

ARAŞTIRMA MAKALESİ/RESEARCH ARTICLE

AYÇİÇEK YAĞ FABRİKASI ATIKSULARININ KİRLİLİK YÜKÜNÜN AZALTIMASI

Yusuf SAATÇİ^{1,2}, E. Işıl ARSLAN¹, Ubeyde İPEK¹, Mehmet CİCİ¹

ÖZ

Bu çalışmada, Elazığ ilinde kurulu bulunan Karadeniz Birlik Doğan Erdil ayçiçek yağ fabrikası rafinasyon kademelerinden ve yağ asitleri ünitesinden alınan atıksular karakterize edilmiştir. Atıksu kirlilik yüklerinin azaltılması için işletme koşulları ve tesis bazında alınabilecek önlemler belirlenerek, kirletici yüklerin optimizasyonu irdelenmiştir. Bu amaçla işletme bazında dört alternatif atıksu akım kombinasyonu üzerinde çalışılmış ve asidik atıksuların kireç ile koagülasyonu denenmiştir. Sonuçlar, sabun stoğundan yağ asidi üretilmesi ve oluşan asidik atıksuların kireç ile koagülasyonu halinde %28-64 oranında KOİ ve %8-31 oranında yağ gres giderimi gerçekleştirilebileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Ayçiçek yağ fabrikası, Atıksu, Karakterizasyon, Atık yükünün azaltılması.

REDUCTION OF POLLUTION LOADS OF WASTEWATER FROM SUNFLOWER SEED OIL FACTORY

ABSTRACT

In this study, wastewaters taken from each rafination stage and fatty acids units of Elazığ Karadeniz Birlik Doğan Erdil Sunflower Seed Oil Factory have been characterised. Operating conditions and recommendations that could be taken for reducing wastewater pollution loads in foundation have been examined. For this aim, four alternative wastewater flows were chosen and coagulation of acidic wastewater with lime was examined. As a result of the study, 28-64% COD, 8-31% oil and grease removal efficiency was achieved when fatty acids were produced from soap stock and acidic wastewaters were coagulated with lime.

Key Words: Sunflower seed oil factory, Wastewater, Characterisation, Reduction of waste loads.

1. GİRİŞ

Yemeklik bitkisel yağların rafinasyonunda; ham yağ, çeşitli aşamalarda işlenerek yemeklik yağ haline getirilmektedir. Bu işlemler sırasında birçok bağlayıcı ve çözücü reaktiflerden yararlanılmaktadır. Dolayısıyla her yağ rafinasyon kademesinde, özellikleri ve miktarları farklı olan atıksular oluşmaktadır. Bitkisel yağların üretiminde kullanılmakta olan ham yağ rafinasyon tipleri; Santrifüjlü sürekli nötralizasyon, Lauval Short-Mix prosesi, Ultra Short-Mix prosesi, Zenith prosesi, Clayton prosesi, Miscella rafinasyonu, Esterleşme ile serbest yağ asitlerinin indirgenmesi ve sıvı-sıvı ekstraksiyonudur (Şengül vd., 1992).

Bitkisel yağ rafinerileri, fiziksel prosesler ile fiziksel-kimyasal proseslerden oluşmaktadır. Fiziksel prosesler, soğutma suları, yıkama ve temizleme işlemlerinden oluşmaktadır. Kimyasal rafine oldukça komplekstir. Bu prosesler, alkali nötralizasyon, sabun stoğu ve solvent ekstraksiyonu ile deterjan bölümlerini içerebilir (Chin vd., 1987).

Rafinasyon işlemi, serbest yağ asitlerinin nötralizasyonunu, zamlı ve yapışkan maddelerin giderilmesini, renk ve koku giderme işlemlerini kapsamaktadır (Öztürk vd., 1990). Nötralizasyon aşamasında yağ, 75-90 °C'ye kadar ısıtıldıktan sonra, kostik (NaOH) çözeltisi ile 30 dakika temas ettirilir ve bu işlemde ham yağın % 10-20'si kadar su kullanılır (Şengül, 1990). Ye-

¹ Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 23119, Elazığ.

² E-posta: ysaatci@firat.edu.tr

meklik yağlarda bulunan düşük miktardaki uzun zincirli hidrokarbonların giderilmesinde ise, bazen aktif karbon-ağartma toprağı kompleksi de kullanılmaktadır (Pollard vd., 1993). Adsorban filtreden geçirilen yağın rengi açılmakta ve adsorban madde % 10-25 oranında yağ tutmaktadır. Adsorban madde üzerinde tutulan yağ, su ile ayrılır veya çözücü ekstraksiyonu ile geri kazanılır. Bu ünite de temizleme ve vakum için su kullanılır (Watson ve Meierhofer, 1976).

Yemeklik yağ sanayinde ortaya çıkan atıksular, proses suyu, soğutma suları (barometrik kondenser suları), kazan suyu ve fabrika çalışanlarından ileri gelen evsel nitelikli atıksulardan ibarettir (Eroğlu, 1988). Atıksuların miktar ve özellikleri kullanılan proses ekipmanlarına, sıcaklığa, basınca, kullanılan ham maddeye ve üretilen yağ tipinin ne kadar sıklıkla değiştirildiğine bağlıdır (Buck ve Sekoulov, 1989).

Yemeklik yağ sanayii atıksularında çözünmüş organik madde, Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ₅), Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), yağ-gres, sülfat, Toplam Katı Madde (TKM), sıcaklık ve pH dikkate alınması gereken önemli parametrelerdir. Yağ-gres, BOİ₅, TKM, KOİ, pH, Toplam Çözünmüş Katı Madde (TÇKM), sıcaklık ve nispeten margarin sanayinde bulunabilen toplam koliform bakteri parametreleri birinci derecede önemlidir (Eroğlu, 1988).

