

## Pilot Ölçekli Mezofilik Kesikli Anaerobik Reaktörde Peynir Altı Suyu Arıtımı ve Biyogaz Üretimi

Emre YAZAR<sup>1</sup>, Kevser CIRIK<sup>2</sup>, Özer ÇINAR<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Biyomühendislik ve Bilimleri Anabilimdalı, Kahramanmaraş, Türkiye

<sup>2</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Çevre Mühendisliği, Kahramanmaraş, Türkiye

**ÖZET:** Bu çalışmada peynir altı sularının anaerobik arıtımı ve arıtım sırasında oluşan yenilenebilir bir enerji kaynağı olan metan gazı üretim verimi araştırılmıştır. Bu amaçla, asidik özellikle peynir altı suyu ile beslenen 70 l çalışma hacmine sahip bir ardışık kesikli anaerobik reaktör (ASBR) kullanılmıştır. Reaktör 1,231 g TOK/gün (toplam organik karbon) organik yükleme ile 15 günlük hidrolik bekleme süresi (HRT) ile çalıştırılmış olup, arıtılabilirlik çalışmaları süresince reaktör sıcaklığı 35 °C'de sabit tutulmuştur. Reaktör performansı; toplam organik karbon giderimi, asetik asit üretimi ve metan üretim verimi açısından değerlendirilmiştir. Reaktördeki toplam organik karbon % 83.3 oranında giderilmiştir. Elde edilen maksimum asetik asit miktarı 900 mgL<sup>-1</sup>, biyogaz üretim verimi 0.19 L.L<sup>-1</sup>.gün<sup>-1</sup> oluşan toplam biyogaz hacmi ise 19 l olarak elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Atık Su Arıtımı, Tek Fazlı Sistemler, Anaerobik Arıtım, Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Biyoprosesler

## Treatment of Cheese Whey and Biogas Production in Pilot Scale Anaerobic Sequencing Batch Reactor at Mesophilic Conditions

**ABSTRACT:** In this study, anaerobic treatment of cheese whey and the quality and quantity of methane which is produced through the process, was investigated. For this purpose a 70 l anaerobic sequencing batch digester was operated at a temperature of 35 ° C and a hydraulic retention time (HRT) of 15 days with 1,231 g TOC/day (total organic carbon) organic loading rate. The digester performance was evaluated in terms of total organic carbon removal, acetic acid production, and methane production yield. Total organic carbon was removed as % 83.3. Obtained maximum acetic acid production, biogas production yield and amount of total biogas production were 900 mgL<sup>-1</sup>, 0.19 L.L<sup>-1</sup>.day<sup>-1</sup> and 19 liters; respectively

**Keywords:** Wastewater Treatment, Single Stage Systems, Anaerobic Treatment, Renewable Energy Sources, Bioprocesses

### 1. GİRİŞ

Dünyada giderek artan nüfusla birlikte gelişen teknoloji ve hızlı sanayileşme, çok büyük ve çözülmesi giderek zorlaşan çevre kirliliği problemini de beraberinde getirmiştir. Bugün bu kirlilik doğanın dengesini bozar duruma gelmiş ve insan yaşamını tehdit eden boyutlara ulaşmıştır. Sanayi-endüstri kuruluşlarının uygulamaları sonucu açığa çıkan ve içinde sağlığa zararlı biyolojik ve kimyasal maddeleri barındıran sular endüstriyel atık su olarak tanımlanır. Endüstriyel atık sularda kirlenmeyi oluşturan ve buna bağlı olarak çevre kirliliğine neden olan problemlerin başında organik maddeler (proteinler, karbohidratlar, yağ ve gres, sürfaktanlar, fenoller, pestisidler, klorlu bileşikler vb.), ağır metaller (çinko, kurşun, nikel, krom,

kalay vb.), aromatik ve alifatik hidrokarbonlar yer almaktadır.

