



ET ENDÜSTRİSİ ATIKSU ARITMA TESİSİ ÇAMURLARININ DARBELİ ELEKTRİK ALAN (PEF) İLE DEZENTEGRASYONU VE AEROBİK STABİLİZASYONU

Özlem SELÇUK KUŞÇU*, Sabiha İclal TEPE

Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

Anahtar Kelimeler

*Aerobik Stabilizasyon,
Aktif Çamur,
Dezenteegrasyon,
Et Endüstrisi,
PEF.*

Öz

Et endüstrisi, gıda sanayi içerisinde büyük bir yer kaplamaktadır. Bu çalışma et endüstri atıksu arıtma tesisinden kaynaklanan biyolojik atık çamurun yeni bir teknik olan darbeli elektrik alan (PEF) ile dezenteegrasyonu ve devamında aerobik stabilizasyonunu içermektedir. Çalışmada voltaj değeri ve arıtım sayısının çamur dezenteegrasyonu üzerindeki etkisi incelenmiştir. 36 kV voltaj değerinde ve 2 arıtım sayısı ile en yüksek çözülmüş kimyasal oksijen ihtiyacı (ÇKOİ) verimi elde edilmiştir. PEF ön arıtımı sonrası çamur üst suyunda ÇKOİ, toplam azot (TN), toplam fosfor (TP), protein ve polisakkarit konsantrasyonları sırasıyla %200, %128, %141,%142 ve %316 oranında artmıştır. KES ve filtrasyon testi verilerine bağlı olarak çamurun filtrelenebilirlik özelliği de olumlu etkilenmiştir. PEF ile dezenteegre edilen çamur ile beslenen çürütücü TKOİ, ÇKOİ, protein, polisakkarit, AKM, UAKM, TKM ve UKM giderim verimleri yönünden kontrol reaktörü ile karşılaştırıldığında yüksek stabilizasyon verimi göstermiştir. Çalışmada PEF ile dezenteegre edilen çamur ile beslenen çürütücüde TKOİ, ÇKOİ, protein, polisakkarit, AKM, UAKM, TKM ve UKM giderim verimleri kontrol reaktörü ile karşılaştırıldığında sırası ile %6,6, %15, %25,%14,4, %7, %7, %2 ve %3 artış göstermiştir.

DISINTEGRATION AND AEROBIC STABILIZATION OF MEAT INDUSTRY WASTEWATER SLUDGE BY PULSED ELECTRIC FIELD (PEF)

Keywords

*Aerobic Stabilization,
Activated Sludge,
Disintegration,
Meat Industry,
PEF.*

Abstract

The meat industry has a great place in terms of the food industry. In this study, disintegration of biological waste sludge produced in meat industry wastewater treatment plant was studied using pulsed electric field (PEF) as a new technique and subsequently aerobic stabilization are investigated. In this study, the effect of voltage value and number of the treatment on sludge disintegration were investigated. The highest soluble chemical oxygen demand (SCOD) was obtained with 36 kV voltage values and 2 treatment numbers during PEF operation. After PEF treatment, the SCOD, total nitrogen (TN), total phosphorus (TP), protein and polysaccharide concentrations in sludge's supernatant increased by 200%, 128%, 141%, 142% and 316%, respectively. Depending on CST and filtration datas, the filterability of the sludge was also affected positively. The digester filled with PEF disintegrated sludge had higher stabilizasyon efficiency in terms of TCOD, SCOD, protein, polysaccharide, total solid (TS), suspended solid (SS) and volatile suspended solid (VSS) removal efficiencies than control one during the operation period. In the digester with PEF disintegrated sludge, TCOD, SCOD, protein, polysaccharide, SS, VSS, TS and volatile total solid (VTS) removal efficiencies increased by 6.6%, 15%, 25.0%, 14.4%, 7.0%, 7.0%, 2.0% and 3.0 %, respectively, compared to the control reactor.

Alıntı / Cite

Selcuk Kuscu O., Tepe S. I. (2018) Et Endüstrisi Biyolojik Çamurun Darbeli Elektrik Alan (Pef) İle Dezenteegrasyonu Ve Aerobik Stabilizasyonu, *Journal of Engineering Sciences and Design*, 6(4), 672-680.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)	Makale Süreci / Article Process	
Ö. Selçuk Kuşcu, 0000-0001-9172-8619 S. İ. Tepe, -	Başvuru Tarihi / Submission Date	20.06.2018
	Revizyon Tarihi / Revision Date	14.08.2018
	Kabul Tarihi / Accepted Date	12.10.2018
	Yayın Tarihi / Published Date	10.12.2018

1. Giriş

Et entegre tesisi biyolojik atık çamurları yüksek yağ ve protein içeriğine sahiptir. Bunun yanında biyolojik ayrışması zor selüloz ve lignin gibi rekalsitrans maddelerde içermesi nedeniyle bu tür atıkların biyolojik ayrışması zor ve oldukça yavaştır (Luste ve Luostarinen, 2010; Rico et al., 2007). Çamur dezentegrasyonu bu tür atıkların stabilizasyonunda hidroliz adımını hızlandırmak ve stabilizasyon verimini artırmak için önemlidir. Bu amaçla çamura çeşitli dezentegrasyon prosesleri uygulanarak çamurun yapısal özellikleri değiştirilmekte stabilizasyon performansı artırılmaktadır. Çamur dezentegrasyon işlemi ile çamurun flok yapısı bozulur ve hücre duvarlarında tahribatlar meydana gelir. Parçalanmış hücre duvarı ile bu duvar tarafından korunan maddeler sıvı faza geçer ve çözünür forma dönüşür (Müller vd., 2004; Vranitzky vd., 2005). Literatürde et endüstrisi proses atıklarının dezentegrasyonu için çeşitli ön arıtım yöntemleri (termal, ultrasonik, asit, baz ve bakteriyel) mevcuttur (Gündüz, 2009). Bu çalışmada et endüstrisi arıtma tesisi proses çamurlarının yeni bir dezentegrasyon yöntemi olan Darbeli Elektrik Alan (PEF) tekniği ile ön arıtımı gerçekleştirilmiştir. Çalışmada ayrıca PEF sonrası aerobik stabilizasyon verimi test edilmiştir.