Yağ-gres konsantrasyonu, pH, KOİ, BOİ₅, Askıda Katı Madde (AKM) ve diğer indikatör parametrelerle birlikte ele alınmalıdır. Eysel atıksuların yağ-gres konsantrasyonu 30-50 mg/l arasında değişmesine rağmen yağ sanayi atıksularında bu değer 1000 mg/l'yi aşmaktadır (Tsugita ve Ellis, 1981). Tasfiye edilmemiş bir yağ fabrikasının atıksularında bu değer 2000 mg/l'ye ulaşmaktadır. (Uslu ve Türkman, 1987).

Bir bitkisel yağ fabrikasında oluşan atıksuyun büyük bir kısmı, koku giderme (deodorizasyon) proseslerinde kullanılan barometrik kondenser sularından ileri gelmektedir. Genellikle bu suyun miktarı 1 ton rafine edilmiş yağ başına 50 m³ tür. Asidik atıksu miktarı ise 1 ton yemeklik yağ başına 0.5 m³ tür (Eroğlu, 1988).

Asit splitting, sabun stoğuna sülfürik asit ilavesiyle gerçekleştirilir. Sonuçta çıkış suyu, aşırı asidiktir (pH=1.7) ve sülfat konsantrasyonu 4000 mg/l civarındadır (Öztürk ve diğ., 1990). Asidik atıksular; yağ asitleri, nötr yağ, gliserol, gliserid, protein gibi materyalleri kapsar. Yemeklik yağ sanayi atıksuları, 0.85-1.42 kg BOİ₅/ton yemeklik yağ gibi yüksek organik yüke sahiptir (Öztürk vd., 1989).

Serbest yağların giderilmesinden sonra yağ-gres konsantrasyonu 500-1000 mg/l, BOİ₅ konsantrasyonu ise 1000-3500 mg/l aralıklarına inmektedir (Dart, 1974). Bu arınım süresince su fazı yağdan ayrılarak dre-

ne edilir ve serbest yağlar alınır. Sonuçta gliserol, yağ ve sodyum sülfatın etkin olduğu asitli su drene edilir. (Saw vd., 1986).

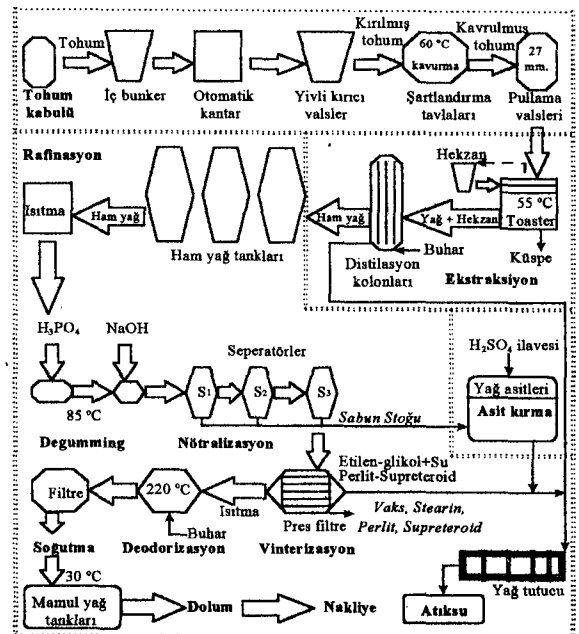
Bu çalışmada bir bitkisel yağ fabrikasının atıksularını proses bazında karakterize edilerek, bu atıksuların biyolojik arıtma sistemlerine uygun hale getirilebilmesi amacıyla, atık yükünün azaltılması konusunda değişik alternatifler denenmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Çalışma Alanı

Bu çalışma, Elazığ-Malatya karayolu üzerinde bulunan ve Elazığ İli'ne 25 km uzaklıktaki Karadeniz Birlik Doğan Erdil Yağ Fabrikası'nda yapılmıştır. Pamuk ve ayçiçek tohumlarının işlenebildiği fabrikada, sıvı yağ üretilmektedir. Alfa Lauval Short-Mix sistemine göre tasarlanan fabrikada tamamen ayçiçeği çekirdeği işlenmektedir. Fabrika akım şeması Şekil 1'de görülmektedir.

Hammadde miktarına bağlı olarak üretim 8-9 ay sürmektedir. Genellikle fabrika, yaz aylarında çalışmamaktadır. Fabrikada tohum kabul istasyonu, ekstraksiyon ünitesi, rafineri (nötralizasyon ünitesi ile deodorizasyon ve vinterizasyon) üniteleri ve dolun tesisleri bulunmaktadır. Fabrikada atıksu oluşturan birimler, ekstraksiyon, rafineri, kazan dairesi, yemekhane, evsel atıksular ve proses yıkama suları gibi ünitelerdir. Bunların dışında sabun stoğundan yağ asitleri elde etmek için her biri 25 ton kapasiteli iki adet yağ asidi tankı bulunmaktadır. Fabrikanın tohum işleme kapasitesi 110 ton/gün'dür.



Şekil 1. Bitkisel Yağ Fabrikası Proses Akım Şeması.

