

***BİTKİSEL YAĞ SANAYİ ATIKSULARININ ARITILMASINDAN OLUŞAN
KOAGÜLASYON ÇAMURUNUN FARKLI AŞI ÇAMURLARI İLE ANAEROBİK
PARÇALANABİLİRLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

*An Investigation of Anaerobic Biodegradability of Sludge From Chemical
Treatment of Vegetable Oil Refining Wastewater With Different Inoculum Sludge*

Demet Gündoğan KALAT
Çevre Mühendisliği Bölümü

Ahmet YÜCEER
Çevre Mühendisliği Bölümü

ÖZET: Bu çalışmada, bitkisel yağ sanayi atıksu arıtma tesisi koagülasyon ünitesinde oluşan alümin çamurunun kesikli anaerobik reaktörlerde parçalanabilirliği araştırılmıştır. Aynı arıtma tesisinden alınan atık aktif çamur ve anaerobik granül çamur, aşı çamuru olarak kullanılmıştır. Parçalanma sırasında üretilen biyogaz miktarı, giderilen organik madde ve ihtiyaç duyulan alkalinite gözlenmiştir. Çalışma, tam karışimli kesikli reaktörlerde, 35 °C sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. Alümin çamurunun anaerobik olarak parçalanmasında 60 günün sonunda, aşı olarak atık aktif çamurun kullanıldığı reaktörde 84,7% uçucu katı madde (UKM) giderimi sağlanırken, aynı reaktörde 950,64 L CH₄/kg UKM üretilmiştir. Anaerobik granül çamurun aşı olarak kullanıldığı reaktörde ise 35 günün sonunda 61% UKM giderimi ve 703,4 L CH₄/kg UKM üretilmiştir.

Anahtar Kelimeler: anaerobik parçalanma, koagülasyon çamuru, bitkisel yağ sanayi atıksuları

ABSTRACT: In this study, digestibility of alum sludge from coagulation units in vegetable oil industry wastewater treatment plant was investigated in anaerobic reactors. Waste activated sludge from the same treatment plant and anaerobic granule sludge were used inoculum sludge. Amount of biogas product, degraded volatile organic substance and necessity of alkalinity supplementation were observed. The experiments were carried out in glass flask of anaerobic completely stirred batch reactors at mesophilic temperature (35 °C). While alum sludge degraded about 60 days in reactor that used waste activated sludge for inoculum, it was measured 950 L CH₄/kg VS. In the reactor that used anaerobic granule sludge for inoculum were observed respectively %61 VS removed and 703,4 L CH₄/kg VS at the end of about 35 days.

Key Words: anaerobic digestion, coagulation sludge, vegetable oil wastewater

*Doktora Tezi-Ph.D. Thesis

Giriş

Teknoloji ve sanayideki gelişmelerle artan nüfusun temel besin ihtiyaçlarını karşılamak için gıda sanayi üretimi de artmaktadır. Büyük miktarlarda ve yüksek kirlilik yüklerine sahip atıksuların kaynağı olan yağ sanayinin üretimi de bu paralel de artış göstermektedir. Üretimle oluşan bu atıksuların arıtılmaları için arıtma tesisleri, çevre için çözülmesi gereken yeni bir problem olan arıtma çamurları sorununu da beraberinde getirmektedir. Bitkisel yağ sanayi atıksuları için genellikle uygulanan arıtma; fiziksel, kimyasal ve biyolojik proseslerle mekanik çamur yoğunlaştırma işleminden oluşan bir kombinasyondur (Eroğlu, 1988). Koagülasyon-sedimentasyon veya koagülasyon-flotasyon yağ sanayi atıksularının arıtılmasında en yaygın kullanılan proseslerden biridir ve özellikle diğer prosesler ile arıtılmaları güç olan atıksular için arıtma verimleri yüksektir Bitkisel yağ sanayi atıksuları ile koagülant olarak alümin 250 ile 1500 mg/L'lik dozlarında %90 KOİ giderme verimi elde edilmektedir (Basibuyuk ve Kalat, 2004).