Peynir altı sularının değerlendirilmesine ilişkin çok fazla sayıda seçenek olmasına rağmen, dünyada üretilen peynir altı sularının yaklaşık olarak yarısı herhangi bir arıtma uygulanmadan alıcı ortama deşarj edilmektedir. Üretilen peynir altı atık sularının kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ: 6–8 x 10<sup>4</sup> mgL<sup>-1</sup>) ve biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ<sub>5</sub>: 5–7 x 10<sup>4</sup> mgL<sup>-1</sup>) konsantrasyonları oldukça yüksektir. Herhangi bir arıtmaya tabi tutulmayan ham peynir altı sularının çevresel risk oluşturmasının yanı sıra, arıtmaya tabi tutulan bu tür atık suların arıtma çıkışı suları bile çoğu zaman deşarj standartlarını sağlayamamaktadır. Her geçen gün artan peynir altı suyu üretimi ve mevzuatlarda öngörülen çıkış suyu kalitesinin

\*Sorumlu Yazar: Özer ÇINAR , [ocinar@ksu.edu.tr](mailto:ocinar@ksu.edu.tr)

yükselmesi, bu atık suların arıtımı için uygun çözümler bulunmasını acil kılmıştır.

Peynir altı sularının fiziksel, kimyasal ve biyolojik metotlar ile arıtılabilirliği çalışmalarında, fiziksel-kimyasal proseslerde kullanılan kimyasal madde maliyetlerinin yüksek oluşu ve düşük KOİ giderim verimleri biyolojik proseslerin ön plana çıkmasına yol açmıştır. Aerobik arıtma teknolojileri, özellikle aktif çamur tesisleri, süt endüstrisi atık sularının arıtımında yaygın olarak kullanılmakta ama yüksek enerji sarfiyatı prosesin uygulanmasında çoğu zaman sınırlayıcı olmaktadır. Anaerobik prosesler ise havalandırma için enerji tüketimine ihtiyaç olmaması, az miktarda fazla çamur oluşumu ve tesis kurulumu için az miktarda alana ihtiyaç duyması gibi önemli avantajlara sahiptir. Ayrıca anaerobik arıtma, ısınma ve elektrik üretimi için yenilenebilir ve çok değerli bir enerji kaynağı olan metan gazı üretimi sağlanmaktadır (McCarty, 2001). Son on yıldır biyogaz üretimi sağlayan anaerobik arıtım, çoğu endüstriyel organik atık suları ve gıda endüstrisi atık suları için en etkili biyolojik proses olarak uygulanmaktadır (Goldstein, 2004; McGrath ve Mason, 2004).

Literatürde yer alan süt endüstrisi atık sularının biyolojik olarak arıtılması ile ilgili çalışmalarda farklı arıtma yöntemleri incelenmiştir. Bunlar; tek kademeli anaerobik arıtma prosesleri, iki kademeli anaerobik arıtma prosesleri ve anaerobik ve aerobik ardışık sistemlerin kullanıldığı arıtma prosesleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Tek kademeli anaerobik arıtma sistemleri tek bir reaktör içerisinde asit ve metan oluşumunun gerçekleşmesine imkan veren teknolojilerdir. İki kademeli anaerobik arıtma proseslerinde ilk kademe asitleşme (asit üretim) kademesi, ikinci kademe ise giderilen organik kirliliğin metan gazına dönüştürüldüğü metan üretim kademesidir. Bu sistemde ilk kademe olan asit reaktörünün performansı en az ikinci kademe kadar önemlidir, çünkü asit reaktörü metan reaktörü için en uygun besi maddesini sağlamalıdır. Özellikle yüksek konsantrasyonlarda organik askıda katı madde içeren gıda ve tarım endüstrisi atık sularının biyolojik arıtımı için iki kademeli anaerobik arıtma prosesleri çok uygundur (Guerrero ve ark., 1999; Demirel ve Yenigün, 2002; Demirel ve ark., 2005).