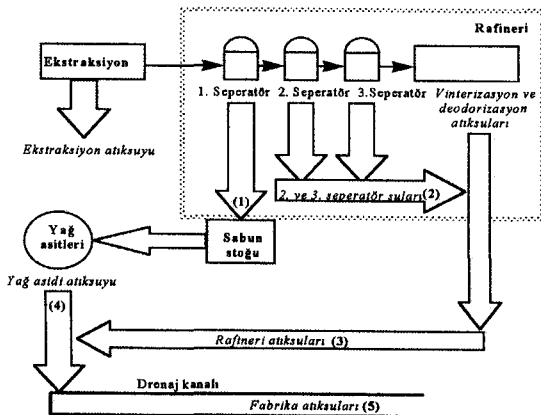
Rafine ünitesi, De-Smet tasarımına göre kurulmuştur. 50 ton/gün kapasiteli sıvı yağ üreten ünite de nötralizasyon, vinterizasyon (renk açma) ve deodorizasyon (kokusuzlaştırma) kademeleri bulunmaktadır.

Nötralizasyon seri şekilde bağlanmış üç adet seperatör, ara pompaları, ısıtıcı ve kurutucudan meydana gelmektedir. İşlemin amacı, ham yağ içerisindeki serbest yağ asitlerini bir alkali (NaOH) vasıtası ile nötralleştirip, sabun stoğu (soap stock) şeklinde yağdan ayırmaktır. Ayrıca fosforik asit kullanarak yağ bünyesindeki gumlar da (fosfatit vb.) sabun stoğu şeklinde yağdan arındırılmaktadır. Rafinede degumming (zamksı ve yapışkan maddelerin yağdan ayrılması) için fosforik asit kullanılmaktadır. Birinci seperatörde santrifüj kuvvetiyle yağın içerisinde teşekkül etmiş olan sabun stoğu yağdan ayrılmaktadır. Bu işlemten sonra içerisinde bir miktar sabun kalan nötr yağ, yağ yıkama kademesine gelmektedir. İkinci santrifüj seperatör ve ikinci yıkama mikserinden geçen yağa, gerek görüldüğü takdirde tekrar kostik verilebilmektedir. Kalan bir miktar sabun stoğu ise üçüncü seperatörde ayrılmaktadır. Burada geçen yağ miktarının % 5-10 u kadar sıcak su verilerek, su ile yağ birbirlerinden ayrılmaktadır. Ede edilen ham yağ, mumsu maddelerin (stearin, vaks vb.) kristal hale getirilerek yağdan arındırılması amacıyla vinterizasyon ünitesine iletilmektedir.

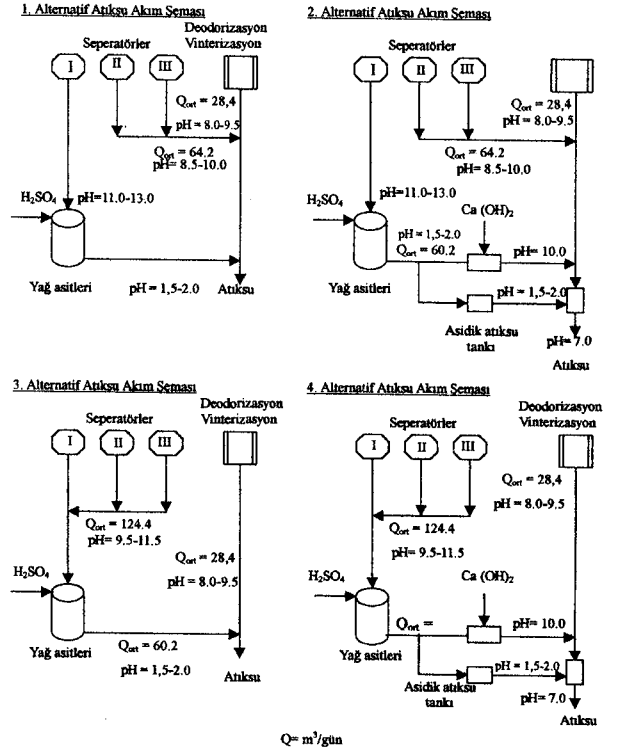
2.2.Örnekleme noktaları

Fabrika üçüncü kategoride çalışırken örnekleme noktaları tespit edilmiştir (Şekil 2). Atıksu örnekleri, birinci seperatör çıkış suyu (1), ikinci ve üçüncü seperatör çıkış suları (2), rafineri ünitesi çıkışı (3), yağ asitleri alt fazında oluşan atıksular (4), ve fabrika çıkışından (5) alınmıştır.

Fabrikada atıksu oluşturan birimlerin atık yüklerinin azaltılması konusundaki çalışmalar ise dört farklı kategoride ele alınmıştır (Şekil 3):



Şekil 2. Fabrikada Atıksu Oluşturan Birimler ve Atıksu Örnekleme Noktaları.



Şekil 3. Atık Yükünün Azaltılması için Öngörülen Alternatif Akım Şemaları.

1. Rafinerideki birinci seperatör çıkış sularının tümünün yağ asitleri üretiminde kullanılması ve oluşan asidik atıksuların rafinerideki diğer atıksularla (ikinci ve üçüncü seperatör çıkış suları ile deodorizasyon ve vinterizasyon atıksuları gibi) karıştırılması.

2. Sadece birinci seperatör çıkış sularının tümünün yağ asitleri üretiminde kullanılması ve asidik atıksuların kireç ilavesiyle koagülasyonu, bu atıksuların rafinerideki diğer atıksular ile karıştırılması ve nötralizasyonu.

3. Rafinerideki seperatör çıkış sularının tümünün yağ asitleri üretiminde kullanılması ve oluşan asidik atıksuların rafinerideki diğer atıksular ile karıştırılması.

