

# İlaç atıksularının tek ve iki kademeli anaerobik arıtımında sistem performanslarının karşılaştırılması

**Yalçın Aşkın ÖKTEM\*, Orhan İNCE**

*İTÜ İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 34469, Ayazağa, İstanbul*

## Özet

*Bu çalışmada ilaç sanayi kimyasal sentez atıksularının arıtılması sırasında laboratuvar ölçekli tek ve iki fazlı anaerobik arıtma sistemleri kullanılarak sistemlerin arıtma performansları karşılaştırılmıştır. Ön asitleşme çalışmasında optimum işletme koşullarını belirlemek için; sıcaklık  $35\pm 2$  °C'de hidrolik bekleme süresi (HBS) 8-24 saat, pH: 5.0-6.3 değerleri arasında çalışmalar yürütülmüştür. Tek fazlı arıtmanın başlangıç koşulları, sıcaklık  $35\pm 2$  °C'de HBS 24-72 saat, yukarı akış hızı (YAH) 4-14 m/gün ve pH: 6.8-7.2 olarak alınmıştır. KOİ giderim verimleri karşılaştırıldığında, iki fazlı sistemde  $13 \text{ kg/m}^3\text{-gün}$  hızında, giriş yükü %92 verimle arıtılırken, tek fazlı sistemde  $8 \text{ kg/m}^3\text{-gün}$  organik yükleme hızı (OYH)'da %72 arıtma verimi elde edilmiştir.*

**Anahtar Kelimeler:** *Tek ve iki fazlı anaerobik arıtma, ilaç atıksuları, asitleşme.*

## Comparison of system performances regarding single and two phase anaerobic digestion of pharmaceutical wastewater

### Abstract

*In this study, the treatment performances of the systems are compared through single and two phase anaerobic digestion of laboratory scale while pharmaceutical industry chemical synthesis wastewater is digested. In pre-acidification study, which is the beginning of the two phase digestion, in order to determine the optimum operating conditions, studies have been carried out under  $35\pm 2$  °C temperature, 8-24 hours of hydraulic retention time (HRT) and pH values between 5.0-6.3. The highest acidification has been found at the organic loading rate (OLR) of  $13 \text{ kg/m}^3\text{-day}$ , pH 5.5 and 42-43% in 12 hours of HRT. As the beginning conditions of the single phase digestion, temperature has been considered as  $35\pm 2$  °C, HRT as 24-72 hours, up-flow velocity (UV) as 4-14 m/day and pH between the ranges of 6.8-7.2. In single phase digestion on the other hand, the optimum operating conditions have been determined as a HRT of 2 days while the UV is 12 m/day and the OLR is  $8 \text{ kg/m}^3\text{-day}$ . When the COD removal efficiency of these systems are compared, in two phase system with  $13 \text{ kg/m}^3\text{-day}$ , the influence load is treated with 92% efficiency while in single phase system 72% of removal efficiency is acquired in  $8 \text{ kg/m}^3\text{-day}$  OLR.*

**Keywords:** *Single and two phase anaerobic digestion, pharmaceutical wastewater, acidification.*

\*Yazışmaların yapılacağı yazar: Yalçın Aşkın ÖKTEM. [oktemy@istanbul.edu.tr](mailto:oktemy@istanbul.edu.tr); Tel: (212) 473 70 70 dahili 17734.

Bu makale, birinci yazar tarafından İTÜ İnşaat Fakültesi'nde tamamlanmış olan "İlaç atıksularının tek ve iki kademeli anaerobik arıtımında sistem performanslarının karşılaştırılması" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır. Makale metni 07.11.2003 tarihinde dergiye ulaşmış, 27.04.2004 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 31.08.2005 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

## Giriş

Anaerobik arıtma sistemleri, biyolojik çamurların arıtımında yaygın olarak kullanıldığı gibi, günümüzde çeşitli endüstriyel atıksuların arıtımında da yaygın olarak kullanılmaktadır. Aerobik proseslerle karşılaştırıldığında sistemin işletilmesinde özellikle daha az enerjiye ihtiyaç duyulması, üretilen metan gazının ekonomik değere sahip olması, daha az çamur üretmesi ve nütrient ihtiyacı duymalarından dolayı bu sistemlerin kullanılması cazip hale gelmektedir. Günümüzde anaerobik sistemler meyva suyu, bira, kimya, alkol destilasyonu, süt ve peynir, balık ve deniz ürünleri, şeker, kağıt, ilaç vb. birçok endüstriye ait atıksuların arıtılmasında yoğun olarak kullanılmaktadır. Bununla beraber, anaerobik sistemlerde stabilite sürekliliğinin sağlanmasında ciddi sorunlarla karşılaşmaktadır. Bu tip sorunların aşılması amacıyla yüksek hızlı anaerobik sistemler geliştirilmiştir (Hulshoff ve Lettinga, 1986). Bu tip sistemlerden biri de iki fazlı anaerobik arıtma sistemleridir. İki fazlı bu sistemlerde asit bakterileri ve metan arkea'ların yaşam koşullarının ayrı ayrı optimize edilmesi sağlanır. Böylelikle türlerin farklı ortam koşulları ihtiyacından kaynaklanan zayıf stabilite durumları ortadan kaldırılmaktadır.