PEF prosesi uzun zamandan beri su ve atıksu arıtımında ileri oksidasyon prosesi olarak kullanılmaktadır. Atık aktif çamurun PEF ile arıtımı son dönemlerde yapılan uygulamalarla gelişmekte ise de bu konu ile ilgili yapılan çalışmalar oldukça sınırlı kalmaktadır. PEF prosesi temelinde darbeli ve yüksek elektrik alanının (>10 kV) sistemde oluşturulmasına bağlıdır. Oluşturulan elektrik alan tüm hücre membranı (fosfolipidler) ve negatif yüklü ligand gruplarına sahip olan polar moleküllerden oluşan hücre duvarının (peptidoglikan) temel yapı taşlarına doğrudan etki eder (Madigan vd., 1997; Selmann ve Holst, 2002). Odaklanmış darbe ve elektrik alan hücre zarlarına zarar verir, böylece hücre içi organik materyal açığa çıkar, atık aktif çamurun flok yapısını parçalar, parçalara ayırır ve ayrıca karmaşık organik makromoleküllerin daha küçük ve daha biyolojik olarak parçalanabilir mikromoleküllere dönüşümünü sağlar (Lee ve Rittmann, 2011).

Çalışmanın amacı, biyolojik ayrışması zor olan et endüstrisi arıtma tesislerinden kaynaklanan biyolojik atık çamurların PEF tekniği ile dezentegrasyonu ve akabinde aerobik stabilizasyon performansının araştırılmasıdır.

2. Bilimsel Yazım Taraması

Gıda sanayisinde büyük bir yer kaplayan mezbahane endüstrisi, kullanılan su miktarı ve kirletici yoğunluğu açısından önemli kirlilik kaynağıdır. Mezbaha ve entegre et tesislerinden gelen atıksular kimyasal olarak evsel atıksuya benzer fakat bunlara göre oldukça konsantre yapıya sahiptirler. Mezbahane endüstrisi atıksuları; yüksek miktarda organik madde, toplam askıda katı, toplam fosfor, toplam azot, yağ ve gres ihtiva eden ve biyolojik olarak ayrışabilen önemli bir çevre kirletici kaynağıdır (Al-Mutairi vd., 2004; Yonar ve Karagözoğlu, 2011). Bu endüstriden oluşan arıtma çamurları karmaşık yapıya sahip olduğundan dolayı biyolojik parçalanmaları yavaştır. Üretilen çamur, arıtım ünitelerinde biyolojik olarak bozunmayan parçaları ve yağ açısından zengin materyalleri içerir (Erden, 2013).

Arıtma çamurlarının yeterli oksijen eşliğinde biyolojik stabilizasyonu için kullanılan yöntem aerobik stabilizasyon yöntemidir. Bu yöntemle arıtma çamurlarının stabilize edildiği proseslerde sıcaklık, bekleme süresi, oksijen miktarı, karıştırma ve pH değerleri önemlidir (Akyarlı ve Şahin, 2005). Aerobik çamur stabilizasyonunda çamur 10-12 gün havalandırma işlemine maruz bırakılır ve bu şekilde çamurun oksijenli ortamda çürümesi sağlanmış olur (Morgül, 2007). Aerobik stabilizasyon ile çamurun organik madde içeriği azaltılmakta, aynı zamanda çamurda koku ve patojen mikroorganizma giderimi sağlanmaktadır (Arnaiz vd., 2006).

Çalışmada çamurun PEF sisteminde ön arıtımı sağlanarak stabilizasyon öncesi çamurun dezentegrasyonunun yapılması amaçlanmıştır. Atık çamur dezentegrasyonu, dışsal kuvvetler uygulanarak arıtma çamuru yapısının deforme edilmesi olarak tanımlanmaktadır. Bu kuvvetler fiziksel, kimyasal ya da biyolojik'tir. Dezentegrasyon işleminin uygulanabilirliğinde en önemli hususlar ilk yatırım maliyeti, enerji tüketimi ve kimyasal madde tüketimine bağlı olarak oluşan işletme maliyeti ve sistemin verimliliğidir (Dohanyoset vd., 1997). PEF uygulamasının ozon, termal ya da ultrason arıtımı gibi geleneksel parçalanma tekniklerinin aksine avantajları kısa süreli işleme süresi, hücre zarlarının doğrudan ve verimli bir şekilde geçirgenliğidir (Loaffler vd., 2001). Fueller vd. (2005), et işleme sürecinde PEF arıtımının fizibilitesi üzerine araştırma çalışmaları yapmışlardır. Et endüstrisi arıtma çamurları için PEF tekniğinin gelişimini, olumlu olarak desteklenebileceğini bildirmişlerdir.

3. Materyal ve Yöntem

3.1. Atık Çamur

Çalışmada kullanılan atık çamur Uşak Bölme Et Atıksu Arıtma Tesisi aktif çamur havuzunun geri devir hattından temin edilmiştir. Alınan atık çamur örnekleri laboratuvara getirilerek çökeltimle bırakılmış ve sıvı kısmı atılarak katı kısmı ile çalışılmıştır. Katı madde içeriği %8 olarak ölçülen çamur örneği +4 °C de çalışan buzdolabına konularak çalışma boyunca bozulması önlenmiştir.

