır. Fıstık, yazları uzun, sıcak ve kurak, kışları nispeten soğuk olan bölgelerde yetişir. Gaziantep ve yöresi uygun iklim koşullarına sahiptir. Antepfıstığının bileşiminde ortalama % 5.6 Su, % 19.6 Protein, % 53.2 Yağ, % 19 Karbonhidrat ve % 2.6 Kül vardır.

Türkiye'de özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesi fıstık üretiminde başı çekmektedir. Ancak fıstık işleme tesisleri sonucunda çıkan ve yüksek kirletici özelliğe sahip olan atıksu, bu bölge hatta ülke için acil çözümü gereken bir sorundur. Fıstık işleme atıksuyu, organik madde, askıda katı madde, yağ ve gres içeriği oldukça yüksek olan bir atıksudur. Bu atıksuyun çevreye verilecek seviyeye gelene kadar birkaç kademeden oluşan, hem fiziksel-kimyasal, hem de biyolojik arıtım ünitelerinden ve proseslerinden geçirilmesi gerekmektedir. Fıstık işleme atıksuyunun bilinçsizce göl ve akarsulara verilmesi çevreye son derece zararlıdır. Bu atıskuyun çevreyi kirletmeden arıtımı ve bertarafı özellikle Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgesi açısından çok önemli bir problemdir ve zaten yönetmelikler ve yasal zorunluluklar da bu atıksuyu arıtılarak deşarj standartlarına kavuşturulması ön görülmektedir.

Fıstık atıksuyu kirletici etkisinin yok edilmesi veya azaltılması için bugüne kadar pek fazla çalışma yapılmamıştır. Fakat karasuyun arıtımı ve bertarafı amacıyla kullanılan çeşitli yöntemler uygulanabilir. Toprağa sızdırma ve gübre olarak kullanma, kompost üretiminde kullanma, buharlaşma ve sızma için araziye boşaltma, lagünlerde buharlaştırma, katı yakıt elde etmek, fizikokimyasal arıtma, kimyasal arıtma, aerobik biyolojik arıtma, anaerobik biyolojik arıtma, karasu çamurunun stabilizasyonu, fermentasyona tabi tutularak değerli son ürünlere dönüştürme, tek hücre proteini elde etmek, buharlaştırmak, membran prosesler ile arıtmak, bugüne kadar karasu arıtımında ve bertaraf edilmesinde uygulanan yöntemler olarak

sıralanabilir (Gürtekin, 2008). Atıksu arıtımında daha ekonomik olması nedeniyle biyolojik prosesler tercih edilmektedir.

Atıksuda toksik ve kalıcı özellikte organik maddelerin bulunması durumunda biyolojik prosesler vazifelerini yapamamaktadırlar. Bu tür atıksularda BOİ, KOİ'den çok küçüktür ve bu nedenle biyolojik arıtım uygun değildir. Bu atıksuların arıtımında daha çok fizikokimyasal yöntemler (fenton, koagülasyon ve ultrases) uygulanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Araştırmalar sayesinde zeytin kara suyu ve fıstık çıkış suyu karakterizasyonlarının yüksek KOİ ve yağ içeriği yönünden benzediği görülmüştür.

Karasuların uygun toplama havuzlarında depolanıp, birkaç ay tutulması ve buharlaştırılması, karasuların bertaraf edilmesinde en çok uygulanan yöntemlerinden birisidir. Bu uygulama İspanya'da yaygındır.

Karasuyun arıtımı için pek çok yöntem geliştirilmiştir. Termal yöntemler (buharlaştırma ve yakma), lagünde buharlaştırma ya da sulama amaçlı kullanma, flotasyon/çökeltim, ultrafiltrasyon, membran filtrasyon ve ters osmoz, anaerobik ve aerobik biyolojik arıtma, kimyasal ve elektokimyasal arıtma, hayvan yemi olarak kullanma, adsorpsiyon, elektroliz uygulanan yöntemler arasında yer almaktadır (Oktav, 2001).

Karasuyun anaerobik olarak arıtılmasında, anaerobik doldur-boşalt tipi çürütücüler, yukarı akışlı anaerobik çamur yataklı reaktörler kullanılmaktadır (Şengül ve ark. , 1996).

Karasu ile yapılan bir kimyasal arıtılabilirlik çalışmasında, ferriklorür, alüm, ferrosülfat+kireç, ferrosülfat+kireç+anyonik polielektrolit, sülfürik asit, kireç+anyonik polielektrolit ayrı ayrı denenerek, % 50 mertebesinde KOİ ve % 90 mertebesinde AKM giderimi elde edilmiştir (Samsunlu ve ark. , 1998).

Fıstık atıksuyu işleme tesisleri atıksuları (15-50 g KOİ/L) ve geleneksel yöntemle zeytinyağı üretimi yapan tesislerden açığa çıkan karasuyun kirlilik karakteristiği yüksektir (100-200 g KOİ/L). Distilasyon yöntemi gibi proses sonrasında konsantre katı kısmın oluştuğu yöntemler, bu tür atıksular için uygundur. Ultrafiltrasyon ve ters osmoz ise atıksuyun yüksek tuz konsantrasyonu nedeniyle uygun değildir. Sürekli yöntemde oluşan atıksu daha seyreltik haldedir. Zeytinyağı

üretimindeki son teknolojik gelişmeler sayesinde atıksu miktarı, atıksuyun pirina içinde yer alması sayesinde sıfıra inmektedir. Bu üretim tekniği avantajlı gibi görünse de, sulu pirinanın yakılması için gereken enerji oldukça yüksektir (Rozzi ve Malpei, 1996).

Karasuyun fiziksel arıtımı amacıyla pek çok yöntem kullanılmaktadır. Santrifüjleme, çökeltim, filtrasyon, adsorpsiyon, buharlaştırma, distilasyon, havalandırma olarak sıralayabileceğimiz bu yöntemler, fıstık işleme atıksuyu için uygulanabilecek fiziksel ve fizikokimyasal arıtım yöntemleridir. Yapılan çalışmalarda karasuya önce santrifüjleme ve filtrasyon gibi işlemler uygulanmış, daha sonra aktif hale getirilmiş kilden geçirmek suretiyle adsorpsiyona tabi tutulmuştur. Bu işlem sonrasında elde edilen giderme verimleri fenol için % 81, organik madde için % 71'tir (Şengül ve Özer, 2003).

2.1. Antepfıstığının Genel Özellikleri

Fıstık, ağaç olarak dioik bir bitkidir; yani erkek çiçekle dişi çiçekler farklı ağaçlar üzerinde bulunmaktadır. Tozlanma problemi ise üretimi engelleyen en önemli sorunlardan birisidir. Çünkü döllenmemiş meyveler boş (ham) kalmakta ve bu da verime çok olumsuz etki etmektedir.

Fıstık, gençlik kısırlığı (verim alınıncaya kadar geçen süre) çok uzun süre devam eden bir bitkidir. Kurak şartlarda bu süre 10-12 yıl sürebilmektedir Ancak iyi bakım koşullarında (su+ gübre+ iyi bakım) 5- 6 yılda verim alınmaya başlanabilmektedir.
Çok yaygın olarak fıstığın kurak, susuz ve diğer bitkilerin gelişemeyeceği yerde gelişebildiği bilinmektedir. Kötü şartlarda gerçekten ekonomik olarak verim sağlayabilse de; fıstık sulama, gübreleme vs. gibi ihtiyaçları da vardır ve bu koşullar sağlandığında verim dikkate değer şekilde artmaktadır. Antepfıstığı Araştırma Enstitüsü'nde yapılan bir çalışmada, sulanarak verimin 3 kata kadar arttığı tespit edilmiştir.

2.2. Dünya'da ve Türkiye'de Fıstık Üretimi

2.2.1. Dünya üretimi

Dünyada antepfıstığı üretiminde lider durumda bulunan ülke İran'dır. Ancak Amerika Birleşik Devletleri son zamanlarda üretim tekniklerini ve sulama tekniklerini geliştirmek suretiyle üretim hacmini devamlı artırmış ve İran'a rakip konuma gelmiştir. Antepfıstığı dünya hasat alanı hektar olarak Çizelge 2.1'de verilmiştir. Ülkemiz ise dalgalı üretim yapısı ile üretimin çok olduğu sezonda bu ülkelerin ardından üçüncü sırada yer alır (Çizelge 2.2).

Çizelge 2.1. Antepfıstığı dünya hasat alanı (hektar)

ÜLKELER	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
İRAN	274728	280510	295000	298939	431418	440025	444000	450000	379198	375000
A.B.D	30200	31565	33590	35610	37636	42492	44515	46539	47753	50991
TUNUS	21670	21600	16000	22000	32000	36000	49000	45000	45186	45035
TÜRKİYE	36349	36999	37428	37570	37572	40000	40377	4063	40954	43063
SURİYE	28482	31057	33079	35638	34849	35513	37000	37970	38127	38000
ÇİN	12000	15000	17609	16305	13696	16000	15673	17500	18000	20000
YUNANİSTAN	5500	5110	5400	5600	4670	4945	4956	4884	4900	5150
İTALYA	3602	3602	3602	3600	3607	3635	3285	3761	3500	3496
AFGANİSTAN	2700	2700	2700	3200	2000	2211	2211	2347	2200	2000

Çizelge 2.2. Antepfıstığının ülkelerde verimi (ton)

ÜLKELER	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
İRAN	112000	249000	249000	306192	184899	229657	250000	315500	192269	255000
A.B.D	110220	73030	137440	53980	157397	128367	107955	188696	126100	175088
TÜRKİYE	75000	30000	35000	90000	30000	60000	110000	73416	120113	81795
SURİYE	39923	37436	52840	47600	21200	44642	73183	52066	52600	61484
ÇİN	22000	26000	28000	30000	32000	34000	36000	38000	40000	45000
YUNANİSTAN	9536	9540	8860	7930	7917	8847	8233	8148	8100	5518
AFGANİSTAN	2800	2800	2800	2200	2310	2457	2457	3600	3300	3000
TUNUS	1600	1100	800	1200	1800	2000	2700	2500	2500	2500
İTALYA	2768	1762	1877	1993	2400	2719	1024	2782	2000	1896

İran fıstıklarının fiyatının göreceli olarak daha düşük ve fıstıkların iri taneli olması İran fıstıklarının Dünya çapında talep görmesine sebep olmaktadır. Ancak üretim esnasında oluşan aflatoksin, ithalatçı ülkelerin zaman zaman İran fıstığı ithalatına engel olmalarına neden olmuş ve geçtiğimiz yıllarda özellikle Avrupa Birliği ile A.B.D. bu konuda ciddi önlemler almaya başlamışlardır.

Çin Halk Cumhuriyeti'nde üretilen antepfıstığı farklı bir biyolojik familyadan (Pistacia chinensis) olup, söz konusu ağacın meyveleri insan tüketimine uygun değildir. Çin'de söz konusu bitkinin üretimine son yıllarda ağırlık verilmiş olup, bu bitki biyodizel yakıt üretimi için yetiştirilmektedir. A.B.D.'de antepfıstığı daha çok Kaliforniya eyaletinde yetiştirilmektedir. Bu ülkeye fıstık ilk olarak İran'dan 1848 yılında getirilmiştir. A.B.D. 'de Kirman ve Peter tipi antepfıstıkları ağırlıklı olarak yetişen çeşitler olup, bu çeşitlere ilave olarak Ibrahmim, Ohadi, Safidi, Şasti ve Vahidi çeşitleri de vardır.

Dünya antepfıstığı pazarı incelendiğinde ürünün re-eksporta tabi olduğu, Hong Kong, Almanya, Hollanda, Lüksemburg gibi üretici olmayan ülkelerin de bu pazarda önemli rol oynadığı görülmektedir.

2.2.2. Türkiye'de fıstık üretimi

Dünyada Yakındoğu, Akdeniz Bölgesi ve Asya'nın batı bölgelerinde yetişen antepfıstığı (Latincesi Pistacia vera), adından da anlaşılacağı üzere, ülkemizde ağırlıklı olarak Gaziantep yöresinde yetişmektedir. Yine antepfıstığı yetiştirilen toplam il sayımız 44 olup, bu iller Güneydoğu, Akdeniz, Ege ve hatta İç Anadolu Bölgelerimizde bulunmakla birlikte, ancak üretimde en çok söz sahibi olan iller Gaziantep, Kahramanmaraş, Adıyaman, Şanlıurfa, Mardin, Kilis, Diyarbakır ve Siirt'tir.