İki fazlı arıtma sistemlerinde ilk faz; hidroliz ve asidifikasyonun gerçekleştirildiği metanojenik aktivitenin sınırlandırıldığı yada tamamen yok edildiği bir fazdır. İki fazlı arıtmanın başlangıç çalışmaları bu fazdaki mikrobiyal aktivitenin en yüksek olduğu optimum işletme koşullarının belirlenmesine yöneliktir. Literatürde, farklı reaktör tipleri kullanılarak tek fazlı arıtma sistemleri ile iki fazlı anaerobik arıtma sistemleri karşılaştırılması yapılmıştır (Bull vd., 1984; Zang ve Noike,1991). Reaktörler değişken ve kararlı denge şartları altında çalıştırılmıştır. Faz ayrımlı sistemden sürekli daha iyi çıkış kalitesi, daha düşük askıda katı madde, yüksek KOİ giderimi ve iyi bir metan dönüşüm oranı elde edilmiştir. Metan tankındaki biyokütlenin substrata tek fazlı sistemdeki metan arkea'dan daha fazla adapte olduğu görülmüştür.

Literatürde sunulan bilgilerden çıkarılan genel sonuçların ışığı altında tek fazlı anaerobik

reaktörlere uygulanan organik yükün iki fazlı sistemlere göre daha düşük olduğu görülmüştür. Meşrubat endüstrisinde yapılan bir çalışmada atıksuyunun iki fazlı anaerobik arıtımında organik yük  $6 \text{ kg KOİ/m}^3 \cdot \text{gün}$  ve KOİ giderimi %95 olarak elde edilmiştir (Ghosh ve Henry, 1981). Süt endüstrisi atıksuyunun iki fazlı anaerobik arıtımında ise  $23 \text{ kg KOİ/m}^3 \cdot \text{gün}$  organik yüke ulaşılmış ve bu organik yükte %94 KOİ giderimi elde edilmiştir (Li vd. 1984). Farklı bir çalışmada ise maya endüstrisi atıksuları için  $50 \text{ kg KOİ/m}^3 \cdot \text{gün}$ 'lük organik yüke ulaşmasına karşılık KOİ giderim verimi %70'in üzerine çıkarılamamıştır (Heijen vd., 1983; Enger vd., 1986). Önemli miktarda lipitlerin bulunduğu zeytinyağı atıksularının arıtımında ise atıksuyun içerdiği organik bileşiklerin iki fazlı anaerobik arıtma sisteminde giderilmesi araştırılmıştır (Beccari vd. 1996). Bu çalışmada optimum işletme koşulları belirlenmiştir. Lipitlerin önemli bir kısmı hem asit hem de metan fazlarında giderilmiştir. Diğer taraftan polifenol gibi maddeler asit fazında indirgenmiş buna karşın metan fazında kısmen okside olmuştur. Farklı araştırmacılar ise nispeten daha kolay parçalanabilen süt ve süt ürünleri atıksularının arıtılmasında iki fazlı anaerobik arıtma sisteminin performansını incelemiştir (İnce, 1998). Asit reaktörü için önceden tespit edilmiş optimum işletme koşulları kullanılarak laboratuvar ölçekli iki fazlı anaerobik arıtma sisteminin performansı incelenmiştir Sistemden dokuz aylık çalışma süresince  $5 \text{ kg KOİ/m}^3 \cdot \text{gün}$  organik madde yükleme hızı ve 2 günlük hidrolik bekletme süresinde %90 KOİ ve %95 BOİ giderme verimleri, elde edilmiştir. Asit reaktöründe organik yük  $23 \text{ kg KOİ/m}^3 \cdot \text{gün}$  ve hidrolik bekletme süresi 0.5 gün olarak tespit edilmiş, buna karşılık yukarı akışlı anaerobik filtre olan metan reaktöründe ise  $7 \text{ kg KOİ/m}^3 \cdot \text{gün}$  hidrolik bekletme süresi yaklaşık 1.5 gün ve bu yüklerde yaklaşık %90 KOİ ve %95 BOİ giderimi başarılmıştır.

