

**AKTİF ÇAMUR VE PORTAKAL POSASININ BİYOGAZ
ÜRETİM VERİMLERİ VE BAZI ÖNİŞLEMLERİN
BİYOGAZ ÜRETİM VERİMİNE ETKİLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

BÜLENT HALİSDEMİR

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI**

DOKTORA TEZİ

**MERSİN
ARALIK - 2009**

**AKTİF ÇAMUR VE PORTAKAL POSASININ BİYOGAZ ÜRETİM
VERİMLERİ VE BAZI ÖNİŞLEMLERİN BİYOGAZ ÜRETİM
VERİMİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

BÜLENT HALİSDEMİR

**Mersin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Çevre Mühendisliği
Ana Bilim Dalı**

DOKTORA TEZİ

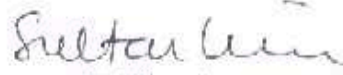
**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Fadime TANER**

**MERSİN
Aralık - 2009**

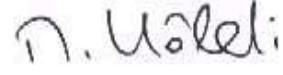
Bu tezin gerek bilimsel içerik, gerekse elde edilen sonuçlar açısından tüm gerekleri sağladığı kanaatine ulaşan ve aşağıda imzaları bulunan biz jüri üyeleri, sunulan tezi oy birliği ile Doktora Tezi olarak kabul ediyoruz.



Tez Danışmanı
Prof. Dr. Fadime TANER



Jüri Üyesi
Prof. Dr. Sultan GİRAY



Jüri Üyesi
Doç. Dr. Nurcan KÖLELİ



Jüri Üyesi
Yrd. Doç. Dr. Çetin KANTAR



Jüri Üyesi
Yrd. Doç. Dr. Ergün PEHLIVAN

Bu tezin Fen Bilimleri Enstitüsü yazım kurallarına uygun olarak yazıldığı Enstitü Yönetim Kurulu'nun .../.../2010... tarih ve .../.../2010... sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. Mahir TURHAN
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

ÖZ

Arıtma çamuru ve portakal posası, potansiyel ve yaygın olarak üretilmekte, değerlendirilmeden katı atık olarak atılmaktadır. Bu atıkların değerlendirilmesine yönelik araştırmalar sürdürülmektedir. Bu maddelerden biyogaz üretildiği ve biyogaz üretim verimini arttırmaya yönelik araştırmalar sürdürüldüğü bilinmektedir.

Bu çalışmada, evsel atıksuların arıtılmasıyla üretilen biyolojik arıtma çamuru (aktif çamuru) ve meyve suyu üretim işletmelerinden çıkan portakal posası hammadde olarak kullanılmıştır. Hammaddelerden biyogaz üretim verimleri ve verimin artırılması için bazı ön işlemler uygulanmıştır. Çalışmada kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımları hazırlanmıştır. Bu karışımlara, katı maddenin kütlece %10, 15 ve 20'si olacak şekilde H_2SO_4 , HNO_3 , KOH ve NaOH ayrı ayrı eklenmiştir. Çeşitli sürelerde (15, 30, 60, 120 ve 180 min) ısı, kimyasal, ısıkimyasal, mikrodalga ve ultrases ön işlemler uygulanmıştır. Ön işlemlerle katı maddelerin sulu faza geçen miktarları saptanmıştır. En yüksek çözünürlüğün sağlandığı sulu fazların pH'ları 7'ye ayarlanıp 30 gün süreyle $35^{\circ}C$ 'de anaerobik işlem uygulanmış, biyogaz ve metan hacimleri 125mL'lik serum şişelerinde saptanmıştır. Ayrıca 30 günlük sürede 3 günde bir anaerobik işlem uygulanan 15mL'lik şişelerden birer tane alınarak MLSS, KOİ ve BOİ₅ Standart Metotlara göre saptanmıştır.

Çalışma sonunda; katı maddelerin suda çözünürleşmesinde en yüksek arıtma çamurunda, katı maddenin kütlece %20'si kadar HNO_3 kullanıldığında, 60 min suyun kaynama sıcaklığında geri soğutucu altında pişirilmesinde katının %52,43 sulu faza geçtiği ve 297,5 mL_{CH₄} ile en yüksek metan üretimi sağlandığı saptanmıştır. Portakal posasının ise %54,71 sulu faza geçtiği, katı maddenin kütlece %15'i kadar NaOH kullanıldığında, 30min ultrases ön işleminde saptanmıştır. En yüksek metan üretimi ise 226,6 mL_{CH₄} olarak katı maddenin kütlece %15'i olan NaOH'ın 30 min'de ultrases ön işleminde saptanmıştır.

Elde edilen bulgular, aktif çamur ve portakal posasının biyogaz üretiminde kullanılabilirliğini ve ön işlemlerle katının suda çözünen madde miktarını arttırdığını, dolayısıyla biyogaz üretim verimini de arttırdığı göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Aktif çamur, portakal posası, ön işlem, suda çözünürleşme, anaerobik işlem, biyogaz, metan.

ABSTRACT

Activated sludge and orange pulp are solid waste components those are produced potentially. They are disposed without any evaluation. These solid wastes, biogas conversion systems are known to be used and some researches to increase the efficiency of biogas are also known to be conducted.

In this study, activated sludge that is produced by the biological treatment of domestic waste water and orange pulp obtained from fruit juice production factory are used as raw materials. Some pretreatments were applied for increasing the yield of biogas production. Aqueous solutions of raw material containing 7% dry solid by mass are prepared. Acids (H_2SO_4 and HNO_3) and bases (KOH and NaOH) are added separately to the aqueous mixture in the ratios 10%, 15% and 20% of the dry solid content by mass. Then, chemical, microwave, ultrasound and thermo-chemical treatments are applied as pretreatment for different time intervals (15, 30, 60, 120, 180 min). The amounts of solid materials dissolved in aqueous phases as a result of pretreatments are determined. The pH of the aqueous phases having the highest solubility of solid is adjusted to 7, anaerobic process is applied at 35°C during 30 days. Biogas and methane quantities are determined from the aqueous phase digested in 125mL serum bottles of the some conditions. By taking samples of 15mL bottles of 3 day interval in anaerobic process during 30 days, BOD_5 , COD and MLSS of the samples are determined according to the Standard Methods once in three days.

At the end of the study, the highest solubility in water for activated sludge treatment is determined as 52.43% and the highest methane yield is determined as $297.5\text{mL}_{\text{CH}_4}$ at thermal and chemical pretreatment. The highest solubility from orange pulp is determined as 54.71% in a 30-minute ultrasound pretreatment of NaOH that is 15% of the dry solid content by mass. The highest methane yield is determined as $226,6\text{mL}_{\text{CH}_4}$ in a 30-minute ultrasound pretreatment of NaOH that is 15% of the dry solid content by mass.

From the findings it was concluded that activated sludge treatment and orange pulp discharged to the environment can be used in the production of biogas efficiently pretreatments that increase the solubility and the efficiency of the production of biogas.

Key words: Treatment sludge, orange pulp, pretreatment, solubility in water, anaerobic process, biogas, methane.

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında her zaman bilgisini ve emeğini esirgemeyen, yönlendirmeleriyle destek veren tez danışmanım Sn. Prof. Dr. Fadime TANER'e en içten teşekkürlerimi sunuyorum.

Tez izleme komitemde tezime yön veren ve katkı sağlayan değerli hocalarım Sn. Prof. Dr. Sultan GİRAY'a ve Sn. Doç. Dr. Nurcan KÖLELİ'ye teşekkürlerimi sunuyorum.

Deneysel çalışmalarında imkanlarını ve yardımlarını esirgemeyen Sn. Yrd. Doç. Dr. Ergün PEHLİVAN'a, deneysel çalışmalarına yardımcı olan Sn. Zeynep ÇETİN ve Sn. Berkan APAK'a, tezimi okuyarak yazım hatalarımı düzelten Sn. Didem ERŞEN'e katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunuyorum.

Çalışmalarım esnasında benden dostluklarını ve yardımlarını esirgemeyen tüm hocalarıma ve mesai arkadaşlarıma da teşekkürlerimi sunuyorum.

Ayrıca doktora tez çalışmama burs vererek katkı sağlayan Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (BAP) ve T.C. Milli Prodüktivite Merkezi yetkililerine teşekkür ediyorum.

Son olarak doktora eğitimim süresince her zaman yanımda olan, anlayış gösteren, destek olan sevgili aileme de sabır ve hoşgörülerinden dolayı teşekkür ediyorum.

İÇİNDEKİLER

| | <u>Sayfa</u> |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| ÖZ | i |
| ABSTRACT | ii |
| TEŞEKKÜR | iii |
| İÇİNDEKİLER | iv |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | xiii |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | xvii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ | xxv |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI | 5 |
| 2.1. ARITMA ÇAMURLARI..... | 5 |
| 2.1.1. Arıtma Çamurlarının Özellikleri..... | 5 |
| 2.1.2. Arıtma Çamurlarının Kullanma ve Uzaklaştırma Metotları..... | 6 |
| 2.2. PORTAKAL POSASI..... | 8 |
| 2.3. MİKRODALGA ENERJİSİ..... | 11 |
| 2.4. ULTRASES..... | 13 |
| 2.5. ANAEROBİK İŞLEM..... | 15 |
| 2.5.1. Anaerobik İşlemin Avantajları ve Dezavantajları..... | 17 |
| 2.5.2. Anaerobik İşlemlerle İlgili Çalışmalar..... | 19 |
| 2.6. BİYOGAZ..... | 21 |
| 2.6.1. Biyogaz ve Metan Üretimiyle İlgili Çalışmalar..... | 25 |
| 3. MATERYAL ve METOD | 32 |
| 3.1. ÇALIŞMADA KULLANILAN HAMMADDELER..... | 32 |
| 3.1.1. Biyolojik Arıtma Çamuru Üretimi, Örneklerin Alınması ve Hazırlanması..... | 32 |
| 3.1.2. Portakal Posası Üretimi, Örneklerin Alınması ve Hazırlanması..... | 33 |
| 3.1.3. Çalışmada Kullanılan Ekipmanlar..... | 33 |
| 3.2. ÇALIŞMADA KULLANILAN HAMMADDELERLE İLGİLİ ANALİZLER..... | 34 |
| 3.2.1. Hammaddelerin Üretim Potansiyellerinin Saptanması..... | 35 |
| 3.2.2. Nem ve Katı Madde Tayini..... | 35 |
| 3.2.3. Kül Tayini..... | 36 |
| 3.2.4. Uçucu Madde Tayini..... | 36 |
| 3.2.5. Üst Isıl Değer Tayini..... | 36 |
| 3.2.6. Selüloz Tayini..... | 38 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.2.7. Yağ Miktarı Tayini..... | 38 |
| 3.2.8. Şeker Tayini..... | 39 |
| 3.3. ÇALIŞMADA KULLANILAN HAMMADDELERE | |
| UYGULANAN ÖN İŞLEMLER..... | 40 |
| 3.3.1. Oda Sıcaklığında Uygulanan Ön İşlemler..... | 44 |
| 3.3.2. Isıl Ön İşlemler..... | 44 |
| 3.3.3. Kimyasal Ön İşlemler..... | 44 |
| 3.3.3.1. Asidik ön işlemler..... | 44 |
| 3.3.3.2. Bazik ön işlemler..... | 45 |
| 3.3.4. Isilkimyasal Ön İşlemler | 45 |
| 3.3.4.1. Asidik ortamda uygulanan ısıl ön işlemler..... | 45 |
| 3.3.4.2. Bazik ortamda uygulanan ısıl ön işlemler..... | 46 |
| 3.3.5. Mikrodalga Ön İşlemleri..... | 46 |
| 3.3.5.1. Doğrudan mikrodalga ön işlemleri..... | 46 |
| 3.3.5.2. Asidik ortamda uygulanan mikrodalga ön işlemleri..... | 47 |
| 3.3.5.3. Bazik ortamda uygulanan mikrodalga ön işlemleri..... | 47 |
| 3.3.6. Ultrases Ön İşlemleri..... | 47 |
| 3.3.6.1. Doğrudan Ultrases ön işlemleri..... | 48 |
| 3.3.6.2. Asidik ortamda uygulanan Ultrases ön işlemleri..... | 48 |
| 3.3.6.3. Bazik ortamda uygulanan Ultrases ön işlemleri..... | 48 |
| 3.3.7. Suda Çözünürlüklerin Saptanması..... | 48 |
| 3.3.8. Ön İşlem Bulgularına Uygulanan İstatistiksel Hipotez Testleri..... | 51 |
| 3.4. ANAEROBİK İŞLEMLER..... | 52 |
| 3.4.1. Biyogaz Oluşum Süresince BOİ, KOİ ve MLSS Derişimlerinin Saptanması..... | 53 |
| 3.4.2. Biyogaz Üretimi ve Verimin Saptanması..... | 54 |
| 3.4.3. Anaerobik İşlem Sonucu Oluşan Biyogaz ve Metan Miktarlarının Saptanması..... | 54 |
| 4. BULGULAR ve TARTIŞMA..... | 56 |
| 4.1. HAMMADDELERİN ÜRETİM POTANSİYELLERİNİN SAPTANMASI..... | 56 |
| 4.2. HAMMADDELERİN ÖZELLİKLERİ..... | 58 |
| 4.3. HAMMADDELERE UYGULANAN ÖN İŞLEMLER VE SUDA ÇÖZÜNÜRLÜKLERİNE ETKİLERİ..... | 62 |
| 4.3.1. Isıl Ön İşlemler..... | 63 |
| 4.3.2. Kimyasal Ön İşlemler..... | 65 |
| 4.3.2.1. Arıtma çamurunun sulu karışımlarına asit eklenerek uygulanan ön işlemlerin etkileri..... | 65 |
| 4.3.2.2. Arıtma çamurunun sulu karışımlarına baz eklenerek uygulanan ön işlemlerin etkileri..... | 66 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.3.2.3. Portakal Posasının sulu karışımlarına asit eklenerek uygulanan ön işlemlerin etkileri..... | 67 |
| 4.3.2.4. Portakal Posasının sulu karışımlarına baz eklenerek uygulanan ön işlemlerin etkileri..... | 68 |
| 4.3.2.5. Arıtma çamuru ve portakal posasının sulu karışımlarına uygulanan kimyasal ön işlemlerin istatistiksel değerlendirilmesi..... | 70 |
| 4.3.3. Isılkimyasal Ön İşlemler..... | 77 |
| 4.3.3.1. Arıtma çamurunun sulu karışımlarına uygulanan ısılkimyasal ön işlemlerin etkileri..... | 77 |
| 4.3.3.1.1. Arıtma çamurunun sulu karışımlarına değişik sürelerde asidik ortamda uygulanan ısıl ön işlemlerin etkileri..... | 77 |
| 4.3.3.1.2. Arıtma çamurunun sulu karışımlarına değişik sürelerde bazik ortamda uygulanan ısıl ön işlemlerin etkileri..... | 79 |
| 4.3.3.2. Arıtma çamurunun sulu karışımlarına uygulanan ısılkimyasal ön işlemlerin istatistiksel değerlendirilmesi.... | 81 |
| 4.3.3.3. Portakal posasının sulu karışımlarına uygulanan ısılkimyasal ön işlemlerin etkileri..... | 83 |
| 4.3.3.3.1. Portakal posasının sulu karışımlarına değişik sürelerde asidik ortamda uygulanan ısıl ön işlemlerin etkileri..... | 83 |
| 4.3.3.3.2. Portakal posasının sulu karışımlarına değişik sürelerde bazik ortamda uygulanan ısıl ön işlemlerin etkileri..... | 85 |
| 4.3.3.4. Portakal posasının sulu karışımlarına uygulanan ısılkimyasal ön işlemlerin istatistiksel değerlendirilmesi... | 87 |
| 4.3.4. Mikrodalga Ön İşlemleri..... | 90 |
| 4.3.4.1. Arıtma çamurunun sulu karışımlarına uygulanan mikrodalga ön işlemlerin etkileri..... | 91 |
| 4.3.4.1.1. Arıtma çamurunun sulu karışımlarına doğrudan uygulanan mikrodalga ön işlemlerin etkileri..... | 91 |
| 4.3.4.1.2. Arıtma çamurunun sulu karışımlarına asidik ortamda uygulanan mikrodalga ön işlemlerin etkileri..... | 92 |
| 4.3.4.1.3. Arıtma çamurunun sulu karışımlarına bazik ortamda uygulanan mikrodalga ön işlemlerin etkileri..... | 93 |
| 4.3.4.2. Arıtma çamurunun sulu karışımlarına uygulanan mikrodalga ön işlemlerin istatistiksel değerlendirilmesi..... | 95 |
| 4.3.4.3. Portakal posasının sulu karışımlarına uygulanan mikrodalga ön işlemlerin etkileri..... | 97 |
| 4.3.4.3.1. Portakal posasının sulu karışımlarına doğrudan uygulanan mikrodalga ön işlemlerin etkileri..... | 97 |
| 4.3.4.3.2. Portakal posasının sulu karışımlarına asidik ortamda uygulanan mikrodalga ön işlemlerin etkileri..... | 98 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.3.4.3.3. Portakal posasının sulu karışımlarına bazik ortamda uygulanan mikrodalga ön işlemlerin etkileri..... | 99 |
| 4.3.4.4. Portakal posasının sulu karışımlarına uygulanan mikrodalga ön işlemlerinin istatistiksel değerlendirilmesi... | 100 |
| 4.3.5. Ultrases Ön İşlemleri..... | 103 |
| 4.3.5.1. Arıtma çamurunun sulu karışımlarına uygulanan Ultrases ön işlemlerin etkileri..... | 103 |
| 4.3.5.1.1. Arıtma çamurunun sulu karışımlarına doğrudan uygulanan Ultrases ön işlemlerin etkileri..... | 104 |
| 4.3.5.1.2. Arıtma çamurunun sulu karışımlarına asidik ortamda uygulanan Ultrases ön işlemlerin etkileri..... | 105 |
| 4.3.5.1.3. Arıtma çamurunun sulu karışımlarına bazik ortamda uygulanan Ultrases ön işlemlerin etkileri | 109 |
| 4.3.5.2. Arıtma çamurunun sulu karışımlarına uygulanan Ultrases ön işlemlerinin istatistiksel değerlendirilmesi..... | 112 |
| 4.3.5.3. Portakal posasının sulu karışımlarına uygulanan Ultrases ön işlemlerin etkileri..... | 114 |
| 4.3.5.3.1. Portakal posasının sulu karışımlarına doğrudan uygulanan Ultrases ön işlemlerin etkileri..... | 114 |
| 4.3.5.3.2. Portakal posasının sulu karışımlarına asidik ortamda uygulanan Ultrases ön işlemlerin etkileri..... | 115 |
| 4.3.5.3.3. Portakal posasının sulu karışımlarına bazik ortamda uygulanan Ultrases ön işlemlerin etkileri..... | 118 |
| 4.3.5.4. Portakal posasının sulu karışımlarına uygulanan ultrases ön işlemlerinin istatistiksel değerlendirilmesi | 122 |
| 4.3.5.5. Arıtma çamuru ve portakal posasının sulu karışımlarına uygulanan Ultrases ön işlemlerinin karşılaştırılması..... | 124 |
| 4.4. ÇALIŞMADA KULLANILAN ÖRNEKLERDE BİYOGAZ VE METAN ÜRETİM VERİMİ..... | 125 |
| 4.4.1. Orjinal Örneklerin Biyogaz ve Metan Üretim Miktarlarının Zamanla Değişimi..... | 130 |
| 4.4.1.1. Arıtma çamurunun orijinal örneğinde üretilen biyogaz ve metan üretim miktarlarının zamanla değişimi..... | 130 |
| 4.4.1.2. Portakal posasının orijinal örneğinde üretilen biyogaz ve metan üretim miktarlarının zamanla değişim..... | 132 |
| 4.4.2. En Yüksek Suda Çözünürlüğe Sahip Örneklerin Biyogaz ve Metan Üretim Miktarlarının Zamana Karşı Değişimi..... | 133 |
| 4.4.2.1. Arıtma çamurunun sulu fazında üretilen biyogaz ve metan üretim miktarları..... | 134 |
| 4.4.2.1.1. Oda sıcaklığında bekletilen arıtma çamurunun sulu fazı..... | 134 |
| 4.4.2.1.2. 30min pişirilerek ön işlem uygulanmış arıtma | |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| çamurunun sulu çözeltisi | 135 |
| 4.4.2.1.3. %20'lik NaOH kullanılarak 15min oda koşullarında bekletilip ön işlem uygulanmış arıtma çamurunun sulu çözeltisi | 137 |
| 4.4.2.1.4. %20'lik HNO ₃ kullanılarak 60min SNKS'da pişirilerek ön işlem uygulanmış arıtma çamurunun sulu çözeltisi | 139 |
| 4.4.2.1.5. %20'lik HNO ₃ kullanılarak 15min Mikrodalga radyasyonunda ön işlemi uygulanmış arıtma çamurunun sulu çözeltisi | 141 |
| 4.4.2.1.6. %20 NaOH kullanılarak 60min Ultrases dalgalarında ön işlemi uygulanmış arıtma çamurunun sulu çözeltisi..... | 143 |
| 4.4.2.2. Portakal posasının sulu fazında üretilen biyogaz ve metan üretim miktarları..... | 145 |
| 4.4.2.2.1. Oda sıcaklığında bekletilen portakal posasının sulu fazı..... | 145 |
| 4.4.2.2.2. 60min pişirilerek ön işlem uygulanmış portakal posasının sulu çözeltisi..... | 147 |
| 4.4.2.2.3. %20'lik NaOH kullanılarak 15min oda koşullarında bekletilip ön işlem uygulanmış portakal posasının sulu çözeltisi..... | 149 |
| 4.4.2.2.4. %10'luk HNO ₃ kullanılarak 30min SNKS'da pişirilerek ön işlem uygulanmış portakal posasının sulu çözeltisi..... | 151 |
| 4.4.2.2.5. %15'lik HNO ₃ kullanılarak 15min Mikrodalga radyasyonunda ön işlemi uygulanmış portakal posasının sulu çözeltisi..... | 153 |
| 4.4.2.2.6. %15 NaOH kullanılarak 30min Ultrases dalgalarında ön işlemi uygulanmış portakal posasının sulu çözeltisi..... | 155 |
| 4.5. ANAEROBİK İŞLEMLERDE KULLANILAN SULU FAZLARDA MLSS, KOİ VE BOİ₅ DERİŞİMLERİ..... | 158 |
| 4.5.1. Arıtma Çamurundan Üretilen Sulu Fazlarda MLSS, KOİ ve BOİ ₅ 'in Zamanla Değişimi..... | 158 |
| 4.5.1.1. Orijinal arıtma çamurunun sulu karışımı..... | 158 |
| 4.5.1.1.1. Orijinal arıtma çamurunun sulu fazındaki MLSS derişiminin zamanla değişimi..... | 158 |
| 4.5.1.1.2. Orijinal arıtma çamurunun sulu fazındaki KOİ derişiminin zamanla değişimi..... | 160 |
| 4.5.1.1.3. Orijinal arıtma çamurunun sulu fazındaki BOİ ₅ derişiminin zamanla değişimi..... | 161 |
| 4.5.1.2. Oda sıcaklığında bekletilen arıtma çamurunun sulu fazı..... | 162 |
| 4.5.1.2.1. Oda sıcaklığında bekletilen arıtma çamurunun sulu fazındaki MLSS derişiminin zamanla değişimi..... | 162 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.5.1.2.2. Oda sıcaklığında bekletilen arıtma çamurunun sulu fazındaki KOİ derişiminin zamanla değişimi..... | 163 |
| 4.5.1.2.3. Oda sıcaklığında bekletilen arıtma çamurunun sulu fazındaki BOİ ₅ derişiminin zamanla değişimi..... | 164 |
| 4.5.1.3. Isıl ön işlem uygulanmış arıtma çamurunun sulu çözteltisi.. | 166 |
| 4.5.1.3.1. 30min pişirilerek ön işleme tabii tutulan arıtma çamurunun sulu fazındaki MLSS derişiminin zamanla değişimi..... | 166 |
| 4.5.1.3.2. 30min pişirilerek ön işleme tabii tutulan arıtma çamurunun sulu fazındaki KOİ derişiminin zamanla değişimi | 167 |
| 4.5.1.3.3. 30min pişirilerek ön işleme tabii tutulan arıtma çamurunun sulu fazındaki BOİ ₅ derişiminin zamanla değişimi | 168 |
| 4.5.1.4. Kimyasal ön işlem uygulanmış arıtma çamurunun sulu çözteltisi..... | 170 |
| 4.5.1.4.1. %20'lik NaOH kullanılarak 15min oda koşullarında bekletilip ön işleme tabii tutulan arıtma çamurunun sulu fazındaki MLSS derişiminin zamanla değişimi | 170 |
| 4.5.1.4.2. %20'lik NaOH kullanılarak 15min oda koşullarında bekletilip ön işleme tabii tutulan arıtma çamurunun sulu fazındaki KOİ derişiminin zamanla değişimi..... | 172 |
| 4.5.1.4.3. %20'lik NaOH kullanılarak 15min oda koşullarında bekletilip ön işleme tabii tutulan arıtma çamurunun sulu fazındaki BOİ ₅ derişiminin zamanla değişimi | 173 |
| 4.5.1.5. Isıl kimyasal ön işlem uygulanmış arıtma çamurunun sulu çözteltisi..... | 174 |
| 4.5.1.5.1. %20'lik HNO ₃ kullanılarak 60min SNKS'da pişirilerek ön işleme tabii tutulan arıtma çamurunun sulu fazındaki MLSS derişiminin zamanla değişimi..... | 175 |
| 4.5.1.5.2. %20'lik HNO ₃ kullanılarak 60min SNKS'da pişirilerek ön işleme tabii tutulan arıtma çamurunun sulu fazındaki KOİ derişiminin zamanla değişimi..... | 176 |
| 4.5.1.5.3. %20'lik HNO ₃ kullanılarak 60min SNKS'da pişirilerek ön işleme tabii tutulan arıtma çamurunun sulu fazındaki BOİ ₅ derişiminin zamanla değişimi..... | 177 |
| 4.5.1.6. Mikrodalga ön işlemi uygulanmış arıtma çamurunun sulu çözteltisi | 178 |
| 4.5.1.6.1. %20'lik HNO ₃ kullanılarak 15min Mikrodalga radyasyonunda ön işleme tabii tutulan arıtma | |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| çamurunun sulu fazındaki MLSS derişiminin zamanla değişimi..... | 179 |
| 4.5.1.6.2. %20'lik HNO ₃ kullanılarak 15min Mikrodalga radyasyonunda ön işleme tabii tutulan arıtma çamurunun sulu fazındaki KOİ derişiminin zamanla değişimi..... | 180 |
| 4.5.1.6.3. %20'lik HNO ₃ kullanılarak 15min Mikrodalga radyasyonunda ön işleme tabii tutulan arıtma çamurunun sulu fazındaki BOİ ₅ derişiminin zamanla değişimi..... | 181 |
| 4.5.1.7. Ultrases ön işlemi uygulanmış arıtma çamurunun sulu çözeltisi | 183 |
| 4.5.1.7.1. %20 NaOH kullanılarak 60min Ultrases dalgalarında ön işleme tabii tutulan arıtma çamurunun sulu fazındaki MLSS derişiminin zamanla değişimi..... | 183 |
| 4.5.1.7.2. %20 NaOH kullanılarak 60min Ultrases dalgalarında ön işleme tabii tutulan arıtma çamurunun sulu fazındaki KOİ derişiminin zamanla değişimi..... | 185 |
| 4.5.1.7.3. %20 NaOH kullanılarak 60min Ultrases dalgalarında ön işleme tabii tutulan arıtma çamurunun sulu fazındaki BOİ ₅ derişiminin zamanla değişimi..... | 186 |
| 4.5.1.8. Arıtma çamurunun en yüksek suda çözünürlüğe sahip Örneklerinde MLSS, KOİ ve BOİ ₅ 'nin karşılaştırılması..... | 187 |
| 4.5.2. Portakal Posası Örneklerinde MLSS, KOİ ve BOİ ₅ 'in Zamanla Değişimi..... | 189 |
| 4.5.2.1. Orijinal portakal posasının sulu karışımı..... | 189 |
| 4.5.2.1.1. Orijinal portakal posasının sulu fazındaki MLSS derişiminin zamanla değişimi..... | 189 |
| 4.5.2.1.2. Orijinal portakal posasının sulu fazındaki KOİ derişiminin zamanla değişimi..... | 191 |
| 4.5.2.1.3. Orijinal portakal posasının sulu fazındaki BOİ ₅ derişiminin zamanla değişimi..... | 192 |
| 4.5.2.2. Oda sıcaklığında bekletilen portakal posasının sulu çözeltisi..... | 193 |
| 4.5.2.2.1. Oda sıcaklığında bekletilen portakal posasının sulu fazındaki MLSS derişiminin zamanla değişimi..... | 193 |
| 4.5.2.2.2. Oda sıcaklığında bekletilen portakal posasının sulu fazındaki KOİ derişiminin zamanla değişimi..... | 195 |
| 4.5.2.2.3. Oda sıcaklığında bekletilen portakal posasının sulu fazındaki BOİ ₅ derişiminin zamanla değişimi..... | 196 |
| 4.5.2.3. Isıl ön işlem uygulanmış portakal posasının sulu çözeltisi.. | 197 |
| 4.5.2.3.1. 60min pişirilerek ön işleme tabii tutulan portakal | |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| posasındaki MLSS derişiminin zamanla değişimi | 197 |
| 4.5.2.3.2. 60min pişirilerek ön işleme tabii tutulan portakal posasındaki KOİ derişiminin zamanla değişimi... | 199 |
| 4.5.2.3.3. 60min pişirilerek ön işleme tabii tutulan portakal posasındaki BOİ ₅ derişiminin zamanla değişimi... | 200 |
| 4.5.2.4. Kimyasal ön işlem uygulanmış portakal posasının sulu çözeltisi..... | 201 |
| 4.5.2.4.1. %20'lik NaOH kullanılarak 15min oda koşullarında bekletilip ön işleme tabii tutulan portakal posasının sulu fazındaki MLSS derişiminin zamanla değişimi..... | 201 |
| 4.5.2.4.2. %20'lik NaOH kullanılarak 15min oda koşullarında bekletilip ön işleme tabii tutulan portakal posasının sulu fazındaki KOİ derişiminin zamanla değişimi..... | 203 |
| 4.5.2.4.3. %20'lik NaOH kullanılarak 15min oda koşullarında bekletilip ön işleme tabii tutulan portakal posasının sulu fazındaki BOİ ₅ derişiminin zamanla değişimi..... | 204 |
| 4.5.2.5. Isıkimyasal ön işlem uygulanmış portakal posasının sulu çözeltisi..... | 205 |
| 4.5.2.5.1. %10'luk HNO ₃ kullanılarak 30min SNKS'da pişirilerek ön işleme tabii tutulan portakal posasının sulu fazındaki MLSS derişiminin zamanla değişimi..... | 206 |
| 4.5.2.5.2. %10'luk HNO ₃ kullanılarak 30min SNKS'da pişirilerek ön işleme tabii tutulan portakal posasının sulu fazındaki KOİ derişiminin zamanla değişimi..... | 207 |
| 4.5.2.5.3. %10'luk HNO ₃ kullanılarak 30min SNKS'da pişirilerek ön işleme tabii tutulan portakal posasının sulu fazındaki BOİ ₅ derişiminin zamanla değişimi..... | 208 |
| 4.5.2.6. Mikrodalga ön işlemi uygulanmış portakal posası..... | 210 |
| 4.5.2.6.1. %15'lik HNO ₃ kullanılarak 15min Mikrodalga radyasyonunda ön işleme tabii tutulan portakal posasının sulu fazındaki MLSS derişiminin zamanla değişimi..... | 210 |
| 4.5.2.6.2. %15'lik HNO ₃ kullanılarak 15min Mikrodalga radyasyonunda ön işleme tabii tutulan portakal posasının sulu fazındaki KOİ derişiminin zamanla değişimi..... | 211 |
| 4.5.2.6.3. %15'lik HNO ₃ kullanılarak 15min Mikrodalga radyasyonunda ön işleme tabii tutulan portakal posasının sulu fazındaki BOİ ₅ derişiminin zamanla değişimi..... | 212 |
| 4.5.2.7. Ultrases ön işlemi uygulanmış portakal posası..... | 214 |
| 4.5.2.7.1. %15 NaOH kullanılarak 30min Ultrases | |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| dalgalarında ön işleme tabii tutulan portakal posasının sulu fazındaki MLSS derişiminin zamanla değişimi..... | 214 |
| 4.5.2.7.2. Ultrases ön işleme tabii tutulan portakal posasının sulu fazındaki KOİ derişiminin zamanla değişimi..... | 216 |
| 4.5.2.7.3. Ultrases ön işleme tabii tutulan portakal posasının sulu fazındaki BOİ5 derişiminin zamanla değişimi..... | 217 |
| 4.5.2.8. Portakal posasının en yüksek suda çözünürlüğe sahip örneklerinde MLSS, KOİ ve BOİ5'nin karşılaştırılması..... | 218 |
| 5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER..... | 221 |
| KAYNAKLAR..... | 231 |
| ÖZGEÇMİŞ..... | 241 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