Fezzani ve Ben Cheikh (2010) yaptıkları çalışmada, zeytin atık suyu ve zeytin katı atıklarını karıştırarak laboratuvar ölçekli iki fazlı reaktörde arıtımının avantajını incelemişlerdir. Böyle bir işlem ilk olarak denenmiştir. İki adet yarı kesikli reaktörü mezofilik (37 +/-2 °C) şartlar altında çalıştırmışlardır. Bekleme sürelerini, organik yüke göre 14 ile 24 gün arasında tutmuşlardır. Bu organik yük 5.5 ile 14 gKOİ/L/gün aralığında değişmektedir. Sonuç olarak ise iki fazlı reaktörün, metan üretim verimi, KOİ arıtım oranı

ve fenol arıtımı gibi parametrelerde tek fazlı reaktörden çok üstün olduğunu bildirmişlerdir.

Li ve ark. (2010) laboratuvar ölçekli denemelerinde, besin atıkları ve sığır gübresi karışımını iki fazlı anaerobik arıtıma tabi tutmuşlardır. Sırasıyla; 0:1, 1:1, 3:1, ve 6:1 oranlarında besin atığı ve sığır gübresi karıştırarak denemelerini gerçekleştirmişlerdir. Bekleme sürelerini de hidroliz reaktörü için 1,2,3 gün, metan üretim reaktörü içinse 12,11,10 gün tutarak toplam bekleme süresini 13 güne ayarlamışlardır. Sonuç olarak iki fazlı sistemin stabilitesini ve sığır gübresi ile besin atığının oluşturduğu alkaliniteyi tamponlama özelliğinin güçlü olduğunu vurgulamışlardır.

Azbar ve Speece (2001) yaptıkları çalışmada üç anaerobik proses konfigürasyonunu- bunlar, iki aşamalı çift çamurlu (İAÇÇ), iki aşamalı tek çamurlu (İATÇ) ve tek aşamalı- çıkış KOİ konsantrasyonunu baz alarak denemişlerdir. Bütün deneylerde sıcaklık, çamur yaşı ve glikoz substrat konsantrasyonu eşit tutulmuştur. Her durumda İAÇÇ ve İATÇ konfigürasyonları tek aşamalı sistemi belirgin bir şekilde geride bırakmışlardır. Bütün deneyler 35 °C sıcaklıkta yürütülmüş ve çamur yaşının hidrolik bekleme süresine eşit olduğu günlük doldur-boşalt sistemi ile reaktörler çalıştırılmıştır. Bu sistemlerde pH olarak sırasıyla 4.5, 5.5, 6.5 ve ilk aşamanın hidrolik bekleme süreleri de 3, 8 ve 24 saattir.

Saddoud ve arkadaşları 2007'de yaptıkları çalışmada karıştırmalı asidojenik reaktörün devamında karıştırmalı metanojenik reaktör ve bu reaktöründe devamında katıları alıkoymaya yarayan membran filtrasyon sistemi kullanmışlardır. Asidojenik reaktör bir günlük hidrolik bekleme süresinde çalıştırılmış, toplamda %52,5 asitleşme ile beraber %63.7'si asetik asit ve % 24,7'si propiyonik asit olan 5 g/L uçucu yağ asidi oluşumu gözlemlemişlerdir. Metanojenik reaktör ise 4 günlük HRT'ye (hidrolik bekleme süresi) eşdeğer 19.78 g KOİ/L gün organik yüklemeye %79 çözülebilir KOİ ile %83 BOİ<sub>5</sub> arıtımı sağlamıştır. Çift aşamalı sistemin ortalama KOİ, BOİ<sub>5</sub> ve TAKM(kimyasal oksijen ihtiyacı, biyokimyasal oksijen ihtiyacı ve toplam askıda katı madde) giderim verimleri sırasıyla %98,5, %99 ve %100 şeklindedir. Günlük biyogaz üretim hacmi reaktör hacminin 10 katından fazla ve metan içeriği ise %70'tir.

Yüksek kirlilik potansiyeline sahip süt endüstrisi atıksularının tek başına anaerobik arıtımı bazı durumlarda deşarj standartlarını yakalamak konusunda yetersiz kalmıştır. Bu nedenle belirlenen atık su deşarj limitlerine ulaşmak için farklı arıtma yaklaşımları uygulanmakta olup bu konudaki araştırmalar giderek artmaktadır. Bu çalışmada 70 L çalışma hacmine sahip tek aşamalı anaerobik kesikli reaktör kullanılarak asidik peynir altı suyunun arıtılabilirliği ve aynı zamanda biyogaz üretim potansiyeli araştırılmıştır.