Koagülasyon işleminde, yüksek arıtma verimleri elde edilirken oluşan çamurun miktarı nispeten fazladır. Zeytin fabrikası atık suları ile koagülasyon çalışmasında, 3000 mg/L demir klorür kullanarak %95 KOİ giderimi sağlandığı ancak arıtma sonunda 1L atıksu başına 500-700 ml gibi büyük miktarlarda çamur oluştuğunu bildirilmektedirler (Kestioğlu, ve diğ., 2005). Endüstriyel atıksuların ön arıtılması kirlilik kontrolünde çok yaygın olarak kullanıldığı için hem kimyasal çamur hem de biyolojik çamur aynı tesiste bulunur (Chang ve diğ., 2001). Bitkisel yağ sanayi atıksuları bileşim ve kirlilik konsantrasyonları açısından değişik niteliktedir (Şengül, 1992, Yılmaz, 1997, Kalat ve diğ., 2003). Bu atıksuların sadece fizikokimyasal yöntemlerle deşarj standartlarını sağlamları mümkün görülmemektedir. Bu nedenle Almanya'da yemeklik yağ sanayi atıksularının arıtılmasında biyolojik arıtma şart koşulmaktadır. Aerobik arıtma deşarj standartlarını sağlamak ve aktif çamur prosesi bu atıksuların arıtılmasında fizikokimyasal arıtmadan sonra iyi sonuçlar vermektedir (Willey, 2001). Ancak her iki proses sonucunda da arıtmaya giren m³ atıksu başına 1,25 kg kimyasal çamur ve 1,0 kg ve biyolojik çamur oluşmaktadır. Bu arıtma çamurları için en yaygın bertaraf yöntemlerinden biri susuzlaştırıldıktan sonra depolanmasıdır. Bez filtre gibi susuzlaştırma işleminden sonra bile katı içerikleri % 15-25 aralığındadır; küçük bir kısmı katı madde, önemli bir kısmı sudur. Bu nedenle büyük hacimler işgal ederler ve taşınması, depolanması gibi işlemler açısından çevre için problemdir (Al-Muzaini ve Hamoda, 1999). Avrupa'da arıtma işlemlerinden oluşan çamurların parçalanması, taşınması ve kontrolü için yılda 150 milyon Euro harcanmaktadır ve bu çamurların miktarı kuru madde olarak 6.5 milyon tondur (Sanchez, 2006). Çamurun nihai bertarafı veya yeniden kullanımı için, organik madde ve su içeriğinin azaltılarak toksik bileşiklerin giderilmesi sonucunda stabilizasyonu gereklidir. Çamur hacminin aerobik sistemlere göre daha az olduğu anaerobik stabilizasyon daha geniş bir kullanıma sahip eski bir procestir. Çamurun nihai uzaklaştırılmasından önce, özellikle evsel atıksu arıtma çamurunun arıtımı için, en uygun tekniktir (Metcalf & Eddy, 2003).

Anaerobik proses, parçalanması zor yüksek konsantrasyonlardaki organik maddenin parçalanabilirliği, düşük enerji tüketimi, düşük nütrient gereksinimi ve metan gazı üretiminden enerji kazanma gibi aerobik sistemlere göre önemli avantajlar sunmaktadır. Aerobik metabolizmadaki %67'lik bakteri kütlesi artışı göz önüne alındığında anaerobik çamur stabilizasyonu ikincil çevre sorunları oluşturmadan çamurun nihai bertarafını mümkün kılmaktadır. İkinci çökeltme çamurunun stabilizasyonu için, anaerobik parçalanma prosesinin ekonomik açıdan ve çevresel açıdan en iyi seçenek olduğu bildirilmiştir (Bolzonella, Pavan, 2005).

Atık aktif çamurun anaerobik parçalanma sırasında aşı olarak kullanıldığı çalışmalar literatürde bulunmaktadır. Speece ve ark. 2002'de atık aktif çamur ve anaerobik parçalanmış birinci çökeltme çamurunun aşı olarak mezofilik ve termofilik sıcaklıklarda başlangıç performansını araştırmışlardır. Atık aktif çamurun anaerobik olarak parçalanmış birinci çökeltme çamuruna göre anaerobik koşullara daha kısa sürede (5 günden daha kısa) aklime olduğu ve UKM başına daha fazla CH₄ ürettiği bildirilmiştir (Speece, 1996). Bu çalışmada, aynı arıtma tesisinde bitkisel yağ sanayi atıksuyuna aklime olmuş atık aktif çamur ve anaerobik granül çamur aşı olarak kullanılmıştır ve kimyasal çamurun parçalanabilirliği, giderilen organik madde ve üretilen metan gazı miktarı gözlenmiştir.