PEF dezentegrasyonu, çözülmüş kimyasal oksijen ihtiyacı (ÇKOİ) parametresi esas alınarak değerlendirilmiştir. ÇKOİ parametresi Standart Metotlarda verilen prosedüre göre ölçülmüştür (APHA, 2005). ÇKOİ analiz öncesi çamur örnekleri 10000 rpm hız değerinde 20 dk. santrifüjlenmiştir. Toplam katı madde (TKM), uçucu katı madde (UKM), askıda katı madde (AKM), uçucu askıda katı madde (UAKM) standart metotlarda verilen prosedüre göre analizlenmiştir (APHA, 2005). Toplam azot (TN), toplam fosfor (TP), polisakkarit, protein analizleri çamur örneğinin 10000 rpm hız değerinde 20 dk. santrifüjlenmesiyle belirlenmiştir. Toplam azot ve toplam fosfor HachLange marka DR6000 spektrofotometreye uygun kitlerle spektrofotometrik olarak ölçülmüştür (APHA, 2005). Toplam azot için LCK 338 (HachLange), toplam fosfor için LCK 350 (HachLange) kiti kullanılmıştır. Polisakkarit ölçümü filtrata %5'lik fenol ve konsantré sülfirik asit eklenerek ölçüm prosedürüne uygun olarak yapılmıştır (Dubois vd.,1956). Filtratın protein içerikleri protein kitleri kullanılarak spektrofotometrik olarak analizlenmiştir (Prosedür No. TP0300 Micro Lowry, Sigma). Filtre süresi Standart metot 2710 H' ye göre Bunçer huni deney düzeneği kullanılarak yapılmıştır (APHA,2005). Viskozite ölçümü BrookfieldDV-II+Pro model viskozimetri cihazı kullanılarak ölçülmüştür. pH ve sıcaklık ölçümleri standart metotlara göre yapılmıştır (APHA, 2005). Tüm deneyler 3 tekrarlı olacak şekilde yapılmış ve sonuçların ortalamaları alınmıştır.

3.2. Güç Kaynağı

Çalışmada 6 farklı değere sahip yüksek gerilim verebilen güç trafosu kullanılmıştır. Çıkış gerilim kademeleri 6-12-18-24-30 ve 36 kV şeklindedir. Güç trafosundan sağlanan sinüs dalga diyotlar ile doğrultularak darbeli yarım dalga sinüsler oluşturulmuştur.

3.3. PEF Sistemi

Çalışmada kullanılan PEF sistemi sürekli akışlı olup, yüksek gerilim güç kaynağı, peristaltik pompa, PEF reaktörü, çamurun homojenliğini sağlaması için kullanılan manyetik karıştırıcıdan oluşmaktadır (Şekil 1). Sistemin çalışma şekli, manyetik karıştırıcılar

sayesinde homojenliği sağlanmış atık aktif çamurun peristaltik pompa yardımıyla PEF reaktörüne iletilmesi ile başlamaktadır. Reaktöre gelen atık aktif çamur yüksek elektrik alana sahip bölmeden geçerek yüksek yoğunlukta elektrik alana maruz bırakılır. PEF reaktörü paslanmaz çelikten yapılmış içi boş silindirik yapıdan oluşmaktadır. Kullanılan elektrotlardan birisi topraklama ve diğeri yüksek gerilim kaynağına bağlıdır. Elektrotlar arası izolasyon polipropilen'den (PPE) oluşmaktadır. Yüksek gerilim kaynağı 6 yüksek gerilim verebilen güç trafosudur. Güç trafosundan sağlanan alternatif akım (AC) diyotlar ile doğrultularak doğru akıma (DC) çevrilmiştir. Güç kaynağından çıkan voltaj değerleri sisteme monte edilen anahtar vasıtasıyla istenilen altı kademede (6-12-18-24-30 ve 36 kV) çalıştırılabilir.



Şekil 1. Kullanılan PEF Sistemi

3.4. Aerobik Reaktör

Aerobik çamur stabilizasyon işlemi laboratuvar ölçekte 10 litrelik hacme sahip tam karışimli sızdırmaz paslanmaz çelikten üretilmiş 2 adet tankta gerçekleştirilmiştir. Bir bölmesine ham çamur koyularak aerobik kontrol reaktörü diğeri bölme ise PEF ile ön arıtım yapılmış çamurun stabilizasyonu için kullanılan aerobik PEF reaktörü olarak isimlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan aerobik reaktör sistemi Şekil 2'de gösterilmektedir.

PEF ile arıtılmayan ham çamur ve PEF ile ön arıtılmış çamurların aerobik stabilizasyon performansları ve stabilizasyon boyunca konsantrasyon değişimleri 14 gün boyunca incelenmiştir. Aerobik koşulları sağlayabilmek için hava silikon tüpler ve hava taşları ile homojen bir ortam sağlanmaya çalışılmıştır. Oksijen miktarı her noktada 2,0 mg/L'nin altına inmeyecek şekilde ayarlanmıştır.



Şekil 2. Aerobik Reaktör

Çalışmada aşı çamuru olarak Manisa Belediyesi merkezi atıksu arıtma tesisi aerobik çamur çürütücüsünden alınan aerobik çamur aşı çamuru olarak kullanılmıştır. Aerobik aşı çamuru analizlenmiş ve karakteristik özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir. Alınan aşı çamuru aerobik reaktörlere (kontrol ve PEF ön arıtılmış çamur) hacim olarak %50 olacak şekilde doldurulmuştur. Reaktörlere aşı çamuru eklendikten sonra reaktör işleme hazırlanmıştır. Reaktöre oksijen temini hava pompası ile sağlanmış ve her bir reaktörde oksijen içeriği 2 mg/L değerinin üzerinde ölçülmüştür. Reaktörlerde ORP değerleri ise +120 civarında olarak kaydedilmiştir. Reaktörlerin işletim sıcaklıkları 20 °C dereceye ayarlanmıştır. Reaktörlerde işletim parametreleri ayarlandıktan sonra çamur ile besleme işlemi yapılmıştır. Aerobik çamurun ortam şartlarına alışması ve aktif hale geçebilmesi için aerobik reaktörlere günlük 500 mL olacak şekilde 5 gün boyunca çamur ile besleme işlemi yapılmıştır. Besleme işlemi birinci reaktöre (kontrol reaktörü) ham çamur ile ikinci reaktöre (test reaktörü) ham çamur örneğinin PEF sistemi ile arıtılması sonrası üretilen PEF çıkış çamuru ile yapılmıştır. Reaktör içinde aşı çamur ve çamur örnekleri toplam 5 litrelik hacmi kaplamaktadır. İşleme alma süresinden sonra her iki reaktörden örnekler alınıp çamurun karakteristik özellikleri belirlenmiş ve bu değerler 14 günlük işletimin başlangıç değerleri olarak alınarak stabilizasyon süresince değişimler kaydedilmiştir.