Çizelge 2.3.İllere göre Türkiye'de antepfıstığı ağaç sayısı ve üretimi (ton) (TÜİK 2010)

İller	Üretim(Ton)	Ağaç Başına Ortalama Verim(Kg)	Meyve Veren Yaşta Ağaç Sayısı	Meyve Vermeyen Yaşta Ağaç Sayısı	Toplam Ağaç Sayısı
Gaziantep	52.558	5	10.288.002	1.286.211	11.574.213
Şanlıurfa	38.925	4	9.856.180	4.322.180	14.178.360
Siirt	11.128	5	2.416.500	2.395.100	4.811.600
Adıyaman	10.828	3	3.094.870	683.380	3.778.250
Kahramanmaraş	4.317	5	807.500	268.500	1.076.000
Kilis	1.534	6	250.390	57.200	307.590
İzmir	1.141	5	218.300	146.200	364.500
Mardin	762	5	158.084	161.456	319.540
Diyarbakır	515	6	89.162	61.597	150.759
Aydın	412	2	216.410	72.215	288.625

Çizelge 2.4. Türkiye'de antepfıstığı ağaç sayısı, üretimi ve ağaç başına verim (ton) TÜİK 2010.

Yıllar	Üretim (Ton)	Meyve Veren Ağaç Sayısı	Meyve Vermeyen Ağaç Sayısı	Ağaç Başına Verim (kg)
2000	75.000	25.445.000	16.875.000	2,95
2001	30.000	25.900.000	16.400.000	1,16
2002	35.000	26.200.000	15.800.000	1,34
2003	90.000	26.300.000	16.400.000	3,42
2004	30.000	26.500.000	16.000.000	1,13
2005	60.000	28.000.000	18.491.000	2,14
2006	110.000	28.264.000	18.462.000	3,89
2007	73.416	28.464,000	14.939,000	2,58
2008	120.113	28.668,000	14.033,000	4,19
2009	81.795	30.144,000	11.461,000	2,71
2010	128.000	29.617,000	10.562,000	4,32

Ülkemizde antepfıstığı yetiştiriciliği profesyonel olarak 1948 yılında Ceylanpınar Devlet Çiftliği ile 114 dekarlık alanda başlamıştır. Bugün bu kurum antepfıstığı araştırmalarında önemli bir yere sahip olmakla beraber bu araştırmalar için 10.7 milyon hektarlık bir alan ayrılmış bulunmaktadır.

Ülkemizde üretim bölgelerine bağlı olarak, birçok fıstık çeşidi bulunmakla beraber başlıca çeşitleri şöyle sıralanabilir:

Uzun: Küçük boyutuna karşın, Gaziantep yöresinden dünya çapında lezzeti ile tanınmaktadır. Diğer çeşitlere nazaran daha geç olgunlaşır, fakat verimi daha yüksek gerçekleşmektedir. Gıda sanayinde kullanımı da oldukça yaygındır. Ülkemizde bulunan en yaygın çeşittir.

Kırmızı: Ağırlıklı olarak Gaziantep yöresinin yüksek kesimlerinde yetişmekte olup, erken olgunlaşması sebebiyle tercih edilmektedir.

Siirt: Siirt ve Şanlıurfa'da yetiştirilen Siirt fıstığı, iri taneleri ve yüksek çıtlak oranı sebebiyle önemli bir popülariteye sahiptir.

Halebi: Sıcak bölgelerde yetişen halebi, hem kuruyemiş hem de gıda sanayine girdi olarak kullanılmaktadır.

Ohadi: Büyük ebatları nedeniyle daha çok kuruyemiş olarak tüketilmektedir. Ancak geç olgunlaşan bir çeşittir. Bu türlerin dışında;

- Keten Gömleği
- Beyaz Ben
- Değirmi
- Çakmak
- Sultani
- Vahidi
- Mümtaz
- Sefidi
- Hacı Şerifi de ülkemizde yetiştirilen antepfıstığı çeşitleri arasında yer alır.

Araştırmanın yapıldığı Şanlıurfa'da ise tarım ürünlerinde fıstık önemli bir yerdedir. Alan olarak da geniş bir yer tutmaktadır. Gerek yetiştirilmesi gerek

toplanması açısından oldukça uğraş isteyen bu bitki toplandıktan sonrada belirli bazı işlemlerden geçer. Kabuklarından ayrılması, kurutulması iç edilmesi vs. bunun için Şanlıurfa ve fıstık üreten civar şehirlerde özellikle son yıllarda artış gösteren fıstık kavlatma tesisleri vardır.

Şanlıurfa'da Çevre İl ve Şehircilik Müdürlüğü'nden alınan sayıya göre 24 tane kavlatma tesisi bulunmaktadır. Bunlar sadece başvuru yapan tesislerdir. Bunun dışında toplam 40'a yakın tesis olduğu düşünülmektedir. Ayrıca Organize Sanayi Bölgesi'nde de 10'a yakın tesis bulunmaktadır. Tarım İl Müdürlüğü'nden alınan verilere göre fıstığın ülkeler arası hasat alanı, Türkiye'de fıstık üreten şehirlerin ağaç sayısı, üretimi ve Şanlıurfa'nın ilçelere göre ağaç sayısı, üretimi, verileri tablolar ve yıllara göre karşılaştırılması verilmektedir (Çizelge 2.5) .

Çizelge 2.5. Türkiye'de fıstık üreten şehirlerin ağaç sayısı, üretimi ve Şanlıurfa'nın ilçelere göre ağaç sayısı, üretimi, verileri

2004 Yılı;

İlçe Adı	Toplu Meyveliklerin Alanı (Dekar)	Üretim (Ton)	Ağaç Başına Ortalama Verim (Kg)	Meyve Veren Yaşta Ağaç Sayısı	Meyve Vermeyen Yaşta Ağaç Sayısı	Toplam Ağaç Sayısı
Merkez	108.1	176	0	1.755.000	612	2.367.000
Akçakale	16.3	237	2	155.82	90.33	246.15
Birecik	280.5	1.8	1	3.200 500	2.500.500	5.701.000
Bozova	132.12	1.94	1	1.450.000	1.850.000	3.300.000
Ceylanpınar	32.850	920	4	240.01	99 500	339.51
Halfeti	120	950	1	1.250.000	500	1.750.000
Harran	2	15	1	15	12	27
Hilvan	5.07	80	1	80	31	111
Siverek	23	690	3	230	170	400
Suruç	38	1.18	2	490	145	635
Viranşehir	12.75	145	1	145	74	219

2005 Yılı;

İlçe Adı	Toplu Meyveliklerin Alanı (Dekar)	Üretim (Ton)	Ağaç Başına Ortalama Verim (Kg)	Meyve Veren Yaşta Ağaç Sayısı	Meyve Vermeyen Yaşta Ağaç Sayısı	Toplam Ağaç Sayısı
Merkez	108.1	3.61	2	1.805.000	582	2.367.000
Akçakale	16.3	384	2	174.5	71.65	246.15
Birecik	280.5	6.301	2	3.500.500	2.200.500	5.701.000
Bozova	132.12	3.24	2	1.800.000	1.500.000	3.300.000
Ceylanpınar	32.85	550	2	250.16	89.35	339.51
Halfeti	120	2.97	2	1.350.000	400	1.750.000
Harran	2	35	2	16	11	27
Hilvan	5.07	153	2	85000	26	111
Siverek	23	450	2	250	150	400
Suruç	38	1	2	500	135	635
Viranşehir	12.75	300	2	150 000	69	219

2006 Yılı;

İlçe Adı	Toplu Meyveliklerin Alanı (Dekar)	Üretim (Ton)	Ağaç Başına Ortalama Verim (Kg)	Meyve Veren Yaşta Ağaç Sayısı	Meyve Vermeyen Yaşta Ağaç Sayısı	Toplam Ağaç Sayısı
Merkez	108.1	7.22	4	1.805.000	562000	2.367.000
Akçakale	16.3	698	4	174.5	71 650	246.15
Birecik	280.5	15.774	5	3.500 500	2.200.500	5.701.000
Bozova	132.12	7.2	4	1.800.000	1.500.000	3.300.000
Ceylanpınar	32.85	1.126	5	250.16	89.35	339 510
Halfeti	120	6.075	5	1.350.000	400 000	1.750.000
Harran	2	64	4	16	11	27
Hilvan	5.07	340	4	85	26	111
Siverek	23	1	4	250	150	400
Suruç	38	2	4	500	135	635
Viranşehir	12.75	661	4	150	69	219

2007 Yılı:

İlçe Adı	Toplu Meyveliklerin Alanı (Dekar)	Üretim (Ton)	Ağaç Başına Ortalama Verim (Kg)	Meyve Veren Yaşta Ağaç Sayısı	Meyve Vermeyen Yaşta Ağaç Sayısı	Toplam Ağaç Sayısı
Merkez	108.1	2.39	1	1.850.000	517000	2.367.000
Akçakale	16.3	249	1	174.5	71.65	246.15
Birecik	280.5	5.492	2	3.500.500	2.200.500	5.701.000
Bozova	132.12	1.29	1	1.800.000	1.500.000	3.300.000
Ceylanpınar	32.85	450	2	250.16	89.35	339.51
Halfeti	120	2.5	2	1.550.000	200	1.750.000
Harran	2	32	2	16	11	27
Hilvan	5.07	170	2	85	26	111
Siverek	23	373	1	250	150	400
Suruç	38	440	1	550	135	685
Viranşehir	12.75	200	1	150	69	219

2008 Yılı;

İlçe Adı	Toplu Meyveliklerin Alanı (Dekar)	Üretim (Ton)	Ağaç Başına Ortalama Verim (Kg)	Meyve Veren Yaşta Ağaç Sayısı	Meyve Vermeyen Yaşta Ağaç Sayısı	Toplam Ağaç Sayısı
Merkez	108.372	8.778	5	1.850.000	522.44	2372 440
Akçakale	16.3	783	4	176.55	69.6	246.15
Birecik	282	15	4	3.600.000	2.130.000	5.730 000
Bozova	132.41	7.8	4	1.800.000	1.507.250	3 307.250
Ceylanpınar	32.493	651	3	250.2	89.26	339.46
Halfeti	122	7.9	5	1.650.000	201	1.851.000
Harran	2	64	4	16 000	11	27
Hilvan	5.1	325	4	85	26.5	111.5
Siverek	24	1.112	4	252	165	417
Suruç	38	2.1	4	550	135	685
Viranşehir	12.75	650	4	150	69	219

2009 Yılı;

İlçe Adı	Toplu Meyveliklerin Alanı (Dekar)	Üretim (Ton)	Ağaç Başına Ortalama Verim (Kg)	Meyve Veren Yaşta Ağaç Sayısı	Meyve Vermeyen Yaşta Ağaç Sayısı	Toplam Ağaç Sayısı
Merkez	108.372	1.184	1	1.850.000	522.44	2.372.440
Akçakale	17.14	226	1	176.65	69.8	246.45
Birecik	282	7.162	2	3.730.000	2.000.000	5.730.000
Bozova	132.41	1.728	1	1.800.000	1.507.250	3.307.250
Ceylanpınar	23.875	260	1	270.922	541.846	812.768
Halfeti	122	2.112	1	1.650.000	201	1.851.000
Harran	2	20	1	16	11	27
Hilvan	5.5	128	1	100	12500	112.5
Siverek	24	168	1	262	155	417
Suruç	38	704	1	550	135	685
Viranşehir	12.75	192	1	150	69	219

2010 Yılı;

İlçe Adı	Toplu Meyveliklerin Alanı (Dekar)	Üretim (Ton)	Ağaç Başına Ortalama Verim (Kg)	Meyve Veren Yaşta Ağaç Sayısı	Meyve Vermeyen Yaşta Ağaç Sayısı	Toplam Ağaç Sayısı
Merkez	108.372	7.4	4	1.850.000	522.44	2.372.440
Akçakale	17.14	131	6	21.76	69.8	91.56
Birecik	282.5	14.6	4	3.780 000	1.950.000	5.730 000
Bozova	140	9	5	1.800.000	1 000.000	2.800.000
Ceylanpınar	23.955	271	1	270.92	541.84	812.76
Halfeti	130	6.6	4	1.650.000	31	1.681.000
Harran	1.982	20	1	16	11	27
Hilvan	5.7	211	2	105.5	12.6	118.1
Siverek	23	262	1	262	155	417
Suruç	38	70	1	55	13.5	68.5
Viranşehir	3	360	8	45	15	60

2011 Yılı;

İlçe Adı	Toplu Meyveliklerin Alanı (Dekar)	Üretim (Ton)	Ağaç Başına Ortalama Verim (Kg)	Meyve Veren Yaşta Ağaç Sayısı	Meyve Vermeyen Yaşta Ağaç Sayısı	Toplam Ağaç Sayısı
Merkez	108.372	5.7	3	1.900.000	472.44	2.372.440
Akçakale	14.145	309	3	103.07	96.795	199.865
Birecik	307.656	12.12	3	3.780.000	2.750.000	6.530.000
Bozova	185,500	8.083	4	2.020.820	51.17	2.971.990
Ceylanpınar	30	407	3	135.51	270.94	406.45
Halfeti	130.85	6.645	4	1.661.250	17	1.678.250
Harran	1.982	48	3	16	11	27
Hilvan	13	736	3	245.25	14.75	260
Siverek	24.669	786	3	262	155	417
Suruç	38.251	1 650	3	550.15	135.25	685.4
Viranşehir	3	135	3	45	15	60

2.3. Fıstık İşleme Tesisi Prosesleri

Fıstık işleme tesislerine genellikle kabuklu fıstık gelmekte, kavlatma makinasında bu fıstıkların kabuklarının soyulması su kullanılarak makine vasıtasıyla ayrılmakta, daha sonra dolu boş ayrımına gelen fıstıklar buradan sonra sahada kurutulmaya bırakılmaktadır. Bir tesisten elde edilen bilgiye göre tesiste (12 saatte) 6 ton fıstık işlenmekte olup, fıstık kavlatma işlemi sırasında 2.5 ton fıstığın kavlatılması için 1 ton su kullanılmaktadır. Tesisin faaliyeti sırasında oluşan atıksu betonarme havuza buharlaştırılmak üzere verilmektedir. Bu betonarme havuz bir sezon boyunca oluşan atıksuları buharlaşma yöntemiyle bertaraf edebilecek büyüklükte olup bir havuza alındığı ve herhangi bir alıcı ortama deşarj edilmediği ileri sürülmektedir. Tesiste oluşan katı atıkların tesis alanında ilgili yönetmeliğe uygun şekilde toplanıp biriktirildikten sonra ilgili yönetmeliğe uygun bertaraf edileceği belirtilmektedir.