Materyal ve Metod

Materyal

Anaerobik parçalanabilirliği incelenen alüm çamuru, bölgede bulunan yemeklik bitkisel yağ üretimi yapan bir fabrikanın atıksu arıtma tesisinden alınmıştır. Tesiste kimyasal arıtma, uzun havalandırılmalı aktif çamur ve çamur susuzlaştırma işlemleri bir arada kullanılmaktadır. Koagülant olarak alüm kullanılan kimyasal arıtma ünitesinde oluşan çamurun özellikleri çizelge 1'de verilmektedir.

Reaktörlerde iki farklı aşı çamuru kullanılmıştır. İlki, alüm çamurunun alındığı yağ fabrikasından alınan atık aktif çamurdur. Aktif çamur sonrasında çökeltme tankının tabanında oluşan atık aktif çamurun %36'sı uçucu katı madde (UKM), %0,32'si katı madde (KM) ve uçucu katı madde konsantrasyonu ise 1,95 g/L'dir. Aşı çamuru olarak kullanılan ikinci çamur ise bölgede bulunan bir bira fabrikasının anaerobik arıtma tesisinden alınan anaerobik granül çamurdur. KM içeriği %6,3 iken, %62 UKM ve 31,6 g UKM/L'dir. Her bir reaktöre, nütrient olarak; üre 1 g L⁻¹; K₂HPO₄, 0,5 g L⁻¹; safra ekstratı eklenmiştir. İz elementler ise stok bir çözüldüden 1 ml/L olarak eklenmiştir (14). Alkalinite kaynağı olarak NaHCO₃'ün artan konsantrasyonları (10, 15, 20 g/L) eklenmiştir.

Çizelge 1. Alüm çamuru özellikleri

Parametre	Alüm Çamuru
Uçucu Katı Madde (g/L)	15,9
Katı Madde(%)	2,5
Organik madde (%)	61
Al (mg/kg)	2423
SO ₄ (mg/L)	1120
Cl (mg/L)	110
Fe (mg/L)	0,19

Çalışmada, 500 ml hacme sahip 6 adet koyu renkli cam şişe kullanılmıştır. Kullanılabilir hacimleri 250 ml olan reaktörlerden N₂ gazı geçirildikten sonra ağzı sıkıca silikon mantar ile kapatılmıştır. Anaerobik parçalanma sırasında üretilen biyogaz, mantarın üzerinden poliüretan hortumlarla, ölçeklendirilmiş NaOH çözeltisi içeren kolonların üstüne yerleştirilmiş bir vana yardımı ile kolonun içinde toplanmaktadır. Bazik çözelti, gazın toplandığı kolonun tabanından yer değiştirme kolonunun tabanına poliüretan bir hortumla iletilmektedir. Ölçeklendirilmiş kolonda bazik çözelti ile yer değiştiren biyogaz belirli periyotlarla toplanarak reaktörün günlük gaz üretimi hesaplanmıştır. Reaktör içeriği çoklu manyetik karıştırıcı ile sürekli karıştırılmıştır ve tüm düzenek 35±0,1°C sabit sıcaklığın sağlandığı inkübatör içine yerleştirilmiştir.

İlk üç reaktöre, toplam 250 ml, hacimce 30% anaerobik granül çamur (AGÇ) ve 70% alüm çamuru (AÇ) eklenmiştir. Diğer üç reaktöre ise, yine toplam 250 ml hacimce 50% atık aktif çamur (AAÇ) ve 50% alüm çamuru eklenmiştir. Reaktörlerin bileşimi ve çevre koşulları çizelge 2’de verilmektedir.