Çizelge 1. Aşı Çamuru Karakteristik Özelliği

Parametre	Aşı Çamuru
pH	8,2
T (°C)	23,1
TKOI (mg/L)	34245
ÇKOİ (mg/L)	497,1
TN (mg/L)	1110
TP (mg/L)	3,26
Polisakkarit (mg/L)	186,4
Protein (mg/L)	276,2
KES (sn)	432,9
Viskozite (cP)	>1200
Filtre süresi (mL/dk)	1,5
AKM (g/L)	97,5
UAKM (g/L)	23,1
TKM (g/L)	100,2
UKM (g/L)	25,1

Çalışmada standart metotlara göre; toplam kimyasal oksijen ihtiyacı (TKOI), çözülmüş kimyasal oksijen ihtiyacı (ÇKOİ), toplam katı madde (TKM), uçucu katı madde (UKM), askıda katı madde (AKM), uçucu askıda katı madde (UAKM), toplam azot (TN), toplam fosfor (TP), polisakkarit, protein, filtre süresi, KES, viskozite, pH ve sıcaklık deneyleri yapılmıştır.

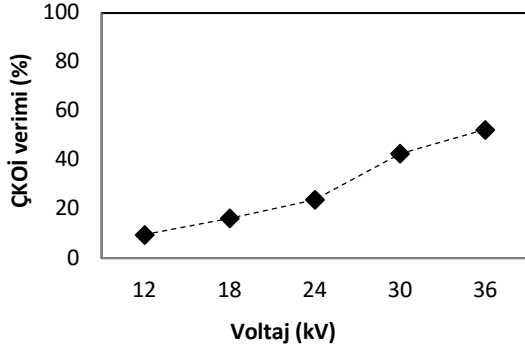
4. Araştırma Bulguları

4.1. PEF Reaktörü İşletim Koşullarının Belirlenmesi

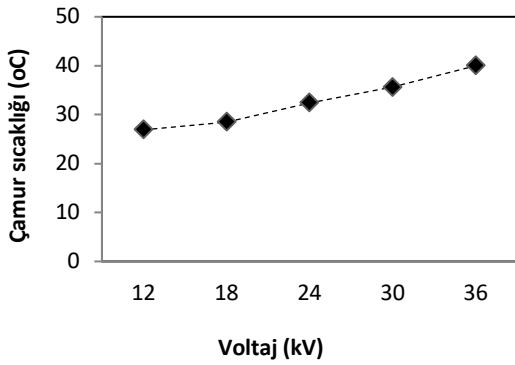
4.1.1. Gerilimin Etkisi

Çalışmada kullanılan güç kaynağı 12, 18, 24, 30 ve 36 kV voltaj değerlerine ayarlanarak denemeler yapılmıştır. PEF reaktörüne verilen %8 KM içeriğine sahip olan çamur 5 mL/dk akış hızında her bir voltaj değerinde ÇKOİ verimi ve çamurun sıcaklık değişimleri incelenmiştir. ÇKOİ verimi çamurun başlangıç ÇKOİ değeri ile PEF sonrası ÇKOİ değerindeki yüzde artışını ifade etmektedir. Şekil 3 farklı voltaj denemelerinde PEF reaktöründe ÇKOİ verimini göstermektedir. 12, 18 ve 24 kV voltaj değerlerinde ÇKOİ veriminde çok fazla bir artış gözlenmemiştir. 12 kV voltaj değerinde ÇKOİ verimi % 9,6 kat artmış ve 36 kV voltaj değerinde bu değer %52,5 olarak hesaplanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda en yüksek değer olan 36 kV voltaj değerinde maksimum ÇKOİ verimi göstermiş ve PEF çalışmaları %8 KM oranına sahip çamur ile ve 36 kV voltaj değerinde yapılmıştır. Çalışmada voltaj değişimine bağlı olarak PEF çıkış çamur sıcaklık değişimleri ise Şekil 4 ’de verilmiştir. 12 kV voltaj değerinde PEF çıkış çamur sıcaklığı 27 °C iken 36 kV voltaj değerinde PEF çıkış çamur sıcaklığı yaklaşık 1,5 kat artış olmuş ve çamur sıcaklık değeri 40 °C olarak kaydedilmiştir. 36 kV voltaj değerinde en yüksek

çamur sıcaklık değerine ulaşılması PEF sisteminde voltaj değerinin çamur sıcaklığında da etkili bir parametre olduğunu göstermiştir.