Fıstık üretimi, farklı işlemler sonucu elde edilir, uygulanan aşamalar sırasıyla aşağıda yer alır. Fıstığın işlenme aşaması;

- Hasat
- Kurutma

- Kavlatma
- Çıtlatma
- Kavrulma

Hasat

Kırmızı kabukları ile birlikte hasat edilen fıstığın olgunlaştığı, kabuğunun saydam renkten kırmızıya dönüşmesi ve kabuğunun yumuşayarak sert kabuktan ayrılmaya başlamasıyla anlaşılır. Hasadın bir hafta içinde bu dönemde toplanması gerekmektedir. Aksi takdirde, kırmızı kabuk büzüşür, kurur ve rengi ile kalitesinin bozulmasına sebep olur. Yüksek kalitede ürün elde etmek için hasadın tam fizyolojik oluşum zamanında toplanması oldukça önemlidir.

Kurutma

Ağaçtan toplanan fıstıklar, 3-5 cm kalınlığında yerde bir beze serilerek kurutulur. Kurutulan fıstıklar % 40-50 oranında ağırlığı azalır. Ayrıca, kurutulan fıstıklarda % 7 oranında nem vardır. Nem oranının artması, üründe kalitenin olumsuz etkilenmesine sebep olur.

Kavlatma

Kurutulan kabuklu fıstıkların kavlatılması, iki şekilde yapılmaktadır;

a) Devliplerde işleme

Kabuğundan ayrılacak fıstıklar en az 5-6 saat veya bir gün önceden sulu havuzlara bırakılır. Bu süreçte yumuşayan kırmızı kabuklar, devlipteki kendi ekseni etrafında dönen değirmen taşları gibi büyük taşlar altında sürtünme suretiyle ayrılmaya tabi tutulur. Kabuklar fıstıktan ayrılmaya başlayınca, fıstıklar eleklere alınıp, su ile yıkanarak dış kabuklarından tamamen ayrılması sağlanır. Kırmızı kabuğundan ayrılmış olan fıstıklar kurutma sistemlerinde ya da güneşte kurutulur.

b) Modern tesislerde işleme

Fıstıklar 70°C'lik buharda 15 dakika süreyle bekletilerek, içi ıslanmadan sadece dış kabuğunun yumuşaması sağlanır. Fıstıklar devlip taşları yerine Fiberglas silindirlerden geçirilerek, ezilmeden kırmızı kabuklarından ayrılır. Kabuklarından ayrılan fıstıklar önce 25°C'lik ilk kurutmaya ve sonra 110°C'lik ikinci kurutmaya tâbi tutulur. Nem oranı % 7'ye düşünceye kadar, kurutma işlemi devam ettirilir. Bu yöntem hızlı ve otomatiktir.

Üretim Yöntemi

Son sistem fıstık işleme, aşağıda belirtilen şekilde yapılır;
Üreticiden alınıp uygun koşullarda muhafaza edilen fıstık, vakumlu emiciler sayesinde kırmızı kabuklu fıstık silosuna doldurulur (15 ton). Kabuklu fıstık silolarından kabuk ayırma silolarına boru hatları döşenerek bu borular, ağırlık veya hacim esasına göre çalışan pnömatik valflerle açılıp kapanmaktadır.

Yer çekimi kuvvetinin yardımıyla ana silodan (kabuklu fıstık silosu) kabuk ayırma silolarına doldurulur (70 kg). Kabuk ayırma silolarına dolar dolmaz pnömatik valfler üst boruyu kapatır. Makine girişindeki valfı açar. Fıstıklar makinanın içine dolup, ürün makinaya aktarılınca yine aynı anda makine girişindeki valf kapanır ve üst boru valfı açılır. Kabuk ayırma silosu tekrar dolmaya başlar.

Makinaya gelen fıstık suyla birlikte santrifüj kuvvetiyle çeperlere çarptırılarak kabuklarından ayrılması sağlanır. Bu işlem 6 veya 6.5 dakika civarı sürer. Ayırma tamamlandığında işlenen fıstıklar, banda boşaltılır. Banda boşaltılan fıstıklar, yine bant vasıtasıyla dolu fos ayırma havuzuna aktarılır. Suyun kaldırma kuvveti sayesinde fos fıstıklar su yüzeyine çıkar. Dolu fos fıstık havuzunun her iki yanında bulunan iki eleman küreklerle fos fıstıkları, yanlardaki haznelere boşaltır. Diğer taraftan dolu fıstıkların, havuzun içinde çalışan bant sayesinde yıkamaya gitmesi izlenir.

Dolu fos havuzundan çıkan banttaki dolu fıstıklar, 1.5 m uzunluğundaki mesafeyi yüksek basınçlı suya tabi tutularak geçerler. Bu aşama sayesinde fıstık tamamen kabuğundan ayrılır ve temiz bir görüntüye sahip olur. Islak olan ürün yıkama işleminden sonra bant üzerine çıkan fıstık, kurutma tüneli bandına aktarılır. Kuruma tüneli bandından ürün kendiliğinden serili konuma geçerek, tünel içerisinde sıcak hava sirkülasyonu vasıtasıyla kurur. Bandın ilerleme hızı, hedeflenen kapasiteye ve nem oranına göre ayarlanır.

Yüksek düzeyde buharla kuruyan ürünün, depolama sırasında koku oluşumunu önlemek için kurutma tünelinden çıkan fıstıklar, havalandırma makinalarına aktarılır. Burada nemden arındırılan fıstıklar, kısmen piyasaya, çıtlatma ünitesine ve iç fıstık ürünü olarak piyasaya sunulur.

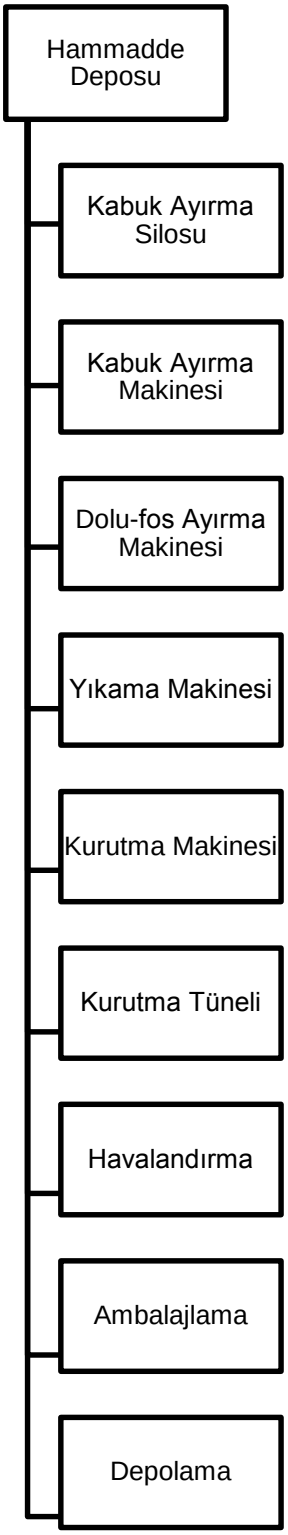
Bu sistemin devlip sistemine göre avantajı, daha az elemanla ve daha dar bir alanda düşük maliyetle yapılmasıdır. Maliyet oranları arasında yapılan karşılaştırmada, % 400 civarında bir farkın olduğu ve bu yüzden çok daha ucuz bir maliyetle ürün, piyasaya sunulur hale getirilmektedir.

Modern sistemde en önemli özellik, fıstığın en az seviyede suyla temas ediyor olmasıdır. Bu işlem sonucunda, fıstığın kabuğunda ve tadında belli bir değişme olmaktadır. Devlip sisteminde fıstık, 8-10 saat kadar suda bekletildiğinden dış kabuğu kararmaktadır.

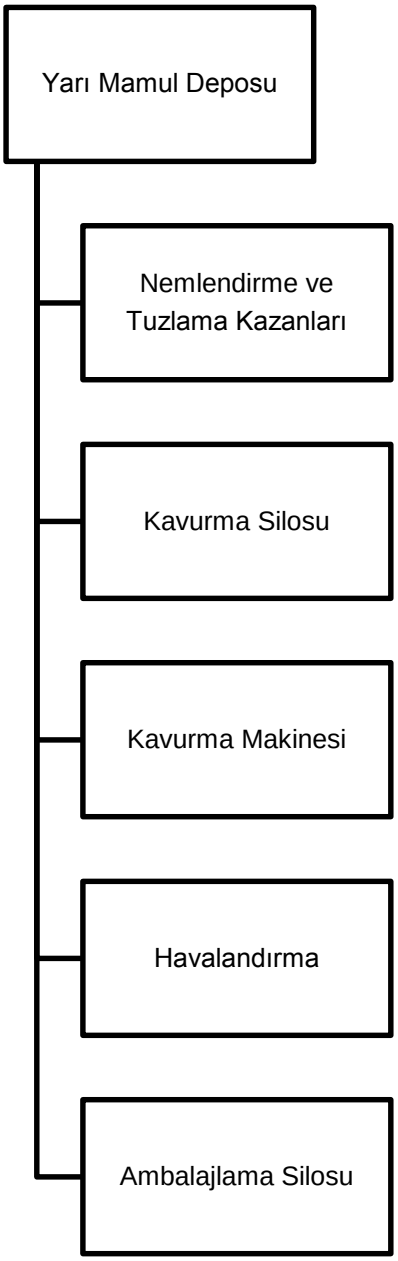
Çıtlatma: Kavlatılan ve kurutulan fıstıklar, çıtlatılmak için, çıtlakçı adı verilen kişilere dağıtılmaktadır. Fıstıklar kg başına ücret alınarak tek tek çekiç veya pense ile çıtlatılır.

Kavrulma: Kavlatılmış, kurutulmuş ve çıtlatılmış fıstıklar kavurma kazanlarında tuz ve parlatıcı ilavesiyle kavrularak çerezlik haline getirilir.

Çizelge 2.6. Kabuk ayırma iş akım sırası



Çizelge 2.7. Kavurma iş akış sırası



2.4. Fıstık İşleme Tesisi Atıksularının Kirlilik Özellikleri

Fıstık işleme atıksuyu asidik pH ve yüksek organik madde içeriğine sahiptir. Ayrıca askıda katı madde (AKM), fenol bileşikleri ve yağ gres konsantrasyonları yüksek olduğu literatürden elde edilmiştir.

Fıstık atıksuyunun kirletici etkisinin yok edilmesi veya azaltılması ile ilgili literatürde pek fazla çalışmaya rastlanmamaktadır. Fakat genel atıksu karakteristiği zeytin karasuyu ile benzeştiği için karasu arıtımında uygulanan yöntemlerin fıstık atıksu arıtımında da denenebileceği düşünülmektedir. Fiziko-kimyasal arıtma, kimyasal arıtma, aerobik biyolojik arıtma, anaerobik biyolojik arıtma, fıstık atıksu çamurunun stabilizasyonu, buharlaştırmak, membran prosesler ile arıtmak, ileri oksidasyon yöntemleri ve süper kritik su oksidasyonu yöntemi fıstık atıksuyu arıtımı için denenebilecek yöntemler arasındadır.

Günümüzde fıstık işleme atıksu bertarafında uygulamada kullanılan yöntem atıksyunun toplama havuzlarında birkaç ay tutulması ve buharlaştırılmasıdır.

2.5. Fıstık İşleme Tesisi Atıksularının Arıtılmasında Kullanılabilecek Yöntemler

2.5.1. Fiziksel yöntemlerle arıtma

Fıstık işleme atıksuyu yüksek AKM konsantrasyondan ve belli bir süre bekledikten sonra oluşan çamurumsu yapıdan dolayı bir kimyasal veya biyolojik arıtım işlemine tabi tutulmadan önce herhangi bir ayırma işlemine tabi tutulmalıdır. Santrifüjleme, çökeltim, filtrasyon, adsorpsiyon, distilasyon, havalandırma bu atıksu için uygulanabilecek fiziksel ve fizikokimyasal yöntemler arasındadır.