| <u>ÇİZELGE</u> | <u>Sayfa</u> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Çizelge 2.1. Ham ve çürütülmüş çamur özellikleri, kimyasal bileşimleri ve derişimleri..... | 6 |
| Çizelge 2.2. Arıtma Çamurları ve Yapay Gübrelerdeki Temel Besin Elementi Derişimleri..... | 7 |
| Çizelge 2.3. Atıksu Arıtma Tesisi Çamurundaki Metal İyonu Derişimleri..... | 7 |
| Çizelge 2.4. Portakal Meyvesinin Bileşimi ve Bileşenlerin Derişimleri..... | 9 |
| Çizelge 2.5. Türkiye’de Üretilen Portakalın Yıllara Göre Dağılımı..... | 9 |
| Çizelge 2.6. Türkiye’de Yıllar İtibariyle Meyve Suyu ve Konsantresi Üretimi..... | 10 |
| Çizelge 4.1. Tarsus Atıksu Arıtma Tesisi Şubat 2008 Ayı Atıksu Analiz Raporu ... | 57 |
| Çizelge 4.2. Tarsus Eysel Atıksu Arıtma Tesisi Arıtma Çamurunun Bazı Özellikleri Analizler..... | 58 |
| Çizelge 4.3. Tarsus Eysel Atıksu Arıtma Tesisi Arıtma Çamuru Örneği Analiz Raporu. | 59 |
| Çizelge 4.4. ETAP Tarım ve Gıda Ürünleri Ambalaj San. ve Tic. A.Ş. Fabrikası Portakal Posasının Bazı Özellikleri..... | 60 |
| Çizelge 4.5. ETAP Tarım ve Gıda Ürünleri Ambalaj San. ve Tic. A.Ş. Fabrikası Portakal Posasında Değişik Çözücülerde Özütlenen Madde Miktarları ve Yüzdeleri..... | 62 |
| Çizelge 4.6. Arıtma Çamurunun Uygulanan Asidik Kimyasal Ön İşlemler İçin Kimyasallar Arası Farkı İnceleyen F Testi..... | 70 |
| Çizelge 4.7. Arıtma Çamurunun Uygulanan Asidik Kimyasal Ön İşlemler İçin Kullanılan Kimyasal Yüzdelerinin Farkını İnceleyen F Testi..... | 70 |
| Çizelge 4.8. Arıtma Çamurunun Uygulanan Asidik Kimyasal Ön İşlemler İçin Tepkime Sürelerinin Farkını İnceleyen F Testi..... | 71 |
| Çizelge 4.9. Arıtma Çamurunun Uygulanan Bazik Kimyasal Ön İşlemler İçin Kimyasallar Arası Farkı İnceleyen F Testi..... | 71 |
| Çizelge 4.10. Arıtma Çamurunun Uygulanan Bazik Kimyasal Ön İşlemler İçin Kullanılan Kimyasal Yüzdelerinin Farkını İnceleyen F Testi..... | 72 |
| Çizelge 4.11. Arıtma Çamurunun Uygulanan Bazik Kimyasal Ön İşlemler İçin Tepkime Sürelerinin Farkını İnceleyen F Testi..... | 72 |
| Çizelge 4.12. Asidik ve Bazik Ortamda Suda Çözünme Miktarları Arasındaki Farkı İnceleyen T Testi..... | 73 |
| Çizelge 4.13. Asidik Suda Çözünme ve Bazik Suda Çözünme Miktarlarının Birbirleri İle İlişisini İnceleyen Korelasyon Analizi..... | 73 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 4.14. Portakal Posasının Uygulanan Asidik Kimyasal Ön İşlemlerde Kimyasallar Arası Suda Çözünme Miktarı Farkını İnceleyen F Testi. | 74 |
| Çizelge 4.15. Portakal Posasının Uygulanan Asidik Kimyasal Ön İşlemlerde Kimyasal Yüzdesine Göre Suda Çözünme Miktarı Farkını İnceleyen F Testi..... | 74 |
| Çizelge 4.16. Portakal Posasının Uygulanan Asidik Kimyasal Ön İşlemlerde Ön İşlem Süresine Göre Suda Çözünme Miktarı Farkını İnceleyen F Testi..... | 75 |
| Çizelge 4.17. Portakal Posasının Uygulanan Bazik Kimyasal Ön İşlemlerde Kimyasallara Göre Suda Çözünme Miktarı Farkını İnceleyen F Testi | 75 |
| Çizelge 4.18. Portakal Posasının Uygulanan Bazik Kimyasal Ön İşlemlerde Kimyasal Yüzdesine Göre Suda Çözünme Miktarı Farkını İnceleyen F Testi..... | 75 |
| Çizelge 4.19. Portakal Posasının Uygulanan Bazik Kimyasal Ön İşlemlerde Ön İşlem Süresine Göre Suda Çözünme Miktarı Farkını İnceleyen F Testi..... | 76 |
| Çizelge 4.20. Asidik Bazik Ortamda Suda Çözünme Miktarları Arasındaki Farkı İnceleyen T Testi..... | 76 |
| Çizelge 4.21. Asidik Suda Çözünme ve Bazik Suda Çözünme Miktarlarının Birbirleri İle İlişkisini İnceleyen Korelasyon Analizi..... | 76 |
| Çizelge 4.22. Arıtma Çamurunun Uygulanan Isıl Kimyasal Ön İşlemler İçin Kimyasallar Arası Farkı İnceleyen F Testi..... | 82 |
| Çizelge 4.23. Arıtma Çamurunun Uygulanan Isıl Kimyasal Ön İşlemler İçin Kullanılan Kimyasal Miktarı Farkını İnceleyen F Testi..... | 82 |
| Çizelge 4.24. Arıtma Çamurunun Uygulanan Isıl Kimyasal Ön İşlemler İçin Pişirme Süresi Farkını İnceleyen F Testi..... | 83 |
| Çizelge 4.25. Portakal Posasının Uygulanan Isıl Kimyasal Ön İşlemler İçin Kimyasallar Arası Farkı İnceleyen F Testi..... | 88 |
| Çizelge 4.26. Portakal Posasının Uygulanan Isıl Kimyasal Ön İşlemler İçin Kullanılan Kimyasal Miktarı Farkını İnceleyen F Testi..... | 88 |
| Çizelge 4.27. Portakal Posasının Uygulanan Isıl Kimyasal Ön İşlemler İçin Pişirme Süresi Farkını İnceleyen F Testi..... | 89 |
| Çizelge 4.28. Arıtma Çamuru ve Portakal Posası Sonucu Oluşan Tepkime Miktarları Arasındaki Farkı İnceleyen T Testi..... | 89 |
| Çizelge 4.29. Arıtma Çamuru ve Portakal Posası Sonucu Oluşan Tepkime Miktarları Arasındaki İlişkiyi İnceleyen Korelasyon Analizi..... | 90 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Çizelge 4.30. Mikrodalga Ön İşlemlerde Arıtma Çamuru Örneği İçin Kimyasallar Arasındaki Suda Çözünme Farkını İnceleyen F Testi..... | 95 |
| Çizelge 4.31. Mikrodalga Ön İşlemlerde Arıtma Çamuru Örneği İçin Kimyasal Yüzdelerine Göre Suda Çözünme Farkını İnceleyen F Testi..... | 95 |
| Çizelge 4.32. Mikrodalga Ön İşlemlerde Arıtma Çamuru Örneği İçin Ön İşlem Süresine Göre Suda Çözünme Farkını İnceleyen F Testi..... | 96 |
| Çizelge 4.33. Arıtma Çamurunun Kütlece %7 Katı Madde İçeren Sulu Karışımlarına Uygulanan Asidik ve Bazik Mikrodalga Ön İşlemleri için T Testi..... | 96 |
| Çizelge 4.34. Mikrodalga Ön İşlemlerde Portakal Posası Örneği İçin Kimyasallara Göre Suda Çözünme Farkını İnceleyen F Testi..... | 101 |
| Çizelge 4.35. Mikrodalga Ön İşlemlerde Portakal Posası Örneği İçin Kimyasal Yüzdelerine Göre Suda Çözünme Farkını İnceleyen F Testi..... | 101 |
| Çizelge 4.36. Mikrodalga Ön İşlemlerde Portakal Posası Örneği İçin Ön İşlem Süresine Göre Suda Çözünme Farkını İnceleyen F Testi..... | 102 |
| Çizelge 4.37. Mikrodalga Ön İşlemlerde Arıtma Çamuru ile Portakal Posası Örnekleri Arasındaki Suda Çözünme Farkını İnceleyen T Testi..... | 102 |
| Çizelge 4.38. Arıtma Çamuru ile Portakal Posası Suda Çözünme Miktarları Arasındaki İlişkiyi İnceleyen Korelasyon Analizi..... | 103 |
| Çizelge 4.39. Ultrases Ön İşlemlerde Arıtma Çamuru Örneği İçin Kimyasallara Göre Suda Çözünme Miktarları Arasındaki Farkı İnceleyen F Testi... | 112 |
| Çizelge 4.40. Ultrases Ön İşlemlerde Arıtma Çamuru Örneği İçin Kimyasal Yüzdelerine Göre Suda Çözünme Miktarları Arasındaki Farkı İnceleyen F Testi..... | 113 |
| Çizelge 4.41. Ultrases Ön İşlemlerde Arıtma Çamuru Örneği İçin Ön İşlem Süresine Göre Suda Çözünme Miktarları Arasındaki Farkı İnceleyen F Testi..... | 113 |
| Çizelge 4.42. Arıtma Çamurunun Kütlece %7 Katı Madde İçeren Sulu Karışımlarına Uygulanan Ultrases Ön İşlemleri için T Testi..... | 114 |
| Çizelge 4.43. Ultrases Ön İşlemlerde Portakal Posası Örneği İçin Kimyasallara Göre Suda Çözünme Miktarları Arasındaki Farkı İnceleyen F Testi... | 122 |
| Çizelge 4.44. Ultrases Ön İşlemlerde Portakal Posası Örneği İçin Kimyasal Miktarlarına Göre Suda Çözünme Miktarları Arasındaki Farkı İnceleyen F Testi..... | 122 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Çizelge 4.45. Ultrases Ön İşlemlerde Portakal Posası Örneği İçin Ön İşlem Süresine Göre Suda Çözünme Miktarları Arasındaki Farkı İnceleyen F Testi..... | 123 |
| Çizelge 4.46. Ultrases Ön İşlemlerde Arıtma Çamuru ile Portakal Posası Örnekleri Arasındaki Suda Çözünme Farkını İnceleyen T Testi..... | 123 |
| Çizelge 4.47. Arıtma Çamuru ile Portakal Posası Suda Çözünme Miktarları Arasındaki İlişkiyi İnceleyen Korelasyon Analizi..... | 124 |
| Çizelge 4.48. Arıtma Çamuruna Uygulanan Ön İşlemler ve Anaerobik İşlem İçin Seçilen En Yüksek Çözünürlüğe Sahip Sulu Fazlar..... | 126 |
| Çizelge 4.49. Portakal Posasına Uygulanan Ön İşlemler ve Anaerobik İşlem İçin Seçilen En Yüksek Çözünürlüğe Sahip Sulu Fazlar..... | 126 |
| Çizelge 4.50. Anaerobik İşlem Süresince Arıtma Çamurunun Sulu Çözeltilinde Üretilen Biyogaz ve Metan Miktarı, Biyogaz ve Metan Üretim Verimleri..... | 127 |
| Çizelge 4.51. Anaerobik İşlem Süresince Portakal Posasının Sulu Çözeltilinde Üretilen Biyogaz ve Metan Miktarı, Biyogaz ve Metan Üretim Verimleri..... | 128 |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| <u>SEKİL</u> | <u>Sayfa</u> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Şekil 2.1. Portakal Suyu Üretimi Akım Şeması..... | 10 |
| Şekil 2.2. Ultrases kabarcık yapısı..... | 14 |
| Şekil 2.3. Anaerobik Parçalanma İşleminin Mekanizması..... | 16 |
| Şekil 2.4. Merkezi Bir Biyogaz Tesisinin Şematik Görünümü..... | 25 |
| Şekil 3.1. DNS ile Şeker Tayininde Absorbansın Derişimle Değişim Standart Grafiği..... | 39 |
| Şekil 3.2. Arıtma Çamurunun Uygulanan İşlemleri ve İşlemlerin Akım Şeması..... | 42 |
| Şekil 3.3. Portakal Posasının Uygulanan İşlemleri ve İşlemlerin Akım Şeması..... | 43 |
| Şekil 3.4. a. Örneklere Kimyasal Maddelerle Ön İşlem Uygulanması, b. Ön İşlem Uygulanmış Örnekler..... | 44 |
| Şekil 3.5. Sulu Karışımlara Isilkimyasal Ön İşlem Uygulama Düzeneği..... | 45 |
| Şekil 3.6. Sulu Karışımlara Uygulanan Mikrodalga Ön İşlem Düzeneği..... | 46 |
| Şekil 3.7. Sulu Karışımlara Uygulanan Ultrases Ön İşlem Düzeneği..... | 47 |
| Şekil 3.8. a. Örneklerin Cam Pamuğunda Süzülmesi ve Yıkanması Uygulaması b. Etüve Konulmak Üzere Yıkanmış Örneğin Cam Pamuğundaki Görüntüsü..... | 49 |
| Şekil 3.9.a. Sulu Faza Geçmeyen Katı Kısımın Etüvde Kurutulması b. Etüvden Çıkartılan Örneklerin Tartılmadan Önce Desikatörde Soğutulması..... | 49 |
| Şekil 3.10. Örneklerin pH'larının Ayarlanması..... | 50 |
| Şekil 3.11.a. Anaerobik İşlemin Gerçekleşeceği Şişeler b. Anaerobik İşlemin Gerçekleştiği ve Analiz için Kullanılan Örnek Şişeleri..... | 52 |
| Şekil 3.12.a. Azot Gazı, b. Örneklere Azot Basılması..... | 53 |
| Şekil 3.13.a. Anaerobik İşlemdeki Örneklerin 35°C'de 30 gün Bekletilmesi, b. KOİ, BOİ ₅ ve MLSS Derişimlerinin Saptandığı Şişelerde Oluşan Gazın Boşaltılması..... | 54 |
| Şekil 3.14. Orsat-Tipi Gaz Analiz Cihazı..... | 55 |
| Şekil 4.1. Arıtma Çamuru ve Portakal Posasının TANNER Diyagramında Gösterimi..... | 61 |
| Şekil 4.2. Oda Sıcaklığında Bekletilen Arıtma Çamuru ve Portakal Posasının Suda Çözünürlüğü..... | 62 |
| Şekil 4.3. Arıtma Çamurunun Sulu Karışımlarına Uygulanan Isıl Ön İşlemler..... | 63 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 4.4. Portakal Posasının Sulu Karışımlarına Uygulanan Isıl Ön İşlemler..... | 64 |
| Şekil 4.5. Arıtma Çamurunun Sulu Karışımlarına H ₂ SO ₄ ve HNO ₃ Uygulanan Ön İşlemler..... | 66 |
| Şekil 4.6. Arıtma Çamurunun Sulu Karışımlarına KOH ve NaOH Uygulanan Ön İşlemler | 66 |
| Şekil 4.7. Portakal Posasının Sulu Karışımlarına H ₂ SO ₄ ve HNO ₃ Uygulanan Ön İşlemler | 68 |
| Şekil 4.8. Portakal Posasının Sulu Karışımlarına KOH ve NaOH Uygulanan Ön İşlemler | 69 |
| Şekil 4.9. Arıtma Çamurunun Sulu Karışımlarına H ₂ SO ₄ Uygulanan Isıl Ön İşlemler | 78 |
| Şekil 4.10. Arıtma Çamurunun Sulu Karışımlarına HNO ₃ Uygulanan Isıl Ön İşlemler | 79 |
| Şekil 4.11. Arıtma Çamurunun Sulu Karışımlarına KOH Uygulanan Isıl Ön İşlemler | 80 |
| Şekil 4.12. Arıtma Çamurunun Sulu Karışımlarına NaOH Uygulanan Isıl Ön İşlemler..... | 81 |
| Şekil 4.13. Portakal Posasının Sulu Karışımlarına H ₂ SO ₄ Uygulanan Isıl Ön İşlemler..... | 84 |
| Şekil 4.14. Portakal Posasının Sulu Karışımlarına HNO ₃ Uygulanan Isıl Ön İşlemler..... | 85 |
| Şekil 4.15. Portakal Posasının Sulu Karışımlarına KOH Uygulanan Isıl Ön İşlemler..... | 86 |
| Şekil 4.16. Portakal Posasının Sulu Karışımlarına NaOH Uygulanan Isıl Ön İşlemler..... | 87 |
| Şekil 4.17. Arıtma Çamurunun Sulu Karışımlarına Doğrudan Uygulanan Mikrodalga Ön İşlemleri..... | 92 |
| Şekil 4.18. Arıtma Çamurunun Sulu Karışımlarına H ₂ SO ₄ ve HNO ₃ Uygulanan Mikrodalga Ön İşlemleri..... | 93 |
| Şekil 4.19. Arıtma Çamurunun Sulu Karışımlarına KOH ve NaOH Uygulanan Mikrodalga Ön İşlemleri..... | 94 |
| Şekil 4.20. Portakal Posasının Sulu Karışımlarına Doğrudan Uygulanan Mikrodalga Ön İşlemi..... | 98 |
| Şekil 4.21. Portakal Posasının Sulu Karışımlarına H ₂ SO ₄ ve HNO ₃ Uygulanan Mikrodalga Ön İşlemleri..... | 99 |
| Şekil 4.22. Portakal Posasının Sulu Karışımlarına KOH ve NaOH Uygulanan | 100 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Mikrodalga Ön İşlemleri..... | |
| Şekil 4.23. Arıtma Çamurunun Sulu Karışımlarına Doğrudan Uygulanan Ultrases Ön İşlemi | 105 |
| Şekil 4.24. Arıtma Çamurunun Sulu Karışımlarına H ₂ SO ₄ Uygulanan Ultrases Ön İşlemleri..... | 107 |
| Şekil 4.25. Arıtma Çamurunun Sulu Karışımlarına HNO ₃ Uygulanan Ultrases Ön İşlemleri..... | 108 |
| Şekil 4.26. Arıtma Çamurunun Sulu Karışımlarına KOH Uygulanan Ultrases Ön İşlemleri..... | 110 |
| Şekil 4.27. Arıtma Çamurunun Sulu Karışımlarına NaOH Uygulanan Ultrases Ön İşlemleri..... | 111 |
| Şekil 4.28. Portakal Posasının Sulu Karışımlarına Doğrudan Uygulanan Ultrases Ön İşlemleri..... | 115 |
| Şekil 4.29. Portakal Posasının Sulu Karışımlarına H ₂ SO ₄ Uygulanan Ultrases Ön İşlemleri | 116 |
| Şekil 4.30. Portakal Posasının Sulu Karışımlarına HNO ₃ Uygulanan Ultrases Ön İşlemleri | 118 |
| Şekil 4.31. Portakal Posasının Sulu Karışımlarına KOH Uygulanan Ultrases Ön İşlemleri | 120 |
| Şekil 4.32. Portakal Posasının Sulu Karışımlarına NaOH Uygulanan Ultrases Ön İşlemleri | 121 |
| Şekil 4.33. Orijinal Arıtma Çamurunda Zamanla Üretilen Biyogaz Miktarı..... | 130 |
| Şekil 4.34. Orijinal Arıtma Çamurunda Zamanla Üretilen Metan Miktarı..... | 131 |
| Şekil 4.35. Orijinal Portakal Posasında Zamanla Üretilen Biyogaz Miktarı..... | 132 |
| Şekil 4.36. Orijinal Portakal Posasında Zamanla Üretilen Metan Miktarı..... | 133 |
| Şekil 4.37. Oda Sıcaklığında Bekletilen Arıtma Çamurunun Sulu Çözeltisinde Zamanla Üretilen Biyogaz Miktarı..... | 134 |
| Şekil 4.38. Oda Sıcaklığında Bekletilen Arıtma Çamurunun Sulu Çözeltisinde Zamanla Üretilen Metan Miktarı..... | 135 |
| Şekil 4.39. 30min Pişirilerek Isıl Ön İşlem Uygulanmış Arıtma Çamurunun Sulu Çözeltisinde Zamanla Üretilen Biyogaz Miktarı | 136 |
| Şekil 4.40. 30min Pişirilerek Isıl Ön İşlem Uygulanmış Arıtma Çamurunun Sulu Çözeltisinde Zamanla Üretilen Metan Miktarı | 137 |
| Şekil 4.41. %20'lik NaOH Kullanılarak 15min Oda Koşullarında Bekletilerek Ön İşlem Uygulanmış Arıtma Çamurunun Sulu Çözeltisinde Zamanla Üretilen Biyogaz Miktarı..... | 138 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 4.42. %20'lik NaOH Kullanılarak 15min Oda Koşullarında Bekletilerek Ön İşlem Uygulanmış Arıtma Çamurunun Sulu Çözeltisinde Zamanla Üretilen Metan Miktarı..... | 139 |
| Şekil 4.43. %20'lik HNO ₃ Kullanılarak 60min SNKS'da Pişirilerek Ön İşlem Uygulanmış Arıtma Çamurunun Sulu Çözeltisinde Zamanla Üretilen Biyogaz Miktarı..... | 140 |
| Şekil 4.44. %20'lik HNO ₃ Kullanılarak 60min SNKS'da Pişirilerek Ön İşlem Uygulanmış Arıtma Çamurunun Sulu Çözeltisinde Zamanla Üretilen Metan Miktarı..... | 141 |
| Şekil 4.45. %20'lik HNO ₃ Kullanılarak 15min Mikrodalga Radyasyonunda Ön İşlem Uygulanmış Arıtma Çamurunun Sulu Çözeltisinde Zamanla Üretilen Biyogaz Miktarı..... | 142 |
| Şekil 4.46. %20'lik HNO ₃ Kullanılarak 15min Mikrodalga Radyasyonunda Ön İşlem Uygulanmış Arıtma Çamurunun Sulu Çözeltisinde Zamanla Üretilen Metan Miktarı..... | 143 |
| Şekil 4.47. %20 NaOH Kullanılarak 60min Ultrases Dalgalarında Ön İşlem Uygulanmış Arıtma Çamurunun Sulu Çözeltisinde Zamanla Üretilen Biyogaz Miktarı..... | 144 |
| Şekil 4.48. %20 NaOH Kullanılarak 60min Ultrases Dalgalarında Ön İşlem Uygulanmış Arıtma Çamurunun Sulu Çözeltisinde Zamanla Üretilen Metan Miktarı..... | 145 |
| Şekil 4.49. Oda Sıcaklığında Bekletilen Portakal Posasının Sulu Çözeltisinde Zamanla Üretilen Biyogaz Miktarı..... | 146 |
| Şekil 4.50. Oda Sıcaklığında Bekletilen Portakal Posasının Sulu Çözeltisinde Zamanla Üretilen Metan Miktarı..... | 147 |
| Şekil 4.51. 60min Pişirilerek Ön İşlem Uygulanmış Portakal Posasının Sulu Çözeltisinde Zamanla Üretilen Biyogaz Miktarı..... | 148 |
| Şekil 4.52. 60min Pişirilerek Ön İşlem Uygulanmış Portakal Posasının Sulu Çözeltisinde Zamanla Üretilen Metan Miktarı..... | 149 |
| Şekil 4.53. %20'lik NaOH Kullanılarak 15min Oda Koşullarında Bekletilerek Ön İşlem Uygulanmış Portakal Posasının Sulu Çözeltisinde Zamanla Üretilen Biyogaz Miktarı..... | 150 |
| Şekil 4.54. %20'lik NaOH Kullanılarak 15min Oda Koşullarında Bekletilerek Ön İşlem Uygulanmış Portakal Posasının Sulu Çözeltisinde Zamanla Üretilen Metan Miktarı..... | 151 |
| Şekil 4.55. %10'luk HNO ₃ Kullanılarak 30min SNKS'da Pişirilerek Ön İşlem Uygulanmış Portakal Posasının Sulu Çözeltisinde Zamanla Üretilen | |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Biyogaz Miktarı..... | 152 |
| Şekil 4.56. %10'luk HNO ₃ Kullanılarak 30min SNKS'da Pişirilerek Ön İşlem Uygulanmış Portakal Posasının Sulu Çözeltisinde Zamanla Üretilen Metan Miktarı..... | 153 |
| Şekil 4.57. %15'lik HNO ₃ Kullanılarak 15min Mikrodalga Radyasyonunda Ön İşlem Uygulanmış Portakal Posasının Sulu Çözeltisinde Zamanla Üretilen Biyogaz Miktarı..... | 154 |
| Şekil 4.58. %15'lik HNO ₃ Kullanılarak 15min Mikrodalga Radyasyonunda Ön İşlem Uygulanmış Portakal Posasının Sulu Çözeltisinde Zamanla Üretilen Metan Miktarı..... | 155 |
| Şekil 4.59. %15 NaOH Kullanılarak 30min Ultrases Dalgalarında Ön İşlem Uygulanmış Portakal Posasının Sulu Çözeltisinde Zamanla Üretilen Biyogaz Miktarı..... | 156 |
| Şekil 4.60. %15 NaOH Kullanılarak 30min Ultrases Dalgalarında Ön İşlem Uygulanmış Portakal Posasının Sulu Çözeltisinde Zamanla Üretilen Metan Miktarı..... | 157 |
| Şekil 4.61. Orijinal Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki MLSS Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 159 |
| Şekil 4.62. Orijinal Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki KOİ Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 160 |
| Şekil 4.63. Orijinal Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki BOİ ₅ Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 161 |
| Şekil 4.64. Oda Sıcaklığında Bekletilen Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki MLSS Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 162 |
| Şekil 4.65. Oda Sıcaklığında Bekletilen Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki KOİ Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 164 |
| Şekil 4.66. Oda Sıcaklığında Bekletilen Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki BOİ ₅ Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 165 |
| Şekil 4.67. 30min Pişirilerek Ön İşleme Uygulanan Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki MLSS Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 166 |
| Şekil 4.68. 30min Pişirilerek Ön İşleme Uygulanan Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki KOİ Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 168 |
| Şekil 4.69. 30min Pişirilerek Ön İşleme Uygulanan Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki BOİ ₅ Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 169 |
| Şekil 4.70. %20'lik NaOH Kullanılarak 15min Oda Koşullarında Bekletilip Ön İşleme Uygulanan Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki MLSS Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 171 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 4.71. %20'lik NaOH Kullanılarak 15min Oda Koşullarında Bekletilerek Ön İşleme Uygulanan Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki KOİ Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 172 |
| Şekil 4.72. %20'lik NaOH Kullanılarak 15min Oda Koşullarında Bekletilerek Ön İşleme Uygulanan Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki BOİ ₅ Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 173 |
| Şekil 4.73. %20'lik HNO ₃ Kullanılarak 60min SNKS'da Pişirilerek Ön İşleme Uygulanan Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki MLSS Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 175 |
| Şekil 4.74. %20'lik HNO ₃ Kullanılarak 60min SNKS'da Pişirilerek Ön İşlem Uygulanan Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki KOİ Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 176 |
| Şekil 4.75. %20'lik HNO ₃ Kullanılarak 60min SNKS'da Pişirilerek Ön İşleme Uygulanan Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki BOİ ₅ Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 177 |
| Şekil 4.76. %20'lik HNO ₃ Kullanılarak 15min Mikrodalga Radyasyonunda Ön İşleme Uygulanan Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki MLSS Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 179 |
| Şekil 4.77. %20'lik HNO ₃ Kullanılarak 15min Mikrodalga Radyasyonunda Ön İşleme Tabi Tutulan Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki KOİ Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 181 |
| Şekil 4.78. %20'lik HNO ₃ Kullanılarak 15min Mikrodalga Radyasyonunda Ön İşleme Uygulanan Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki BOİ ₅ Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 182 |
| Şekil 4.79. %20 NaOH Kullanılarak 60min Ultrases Dalgalarında Ön İşleme Uygulanan Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki MLSS Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 184 |
| Şekil 4.80. %20 NaOH Kullanılarak 60min Ultrases Dalgalarında Ön İşleme Uygulanan Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki KOİ Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 185 |
| Şekil 4.81. %20 NaOH Kullanılarak 60min Ultrases Dalgalarında Ön İşleme Uygulanan Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki BOİ ₅ Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 186 |
| Şekil 4.82. Orijinal Portakal Posasının Sulu Fazındaki MLSS Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 190 |
| Şekil 4.83. Orijinal Portakal Posasının Sulu Fazındaki KOİ Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 191 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 4.84. Orijinal Portakal Posasının Sulu Fazındaki BOİ ₅ Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 192 |
| Şekil 4.85. Oda Sıcaklığında BekletilenPortakal Posasının Sulu Fazındaki MLSS Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 194 |
| Şekil 4.86. Oda Sıcaklığında BekletilenPortakal Posasının Sulu Fazındaki KOİ Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 195 |
| Şekil 4.87. Oda Sıcaklığında BekletilenPortakal Posasının Sulu Fazındaki BOİ ₅ Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 196 |
| Şekil 4.88. 60min Pişirilerek Ön İşleme Uygulanan Portakal Posasının Sulu Fazındaki MLSS Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 198 |
| Şekil 4.89. 60min Pişirilerek Ön İşleme Uygulanan Portakal Posasının Sulu Fazındaki KOİ Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 199 |
| Şekil 4.90. 60min Pişirilerek Ön İşleme Uygulanan Portakal Posasının Sulu Fazındaki BOİ ₅ Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 200 |
| Şekil 4.91. %20'lik NaOH Kullanılarak 15min Oda Koşullarında Bekletilip Ön İşlem Uygulanan Portakal Posasının Sulu Fazındaki MLSS Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 202 |
| Şekil 4.92. %20'lik NaOH Kullanılarak 15min Oda Koşullarında Bekletilip Ön İşleme Tabi Tutulan Portakal Posasının Sulu Fazındaki KOİ Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 203 |
| Şekil 4.93. %20'lik NaOH Kullanılarak 15min Oda Koşullarında Bekletilip Ön İşleme Uygulanan Portakal Posasının Sulu Fazındaki BOİ ₅ Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 204 |
| Şekil 4.94. %10'luk HNO ₃ Kullanılarak 30min SNKS'da Pişirilerek Ön İşleme Uygulanan Portakal Posasının Sulu Fazındaki MLSS Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 206 |
| Şekil 4.95. %10'luk HNO ₃ Kullanılarak 30min SNKS'da Pişirilerek Ön İşleme Uygulanan Portakal Posasının Sulu Fazındaki KOİ Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 207 |
| Şekil 4.96. %10'luk HNO ₃ Kullanılarak 30min SNKS'da Pişirilerek Ön İşleme Uygulanan Portakal Posasının Sulu Fazındaki BOİ ₅ Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 208 |
| Şekil 4.97. %15'lik HNO ₃ Kullanılarak 15min Mikrodalga Radyasyonunda Ön İşleme Uygulanan Portakal Posasının Sulu Fazındaki MLSS Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 210 |
| Şekil 4.98. %15'lik HNO ₃ Kullanılarak 15min Mikrodalga Radyasyonunda Ön İşleme Uygulanan Portakal Posasının Sulu Fazındaki KOİ | |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 212 |
| Şekil 4.99. %15'lik HNO ₃ Kullanılarak 15min Mikrodalga Radyasyonunda Ön İşleme Uygulanan Portakal Posasının Sulu Fazındaki BOİ ₅ Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 213 |
| Şekil 4.100. %15 NaOH Kullanılarak 30min Ultrases Dalgalarında Ön İşleme Uygulanan Portakal Posasının Sulu Fazındaki MLSS Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 215 |
| Şekil 4.101. %15 NaOH Kullanılarak 30min Ultrases Dalgalarında Ön İşleme Uygulanan Portakal Posasının Sulu Fazındaki KOİ Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 216 |
| Şekil 4.102. %15 NaOH Kullanılarak 30min Ultrases Dalgalarında Ön İşleme Uygulanan Portakal Posasının Sulu Fazındaki BOİ ₅ Derişiminin Zamanla Değişimi..... | 217 |