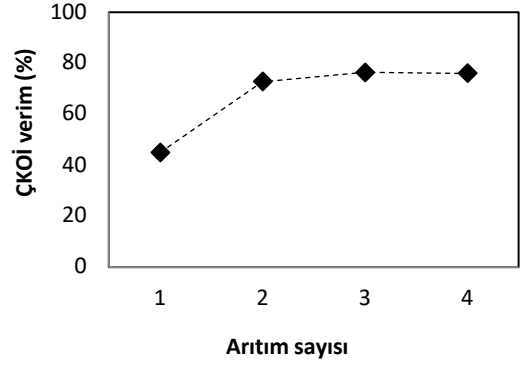
Şekil 3. Gerilimin ÇKOİ Verimi Üzerine Etkisi



Şekil 4. Çamurun Sıcaklık Değişimi

4.1.2. Uygulanan arıtım sayısının etkisi

Çalışmada % 8 KM içeriğine sahip atık çamurun 36 kV voltaj değerinde 1, 2, 3 ve 4 kez PEF reaktöründe arıtılması karşılaştırılmıştır. Arıtım sayısına bağlı olarak yapılan çalışmanın sonuçları Şekil 5'de verilmiştir. Bir kez PEF sistemine verilen çamurun PEF sonrası ÇKOİ verimi %45, iki kez verilen çamurun ÇKOİ verimi %73, üç kez verilen çamurun ÇKOİ verimi %76 artmıştır. Dört kez verilen çamurda ise üçe göre verim artışı gözlenmemiştir. Arıtım sayısının artması ile verimde artış olmuş ancak dört arıtım sayısında ısınma olması nedeniyle çamur PEF reaktöründen iki kez geçirilerek çalışmalara devam edilmiştir.



Şekil 5. Arıtım Sayısının Etkisi

4.2. PEF Dezentegrasyonu

PEF sistemi çamurun dezentegrasyonu için kullanılmıştır. Kullanılan çamurun PEF öncesi karakteristik özelliği belirlenmiş ve bu değerler Çizelge 1'de verilmiştir. Çalışmada en yüksek ÇKOİ verim değerlerine ulaşılacak 5 mL/dk. akış hızı (data verilmedi), 36 kV gerilim ve 2 arıtım sayısı PEF reaktörü için optimum çalışma koşulları olarak belirlenmiştir. Çamur 36 kV gerilim değerinde 5 mL/dak. akış hızında PEF reaktöründen iki kez geçirilmiş ve PEF sonrası çamur özellikleri belirlenmiştir. Çizelge 1'de görüleceği üzere PEF ön arıtım sonrası çamurun karakteristik özellikleri önemli ölçüde değişmiştir. PEF ön arıtımı sonrası çamur üst suyunda çözülmüş kimyasal oksijen ihtiyacı (ÇKOİ), toplam azot (TN), toplam fosfor (TP), protein ve polisakkarit konsantrasyonları sırasıyla %200, %128, %141, %142 ve %316 oranında artmıştır. PEF sonrası bu parametrelerdeki artışın nedeni darbeli elektrik alanının etkisi ile çamurda bulunan canlı biyokütlenin hücre duvarının parçalanarak mikroorganizmanın içindeki organik maddelerin çözünür forma geçmesinden kaynaklanmaktadır. PEF arıtım sonrası çamurun filtrelenebilirlik özelliği KES ve filtre süresi parametreleri ile belirlenmiştir. PEF arıtımı çamurun filtrelenebilirlik özelliğini olumlu yönde artırmıştır. Çamur hücrelerinin dezentegrasyonu çamurun AKM ve UAKM içeriğindeki azalmayla doğrudan ilgilidir (Erden vd., 2010). Çizelge 2' de görüldüğü gibi PEF sonrası çamurun UAKM ve AKM içeriği önemli ölçüde azalmıştır. PEF arıtım sonrası çamurun UAKM değeri %22 ve AKM değeri ise %27 azalmıştır. Bu katı maddenin çözünür forma geçtiğinin göstergesidir.

Çizelge 2. PEF öncesi ve PEF Sonrası Çamur Karakteristik Özellikleri

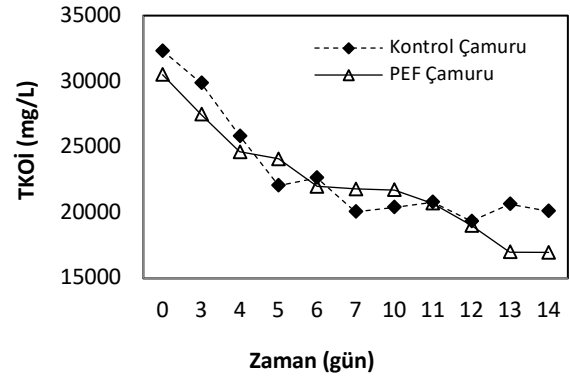
Parametre	PEF Öncesi Çamur	PEF Sonrası Çamur
pH	7,9	7,4
T (°C)	10,0	32,0
ÇKOİ (mg/L)	534,5	1066,4
TN (mg/L)	121	155
TP (mg/L)	41	58
Polisakkarit (mg/L)	23,2	73,2
Protein (mg/L)	91,0	129,2
KES (sn)	212,5	113,3
Viskozite (cP)	>1200	>1200
Filtre süresi (mL/dk)	3,0	2,5
AKM (g/L)	80,3	58,6
UAKM (g/L)	19,1	14,9
TKM (g/L)	81,6	60,6
UKM (g/L)	20,3	16,3

4.3. Aerobik Stabilizasyon

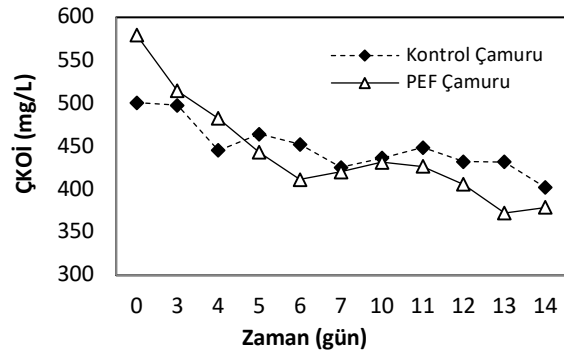
PEF sistemi ile dezentegre edilen çamurun aerobik stabilizasyon performansını değerlendirmek için ön arıtım uygulanmayan ham çamur ile beslenen reaktör (kontrol reaktör) ve PEF arıtımı sonrası çamur ile beslenen reaktör (PEF çamuru) çalışmada kullanılmıştır. Çalışmada reaktörlerin aerobik stabilizasyon performansları TKOİ, ÇKOİ, protein, polisakkarit, AKM, UAKM ve TKM ölçümleri ile değerlendirilmiştir.