2.5.1.1. Adsorpsiyon

Kimyasal adsorpsiyon, adsorplanan molekülleri ile adsorplayıcı yüzey molekülleri ya da atomları arasındaki kimyasal bağdan oluşur. Bu işlem herhangi

iki değişik fazın ara kesitinde ortaya çıkabilir; sıvı-sıvı, gaz-sıvı, gaz-katı, sıvı-katı gibi (Şengül ve Küçükgül, 2002). Bu tür adsorpsiyonda kimyasal etkileşim söz konusu olduğu için daha güç desorpsiyon olur. Kimyasal olarak adsorplanmış moleküller ara yüzeyde serbest şekilde hareket edemezler. Bu tür adsorpsiyonda adsorplanan, adsorplayıcı üzerindeki aktif merkezlerle kuvvetli bağlar oluşturur. Adsorplayıcı ve adsorplanan arasındaki bağ, kimyasal tepkimelerde olduğu gibi sıcaklık artışıyla daha da kuvvetlenir (Arıkan 1991, Yener 1997). Yüzeyde tutulan maddeye adsorplanan, yüzeyinde tutanlara adsorban denir (Şengül ve Küçükgül, 2002).

Katı-sıvı adsorpsiyonu içme suyu ve atıksu arıtımında önemli rol oynar. Adsorpsiyon istenmeyen tad ve kokuların uzaklaştırılması, küçük miktarlarda toksik bileşiklerin (fenol gibi) ve deterjan kalıntılarının sudan uzaklaştırılmasında ve klor giderme gibi işlemlerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Şengül ve Küçükgül, 2002).

2.5.1.2. İyon değişimi

İyon değişimi mekanizmasını; 1850 yılında ilk kez İngiliz Bilimciler H.S.M. Thompson ve J.T. Way toprakta keşfetmişlerdir.

İyon değiştiriciler daha çok suyun yumuşatılmasında kullanılmakla beraber diğer sahalarda da geniş olarak kullanılmaktadırlar. Kimyasal araştırmalarda, analizlerde, pratik çalışmalarda teknolojide olduğu gibi çok önemlidir. İyon değiştiricilerin önemi analitik kimyada gerçekten çok büyüktür, onların kullanılması analistlere yeni metotlar vermektedir. Modern laboratuvar aletleri ile yetinilemez, fakat problemlerin ön çözümünde yararlıdır.

İyon değişimi mekanizması, çeşitli iyon değiştirici maddelerle yapılabilmektedir. Bunlara örnek olarak toprak, doğal katılar, humus, selüloz, yün, protein, aktif karbon, lignin, kömür, metal oksitler, alg ve bakteri gibi canlı hücreler gösterilebilir. Bu tür maddelere genel olarak “iyon değiştirici maddeler” denir.

İyon değişimi, katı parçacığın yüzeyindeki yükü fonksiyonel guruplara bağlı iyonların, bir çözelti içindeki aynı yüklü iyonlarla yer değiştirmesidir. İyon değimi yaygın olarak içme suyu ve atıksu arıtımında kullanılmaktadır. Özellikle sularda sertlik yaratan Ca^{++} ve Mg^{++} iyonlarının uzaklaştırılması, yeraltı sularından demir ve mangan giderilmesi için kullanılan bir işlemdir.

2.5.1.3. Membran prosesler

Membran arıtım prosesleri, sulardan çözünmüş ve kolloidal bileşenlerin ayrılmasında kullanılır. Membran arıtımında, sudaki bileşenler membranın bir tarafından diğer tarafına basınç, elektriksel potansiyel ve konsantrasyon gradiyentinden kaynaklanan sürücü kuvvetler aracılığıyla geçirilir. İster istemez partiküller membranların mikroskobik gözeneklerinde tutulurlar.

Farklı bir tanımlama yapmak gerekirse su ve atıksu arıtma uygulamalarında membran prosesi, suyun ince bir sentetik membrandan geçirilerek içindeki kirleticilerden ayrılması işlemidir. Bütün uygulamalarda su molekülleri membran porlarından geçerken kirleticiler membranda tutulur ve konsantre bir atık çözeltisi olarak tahliye edilirler. Membranlar molekül ağırlık sınırı veya por büyüklüğüne göre sınıflandırılabilirler. En büyük por büyüklüğünden küçüğe doğru; mikrofiltrasyon, ultrafiltrasyon, nanofiltrasyon ve ters osmoz olmak üzere ana dört sınıfta toplanabilirler.

Selüloz asetat, poliakrilanitril, polisülfon, alüminyum oksit ve seramik malzemeler membranların yapımında kullanılan maddelerden birkaçıdır.

Mikrofiltrasyon: Bu proses ile parçacık boyutu büyük olan kirleticiler giderilir.

Ultrafiltrasyon: Yüksek molekül ağırlığına sahip olan çözünmüş maddeler, mikroorganizmaları ve askıda katı maddeleri sıvıdan uzaklaştıran bir ayırma prosesidir. Bu yöntem safsızlaştırılacak sıvının yüksek hızla membran yüzeyine

paralel akımıyla sağlanır. Giriş ve çıkış arasındaki basınç farkı sebebiyle akım yönüne dik doğrultuda ayırma işlemi gerçekleşir.

Ters Osmoz: Uçucu olmayan bir maddenin çözeltisi ile çözücü, yalnız çözücüyü geçiren yarı geçirgen bir membran ile ayrılacak olursa; çözücü, çözelti içine geçerek seyrelme eğilimi gösterir. Bu esnada sıvı yükseklikleri arasında farklar meydana gelir. Bu yükseklik farkı osmotik basıncın bir göstergesidir. Su seviyesi yüksek (çözelti) tarafa denge basıncından daha büyük bir basınç uygulanırsa çözücü tersine yönde hareket etmeye zorlanır. Bu işleme ters osmoz denir ve yarı geçirgen membran vasıtasıyla bir yanda safsızlıklar diğer tarafta saf çözücü elde edilir. Ters osmoz delikleri ancak elektron mikroskobu ile görülebilen, iyonik alanda çalışan, yaklaşık 200 molekül ağırlığından fazla tüm organik maddeleri filtre edebilen oldukça hassas bir filtrasyondur.

2.5.2. Kimyasal yöntemler

2.5.2.1. Kimyasal çöktürme

Fıstık atıksuyunun kimyasal arıtımında kullanılabilecek kimyasal bileşiklerden bazıları $FeCl_3$, H_2SO_4, HCl ve $Ca(OH)_2$'dir.

2.5.2.2. Kimyasal oksidasyon

Ozonlama ve ileri oksidasyon teknikleri kullanılarak fıstık işleme atık suyunda KOİ ve fenol giderimi sağlanabilir.

2.5.2.3. Elektrooksidasyon

Antep fıstığı işleme atıksularını elektro oksidasyon yöntemi ile ön arıtıma tabi tutulmuş, pH=3'de % 37.83 KOİ, % 76.02 fenol giderimi elde edilmiş ve elektro oksidasyon yönteminin fıstık işleme atıksuyu için biyolojik artıma öncesinde ön artıma işlemi olarak uygulanabileceği belirtilmiştir (Fil ve ark. , 2012).

2.6. Atıksu Arıtımında Fenton Prosesi

2.6.1. Fenton prosesinin tanımı

Demir tuzları ile hidrojen peroksitin birlikte kullanıldığı fenton prosesleri ileri oksidasyon teknolojileri arasında günümüzde en çok kullanılanların arasında yer almaktadır. Fenton reaksiyonu ilk olarak 1894 yılında H. J. Fenton tarafından bulunmuş ve 40 yıl sonra Haber-Weiss mekanizması ile Fenton reaksiyonundaki baskın oksitleyici turun hidroksil radikali ($OH^{\cdot}$) olduğu ortaya konmuştur. Fenton reaktifi, hidrojen peroksit ve demir (II) tuzu ile OH radikali üretilmesidir. Fenton proses, asidik şartlar altında Fe^{+2} iyonunun hidrojen peroksit ile reaksiyonuna dayanmaktadır. Bu reaksiyon sonucu hidroksil radikalleri oluşmaktadır.

Fenton prosesi, biyolojik parçalanabilirliğin arttırılmasında, toksisitenin azaltılmasında, koku ve renk giderimlerinde etkili olarak kullanılmaktadır. Atıksuyu etkin KOI ve renk gideriminin sağlandığı Fenton prosesi ile arıtılmıştır. Fenton oksidasyon reaksiyon hızı iki önemli faktörden etkilenmektedir; hidrojen peroksit dozu ve demir konsantrasyonu. Demir konsantrasyonu reaksiyon kinetiği açısından önemli olmasına karşın, peroksit dozu da daha iyi bir oksidasyon verimi sağlanması açısından önemlidir (Chamarro ve ark. , 2001, Chi Su ve ark. , 2011, Karthikeyan ve diğ. 2011). Fenton prosesi toksik organik maddeler içeren değişik birçok endüstriyel atık suyun arıtımı için kullanılmaktadır (Birgül ve Solmaz, 2007). Atıksu arıtımında fenton prosesi, atıksu içerisinde bulunan oksitlenebilir maddelerle birlikte, özellikle atık suyun biyolojik arıtılmasını engelleyen veya toksik etkileri olan maddelerin arıtılmasında kullanılmaktadır (Külünk, 2000).

Fenton oksidasyonu demir II tuzları (genellikle $FeSO_4$) ve hidrojen peroksidin (H_2O_2) beraber bulunduğu ortamlarda meydana gelmektedir. Hidrojen peroksit ve demir II iyonları kuvvetli asit ortamda oldukça kararlıdır. Zincirleme reaksiyonlar sonucu oksitleme gücü yüksek hidroksil radikaller meydana gelmektedir. Oksidasyonla yüksek molekül ağırlıklı maddelere dönüşürken Fe^{+2} de Fe^{+3} e yükseltgenmektedir. Organik madde ve demir II iyonları bulunan kuvvetli asit ortama

hidrojen peroksit ilave edildiğinde kompleks bir redoks reaksiyonu meydana gelmektedir.

Fenton metodunun avantajları mekanik aksamın basit olması, geniş sıcaklık aralığında çalışmaya olanak vermesi, oksidasyon ve koagülasyon proseslerinin birleşiminden olunması ve sudaki oksijen konsantrasyonunu arttırmasıdır.

Ekolojik olarak güvenli olduğu için bu metodun gelecekte bütün renkli atıksuların arıtımında etkin bir şekilde uygulanacağı tahmin edilmektedir. Bunun yanında H_2O_2 boyama proseslerinde ön arıtma reaktifi olarak da yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu kullanım Fenton yönteminin daha ekonomik olmasını sağlamaktadır.

2.6.2. Fenton prosesinde oluşacak reaksiyonlar

H_2O_2 ve Fe^{2+} iyonları kuvvetli asidik ortamda genellikle daha kararlıdır. H_2O_2 ve Fe^{2+} iyonları organik madde içeren bir su sistemine eklenirse kuvvetli asidik ortamda kompleks redoks reaksiyonlarını oluşturacaktır.(Denklem 1.1, 1.2, 1.3, 1.4)

$$H_2O_2 + Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + HO^- + HO^\bullet \quad (1.1)$$

$$HO^\bullet + RH \rightarrow H_2O + R^\bullet \quad (1.2)$$

$$R^\bullet + Fe^{3+} \rightarrow R^+ + Fe^{2+} \quad (1.3)$$

$$R^+ + H_2O \rightarrow ROH + H^+ \quad (1.4)$$

Oluşan OH radikalleri RH gibi (örnek: doymamış boya molekülleri) organik maddeler ile tepkimeye girerler. Böylece boya molekülünün kromofor ve kromojenleri zarar görür. Bunun yanında redoksta reaksiyonlar arasındaki (1.5) ve (1.6) denklemlerindeki gibi gerçekleşir. Boya gibi organik moleküllerin yol açtığı dimerizasyon kirlilik giderimi için büyük avantaj oluşturur (1.6).

$HO^{\bullet} + H_2O_2 \rightarrow H_2O + HO_2^{\bullet}$ (1.5)

$2R\bullet \rightarrow R - R$ (1.6)

2.6.3. Fenton prosesine etki eden faktörler

Fenton prosesi etkileyen faktörler; Fe^{+2}, Fe^{+3}, H_2O_2 konsantrasyonları, pH, sıcaklık ve organik ve inorganik kirleticilerin miktarıdır. Bu parametreler reaksiyon verimini tayin etmektedir.

2.6.3.1. pH

Fenton prosesle kirleticilerin parçalanmasında işletme pH'ı etkin bir parametredir (Lin ve Lo, 1997; Kang ve Hwang, 2000). Fenton prosesle yapılan çalışmalarda, çoğunlukla optimum pH olarak 3 bulunmuştur (Neyens ve Baeyens, 2003). Daha düşük pH' larda $[Fe^{+2}(H_2O)]^{+2}$ oluşumu meydana geldiğinden daha az hidroksil radikali üretilmektedir. pH>4 olması halinde Fe^{+2} komplekslerinin oluşumundan dolayı parçalanma hızı azalır.