## Materyal ve metot

Asidifikasyonda kullanılan reaktör tam karışım ve geri devirli bir tanktır. Plesikglass malzemeden yapılan reaktör 5 litre hacme sahiptir (Şekil 1). Reaktör ısı kontrollü bir odada  $30-32^\circ\text{C}$  civarında tutulmaktadır. Ayrıca reaktörü çevreleyen



(TKM), uçucu yağ asitleri (UYA), toplam kjeldahl azotu (TKN), amonyak azotu (NH<sub>3</sub>), toplam fosfor (PO<sub>4</sub>), uçucu askıda katı madde (UAKM) tayinleri kararlı denge koşulları oluştuğunda yapılmıştır. Analizler standartlara “Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater” uygun şekilde yapılmıştır (APHA, 19.Baskı, 1995). Enstrümantal analizlerden uçucu yağ analizleri HP 5890 Model II gaz-sıvı kromatograf yardımıyla yapılmıştır. SMA test düzeneği ise 8 adet 1 litrelik reaktörden oluşmaktadır. Spesifik metan aktivite testi için yapılan çalışmalarda araştırmacıların (Monteggia, 1991; İnce vd., 2001) tavsiye ettikleri deneysel prosedür takip edilmiştir.

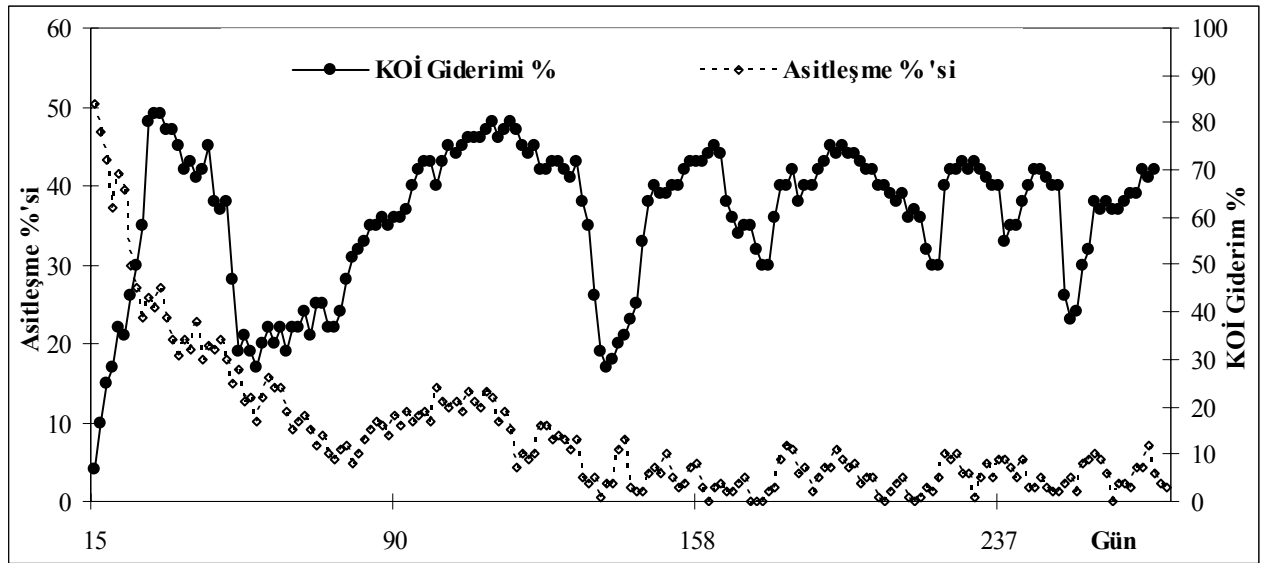
### Sonuçlar ve tartışma

**Ön asitleşme reaktörü-** İki fazlı arıtmada en önemli aşama, asitleşmenin gerçekleştiği ilk tankta meydana gelir. Sistem iki fazlı olarak devreye alınmadan önce asidifikasyonun gerçekleşeceği tankta optimum işletme koşullarının belirlenmesi esastır.

Organik maddenin yüksek asidifikasyon derecelerinin bulunmasını takiben asitleşme tankının çıkışına bağlanan metan tankı ile iki fazlı arıtma organik madde giderim performansı incelenmiştir. Atıksuyun zor parçalanabilen bir yapısının olması nedeniyle öncelikle glikozla asitleşme