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

| | |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| AÇ | : Arıtma Çamuru |
| PP | : Portakal Posası |
| STP | : Standard Temperature and Pressure (Standart Sıcaklık ve Basınç) |
| SNKS | : Suyun Normal Kaynama Sıcaklığı |
| CH ₄ | : Metan |
| KOİ | : Kimyasal Oksijen İhtiyacı |
| BOİ ₅ | : Biyolojik Oksijen İhtiyacı |
| MLSS | : Mixed Liquor Suspended Solids (Karışık Sıvıda Askıda Katı Madde) |
| AKM | : Askıda Katı Madde |
| HRT | : Hydraulic Retention Time (Hidrolik Alıkonma Süresi) |
| UASB | : Upflow Anaerobic Sludge Blanket Digestion (Yukarı Akışlı Anaerobik Çamur Yatağı) |
| VS | : Volatile Solid (Uçucu Katı) |
| VSS | : Volatile Suspended Solid (Uçucu Askıda Katı) |

1. GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesi insanoğlunun hayat standartlarını yükseltip yaşamasını kolaylaştırırken kişi başına düşen enerji tüketimi de artmaktadır. Bu da doğal olarak dünyada enerji üretiminin artmasına sebep olmaktadır. Dünyanın enerji ihtiyacının her geçen gün artması, fosil kökenli enerji kaynaklarının sınırlı oluşu ve yakın bir gelecekte tükenecek olması, tahrip edilen doğal dengenin dünya üzerinde başta iklimler ve sıcaklık değişiklikleri olarak kendisini göstermesi, bilim insanlarını fosil kökenli enerji kaynaklarının daha verimli olarak kullanılmasına ve yeni kaynakların bulunmasına yönlendirmiştir. Diğer taraftan çevreyle dost, yenilenebilir alternatif enerji kaynaklarının daha etkin bir şekilde kullanılması konusunda çalışmaya yönlendirmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından bir tanesi de biyokütledir. Biyokütle çeşitli kaynaklarda üretilmekte ve yaygın olarak bulunmaktadır. Güneş enerjisi, bitkiler tarafından depolanarak gelişmeleri için kullanılmaktadır. Fotosentez yaparak gelişen bitki türleri toprağa ve atmosfere geri dönmektedirler. Yeryüzünde fotosentezle yılda yaklaşık 150 Gton toplam organik karbonun üretildiği hesaplanmış, sadece bu karbonun oksitlenmesi sonucu sağlanacak enerjinin (4,43 ZJ) 2000 yılında dünya enerji gereksiniminin 100 katı kadar olacağı tahmin edilmiştir [1]. Bitki üretiminde harcanan enerjinin potansiyel enerjinin küçük bir kesri olduğu bilinmektedir. Bitkisel maddelerin günümüzde kullanılabilen kesri de çok küçüktür. Buna rağmen, bu maddelerin miktarı, bu bitkilerin kullanımından çıkan atıkların oluşturduğu çevre sorunları açısından büyük önem taşımaktadır. Atık olarak adlandırılan organik maddenin türü çok sayıda ve değişkendir.

Biyokütlenin yakıt olarak kullanılabilmesi için çeşitli işlemlere tabii tutulması gerekmektedir. Böylelikle biyokütlenin yenilenebilir enerji kaynağı olarak kullanılabilme imkanı doğabilmektedir. Ancak bu işlemlerin ekonomik ve işlevsel olması da sürekliliği açısından önem arz etmektedir. En ekonomik enerji kaynaklarından biri biyokütleden biyogaz üretimidir. Biyogaz organik maddelerin oksijensiz ortamda

fermente olması sonucu oluşan CH_4 , CO_2 , H_2S , H_2 karışımı bir gazdır. Biyogaz teknolojisi özellikle gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde sürekli gündemde kalan ve önemini artıran alternatif enerji kaynağıdır.

Biyogaz üretiminde uygulanan anaerobik biyoteknoloji, yenilenebilir enerji kaynakları arasında önemli bir yeri olan biyokütleden yakıt elde etme yöntemlerinden birisidir. Son 25 yıldır, anaerobik çürütme prosesleri, endüstriyel ve tarımsal atıkların çoğuna uygulanmaktadır [2,3]. Organik atıklardan oksijensiz ortamda metan gazına dönüşümü sonucunda geriye kalan kısım ise bitki besin elementlerince zengin olup gübre olarak kullanılabilir. Biyogaz üretiminde kullanılan bazı organik atıklar: bitkisel atıklar; hububat sap ve samanı, mısır, şeker pancarı yaprakları, fındık kapsülü, yabani otlar, bitkisel ürünlerin işlenmesi sürecinde meydana gelen atıklar, hayvansal atıklar; sığır, at, koyun, tavuk gibi hayvanların gübresi ve idrarı, kesimhane artıkları, hayvansal ürünlerin işlenmesi esnasında meydana gelen atıklar, insan kaynaklı atıklar; insan dışkısı ve idrarı, evlerde oluşan geri dönüşümsüz bitkisel ve hayvansal kaynaklı katı atıklar (çöpler), orman atıkları; orman altı döküntüleri (yaprak, sap vs.), su bitkileri; her türlü yosun ve alglerdir.

Biyogaz üretim sistemlerinin kurulduğu ve üretilen biyogazdan önemli miktarlarda enerji üretildiği ve konuyla ilgili çalışmaların, biyogaz üretim verimini arttırmak amacıyla, yoğun bir biçimde sürdürüldüğü dünyada yapılan çalışmalarda görülmektedir [4-8]. Kullanılan hammaddelerin, kimyasal, fiziksel ve biyolojik işlemlerle suda çözülmüş formlara dönüştürülerek, suda çözülmüş formda anaerobik reaktöre beslenmesi; sistemin verimli çalışması ve ekonomisi için gerekmektedir.

Gıda amaçlı endüstriyel tarım ürünlerinin işlenmesinde katı atıklar büyük potansiyelde üretilmektedir. Konserve, meyve suyu, pamuk, yağ, vb. ürünlerin üretiminde katı atık üretilmektedir. Üretilen atıklar organik yapıda olup değerlendirilmeden ya da türüne göre kısmen bazı amaçlarda kullanımının dışında geriye kalanı çöp depolama alanlarına atılmaktadır. Meyve suyu üretiminde çıkan

posaların sadece küçük bir kısmı hayvan yemi olarak bölge çiftçilerine verilmektedir. Üretim kapasitesine göre yeni meyve suyu fabrikalarının kurulması, daha fazla atık meyve posası oluşturmaktadır. Organik yapıdaki bu atıklar atıldıkları yerlerde doğal yolla fermente olmakta ve oluşan ürünler kontrol edilememektedir. Atıldıkları ortamda biyolojik parçalanma ürünlerinden biyogaz ve uçucu maddeler atmosfere yayılmakta, suda çözünen maddeler de alıcı su ortamlarına taşınmaktadır.

Evsel ve endüstriyel atık suların da arıtılması sırasında organik yükü fazla olan ve arıtma çamuru denilen atıklar da üretilmektedir. Üretilen atık suların çoğu arıtılırken denetimsiz bir şekilde alıcı ortamlara (dere, nehir, göl, deniz, vb.) bırakılmaktadır. Günümüzde yasa ve yönetmeliklerle denetim altına alınmaya çalışılsa bile giderek artan endüstriyel ve evsel atıksu arıtma tesisleri ve bu tesislerin üretimleri sonucu oluşan arıtma çamurları hiçbir değerlendirilmeye ve denetime tabii tutulmadan gelişigüzel atılmaktadır. Son yıllarda arıtma çamuru miktarlarındaki artış bugüne kadar göz ardı edilen bazı gerçekleri ortaya çıkarmıştır. Özellikle bazı endüstriyel atıksu arıtma tesislerinden çıkan arıtma çamurlarında kimyasal madde derişimlerinin yüksek olduğu rapor edilmiştir [9].

Organik yükü fazla olan atıksuların arıtımında biyokimyasal yöntem yaygın olarak kullanılmakta ve aktif çamur üretilmektedir. Endüstriler ve yerel yönetimler çamurların uzaklaştırılması için sistemler kurmakta ve çamurun ekonomik değerinden faydalanmaya çalışmaktadırlar. Bu sistemlerden biri de arıtma çamurlarından biyogaz elde ederek yakıt olarak kullanımını sağlamaktır.

Arıtma çamuru ile bilimsel çalışmalar yapılmaya başlandıkça atık olarak görülen arıtma çamurunun ekonomik değerinin de bulunduğu ve bazı işlemlerden geçirilerek değerlendirilebileceği görülmüştür. Atık olarak görülen bu maddenin aslında biyogaz üretimi için hammadde olduğu ve biyogaz üretiminden sonra kalan kısmın kompost olarak değerlendirilmesinin ekonomik faydasının olduğunu ön plana çıkarmıştır.

Biyogaz üretimi; organik geri dönüşümsüz atıkların değerlendirilmesi, sürdürülebilir bir enerji programının oluşturulması ve bu sistemin uygulamaya yönelik programının oluşturulmasında karşılaşılan problemlere çözüm önerisi getirecektir. Katı atık bileşenlerinin türleri, özellikleri, kütleli üretim hızları ve kişi başına günlük üretim miktarları bilinmemektedir. Katı atıkların değerlendirilmesinde karşılaşılan en önemli sorun sürdürülebilir çözümlerin üretilmemesidir. Biyogaz üretimi gelişmiş ülkelerde organik atıkların sürdürülebilir bir değerlendirme yöntemidir.

Bu çalışmada portakal posası ve evsel atıksu arıtma tesisi biyolojik arıtma çamuru (aktif çamur) hammadde olarak kullanılmıştır. Biyogaz veriminin arttırmak amacıyla ısı, kimyasal, ısıkimyasal, mikrodalga ve ultrases ön işlemleri uygulanmış, temel veriler saptanmış ve çözüm önerileri getirilmiştir. Bu çalışmayla biyokütleden metan eldesine yönelik sistemlerin teknolojik olarak geliştirilmesine yönelik bir veri tabanı da oluşturulmuştur.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. ARITMA ÇAMURLARI

Aritma çamuru, 5 Nisan 2005 tarihli ve 25777 sayılı Resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinde “Evsel ve evsel nitelikli endüstriyel atık suların, fiziksel, kimyasal ve biyolojik işlemleri sonucunda ortaya çıkan, suyu alınmış, kurutulmuş çamur” olarak tanımlanmaktadır [9]. Başka bir ifadeyle de evsel veya endüstriyel atıksuların fiziksel, biyolojik ve kimyasal yöntemlerle arıtılması sonucu üretilen sıvı veya yarı katı maddelere, uygulanan arıtma yöntemine bağlı olarak katı madde içeriği değişmekte olan ve genel bir yaklaşım olarak kütlece %0,25-12 katı madde içeren sulu karışımlara arıtma çamuru denilmektedir [10].

Aritma çamurları yapılarına bağlı olarak uygulanan proseslere göre farklılık göstermektedir. Atıksu arıtma tesislerinde üretilen arıtma çamurları; çökebilen katı maddelerin oluşturduğu ön çökeltim çamuru, kimyasal arıtma ve koagülasyon sonucu oluşan kimyasal çamur ve biyolojik arıtma işlemleri sonucu oluşan biyolojik çamur (aktif çamur) olarak sıralanabilir. Sıralanan çamurlardaki organik madde derişimleri değişiklik göstermektedir. Organik madde derişimi yüksek olan aktif çamur biyokütle kaynağı olarak kullanılabilir.

2.1.1. Arıtma Çamurlarının Özellikleri

Atıksuların arıtılmasıyla üretilen arıtma çamurunun yapısının bilinmesi arıtma çamuruna uygulanacak işlemler için gereklidir. Anaerobik çürütme uygulanacaksa sistemin kontrolünde pH, alkalinite ve organik asit içeriğinin saptanması gerekmektedir. Yakma ve arazide rasgele boşaltma metodunun uygulanması durumunda ise çamurdaki ağır metal, pestisit ve hidrokarbonların saptanması gerekmektedir. Yakma gibi ısıl süreç kullanılacağında çamurun enerji içeriği de hesaplanmalıdır. Ham ve çürümüş çamurun kimyasal bileşimi ile ilgili bilgiler Çizelge 2.1.’de verilmektedir.