2.6.3.2. Demir iyonu Konsantrasyonu

Demir iyonu konsantrasyonunun artmasıyla parçalanma hızı artar. Ancak, belli konsantrasyonun üzerinde parçalanma hızı oldukça azdır. Hatta fazla demirin kullanılmasından dolayı çıkışta çözünmüş veya askıdaki demir miktarı artmaktadır.

2.6.3.3. Hidrojen peroksit konsantrasyonu

Hidrojen peroksit konsantrasyonunun artmasıyla genellikle kirleticilerin parçalanma hızı artmaktadır (Kang ve Hwang, 2000). Ancak, fazla miktarda hidrojen peroksit konsantrasyonu durumunda hidroksil radikalleriyle reaksiyona gireceğinden tavsiye edilmemektedir. Aynı zamanda fazla hidrojen peroksit konsantrasyonu KOİ'nin artmasına da neden olmaktadır.

2.6.3.4. Sıcaklık

Fenton proseste diğer etkin bir parametre sıcaklıktır. Yapılan bir çalışmada 30^{o}C sıcaklık optimum parçalanma veriminin değişmediği, 40°C üzerinde hidrojen peroksitin su ve oksijene parçalanmasının artmasından dolayı soğutma işleminin yapılması gerektiği tavsiye edilmiştir (Rivas ve ark. , 2001).

2.6.3.5. Kirletici konsantrasyonu

Genellikle, daha düşük kirletici konsantrasyonu uygundur. Endüstriyel atıksular için çoğu zaman fenton prosesle oksidasyondan önce seyreltme gerekmektedir. Fenton prosesle *p*-klorofenolün oksidasyon karakteristiğinin araştırıldığı çalışmada, *p*-klorofenolün parçalanma ürünü olan klor iyonunun 50 mM olması halinde Fenton prosesle *p*-klorofenolün parçalanma veriminin oldukça azaldığı bulunmuştur (Kwon ve ark. , 2004).

2.6.3.6. Tamponlayıcı tipi

pH ayarlamada kullanılan tamponlayıcının tipi de önemlidir. En yüksek oksidasyon verimini asetat tamponu verirken, en az verim fosfat ve sülfat tamponu ile edilmektedir (Benitez ve ark. , 2001).

2.7. Atıksu Arıtımında Koagülasyon

Koagülasyon ve flokülasyon içme suyu arıtımında yaygın olarak kullanılan arıtma yöntemlerinden birisidir. Sulara bazı kimyasal maddeler ekleyerek çökme özellikleri iyi olmayan çok ince askıda katı madde veya kolloidlerin daha iyi çökebilen yumaklar haline getirilmesi yöntemine koagülasyon adı verilir. Koagülasyon (pıhtılaştırma) koloidal taneciklerin etrafındaki elektriksel tabakanın bozulması ve elektriksel denge stabilizasyonudur.

Suda istenmeyen maddelerin büyük bir kısmı koloidal halde bulunmaktadır. Suda bulunan koloidal maddelerin boyutları 10-3 – 10-6 mm arasında değişmektedir ve çöktürme veya filtrasyon ile uzaklaştırılamazlar. Kolloidler suya renk, koku ve tat veren etkenler olduğundan bu maddelerin sudan uzaklaştırılması gerekmektedir. Koagülasyon kolloidleri sudan uzaklaştırmak için etkili bir yöntemdir. Pıhtılaştırma ve yumaklaştırma su arıtımında şu amaçlarla kullanılmaktadır;

-Anyonik ve organik bileşiklerin giderilmesi
-Renk giderimi
-Tat ve koku oluşturan maddelerin giderilmesi
-Alg ve planktonların giderilmesi

Doğal suların içerdiği askıda ve koloidal katı maddeler, negatif elektrik yüklü kil ve silt mineralleridir. Yumaklaşmayı sağlamak üzere suya pozitif yüklü Al^{+3} veya Fe^{+3} eklemek gereklidir. Bu elementlerin genellikle sülfat, klorür gibi bileşikleri suya eklendiğinde sudaki alkalinite ile bunlar tepkimeye girerek metal hidroksitleri oluştururlar.

Koagülant türü, dozu ve optimum sıcaklık, pH gibi parametreler koagülasyon verimini etkiler. Bu parametrelerin verimli koagülasyon için gerekli değerleri ham suyun özelliklerine göre değişir. Bu nedenle koagülasyon konusunda en iyi kimyasalı veya kimyasal bileşeni belirlemede istenen hedefe ulaşmak için gerekli miktarların belirlenmesinde laboratuvar çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Jar testi, herhangi bir atıksu veya içme suyunu arıtma için gerekli optimum pıhtılaştırma maddesi dozunu ve pH sını belirlemeye yarayan bir işlemdir. Bu test sonucundan yararlanılarak arıtma tesislerinde aynı bileşimdeki atık suya verilecek kimyasal madde dozları tespit edilir.

2.8. Atıksu Arıtımında Ultrases Prosesleri

Sıvıların, özellikle de suyun, yüksek frekansta çok iyi bir karıştırma yapmak ve çok kuvvetli kimyasal reaksiyonlar üretmek ve fiziksel işlemleri gerçekleştirmek için çok şiddetli bir sesle tahrip edilmesidir. Kativasyon diye adlandırılan proses soğuk kaynamanın kısaltılmışıdır ve sıvı içindeki milyarlarca mikroskobik kabarcığın çökmesinin bir sonucu olarak oluşur. Kativasyon veya soğuk kaynama olayı katı, sıvı ve gaz terimlerinin anlamlarının tam anlamıyla bilinmesiyle kolaylıkla anlaşılabilir.

Mesela; bir havuza küçük bir taş atıldığında oluşan küçük dalgalar gibi çöken kabarcıklardan dışarıya doğru meydana gelen ani dalgalanmalar şeklinde bu olay 14 molekülleri geri sıçratır. Tıpkı dıştan motorlu olan motor pervanelerinin kenarlarının aşınması gibi ani dalgalanma da metali aşındırabilir. Kavitasyon olayı; pervanelerin aşınma sebeplerinin araştırılması ile keşfedilen bir olaydır. Ani dalgalanmalar birbirleriyle karşılaştıklarında, daha fazla buhar kabarcıklarının meydana gelmesi ve daha fazla kavitasyonun oluşmasına sebep olabilir. Yani kavitasyon olayı negatif basınç uygulandığında mikro kabarcıklarının ürünüdür. Mason (1991) tarafından bildirildiğine göre, bu olay ilk olarak Sir John Thornycroft ve Sidney Barby tarafından yüzyılın sonunda belirlendi.

Bazı ses dalgalarına benzer olarak ultrasesde dalgalar yolu ile iletilirler. Sırası ile önce baskı ve ortamdaki molekül yapılarının geçtiği yöne doğru gerilmesiyle olur. Böylece sıvıdaki moleküller arasındaki ortalama uzaklık, moleküllerin normal durumlarından salınmasıyla çeşitlilik gösterecektir. Sıvıya yeterli büyüklükte negatif basınç uygulandığında moleküller arasındaki uzaklık sıvıyı kaldırmak için gerekli kritik moleküller uzaklığı aşar, sıvı bozulur ve boşluklar oluşur.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Şanlıurfa'da Fıstık İşleme Tesisleri ve Atıksuyu ile İlgili Mevcut Durum

Fıstık toplandıktan sonrada belirli bazı işlemlerden geçmektedir. Bu işlemler, kabuklarından ayrılması, kurutulması, iç edilmesi gibi işlemleri kapsamaktadır (Şekil 3.1). Bu işlemlerin yapıldığı fıstık kavlatma tesislerinin sayısı, Şanlıurfa ve fıstık üreten civar şehirlerde özellikle son yıllarda artış göstermiştir. Şanlıurfa'da Çevre İl ve Şehircilik Müdürlüğü'nden alınan sayıya göre 24 tane kavlatma tesisi bulunmaktadır. Bunlar sadece başvuru yapan tesislerdir. Bunun dışında toplam 40'a yakın tesis olduğu düşünülmektedir. Ayrıca Organize Sanayi Bölgesi'nde de 10'a yakın tesis bulunmaktadır. Bu tesislerde fıstığı kavlatma, kurutma, sapla fıstığı ayıklama, boş fıstıkla (ham fıstık) dolu fıstığı ayırma gibi işlemler çeşitli makinelerle yapılmaktadır. Bu makineler, çalışma şekilleri ayrıntılı olarak verilecektir. İşlemler sonucunda özellikle su kullanılarak yapılan yaş fıstığı kabuklarından ayırması işleminde açığa çamur kıvamında asidik bir atık çıkmaktadır ve bunun arıtım yöntemi bulunmamaktadır. Gerek işletmeci gerek ilgili kuruluşlar ve tesis civarı köyler bu durumdan oldukça şikâyetçidir. Tesislerde görülen atıkların bir kısmının yakılması (kurutulmuş fıstığın sapı ve yaprağı), çamur şeklindeki yoğun posaya sahip rahatsız edici kokusu olan çamur şeklindeki atık; bilinçsizce sızdırmasız zemini olmayan rastgele kazılmış bir çukurda bekletilen atık muhakkak yer altı suyuna karışmaktadır ve kokusuyla çevreyi rahatsız etmektedir.

Bölgenin büyük bir geçim kaynağı olan ve üretimi itibariyle de Türkiye genelinde çok yaygın olmayan, bütün üretimini Şanlıurfa, Gaziantep nadir olarak Siirt'ten karşılayan önemli tarım ürünü fıstık kesinlikle işlemi sırasında oluşan problemlerine sonuç ve sürekli bir çözüm bulunmak istenmektedir.



Tesisin Girişi (a)





(b) (c)

Kuru fıstıkları elek şeklindeki makineden sallayarak ve alttan hava vererek yapraklardan ve saplardan temizlemek ve ağırlık farkıyla dolu fıstıkları bir tarafa boş (ham) fıstıkları bir tarafa ayırmak için kullanılan makine (b) ve bu makineye verilecek havayı, sarsma şiddetini ayarlayan alet (c)



(d)

Makineden çıkan kuru sap ve yapraklar şekilde görüldüğü gibi yığılıp yakılarak yok edilmektedir.



(e)

Hiçbir işlemden geçirilmeden getirilen fıstık (yaş halde bulunan sapı, yaprağı, hamı ayrılmamış) yığını ise işçiler yardımıyla kürekle konveyöre yüklenerek işleme gönderilmektedir.



(f)

Konveyörle taşınan fıstık şekilde görüldüğü gibi silindire dökülmektedir. Silindir içine su verilerek ve karıştırılarak fıstık kabuklarından ayrılmaktadır. Silindirden kabuklarından ayrılmış fıstık (kavlak fıstık) altta saplarından da ayrılmak için ve suyundan tamamen süzülmek için sallanan eleğe dökülüyor. Silindirin altından siyah borular yardımıyla da posalı yoğun su aşağı havuza verilmektedir.



(g)

İşlemler sonucunda elde edilen kavlak fıstık yaş olduğundan dolayı şekilde görüldüğü gibi yere serilerek kurutulmaktadır.



(h)

Kabuklu yaş fıstığı kabuğundan su vererek ayırma işlemi sonucunda havuzda biriktirilen posalı su, çökelmeyle biriken posayı aşağıdaki fotoğrafta görüldüğü gibi traktör karseline verilip ardından toprağa serilerek birçoğu kurutulup yakılmaktadır.



(ı)

Bir kısmı ağaca fayda sağlar düşüncesiyle gübre olarak toprağa verilmektedir. İlerde bahsedeceğimiz fıstık çıkış suyunun laboratuvar çalışmaları neticesinde asidik olduğu ortaya çıkmıştır. Aşağıdaki fotoğrafta da görüldüğü gibi kurumuş şekli siyahtır.



(j)

Bu fotoğraf bir önlem ya da çalışılma yapılmadan rastgele kazılan çukura verilen fıstık atık suyunu göstermektedir. Fotoğraftan da anlaşılacağı gibi sızdırmasız bir zemin hazırlanmadan yoğun çamur denilebilecek bir atık birikimidir. Çıkış suyu burada hiçbir arıtım ya da ön işlem görmeden biriktirilerek buharlaşması beklenmektedir.