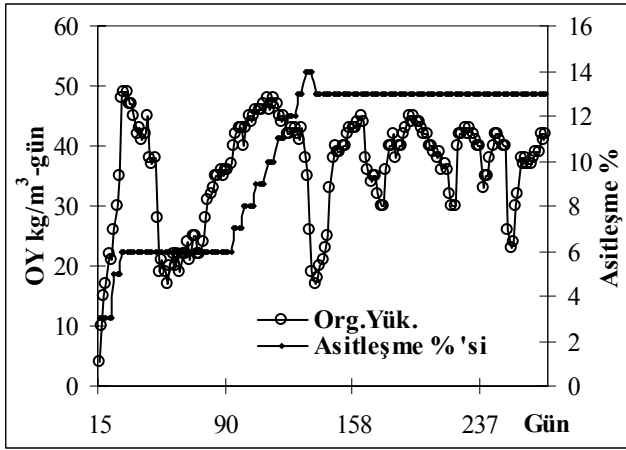
sağlanmış daha sonra biyokütlenin atıksuya aklımasyonu gerçekleştirilmiştir. Hidrolik bekleme süresi 1 gün, başlangıç pH'sı 5.5-5.8 aralığında tutulmuştur. Kademeli olarak organik yükleme hızının (OYH) artırılması sonucu, asitleşmede bu artışa paralel bir yükselme görülmüştür. Ancak 14 kg/m<sup>3</sup>-gün yükleme değerinde asitleşme %19'a ve KOİ giderimi ise %1'lere kadar düşmüştür (Şekil 2). En yüksek organik yükleme hızı 13 kg/m<sup>3</sup>.gün olarak belirlenmiştir. Ancak asitleşme sadece OYH'ya bağlı olmadığı için hidrolik bekleme süresi (HBS) ve pH parametreleri değişken bir işletme parametresi olarak alınarak, sistemde en yüksek asitleşmenin olduğu şartlar belirlenmiştir. Böylelikle ilaç sanayi kimyasal sentez atıksuları için asidifikasyonda optimum işletme koşulları bulunmuştur. Asitleşme, ön asitleşmenin sağlandığı tam karışimli reaktör tankta; 35±2°C sıcaklıkta, 12 saat hidrolik bekleme süresinde, pH 5.5 ve 13 kg/m<sup>3</sup>-gün organik yükleme hızında, %44-45 asitleşme gerçekleşmiştir.

Hidrolik bekleme süresi sistem çökmeden 10 saate kadar indirilebilmiştir, ancak asitleşme %34-35 civarında gerçekleşmektedir. HRT'nin 10 saatin altına indiği durumlarda asidifikasyon, bu yük ve pH şartlarında çok düşük seviyelere kadar gerilemektedir. Asitleşme çalışmasının son aşamasında, atıksu seyreltilmeden sisteme



Şekil 2. Asidifikasyon reaktöründe KOİ giderimi-asitleşme ilişkisi

verildiğinde, sistem tepkisinin ne olacağı belirlenmiştir. Son olarak yapılan tesis simülasyonunda KOİ yaklaşık 13000-14000 mg/l civarında olup hiç seyreltilmeye gerek olmadan verilmiştir. Dolayısıyla sistem bu değişiklikten çok fazla etkilenmemiştir. Bu simülasyon sonucu sistemde, OYH 13 kg/m<sup>3</sup>-gün, HBS 22 saat ve pH 5.5'te, %41-42 asitleşme görülmektedir. Şekil 3'te tüm çalışma boyunca organik yüklenme hızı-asitleşme görülebilir.