Reaktörler		Hacimsel Oran%		Ph	Alkalinite (g/L)	Sıcaklık (°C)	Uçucu Katılar (g/L)
No	Aşısı	Aşısı	Alüm Çamuru				
1	AGÇ	30	70	7,2	10	35	22,4
2	AGÇ	30	70	7,2	15	35	22,4
3	AGÇ	30	70	7,2	20	35	22,4
4	AAÇ	50	50	7,2	10	35	8,02
5	AAÇ	50	50	7,2	15	35	8,02
6	AAÇ	50	50	7,2	20	35	8,02

Çizelge 2. Reaktör bileşimi ve çevre koşulları

Metot

Deneysel çalışmalarda, uçucu katı madde, katı madde, kimyasal oksijen ihtiyacı, alkalinite, Al, SO₄, Cl, Fe analizlerinin tümü standart metotlara uygun olarak yapılmıştır (15).(Standard Methods, (1998).

KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) titrimetik yöntemle (SM 5220), alkalinite titrasyon metot ile (SM 2320 B.), KM ve UKM ise sırası ile SM 2540-B. ve SM 2540-E. metotları ile ölçülmüştür. Metal analizleri için ön parçalama SM, 3030-F ve ICP cihazı kullanılarak, sülfat, 420 nm dalga boyunda turbidimetrik metotla (SM 4500-SO₄²⁻.E), Cl ise arjantometrik metot ile (SM 4500- Cl'B.) ölçülmüştür. Üretilen biyogazın bileşimi Perkin Elmer marka GLX model TCD (Termal Kondaktivite Dedektör) detektörlü gaz kromatografi (GC) cihazıyla ölçülmüştür. Gaz ölçümü sırasında HaySep 80/100 gözenekli, 2m 1/8 inc S/S dolgu kolon kullanılmıştır. Taşıyıcı gaz azot (7 mL/ dak.) ve işletme sıcaklığı 35⁰C'dir.

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Günlük yapılan gaz ölçümleri reaktörlerin hepsinde ilk günden itibaren biyogazın üretilmeye başladığını göstermiştir. 1. reaktörde (Şekil 2) 26. günde gaz üretimi bitmişken 3. reaktörde (Şekil 3) bu süre 30 günü geçmiştir. 2. reaktör biyogaz üretimine başlamış ancak gaz toplama düzeneğinde oluşan bir sorundan dolayı biyogaz ölçülememiştir. 4., 5. ve 6. reaktörlerde biyogazın üretimi 60 güne kadar devam etmektedir (Şekil 7). Ancak bu reaktörleri için, ilk 15 gün için gaz üretimi artışı ilk iki reaktörün gaz üretiminden oldukça düşüktür. Aynı zamanda bu reaktörlerde parçalanma süresi 60 güne kadar uzamıştır (Şekil 7). İlk on beş günlük düşük biyogaz üretimi ve uzun parçalanma süresinin nedeni, beklenildiği gibi aşu çamuru olarak kullanılan atık aktif çamurdur.

Alüm çamurunda eklenen alkalinite dışında, protein ve diğer alkalinite kaynaklarının miktarları belirlenmeden reaktörde oluşabilecek pH düşmelerini engellemek için farklı ve artan konsantrasyonlarda alkalinite beslenmiştir. Anaerobik parçalayıcılarda katyon inhibasyonu bilinmektedir. 200 mM (4600 mg/L)'den yüksek sodyum konsantrasyonunun metanojenler üzerine toksik etki yaptığı bilinmekte ise de (Speece, 1996), 2000 mg/L Na⁺ konsantrasyonuna kadar anaerobik metan dönüşümünü etkilemediği ve ancak 2000 mg/L den 10000 mg/L ye kadar olan konsantrasyonların metan üretimini kademeli olarak azalttığı bildirilmiştir (Shin ve diğ., 1994). Diğer taraftan 5250 mg/L Na⁺ üzeri konsantrasyonunun yukarı akışlı anaerobik reaktörün performansını aşırı derecede etkilediği bildirilmiştir (Boardman ve diğ., 1995).