## 2. MATERYAL ve METOT

Çalışmada pilot ölçekli tam karışimli kesikli anaerobik reaktör kullanılarak asidik peynir altı atık suyunun arıtılabilirliği ve metan üretim potansiyeli araştırılmıştır. 75 günlük incelemeleri içeren çalışmada kullanılan materyal ve metot aşağıda açıklanmaktadır.

### 2.1. Aşı Mikroorganizma

Tam ölçekli bir atık su arıtma tesisinin anaerobik tankından alınan mikroorganizmalar aşı çamuru olarak kullanılmıştır. Atığın mikroorganizmalara alıştırılması için reaktör 20 gün süre ile çalıştırılmış sonrasında arıtılabilirlik çalışmaları başlatılmıştır. Çalışmada reaktördeki uçucu askıdaki katı madde miktarı (UAKM) yaklaşık olarak 35000 mgL<sup>-1</sup> olarak ölçülmüştür.

### 2.2. Reaktör

Peynir altı sularının anaerobik olarak arıtılabilirliği ve biyogaz oluşumu kesikli tam karışimli reaktörde (Şekil 1.) araştırılmıştır. Laboratuar koşullarında çalıştırılan reaktöre ait işletme parametreleri Çizelge 1’de verilmektedir. Reaktörün çalışma hacmi 70 L’dir. Ortam sıcaklığı 35 °C’de sabit tutulmuştur. Reaktörün pH değeri 7.2 olarak ayarlanmıştır. Gerektiğinde sisteme otomatik olarak asit (5 N HCl) ve baz (5 N NaOH) çözeltileri eklenmekte ve istenilen pH seviyesi sabit tutulmaktadır. Bu değer metanojenik bakterilerin optimum yaşayabileceği pH değeridir. Reaktör 60 rpm karışım hızında çalıştırılmıştır. Reaktörde biyodegradasyonun 15 gün içerisinde tamamlandığı gözlemlenmiştir. Reaktöre ait işletme parametreleri Çizelge 1’de verilmektedir.

### 2.3. Analizler

**Atık su Karakterizasyon Çalışmaları:** Her yükleme öncesinde atık suyun karakterizasyon çalışmaları yapılmıştır. Karakterizasyon çalışmalarında kullanılan parametreler sülfat, toplam organik karbon (TOK), askıdaki katı madde (AKM), uçucu askıdaki katı madde (UAKM), amonyum azotu, fosfor, pH ve toplam azottur. Peynir altı atık suyunun karakterizasyonu, elde edilen verilerin ortalaması alınarak Çizelge 2’de verilmiştir.

**Reaktör Performans Çalışmaları:** Reaktör performansının belirlenmesi için yapılan analizler ise; TOK, asetik asit ölçümü, metan yüzdesi ölçümü, askıda katı madde tayini ve uçucu katı madde analizleridir. Çalışmada reaktördeki çözünmüş organik karbon miktarını belirlemek için Toplam Organik Karbon Ölçüm Cihazı (Teledyne Tekmar Company, Mason, Ohio, ABD) kullanılmıştır. Cihaz kalibrasyonu, analizi

yapılacak numunelerin yaklaşık TOK değeri baz alınarak yapılmıştır. TOK kalibrasyonu için 100 ppm’lik stok çözelti hazırlanmış ve çözeltinin hazırlanmasında potasyum hidrojen fitalat (KHC<sub>8</sub>H<sub>4</sub>O<sub>4</sub>) kullanılmıştır. Sülfat, fosfor ölçümleri ICS-3000 model İyon Kromatografi Cihazında (Dionex, Sunnyvale, CA, ABD) gerçekleştirilmiştir. Cihaz, ASRS-300 (4mm) supresör, iletkenlik dedektörü, IonPac® AG9-HC (4X50mm) guard ve AS9HC (4x250mm) analitik kolon ile donanımlıdır. Analizlerde kullanılan elüent (8mM Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 1.5mM NaOH) cihazdan 1 ml dk<sup>-1</sup> debide geçirilmiştir. Cihaz için kullanılan yöntem ile tek enjeksiyonda tüm anyonlar ölçülebilmektedir. Sertifikalı kalibrasyon çözeltileri ile hazırlanan kalibrasyon eğrileri kullanarak numunedeki anyonların konsantrasyonları ölçülmüştür (mgL<sup>-1</sup>). Toplam azot, amonyum azotu, AKM ve UAKM standart metotlara göre yapılmıştır (Standard Methods, 1998). Reaktör içerisinde anaerobik arıtma sonucunda oluşan gazın içeriği (metan yüzdesi) X-3110 gaz metre (Cosmos, Osaka, Japonya) yardımı ile tayin edilmiştir.