4. Seperatör çıkış sularının tümünün yağ asitleri üretiminde kullanılması ve asidik atıksuların kireç ile pH =10'a kadar koagülasyonu, oluşan atıksuların rafinerideki diğer atıksular ile karıştırılması ve nötralizasyonu.

2.3. Deneysel Çalışmalar

Çalışma süresince, Atıksuların karakterizasyonu için atıksu oluşturan birimlerden alınan atıksu örneklerinde yapılan analiz ve ölçüm sonuçlarının minimum ve maksimum değerleri belirlenmiştir. Atıksu örnekleri yaz mevsimi dışında, 15 günlük periyotlar halinde 2 yıl süre ile 24 saatlik kompozit örnekler olarak alınmıştır. Atıksuların karakterizasyonu için alınan örnekler, Fırat Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Atıksu Labo-

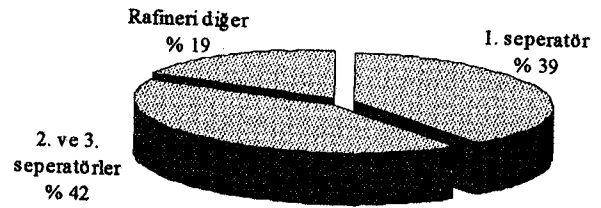
ratuvarı'nda analiz edilmiştir. Atıksuların miktarı, sıcaklığı ve pH'ı (Orion marka pH-metre) fabrikadaki örnekleme noktalarında ölçülmüştür. Laboratuara getirilen atıksu numunelerinde yağ-gres tayini, Soxhlet Ekstraksiyon Cihazı'nda yapılmış olup, çözücü olarak hekzan (Merck) kullanılmıştır (Chanin,1967). Kireç ile koagülasyon çalışmalarında Jar Testi düzeneği kullanılmıştır. pH'ı yaklaşık 1.5-2 dolayında olan atıksu numuneleri 1 litrelik beherlere alınarak 2 dakika hızlı (120 devir/dakika), 30 dakika yavaş (30 devir/dakika) karıştırmaya tabi tutulmuştur. 30 dakikalık çökeltme süresinden sonra üst fazdan alınan numunelerde gerekli analizler yapılmıştır. Diğer analizler, "Standart Method"lar kapsamında yapılmıştır (APHA, AWWA and WPCF, 1985).

3. BULGULAR

3.1. Atıksuların Karakterizasyonu

Atıksuların karakterizasyonu ile ilgili çalışmalar, ekstraksiyon ünitesi atıksuları ile rafinerideki atıksu oluşturan birinci seperatör, ikinci ve üçüncü seperatörler, ile diğer birimler (deodorizasyon vinterezasyon gibi) olarak tespit edilen dört farklı noktadan alınan atıksularla yapılmıştır. Tablo 1'de rafineri ünitesinde oluşan atıksuların kirlilik karakteristikleri sunulmuştur.

Rafineri ünitesinde atıksu oluşturan birimler ve bu birimlerden kaynaklanan ortalama atıksu miktarları, Tablo 2'de ve atıksu oluşturan birimlerin toplam miktar içerisindeki yüzde dağılımları Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Rafineri Ünitesindeki Birimlerden Kaynaklanan Atıksular ve Yüzde Dağılımları.

3.2. Atık Yükünün Azaltılması

Çalışmanın ilk aşamasında birinci seperatör yıkama sularının yağ asitleri üretiminde kullanılmasıyla oluşan atıksular, ikinci ve üçüncü seperatör yıkama suları ve diğer birimlerden oluşan atıksuların birleşmesi sonucunda ortaya çıkan atıksuların kirlilik yükleri incelenmiş ve sonuçları Tablo 3'te verilmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında birinci seperatör yıkama sularından elde edilen yağ asitleri atıksuları kireç ile koagülasyona (yaklaşık 16 g/l Ca(OH)₂) tabi tutulduktan sonra, rafineriden gelen diğer atıksularla birleştirilmiş ve fabrika çıkışında atıksuyun kirlilik yükleri belirlenmiştir. II. alternatif akım şemasına göre rafineri atıksularının kirlilik yükü Tablo 4'te özetlenmiştir.

Çalışmanın üçüncü aşamasında rafinerideki tüm seperatör yıkama suları yağ asitleri üretiminde kullanılmış ve oluşan asidik atıksular diğer atıksular (deodori-

Tablo 1. Rafineri Ünitesinde Atıksu Oluşturulan Birimler ve Kirlilik Karakteristikleri.

Parametre	Nötralizasyon		Rafineri (Deodorizasyon, vinterezasyon v.d.)	Rafineri çıkışı (Kompozit)
	1. Seperatör (yıkama suları)	2. ve 3. Seperatör (yıkama suları)		
Sıcaklık, °C	79.3-91.2	62.3-71.8	62.3-68.4	66.3-69.7
PH	11.6-12.8	10.9-12.6	8.5-10.1	10.2-12.5
T. Alkalinite, mg CaCO ₃ /L	6350-7530	1330-2650	1650-3500	2960-4840
Yağ-gres, mg/l	14840-48600	3160-3410	3945-9780	8400-21600
KOİ, mg/l	76000-220000	7800-8220	6000-19600	55200-86420
Sülfat, mg/l	22-146	85-130	156-325	66-122

Tablo 2. Rafineri Ünitesindeki Atıksu Oluşturan Birimler ve Ortalama Atıksu Miktarları.

Rafineri ünitesi	Ortalama Atıksu miktarı (m ³ / gün)
1. seperatör (yıkama suları)	60.2
2. ve 3. seperatörler (yıkama suları)	64.2
Vinterezasyon, Deodorizasyon ve diğ.	28.4
Toplam	152.8

Tablo 3. I. Alternatif Akım Şemasına Göre Rafineride Oluşan Atıksuların Kirlilik Yükü.