Bu çalışma başlarken sodyum inhibasyonu olabileceği öngörülmemiştir. Ancak alkalinite ihtiyacı olarak eklenen NaHCO₃ ile reaktörlere giren Na⁺, 10 g/L alkalinite ile 0.12M (2783 mg/L), 15 g/L alkalinite ile 0.18M (4107 mg/L) ve 20 g/L alkalinite ile 0,24M (5476 mg/L)'dir. 6. reaktörde düşük UKM giderimi (Çizelge 3) ve ilk on beş günlük sürede 4. ve 5. reaktöre göre düşük biyogaz üretimi gözlenmiştir. Organik yükü aynı olan bu üç reaktör içinde birim metan üretimi en az olanı, aralarında alkalinite miktarı en yüksek (Na⁺; 5476 mg/L) olan 6. reaktördür ve sodyum inhibasyonu gerçekleşmiştir. 35. günün sonunda 1. ve 3. reaktörlerde giderilen uçucu katı madde başına üretilen metan miktarı sırası ile 703,4 ve 500,75 L CH₄/kg UKM'dir (tablo 3).

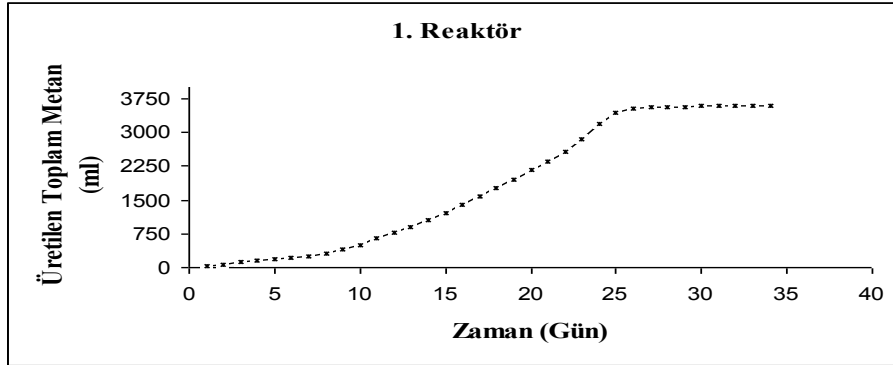
Çizelge 3. Reaktörlerde üretilen birim metan miktarları

Reaktör No	Parçalanma Süresi	Giderilen Uçucu Katı Madde %	L CH ₄ /kg UKM
1	35	61	703,4
3	35	61	500,75
4	60	84,5	950,64
5	60	77,6	935,85
6	60	52	899,25

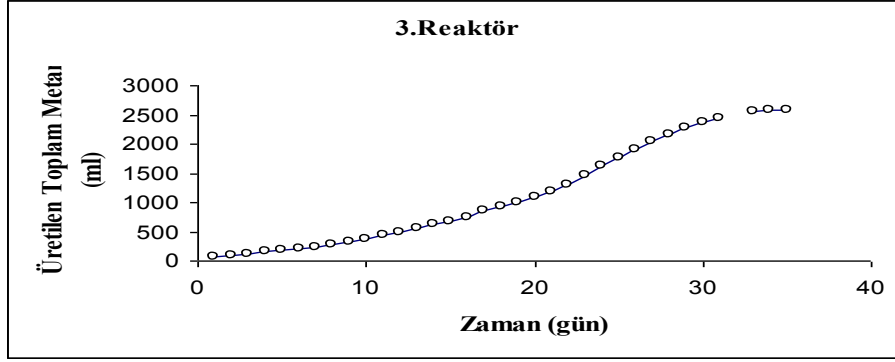
Anaerobik granül çamurun aşısı olarak kullanıldığı 1. ve 2. reaktörlerde üretilen toplam metan gazı 3., 4. ve 5. reaktörlere göre daha fazla ise de, 4., 5. ve 6. reaktörlerde birim metan miktarları daha yüksektir. İlk üç reaktörün UKM'si, son üç reaktörün UKM'sinin yaklaşık üç katı olmasına rağmen son üç reaktörün metan verimleri daha yüksektir. Organik yükün artmasına karşılık metan verimi azalır (Yu ve diğ.1998).