## 3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada, pilot ölçekli biyogaz reaktöründe, peynir altı atık suyunun arıtılabilirliği ve biyogaz üretim verimi incelenmiştir. Çalışmada kullanılan performans kriterleri, reaktördeki toplam organik karbon giderimi, asetik asit üretimi ve biyogaz üretim miktarı olarak belirlenmiştir. Burada sunulan veriler reaktör kararlı koşullara ulaştığında elde edilmiştir. Asetik asit, alkalinite, TOK verileri üç günlük periyotlarla toplanmış, metan yüzdesi ve oluşan gaz hacmi ise günlük olarak gözlemlenmiştir.

### 3.1. Reaktördeki toplam organik karbon giderimi ve asetik asit üretimi

Anaerobik reaktörlerde biyogaz oluşumunda en önemli rol oynayan etken besin içeriğinin elektron kaynağı miktarıdır (substrat). Sistemdeki en büyük elektron kaynağı peynir altı suyu içeriğindeki organik maddedir. Bu nedenle çalışmalar boyunca sistemdeki toplam organik karbon giderimi belirli periyotlarda gözlemlenmiştir. Giderilen organik madde miktarı ve giderilen organik maddenin biyogaza dönüşüm oranının bilinmesi sistem veriminin değerlendirilmesinde oldukça önemlidir.

Reaktörde 15 günlük hidrolik bekleme süresince toplam organik madde giderimi ve asetik asit üretimi Şekil 2’de verilmektedir. Reaktör 1,231 g TOK/gün organik yükleme ile çalıştırılmıştır. Bu çalışmada toplam organik madde giderimi %83.3 olarak elde edilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar daha önce yapılan çalışma sonuçları ile uyumlu olarak bulunmuştur. Guerrero ve ark. (2009), Shao ve ark. (2009) yaptıkları çalışmada organik madde gideriminin sırasıyla; %88 ve %66.5 olduğunu belirtmişlerdir.

Toplam organik madde giderimi, reaktörde asetik asit oluşumuna neden olmuştur. Gözlemlenen maksimum asetik asit miktarı  $900 \text{ mgL}^{-1}$  'dir. Reaktörde ilk 3 gün boyunca organik karbon giderimi ile orantılı olarak asetik asit miktarında artış gözlenmiştir. Bu aşamada kompleks organik moleküller hidrolize uğrayarak daha basit bileşiklere (uçucu asitlere) dönüşmektedir. Metanojenik bakteriler bu asitleri ve çoğunlukla asetik asidi substrat olarak kullanmaktadır. Asetik asidin belirli bir konsantrasyondan başlamasının nedeni bir önceki yüklemekten kalan asetik asit miktarıdır. Şekil 3'te reaktördeki asetik asit ve alkalinite miktarları verilmiştir.