Şekil 3.1. Şanlıurfa'da fıstık işleme tesisin işleyişi ve makineleri (a, b, c, d, e, f, g, h, ı, j)

3.2. Fıstık İşleme Tesisi Atıksuyunun Özellikleri

Deneysel çalışmalarda kullanılan fiştik işleme atıksuyu Şanlıurfa İl'inde bulunan Aksoy Fıstık İşleme Tesisi'ne aittir. Bu fıstık işleme atıksuyunun karakterizasyonu Çizelge 3.1.'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.1. Fıstık işleme atıksuyunun karakterizasyonu

Fıstık Atıksuyu Analiz Sonuçları		
Parametre	**Birim**	**Değer**
pH	-	6,3
AKM	mg/L	4850
KOI	mg/L	9800
NH_4	mg/L	8.6
$N\text{-}NO_3$	mg/L	6.2
CR^{+6}	mg/L	3.8
Fe	mg/L	>60
Zn	mg/L	13.9
SO_4	mg/L	921
Yağ-Gres	mg/L	450

3.3. Çalışmada Kullanılan Cihazlar

Bu çalışmada pH ölçümleri Hanna marka pH metre ile ölçülmüştür. Fenton ve koagülasyon deneyleri sırasında WiseStir marka jar testi kullanılmıştır. KOI deneyleri Merck marka cihazda bekletilmiştir. AKM ve kimyasalların tartımı için Precisa 205 A SCS hassas terazi kullanılmıştır. Memmert marka etüv, thermolyne marka fırın kullanılmıştır. Kullanılan cihazlar;

-pH ölçer
-Jar testi
-KOI ölçer
-Ultrases Cihazı
-Santrifüj

-Hassas Terazi

-Etüv

-Fırın

-AKM Düzeneği



(a) Etüv



(b) pH ölçer



(c) Hassas Terazi



(d) Fırın



(e) Laboratuvar çalışmaları

Şekil 3.2. Kullanılan cihazlar ve laboratuvar çalışmaları resimleri (a, b, c, d, e)

3.4. Çalışmada Kullanılan Kimyasal Maddeler

Giderim için uygulanan fenton, koagülasyon ve ultrases yöntemlerinde çeşitli kimyasallar kullanılmıştır. Fenton yöntemi için $FeSO_4.7H_2O$ ve H_2O_2 değişik dozlarda kullanılmıştır (Araştırmalar ve bulgular kısmında ayrıntılı verilmiştir). Asit ve baz dengelerini ayarlamak için HCl ve $CaOH_2$ kullanılmıştır. Koagülasyon yöntemi için ise $Al_2(SO_4)_3$ ve $FeCl_3$ kimyasalları kullanılmıştır (Araştırmalar ve bulgular kısmında ayrıntılı verilmiştir). KOI belirlenmesi için potasyum dikromat ve gümüşlü sülfirik asit kullanılmıştır. Titrasyon yöntemiyle belirlenen KOI için ferroin indikatörü kullanılmıştır. Kullanılan kimyasallar;

-$Al_2(SO_4)_3$
-$FeCl_3$
-$FeSO_4.7H_2O$
-H_2O_2
-HCl
-CaOH
-Gümüşlü Sülfirik Asit
-Ferroin İndikatörü
-Potasyum Dikromat

3.5. Çalışmada Kullanılan Analiz Yöntemleri

3.5.1. KOI analizleri

Deneysel çalışmalarda yapılan bütün KOİ analizleri Standart Metotlar'a uygun olarak Closed Reflux yöntemi ile yapılmıştır (APHA, 2005). KOİ analizinin 2 saat boyunca termoreaktörde 148^oC sıcaklığa tabi tutulma işlemi Şekil 3.3.'de gösterilmektedir.



Şekil 3.3. KOİ analizi

3.5.2. AKM analizleri

Deneysel çalışmalar sırasında AKM analizleri Standart Metotlar'a göre yapılmıştır (APHA, 2005).

3.6. Fenton Oksidasyon Prosesinin Optimizasyon Çalışmaları

Numuneler yoğun olduğundan dolayı (çamurumsu) Fenton prosesi uygulamaları fıstık atıksuyunun bekletilmesi sonucu üst fazından alınan numunelere uygulanmıştır. Numuneler, 500'lük behere alınır ve pH'ı HCl ile 3'e ayarlanır. Beherde bulunan numunelere hangi doz uygulanacak ise, hesaplanan dozlarda $FeSO_4$ ve H_2O_2 ilave edilmiştir. Zamana bağlı olarak 100 rpm'de döndürülmüştür (1 saat). Döndürüldükten sonra nötral olması için pH $CaOH_2$'yle 7'ye getirilip ve çökelmesi için en az 1 saat beklenmiştir.

Fıstık işleme atıksuyuna fenton prosesi uygulanırken optimum dozları bulmak için $FeSO_4$ dozu, H_2O_2 dozu ve reaksiyon süresi olmak üzere üç değişken göz önünde bulundurulmuştur ve bunların optimizasyonuna bakılarak en ideal fenton giderimi

bulunmuştur. Fenton prosesi uygulaması sırasında Jar testi işlemi Şekil 3.4'de gösterilmektedir.



Şekil 3.4. Fenton Prosesi Uygulama Aşaması

3.6.1. Optimum H_2O_2 konsantrasyonunun belirlenmesi

H_2O_2 değişken alınarak $FeSO_4.7H_2O$ ve reaksiyon süresi sabit tutulmuştur. Böylece H_2O_2 miktarında optimum değeri ve verim bulunmuştur. Fe^{+2} ve H_2O_2 ile deney süreleri Çizelge 3.2.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. H_2O_2 değişkeni için deney sırasına göre miktarlar

Deney Sırası	$FeSO_4$ (mg/l)	H_2O_2 (µL)	Süre (saat)
1	50	50	1
2	50	75	1
3	50	100	1
4	50	125	1
5	50	150	1

3.6.2. Optimum demir konsantrasyonunun belirlenmesi

En uyun demir dozunu bulabilmek için 75-175 mg/L arasında değişen dozlarda 5 farklı doz denenmiştir. $FeSO_4.7H_2O$ değişken olarak alınarak, H_2O_2 dozu ve reaksiyon süresi sabit tutulmuştur. Böylece demir değerinde optimum değeri ve verim bulunmuştur. Fe^{+2} ve H_2O_2 ile deney süreleri Çizelge 3.3.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. $FeSO_4$ değişkeni için deney sırasına göre miktarlar

Deney Sırası	$FeSO_4$ (mg/l)	H_2O_2 (µL)	Süre (saat)
1	75	100	1
2	100	100	1
3	125	100	1
4	150	100	1
5	175	100	1

3.6.3. Optimum reaksiyon süresinin belirlenmesi

Süre değişken alınarak $FeSO_4.7H_2O$ ve H_2O_2 miktarları sabit tutulmuştur. Böylece sürede optimum değeri ve verim bulunmuştur. Fe^{+2} ve H_2O_2 ile deney süreleri Çizelge 3.4.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.4. Süre değişkeni için deney sırasına göre miktarlar

Deney Sırası	$FeSO_4$ (mg/l)	H_2O_2 (µL)	Süre (saat)
1	75	100	60
2	75	100	75
3	75	100	90
4	75	100	105
5	75	100	120

3.7. Ultrases Fenton Oksidasyonu Çalışmaları

Ultrases fenton oksidasyonuyla fıstık atıksuyu arıtımı çalışmaları Sonics VC 750 Ultrasonik işlemci cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çeşitli süre değerlerinin ayarlanmasına sahip ultrases işletim cihazındaki çalışmalar 20 kHz sabit frekansta yapılmıştır Ultrases cihazı Şekil 3.5. ’de gösterilmiştir.

Fentonda en optimum olarak belirlediğimiz miktarları, beherlere aldığımız 250 ml numunelere eklenmiştir. Jar testi yerine ultrases uygulandı ve bekleme sürelerini değiştirerek KOİ analizi yapılmıştır. Fe^{+2} ve H_2O_2 ile deney süreleri Çizelge 3.5.’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.5. Ultraseste süre değişkeni için deney sırasına göre miktarlar

Deney Sırası	$FeSO_4$ (mg/l)	H_2O_2 (µL)	Süre (dakika)
1	75	100	10
2	75	100	15
3	75	100	20
4	75	100	25
5	75	100	30



Şekil 3.5. Ultrases Cihazı

3.8. Koagülasyon Çalışmaları

Çalışılacak kimyasal istenen mitarda tartılmıştır. Numunemiz yoğun olduğundan dolayı (çamurumsu) 1/10 seyreltilmiştir. 50 ml numune 500ml'ye tamamlanmıştır. Tartılan doz behere katılmış ve jar testinde 2-3dk hızlı karıştırma (200 rpm), ardından 1 saat yavaş karıştırma yapılmıştır (25 rpm). (Şekil 3.6.) İşlemler yapıldıktan sonra çökelmesi için en az 2 saat bekletildi. Üst suyunda KOİ bakılmıştır.

Koagülasyon için en ideal sonucu bulmak için $FeCl_3$ ve $Al_2(SO_4)_3$ olmak üzere iki farklı koagülant kullanılmıştır.



Şekil 3.6. Koagülasyon prosesi uygulama aşaması

3.8.1. Optimum $FeCl_3$ miktarının belirlenmesi

$FeCl_3$ ile koagülasyonda en iyi verimin elde edilebileceği dozu bulabilmek için 500, 1000, 2000, 3000 ve 4000 mg/L gibi 5 farklı $FeCl_3$ dozu denenmiştir. Denen dozlar Çizelge 3.6.'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.6. $FeCl_3$ değişkeni için deney sırasına göre miktarlar

Deney Sırası	$FeCl_3$ (mg)
1	500
2	1000
3	2000
4	3000
5	4000

3.8.2. Optimum $Al_2(SO_4)_3$ miktarının belirlenmesi

Koagülasyonda bir diğer iyi verim elde edilebilecek kimyasal olan $Al_2(SO_4)_3$ da farklı dozlarda kullanılmıştır. $Al_2(SO_4)_3$ ile koagülasyonda en iyi verimin elde edilebileceği dozu bulabilmek için 500, 1000, 2000, 3000 ve 4000 mg/L gibi 5 farklı $AlSO_4$ dozu denemiştir. Bunun neticesindeki elde edilen verimler Çizelge 3.7.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.7. $Al_2(SO_4)_3$ değişkeni için deney sırasına göre miktarlar

Deney Sırası	$Al_2(SO_4)_3$ (mg)
1	500
2	1000
3	2000
4	3000
5	4000

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Fenton Oksidasyon Prosesi

Fenton yönteminde $FeSO_4$, H_2O_2 ve zaman olmak üzere üç değişken üzerinde çalışma yapıldı ve hepsinin optimum değerlerine ve verimlerine bakarak en ideal değerler seçilmiştir.

Bu çalışmalar neticesinde aşağıdaki tablolarda da görüldüğü gibi en yüksek KOİ giderimi elde edilen miktar ve süre şöyledir;

Çizelge 4.1. En ideal değerler

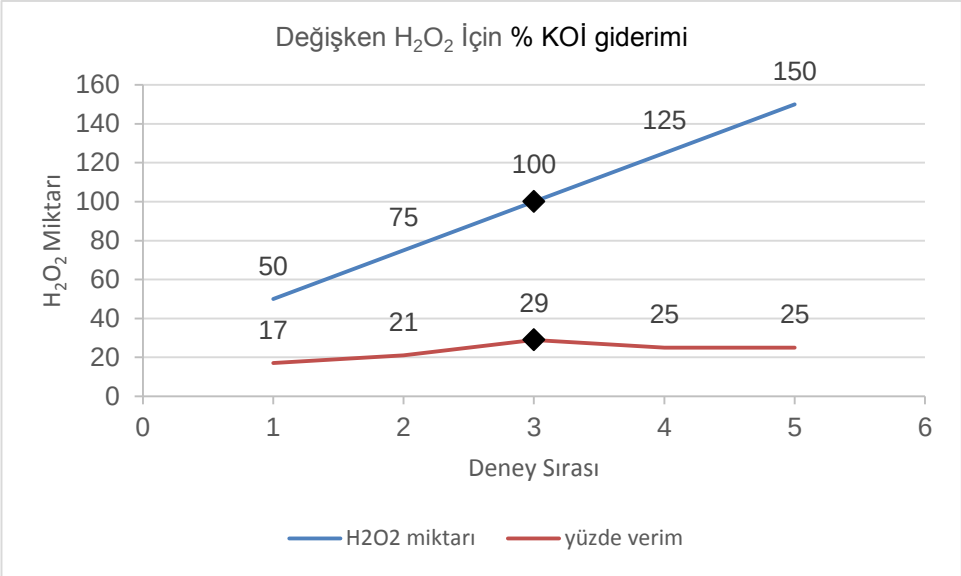
$FeSO_4$ (mg/l)	H_2O_2 (µl)	süre (saat)
75	100	75

4.1.1. Optimum H_2O_2 konsantrasyonu

Fenton giderim yönteminde tüm değerler (Fe dozu ve süre) sabit tutularak en iyi verimi belirlemek için H_2O_2 miktarı 5 değişken üzerinde çalışılmıştır.