Ghyoot ve Verstraete, evsel atıksu arıtma tesisi ön çökeltme çamuru ve bu çamurun FeCl₃ ile koagülasyonundan sonra oluşan çamurların anaerobik parçalanmasını incelemişlerdir. Ön çökeltme çamurunun parçalanmasında, %35 UKM giderimi, 519-612 LCH₄/kg UKM elde edilirken, demir çamurunun anaerobik parçalanmasında %57 UKM giderimi ve 299-395 L CH₄/kg UKM elde edildiği bildirilmiştir (Ghyoot ve Verstraete,1997). Araştırmacılar, giderilen UKM'nin kg'ı için üretilen metan miktarındaki azalmanın, koagülasyon sonrasında organik maddenin kompozisyonundaki değişikliğin kanıtı olduğunu bildirmişlerdir.

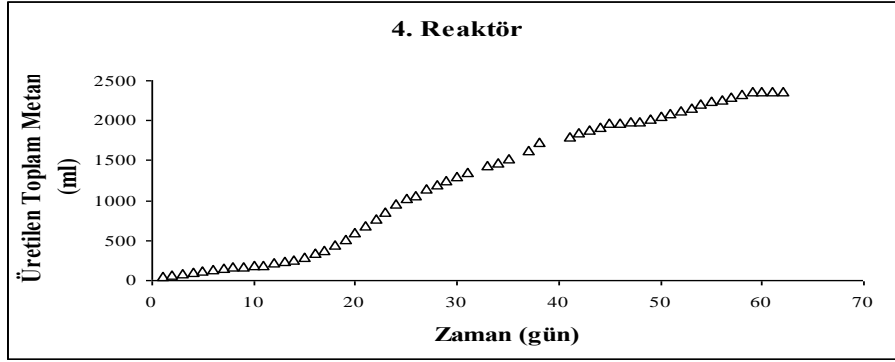
Eklene kimyasallarla oluşan metal hidroksitlerin, bazı organik maddelerin biyolojik olarak parçalanabilirliğini azalttığı bildirmişlerdir (Ghyoot ve Verstraete,1997; Gossett ve Dentel, 1982). Bu çalışmada elde edilen en düşük metan verimleri ve UKM giderimi 500,75 L CH₄/kg UKM ve % 61'dir ve demir çamurunun anaerobik parçalanmasından elde edilen verimlerden oldukça yüksektir.



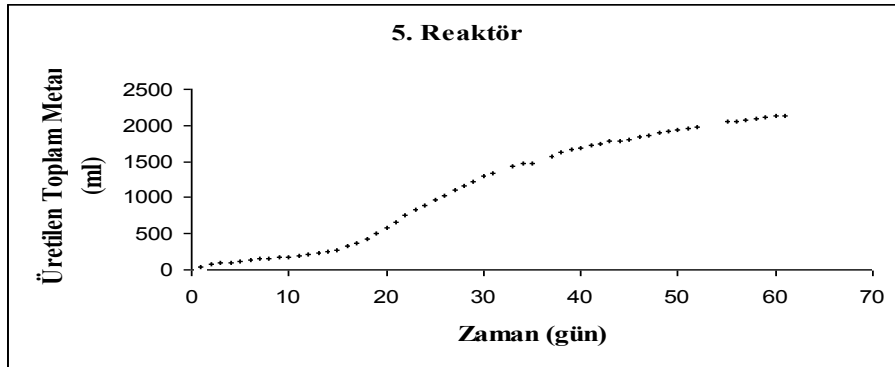
Şekil 2. 1 Numaralı reaktörde üretilen metan miktarı



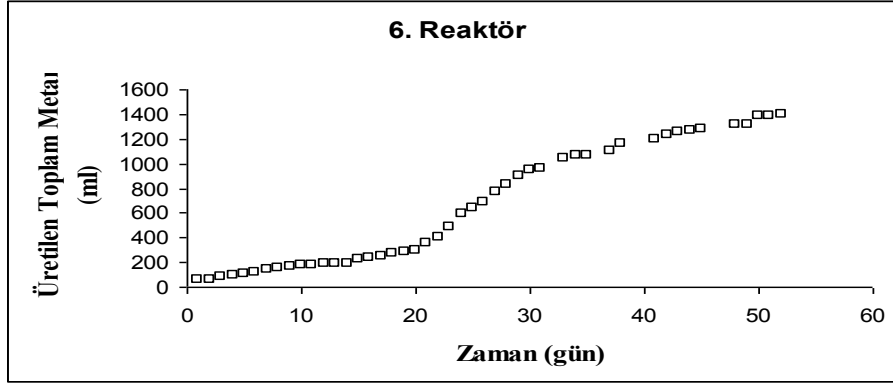
Şekil 3. 3 Numaralı reaktörde üretilen metan miktarı