Oluşan asetik asit miktarının artması, sistemdeki alkaliniteyi azaltmakta böylece sistemin asiditesini arttırmaktadır. Reaktörün başlangıçtaki alkalinitesi  $2500 \text{ mgL}^{-1}$  olarak bulunmuştur. 3. günde reaktörün alkalinite değerinin  $1500 \text{ mgL}^{-1}$ 'e düştüğü, 15. gün sonunda ise reaktörün alkalinite değerinin  $3000 \text{ mgL}^{-1}$ 'e yükseldiği bulunmuştur. Cavinato ve ark. (2009), yaptıkları çalışmada, deneylerinin üçüncü gününde asetik asit miktarının arttığını, sonraki günlerde yüksek asit konsantrasyonunun giderek düştüğünü belirtmişlerdir. Saddoud ve ark. (2007), anaerobik membran reaktörde asit üretim ve metan oluşum safhalarını ayırarak peynir altı suyunun arıtımını incelemişlerdir. Asit üretim safhasında laktozun %62'lik bölümünün uçucu yağ asitlerine dönüştüğünü belirtmişlerdir. Bu esnada laktoz miktarı azalırken asetik asit miktarının arttığını vurgulamışlardır.

### 3.2. Reaktördeki metan üretim verimi

Biyogaz üretimi, mikroorganizmalar tarafından organik maddenin anaerobik parçalanma reaksiyonları sonucunda oluşmaktadır. Bu çalışmanın başlangıcında biyogaz üretimini en uygun hale getirmek ve karalı koşulları oluşturmak için, mikroorganizmalar 20 günlük alıştırmaya tabi tutulmuştur. Bu süre zarfında  $4.7 \text{ Lgün}^{-1}$  yükleme yapılmıştır. Kararlı koşullar elde edilene kadar reaktör 15 günlük hidrolik bekleme süreleri ile 4 defa çalıştırılmıştır. Fezzani ve Ben Cheikh (2010), yaptıkları çalışmada organik ve katı madde içeriği yüksek atık suların HRT'lerinin 14 günün üzerinde tutulması gerektiğini belirtmişlerdir. Reaktördeki metan veriminin gözlenmesi için toplam oluşan biyogaz miktarının içerisindeki metan yüzdesinin bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle çalışmada reaktör içerisinde üretilen biyogazın metan yüzdesi ölçülmüştür. Elde edilen bulgular Şekil 4'te verilmiştir.

Reaktördeki metan üretim veriminin zamanla değişim grafiği ise Şekil 5'te sunulmuştur. Anaerobik işleyen kesikli reaktörde (ASBR) çalışmanın ilk 3 gününde biyogaz üretimi gözlemlenmemiştir. Biyogaz üretiminin reaktörün 3. gününden itibaren oluşmaya başladığı gözlemlenmiştir. Bu çalışmada esas organik madde kaynağı kullanılan ham asidik peynir altı

suyudur. Çalışmadan elde edilen maksimum metan üretim verimi  $0.19 \text{ L.L}^{-1}\text{gün}^{-1}$  olarak bulunmuştur. Elde edilen toplam biyogaz miktarları reaktör hacmine oranla düşüktür. Ham peynir altı suyunun arıtımının gerçekleşmesine rağmen elde edilen düşük metan üretim verimleri, organik madde giderimi sonucunda oluşan asetik asitin, metanojenik bakterilerin aktivitesini olumsuz yönde etkilemesi olarak açıklanabilir. Aynı zamanda ortaya çıkan düşük metan verimleri toplam biyogaz miktarının az olmasıyla ilişkilidir. Buna rağmen Şekil 4'te görüldüğü üzere biyogazın içerisindeki metan yüzdesi yüksektir. Ham asidik peynir altı suyunun tek substrat olarak kullanılması toplam biyogaz miktarını azaltırken, metan verimini de orantılı olarak düşürmüştür. Mawson (1994), peynir altı suyunun değerlendirilmesi ile ilgili yaptığı derleme çalışmada peynir altı suyundan metan üretiminde proses stabilitesinin zor olduğunu belirtmiştir. Arıtma tesislerinde  $30 \text{ kgKOI.m}^{-3}\text{.gün}^{-1}$ 'in altında yükleme yapıldığında artımın %95'in üzerine çıktığını ve üretilen gaz miktarının  $35\text{-}38 \text{ m}^3$  civarında olduğunu vurgulamıştır. Yan ve ark. (1988), peynir altı suyundan metan üretimi ile ilgili yaptıkları çalışmada toplam oluşan metan veriminin biyogaz miktarı ile alakalı olduğunu vurgulamışlar ve ham asidik peynir altı suyundan düşük miktarlarda toplam biyogaz oluşacağını belirtmişlerdir. Dareioti ve ark. (2009), sistem stabilitesini artırmak için peynir altı suyu ve sıgır gübresi karıştırarak yaptıkları çalışmada %85'e varan organik madde giderimi gözlemlenmişlerdir. Reaktör  $4.5 \text{ gr gün}^{-1}$  organik yük ile çalıştırıldığında  $1.15 \text{ L.L}^{-1}\text{gün}^{-1}$  metan verimi elde etmişlerdir. Bu durum peynir altı suyunun başka bir organik kirletici ile karıştırıldığında sistem stabilitesini değiştirmedığını göstermektedir.