Parametre	<u>Yağ Asitleri</u> (1. Seperatör)			<u>Rafineri</u> (2. ve 3. Seperatörler ile Deodorizasyon, Vinteri. vd.)			Kompozit Atıksu		
	Min	Mak.	Ort.	Min	Mak.	Ort.	Min	Mak.	Ort.
KOİ, kg/gün	257.8	644.5	592.4	575.4	1199.5	876.6	833.2	1844.0	1469.0
Yağ-gres, kg/gün	36.3	199.2	56.1	308.1	705.8	463.1	344.4	905.0	519.2
Sülfat, kg/gün	220.3	500.1	268.3	5.4	13.7	8.1	225.7	513.8	276.4
Debi, m ³ /gün	58.6	60.8	60.2	85.2	96.8	92.6	143.8	157.6	152.8

Tablo 4. II. Alternatif Atıksu Akım Şemasına Göre Rafineri Atıksularının Kirlilik Yükü.

Parametre	Yağ asitleri çıkış suyunun Ca(OH) ₂ ile koagülasyonu			<u>Rafineri</u> (2. ve 3. Sep. ve diğ.)			Fabrika çıkış suları (Kompozit)		
	Min	Mak.	Ort.	Min	Mak.	Ort.	Min	Mak.	Ort.
KOİ, kg/gün	67.0	193.7	177.7	575.4	1199.5	876.6	642.4	1393.2	1054.3
Yağ-gres, kg/gün	8.0	43.8	12.4	308.1	705.8	463.1	316.1	749.6	475.5
Sülfat, kg/gün	167.4	380.1	204.0	5.4	13.7	8.1	172.8	393.8	212.1
Debi, m ³ /gün	58.6	60.8	60.2	85.2	96.8	92.6	143.8	157.6	152.8

Tablo 5. III. Alternatif Atıksu Akım Şemasına Göre Rafineri Atıksularının Kirlilik Yükü.

Parametre	<u>Yağ Asitleri</u> (I., II., ve III. Seperatörler)			Rafineri (Deodori., Vinteri. vd.)			Kompozit Atıksu		
	Min.	Mak.	Ort.	Min	Mak.	Ort.	Min	Mak.	Ort.
KOİ, kg/gün	533.3	1349.6	1224.1	135.6	593.9	259.9	668.9	1943.5	1520.0
Yağ-gres, kg/gün	75.1	417.6	115.9	89.1	296.7	174.8	164.2	714.3	290.7
Sülfat, kg/gün	455.7	1049.1	544.3	3.53	9.8	5.9	459.2	1058.9	550.2
Debi, m ³ /gün	121.2	127.3	124.4	22.6	30.3	28.4	143.8	157.6	152.8

Tablo 6. IV. Alternatif Atıksu Akım Şemasına Göre Rafineride Oluşan Atıksuların Kirlilik Yükü.

Parametre	Yağ asitleri çıkış suyunun Ca(OH) ₂ ile koagülasyonu			<u>Rafineri</u> (diğer)			Fabrika çıkış suları (Toplam)		
	Min	Mak.	Ort.	Min	Mak.	Ort.	Min	Mak.	Ort.
KOİ, kg/gün	118.3	337.8	306.0	135.6	593.9	259.9	253.9	931.7	565.9
Yağ-gres, kg/gün	15.7	95.91	25.7	89.1	296.7	174.8	104.8	392.61	200.5
Sülfat, kg/gün	346.3	797.3	413.7	3.53	9.8	5.9	349.8	80.73	419.6
Debi, m ³ /gün	121.2	127.3	124.4	22.6	30.3	28.4	143.8	157.6	152.8

zasyon ve vinterizasyon atıksuları) ile birleştirilmiştir. Deneysel sonuçlar ve kirlilik yükleri Tablo 5'de verilmiştir.

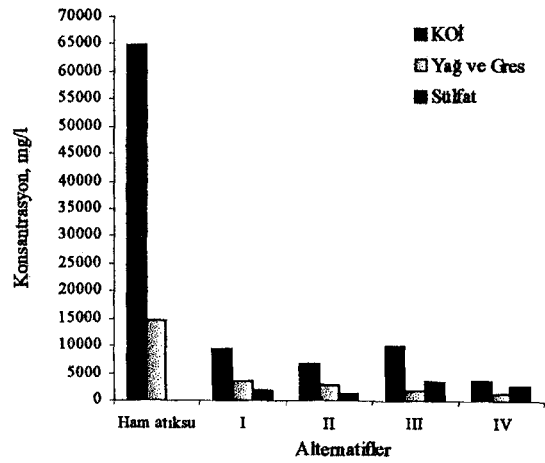
Çalışmanın son aşamasında seperatör yıkama sularının tümü, yağ asitleri üretiminde kullanılmış ve yağ asitleri alt fazında oluşan atıksuların kireç ile koagülasyonu yapıldıktan sonra bu suların rafinerideki diğer atıksularla karıştırıldığında oluşan fabrika çıkış sularının atık yükleri Tablo 6'da verilmiştir.