Çizelge 2.1. Ham ve çürütülmüş çamurun özellikleri, kimyasal bileşimleri ve derişimleri [11].

| | Ham Birincil Çamur | | Çürütülmüş Birincil Çamur | | Aktif Çamur |
|------------------------------------------------------|--------------------|-------|---------------------------|-------|-------------|
| | Aralık | Tipik | Aralık | Tipik | Aralık |
| Top. katı madde (%) | 2,0-8,0 | 5 | 6-12 | 10 | 0,83-1,16 |
| Uçucu katı madde (KM'nin %'si) | 60-80 | 65 | 30-60 | 40 | 59-80 |
| Yağ ve gres (KM'nin %'si) | | | | | |
| Eterde çözünebilen | 6-30 | - | 5-20 | 18 | - |
| Eter ekstraktı | 7-35 | - | - | | |
| Protein (KM'nin %'si) | 20-30 | 25 | 15-20 | 18 | 34-40 |
| Azot (KM'nin %'si) | 1,5-4 | 2,5 | 1,6-6 | 3 | 2,4-5,0 |
| Fosfor (P ₂ O ₅ , KM'nin %'si) | 0,8-2,8 | 1,6 | 1,5-4 | 2,5 | 2,8-11,0 |
| Potasyum (K ₂ O, KM'nin %'si) | 0-1 | 0,4 | 0-3 | 1 | 0,5-0,7 |
| Selüloz (KM'nin %'si) | 8-15 | 10 | 8-15 | 10 | - |
| Demir (Sülfür olmayan), (%) | 2-4 | 2,5 | 3-8 | 4 | - |
| Silisyum (SiO ₂ , KM'nin %'si) | 15-20 | - | 10-20 | - | - |
| pH | 5-8 | 6 | 6,5-7,5 | 7 | 6,5-8,0 |

2.1.2. Arıtma Çamurlarının Kullanma ve Uzaklaştırma Metotları

Çamurun arazide kullanımını etkileyen başlıca özellikleri; organik içeriği, besin elementleri, patojenler, metal iyonları ve toksik organiklerdir. Çamurun tarım alanlarında kullanılması bitki besin elementleri ve derişimlerine (azot, fosfor ve potasyum içeriği) bağlıdır. Yapay gübre ile çamurun karşılaştırması Çizelge 2.2.'de verilmektedir. Araziye verilen çamur, bitki büyümesi için gereken besin elementlerini

kısmen karşılar. Bazı uygulamalarda, çamurdaki fosfor ve potasyum derişimleri bitki gereksinimini karşılayamayacak derişimde olabilir.

Çizelge 2.2. Arıtma Çamurları ve Yapay Gübrelerdeki Temel Besin Elementi Derişimleri [11].

| | BESİN ELEMENTLERİ (%) | | |
|---------------------------------------------------|------------------------------|---------------|-----------------|
| | Azot | Fosfor | Potasyum |
| Tarımsal amaçlı kullanılan gübreler* | 5 | 10 | 10 |
| Stabilize olmuş arıtma çamuru için tipik değerler | 3,3 | 2,3 | 0,3 |

* : Besin elementleri derişimleri toprak ve bitki gereksinimine bağlı olarak değişebilir.

Arıtma çamurlarındaki iz elementler, inorganik kimyasal elementler olup bitki ve hayvanlar için gerekli veya zararlı olabilir. Ağır metal konsantrasyonları Çizelge 2.3.'de verilmektedir. Çamurun arazide kullanım miktarı, yapısındaki ağır metal konsantrasyonuna bağlıdır.

Çizelge 2.3. Atıksu Arıtma Tesisi Çamurundaki Metal İyonu Derişimleri [11].

| METAL | KURU MADDE (mg/kg) | |
|--------------|---------------------------|-----------------|
| | Aralık | Ortalama |
| Arsenik | 1,1-230 | 10 |
| Kadmiyum | 1,0-3 410 | 10 |
| Krom | 10-99 000 | 500 |
| Kobalt | 11,3-2 490 | 30 |
| Bakır | 84-17 000 | 800 |
| Demir | 1 000-154 000 | 17 000 |
| Kurşun | 13-26 000 | 500 |
| Manganez | 32-9 870 | 260 |
| Civa | 0,6-56 | 6 |
| Molibden | 0,1-214 | 4 |
| Nikel | 2-5 300 | 80 |
| Selenyum | 1,7-17,2 | 5 |
| Kalay | 2,6-329 | 14 |
| Çinko | 101-49 000 | 1 700 |

Atıksu arıtma işletmelerinde endüstriyel ve evsel atıksuların arıtılması sırasında üretilen arıtma çamurları, uzaklaştırılmasında sorun yaşanan maddelerdir. Arıtma çamurları atıldıkları ortamda biyolojik parçalanmaya uğrayarak yeraltı ve yüzey sularını kirletmekte, oluşan gazlar atmosfere yayılarak hava kirliliğine neden olmaktadır [12].

Endüstriler ve yerel yönetimler çamurların uzaklaştırılması için sistemler kurmakta ve çamurun ekonomik değerinden faydalanmaya çalışmaktadırlar. Bu sistemlerden biri de arıtma çamurlarından biyogaz elde ederek atık halindeki bir maddeden getiri sağlamaktır. Anaerobik parçalanma ile büyük miktardaki atık, yenilenebilir bir enerji kaynağı olan metana dönüştürülmektedir. Bu nedenle en ekonomik yöntemlerin uygulamaya geçirilmesi için çeşitli araştırmalar yapılmaktadır.

2.2. PORTAKAL POSASI

Portakal, latince *citrus sinensis* adıyla bilinen, sulu ve tatlı meyvesi olan küçük bir ağaçtır. Kendisine özgü bir kokusu olan portakal, C vitamini açısından da oldukça zengindir. Ana vatanı Çin olan portakal, Türkiye'de Akdeniz ve Ege Bölgelerinde yetiştirilir. Akdeniz Bölgesi'nin Çukurova ve Antalya yöresi Türkiye'nin portakal ihtiyacının büyük bir kısmını karşılamaktadır.

Boyu 10 m'ye kadar uzayan portakal ağacı, turunçgiller içinde en yüksek olan ve en uzun yaşayan ağaçtır. Portakal ağaçlarının kökleri yüzlektir ve çoğunlukla toprağın 60-65cm derinliğine kadar yayılır. Gevşek yapılı, verimli, orta derinlikte, süzek topraklarda daha iyi yetişmektedir. Portakal bahçelerinin kurulacağı yer önemlidir. Soğuğa karşı limonlara göre daha dayanıklı olan portakallar, -2°C 'ye kadar dayanmaktadır. Narin bir bitki olduğu için bahçenin kurulacağı yer, budama, sulama ve gübreleme uygulamaları tam zamanında ve gereği gibi yapılmasına özen göstermek gerekir [13].

Portakal ağacı, çok sayıda çeşide sahiptir. Mevcut olan çeşitlerin çaprazlanmasıyla da yeni türler ortaya çıkmaktadır. Türk Standardları Enstitüsü tarafından hazırlanan TS 34 (2007) standardı doğrultusunda kabul edilen portakalın başlıca çeşitleri Alanya dilimli, Washington Navel, Thomson Navel, Akçay şekeri, Yafa ve Kan portakallarıdır. Portakal meyvesinin bileşimi Çizelge 2.4.'de verilmiştir.

Çizelge 2.4. Portakal Meyvesinin Bileşimi ve Bileşenlerin Derişimleri [13].

| Bileşenler | Derişimleri |
|--------------------|---------------|
| Su (g/kg) | 860 |
| Protein (g/kg) | 7,0 – 13,0 |
| Yağ (g/kg) | 1,0 – 3,0 |
| Lif (g/kg) | 5,0 |
| Kül (g/kg) | 5,0 – 7,0 |
| Kalsiyum (mg/kg) | 400 – 430 |
| Fosfor (mg/kg) | 170 – 220 |
| Demir (mg/kg) | 2,0 – 8,0 |
| Karoten (µg/kg) | 1200 (Vit. A) |
| Thiamin (mg/kg) | 1,0 |
| Riboflavin (mg/kg) | 0,4 |

Portakal üretimi ülkemizde son yıllarda artış göstermiş ve üretimin büyük bir kısmı da ihraç edilmektedir. Çizelge 2.5'de Türkiye'de yıllara göre üretilen portakal miktarları verilmiştir. Çizelge 2.6'da ise üretilen portakaldan meyve suyu ve konsantresi üretiminin yıllara göre dağılımı görülmektedir.

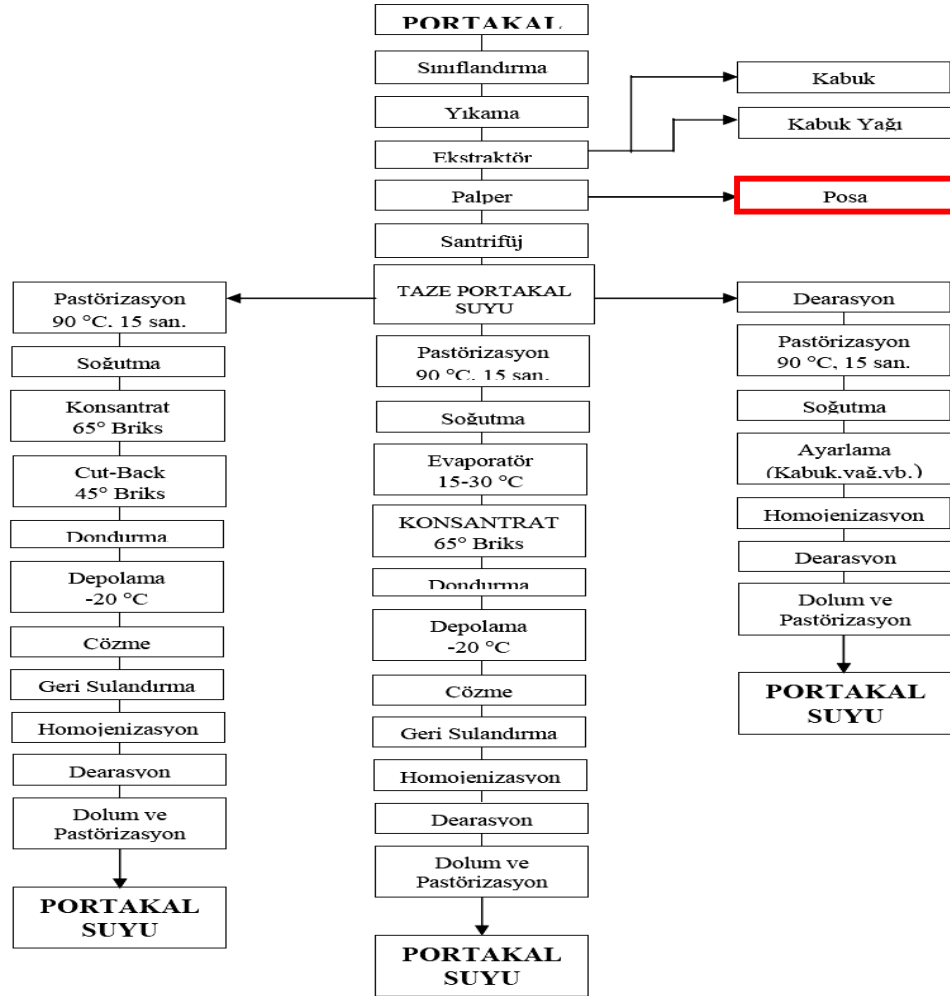
Çizelge 2.5. Türkiye'de Yıllara Göre Üretilen Portakal Miktarları [14].

| Yıllar | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Portakal (kton) | - | 0,92 | 0,84 | 0,89 | 0,74 | 0,97 | 1,10 | 1,07 | 1,25 | 1,25 | 1,30 | 1,45 | 1,54 |

Çizelge 2.6. Türkiye’de Yıllara Göre Üretilen Meyve Suyu ve Konsantre Miktarı [14].

| Yıllar | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Üretim (kton) | 0,21 | 0,28 | 0,29 | 0,32 | 0,32 | 0,31 | 0,31 | 0,32 | 0,35 | 0,36 | 0,37 |

Portakal meyvesi fabrikaya geldiğinde yıkama işlemine tabii tutulmakta, daha sonra kabuğuyla birlikte posa haline dönüştürülmektedir. Portakal meyvesinden meyve suyu üretim akım şeması Şekil 2.1.’de verilmiştir.



Şekil 2.1. Portakal Suyu Üretimi Akım Şeması

2.3. MİKRODALGA ENERJİSİ

Mikrodalga genel olarak 300 - 300 000 MHz frekans aralığını kapsar. Mikrodalgalar elektromanyetik dalga olarak yayılırlar, radarlarda, mikrodalga fırınlarında, cep telefonlarında, kablosuz internet erişiminde, Bluetooth kulaklıklarda, mağaza güvenlik sistemlerinde, mikrodalga frekansları kullanılır. "Mikrodalga" sözü dalga boyunun 1 m'den kısa olduğu elektromanyetik dalgalardır. Dalga boyunun 1cm'den kısa olduğu elektromanyetik dalgalara "milimetrik" dalga ismi de verilir. Dalga boyunun 1 mm'den kısa olan frekanslara (300 - 3 000 GHz) "submilimetrik" dalga ismi verilir [15].

Elektrik ve manyetik alan etkisiyle dalgalar halinde taşınan enerji elektromanyetik enerji olarak tanımlanır. Isı dalgaları, X ışınları, radyo dalgaları, gama ışınları, ultraviyole ışınlar, enfraruj ışınlarının hepsi birer elektromanyetik dalgadır [15] .

Elektromanyetik dalgalar, herhangi bir ikinci etki ve radyoaktivite tesiri göstermezler. Elektromagnetik dalganın ısıya dönüşmesi, yalnız malzemenin kapladığı hacim içinde meydana gelir ve civarı soğuk kalır. Başka bir deyişle, ısıya dönüşen elektromanyetik dalga ancak malzemeyi ısıtmakta harcanmış olur, ve böylece, klasik ısıtma işlemleri ile mukayese edildiğinde, elektromanyetik enerjinin kullanılması enerji tasarrufu sağlamaktadır. Bazı besin maddelerinin ısıtılmasında ve kurutulmasında sıcak hava, enfraruj gibi klasik sistemler yerine elektromanyetik enerjinin kullanılmasının diğer bir önemi, enerjinin elektromanyetik dalgalar halinde malzemenin iç kısmını da etkilemesi, böylece bütün hacimde homojen bir sıcaklığın elde edilmesidir [16].

Mikrodalgaların avantajları şu şekildedir: [17,18]

- Klasik metotlardan daha hızlı bir süreçtir,
- Kimyasal maddeleri doğrudan ısıtır,
- Karışımlarda seçici ısıtma sağlar,
- Mikrodalga cihazları otomatik sistemlere kolaylıkla uydurulabilir,

- Güç seviyesi elektronik olarak görülebilir,
- Kor kısmı yüzeyden daha sıcaktır,
- Kayıp faktörü, sıcaklık, belirli bir sıcaklığa ulaştığı zaman çok hızla yükselir. Bu durum mikrodalga ile ısıtılan maddede sıcaklıkta ani bir yükselme meydana getirir,
- Isıtma doğrudan ve merkezdendir,
- Enerji elektromanyetik dalgalarla taşındığından ortamda enerji kaybı meydana gelmez,

Doğru yer, zaman ve miktarda kullanılan enerji, kimyasal reaksiyonların ve diğer birim işlemlerin en yüksek verimde gerçekleşmesini sağlar. Yanlış, yer, zaman ve miktarda enerjinin kullanılması; arzu edilen ürünün veriminin düşük olmasına ve/veya istenmeyen ürünlerin oluşmasına sebep olur. Dolayısıyla proses tasarımında; araştırmalar, bir sistemde kullanılacak enerjinin tipi, miktarı ve zamanlamasının kontrolü üzerinde de yoğunlaşmalıdır.

Kimyanın başka alanlarında da mikrodalga enerjisinden faydalanılmaktadır; fizikokimyacılar maddenin moleküler özelliklerini ortaya koymak için mikrodalga'yı kullanmaktadırlar. Analitik kimyacılar ise, özellikle, numune çözmede ve ayırma işlemlerinde mikrodalga enerjisini tercih etmektedirler [18].

Atık aktif çamurun anaerobik biyolojik parçalanmasının daha iyi olması için Mikrodalga enerjinin kullanıldığı bir çalışmada mezofilik şartlarda kesikli bir reaktör kullanılmıştır. İlk 7 gün sonunda metan üretiminin olduğunu, 15. güne kadar ise %16 artışın olduğu saptanmıştır. Çalışmada mikrodalga radyasyonunun parçalanmaya katkı sağladığı rapor edilmiştir [19].

2.4. ULTRASES

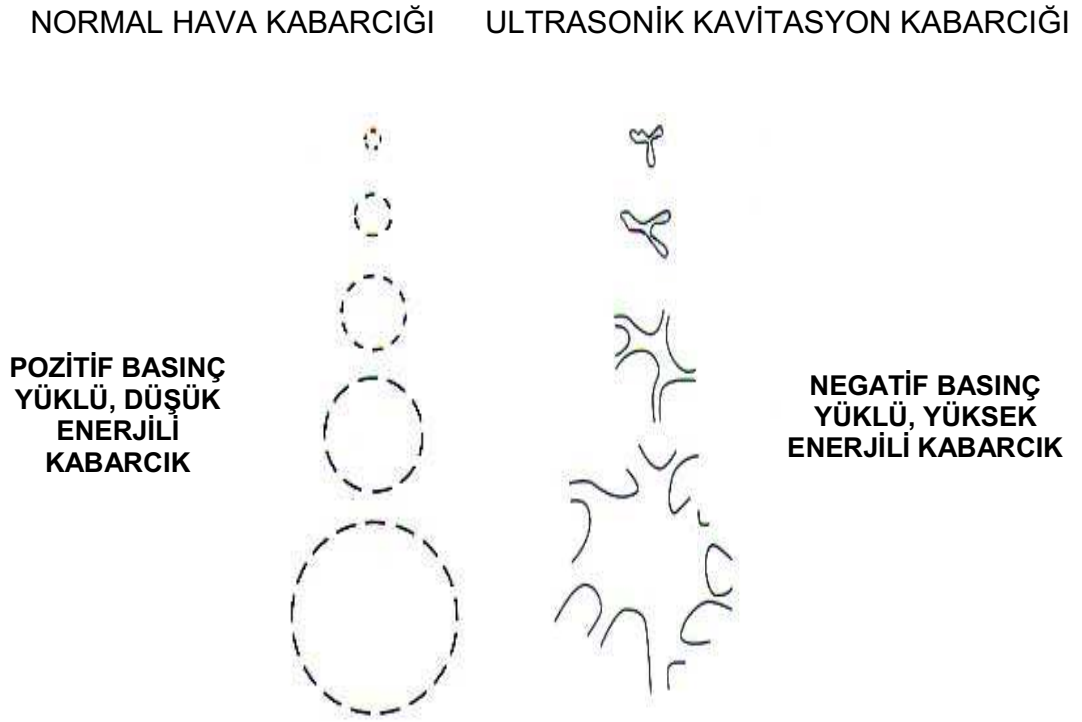
İnsan kulağı ortalama 10-12 kHz'lik ses dalgalarından daha tiz olanları duyamaz. İnsan kulağının duyma sınırının üzerinde bulunan ve 20 kHz -100 kHz aralığındaki ses işaretlerine Ultrases denir. Bunun bir diğer anlamı 1 saniyede 20 000 – 100 000 adet titreşimdir [20].

Ultrases dalgaları ilk olarak 1929-1935 yıllarında tıbbi araştırmalarda ve metal algılayıcılarında kullanılmaya başlanmıştır. Ses dalgalarının su içerisinde hızla ilerlemesi, çarptığı cisimden geri yansımaları ve kaynağına geri dönmesi prensibiyle 2. dünya savaşında denizaltı sonar cihazlarının kullanılması şeklinde ortaya çıkmıştır. İlk dönemlerde daha çok Japonlar ve Ruslar tarafından geliştirilen Ultrases sistemleri 1950'li yıllara dek Amerika ve Avrupa'da çok bilinmediğı ve kullanılmadığı bilinmektedir. Tüm araştırma ve geliştirmeler ilk dönemlerde tıbbi çalışmalar üzerine yoğunlaşmış ve günümüz kullanılan Doppler ultrason cihazları Japonlar tarafından geliştirilmiştir [20].

1980'li yıllardan itibaren özellikle sanayide Ultrases kullanımı fikri hızla gelişmeye başlamış ve günümüzde Ultrases dalgaların kullanıldığı geniş bir uygulama alanı ortaya çıkmıştır. Ultrases dalgaların kullanımı günümüzde başta tıp olmak üzere, ölçme, alan ve mesafe belirleme, diş temizliğı, mücevherat temizliğı, imalat sanayinde son işlem, sanayide parça temizliğı, metal veya plastik yapıştırma, anti-bakteriyel etki, su arıtımı gibi alanlarda kullanılmaktadır [21].

Ultrases proseslerin mekanizmalarında Ultrases dalgaların su ortamına verilmesinin hemen ardından sucul ortamda genleşme dalgaları (negatif basınç) ve sıkışma dalgaları (pozitif basınç) meydana gelmektedir. Homojen bir sıvı ortamında sıvı moleküllerin basıncı, sıvının buhar basıncından düşük olması sonucu sıvı içersinde kavitasyon (boşluk) oluşmaktadır. Mekanik titreşim sonucu sucul ortama verilen ses dalgaları basınç ve basınçsız çevrimin çözeltide oluşmasını sağlamaktadır. Basınçsız

çevrim sırasında, çözeltideki küçük kabarcıklar zayıf noktalar sonucunda hava ile dolarak, hemen yüzeyde gaz kabarcıkları olarak ortaya çıkarlar. Bu kabarcıklar basınçlı ve basınçsız çevrim sırasında sırayla iyice küçülür veya büyür. Bir zaman sonra kabarcıklar, Ultrases dalga boylarının sıklığına bağlı olarak, kabarcıkların yüzeyinde oluşan basıncın etrafındaki çözeltideki basıncına dayanamaz duruma gelir ve kabarcık boyutları kritik genişliğe ulaşır ve şiddetle patlarlar. Bu patlama olayı akustik kavitasyon olarak adlandırılmaktadır [22]. Akustik kavitasyon; dayanıklı kavitasyon ve geçici kavitasyon olmak üzere iki şekilde gerçekleşmektedir



Şekil 2.2. Ultrases kabarcık yapısı [20].

Çamurda ultrasonik işlemlerin uygulanması mekanik bir prosesdir. Ultrasonik parçalanma esnasında, yüksek frekansta akustik sinyaller sıvı moleküllerinin yapışık gücünü kırarak kabarcıklar oluşmasına neden olur. Şok dalgayla jet akım sağlanır ve bu

hücrelerin parçalanmasına sebep olur. Çamur hücrelerinin parçalanması çamur suyundaki organik maddelerin küçük tanelere ayrılmasına neden olur [23].

Ultrases işlem ile çamurun flok yapısı bozulmakta ve çözünebilir karbonhidratlar ve organik maddeler açığa çıkmaktadır [24-26]. Anaerobik çürüme işlemi öncesinde çamura ultrases işlem uygulandığında hem mezofilik [27] hem de termofilik koşullarda [28] yapılan anaerobik çürüme işleminde biyogaz oluşumu artmaktadır.

Yapılan bir çalışmada 30 dakika süreyle 0,5 W/mL güç ve 25 kHz frekansta uygulanan Ultrases işlemin çamur flokların % 30,1'ni mekanik parçaladığı, katı madde kütlelerinin %23,9 azalttığı ve çamurdaki canlı aktivitesini %95,5 düşürdüğü rapor edilmiştir [29].

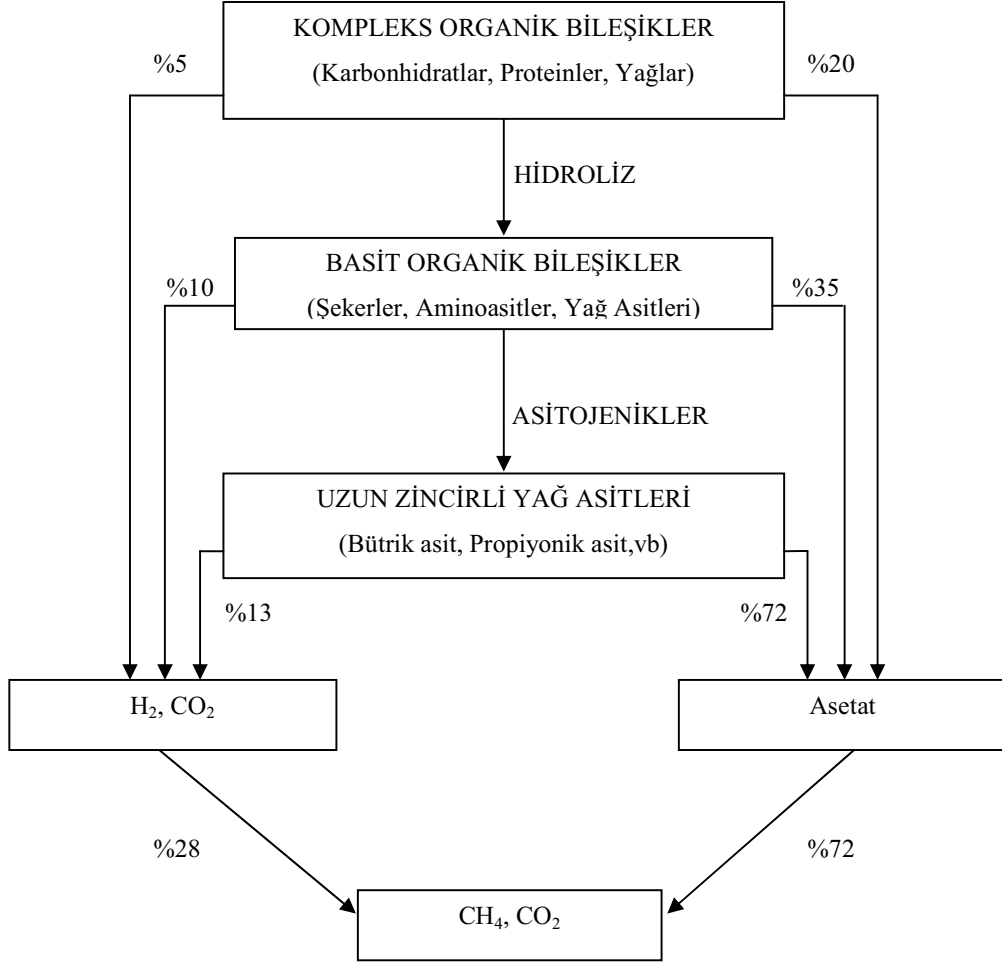
Tiehm ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada çamurun parçalanması amacıyla 3,6 kW, 31 kHz şiddetindeki Ultrases enerjiyi 64 saniye uygulamanın çamur içindeki organik maddeleri ufalttığı ve anaerobik çürüme zamanını 22 günden 8 güne indirdiği rapor edilmiştir [30].