Malaspina ve ark. (1996), yaptıkları çalışmada ham asidik peynir altı suyunun hibrid reaktörlerde arıtılmasını araştırmışlardır. Sonuç olarak peynir altı suyunun yüksek organik madde içeriğinin ve düşük alkalinitesinin toplam oluşan biyogaz miktarını etkilediğini ve diğer atık suların kullanıldığı reaktörlere göre düşük miktarlarda olduğunu vurgulamışlardır. Mockaitis ve ark. (2006), ASBR reaktörde organik yükleme hızlarının ve alkalinitenin biyogaz verimi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Ham peynir altı suyu kullanıldığında toplam oluşan biyogaz miktarının düşük olduğunu vurgulamışlardır.

Metan üretim verimi, biyogaz sistem verimini kıyaslamada önemli bir parametredir. Elde edilen biyogaz üretimi ise kullanılan substratın türü ve konsantrasyonu ile ilişkilidir. Biyogaz ile ilgili yapılan pek çok çalışmada peynir altı suyu gibi kolay parçalanabilir fakat içerdiği amonyumdan dolayı inhibisyona sebebiyet verebilecek bir atık su ile deneysel çalışmalar yapılmıştır. Venetsaneas ve ark. (2009) iki aşamalı reaktörde alternatif pH kontrol metodları deneyerek metan ve hidrojen üretimi üzerine çalışmışlardır. Yaptıkları çalışmada alkalitenin artışı

ile beraber metan üretiminde arttığını vurgulamışlardır.

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada peynir altı atık suyunun arıtılması ve biyogaz üretimi üzerine çalışılmıştır. Çalışmada pilot ölçekli anaerobik reaktör kullanılmış ve peynir altı suyunun arıtılması ve biyogaz üretimi için optimum şartlar sağlanarak atık suyun arıtımı ve biyogaz verimi araştırılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Yüksek organik madde içeriğine sahip asidik peynir altı suları anaerobik ardışık kesikli reaktörde başarılı bir şekilde arıtılmaktadır.
- Atık suyun organik karbon miktarı ve reaktördeki asetik asit oluşumu biyogaz üretiminde önemlidir.
- pH biyogaz üretme verimini önemli oranda etkilemektedir, sistemde pH kontrolü önemlidir.
- Ham asidik peynir altı suyunun tek substrat olarak kullanılması toplam biyogaz miktarını düşürmektedir. Bu düşüş doğru orantılı olarak metan verimini de etkilemektedir.
- Organik madde giderimi sonucunda oluşan asetik asit, metanojenik bakterilerin aktivitesini olumsuz yönde etkilemektedir.

Sonraki çalışmalarda biyogaz miktarını ve metan verimini arttırmak amacıyla tamponlama etkisine sahip ikinci bir substrat eklenmesi, aynı zamanda metanojen ve asidojen bakterilerin ayrı reaktörlerde işlem görmesi önerilmektedir.