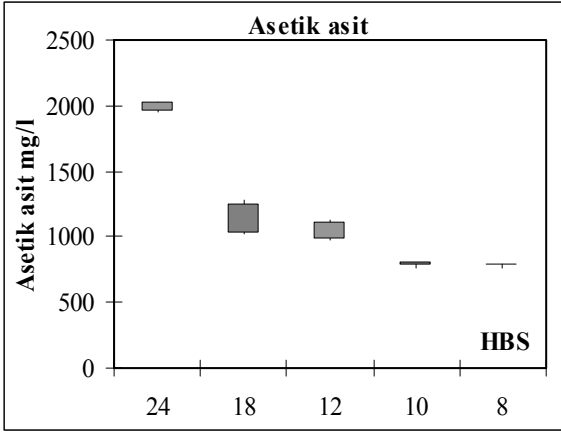


Şekil 3. Asit reaktöründe asitleşme yüzdesinin zamanla değişimi

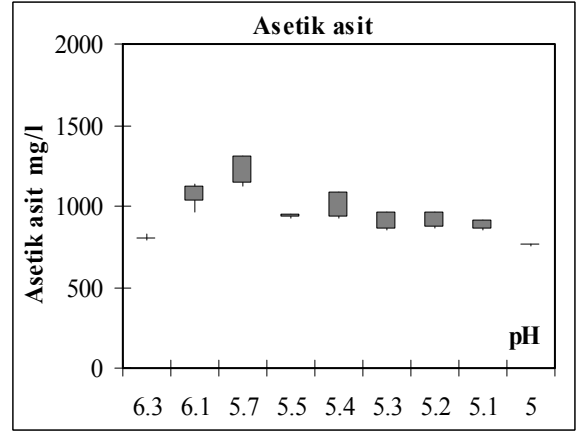
Uçucu yağ asitlerinin dağılımı-Asidifikasyon reaktöründe yapılan çalışmalarda önemle üzerinde durulan diğer bir konuda, uçucu yağ asitlerinin dağılımı olmuştur. Asit dağılımı optimum işletme koşulları belirlenirken değişimler göstermektedir. Maksimum yüklenme değerinin belirlenmesi sırasında (HBS 24, pH: 5.5) 13 kg/m<sup>3</sup>-gün'de en baskın olan türler şunlardır.; asetik asit %51-56, bütirik asit %23-26, propiyonik asit %20-23 arasında değişim göstermektedir. Hidrolik bekletme süresinin 18 saat indirilmesiyle birlikte uçucu yağ asidi dağılımı şöyle oluşmuştur; en baskın olan asetik asit %47-43, bütirik asit %32-36, propiyonik asit %24-15. 12 saatlik hidrolik bekletme süresinde ise asetik asit %51-53, bütirik asit %25-26 ve propiyonik asit %20-23 arasında değişim göstermektedir. Diğer HBS'ler ise sırasıyla uygulanmıştır. Reaktöre uygulanan son HBS ise 8 saat'tir. Bu bekletme süresi, kullanılan bu tip atıklar için düşük bir bekletme süresidir. Bu yüzden baskın olan UYA tipleri değişirse de,

toplam uçucu yağ konsantrasyonlarında düşme olmuştur. Asetik asit sistem içinde %71-72, bütirik asit %0-2 ve propiyonik asit ise %22-28 arasında yer almıştır. Maksimum yüklenme, hidrolik bekletme süresini takiben pH'a bağlı optimizasyon çalışılmış ve bu süreçteki UYA dağılımı belirlenmiştir. Hidrolik bekletme 12 saat ve OYH 13 kg/m<sup>3</sup>-gün değerlerinde pH 5.5'dan kademeli olarak 5.0'a kadar çekilerek yapılan çalışmada, bu aralıkta baskın olan UYA dağılımı şu şekildedir; asetik asit %48-59, bütirik asit %26-41 ve diğer önemli asit olan propiyonik asit ise %21-0 aralığındadır. Bütirik asitte pH düştükçe artış, buna karşın propiyonik asitte azalma görülmektedir. Bir diğer pH seti 5.7-6.3 aralığıdır ve bu aralıkta pH kademeli olarak artırılmıştır. pH arttıkça reaktörde asetik asit konsantrasyonu %62-54'e aralığında gerilemiştir. Bütirik asit %0-9 ve propiyonik asit ise %29-51 aralığında değişim göstermiştir. Asitleşme çalışmasında yapılan son çalışma olan atıksuyun seyreltilmeden sisteme verilmesinde HBS 22 saat, pH:5.5 ve OYH 13 kg/m<sup>3</sup>-gün olarak belirlenmiştir. Bu aşamadan sonra reaktördeki pH değişimleri ile optimizasyon sağlanmıştır. Reaktör pH'sı 5.5 civarında tutulduğunda asetik asit %50-52, propiyonik asit %27-25, bütirik asit %21-23 olarak toplam asit içinde değişim göstermektedir. pH'nın 5.0 çekilmesiyle birlikte asetik asit %57-58, bütirik asit %34-42 ve propiyonik asit %9-0 ve daha sonra pH'nın 6.3 çekilmesiyle de; asetik asit %52-56, bütirik asit %29-2 ve propiyonik asit %19-42 aralığında hareket etmişlerdir. Şekil 4'te asetik asitin Şekil 5'te bütirik asitin, Şekil 6'da propiyonik asiti çeşitli HBS'lerde değişimi ve Şekil 7, Şekil 8 ve Şekil 9'da ise aynı asitlerin çeşitli pH'larda değişimi Şekil 10'da OYH'e göre toplam uçucu yağ asidinin değişimi görülebilir.

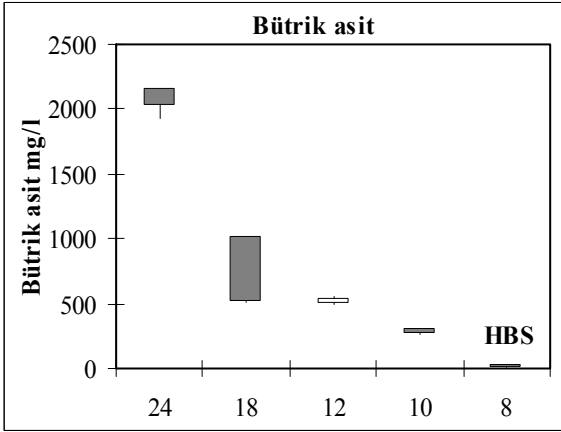
Yukarı Akışlı Hibrit Çamur Yatağı-Optimum işletme koşulları belirlenirken, hibrit yukarı akışlı anaerobik çamur yatağında yapılan çalışma iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk kısımda sistem tek bir anaerobik reaktör olarak kimyasal sentez atıksuyunun artırılması sırasında optimum işletme koşullarının belirlenmesi amacıyla çalıştırılmıştır. İkinci kısımda ise asidifikasyon çıkışı atıksu ile beslenen yine tek fazlı bir sistem olarak çalıştırılmıştır.