4.3.1. Toplam KOİ ve Çözünmüş KOİ Değişimleri

Aerobik stabilizasyon süresince TKOİ değişimleri Şekil 6'da verilmiştir. Başlangıçta kontrol çamuru TKOİ değeri 32330 mg/L, PEF ile dezentegre edilen çamurun TKOİ değeri 30500 mg/L olarak ölçülmüştür. 14 günlük stabilizasyon süresi sonucunda TKOİ değeri kontrol çamurunda 20130 mg/L, PEF ile dezentegre edilen çamurda ise 16380 mg/L'ye düşmüştür. TKOİ giderim verimi kontrol çamurunda %37,7, PEF ile dezentegre edilen çamurda ise %44,3'e ulaşılmıştır. Çalışmanın ilk 5 gününde organik madde miktarında hızlı bir düşüş gerçekleşmiş ve 14 günlük çalışma boyunca TKOİ de azalma devam etmiştir.

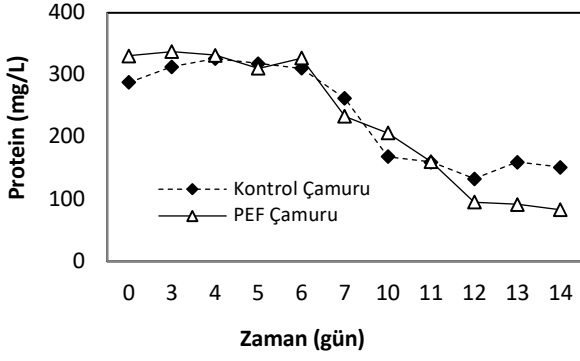
**Şekil 6.** TKOİ Değişimi

Aerobik stabilizasyon sürecinde ÇKOİ değişimleri Şekil 7'de verilmiştir. Kontrol çamuru başlangıç 500 mg/L ÇKOİ değeri stabilizasyon sonunda 402 mg/L değerine düşmüştür. PEF ile dezentegre edilen çamurda ÇKOİ değeri başlangıçta 570 mg/L'den stabilizasyon sonunda 379 mg/L'ye düşmüştür. Kontrol çamuru ÇKOİ giderim verimi %20, PEF ile dezentegre edilen çamurun ise ÇKOİ giderim verimi %35 olarak hesaplanmıştır. PEF ile dezentegre edilen çamur kontrol çamuru ile kıyaslandığında ÇKOİ giderim verimi %15 daha fazla artış göstermiştir. Bu organik maddenin PEF ön arıtılmış çamurda daha fazla indirgenliğini göstermektedir.

**Şekil 7.** ÇKOİ Değişimi

4.3.2. Protein Değişimi

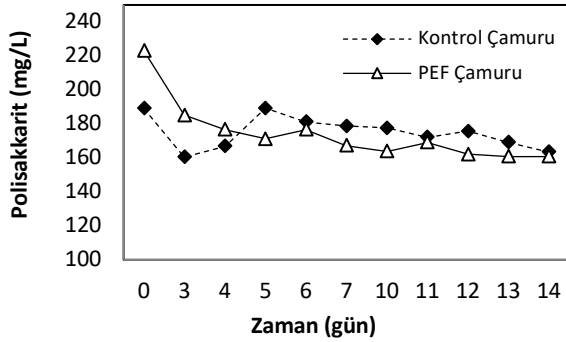
Şekil 8' aerobik stabilizasyon sürecinde her iki reaktördeki protein değişimlerini göstermektedir. Kontrol çamuru başlangıç protein değeri 288 mg/L 14 günlük stabilizasyon süresi sonunda 152 mg/L, PEF ile dezentegrasyon sonrası çamurda 331 mg/L olan protein değeri ise 83 mg/L'ye düşmüştür. Protein giderim verimi PEF ile dezentegre edilen çamurda %75, kontrol çamurda (ham çamur) ise %47 olarak hesaplanmıştır. Protein giderim verimi kontrol reaktörüne göre %28 artış göstermiştir. PEF ile ön arıtılmış çamurun aerobik stabilizasyonunda protein kontrol reaktörüne göre daha hızlı hidroliz olmuştur.



Şekil 8. Protein Değişimi

4.3.3. Polisakkarit Değişimi

Polisakkarit değişimleri Şekil 9 'da verilmiştir. Kontrol çamurunda başlangıç 189 mg/L olan polisakkarit değeri stabilizasyon sonunda 163 mg/L değerine düşmüştür. Kontrol reaktöründe polisakkarit giderim verimi %13 olarak hesaplanmıştır. PEF ile dezentegre edilen çamurda ise polisakkarit giderim verimi %28'dir. PEF ile dezentegre edilen çamurda polisakkarit giderim verimi kontrol reaktörüne göre %15 artış göstermiştir. Bu durum protein gibi polisakkaritlerin de hızlı bir şekilde hidroliz olduğunu göstermektedir.