#### TEŞEKKÜR

Bu proje (2010/3-8M) Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

#### REFERANSLAR

- [1] APHA ,1998. "Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater", American Public Health Association, 20th Edition, Washington D.C., 5-13
- [2] Azbar N., ve Speece R. E. 2001. Two-phase, Two-Stage and single-stage anaerobic process comparison. *Journal of Environmental Engineering*. 127 (3):240-248
- [3] Cavinato, C., Bolzonella, D. 2009. Bio-hythane production by thermophilic two-phase anaerobic digestion of organic fraction of municipal solid waste. Preliminary results. Icheap-9: 9th International Conference on Chemical and Process Engineering, Pts 1-3. S.Pierucci.
- [4] Dareioti, M. A., Dokianakis, S. N., Stamatelatos, K., Zafiri, C., and Kornaros, M. 2009 Biogas production from anaerobic co-digestion of agroindustrial wastewaters under mesophilic conditions in a two-stage process, *Desalination* 248 (1-3) pp. 891-906

- [5] Demirel, B., and Yenigün, O. 2002. Two-phase anaerobic digestion processes: a review, *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 77, 743-755.
- [6] Demirel, B., Yenigün, O., and Onay, T. 2005. Anaerobic treatment of dairy wastewaters: a review, *Process Biochemistry*, 40, 2583-2595.
- [7] Fezzani, B., Ben Cheikh R. 2010. Two-phase anaerobic co-digestion of olive mill wastes in semi-continuous digesters at mesophilic temperature. *Bioresource Technology* 101(6): 1628-1634
- [8] Ghaly, A. E., Ramkumar D. R. 1999 Controlling the pH of Acid Cheese Whey in a Two-Stage Anaerobic Digester with Sodium Hydroxide, *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 21: 6, 475 — 502
- [9] Goldstein, J. 2004. Reducing greenhouse gas emissions and electrical power costs, *BioCycle*, 45, 10, 35-37.
- [10] Guerrero, L., Omil, F., Mendez, R., and Lema, J.M. 1999. Anaerobic hydrolysis and acidogenesis of wastewaters from food industries with high content of organic solids and protein, *Water Res.*, 33, 3281-3290.
- [11] Guerrero, L., Montalvo, S. 2009. "Performance evaluation of a two-phase anaerobic digestion process of synthetic domestic wastewater at ambient temperature." *Journal of Environmental Science and Health Part a-Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering* 44(7): 673-681
- [12] Li, R. P., S. L. Chen . 2010. Biogas Production from Anaerobic Co-digestion of Food Waste with Dairy Manure in a Two-Phase Digestion System. *Applied Biochemistry and Biotechnology* 160(2): 643-654.
- [13] Malaspina, F., Cellamare, C.M., Stante L., Tilche A., 1996. Anaerobic treatment of cheese whey with a down flow-up flow hybrid reactor. *Bioresour Technol*; 55:131e9.
- [14] Mawson, A. J. 1994, Bioconversion for whey utilization and waste abatement, *Bioresour Technol* 47 pp. 195-203
- [15] Mccarty, P.L. 2001 The development of anaerobic treatment and its future. *Water Sci Technol* , 44:149-56.
- [16] Mcgrath, R.J. and Mason, I.G. 2004. An observational method for the assessment of biogas production from an anaerobic waste stabilisation pond treating farm dairy wastewater, *Biosystems Eng.*, 87, 4, 471-478.
- [17] Mockaitis, G., Ratusznei, S. M., Rodrigues, J.A. D., Zaiat, M., Foresti, E., 2006. Anaerobic whey treatment by a stirred sequencing batch reactor(ASBR) effects of organic loading and supplemented alkalinity. *J Environ Manage*; 79:198e206.
- [18] Saddoud A., Hassari I., Sayadi S., 2007. Anaerobic membrane reactor with phase separation for the treatment of cheese whey, *Bioresour. Technol.* 98 2102-2108.
- [19] Shao, P., Han, X., Ding, D., Ai, S. 2009. An Efficient Anaerobic Technology for Urban Sewage Treatment. In: 6th International Symposium of Asia-Institute-of-Urban-Environment Changchun, Peoples R. China, 529-532
- [20] Venetsaneas, N., Antonopoulou, G., Stamatelatos, K., Kornaros, M., Lyberatos, G., 2009. Using cheese whey for hydrogen and methane generation in a two-stage continuous process with alternative pH controlling approaches. *Bioresource Technology* 100 (15), 3713-3717.
- [21] Yan, J.Q., Liao, P.H., Lok, V. 1988. Methane production from cheese whey. *Biomass* 1988; 17:185e202.