Çizelge 4.2. Değişken H_2O_2 için % KOI giderimi ve miktarlar

Deney Sırası	$FeSO_4$ (mg/l)	H_2O_2 (µl)	Süre (saat)	KOİ Giderimi (%)
1	50	50	1	17
2	50	75	1	21
3	50	100	1	29
4	50	125	1	25
5	50	150	1	25



Şekil 4.1. Değişken H_2O_2 için % KOI giderimi

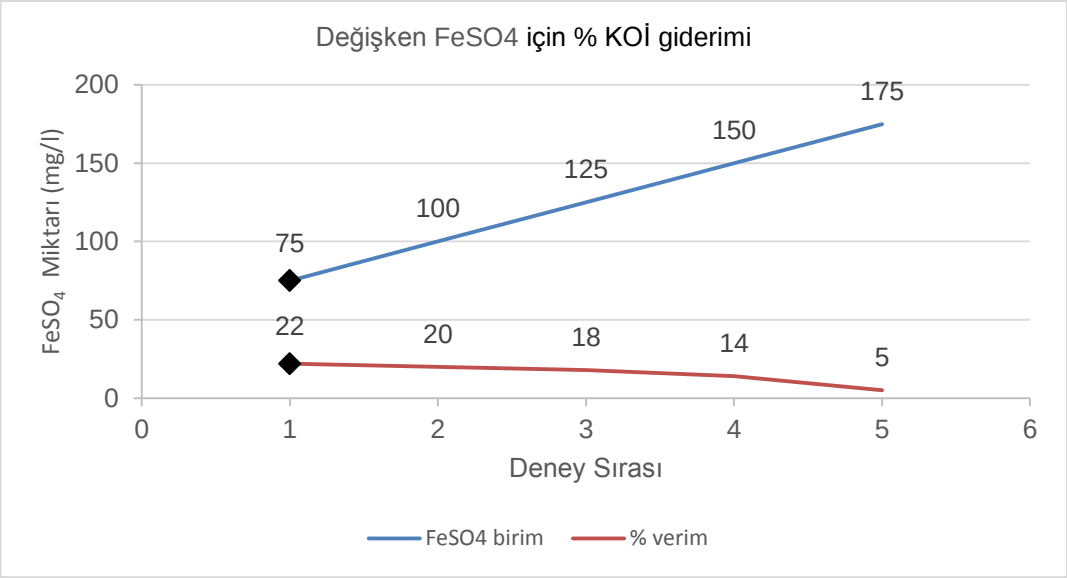
Şekil 4.1.'de de görüldüğü gibi optimum değer 3. deneyde elde edilmiştir. Yani 100 mg/l H_2O_2 miktarında en yüksek KOI giderim elde edilmiştir.

4.1.2. Optimum demir konsantrasyonu

Fenton giderim yönteminde tüm değerler sabit tutularak en iyi verimi belirlemek için demir miktarı 5 değişken üzerinde çalışılmıştır.

Çizelge 4.3. Değişken $FeSO_4$ için % KOI giderimi ve miktarlar

Deney Sırası	$FeSO_4$ (mg/l)	H_2O_2 (µl)	Süre (saat)	KOİ Giderimi (%)
1	75	100	1	22
2	100	100	1	20
3	125	100	1	18
4	150	100	1	14
5	175	100	1	5



Şekil 4.2. Değişken $FeSO_4$ için % KOİ giderimi

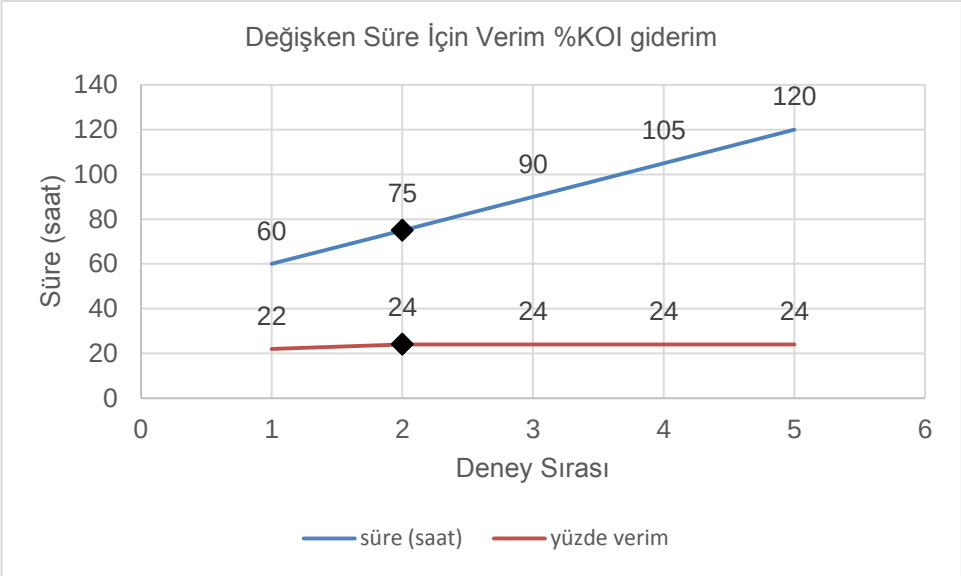
Çizelge 4.3.'de de görüldüğü gibi optimum değer 1. deneyde elde edilmiştir. Yani 75 mg $FeSO_4$ miktarında en yüksek yüzde KOİ giderimi elde edilmiştir.

4.1.3. Optimum reaksiyon süresi

Fenton giderim yönteminde tüm değerler (H_2O_2 ve süre) sabit tutularak en iyi verimi belirlemek için süre 5 değişken üzerinde çalışılmıştır.

Çizelge 4.4. Değişken süre için % KOİ giderimi ve miktarlar

Deney Sırası	$FeSO_4$ (mg/l)	H_2O_2 (µl)	Süre (saat)	KOİ Giderimi (%)
1	75	100	60	22
2	75	100	75	24
3	75	100	90	24
4	75	100	105	24
5	75	100	120	24



Şekil 4.3. Değişken süre için % KOİ giderimi

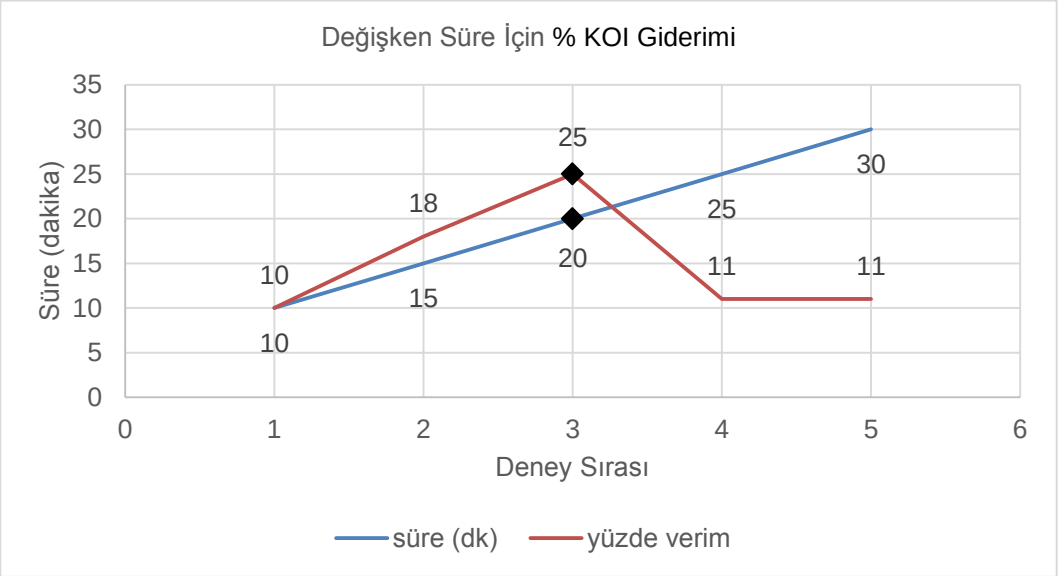
Çizelge 4.4.'de de görüldüğü gibi optimum değer ilk 2. noktada optimum olmuş ve devamında sabitlenmiştir. Dolayısı ile 2. deney yani 75 dakika bekleme süresinde en iyi verim elde edilmiştir.

4.2. Ultrases Fenton Oksidasyonu Verimi

Fenton giderim yönteminde kimyasalların birbirine karışması için jar testinde döndürülmesi yerine ultrases cihazı uygulanmıştır. Kimyasallar sabit tutularak ideal süre için en iyi verim belirlenmiştir.

Çizelge 4.5. Ultraseste değişken süre için % KOI giderimi ve miktarlar

Deney Sırası	$FeSO_4$ (mg/l)	H_2O_2 (µl)	Süre (dakika)	KOİ Giderimi (%)
1	75	100	10	10
2	75	100	15	18
3	75	100	20	25
4	75	100	25	11
5	75	100	30	11



Şekil 4.4. Ultraseste değişken süre için % KOİ giderimi

Çizelge 4.5.'de de görüldüğü gibi 3.nokta optimum değerdir. Yani fentonda elde ettiğimiz optimum değerleri jar testine değil de ulrtasese tabi tuttuğumuzda 20 dakikada (en yüksek verim) % 25 verim elde edilmiştir.

4.3. Koagülasyon ile Fıstık İşleme Atıksuyunda Arıtma Verimi

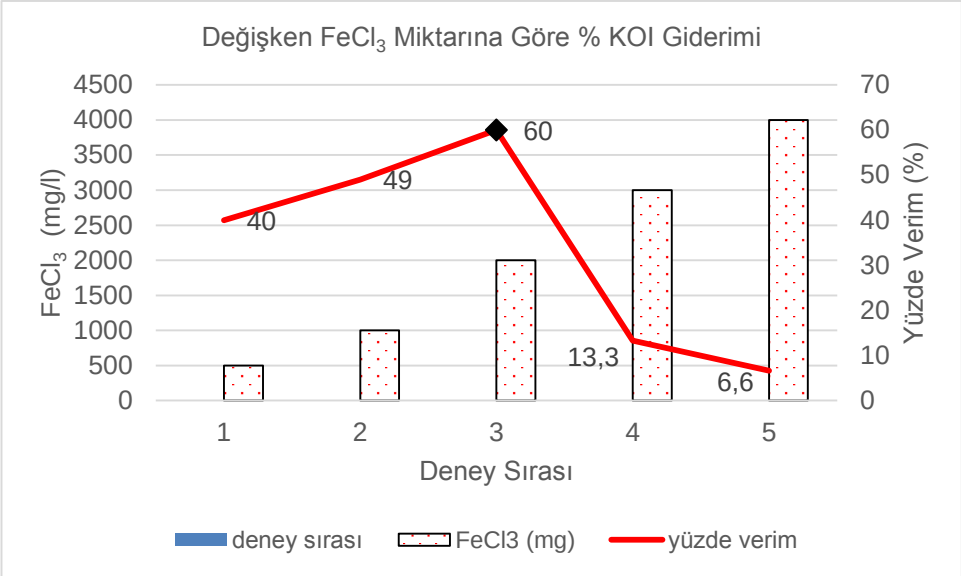
Koagülasyon prosesinde en iyi verim için en ideal kullanılması gereken iki kimyasalla ($FeCl_3$ ve Al_2SO_4) çalışılmıştır. Çalışmalar sonucunda bu iki kimyasal karşılaştırıldığında en iyi verim $FeCl_3$ kimyasalıyla %60 olmuştur.

4.3.1.Optimum $FeCl_3$ miktarı

Koagülasyon giderim yönteminde $FeCl_3$ miktarı değiştirilerek en iyi yüzde KOI giderimi belirlenmiştir.

Çizelge 4.6. Değişken $FeCl_3$ (mg) miktarı İçin KOI giderimi ve miktarları

Deney Sırası	$FeCl_3$ (mg)	KOİ Giderimi (%)
1	500	40
2	1000	49
3	2000	60
4	3000	13,3
5	4000	6,6



Şekil 4.5. Değişken $FeCl_3$ (mg) için % KOİ giderimi

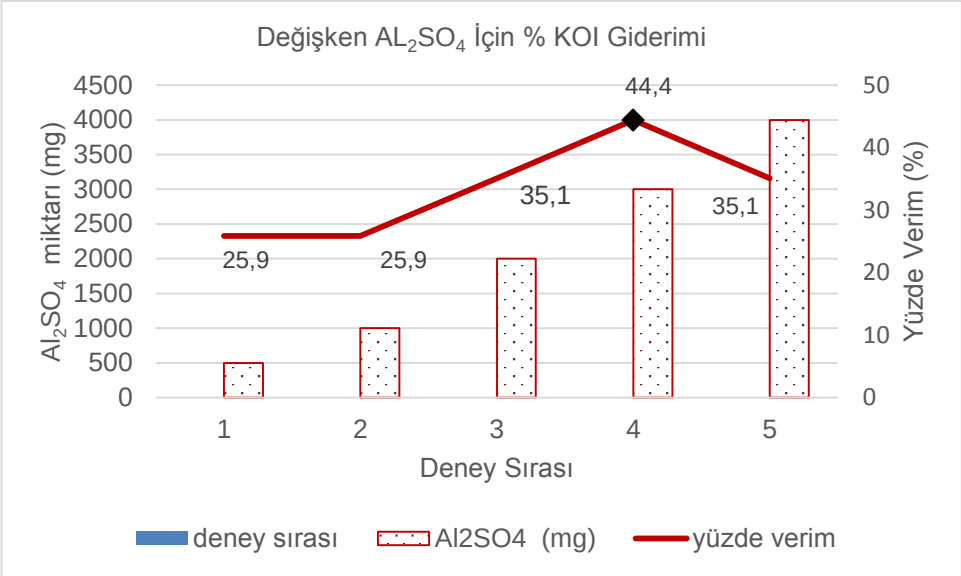
Çizelge 4.6.'da görüldüğü gibi optimum değer 3. noktada elde edilmiştir. Yani 2000 mg FeCl3 miktarı % 60 verimle en iyi % KOİ giderimi elde edilmiştir.