2.5. ANAEROBİK İŞLEM

Anaerobik işlem, moleküler oksijen yokluğunda organik maddelerin biyokimyasal parçalanması olarak tanımlanmaktadır. Anaerobik işlem; hidroliz, asit oluşumu ve metana dönüşüm olmak üzere üç basamaktan oluşmaktadır. Anaerobik çürüme işleminde organik maddeler biyolojik olarak parçalanarak son basamakta CO₂ ve CH₄'e dönüşmektedir. Şekil 2.3'de akım şeması görülmektedir.

Organik maddelerin yapıları karmaşık olan ve kolay ayrılmayan maddelerden oluşabilmektedir. Bu yapıların ayrılarak metana dönüşümü için anaerobik ortamda farklı türden mikroorganizma gruplarının bulunması gerekmektedir. Bunlar hidroliz bakterileri, asit oluşturan bakteriler ve metan üreten bakterilerdir ve hepsi birbiriyle

bağlantılıdır. Bu bakteri grupları sırayla üstlerine düşen görevleri yaptıkları zaman diğer grup bakteri grupları için besin maddesi oluşturmakta ve böylece de organik bileşikleri parçalayabilmektedirler [2].



Şekil 2.3. Anaerobik Parçalanma İşleminin Mekanizması [2].

Anaerobik işlemin mikroorganizmalarla gerçekleştirildiği hidroliz, asit oluşumu ve metan oluşumu aşamalarında yürüyen olaylar [2, 31].

1. *Hidroliz Aşaması* : Kompleks organik bileşikler yapılarında karbonhidratları, proteinleri ve yağları bulundurmaktadırlar. Bunlar parçalanırken mikroorganizmaların

hücre dışına salgıladıkları enzimlerle daha küçük ve daha basit yapıda moleküllere dönüşmektedir. Bu esnada selüloz ve nişasta basit şekere, proteinler ise amino asitlere dönüşürler. Sadece yağ asitleri hücre dışı enzimlerden etkilenmezler. Yağların hidrolizi çok yavaş gerçekleştiğinden, hidroliz aşaması anaerobik işlemlerde biyolojik parçalanma hızını belirlemektedir.

2. *Asit Oluşum Aşaması* : Ortamda asit oluşturan fakültatif bakteriler hakimdir. Bunlar karbonhidratlar, yağlar ve proteinlerden oluşan organik maddeleri yağ asitleri, aldehytler ve alkoller gibi hücre için gerekli olmayan maddelerin dışarı atıldığı ürünlere dönüştürürler. Bu esnada pH düşer ve ortam asidik karakterdedir. Asit oluşturan bakteriler yardımıyla CO₂, metan ve az miktarda hidrojen sülfür meydana gelir. Asitleşme aşamasında pH = 3-3,5 civarındadır ve ortamdaki KOİ derişimi uzun süre değişiklik göstermez. Ortam pH'ı ayarlandığında belirli bir süre sonra KOİ derişimi azalmaya başlar, bunun anlamı CH₄ bakterilerinin oluşmaya başlaması demektir.

3. *Metan Oluşum Aşaması* : Asit parçalayan ve metan oluşturan bakteriler, çevre şartlarına çok hassas ve mutlak şekilde anaerobik olan bakterilerdir. Sıcaklık, pH ve oksijen yokluğuna sıkı sıkıya bağlıdırlar. Metan bakterilerinin çoğalma hızı, asit oluşturan bakterilerinkinden oldukça yavaştır. Ancak belli bir maddeyi kullanabilme yeteneğine sahiptirler. Bu aşamada oluşan organik asitler, H₂ ve asetat; metan oluşturan mikroorganizmalar tarafından kullanılmakta ve metan, karbondioksit, hidrojen sülfür, hidrojen ve amonyak gazlarının karışımından oluşan ve “Biyogaz” olarak adlandırılan gaz karışımına dönüştürülmektedir. Oluşan metanın % 72'si asetatın dekarboksilasyonu, %28'i ise hidrojen kullanan metan bakterileri tarafından CO₂'in indirgenme reaksiyonları ile oluşmaktadır.

2.5.1. Anaerobik İşlemin Avantajları ve Dezavantajları

Anaerobik çürüme işleminin en önemli avantajı çamurun kararlı yapıya dönüşerek, organik madde içeriğinin azaltılması ve biyokatı adı verilen çevreye zararsız

ve kolaylıkla susuzlaştırılabilen bir maddeye dönüştürülmesidir. Anaerobik çürüme işleminin diğer bir avantajı ise anaerobik çürümenin son ürünü olan biyogazın bünyesindeki metanın yakıt ve temel organik bileşik olarak kullanılabilmesidir. Anaerobik çürüme işleminde hidroliz aşaması çamurun tipine bağlı olarak organik maddenin parçalanma hızını belirleyen aşama olup; bu aşama literatürde “hız sınırlayıcı adım (rate-limiting step)” olarak tanımlanmaktadır [32]. Tipik bir anaerobik çürüme işleminde reaktörde alıkonma süresi 20 gün ya da daha fazla olmaktadır. Organik maddelerin parçalanma verimi %25 ile %60 arasında değiştiği rapor edilmiştir [33]. Yukarıda bahsedilen bu durum dikkate alındığında klasik anaerobik çürüme işleminin dezavantajı; biyolojik çamurun hidrolizi için uzun bir süreç gerekmesi, dolayısıyla büyük çürütücü tank hacimlerine ihtiyaç duyulması ve organik maddenin yüksek derecede parçalanmasının sağlanamamasıdır.

Anaerobik işlemlerin avantaj ve dezavantajlarını maddeler halinde şu şekilde sıralanabilir [31].

Anaerobik İşlemin Avantajları:

1. Atıkların yüksek derecede stabilizasyonu mümkündür.
2. Çok az miktarda atık biyolojik çamur oluşur.
3. Kararlı yapıdaki atık biyolojik çamurdaki su içeriği kolaylıkla ayrılabilir.
4. Düşük besin gereksinimi vardır.
5. Havalandırma için enerji gereksinimi yoktur.
6. Oksijen transferi ile sınırlı değildir.
7. Metan gibi faydalı bir son ürün oluşmaktadır.
8. Uygun şartlar altında oldukça yüksek yükleme oranları uygulanabilmektedir.
9. Aerobik arıtma üniteleri ile karşılaştırıldığında, daha az alan gereksinimi vardır ve büyük ölçeklerde olduğu kadar küçük ölçeklerde de uygulanabilmektedir.
10. Mevsimsel ve kesikli işletmeye uygundur.

11. Anaerobik arıtma ekipman maliyeti açısından nispeten düşük maliyetli bir teknolojidir.
12. İşletme maliyeti düşüktür.

Anaerobik İşlemin Dezavantajları:

1. Yüksek sıcaklık (25-60°C) gereksinimleri vardır.
2. Metan oluşturan bakteriler çok yavaş ürerler ve çevresel koşullara (sıcaklık, pH, vb.) karşı çok duyarlıdırlar.
3. $BOİ \geq 1000\text{mg/L}$ sularda etkili olmasına rağmen $BOİ \leq 1000\text{mg/L}$ olan sularda etkin olmamaktadır.
4. Nitrifikasyonun gerçekleşmesi mümkün değildir.
5. Maksimum biyokütle aktivitesi için yüksek NH_4^+ derişimlerine (40-70 mg/L) ihtiyaç duyulmaktadır.
6. Anaerobik bakteriler yavaş ürediğinden sistemin işletmeye alınması uzun zaman gerektirmektedir.

Anaerobik çürütücülerin verimliliği, öncelikle reaktördeki besin maddesi (substrat) derişimi, bekleme süresinden, yaşayabilecek durumda olan bakteriyel popülasyon ve giren substratın birbirleri arasındaki temas miktarından etkilenir. Verimli substrat dönüşümü elde edilmesinde, karıştırmanın önemi pek çok araştırmacı tarafından vurgulanmıştır [3,34-36]. Çürütücü içerisindeki substratın karıştırılması sayesinde mikroorganizmalar homojen bir biçimde dağıtılır ve aynı zamanda ısı transferi gerçekleşir. Karıştırma işlemi ayrıca çürümeyi hızlandırdığı için tane büyüklüğünü azaltmaya ve karışımdan biyogazın serbest kalmasına yardım eder [3, 34-36].

2.5.2. Anaerobik İşlemlerle İlgili Çalışmalar

Mekanik parçalanma işleminin uygulandığı bir çalışmada, anaerobik çürüme prosesinde hız sınırlayıcı aşama olan hidroliz reaksiyonunun hızlandırılması amacıyla

dış gerilmeler uygulanmıştır. Arıtma çamuru yapısının bozulması olarak tanımlanan ve fiziksel, kimyasal veya biyolojik kuvvetler uygulanarak gerçekleştirilen mekanik parçalanma prosesi anaerobik çürüme tankındaki bekleme süresi ve çürütücü tank hacmi gereksinimi azaltmaktadır. Mekanik parçalanma işlemi aynı zamanda çamurun pek çok özelliğini değiştirdiği de rapor edilmiştir [37]. Bu işlem uygulandığında, çamur flok yapısı bozulmakta ve mikrobiyal hücre duvarları tahrip edilmektedir. Hücre duvarının parçalanması ile hücre duvarı tarafından korunan maddeler sulu faza geçerek çözünür forma dönüştüğü de başka bir çalışmada rapor edilmiştir [38].

Anaerobik işlem öncesinde çamura bir ön işlem olarak uygulanan mekanik parçalanma işleminin mekanizması ve amaçlarının anlatıldığı bir çalışmada Organik maddenin yüksek derecede parçalanması klasik anaerobik çürüme işlemine göre daha fazla biyogaz üretimine olanak sağladığı rapor edilmiştir [39].

Hidroliz basamağının sistem verimini sınırlayan bir basamak olduğu ve mikroorganizmalar tarafından büyük molekül yapıdaki maddeleri daha zor ve uzun sürede parçaladığı bilinmektedir. Bundan dolayı biyogaz üretim verimini etkileyen en önemli parametrelerden birisi de reaktöre beslenen hammaddedeki katı madde derişimi ve hammaddenin yapısı olmaktadır. Yapılan çalışmalardan anaerobik sistemlerde maksimum biyogaz üretim veriminin reaktöre verilen hammaddedeki katı maddenin kütlece %6 ile %10 arasında olduğunda gerçekleştiği ve metan üretim veriminin, katı madde derişiminin % 12'den fazla olması durumunda ise düştüğü görülmektedir [40,41].

Arıtma çamurunun kararlı hale getirilmesi için uygulanan anaerobik işlemde, pH ve nemin etkilerinin araştırıldığı çalışmada metan üretim veriminin ($\text{mL/g}_{\text{kurumadde.d}}$), tüm nem derişimlerinde ve pH 7'de maksimum olduğu rapor edilmiştir [40].

Son yıllarda, anaerobik işlemlerle ilgili çalışmaların, biyogaz ve metan üretim verimlerinin arttırılması yönünde olduğu görülmektedir. Bu amaçla; organik atıkların

birbirleri ile karıştırılarak reaktörlere verilmesi, iki aşamalı anaerobik sistemlerin kullanılması ve hammaddenin fiziksel, kimyasal, biyolojik ve termokimyasal ön işlemler uygulanarak suda çözülmüş forma dönüştürülmesi gibi çalışmalar yapılmakta ve metan üretim verimi önemli ölçülerde arttırılmaktadır.

Geri dönüşümsüz organik atıkların suda çözülmüş forma dönüştürülme işlemleri oldukça yaygın kullanılan yöntemlerdendir. Mekanik, kimyasal veya ısıkimyasal parçalanma ile evsel atıksu arıtma çamura uygulanan ön işlemlerin anaerobik işleme katkı sağladığı yapılan çalışmalarda rapor edilmiştir [42,43]. Anaerobik işlemlerin başında ise kimyasal ve termokimyasal ön işlemler yapıldığı bilinmektedir [44-48].

Tarımsal atıkların anaerobik parçalanmasının optimizasyonun yapıldığı bir çalışmada anaerobik parçalanma ile ilgili optimizasyon tekniklerini incelenmiştir. Sıcaklık, pH, tampon kapasitesi gibi etkenler ile yağ asitlerinin derişimleri de tartışılmıştır. Çeşitli tarımsal kaynaklı atıklardan metan üretimini arttırmak amacıyla karbon/azot kütle oranlarını, hidroliz hızını arttırmak için ön işlemlerin kullanılmasının etkileri incelenmiştir. Biyogaz üretiminde en büyük dezavantaj, optimal şartları ölçümleyebilecek güvenilir araçların eksikliği tespit edilmiş yeni teknolojilerin bu tür problemleri bir ölçüde çözebileceği rapor edilmiştir [49].

2.6. BİYOGAZ

Biyogaz; bitki ve hayvan atıkları gibi organik maddelerin havasız ortamlarda fermantasyonu sonucu oluşan ve bileşiminde % 50-80 metan, % 50-20 karbon dioksit ve az miktarda hidrojen sülfür, hidrojen, karbon monoksit ve azot bulunan renksiz ve yanıcı bir gaz karışımıdır. Biyogazın içerdiği gazların bileşimi ise reaktöre beslenen maddenin özelliklerine, maddede bulunan bileşenlerin kimyasal yapısına, sıcaklığa, hammaddenin nemine, reaktöre yükleme hızına, sistemin işletim şartlarına ve reaktördeki bakteriyel faaliyetlere bağlı olarak değişmekte, bu da biyogazda bulunan CH₄ derişimini etkilemektedir [3,50]. Biyogaz üretim miktarının da sıcaklık artış ve azalmalarında

azaldığı, sıcaklığın tekrar optimum sıcaklıklara getirilmesi ile maksimuma ulaştığı belirtilmiştir [51].

Biyogazın ısıl değeri bileşimindeki metan derişimine bağı olarak değışmekle birlikte genellikle $19,7-25,1 \text{ Mj/m}^3$ kadardır [6]. Bu nedenle ısınma, aydınlatma ve su ısıtılması gibi amaçlarla kolaylıkla kullanılabilen temel enerji kaynaklarına alternatif olabilecek bir enerji kaynağıdır. Öte yandan biyogaz üretimi sonunda elde edilen fermente gübrenin, bir başka deyimle biyogübrenin tarım uygulamalarında kullanılması durumunda verimin yaklaşık olarak % 25 arttığı belirlenmiştir. Biyogaz, bütün bu yararlarının yanı sıra biyogaz üretiminde kullanılan hayvan gübrelerinin kokusu anaerobik süreç esnasında kaybolduğundan ve insan sağlığını tehdit eden birçok unsur ortadan kalktığından, biyogaz üretiminin gerçekleştirildiği alanlarda yaşayan insanlara temiz ve sağlıklı bir çevre kazandıracaktır.

Biyogaz üretimi ile ilgili araştırmalar eskiye dayanmakta ve ilk olarak 17. Yüzyılda Jan Baptista van Helmont tarafından, organik maddelerin oksijensiz ortamda parçalanmasıyla yanabilen bir gazın çıktığının belirlenmesiyle başlanmıştır [52]. Daha sonra yanabilen bu gazın parçalanmış organik madde miktarı ile orantılı olduğı, 1776 da Alessandro Volta tarafından kanıtlanmıştır. Volta tarafından göl sedimanından gaz kabarcıklarının çıktığını gözlemesi ve sedimandan aldığı örneklerde yaptığı deneylerde ürettiğı gaza 1787 yılında Lavoisier ve diğeri araştırmacılar tarafından ‘Karbonlu Hidrojen’ adı verilmiş ve bu terim 1865’te Uluslararası Kimya Kongresinde ‘metan’ olarak kabul edilmiştir. 1895’te İngiltere’nin Exeter kentinde özel kanalizasyon sistemleriyle üretilen biyogaz sokak lambalarını aydınlatma amacıyla kullanılmıştır [53].

II. Dünya savaşının başlamasıyla hızla tükenen petrol nedeniyle ortaya çıkan kriz Avrupa’da, biyogazın yakıt olarak kullanımını gündeme getirmiştir. 1940-1970 yılları arasında Kuzey Amerika ve Avrupa’da, çamur stabilizasyon tekniklerinin ve anaerobik reaktörlerin kullanımının geliştiğı görülmektedir. 1950-1970 arasında ise Hindistan, Çin ve Güneydoğı Asya da küçük çiftlik tipi anaerobik reaktörler hızla çoğalmıştır.

1960'larda endüstriyel atıklardan kaynaklanan çevre kirliliğinin gündeme gelmesi ile anaerobik sistemler, hem enerji üretimi, hem de çevre kirliliğinin önlenmesi amacıyla geliştirilmiş ve kullanılmıştır. 1973 petrol krizi ile anaerobik sistemler bütün dünyada gelişme göstermiş, biyogazın kullanımı ile ilgili enerji politikaları ve programları uygulamaya alınmıştır. Bu yıllarda Hindistan ve Çin, anaerobik reaktörlerden üretilen biyogaz şehirlerde elektrik enerjisini karşılamak amacıyla kullanmıştır [5].

Biyokütle enerjisi 1985'ten itibaren enerji planlamalarında önemli bir potansiyel olmuş, anaerobik arıtımla ilgili çalışmalar, projeler ve programlar gelişmeye başlamıştır. 1990'lardan sonra, gelişmiş ülkeler teknolojik gelişmelere paralel olarak, merkezi biyogaz üretim tesisleri kurarak, enerji ihtiyaçlarının büyük bir bölümünü bu tesislerden karşılamışlardır [5], Dünyada, 1990-2000 yılları arasında, 47'si Almanya'da, 22'si Danimarka'da ve Avusturya, İsveç ve İsviçre'de 10'ar adet olmak üzere toplam 135 adet merkezi biyogaz üretim tesisi kurulmuş ve işletilmektedir. Bu tesislerde yılda yaklaşık 11,5 Gton evsel ve endüstriyel organik atıklar ile hayvan gübreleri anaerobik işleminden geçirilerek, biyogaz üretimi sağlandığı rapor edilmiştir [52].

Türkiye'de biyogaz konusunda yapılmış çalışmalar neredeyse yok denecek kadar azdır. Başlangıçta akademik düzeyde ele alınmış bu çalışmalar, 1960'larda çeşitli lisansüstü çalışmalarla başlamış ve daha sonra projelere bağlı düzenli çalışmalara başlanarak Eskişehir Toprak Su Araştırma Enstitüsünde bir biyogaz üretici kurulmuştur. Daha sonraki yıllarda biyogaz üretimi ile ilgili önemli bir gelişme sağlanamamıştır. Ancak günümüzde konunun ciddiyeti daha iyi anlaşılakta ve konuyla ilgili bilimsel çalışmalarda artış gözlenmektedir.

Biyogaz oluşum verimini etkileyen parametrelerden karıştırma; mekanik karıştırıcılarla, biyogaz geri devri ile veya çamur geri döngüsüyle çok iyi yapılabilir. Mekanik karıştırıcılar, karıştırılan her bir galon (1gal=3,79L) başına tüketilen enerji açısından en verimli olduğu kaydedilmiştir [3]. Buna karşılık gaz sirkülasyonu ile karıştırma yapılan çürütücülerde gaz sirkülasyon hızının artmasıyla metan üretim hızının

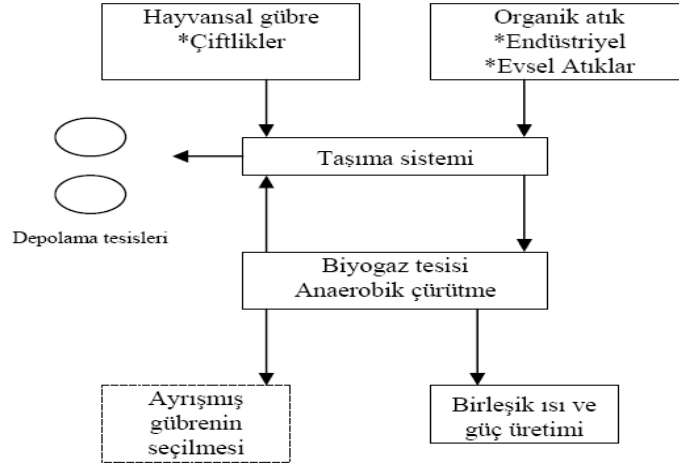
azaldığı kaydedilmiştir. Bunun nedeni ise gazın sirkülasyonu hava pompasıyla yapıldığı için bu esnada sisteme bir miktar hava sızmaktadır (geçirimli borular, sızıntı ve diğer faktörler).

Türkiye’de bulunan farklı tarım endüstrisi atıksularının anaerobik arıtılabilirlik ve biyogaz üretim potansiyellerinin araştırıldığı bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada peynir üretimi, kümes hayvanı yetiştiriciliği ve zeytin yağı fabrikası endüstrisi atıkları kullanılmıştır. Peynir üretimi atıksuyunda üretilen biyogazda metan 77 ± 5 , $23,4 \text{ L}_{\text{CH}_4}/\text{L}$ peynir altı suyu, kümes hayvanı yetiştiriciliğinde oluşan atıksuda üretilen biyogazdaki metan derişiminin 78 ± 3 , $33,5 \text{ L}_{\text{CH}_4}/\text{L}$, zeytin yağı atıksuyunda metan derişiminin 77 ± 6 , $57,5 \text{ L}_{\text{CH}_4}/\text{L}$ oranında bulunduğunu saptamışlardır. Anaerobik arıtılabilirliğin Türkiye’deki tarım endüstrisi için ideal bir sistem olduğu görülmüştür [6].

Biyogaz üretiminin yaşam çemberinde enerji performansına etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada biyogaz sisteminin 8 farklı ana materyalin (yağ endüstrisi, belediye çöpü, mezbahane, şeker endüstrisi, domuz gübresi, inek gübresi, tarımsal atık, saman atığı) İsveç şartlarında değerlendirilmesi yapılmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki biyogaz sistemlerinde enerji girdilerinin biyogaz üretiminde enerjinin $20-40$ ’ının üzerindedir. Net enerji çıktısı gübreden üretilen enerjide 200km, mezbahanelerden üretilen enerjide 700 km mesafelere taşınmasında olumsuz etkilere neden olmaktadır. Sistemdeki enerji girdisinin $40-80$ ’i biyogaz sisteminde ihtiyaç duyulan enerji gereksinimini karşılamaktadır [54].

1980’lerin başında daha geniş (merkezi) biyogaz tesislerinin ilk fikri ortaya çıkmıştır. Çiftliklerde üretilen gübreler traktörlerle veya diğer nakliye araçları ile merkezi biyogaz tesisine getirilir. Eğer mevcutsa gıda işleme endüstrilerinden organik atıklar ve kaynağında ayrılmış evsel atıklar da karıştırılarak tesiste işleme tabi tutulur (Şekil 2.4). Şekil 2.4’de de gösterildiği gibi bu işlem esnasında biyogaz üretilir ve birleşik ısı ve güç üretimi tesisinde enerjiye çevrilir. Belli bir bekleme süresi sonrasında

ayırılmış gübre çiftliklere veya arazilerin yakınında bulunan depolama tanklarına tarımda kullanılmak üzere taşınır [55].



Şekil 2.4. Merkezi Bir Biyogaz Tesisinin Şematik Görünümü [55].

Biyogaz üretim verimi, atığın türü, özelliği ve bileşiminde bulunan maddelerin kimyasal yapılarına göre farklılıklar göstermektedir. Aynı toplanmış organik katı atıklardan $130-160 \text{ L}_{\text{biyogaz}}/\text{kg-KM}$ oluşurken [56], gül posası gibi homojen ve tek malzemeden oluşan atıktan $315 \text{ L}_{\text{biyogaz}}/\text{kg-KM}$ [56,57] üretilmektedir. Toplam gaz oluşumu uçucu katı madde (UKM) giderme yüzdesinden de tahmin edilir. Tipik olarak $0,75$ ile $1,12 \text{ m}^3_{\text{biyogaz}}/\text{kg UKM}_{\text{giderilen}}$ olarak verilmektedir. Tavuk gübresi için yapılan bir çalışmada, metan gazı verimi 275 L/kg-UKM olarak bulunmuştur [56].