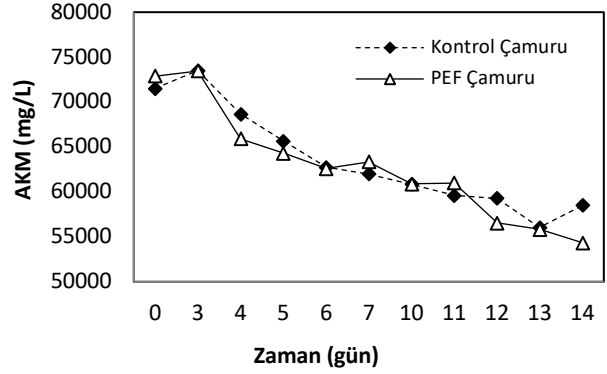
Şekil 9. Polisakkarit Değişimi

4.3.4. AKM, UAKM, TKM, UKM Değişimleri

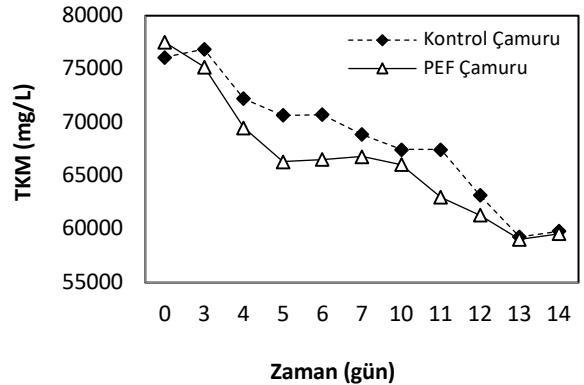
Aerobik stabilizasyon süresince katı madde değişimleri AKM, UAKM, TKM, UKM ölçümleri ile değerlendirilmiştir. Şekil 10, 11, 12 ve 13 aerobik stabilizasyon süresince kontrol çamur ve PEF ile arıtılmış çamurun AKM, UAKM, TKM, UKM değişimlerini göstermektedir. Şekillerden görüleceği üzere AKM, UAKM, TKM, UKM giderimi PEF ile dezentegre edilen çamurda kontrol çamura göre daha yüksek bulunmuştur. İşletim süresi sonunda kontrol reaktörü AKM değeri yaklaşık %18, PEF ile dezentegre edilen çamurun AKM değeri %25 azalmıştır. PEF ile dezentegre edilen çamurun AKM giderimi kontrol reaktörüne göre %7 daha iyi verim göstermiştir. Benzer sonuçlar UAKM giderim verimleri içinde bulunmuştur. Kontrol reaktörü UAKM giderim verimi %25, PEF ile dezentegre edilen çamurda ise %32'dir.

UAKM giderim açısından PEF ile dezentegre edilen çamur kontrol çamura göre verimde %7 artış göstermiştir.

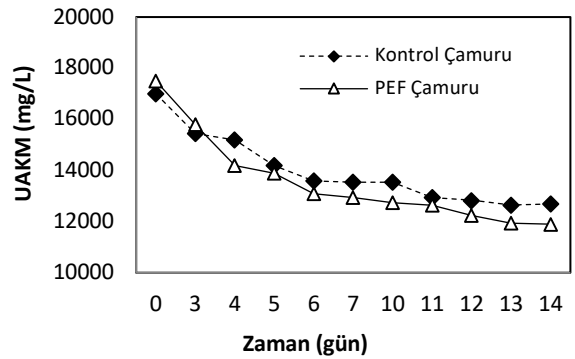
Çalışmada işletim süresince TKM ve UKM değişimleri de izlenmiştir. Şekil 12 ve 13'de aerobik stabilizasyon boyunca TKM ve UKM değişimleri verilmiştir. İşletim süresince kontrol reaktörü TKM ve UKM giderim verimleri sırasıyla %21 ve %24, PEF ile dezentegre edilen çamurda ise %23 ve %27 olarak hesaplanmıştır. TKM ve UKM giderim verimi PEF ön arıtılmış çamurda kontrole göre %2-3 lük bir verim artışı göstermiştir.



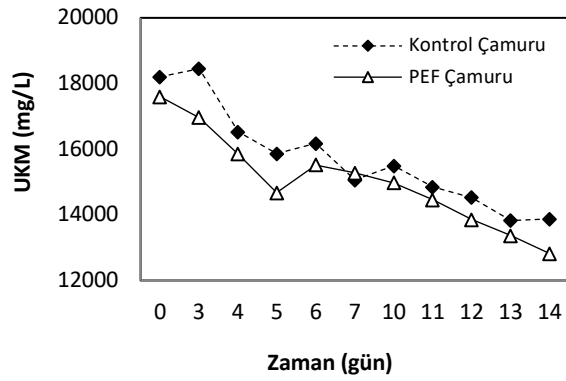
Şekil 10. AKM Değişimi



Şekil 11. UAKM Değişimi



Şekil 12. TKM Değişimi



Şekil 13. UKM Değişimi

5. Sonuç ve Tartışma

Bu çalışma sonucunda stabilizasyonu oldukça zor olan et endüstrisi atıksu arıtma tesisi atık çamurlarının darbeli elektrik alan (PEF) tekniği ile dezentegre edildikten sonra aerobik stabilizasyon veriminin arttığı belirlenmiştir.

PEF arıtımında uygulanan gerilim (voltaj) ve uygulama sayısı (devir) önemli parametrelerdir. Çalışmada en yüksek değer olan 36 kV değerinde maksimum ÇKOİ verimi elde edilmiş olup bu değerde yüksek arıtım verimine ulaşılmıştır. Çamurun sistemden geçirme sayısının artması (devir sayısı) ile PEF sonrası çamurun ÇKOİ konsantrasyonu artış göstermiştir. Çalışmada etkili devir sayısı 2 olarak bulunmuştur.