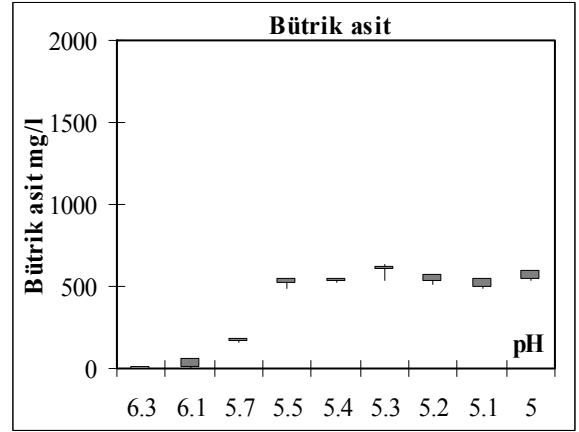
Şekil 4. Çeşitli HBS'lerde asetik asit konsantrasyonunun zamanla değişimi



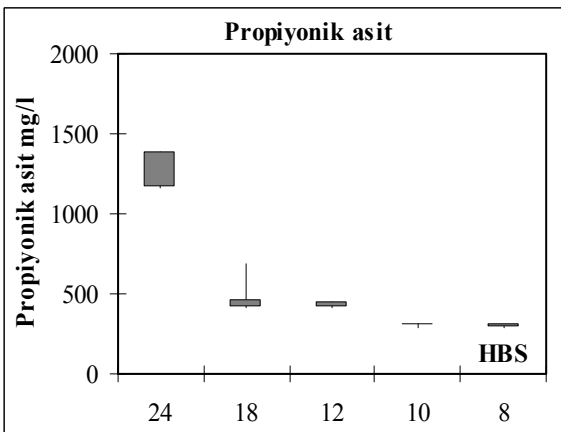
Şekil 7. Çeşitli pH'larda asetik asit konsantrasyonunun zamanla değişimi



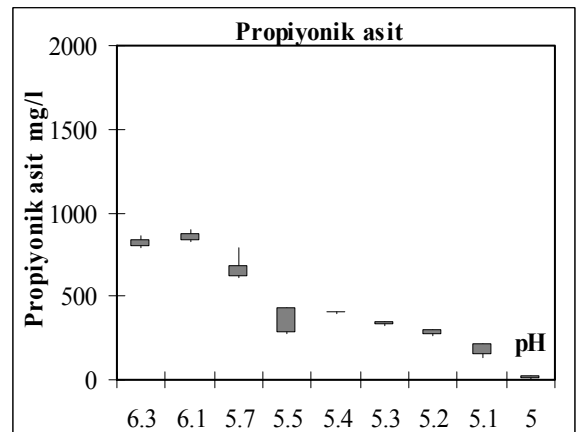
Şekil 5. Çeşitli HBS'lerde bütirik asit konsantrasyonunun zamanla değişimi



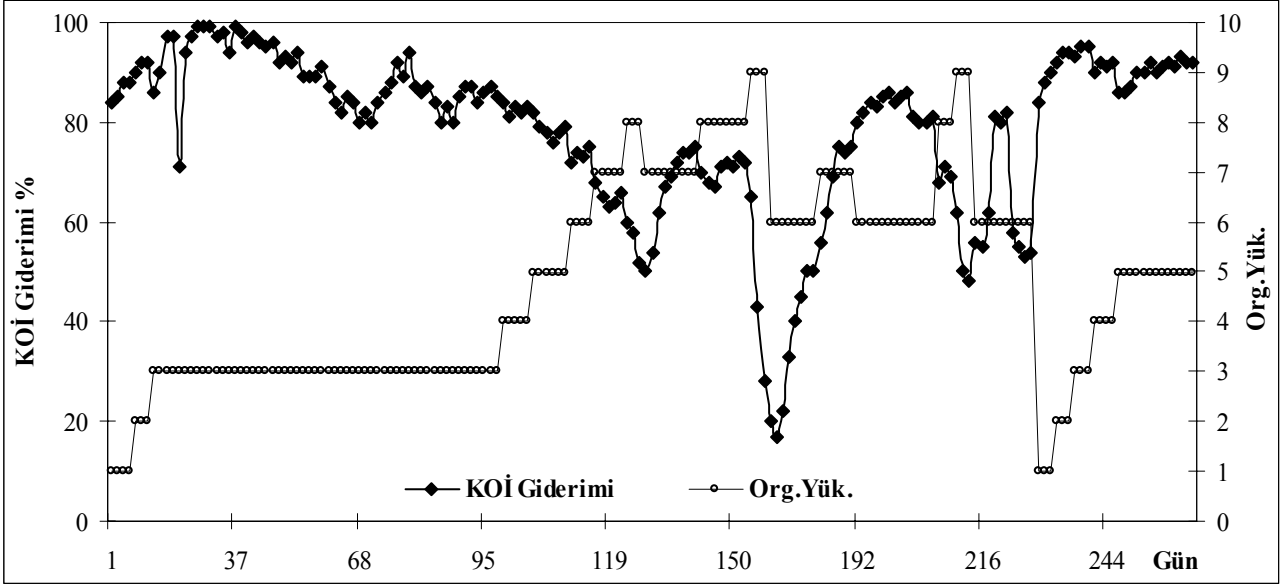
Şekil 8. Çeşitli pH'larda bütirik asit konsantrasyonunun zamanla değişimi