2.6.1. Biyogaz ve Metan Üretimiyle İlgili Çalışmalar

Evsel atıksu arıtma çamuru ve belediye katı atığının kullanıldığı bir çalışmada anaerobik işlemle biyogaz üretimi araştırılmıştır. Kesikli bir reaktör kullanılan çalışmada oda sıcaklığından 36°C ye kadar 25 günlük bekleme süresince işlemler yapılmıştır. Farklı organik beslemelerinin yapıldığı ($0,5-1,0-2,3-2,9-3,5$ ve $4,3 \text{ kg VS/m}^3 \cdot \text{d}$ karışım) evsel çamur ve katı atık karışımından biyogaz üretime bakılmıştır. Maksimum biyogazın

0,36m³/kg ile 2,9 kg VS/m³d beslemenin yapıldığı çamurda olduğu saptanmıştır. Ayrıca toplam katının %87,6, uçucu katının %88,1 ve KOİ'nin %89,3 azaltıldığı rapor edilmiştir [58].

Evsel atıksuyun (3,0g KOİ/L), 21,5 L'lik UASB reaktörde, 11kg KOİ/m³.d organik besleme hızı ve 4,7 saat HRT'de 178 gün süreyle anaerobik işlemi araştırılmıştır. Reaktör, 178 günlük fermantasyon süresince, 57 gün 25 °C'de, 36 gün 22 °C'de, 31 gün 19 °C'de, 29 gün 16°C'de ve son 25 gün 13 °C'de çalıştırılmıştır. Çalışma sonucunda sıcaklığın düşürülmesi ile KOİ gideriminin % 70'den % 64'e, biyogazdaki metanın % 60'dan % 35'e düştüğü bulunmuştur. Üretilen metanın, giderilen KOİ' ye oranı ise 25 °C' de 0,26 L_{CH4}/g KOİ iken 13 °C' de 0,16 L_{CH4}/gKOİ'ye düşmüştür. Çalışmada, evsel atıksuyun düşük sıcaklıklarda anaerobik işlemde biyogaz üretim verimi açısından verimli olmadığı belirtilmiştir [59].

Arpa atıklarından metan üretiminin artırılması için yapılan bir çalışmada; daha önce 22 LCH₄(STP)/kg VS olduğu, toplam katının %31 ve uçucu katının (VS) ise %40 azaltıldığı aktif çamur prosesi olan bir atıksu arıtma sistemine ön işlem uygulanmıştır. Buna göre aktif çamur ile işleme tabii tutulmadan önce alkali hidrolizle ön işlem yapılmış ve metan üretiminin 222 LCH₄(STP)/kgVS' a arttırıldığı, toplam katı azaltımında da %67 ve uçucu katıda da %84 azaltımın meydana geldiği saptanmıştır. İkinci bir çalışmada da arpa atığını mutfak atıklarıyla karıştırarak (%40 arpa atığı ve %60 mutfak atığı) anaerobik işleminde metan üretiminin arttığı ve 363 LCH₄(STP)/kgVS, toplam katının %61 ve uçucu katının %67 olduğu saptanmıştır [60].

Kahve endüstrisi atıkları ve evsel atıksu arıtma çamurlarının farklı kimyasal özelliklerindeki katı atık maddelerine mezofilik şartlarda kesikli sistemlerde anaerobik işlem uygulanmıştır. Metan üretimi, toplam ve uçucu madde miktarındaki azalma ve hidroliz hız sabiti gibi temel bilgiler saptanmıştır. Atıkların çoğunda metan üretim veriminin 0,24-0,28m³ CH₄(STP)/kgVS_{başlangıç} ve bunun da teorik metan üretiminin %76-89'una kadar ulaştığı, toplam katının %50-73, uçucu katının %75-80 azaltıldığı ve

hidrolik hız sabitinin $0,035-0,063d^{-1}$ olduğu saptanmıştır. Bütün atıklar dikkate alındığında metan üretim verimi ile hidrolik hız sabiti arasında ters bir bağıntı olduğu gözlenmiştir [61].

Evsel organik atıkların metan potansiyelini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada 10 g örnek kullanılmıştır. Örnekler 50 gün 3lü reaktörde $55^{\circ}C$ 'de 400 mL'lik şişelerde termofilik ortamda biyogaz üretilmiş ve gaz kromatografisiyle metan üretimine bakılmıştır. Organik evsel atığın metan üretim verimi $495 \text{ mL}_{CH_4}/\text{gVS}$ olarak saptanmıştır. Kağıt, nişasta ve glukoz için metan üretimi sırasıyla %63, 84 ve 94 olarak teorik hesaplanmıştır. Sonuçlardan en düşük metan üretim veriminin $72,5 \text{ mL}_{CH_4}/\text{gVS}$ olduğu hesaplanmış ve rapor edilmiştir [62].

5 farklı çözünürleştirilmiş aktif çamur örneklerinin, fiziksel özellikleri ve anaerobik parçalama üzerine ısı ön işlemin etkilerinin araştırıldığı çalışmada $200^{\circ}C$ 'nin altındaki sıcaklıklar için COD çözünürlüğünün işlem sıcaklığı ile arttığı saptanmıştır. Tüm farklı çamur örneklerinde aynı işlemler gerçekleştirilmiştir. $150^{\circ}C$ 'den düşük sıcaklıklarda karbonhidrat çözünürlüğü protein çözünürlüğünden daha önemli olduğu belirtilmiştir. Ön işlem görmüş çamurun vizkozitesi, çözünürlüğü ve susuzlaştırılmasıyla ilgili analizlerin $150^{\circ}C$ 'de uygun koşulu sağlandığı belirtilmiştir. $190^{\circ}C$ 'ye kadar olan ısı işlemler çamurun anaerobik işlemi esnasında biyogaz üretiminin artmasına sebep olduğu saptanmıştır. Biyogazın artmasının COD çözünebilirliği ve işlem görmemiş çamurun başlangıçtaki biyolojik parçalanması ile bağlantılı olduğu da yapılan çalışmada görülmüştür. Biyolojik parçalanabilirlik ne kadar düşükse, ısı ön işlemin etkisinin o kadar yüksek olduğu rapor edilmiştir [63].

Evcil hayvanların olduğu çiftliklerdeki biyogaz üretiminden elde edilen ısı ve ekonomik analiziyle ilgili yapılan bir çalışmada tasarlanan bir sistemle güneş enerjisinin anaerobik ortamda biyogaz üretimine katkısı ve simülasyonu yapılmıştır. Çiftliklerde ihtiyaç duyulan yıllık ısının üstünde metan üretiminin olduğunu saptamışlardır [64].

Evsel atıksu arıtma çamurunun biyolojik parçalanabilirliğine Ozonla önişlemin etkileri araştırıldığı çalışmada ozonla ön işlemden geçirilen çamurlara 5 günlük aerobik ve anaerobik işlem uygulanmıştır. 0,1g O₃/gAKM ile ozonlanmış çamurun, ozonla işlem yapılmamış çamurun 2-3 kat daha biyolojik parçalanabilirlik gösterdiği belirlenmiştir. Ozon derişiminde daha fazla artışla, biyolojik parçalanabilirliğin artmadığı ve anaerobik şartlarda ozonla önişlem yapılmış çamurun, önişlem yapılmamış çamurdan % 36 daha iyi bir biyolojik parçalanma gösterdiği belirtilmiştir [65].

Gıda atığı işlemleri için bir mezofilik anaerobik çamurun termofilik şartlara adaptasyonunun araştırıldığı çalışmada mezofilik ortamda parçalanmadan farklı olarak, gıda atığı termofilik anaerobik parçalanma reaktörlerde biyogaz üretimini arttırabilir. 5 L labaratuvar ölçekli bir reaktör mezofilik şartlarda tanecikli çamur eklenmiştir. 35°C'deki 13 günlük işlem sonrası reaktör sıcaklığı 55°C'ye yükseltilmiş ve 21. güne kadar bu sıcaklıkta işlem yapılmıştır. Biyokütle 21, 42 ve 63. günlerde gıda atığıyla arttırılmış ve her seferinde besin/mikroorganizma oranı 0,12'den 4,43 gVS/gVSS'ye arttırılmıştır. Çamur örnekleri 0, 21, 42 ve 63. günlerde besin miktarları testlerini yapmak için toplanmış ve reaktörde biyogaz üretimi tüm deneysel süreç boyunca kontrol edilmiştir. 21. günde toplanan çamur ani sıcaklık değişikliğinin hiçbir pastörizasyon etkisi olmadığını göstermiştir. Bu sıcaklık değişikliğinin daha çok biyokütlenin 3,58 g glukozu fermente edici aktivitesine, 0,47 ve 0,26 g besin maddesinin metanojenik aktivitesine ve asetoklastik ve hidrojenofilik mikroorganizmalara yol açmıştır. 55°C'de en yüksek biyogaz üretim veriminin 0,2-1,4 L_{Biyogaz(STP)}/gVS ve 0,1-0,84 L_{CH₄(STP)}/gVS olarak saptandığı rapor edilmiştir [66].

Dohányos tarafından yapılan bir çalışmada tam ölçekli bir lysate santrifüj yoğunlaştırıcı ile yaptığı çalışmada, küçük tanelere parçalanma düzeneği monte edilmiş olan santrifüj kullanımıyla özgül biyogaz üretiminin büyük ölçekli bir arıtma tesisinde %7,5, orta ölçekli bir arıtma tesisinde ise % 26 oranında arttığını ifade etmiştir [67].

Dip çamurlarıyla yapılan bir çalışmada anaerobik akışkan yataklı bir reaktörde 308 K'deki biyolojik parçalanma hızı; 1, 2.5, 5 ve 10 günlük değişik alıkonma sürelerinde araştırılmıştır. Ayrıca dip çamurundaki organik maddelerde çözünürlüğün ve çalışma sıcaklığının parçalanma üzerine etkileri saptanmıştır. 17,5 mg/L NaOH ile çözünür haldeki organik kısımdan oluşan dip çamurunda 1-2 günlük alıkonma süresinde 308K'de parçalanmanın olduğu, NaOH ile işlem görmeyen dip çamurunun parçalanması için gereken hidrolik alıkonma süresinin ise 10 gün olduğu rapor edilmiştir. Sıcaklık 298 K'e düşürüldüğünde NaOH işlem gören dip çamurunun parçalanması için gerekli olan hidrolik alıkonma süresinin 2,5-3 gün olduğu ve NaOH ile muamele edilen dip çamurunda 10 günlük hidrolik alıkonma süresi sonunda yeterli bir parçalanmanın oluşmadığı saptanmıştır [68].

Belediye katı atığı ve dip çamurunun hacimce %50 oranında karıştırılarak birlikte mezofilik anaerobik parçalanma sürecinde metan üretim veriminin araştırıldığı bir çalışmada, birlikte biyolojik parçalanma sonucunda belediye katı atığı ve dip çamurunun ayrı ayrı parçalanmasından daha yüksek verimde metan elde edildiği saptanmıştır [69].

Kanalizasyon ve dip çamurları, kağıt ve gıda sanayi atıkları, çözünmüş organik madde derişimi yüksek endüstriyel ve evsel atık sular biyogaz üretiminde kullanılmaktadır. Bu atıklar, belediyeler ve büyük sanayi tesisleri tarafından yüksek teknoloji kullanılarak, biyogaz üretim merkezlerinde hammadde olarak kullanılmaktadır.

Yapılan çalışma bulgularına göre değişik hammaddelerde ortalama biyogaz üretim verimlerinin, kanatlı hayvanların gübresinde 460 L_{biyogaz}/kg_{organik madde}, alglere 460 L_{biyogaz}/kg_{organik madde}, yeşil çayır otunda 410 L_{biyogaz}/kg_{organik madde} ve meyva atıklarında 350 L_{biyogaz}/kg_{organik madde} olduğu rapor edilmiştir [70].

0,5 kg uçucu organik madde içeren hammaddenin biyolojik bozunması ile yaklaşık %50-70 metan içeren 255 L biyogaz üretildiği rapor edilmiştir [71]. 1m³

biyogazdan sağlanan ısının (19,7-23,9 MJ); 0,62 L gazyağı, 1,46 kg odun kömürü, 3,47 kg odun, 0,43 kg bütan gazı, 12,3 kg tezek ve 4,70 kWh elektrik enerjisi eşdeğerinde olduğu rapor edilmiştir [72].

Bileşiminde % 60-70 metan (CH₄), % 40-30 karbondioksit (CO₂), % 0-2 hidrojen sülfür (H₂S) ile çok az miktarda azot (N₂) ve hidrojen (H₂) bulunmaktadır [73]. Isıtma aydınlatma ve pişirme amacıyla kullanılabilir bu biyogazın kullanılabilmesi; CO₂ gibi yanmayan bileşenlerin ve H₂S gibi korozif bileşenlerin uzaklaştırılabilmesine bağlıdır. Organik atığın biyolojik parçalanması ile üretilen gaz renksiz ve kıvılcımla tutuşabilir özelliğe sahiptir

Yapılan bir çalışmada buğday sapına γ ışını, amonyum hidroksit ve sodyum hidroksit ile önışlem uygulayarak metan verimini ve fermentasyon hız sabitini araştırmıştır. Önışlemde sodyum hidroksitin amonyum hidroksit'e göre daha etkili olduğu, alkali konsantrasyonu artıca metan veriminin artığı ve önışlem uygulanmamış buğday sapına göre %37 daha fazla metan elde edildiği saptanmıştır. Alkali önışlem de optimum sıcaklık 363 K olarak tespit edilmiş ve 373 K'in üstünde metan miktarında azalma olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca γ ışını uygulamasının metan üretim verimine etkisinin olmadığı rapor edilmiştir [74].

Zeytin posası atığından biyogaz üretim koşullarının araştırıldığı bir çalışmada, 425 μ m mesh boyuta kadar ufaltılmış zeytin posası, sulu ile karıştırılarak % 5, 10 ve 15 katı madde içeren sulu karışımları 20 günlük alıkonma süresince 1L'lik fermantörde 37 °C'de anaerobik parçalanmaya bırakılmıştır. Kesikli ve yarı kesikli reaktörlerde anaerobik parçalanma koşullarının araştırıldığı ön işlemler neticesinde en yüksek metan üretiminin yarı kesikli reaktörde %10'luk katı madde içeren sulu çözeltide saptanmıştır. Çalışmada maksimum biyogaz üretim hızı 0,70 L_{biyogaz}/L_{reaktör}d ve biyogaz üretim verimi 0,08 L_{biyogaz}/gCOD_{eklenen} olarak hesaplanmış ve rapor edilmiştir [75].

Murto ve arkadaşları, atıksu arıtma çamuru ve domuz gübresi gibi farklı özellikteki maddelerin karışımlarının anaerobik parçalanmada etkileri araştırmışlardır.

Gıda endüstrisi atıklarının anaerobik ortamda parçalanabilirliği için 2 farklı sistem kurulmuştur. Birinci sistemde patates işletmesinde oluşan gıda endüstrisi atığı ile arıtma çamuru 3500m³'lük iki tank içerisinde konulmuştur. Laboratuvar ölçeğinde yapılan çalışmalarda 500mL hacimli 3 reaktörde, çeşitli hacimsel oranlarda, 35°C'de ve 40 günlük alıkonma süresinde çalışılmıştır. Düşük organik madde yükleme hızında sürecin fazla yüklendiği, nişasta derişimi arttıkça sistemin tamponlanma dengesinin düştüğü ve sonuçların bunlardan etkilendiği saptanmıştır. İkinci sistemde ise domuz gübresi mezbahane atıkları, sebze atıkları ve çeşitli endüstri atıkları anaerobik sürece tabi tutulmuş ve çeşitli hacimsel oranlarda karıştırılmıştır. Karışım, her saatte bir 15 dakika 200rpm'de 4 saatte reaktöre besleme yapılmış, 35°C'de, çeşitli hacimsel oranlarda, 30 günlük alıkonma süresinde biyolojik parçalanma sürdürülmüştür. Çalışmalar sonucunda farklı türdeki atık maddelerin karıştırılarak anaerobik parçalanma işleminde gübreden dolayı amonyak miktarının artışıyla tamponun arttığı, amonyak derişiminin artmasının mikroorganizmalara toksik etki ettiği belirlenmiş ve yağ asitlerinin dönüşümünü tamamlayamadığı saptanmıştır. Ancak biyogaz veriminin 0,8-1m³/kgVS olduğu ve sürecin çok iyi çalıştığı rapor edilmiştir [76].

Termofilik şartlar altında, ikincil arıtma çamuruna mekanik ve ısı ön işlemler uygulanmasının biyogaz üretimine etkisi araştırıldığı bir çalışmada, çamura yüksek sıcaklıklarda (110, 116, 122, 128 ve 134 °C) ve düşük sıcaklıkta (70 °C) ısı ön işlem uygulanmıştır. Ayrıca ultrases ve mikrodalga ön işlemleri de uygulanmıştır. Yüksek sıcaklıklarda değişik sürelerde (20, 38, 55, 73 ve 90 min) ve düşük sıcaklıkta değişik sürelerde (9, 24, 48 ve 72 h), 0,5L reaktörlerde ön işlemler yapılmıştır. Ultrases ön işlemleri 300W, 20kHz altında 0,08L çamur kullanılmış ve 0,1L'lik plastik reaktörlerde uygulanmıştır. Mikrodalga ön işlemleri 400W'da 4, 6, 8 ve 10 min ve 800W'da ise 3, 4 ve 5 min uygulanmıştır. Çalışmalarda ön işlemlerin biyogaz üretim verimini arttırdığı, en düşük biyogaz üretim veriminin mikrodalga ön işleminde (0,30±0,02 L/g), en yüksek biyogaz üretim veriminin ise düşük sıcaklık ön işleminde (70°C), (0,52±0,007 L/g) gerçekleştiği rapor edilmiştir [77].

3. MATERYAL ve METOD

3.1. ÇALIŞMADA KULLANILAN HAMMADDELER

Çalışmada kullanılan hammaddeler, Tarsus ilçesi merkezi atıksu arıtma tesisi aerobik biyolojik işlem sonucu üretilen aktif çamur ve Mersin ilinde meyva suyu üretimi yapan ETAP Tarım ve Gıda Ürünleri Ambalaj San. ve Tic. A.Ş. fabrikası üretim sonrası oluşan katı portakal posasıdır.

3.1.1. Biyolojik Arıtma Çamuru Üretimi, Örneklerin Alınması ve Hazırlanması

Tarsus, yaklaşık 300 000 nüfusa sahip büyük bir ilçedir. Tarsus Atıksu Arıtma Tesisi 8 Kasım 2001 tarihinde işletmeye alınmış ve yaklaşık 312 000 kişilik nüfusa eşdeğer inşaa edilmiştir. Tesise 43 000 m³/d atıksu girişi arıtılmak üzere beslenmektedir. Atıksu arıtımı aynı anda aktif çamur stabilizasyonuna, nitrifikasyon ve denitrifikasyon işlemlerinin kontrolüne imkan veren uyarlanmış uzun havalandırılmalı arıtma prosesi ile yapılmaktadır. Biyolojik arıtma işleminden çıkan aktif çamur, mekanik olarak susuzlaştırıldıktan sonra analizleri yapıp tarımsal alanlarda kullanılmıştır. Ancak işlenmiş arıtma çamurunun tesis civarındaki tarım alanlarında kullanılabilmesi için Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği hükümleri gereğince Toprak Analizleri ve Arıtma Çamuru analizleri Referans Laboratuvarlarda yaptırılarak, analiz raporları İl Çevre Orman Müdürlüğüne sunulmakta, düzenlenen Arıtma Çamuru İzin Belgesine göre uygulama yapılmaktadır. Bu nedenle tesiste üretilen çamur değerlendirilmeden yığınlar halinde bekletilmektedir. Tam kurumaya uğraması için de tesis içinde bir alanda kurumaya bırakılmaktadır.

Tesisten alınan biyolojik arıtma çamuru örneği vakit geçirilmeden laboratuvara getirilmiş analizler için bir kısmı ayrılmış ve geriye kalan kısım tam kuru hale gelinceye kadar 75°C'de etüvde kurutulmuştur. Tam kuru hale gelen örnekler öğütücüde öğütülüp 14 numaralı elek altında kalan örnekler ön işlemlerde kullanılmıştır.

3.1.2. Portakal Posası Üretimi, Örneklerin Alınması ve Hazırlanması

ETAP Tarım ve Gıda Ürünleri Ambalaj San. ve Tic. A.Ş. fabrikasında meyve suyu üretimi amacıyla taze portakalların üretim bandında, silindirik metal vakum kolları ile portakalların içerisindeki portakal suyu vakumla alınmaktadır. Daha sonra geriye kalan katı, portakal posası olarak üretilmektedir.

Fabrikada meyve suyu üretimi sürecinde üretilen portakal posasından alınan örnek vakit geçirilmeden laboratuvara getirilmiş analizler için bir kısmı ayrılmış ve geriye kalan kısım tam kuru hale gelinceye kadar 75°C etüvde bekletilmiştir. Tam kuru hale gelen portakal posası örneği öğütücüde öğütülüp 14 numaralı elek altındaki örnekler hava almayan bir cam kavanozda korunmuş ve ön işlemler için bu örnekler kullanılmıştır.

3.1.3. Çalışmada Kullanılan Ekipmanlar

Hammaddeleri öğütmek için Arnica marka bıçaklı öğütücü kullanılmıştır.

Çalışmalarda örneklerin tartım işlemleri için ± 1 g duyarlıkta Watburg marka kaba terazi ve $\pm 0,001$ g duyarlıkta AND HR-120 marka hassas terazi kullanılmıştır.

Kurutma işlemleri ve nem analizleri; $\pm 1^\circ\text{C}$ duyarlıkta Elektro-Mag marka 513 K'e kadar ayarlanabilen M 6040 model etüvde Standart Metotlara göre yapılmıştır [78].

Kül ve uçucu madde tayinleri; maksimum 1 500°C'ye ayarlanabilen Elektro-Mag marka 1813 model dijital termostatlı kül fırınında Standart Metotlara göre yapılmıştır [78].

Yağ miktarlarının tayini; Soxhlet ekstraksiyon sistemi kurularak hammaddenin bazı organik çözücülerde çözünmesi sağlanmış ve yağın çözücüden ayrılması amacıyla

da IKA Werke HB4 Basic marka Rotary Evaporator cihazı kullanılarak Standart Metotlara göre analizi yapılmıştır [78].

Şeker tayini; DNS (Dinitro Salisilik Asit) yöntemine göre HACH- DR 2010 marka spektrofotometrede 540 nm'de okunarak yapılmıştır [79].

Selüloz tayini; Yarı Otomatik Ham Selüloz Cihazı kullanılarak yapılmıştır.

Hammaddelerin üst ısı değerlerinin tayini için; Record marka Kalorimetre cihazı kullanılmış, elde edilen sonuçlar bir bilgisayar programında hesaplanmıştır [80].

Isıtma işlemlerinde ise ısıtıcı olarak 573 K'e kadar ayarlanabilir termostatlı Şimşek marka düz ısıtıcı kullanılmıştır.

Hammadelere uygulanan mikrodalga önışlemlerinde; 700 W gücünde BEKO MD 1500, model 5 mikrodalga fırın kullanılmıştır.

Hammadelere uygulanan ses dalgaları önışlemlerinde; 35 kHz' lik ses dalgaları oluşturan ELMA marka S100H Elmasonic D-78224 Singen/Htw model Ultrases cihazı kullanılmıştır.

Askıda katı madde tayini için; sulu çözeltiden katı maddeleri ayırmak amacıyla Fisher Scientific Microcentrifuge marka High Speed Model 12&14 santrifüj cihazı kullanılmıştır.

3.2. ÇALIŞMADA KULLANILAN HAMMADDELERLE İLGİLİ ANALİZLER

Çalışmada hammadde olarak kullanılan evsel atıksu arıtma çamuru, Tarsus Atıksu Arıtma Tesisinde biyolojik arıtma işlemi sonucunda oluşan ve herhangi bir dış

etkene maruz kalmamasına özen gösterilerek alınan aktif çamur hammadde olarak kullanılmıştır. Alınan örnek vakit geçirilmeden laboratuvara getirilerek nem, toplam katı madde, kül ve uçucu madde analizleri Standart Metodlara göre yapılmıştır [78].

Çalışmada hammadde olarak kullanılan katı portakal posası ise ETAP Tarım ve Gıda Ürünleri Ambalaj San. ve Tic. A.Ş. fabrikasında meyve suyu üretimi sırasında olduğundan herhangi bir dış etkene maruz kalmamaktadır. Fabrikadan alınan örnek laboratuvara getirilerek öğütülmüş, nem, toplam katı madde, kül ve uçucu madde analizleri Standart Metodlara göre yapılmıştır [78].

Hammaddelerde analizler yapılmadan önce karıştırma işlemiyle homojen hale getirilmiştir.

3.2.1. Hammaddelerin Üretim Potansiyellerinin Saptanması

Mersin ili Tarsus ilçesi merkezi atıksu arıtma tesisinden alınan biyolojik aktif çamur üretim miktarının aylık, yıllık üretim miktarları hesaplanmıştır.

ETAP Tarım ve Gıda Ürünleri Ambalaj San. ve Tic. A.Ş. fabrikasında meyve suyu üretimi sonrası oluşan katı portakal posası ile ilgili işletme bilgilerinden yıllık üretim miktarı hesaplanmıştır.

3.2.2. Nem ve Katı Madde Tayini

Analizlerde cam petri kullanılmıştır. Portakal posası örneklerinden yaklaşık 25g, arıtma çamuru örneklerinden ise yaklaşık 40g tartılarak, sabit tartımları daha önceden belirlenmiş olan petri kaplarına konulmuştur. Kütleleri belirlenen örnekler ASTM D 3173'e göre; 376K'da sabit tartıma gelinceye kadar etüvde 75°C'de kurutulup kalan kütle gravimetrik olarak saptanmıştır. Kütle kaybında nem, kütlece ortalama %

nem olarak hesaplanıp bulgular çizelgeler halinde verilmiştir. Tüm işlemler üçlü paralel olarak yürütülmüş ve ortalamalar alınmıştır.