4. BULGULARIN TARTIŞILMASI

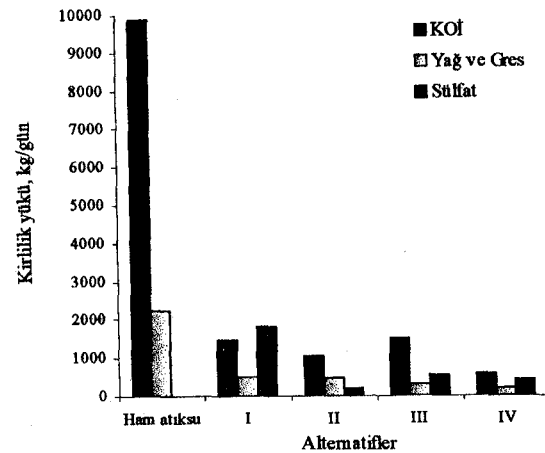
Fabrikada atıksu oluşturan birimlerden alınan numunelerde yapılan ölçüm ve analizler sonucunda birinci seperatör çıkış sularının en yüksek kirlilik yükünü içerdiği tespit edilmiştir. Fabrika atıksuları içerisinde bu sular, çok yüksek pH, KOİ, katı madde, alkalinite ve yağ-gres içeriğine sahip olup, oldukça sıcak sulardır.

Sıcaklıkları fazla değişmemesine karşın ikinci ve üçüncü seperatör yıkama suları, birinci seperatör yıkama sularına göre daha az kirlilik yükü taşımaktadır. Ortalama pH değeri 9.15 olan bu atıksular, miktar olarak rafineri atıksuları içerisinde en büyük paya sahiptir ve rafineri atıksularının ana yapısını karakterize etmektedir.

Rafinerideki diğer atıksuların pH değeri (8.45 -10.06) bazik bölgededir. Ortalama 92.60 m³/gün'lük debiye sahip olan bu atıksular, yüksek konsantrasyonlarda KOİ, yağ-gres ve katı madde içermektedir. Rafinerideki birimlerden kaynaklanan atıksuların %42'si ikinci ve üçüncü seperatör yıkama sularına aittir. Birinci seperatör yıkama suları %39 ve rafinerideki diğer birimlerden (deodorizasyon ve vinterizasyon) çıkan atıksular %19'luk oranlara sahiptir.



Şekil 5. Değişik Alternatiflerde Kirlilik Konsantrasyonlarındaki Azalma.



Şekil 6. Değişik Alternatiflerde Kirlilik Yüklerindeki Azalma.

Tablo 7. Ham Atıksu ve Değişik Alternatifler Kullanıldığında Elde Edilen Ortalama Atık Yükü ile Konsantrasyonları.

Parametre	Ham atıksu*	I. **	Verim %	II.***	Verim %	III. **	Verim %	IV. ***	Verim %
KOI, kg/gün	9901.4	1469.0		1054.3		1520.0		565.9	
mg/l	64800	9610	85.2	6900	89.4	9950	84.6	3700	94.3
Yağ-gres, kg/gün	2243.1	519.2		475.5		290.7		200.5	
mg/l	14680	3400	76.8	3110	78.8	1900	87.0	1315	91.0
Sülfat, kg/gün	13.8	276.4		212.1		550.2		419.6	
mg/l	90	1810	-	1390	-	3600	-	2750	-
pH	11.6	3.4	-	7.12	-	2.14	-	7.04	-
KOI/Yağ-gres	4.4	2.8	-	2.2	-	5.2	-	2.8	-
KOI/SO ₄ ⁻	720	5.3	-	5.0	-	2.8	-	1.3	-
Kireç, kg/gün	-	-	-	963.2	-	-	-	1990.4	-

* yağ asidi üretimi yok ** yağ asidi üretimi var *** yağ asidi üretimi ve asidik atıksuların kireç ile koagülasyonu.

Yapılan deneysel çalışma ve kirlilik yükü hesap sonuçları toplu olarak Tablo 7'de özetlenmiştir. Tablo 7'nin birinci sütunundaki değerler hiçbir işlem görmemiş ham atıksuların bileşimini ve kirlilik yükünü vermektedir. Değişik alternatiflerde atık konsantrasyonundaki değişim Şekil 5'te, kirlilik yükündeki değişim ise Şekil 6'da sunulmuştur.

Birinci seperatörden çıkan atıksuların yağ asitleri üretiminde kullanılması ile elde edilen yağ asitleri (alt faz) atıksuları, rafinerideki diğer atıksularla birleştirildiğinde, çıkış sularının ortalama KOİ yükü 1469 kg/gün, yağ-gres yükü 519.2 kg/gün ve sülfat yükü 276.4 kg/gün olarak tespit edilmiştir. Bu durumda KOİ/Yağ-gres oranı ortalama 2.82 ve KOİ/SO₄⁼ oranı ortalama 5.31 olmaktadır. I. alternatif atıksu akım çalışmalarında kireç kullanılmadığından tesiste çamur yükü çok azdır. Buna karşın pH oldukça asidik düzeyde olduğundan, ilave işlem olarak nötralizasyon gerekmektedir.

Birinci seperatörden çıkan atıksuların, yağ asitleri üretiminde kullanılması sonucunda elde edilen yağ asitleri (alt faz) atıksuları kireç ile koagülasyona tabi tutulduktan sonra rafineride bulunan diğer atıksularla birleşmesi neticesinde, fabrika çıkış sularının ortalama KOİ yükü 1054.3 kg/gün, yağ-gres yükü 475.5 kg/gün ve sülfat yükü 212.1 kg/gün olmaktadır. Bu durumda ise KOİ/yağ-gres oranı ortalama 2.22 ve KOİ/SO₄⁼ oranı ortalama 4.97 olmaktadır. Önceki çalışmalarda KOİ/yağ-gres için Dart (1974), 2-3.2 oranını; Öztürk vd. (1990), 5 oranını ve Şengül vd. (1992) ise 2-6.7 oranlarını vermişlerdir. Yüksek miktarlarda sülfat içeren atıksuların anaerobik arıtımında KOİ giderimini etkileyen faktörlerden biri de girişteki KOİ/SO₄⁼ oranıdır (Yamaguchi vd., 1999). Bu tür sularda KOİ/SO₄⁼ oranı tüm durumlarda 7.5-10 değerini aşmaktadır (Lettinga, 1985). Yüksek KOİ/SO₄⁼ oranlarında anaerobik reaktörlerde oluşan H₂S miktarı artacağından, bu durum metan bakterilerinin inhibisyonuna neden olmakta ve metan üretimi engellenmektedir (Zhou vd., 1991).