Şekil 6. Çeşitli HBS'lerde propiyonik asit konsantrasyonunun zamanla değişimi



Şekil 9. Çeşitli pH'larda propiyonik asit konsantrasyonunun zamanla değişimi



Şekil 10. KOİ giderimi-organik yük arasındaki ilişki

Çalışmanın başında glikozla belirli bir yüke ( $3\text{kg/m}^3\text{-gün}$ ) kadar çıkmıştır. Reaktörde başlangıç koşulları ise şöyledir; hidrolik bekleme süresi 2 gün, OYH  $3\text{kg/m}^3\text{-gün}$  ve pH 6.8-7.2 ve yukarı akış hızı  $4\text{m/gün}$ 'dür. Daha sonra reaktöre glikoz-atıksu arasında oransal bir değişim kullanılarak verilen yükle aklimasyon sağlanmıştır. Bu aşamada başlangıç yükü  $3\text{kg}$  glikoz olduğunda, sistemde KOİ giderimi %99'lara kadar çıkarken, aynı yükte aklimasyon bittiğinde KOİ giderimi %85-87 aralığına kadar gerilemiştir(Şekil 4). OYH'nın kademeli olarak artırılmasına paralel olarak KOİ giderim verimi düşmüştür. Buna karşın SMA testlerindeki çamurun potansiyel metan üretim hızının yüksekliği gözlenmiş ve sistemdeki KOİ giderim veriminin düşmesinin nedeninin yükleme olmadığını anlaşılmıştır. Buradan hareketle yukarı akış hızının  $4\text{m/g}$  değerinden  $8\text{m/g}$  değerine çıkarılmasıyla KOİ giderim verimi yükseltilmiştir. KOİ giderimindeki düşüşün nedeninin tabanda bulunan çamur yatağının yeterince atıksu ile temas edememesi olduğu anlaşılmıştır. SMA test sonuçları kullanılarak yükleme stratejileri belirlenmiştir. Organik yüklemelerde  $8\text{kg/m}^3\text{-gün}$  değerine çıktığında sistemde KOİ giderim verimi %72-73 olarak belirlenmiştir. Nitekim  $9\text{kg/m}^3\text{-gün}$  yükleme sisteme verildiğinde KOİ gideriminde ivmeli ve büyük bir düşme ya-

şanmıştır. KOİ giderim verimindeki düşmeye paralel olarak sistemdeki toplam uçucu yağ asidi  $2025\text{mg HaC/l}$  olarak belirlenmiştir. Geri kalan çalışmada diğer işletme parametrelerine ait optimum koşullar belirlenmiştir. HBS bir güne indirilerek (bu bekleme sürelerinde sistemde organik yükleme  $6\text{kg/m}^3\text{-gün}$ 'dür) sistemdeki KOİ giderim performansı incelenmiştir. KOİ giderimi %15-18 oranında gerileyerek %57'ye inmiştir. Daha sonra HBS'nin 3 güne çekilmesiyle KOİ giderimi %83-84 olmuştur. Bu iki deneme sırasında yukarı akış hızı  $8\text{m/g}$ 'de tutulmuştur. Üç günlük HBS'de yukarı akış hızı önce  $12\text{m/gün}$ 'e çıkarıldığında KOİ giderimi %2-3 arasında artarak %85-86'ya çıkmıştır.  $14\text{m/g}$  yukarı akış hızının sisteme uygulanması ile birlikte KOİ gideriminde bir değişme görülmezken reaktörün çıkışında biyokütle kaçıışı hızlanmıştır.

Bu nedenle sistemde en uygun yukarı akış hızı  $12\text{m/g}$  ve HBS süresi ise 2 gün olarak alınmıştır. Yukarı akışlı hibrit anaerobik reaktör, asidifikasyon çıkışı ile beslenmiştir. Bu çalışmada hidrolik bekleme süresi iki gün, yukarı akış hızı  $12\text{m/g}$  ve  $5\text{kg/m}^3\text{-g}$  yükleme ortalama %92 arıtma verimi ile çalışmıştır. Tüm çalışma boyunca OYH ve HBS'ye bağlı olarak KOİ giderim verimi Şekil 10'da verilmiştir.