4.3.2. Optimum Al_2SO_4 miktarı

Koagülasyon giderim yönteminde Al_2SO_4 miktarı değiştirilerek en iyi yüzde KOI verimi belirlenmiştir.

Çizelge 4.7. Değişken Al_2SO_4 (mg) Miktarı İçin % KOI giderimi ve miktarları

Deney Sırası	Al_2SO_4 (mg)	KOİ Giderimi (%)
1	500	25,9
2	1000	25,9
3	2000	35,1
4	3000	44,4
5	4000	35,1



Şekil 4.6. Değişken Al_2SO_4 (mg) Miktarı İçin % KOI giderimi

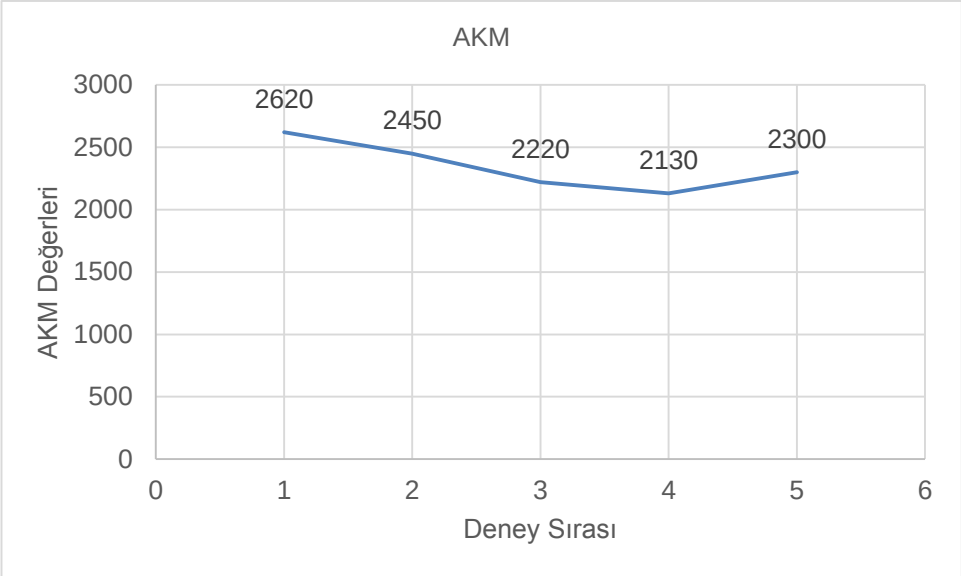
Çizelge 4.7.'de de görüldüğü gibi optimum değer 4. noktada elde edilmiştir. Yani 3000 mg Al_2SO_4 miktarı % 44.4 verimle en iyi % KOI giderimi elde edilmiştir.

4.4. Askıda Katı Madde

Fenton giderim yöntemi ile belirlenen en ideal miktarlar belirlendikten sonra jar testi yerine ultrases de beklenilmiştir. Bunun Sonucunda deney sırasıyla askıda katı madde miktarlarına bakılmıştır.

Çizelge 4.8. Askıda Katı Madde Miktarları

Deney Sırası	AKM
1	2620
2	2450
3	2220
4	2130
5	2300



Şekil 4.7. Askıda Katı Madde Miktarları

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Türkiye, fıstık hasat alanı olarak Dünya'da önemli bir yerdedir ve bu üretimin çoğunu başta Şanlıurfa ve Gaziantep olmak üzere sadece birkaç şehir karşılamaktadır. Fıstık, Şanlıurfa'nın önemli geçim kaynağı ve tarım ürünüdür. Bu açıdan yapılan araştırma önem taşımaktadır.

Şanlıurfa'da bu yönde açılan sayıca belirttiğimiz kavlatma tesislerinde yapılan laboratuvar çalışmaları ve gerekli kuruluşlardan aldığımız bilgiler doğrultusunda fıstık çıkış suyunun KOI, AKM değerlerinin yüksek olduğu ve asidik olduğu ortaya çıkmıştır. Maalesef çıkış suyunun bir arıtım yöntemi yoktur. Aynı zamanda işletmeci tarafından bilinçsizce atık yakılarak, rastgele kazılan çukurda bekletilerek ortama verilmekte ve çıkış suyu kuruduktan sonra ağaca fayda sağlar düşüncesiyle çiftçiler tarafından gübre olarak kullanılmaktadır. Bu şekil işletimin hem işletmeci hem üretici hem tesis civarındaki köyler tarafından ve çevreye verilen zararda göz önüne alınarak ciddi bir sorun olduğu saptanmıştır. Çözüm bu tesisleri kapatmak değil yeniden bir tasarım oluşturmak, en uygun giderim yöntemini bulmak ve gerekiyorsa atık minimizasyonu ve geri dönüşümü sağlamak veya bulunan kirlilik değerlerine göre gerekli arıtım yöntemi tasarlamaktır.

Bu çalışma ile fıstık işleme atıksuyunun arıtılabilirliğine yönelik deneysel bir çalışma yürütülmüş ve ön arıtım prosesi olarak fenton, feton+ultrases ve koagülayon yöntemleri denenmiş, KOİ giderimi açısından karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, söz konusu yöntemlerin fıstık atıskuyu arıtımına yönelik uygulanabilir yöntemler olduğunu göstermiştir. Fakat fıstık atıksuyunun arıtılabilirliğinin, fıstığın kabuğundan ötürü katı içeriğinin yüksek olması gerçeği ile evvela etkili bir şekilde katı sıvı ayrımını takiben mümkün olabileceği sonucuna varılmıştır. Ayrıca fıstık atıksuyunun bekletilmesi ile birlikte bu katı- sıvı ayrımının zorlaştığı, atıksuyun jelimsi bir çamur formuna dönüştüğü görülmüştür.

Deneysel olarak yapılan çalışmaların sonuçlarına göre fıstık atıksuyunun fenton ve fenton+ultrases yöntemi ile sırasıyla % 24 ve % 25 verim elde edilirken, alüm ve $FeCl_3$ ile koagülasyon ile yine sırası ile % 45 ve % 60 KOİ giderimi elde edildiği görülmüştür.

5.2. Öneriler

Fıstık işleme atıksuları yüksek kirletici konsantrasyonları içermeleri ve herhangi bir arıtıma tabi tutulmamaları sebebiyle fıstık üretiminde ilk sırayı alan özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesi için önemli bir sorun teşkil etmektedir. Bu sorunun tam olarak çözülmesi ve fıstık işletmecilerine uygun arıtım proses alternatifleri sunmak için fıstık atıksuyunun arıtımı ile ilgili çalışmaların ağırlık kazanması gerekmektedir. Daha farklı arıtım proseslerinin denenmesi ve karşılaştırılması literatürde fıstık atıksuyu arıtımı ile ilgili mevcut muazzam boşluğu doldurmaya büyük hizmet etmiş olacaktır. Arıtım öncesi katı kısmın ayrılarak yüksek potasyum içermesi sebebiyle toprakta yararlı kullanım alternatiflerinin araştırılması da çalışmaya farklı bir boyut kazandırabilir.

KAYNAKLAR

ANONİM, 2001. Türkiye Cumhuriyeti Ekonomi Bakanlığı İhracat Genel Müdürlüğü Tarım Ürünleri Daire Başkanlığı, Antep Fıstığı Sektör Raporları, Ankara.

ANONİM, 2009. Türkiye Cumhuriyeti Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, Siirt Fıstığı İşleme Tesisi Sanayi Profili, Ankara.

BENITEZ, F.J., ACERO, J.L., REAL, F.J., RUBIO, F.J. and LEAL, A.I., 2001. The Role of Hydroxyl Radicals for the Decompozition of p-hydroxy Phenylacetic Acid in Aquueous Solutions. Water Research, 35, 1338-1343.

BİRGÜL, A. ve SOLMAZ, S.K.A., 2007. Tekstil Endüstrisi Atıksuları Üzerinde İleri Oksidasyon ve Kimyasal Arıtma Prosesleri Kullanılarak KOI ve Renk Gideriminin Araştırılması, Ekoloji Dergisi 15 (62): 72-80.

CHAMARRO E., MARCO A. and ESPLUGAS, S., 2001. Use of Fenton Reagentto Improve Organic Chemical Biodegradability, Water Research, 35 (4): 1047-1051.

FİL, B. A., BONCUKÇUOĞLU, R., YILMAZ, A. E. ve BAYAR, S., 2012. Antep Fıstığı İşleme Atıksularının Elektrooksidasyon Yöntemiyle Ön Arıtım Çalışmaları, Iğdır Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2 (2): 29-36.

GÜRTEKİN, E., ŞEKERDAĞ, N., 2008. Bir İleri Oksidasyon Prosesi: Fenton Proses, Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü: 23119, Elazığ.

HANAY, Ö. ve HASAR, H., 2007. Fenton Oksidasyon Prosesi İle Tekstil Endüstrisi Atıksuyunda Renk Giderimi. Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü: 23119, Elazığ.

KANG, Y.W. and HWANG, K., 2000. Effect of Reaction Conditions on the Oxidation Efficiency in the Fenton Process. Water Research, (10), 2786-2790.

KARAMAN, İ., 2010. Soma Linyitinin Fiziksel Aktivasyonu ve Aktiflenmiş Ürüne Boyarmadde Adsorpsiyonu. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

KORKUT, Ş., 2004. Anaerobik Arıtım Sistemleri Jar Test (Koagülasyon-Flokülasyon). Çeviri:348.

KWON, B.G., LEE, D.S., KANG, N. and YOON, J., 2004. Characteristics of p-chlorophenol Oxidation by Fenton's Reagend. Water Research, (9), 2110-2118.

KÜLÜNK, A., 2000. Tekstil Endüstrisinde Asit Boyarmaddelerden Kaynaklanan Rengin Fenton Prosesi ile Giderilmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

NEYENS, E. and BAEYENS, J., 2003. A Rewiew of Classic Fenton's Peroxidation as an Advanced Oxidation Technique. J Hazard Mater, 98 (1-3): 33-50.

OKTAV, E. ve ŞENGÜL, F., 2000. Zeytinyağı Endüstrisi Atıksularının Arıtılabilirliği Üzerine Bir Çalışma, İ.T.Ü. 7. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, İstanbul, s 51-58.

OKTAV, E., ÇATALKAYA, E.Ç. ve ŞENGÜL, F., 2003. Zeytinyağı Endüstrisi Atıksuların Kimyasal Yöntemlerle Arıtımı, D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi, Fen ve Mühendislik Dergisi, 5(3), 11-21.

RIVAS, F.J., BELTRAN, F.J., CARVALHO, F., ACEDO, B. and GİMENO, O., 2001. Stabilized Leachates: Sequential Coagulation-Flocculation + Chemical Oxidation Process. Journal of Hazardous Materials, (1-2), 95-102.

ROZZİ, A. and MALPEI, F., 1997. Treatment and Disposal of Olive Mill Effluents, Intenational Biodeterioration & Biodegradation, Vol. 38, pp. 135-144.

SAMSUNLU, A., TÜNAY, O., ÖZTÜRK, Z. ve ALP, K., 1998. Zeytinyağı Üretimi Atıksularının Karakterizasyonu ve Arıtılabilirliği, İ.T.Ü. 6. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, s 93-99.

ŞENGÜL, F., OKTAV, E. ve ÇOKAY, E., 2000. Zeytinyağı Üretimi Atıklarının Arıtımı ve Yan Ürünlerinin Değerlendirilmesi, GAP Çevre Kongresi, Bildiriler Kitabı, Şanlıurfa, s 713-722.

ŞENGÜL, F. ve ÖZER, A., 2003. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Zeytin Karasuyu Arıtım Projesi: Ebso Projesi Kapsamındaki Zeytinyağı İşletmeleri İçin Durum Tespiti, Karasu Karakterizasyonu, Karasu Arıtılabilirlik Çalışmaları ve Sonuçları, İzmir.

Web 1: https://www.cevremuhendisleri.net

Web 2: https://www.igdir.edu.tr

Web 3: https://acikarsiv.ankara.edu.tr

Web 4: https://www.tarimsal.com/antepfistigi.htm

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı **:** Büşra Rastgeldi
Uyruğu **:** T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi: Şanlıurfa, 18.07.1990
Telefon **:** 05535959297
Fax **:** -
e-mail **:** brastgeldi@gmail.com

EĞİTİM

Derece	**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	: Özel Murat Lisesi, Şanlıurfa	2007
Üniversite	: Harran Üni. Müh. Fak. Çevre Mühendisliği	2012
Yüksek Lisans	: Harran Üni. Fen Bil. Ens. Çevre Müh. ABD	2015