PEF dezentegrasyonu çamurun karakteristik özelliğini değiştirmiştir. PEF arıtım sonrası çamurun ÇKOİ, TN, TP, polisakkarit ve protein konsantrasyonu artış göstermiştir. Bu durum organik madde miktarının arttığını göstermektedir. Organik madde artışı PEF uygulaması ile parçalanmış hücre yapısının iç materyallerinin sıvı faza geçmesinden kaynaklanmaktadır. PEF sonrası çamurun sıcaklık değeri de artış göstermiştir. Stabilizasyon öncesi çamur sıcaklığının yüksek olması stabilizasyonda önemli bir avantaj sağlamaktadır. Çamurun filtrelenebilirlik özelliği incelendiğinde PEF arıtımının çamurun filtrelenebilirlik özelliğini önemli ölçüde artırdığı tespit edilmiştir. PEF arıtımı çamurun viskozitesinde önemli bir değişim göstermemiştir. Yürütülen deneysel çalışma sonuçları PEF tekniği kullanılarak yapılan çamur dezentegrasyon işleminin aerobik stabilizasyon işleminin verimini arttıracaklarını göstermektedir. Aerobik stabilizasyon çalışma sonuçları bu durumu desteklemektedir. Aerobik stabilizasyon çalışma sonucunda kontrol reaktörü (ham çamur)'ne göre TKOİ giderim veriminde %7, ÇKOİ %15, protein %28 ve polisakkarit %14 daha fazla giderim verimi elde edilmiştir. Kontrol reaktörüne göre katı madde miktarındaki azalma verimi ise AKM %7, UAKM %7, TKM %2 ve UKM değerlerinde ise %3 olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak PEF ön arıtım uygulanan çamurun aerobik

stabilizasyonu, çamurun organik madde miktarında ve katı madde miktarında ham çamura göre daha yüksek indirgenme sağlanmış ve aerobik stabilizasyon verimini artırmıştır.

Conflict of Interest / Çıkar Çatışması

No conflict of interest was declared by the authors.

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Kaynaklar

- Akyarlı, A., Şahin, H., 2005. Arıtma Çamurlarının Bertarafında Kireç Kullanımı. I. Ulusal Arıtma Çamurları Sempozyumu, 191-200.
- Al-Mutairi, N.Z., Hamoda M.F., Al-Ghusain, I., 2004. Coagulant Selection and Sludge Conditioning in a Slaughterhouse Wastewater Treatment Plant. *Bioresource Technology*, 95, 115-119.
- APHA, AWWA., 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st ed.; American Public Health Association, American Water Work Association, Water Environment Federation, Washington, DC.
- Arnaiz, C., Gutierrez, J.C., Lebrato, J., 2006. Biomass Stabilization in The Anaerobic Digestion of Wastewater Sludges. *Bioresource Technology*, 97, 1179-1184.
- Dohanyoset, M., Zabranska, J. ve Jenicek, P., 1997. Enhancement of Anaerobic Sludge Digestion by Using of a Special Thickening Centrifuge. *Water Science and Technology*, 36 (11), 145-153.
- Dubois M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A., Smith, F., 1956. Calorimetric Method For Determination of Sugars and Related Substances. *Analytic Chemistry*, 28, 3, 350-356.
- Erden, G., 2013. Combination of Alkaline And Microwave Pretreatment for Disintegration of Meat Processing Wastewater Sludge. *Environmental Technology*, 34(6), 711-718.
- Erden, G., Demir, Ö., Filibeli, A., 2010. Disintegration of Biological Sludge: Effect of Ozone Oxidation and Ultrasonic Treatment on Aerobic Digestibility. *Bioresource Technology*, 101, 8093-8098.
- Fueller, J., Toepfl, S., Jahn, S., and Heinz, V., 2005. PEF Treatment of Sausage Meat For Production of Raw Sausages. Unpublished Data.
- Gündüz, Ç., 2009. Ultrasonic Disintegration of Sewage Sludge. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye

- Lawrence, K.W., Nazih K.S., Yung -Tse H, 2008. Biosolids Engineering and Mangement.
- Lee, Il-Su., Rittmann, B.E., 2011. Effect of Low Solids Retention Time And Focused Pulsed Pre-Treatment on Anaerobic Digestion of Waste Activated Sludge. *Bioresource Technology*, 102, 2542-2548.
- Loeffler, M., Schmidt, W, Schuhmann, R., Riittering, A., Neumann, J., and Dreesen,C., 2001. Treatment of Sewage Sludge With Pulsed Electric Fields. International Conference on Pulsed Power Applications, B.04, Gelsenkirchen, Germany.
- Luste, S., Luostarinen, S., 2010. Anaerobic Co-Digestion of Meat-Processing by-Products and Sewage Sludge Effect of Hygienization and Organic Loading Rate. *Bioresource Technology*, 101, 2657-2664.
- Madigan, M.T., Martinko, J.M., Parker, J., 1997. *Brock Biology of Microorganisms*. Prentice Hall, Upper Saddle River, 986p. New Jersey.
- Morgül, A., 2007. Çesitli Sektörlere Ait Arıtma Çamurlarının Fiziksel ve Kimyasal Karakterizasyonu. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Gebze, Türkiye.
- Müller, J.A., Winter A., Strünkmann, G., 2004. Investigation and Assessment of Sludge Pre-Treatment Processes. *Water Science and Technology*, 49(10), 97-104.
- Rico, J.L., Garcia, H., Rico, C., Tejero, I., 2007. Characterisation of solid and liquid fractions of dairy manure with regard to their component distribution and methane production. *Bioresource Technology*, 98, 971-979.
- Seltmann, G., Holst, O., 2002. *The Bacterial Cell Wall*, Springer, 268p, Berlin, Heidelberg, Germany.
- Vranitzky, R., Lahnsteiner, J., 2005. Sewage Sludge Disintegration Using Ozone A Method of Enhancing The Anaerobic Stabilization of Sewage Sludge. Engineering Siemensstrasse, 89, A-1211, Vienna, Austria.
- Yonar F. Ö., Karagözoğlu, 2011. Bünyamin, Mezbahane Atıksularından KOI, Yağ, Gres ve Bulanıklık Giderimi Üzerine Bir Çalışma: Kimyasal Koagülasyon Prosesiyle Ön Arıtım. C.U. Fen Fakültesi, Fen Bilimleri Dergisi, 32, 1.