## Sistem performanslarının karşılaştırılması

Kimyasal sentez atıksuyunun arıtılması için uygulanan tek kademeli ve iki fazlı anaerobik arıtmaya ait organik madde giderim performansları karşılaştırıldığında, tek fazlı sistemde çıkarılan maksimum yük  $8 \text{ kg/m}^3\text{-gün}$ , iki fazlı anaerobik arıtma tesisinde  $13 \text{ kg/m}^3\text{-gündür}$ . Çıkış KOİ'leri karşılaştırıldığında; iki fazlı sistem  $13 \text{ kg}'lık$  giriş yükünü %92 verimle arıtarak, çıkışta yaklaşık  $700\text{-}750 \text{ mg/l}$  KOİ düzeyine kadar inmektedir. Buna karşın  $8 \text{ kg/m}^3\text{-gün}$  organik madde yükleme hızına sahip tek fazlı sistem ise %72 arıtma yaparak çıkışta  $2240 \text{ mg/l}$  KOİ'ye kadar inebilmektedir. İki fazlı sistemde toplam hidrolik bekleme süresi optimum işletme koşullarında 60 saat, tek fazlı sistemde ise 48 saattir. Asitleşme tankındaki F/M oranı bu çalışmada 3.0-3.5 kadar çıkmıştır. Ancak orandaki bu yüksekliğe karşın, asit oluşumunda önemli bir etki gözlenmemiştir.

## Kaynaklar

- Beccari, M., Bonemazzi, F., Majone, M. ve Riccardi, C., (1996). Interaction between acidogenesis and methanogenesis in the anaerobic treatment of olivemill effluents. *Water Research* **30**, 1, 183-189
- Bull, M.A., Sterrit R.M. ve Lester, J.N., (1984). An evaluation of single and separated phase anaerobic industrial wastewater treatment in fluidized bed reactors. *Biotech. Bioengng*, **26**, 1054-1065.
- Enger, W.A., VanGils, W.M.A. ve Heijen, J.J., (1986). Full-scale performance of a fluidized bed in a two-stage anaerobic wastewater treatment at Gist-Brocades. *Aquatech*, **3**, 297-306.
- Ghosh, S. ve Henry, M.P., (1981). Stabilization and gasification of soft drink manufacturing waste by conventional and two phase anaerobic digestion. *Proceeding 36<sup>th</sup> Ind.Waste Conf.*, Purdue University, Indiana, U.S.A., 292-300.

- Ghosh S., Ombreght J.P. ve Pipyn P. (1985). Methane production from industrial wastes by two phase anaerobic digestion. *Water Research*, **19**, 9, 1083-1088
- Heijnen J.J., (1983). Acidification of wastewater in an anaerobic biological fluidised bed reactor. *Proceeding European Symp. Anaerobic Wastewater Treatment*, Netherlands
- Hulshoff Pol, L.W. ve Lettinga, G., (1986). New technologies for anaerobic wastewater treatment. *Water Science and Technology* **18**, 41-53.
- Ince, O., Ince, K.B. ve Karadede, O. (2001). Tekel alkollü içkiler sanayi müesseseler müdürlüğü İstanbul içki fabrikası anaerobik arıtma tesisinin optimum işletme koşullarının spesifik metan aktivite testi kullanılarak belirlenmesi, Rapor, Nisan.
- Ince O., (1998). Performance of a two phase anaerobic digestion system when treating dairy wastewater. *Water Research*, **32**, 9, 2707-2713.
- Li A., Sutton P.M., Corrado J.J. ve Kothari D., (1984). Optimization of two-phase anaerobic fluidised bed process. *Proceeding 2<sup>nd</sup>. Int. Conference on Fixed -Film Biological Processes*, Arlington, Virginia, U.S.A., 1741-1759
- Monteggia, L. (1991). The use of a specific methanogenic activity for controlling anaerobic reactors, *PhD. Thesis*, The University of Newcastle Upon Tyne, Newcastle.
- Standart Methods for Examination of Water and Wastewater*, (1995). 19<sup>th</sup> Ed., APHA, AWWA, WEF, Washington, DC. USA, **4-5**, United Book Press, Inc. Baltimore, Maryland.
- US Environmental Protection Agency (EPA) (1997). Office of Compliance Sector Notebook Project: *Profile of the Pharmaceutical Manufacturing Industry*
- Zang, T.C. ve Noike, T., (1991). Comparison of one phase and two phase anaerobic digestion processes in characteristics of substrate degradation and bacterial population levels. *Water Science Technology*, **23**, Kyoto, Japan, 1157-1166.