3.2.3. Kül Tayini

Önceden daraları belirlenmiş olan 18mL ve 25mL'lik porselen krozeler analizlerde kullanılmıştır. Sabit tartıma getirilmiş portakal posası ve arıtma çamuru örneklerinden, yaklaşık 1'er g tartılarak, sabit tartımları daha önceden belirlenmiş olan porselen krozelere konulmuştur. Kütleleri belirlenen örnekler ASTM D 1102'ye göre; tartımı belli tam kuru örnek kül fırınında ağzı açık bir porselen kroze içinde 998 K'de kavrulduktan sonra tartılıp kalan miktar gravimetrik olarak saptanmıştır. Kütlece ortalama % kül olarak farktan hesaplanıp çizelgeler halinde verilmiştir. Tüm işlemler üçlü paralel olarak yürütülmüş ve ortalamalar alınmıştır.

3.2.4. Uçucu Madde Tayini

Önceden daraları belirlenmiş olan 18mL ve 25mL' lik porselen krozeler ve kapakları analizlerde kullanılmıştır. Sabit tartıma getirilmiş portakal posası ve arıtma çamuru örneklerinden, yaklaşık 1'er g tartılarak, sabit tartımları daha önceden belirlenmiş olan porselen krozelere konularak kapakları kapatılmıştır. Kütleleri belirlenen örnekler ASTM D 3175'e göre; kapaklı bir krozede 1223 K'de kül fırınında 7 min. işleme tabii tutulmuş ve kalan madde miktarı tartılarak gravimetrik olarak saptanmıştır. Kütlece ortalama % uçucu madde olarak hesaplanmıştır. Tüm işlemler üçlü paralel olarak yürütülmüş ve ortalamalar alınmıştır.

3.2.5. Üst Isıl Değer Tayini

Kalorimetre cihazında üst ısıl değerinin tayininde örnek olarak daha önce sabit tartıma getirilmiş arıtma çamuru ve portakal posası kullanılmış, kuru örnekler havanda öğütülerek toz haline getirilmiştir. Örneklerin tablet haline getirilebilmesi için, burgulu

bir komprime makinesi kullanılmış, bu örneklerin tabletleri, sanayi tipi O₂ tüpleri kullanılarak; 2,5 MPa basınçta yakılmıştır. Yanmayı sağlayan ve 1mg'ı, 1,6cal olan, yaklaşık 10cm boyutunda 0,1mm kalınlığındaki demir tel kullanılmıştır.

Yanma işleminin gerçekleşebilmesi için V₂A çeliğinden imal edilmiş, içi aside dayanıklı metal ile kaplanmış, bir oksijen giriş sübabı, elektrik akımını iletmeye ve yüksek sıcaklık ve basınca dayanıklı kuartz krozeği tutmaya yarayan iki sübabı olan Kalorimetre Bombası kullanılmıştır.

Örneklerin yanmasıyla açığa çıkan sıcaklık değişimlerini ölçmek için ise, 0,100°C hassasiyetli ve 7-8°C' lik fark ölçen Beckmann Termometresi kullanılmıştır.

Üst ısı değerleri; ASTM D 5865'e göre Record marka sabit basınçlı kalorimetre cihazı kullanılarak saptanmıştır.

Kalorimetre cihazında örneklerin yakılması süresince zamana karşı saptanan sıcaklık artışlarından elde edilen veriler; 3.1., 3.2. ve 3.3. bağıntıları kullanılarak hesaplanmıştır [81].

$$H_o = \frac{W (t_m + c - t_o) - \sum b}{G} \quad 3.1.$$

H_o : Üst ısı değer,

W : Kalorimetre sabiti,

t_o : Yakma anından önce kaydedilen ilk sıcaklık,

t_m : Yakma safhasında kaydedilen son sıcaklık,

∑b : Örnek dışındaki diğer maddelerin (yakma teli, kükürt, azot) yanması ile meydana gelen ısı değişimleri toplamı,

G : Kurutulmuş örneğin kütlesi (g),

c : Kalorimetre ile dış ortam arasındaki ısı alışverişini düzeltme faktörü.

$$c = m \Delta n - (\Delta n + \Delta v) F \quad 3.2.$$

- m : Esas deney için geçen toplam zaman (min),
 Δn : Son safhada dakikada sıcaklık düşüşlerinin ortalaması,
 Δv : İlk safhada dakikada sıcaklık düşüşlerinin ortalaması,

$$F = m - \frac{1}{t_n - t_v} \left(\sum t + \frac{t_o + t_m}{2} - m t_v \right) \quad 3.3.$$

- t_v : İlk safhada kaydedilen sıcaklıkların ortalaması,
 t_n : Son safhada kaydedilen sıcaklıkların ortalaması,
 $\sum t$: Yakma safhasında ilk ve son okunan sıcaklıklardan ayrı sıcaklıkların toplamı.

Üst ısı değerinin hesaplanmasında; Fortran IV. programlama dilinde Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi'nde yazılan bir bilgisayar programı kullanılmıştır [80].

3.2.6. Selüloz Tayini

Sabit tartıma gelmiş tam kuru örneklerden yaklaşık olarak 1'er g alınarak Mersin Tarım İl Müdürlüğünde bulunan "FOS Yarı Otomatik Ham Selüloz Cihazı"nda analizleri yapılmıştır. Kütlece ortalama % selüloz olarak hesaplanıp çizelgede verilmiştir.

3.2.7. Yağ Miktarı Tayini

Çalışmada kullanılan katı portakal posası örneklerinden yaklaşık 20 g alınarak çeşitli kimyasal çözücülere (kloroform, n-hekzan, benzen, di klor metan ve etil alkol) Soxhlet cihazında özütlenmiştir. Özüt örnekleri, döner buharlaştırıcıda çözücüler

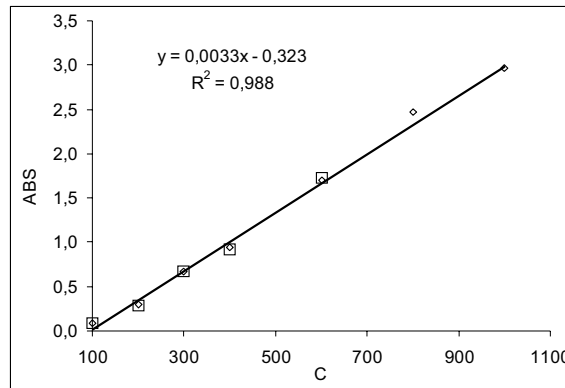
özütlenen maddelerden ayrıldıktan sonra çözünen madde miktarları bulunmuştur. Yağ tayini analizi Standart Metodlara göre yapılmış [78] ve hesaplanarak çizelge halinde verilmiştir [82,83].

3.2.8. Şeker Tayini

Şeker tayini, Park ve Wang'a göre DNS (dinitro salisilik asit) kullanılarak spektrofotometrik olarak belirlenmiştir [79].

Şeker tayini yapılırken 100mL saf suya 1g DNS (%98'lik), 0,2g fenol, 0,05g Sodyum Sülfid (Na_2SO_3), 1g Sodyum Hidroksit (NaOH) ilave edilerek bir A çözeltisi hazırlanmış, daha sonra 100mL saf suya 40g Sodyum-potasyum tartarat ilave edilerek de B çözeltisi (Rachelle tuz çözeltisi) hazırlanmıştır.

Bir tüp içine alınan saf su ile seyreltilmiş portakal posası örneği üzerine 2 mL A çözeltisi ilave edilip 90°C ' deki su banyosunda 10 min bekletildikten sonra 1 mL B çözeltisi ilave edilip karıştırılmıştır. Tüpler oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra spektrofotometrede (HACH- DR 2010) 540 nm'de absorbanslar okunmuştur. Şeker derişimi, 1 g/L (glukoz çözeltisi) olan stok çözeltisinden örnekler alınarak DNS ile analizi yapıp oluşturulan standart grafikten (Şekil 3.1.) hesaplanmış ve çizelge olarak verilmiştir.



Şekil 3.1. DNS ile şeker tayininde absorbansın derişimle değişim standart grafiği.

3.3. ÇALIŞMADA KULLANILAN HAMMADDELERE UYGULANAN ÖN İŞLEMLER

Örneklere uygulanan ön işlemler, arıtma çamurunun ve portakal posasının kütlece % 7 katı madde içeren sulu karışımlarına uygulanmıştır. Suyun normal kaynama sıcaklığında (SNKS) ön işlemler yapılmıştır.

250mL'lik rodajlı erlenler kullanılarak her erlene yaklaşık 5g örnek tartılmış ve üzeri karışımda %7 katı madde olacak şekilde saf su eklenerek ön işlem uygulanacak sulu karışımlar hazırlanmıştır.

Örnekler hiçbir işleme tabii tutulmamış orijinal haliyle, katı maddenin %10, 15 ve 20'si olacak şekilde; % 98'lik derişik H_2SO_4 (yoğunluğu 1,86 kg/L), % 65 'lik HNO_3 (yoğunluğu 1,37kg/L), kütlece % 50'lik sulu KOH çözeltisi ve kütlece % 50'lik sulu NaOH çözeltilerinden eklenmiş pH'ları ölçülmüş ve ön işlemler uygulanmıştır. Uygulanan ön işlemler oda sıcaklığında bekletilmiş ve suyun normal kaynama sıcaklığında elektrikli düz ısıtıcıda geri soğutucular altında ısıtılmıştır (pişirilmiştir.).

Örnekler, ayrıca BEKO MD 1500 model 5, mikrodalga fırın içerisinde 700 W gücünde doğrudan olmak üzere 15min mikrodalga radyasyonuna maruz bırakılmıştır.

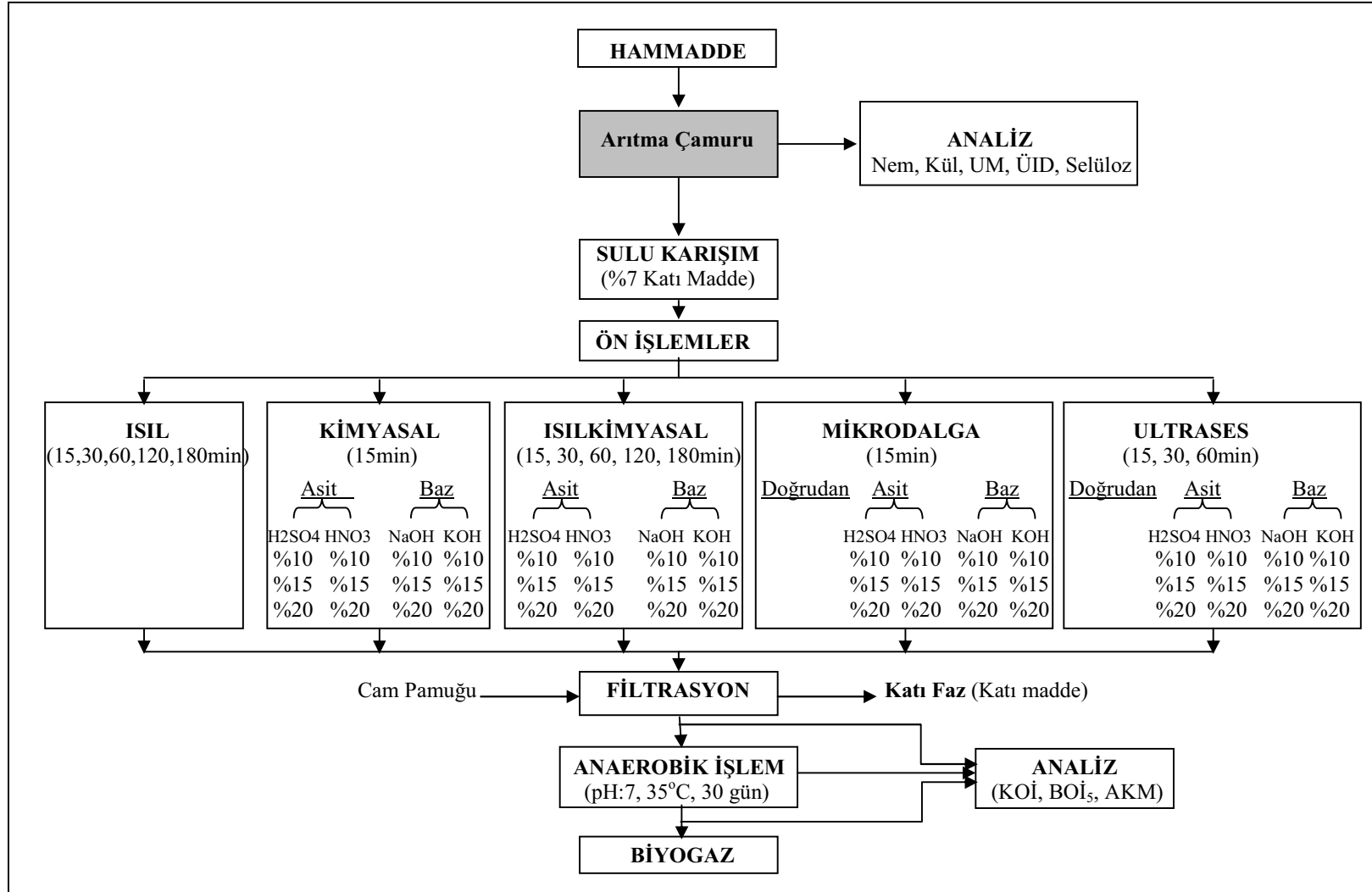
Örnekler için uygulanan başka bir ön işlemde ise ELMA marka S100H Elmasonic D-78224 Singen/Htw model Ultrases 35kHz' lik ses dalgaları verilen banyoda 15, 30 ve 60 min'lik Ultrases ses dalgalarına maruz bırakılmıştır.

Hazırlanan sulu karışımlar değişik ortam koşullarında ön işlemlerden geçirilmiştir. Ön işlem koşullarında; ön işlem süreleri, ön işlem sıcaklıkları, kullanılan kimyasal maddeler ve derişimleri, mikrodalga ve ultrases ön işlemleri kullanılmıştır.

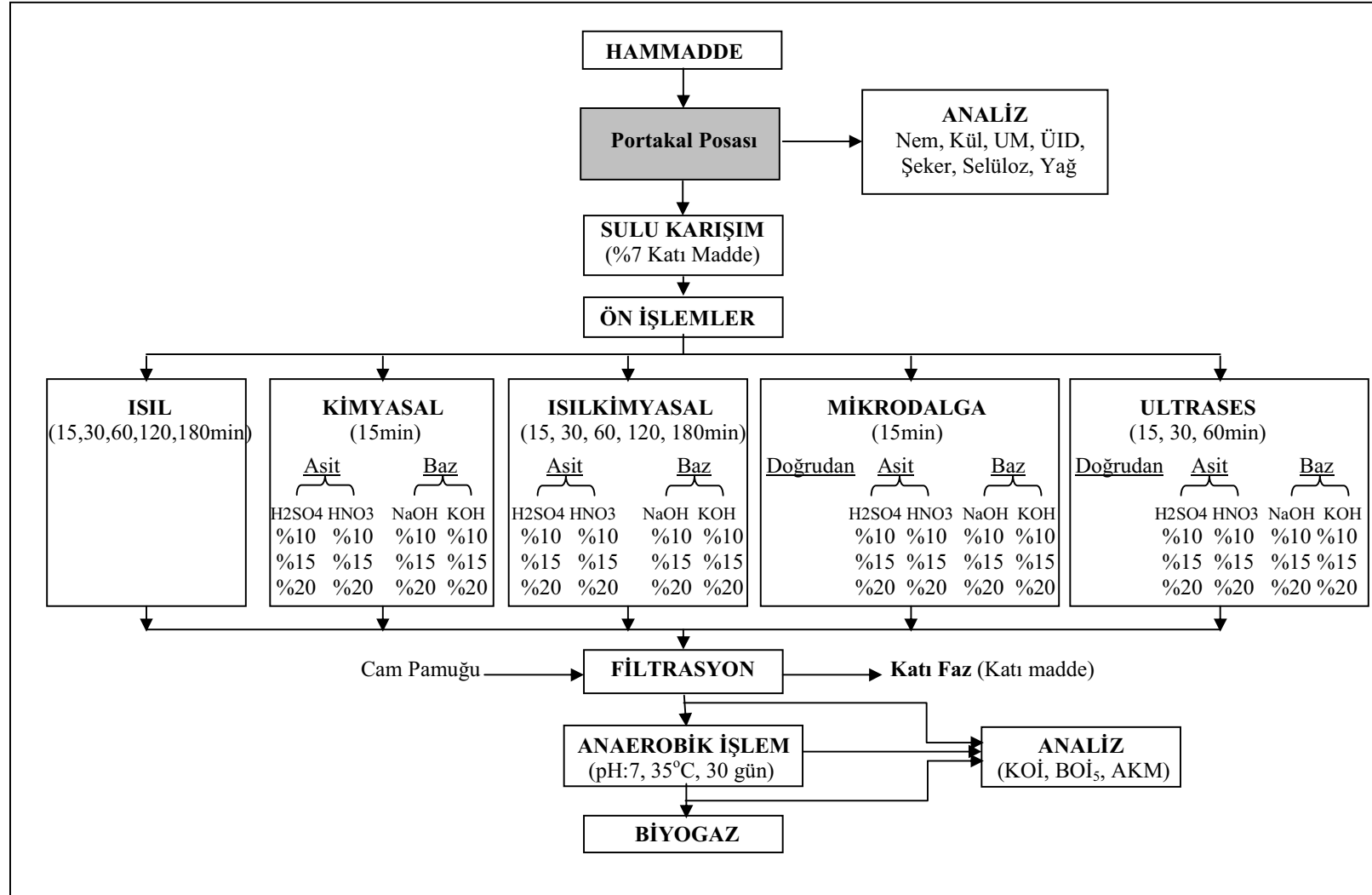
Ön işlemlerden sonra karışımlar darası alınmış cam pamuğundan süzölmüş, cam pamuğunda kalan katı kurutularak sabit tartıma getirilmiş ve toplam kütleşi gravimetrik olarak saptanmıştır. Katı maddenin ön işlem koşullarında suda çözünen yüzdeleri hesaplanmıştır. Elde edilen sulu faza anaerobik işlem uygulanmıştır.

Aritma çamuru ve portakal posasına uygulanan işlemler ve akım şemaları Şekil 3.2. ve 3.3.'de verilmiştir.

Tüm işlemler üçlü paralel olarak yürütölmüş ve hesaplamada ortalamaları alınmıştır.



Şekil 3.2. Arıtma Çamuruna Uygulanan İşlemler ve İşlemlerin Akım Şeması.



Şekil 3.3. Portakal Posasına Uygulanan İşlemler ve İşlemlerin Akım Şeması.

3.3.1. Oda Sıcaklığında Uygulanan Ön İşlemler

Oda koşullarında arıtma çamuru ve portakal posasının kütlece % 7 katı madde içeren sulu karışımları hazırlanmıştır. 15 min oda koşullarında bekletilen örneklerin homojenliğinin sağlanması için bagetle karıştırma işlemi yapılarak katı maddenin suda çözünürleştirilmesine çalışılmıştır.

3.3.2. Isıl Ön İşlemler

Arıtma çamuru ve portakal posasının kütlece % 7 katı madde içeren sulu karışımları doğrudan suyun normal kaynama sıcaklığında, 15, 30, 60, 120 ve 180min geri soğutucular altında kaynatılarak katı maddelerin suda çözünürleştirilmesine çalışılmıştır.

3.3.3. Kimyasal Ön İşlemler



Şekil 3.4.a. Örneklere Kimyasal Maddelerle Ön İşlem Uygulanması,
b. Ön İşlem Uygulanmış Örnekler

3.3.3.1. Asidik ön işlemler

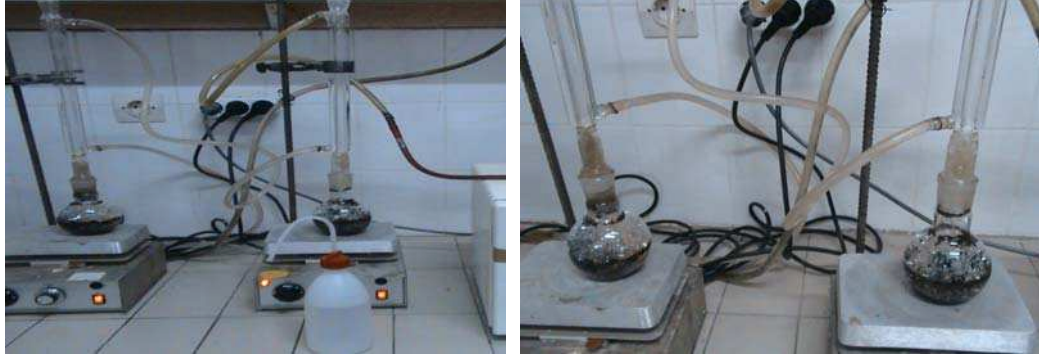
H_2SO_4 ve HNO_3 ile yapılan kimyasal ön işlemlerde, arıtma çamuru ve portakal posasının kütlece % 7 katı madde içeren sulu karışımlarına karışımdaki katı maddenin

kütlece %10, %15 ve %20'si olacak şekilde H_2SO_4 ve HNO_3 ayrı ayrı eklenmiştir. Homojenliği sağlamak amacıyla bagetle karıştırıldıktan sonra 15min oda sıcaklığında bekletilmiştir.

3.3.3.2. Bazik ön işlemler

KOH ve NaOH'ın sulu çözeltisi ile yapılan kimyasal ön işlemlerde, arıtma çamuru ve portakal posasının kütlece % 7 katı madde içeren sulu karışımlarına karışımdaki katı maddenin kütlece %10, %15 ve %20'si olacak şekilde KOH ve NaOH ayrı ayrı eklenmiştir. Homojenliği sağlamak amacıyla bagetle karıştırıldıktan sonra 15min oda sıcaklığında bekletilmiştir.

3.3.4. Isilkimyasal Ön İşlemler



Şekil 3.5. Sulu Karışımlara Isilkimyasal Ön İşlem Uygulama Düzenegi

3.3.4.1. Asidik ortamda uygulanan ısı ön işlemler

H_2SO_4 ve HNO_3 ile yapılan kimyasal ön işlemlerde, arıtma çamuru ve portakal posasının kütlece % 7 katı madde içeren sulu karışımlarına karışımdaki katı maddenin kütlece %10, %15 ve %20'si olacak şekilde H_2SO_4 ve HNO_3 ayrı ayrı eklenmiştir. Suyun normal kaynama sıcaklığında geri soğutucu altında 15, 30, 60, 120 ve 180min Şekil 3.5.'deki ön işlem uygulama düzeneginde kaynatılmıştır.

3.3.4.2. Bazik ortamda uygulanan ısı ön işlemler

KOH ve NaOH'ın sulu çözeltisi ile yapılan kimyasal ön işlemlerde, arıtma çamuru ve portakal posasının kütlece % 7 katı madde içeren sulu karışımlarına karışımdaki katı maddenin kütlece %10, %15 ve %20'si olacak şekilde KOH ve NaOH ayrı ayrı eklenmiştir. Suyun normal kaynama sıcaklığında geri soğutucu altında 15, 30, 60, 120 ve 180min Şekil 3.5.'deki ön işlem uygulama düzeneğinde kaynatılmıştır.

3.3.5. Mikrodalga Ön İşlemleri

Kütlece % 7 katı madde içeren sulu karışımlara doğrudan ve kimyasal maddeler eklenerek mikrodalga ile ön işlem uygulanmıştır. Ön işlem uygulama düzeneği şekil 3.6'da gösterilmiş ve ön işlemler alt başlıklarda açıklanmıştır.



Şekil 3.6. Sulu Karışımlara Uygulanan Mikrodalga Ön İşlem Düzeneği

3.3.5.1. Doğrudan mikrodalga ön işlemleri

14 nolu elek altına geçen arıtma çamuru ve portakal posası katı atıkları BEKO MD 1500 model 5 mikrodalga fırın içerisinde 700 W gücünde doğrudan olmak üzere 15min geri soğutucular altında mikrodalga radyasyonu ile ön işleme tabi tutulmuştur.

3.3.5.2. Asidik ortamda uygulanan mikrodalga ön işlemleri

H₂SO₄ ve HNO₃ ile kimyasal ön işlemlerde, arıtma çamuru ve portakal posasının kütlece % 7 katı madde içeren sulu karışımlarına karışımdaki katı maddenin kütlece %10, %15 ve %20'si olacak şekilde H₂SO₄ ve HNO₃ ayrı ayrı eklenmiştir. Örnekler daha sonra BEKO MD 1500 model 5 mikrodalga fırın içerisinde 700 W gücünde doğrudan olmak üzere 15min geri soğutucular altında mikrodalga radyasyonu ile ön işleme tabi tutulmuştur.

3.3.5.3. Bazik ortamda uygulanan mikrodalga ön işlemleri

KOH ve NaOH'ın sulu çözeltisi ile kimyasal ön işlemlerde, arıtma çamuru ve portakal posasının kütlece % 7 katı madde içeren sulu karışımlarına karışımdaki katı maddenin kütlece %10, %15 ve %20'si olacak şekilde KOH ve NaOH ayrı ayrı eklenmiştir. Örnekler daha sonra BEKO MD 1500 model 5 mikrodalga fırın içerisinde 700 W gücünde doğrudan olmak üzere 15min geri soğutucular altında mikrodalga radyasyonu ile ön işleme tabi tutulmuştur.

3.3.6. Ultrases Ön İşlemleri

Kütlece % 7 katı madde içeren sulu karışımlara doğrudan ve kimyasal maddeler eklenerek ultrases ile ön işlem uygulanmıştır. Ön işlem uygulama düzeneği şekil 3.7'de gösterilmiş ve ön işlemler alt başlıklarda açıklanmıştır.