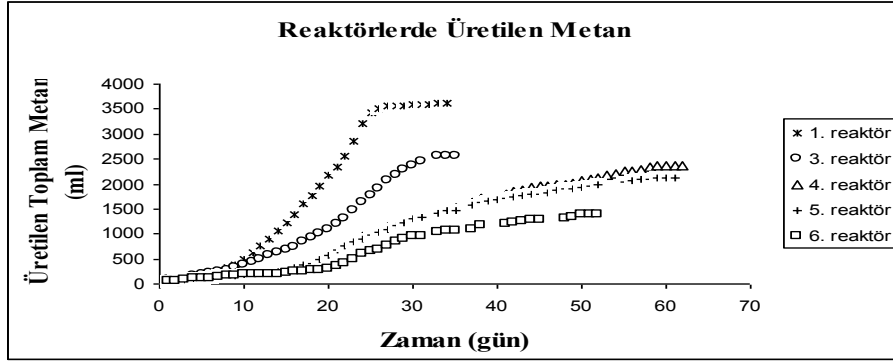
Şekil 4. 4 Numaralı reaktörde üretilen metan miktarı



Şekil 5. 5 Numaralı reaktörde üretilen metan miktarı



Şekil 6. 6 Numaralı reaktörde üretilen metan miktarı



Şekil 7. Bütün reaktörlerde üretilen metan miktarı

Sonuç ve Öneriler

Çalışmada, farklı aşı çamurlarının ve eklenen alkalinite ile artan Na^+ konsantrasyonlarının, bitkisel yağ sanayi atıksularının arıtılmasından oluşan koagülasyon çamurlarının anaerobik parçalanmasına etkileri belirlenmiştir.

Kesikli reaktörlerle yapılan parçalanabilirlik çalışmalarında organik yük ve aşı çamurları aynı olan reaktörler arasında Na^+ 'un 0,12, 0,18 ve 0,24 M olarak artan konsantrasyonlarına karşı birim metan üretimleri yaklaşık %30 azalmıştır. Katyon inhibasyonu içinde yer alan sodyum inhibasyonu gözlenmiştir. Atık aktif çamurun aşı olarak kullanıldığı reaktörlerde, anaerobik granül çamurun aşı olarak kullanıldığı reaktörlere göre, ilk on beş günlük sürede daha düşük metan üretimi ve daha uzun parçalanma süresi gözlenirken daha yüksek organik madde giderimi ve daha yüksek birim metan üretimi elde edilmiştir. Organik yükün artmasına karşılık metan verimi azalmıştır. Atık aktif çamur, koagülasyon çamurlarının anaerobik parçalanmasında aşı çamuru olarak kullanılabilir. Arıtma tesisinde atık aktif çamur ve koagülasyon çamurunun susuzlaştırma işlemlerinden sonra bile Tehlikeli

Atıkların Kontrolü ve Yönetmeliği Ek 11-A'ya göre tehlikeli atık sınıfına girmesi, taşınması ve bertarafı için arıtma tesisine getirdiği yük düşünüldüğünde, bu çamurların aynı tesis içinde anaerobik olarak parçalanması oldukça ilgi çekici bir alternatif oluşturmaktadır.