Elde edilen veriler, birinci seperatör çıkış sularının yağ asitleri üretiminde kullanımı sonucunda ortaya çıkan atıksuların kireç ile koagülasyonu sonucu, çıkış suyunun atık yükünde birinci akım şemasına göre %28 oranında KOİ, %8 oranında yağ-gres ve %23 oranında sülfat giderimi olduğunu göstermektedir. II. alternatif sistemde ise yaklaşık 1 ton/ gün çamur oluşmaktadır.

Her üç seperatörden çıkan atıksuların yağ asitleri üretiminde kullanılması sonucunda elde edilen yağ asitleri (alt faz) atıksuları ile rafineride bulunan diğer atıksular karıştırıldığında, rafineri ünitesi çıkış sularının ortalama KOİ yükü 1520.0 kg/gün, yağ-gres yükü 290.7 kg/gün ve sülfat yükü 550.2 kg/gün olarak tespit edil-

miştir. Bu durumda KOİ/yağ-gres oranı ortalama 5.2 ve KOİ/SO₄⁼ oranı ortalama 2.8 olmaktadır. III. alternatifte, koagülasyon uygulanmadığından çamur oluşmamaktadır.

Her üç seperatörden çıkan atıksuların kullanılması sonucunda elde edilen yağ asitleri (alt faz) atıksuları kireç ile koagülasyona tabi tutulduktan sonra, rafineride bulunan diğer atıksular ile karıştırıldığında, üçüncü alternatifte göre fabrika çıkış sularının ortalama KOİ yükü 1520.0 kg/gün'den 565.9 kg/gün'e düşerek %63 oranında azalmaktadır. Yağ-gres yükü 290.7 kg/gün'den 200.5 kg/gün'e düşerek %31 oranında azalırken, sülfat yükü ise 550.2 kg/gün'den 419.6 kg/gün'e düşerek %23 oranında azalmaktadır. Bu durumda KOİ/yağ-gres oranı ortalama 2.82 ve KOİ/SO₄⁼ oranı ortalama 1.3 olmaktadır. IV. alternatifte, yaklaşık 2 ton/gün çamur oluşmakta ve oluşan çamurun uzaklaştırılması ilave problemlere neden olmaktadır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yağ fabrikası rafineri atıksularından yağ asitleri elde edilerek ekonomik kazanç sağlanabilmektedir. Ancak bu işlem sonucu oluşan atıksular, asidik (ortalama pH = 1,5-2.0) karakterde olup yüksek sülfat konsantrasyonu içermektedir. Kireç ile koagülasyon yöntemi uygulandığında pH'ı 10 dolaylarına getirebilmek için yaklaşık 15 g/l kireç gerekmektedir. Bu durumda aşırı çamur oluşmaktadır. Ancak KOİ, yağ ve gres ile sülfat yükü önemli düzeyde azaltılmaktadır.

Rafineri içerisinde en çoğun kirliliğe sahip atıksular birinci seperatörden kaynaklanmaktadır. Bu atıksuların miktarı da fazladır. Sadece bu atıksuların yağ asitleri üretiminde kullanılmasıyla, emülsiyon kırma çalışmalarında kullanılacak asit miktarı azaltılmış olacak ve yüksek pH içeren rafineri çıkış suyu kullanılarak toplam çıkış suları nötrale edilebilecektir. Bu yöntem kullanılarak atıksular biyolojik arıtmaya hazır hale getirilebilir.

Yağ fabrikası rafineri atıksularının, atık yükünün azaltılmasında kullanılacak arıtma sistemine uygun bir alternatif seçilmelidir. Örneğin aktif çamur sistemlerinde yağ-gres konsantrasyonunun sınırlayıcı faktör olduğu göze alınırsa IV. alternatif uygulanabilir veya anaerobik sistemlerde KOİ/SO₄⁼ oranı önemli olduğundan, en yüksek KOİ/SO₄⁼ oranını (ortalama 5.31) sağlayan I. Alternatif uygulanabilir. Ancak çıkış suyu, baz ilavesiyle nötrale edilmelidir. Biyolojik arıtım için nötralizasyonu gerektirmeyen II. alternatif de biyolojik arıtım için uygundur. Ancak yağ kapanı, çözünmüş hava flotasyonu ve benzeri yöntemlerle yağ ve gres konsantrasyonunun düşürülmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada yağ fabrikası atıksularının kirlilik yükünün azaltılması için atıksu üreten birimlerin kombi-nasyonu farklı alternatiflerle ele alınmıştır. Ancak ekonomik değer taşıyan yağ ve gresin atıksudan geri kazanımı için, çeşitli solventlerle ekstrakte edilerek sudan ayrılmasının sağlanması, yağ kapalarıyla serbest yüze-bilen yağların geri kazanılması ve çözünmüş hava flo-tasyonu ve benzeri yöntemler üzerinde de önemle du-rulması gerekmektedir.