Kaynaklar

- EROĞLU, V., 1988. Yemeklik Yağ Sanayi Atıksularının Arıtımında Çözünmüş Hava Flotasyonu ve Aktif Çamur Sisteminin Verimliliğinin Araştırılması. 7. Türk-Alman Çevre Mühendisliği Sempozyumu, '88, İstanbul
- BASIBUYUK M., Kalat D.G.,2004. The use of waterworks sludge for the treatment of vegetable oil refinery industry wastewater. *Environmental Technology* 25 (3): 373-380
- KESTİOĞLU K., Yonar T., Azbar N., 2005. Feasibility of physico-chemical treatment and Advanced Oxidation Process (AOPs) as a means of pretreatment of olive mill effluent (OME). *Process Biochemistry* 40, 2409-2416.
- CHANG G. R, J.C. LIU ve D.J. LEE, 2001. "Co-Conditioning and Dewatering of Chemical Sludge and Waste Activated Sludge" *Water Research* Vol. 35, No.3 pp. 786-794.
- ŞENGÜL, F., 1992. Pamuk Yağı Endüstrisi Atıksularının Karakteristikleri ve Arıtımı. İTÜ 3. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu 92, İstanbul
- YILMAZ T., 1997. 'Bitkisel Yağ Sanayii Rafineri Atıksularının Fizikokimyasal ve Biyolojik Arıtılabilirlik Derecelerinin Araştırılması', Ç.Ü.Fen Bilimleri Ens. Yüksek Lisans Tezi, s.102.
- KALAT D., Başibüyük M., Yılmaz T. 2003. Bitkisel Yağ Endüstrisi Atıksularının Arıtımında İçme Suyu Arıtma Tesisi Atık Çamurlarının Farklı Deneysel Şartlar Altında Kullanımı. Ç.Ü.Müh.Mim. Fak. Dergisi Cilt 18 Sayı.2
- WILLEY,R., 2001.Fats,Oil,and Greases : The Minimization and Treatment of Wastewaters Generated from Oil Refining and Margarine Production, *Ecotoxicology and Environmental Safety* 50, 127-133.
- AL-MUZAINI S., HAMODA M.F., 1999. Selection of Effective Sludge Dewatering System for a Small Wastewater Treatment Plant. *Environmental International*, Vol.25, No.8, pp.983-990.
- SANCHEZ B. J., ALONSO J.M.Q., OVIEDO M.D.C., 2006. "Use of microbial activity parameters for determination of a biosolid stability index" *Bioresource Technology*, 97, 562-568.
- METCALF & EDDY, 2003. Inc. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*, Fourth Edition,. George Tchobanoglous, Franklin L. Burton, H.David Stensel.
- BOLZONELLA D., PAVAN P., 2005. BATTISTONI P., CECCHI F. Mesophilic anaerobic digestion of waste activated sludge; influence of the solid retention time in the wastewater treatment process. *Process Biochemistry* 40, 1453-1460
- SPEECE R.E., 1996, *Anaerobic Biotechnology*: Published by Archae Pres

- AHN, J.-H., FORSTER, C.F., 2000a. Kinetic analyses of the operation of mesophilic and thermophilic anaerobic filters treating a simulated starch wastewater. *Process Biochem.* 36, 19–23.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1998. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20th ed. Am. Public Health Assoc./Am. Water Works Assoc./Water Environ. Fed.
- SHIN, H. S., M.J.MOON, J.J LEE, Y.J. CHUNG, Y.C. SONG, AND B.U., BAE, 1994. Anaerobic Treability of Food Waste with High Salt Concentration *Proc. 7th International Symposia on Anaerobic Digetion- South Africa*, p.120.
- BOARDMAN, G. D., J.L. TISINGER, AND D.L. GALLAGHER, 1995. "Treatment of Clam Processing Wastewater by Means of Upflow Anaerobic Sludge Blanket Technology" *Wat. Res.*, Vol. 29, p. 1483-1490.
- YU, H.Q., WILSON, F., TAY, J.H., 1998. Kinetic analysis of an anaerobic filter treating soybean wastewater. *Water Res.* 32, 3341–3352.
- GHYOOT W. AND VERSTRAETE W.,1997. Anaerobic Digestion of primary sludge from chemical pre-precipitation. *Water Science and Technology* Vol.36, Issue 6-7, pp.357-365.
- GOSSETT J.M. AND DENTEL S.K., 1982. Effect of chemical coagulation on anaerobic digestibility of organic materials. *Water Research* Vol.16, Issue:5, pp.707-718.