Sonuç olarak, yağ fabrikası atık sularının arıtımında kullanılacak sistemi belirlemeden önce, fabrikada yağ asitleri üretilip üretilmediği, sabun üretiminin yapı-lıp yapılmadığı ve her ünite de oluşan atıksuların ayrı veya birlikte deşarjının sağlanıp sağlanmadığı gibi faktörlere göre uygun arıtım metodu tercih edilmelidir. Böylece, atıksu miktarı ve kirlilik yükü tesis içinde kontrol edile-rek hem ekonomik kazanç sağlanabilecek hem de kuru-lacak arıtma tesisinin kirlilik yükü azaltılarak işletme verimi artırılabilir.

KAYNAKÇA

- APHA, AWWA, WPCF (1985). Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater, 16 th Ed. Publ. Office American Publ. Health Assoc. 1015 Fifteenth -Str. N.W. Washington, DC. 20005.
- Buck, R.R. ve Sekoulow, I. (1989). Reduction in envi-ronmental pollution caused by wastewaters from edible oil refineries, concept and investigations. *International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries*, Istanbul, ss. 271-278.
- Chin, K.K., Ng, W.J. ve Ma, A.N. (1987). Palm oil re-finery effluent treatment by sequencing batch re-actors. *Biological Wastes*, 20, 101-109.
- Chanin, G. (1967). A safe solvent for oil and grease analyses. *Journal of Water Pollution Control Federation*, 39 (11), Part 1, 1893-1895.
- Dart, M.C. (1974). Wastewater's from the manufacture of edible oils and margarine. *Proceeding of Symposium Treatment of Wastes from the Food and Drinking Industry*, The Institute of Water Pollution Control, Newcastle Upon Tyne, No:6, 45-46.
- Eroğlu, V. (1988). Yemeklik yağ sanayii atıksularının arıtımında çözünmüş hava flotasyonu ve aktif çamur sisteminin verimliliğinin araştırılması. 7. *Türk-Alman Çevre Mühendisliği Sempozyumu*. İstanbul, ss.177-191.
- Öztürk, İ., San, H.A. ve Eroğlu, V. (1989). Pilot and full scale treatability studies on wastewaters from an edible oil refining industry. *44th Purdue University Industrial Waste Conference Proce-dings*, ss. 769-776.
- Öztürk, İ., San, H.A. ve Eroğlu, V. (1990). Comparati-ve evaluation of treatment alternatives for waste-waters from an edible oil refining industry. *Water Science and Technology*, 22(9), 225-234.
- Pollard, S.J.T., Sollars, C.J. ve Perry, R. (1993). The re-use of spent bleaching earth: A feasibility study in waste minimisation for the edible oil industry. *Bioresource Technology*, 45, 53-58.
- Saw, C.B., Anderson, G.K. ve Sanderson, J.A. (1986). Comparison of the anaerobic contact and packed bed processes for the treatment of edible oil was-tewater's. *41st Purdue University Industrial Was-te Conference Proceedings*, ss. 178-187.
- Şengül, F. (1990). A case study on sunflower oil indus-tries characterisation, classification and treatment. *Water Science and Technology*, 23(9), 241-248.
- Şengül, F., Filibeli, A. ve Karagündüz, A. (1992). Pa-mukyağı endüstrisinin karakteristikleri ve arıtımı. *İTÜ 3. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu*. ss.121-137, İstanbul.
- Tsugita, R.A. ve Ellis, R.H. (1981). *Pre-treatment of In-dustrial Wastes Manual of Practice*. *Water Pollution Control Federation*, Lancaster Press, No: FD-3, 63-72.
- Uslu, O. ve Türkman, A. (1987). *Su Kirliliği ve Kontrolü*. T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Watson, K.S. ve Meierhoefer, C.H. (1976). Use or dispo-sal of by-products and spent material from the ve-getable oil processing industry in the USA. *Journal of American Oil Chemists Society*, 53, 437-442.
- Yamaguchi, T., Horada, H., Hisano, T., Yamazaki, I. ve Tsers, C. (1999). Process behaviour of UASB re-actor treating a wastewater containing high strength sulphate. *Water Research* 33, (14), 3182-3190.
- Zhou, D., Chen, Y. ve Meng, X. (1991). A study of ana-erobic treatment for highly concentrated $SO_4^{2-} + Ca^{++}$ - rich organic wastewater and purified water reclamation. *Water Science and Technology*, 24(5), 123-132.



Yusuf Saatçi, 1987 yılında Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesinden mezun oldu. 1992 yılında Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisansını, 1999 yılında ise aynı Anabilim Dalında doktora öğrenimini tamamladı ve 2000 yılında Yardımcı Doçent oldu. Halen Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümünde öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır.



E. Işıl Arslan, 1995 yılında Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 2000 yılında Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisansını tamamladı. Halen aynı Anabilim Dalında doktora öğrenimini sürdürmektedir.



Ubeyde İpek, 1994 yılında Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 1997 yılında Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisansını, 2001 yılında ise aynı Anabilim Dalında doktora öğrenimini tamamladı.



Mehmet Cici, 1976 yılında Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü ve Ankara Yüksek Öğretmen Okulu'ndan mezun oldu. 1982 yılında Fırat Üniversitesi Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi'nde doktora öğrenimini tamamladı. 1986 yılında Fırat Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Organik Kimya Anabilim Dalı'nda Yardımcı Doçent oldu. 1991 yılında Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre bilimleri Anabilim Dalı'nda Doçent, 1997 yılında ise aynı Anabilim Dalı'nda Profesör oldu. Halen İnönü Üniversitesi Adıyaman Fen-Edebiyat Fakültesinde Dekan olarak görev yapmaktadır.