Şekil 3.7. Sulu Karışımlara Uygulanan Ultrases Ön İşlem Düzeneği

3.3.6.1. Doğrudan Ultrases ön işlemleri

14 nolu elek altına geçen arıtma çamuru ve portakal posası katı atıkları ELMA marka S100H Elmasonic D-78224 Singen/Htw model Ultrases 35 kHz' lik ses dalgaları verilen banyoda 15, 30 ve 60min Ultrases ses dalgalarına maruz bırakılmıştır.

3.3.6.2. Asidik ortamda uygulanan Ultrases ön işlemleri

H₂SO₄ ve HNO₃ ile kimyasal ön işlemlerde, arıtma çamuru ve portakal posasının kütlece % 7 katı madde içeren sulu karışımlarına karışımdaki katı maddenin kütlece %10, %15 ve %20'si olacak şekilde H₂SO₄ ve HNO₃ ayrı ayrı eklenmiştir. Örnekler daha sonra ELMA marka S100H Elmasonic D-78224 Singen/Htw model Ultrases 35 kHz' lik ses dalgaları verilen banyoda 15, 30 ve 60min Ultrases ses dalgalarına maruz bırakılmıştır.

3.3.6.3. Bazik ortamda uygulanan Ultrases ön işlemleri

KOH ve NaOH'ın sulu çözeltisi ile kimyasal ön işlemlerde, arıtma çamuru ve portakal posasının kütlece % 7 katı madde içeren sulu karışımlarına karışımdaki katı maddenin kütlece %10, %15 ve %20'si olacak şekilde KOH ve NaOH ayrı ayrı eklenmiştir. Örnekler daha sonra ELMA marka S100H Elmasonic D-78224 Singen/Htw model Ultrases 35 kHz' lik ses dalgaları verilen banyoda 15, 30 ve 60min Ultrases ses dalgalarına maruz bırakılmıştır.

3.3.7. Suda Çözünürlüklerin Saptanması

Çalışmada, katı maddenin sulu fazdan ayrılması amacıyla kurutma kağıtları içerisinde, 75°C'de sabit tartıma getirilmiş cam pamukları kullanılmıştır. Cam pamuğundan süzme işlemi, 500 mL'lik erlenlerin üzerine, içlerine cam pamuğu yerleştirmiş huniler kullanılarak yapılmıştır.



Şekil 3.8. a. Örneklerin Cam Pamuğunda Süzülmesi ve Yıkanması Uygulaması
b. Etüve Konulmak Üzere Yıkanmış Örneğin Cam Pamuğundaki Görüntüsü

Oda sıcaklığında, ısı, kimyasal, ısıkimyasal, Mikrodalga ve Ultrases ön işlemleri uygulanmış kütleye %7 katı madde içeren sulu karışımlar cam pamuğundan süzdürülmüş ve cam pamuğunda suda çözülmüş madde kalmaması için 100mL saf suyla yıkanıp, sulu fazın toplam hacmi ölçülmüştür ve anaerobik işlemlerde kullanılmıştır. Karışımların süzülmesinden ve saf su ile yıkanmasından sonra hunilerdeki cam pamukları, yeniden kurutma kağıtlarına alınarak 75°C'ye ayarlanmış etüve sabit tartıma gelinceye kadar kurumaya bırakılmıştır. Sabit tartıma geldikten sonra desikatöre alınıp soğutulup tartılmıştır. Cam pamuğunda kalan kurutulmuş katı madde miktarı gravimetrik olarak saptanmıştır. Cam pamuğunda kalan katı miktarı farktan hesaplanmış ve başlangıçtaki katı maddenin % suda çözünürlüğü hesaplanmıştır.



Şekil 3.9.a. Sulu Faza Geçmeyen Katı Kısımın Etüve Kurutulması
b. Etüveden Çıkartılan Örneklerin Tartılmadan Önce Desikatörde Soğutulması

Süzülerek elde edilen sulu fazdaki çözünmüş katı madde miktarı; başlangıçta kullanılan katı madde miktarından, cam pamuğunda kalan katı madde miktarı farkından hesaplanarak, başlangıçtaki katı maddenin kütlece suda çözünen yüzdeleri hesaplanmıştır. Suda çözünürleştirme işleminden sonra elde edilen sulu fazın toplam hacimleri ölçülmüş ve suda çözünen madde derişimleri hesaplanmıştır.

Ön işlem uygulanmış sulu karışımların süzülmesi ile elde edilen sulu fazların toplam hacimleri ölçülmüş ve suda çözünenin en yüksek olduğu örnekler seçilmiştir. Seçilen örneklerin listesi çizelgelerde verilmiştir. Seçilen sulu fazların pH'larını 7'ye ayarlamak için asidik ön işlem uygulanan sulu fazlar sulu KOH çözeltisi ve bazik ön işlem uygulanmış sulu fazlar ise H₂SO₄ çözeltisi kullanılmıştır (Şekil 3.10). Sulu fazlar, anaerobik işlemlerde ve biyolojik parçalanma süresince MLSS, KOİ ve BOİ₅ derişimlerini zamanla saptamak için kullanılmıştır.

Tüm sulu fazlara, ortamda yeterince mikroorganizma bulunmasını sağlamak amacıyla aş çözeltisi ilave edilmiştir. Aş çözeltisi, % 7 katı madde içeren taze inek gübresinin cam pamuğunda süzülmesinden elde edilen sulu çözeltiden alınmıştır. Elde edilen aş çözeltisinin toplam hacimde hacimsel olarak % 7 aş çözeltisi olacak şekilde eklenmiş ve anaerobik işlemler uygulanmıştır.



Şekil 3.10. Örneklerin pH'larının Ayarlanması

3.3.8. Ön İşlem Bulgularına Uygulanan İstatistiksel Hipotez Testleri

Hipotez Testi, önceden belirlenmiş bir ana kütle parametresinin elde edilen örneklem kütleinin parametresi ile karşılaştırıp test edilmesidir. Eğer örneklem istatistiği, test edilen parametrik değere yakın ise hipotez doğru olarak kabul edilir, reddedilmez. Fakat örneklem istatistiği test edilen parametrik değerden çok farklı ise hipotez kabul edilmez, hipotez reddedilir.

T testi, iki örneklem grubu arasında ortalamalar açısından fark olup olmadığını araştırmak amacıyla kullanılır. T testi, bir gruptaki ortalamasının diğer gruptaki ortalamadan önemli derecede farklı olup olmadığını belirler. T testi için sıfır hipotezi ve alternatif hipotezi aşağıdaki gibidir.

H₀ : İki grubun ortalamaları arasında anlamlı fark yoktur.

H_A : İki grubun ortalamaları arasında anlamlı fark vardır.

Eğer ikiden fazla grubun ortalamaları karşılaştırılacak ise F (Varyans) Testi uygulanır. İki den fazla grubun ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığını test eden F testinin hipotezi aşağıdaki gibidir.

H₀ : $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_N$ Yani ortalamalar arasında fark yoktur.

H_A : Ortalamalardan en az ikisi arasında anlamlı fark vardır.

Aritma çamuru ve portakal posasının işlenmesinde sağlanan bulgular test edilmiştir. T Testi ve F Testi sonuçları bulunmaktadır. %95 güven düzeyinde yani $\alpha = 0,05$ anlamlılık ile test edilen F ve T testine göre anlamlılık sütununda bulunan değer $p < 0,05$ ise H₀ hipotezi ret edilmiştir. Aksi durumda $p > 0,05$ ise H₀ hipotezi kabul edilmiştir.

Tüm işlemlerden elde edilen verilerin istatistiksel analizleri sonuçların güvenilir olduğunu göstermiş ve ilgili başlıklarda sonuçlar verilmiştir.

3.4. ANAEROBİK İŞLEMLER

Isıl, kimyasal, ısılkimyasal, Mikrodalga ve Ultrases önişlemleri, hiçbir ön işlem uygulanmamış portakal posası ve arıtma çamuru örneklerinden elde edilen sulu fazlara biyoassay yöntemi uygulanmıştır. Ayrıca arıtma çamuru ve portakal posasının hiçbir ön işlem uygulanmamış orijinal haldeki örneklere de biyoassay yöntem uygulanmıştır.

Isıl, kimyasal, ısılkimyasal, Mikrodalga ve Ultrases önişlem koşullarından elde edilen sulu fazlar ve örneklerin geldiği şekliyle %7'lik sulu karışımları anaerobik biyolojik parçalanması için ışık geçirgenliği olmayacak şekilde Alüminyum folyo ile sarılı 125 mL'lik serum şişelerine konulmuştur (Şekil 3.11.a.). Üretilen biyogazın miktarları bu şişelerde saptanmıştır.



Şekil 3.11.a. Anaerobik İşlemin Gerçekleştiği Şişeler,

b. Anaerobik İşlemin Gerçekleştiği ve Analiz İçin Kullanılan Örnek Şişeleri

Anaerobik işlemlerle üretilen biyogaz veriminin saptanması için 125mL'lik serum şişelerine ön işlemlerden elde edilen örnekler, belirli hacimlerde konularak kapakları kapatılmadan önce yaklaşık 30 saniye azot gazı basılmış ve ardından hemen kapatılarak sızdırmazlığı plastik kapak, parafilm ve bantlarla sağlanmıştır (Şekil 3.12.). Böylece şişelerde anaerobik ortam sağlanmıştır. Bu şişeler 35°C'de inkübatöre konularak her 3 günde biyogaz ölçümü yapılmış ve zamanla üreyen biyogaz miktarları saptanmıştır.



Şekil 3.12. a. Azot Gazı, b. Örneklerle Azot Gazı Basılması

3.4.1. Biyogaz Oluşum Süresince BOI_5 , KOI ve $MLSS$ Değişimlerinin Saptanması

Anaerobik işlem için alınan en yüksek suda çözülmüş sulu çözeltilerden ve orijinal örneklerden her 3 günde bir analiz yapmak için de 15mL'lik küçük cam şişeler kullanılmıştır (Şekil 3.11.b.). Bu şişelerdeki örnekler 125mL'lik şişelerdeki örneklerle aynı olup şişeye konulduktan sonra da aynı işlemler uygulanmıştır. 15mL'lik şişelerde oluşan biyogaz ise şırınga iğnesi yardımıyla her gün boşaltılmıştır (Şekil 3.13.b.). Bu şişelerden 3 gün aralıklarla, her seferinde bir tane alınarak KOI , BOI_5 ve $MLSS$ değişimleri Standart Metotlara göre saptanmıştır [78].

Anaerobik koşullardaki örnekler santrifüj işleminden geçirilmişlerdir. Bunun için, 1,5mL hacimli santrifüj tüpleri kullanılmıştır. Santrifüj tüpleri boş halleriyle $70^{\circ}C$ 'de sabit tartıma gelene kadar kurutulmuştur. Her seferinde bir örnekten 6mL alınarak 4 santrifüj tüpü 15min 10 000 rpm'de santrifüjlenmiş ve üstte kalan duru sulu kısım alınmıştır. (Yapılan ön denemelerde katı ve suyun ayrıldığı en ideal santrifüjlemenin 10 000 rpm olduğu saptanmıştır.) Santrifüjlemeden sonra sulu fazlarda KOI ve BOI_5 analizleri yapılmış, geriye kalan kısım ise boş darası bilinen santrifüj tüpleriyle $70^{\circ}C$ 'de sabit tartıma gelene kadar kurutulmuştur. Kurutulmuş santrifüj

tüplerindeki katı madde miktarı gravimetrik olarak saptanmış ve MLSS derişimi hesaplanarak çizelgeler halinde verilmiştir.

3.4.2. Biyogaz Üretimi ve Verimin Saptanması

Anaerobik ortam koşulları sağlanan şişeler, sıcaklığı 35°C'ye ayarlanmış bir inkübatörde anaerobik biyolojik parçalanmaya bırakılmıştır (Şekil 3.13.a.). Biyolojik parçalanma süresince üçer günlük aralıklarla, üretilen biyogaz ve metan hacimleri ölçülmüş ve gaz hacimleri standart sıcaklık ve basınçta (STP) kuru gaz olarak hesaplanarak biyogaz üretim verimleri hesaplanmıştır.

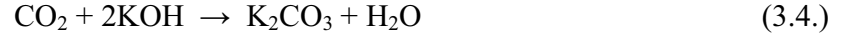


Şekil 3.13.a. Anaerobik İşlemdeki Örneklerin 35 °C'de 30 gün Bekletilmesi,
b. KOİ, BOİ₅ ve MLSS Derişimlerinin Saptandığı Şişelerde Oluşan Gazın Boşaltılması.

3.4.3. Anaerobik İşlem Sonucu Oluşan Biyogaz ve Metan Miktarlarının Saptanması

125 mL'lik şişelerde üreyen biyogazın hacmi üçer günlük aralıklarla alınarak şırıngalar ile ölçülmüştür. Hacmi saptanan biyogazın bileşimi ise Orsat-tipi gaz analiz cihazlarında saptanmıştır (Şekil 3.14.). Biyogaz Orsat gaz analiz cihazı absorpsiyon şişesindeki %33'lük KOH çözeltisinden geçirilerek, gazdaki CO₂ tutulmuş geriye kalan

metan gazının hacmi ölçekli bürette ölçülmüştür [78]. CO₂'in KOH ile oluşturduğu tepkime denklem 3.4.'deki gibidir.



Şekil 3.14. Orsat-Tipi Gaz Analiz Cihazları

Tüm bu işlemlerden elde edilen veriler STP' de kuru gaz olarak hesaplanmış ve çizelgeler halinde verilmiştir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. HAMMADDELERİN ÜRETİM POTANSİYELLERİNİN SAPTANMASI

Hammadde olarak kullanılan arıtma çamuru; Tarsus Atıksu Arıtma Tesisinde günde 43 000 m³ atıksu arıtıldıktan sonra üretilmekte ve susuzlaştırma ünitelerine gönderilmektedir. Tesiste ortalama oluşan kuru çamur potansiyelinin 10-15 t/d olduğu tesis yetkililerince düzenli yapılan analiz bulgularında saptanmıştır (Çizelge 4.1). Yılda yaklaşık 3 kt/yıl kuru çamur çıktığı da belirtilmektedir.

Hammadde olarak kullanılan katı portakal posası üretilmeden önce portakal meyvesi öncelikle fabrikaya geldiğinde yıkama işlemine tabi tutulmakta, daha sonra kabuğuyla birlikte posa haline dönüştürülmektedir. İşleme tabi tutulan portakalda yaklaşık olarak %58 posa ve %42 meyve suyu üretildiği belirtilmektedir. Fabrikada yılda ortalama 33,6 kt portakal işlenerek meyve suyu üretildiği yetkililer tarafından belirtilmektedir. Bu durumda yaklaşık olarak 19,5 kt/yıl portakal posası üretildiği verilen bilgilerden hesaplanmıştır.

4.2. HAMMADDELERİN ÖZELLİKLERİ

Hammadde olarak kullanılan Tarsus ilçesi merkezi Atıksu Arıtma Tesisi arıtma çamuru ve ETAP Tarım ve Gıda Ürünleri Ambalaj San. ve Tic. A.Ş. fabrikası katı portakal posasının özellikleri Standart Metolara göre saptanmış ve ortalama yüzdeleri hesaplanmıştır.

Tarsus Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Arıtma Çamurunda nem, kül, uçucu madde, selüloz ve üst ısıl değer analizleri yapılarak hesaplanan sonuçlar Çizelge 4.2’de verilmiştir. Ayrıca tesiste üretilen arıtma çamurunda yapılan analiz bulguları da Çizelge 4.3’te verilmiştir [84].

Çizelge 4.2. Tarsus Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Arıtma Çamurunun Bazı Özellikleri.

| NEM (%) | KÜL (Kütlece Kuru Temel) (%) | YANMA KAYBI (YK) (Kütlece Kuru Temel) (%) | ÜST ISIL DEĞER (Kuru ve Küllü) (Mj/kg) |
|----------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 91,68±0,86 | 4,10±0,77 | 95,90±0,87 | 12,52±0,09 |
| | | YK’daki SELÜLOZ (Kütlece Kuru Temel) (%) | |
| | | 6,92±0,79 | |

Çizelge 4.2’de nem %’sinin yüksek olması ve yanma kaybı %’sinin yüksek olması, arıtma çamurunun anaerobik işlem için uygun olduğunu göstermektedir. Nemin yüksek olmasından dolayı doğrudan yakılmasının ekonomik olmadığı da üst ısıl değerinden verisinden de anlaşılmaktadır. Yanma kaybındaki selüloz miktarının düşük

olması ve yanma kaybının derişiminin yüksek olması bu tür atıkların anaerobik ortamda parçalanabildiklerini ve bu tür katıların anaerobik işlemlerde hammadde olarak kullanıldığı kaynak bilgilerden [2,3,34-36] görülmektedir.

Çizelge 4.3. Tarsus Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Arıtma Çamuru Numunesi Analiz Raporu [84].

| Parametre | Analiz Verileri | Analiz Yöntemleri |
|---------------------------------------|-----------------|------------------------------------|
| Kurşun (Pb), (mg/kg) fırın kuru madde | < 30 | EPA 6020 A ICP-MS |
| Kadmiyum (Cd), (mg/kg) | < 0,1 | |
| Krom (Cr), (mg/kg) | 60 | |
| Bakır (Cu), (mg/kg) | 103,9 | |
| Nikel (Ni), (mg/kg) | 56,9 | |
| Civa (Hg), (mg/kg) | < 0,5 | SM. 3112 AAS (Soğuk buhar) |
| Çinko (Zn), (mg/kg) | 701,8 | EPA 6020 A ICP-MS |
| Top. Kjeldahl Azotu (TKN), (mg/kg) | 58.039 | SM. 4500-N _{org.} B |
| Fosfor (P), (mg/kg) | 11.067 | Yaş yakma |
| pH | 6,25 | SM. 4500-H ⁺ B Elekt. |
| C / N (%) | 6,7 | Elementel |
| Kuru Madde (%) | 15,77 | SM. 2540 D Gravimetrik |
| Yanma Kaybı (%), (kuru maddede) | 69,55 | DS/EN 12879 Gravimetrik (550°C de) |
| Organik Madde (%) (kuru maddede) | 69,55 | |

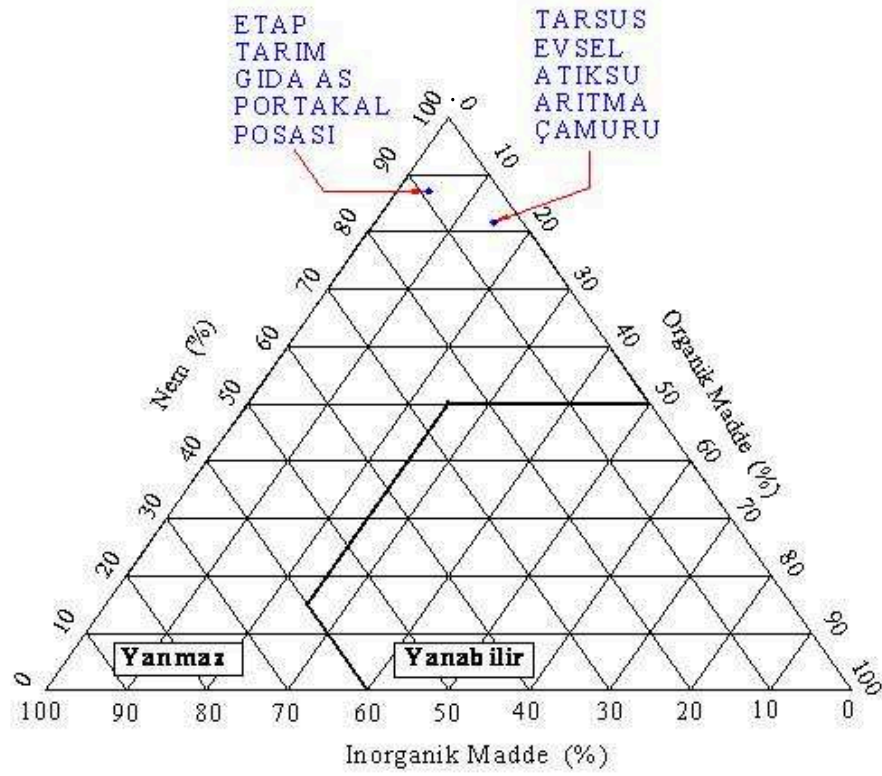
Tarsus evsel atıksu arıtma tesisinde atıksuların arıtılması sonucu üretilen arıtma çamuru 2009 yılında analiz edilmiş ve yapısında bulunan bazı maddeler saptanmıştır. Buna göre arıtma çamurunda; kurşun, kadmiyum, krom, bakır, nikel, civa ve çinko gibi metallerin düşük derişimlerde olduğu saptanmıştır. Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğinde de müsaade edilen sınır derişimlerin altında buldukları da tespit edilmiştir [85]. Anaerobik bir faaliyetin olabilmesi için organik maddelerinin yüksek derişimlerde olması istenilen bir durum olduğu bilinmektedir [86-90]. Azot ve fosforun analiz sonucunda, yüksek derişimde olması da arıtma çamurunun anaerobik işlem için uygun olduğunu göstermektedir.

ETAP Tarım ve Gıda Ürünleri Ambalaj San. ve Tic. A.Ş. fabrikası portakal posası örneğinde yapılan; nem, kül, uçucu madde, üst ısıl değer ve şeker analiz sonuçları Çizelge 4.4.'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. ETAP Tarım ve Gıda Ürünleri Ambalaj San. ve Tic. A.Ş. Fabrikası Portakal Posasının Bazı Özellikleri.

| NEM (%) | KÜL (Kütlece Kuru Temel) (%) | YANMA KAYBI (YK) (Kütlece Kuru Temel) (%) | ÜST ISIL DEĞER (Kuru ve Küllü) (Mj/kg) | ŞEKER (Kütlece) (g/kg) |
|----------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------|
| 87,25±0,98 | 9,49±0,67 | 90,51±0,54 | 20,95±0,14 | 1,84±1,12 |
| | | YK'daki SELÜLOZ (Kütlece Kuru Temel) (%) | | |
| | | 11,81±0,63 | | |

Çalışmada kullanılan Tarsus Evsel Atıksu Arıtma Tesisi arıtma çamuru ve ETAP Tarım ve Gıda Ürünleri Ambalaj San. ve Tic. A.Ş. fabrikası portakal posası numuneleri Tanner diyagramına yerleştirildiğinde (Şekil 4.1.) nemin oldukça yüksek olmasından dolayı yanabilir bölge dışında bulunmaktadır. Tanner diyagramı bir maddenin doğrudan veya işlem gördükten sonra enerji kaynağı olarak kullanılıp kullanılamayacağını belirleyen bir diyagramdır. Dolayısıyla numunelerdeki nem yüzdesinin yüksek olması, bu tür atıkların doğrudan yakılmasının uygun olmadığını, anaerobik işlem uygulamalarının uygun olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.1. Arıtma Çamuru ve Portakal Posasının TANNER Diyagramında Gösterimi

Portakal posasında değişik organik çözücülerle yapılan özütleme işlemi sonucu, çözücülerde çözünen madde miktarları Çizelge 4.5’de verilmiştir. Buna göre etil alkol çözücüsünde portakal posasında özütlenen madde miktarının yüksek olduğu saptanmıştır. Etil alkolle yapılan işlem sonucunda portakal posasının %47,76’sının etil alkol ile özütlendiği saptanmıştır.

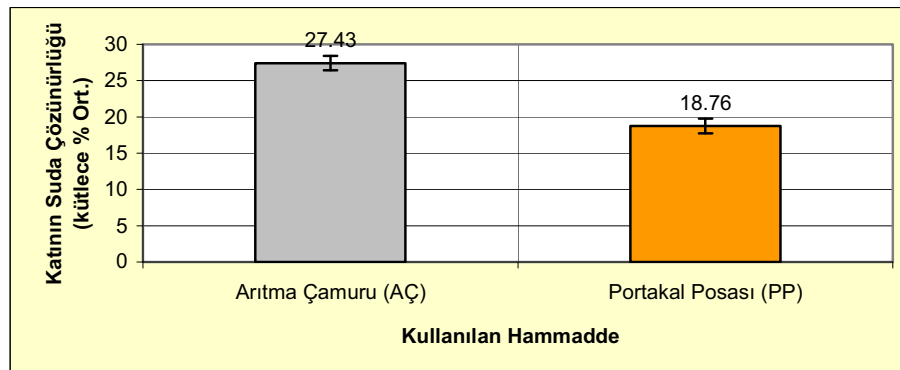
Çizelge 4.5. ETAP Tarım ve Gıda Ürünleri Ambalaj San. ve Tic. A.Ş. Fabrikası Portakal Posasında Değişik Çözücülerde Özümlenen Madde Miktarları ve Yüzdeleri

| | KLOROFORM | n-HEKZAN | BENZEN | Di KLOR METAN | ETİL ALKOL |
|---------------------------|------------------|-----------------|---------------|----------------------|-------------------|
| Numune Miktarı (Yaş), (g) | 21,752 | 10,044 | 26,605 | 27,361 | 8,598 |
| Yağ Miktarı (g) | 1,181 | 2,813 | 4,517 | 3,148 | 4,107 |
| Yağ Miktarı (%) | 5,43 | 28,01 | 16,98 | 11,51 | 47,76 |

4.3. HAMMADDELERE UYGULANAN ÖN İŞLEMLER VE SUDA ÇÖZÜNÜRLÜKLERİNE ETKİLERİ

Aritma çamurlarının biyolojik parçalanma verimliliklerini artırmak için ısı, kimyasal, ısıkimyasal, ultrases veya mekanik işlemlerin çamurun flok yapısını bozarak çözünürlüğünü artırdığı, uygulanan işlemlerin buna bağlı olarak biyolojik parçalanma hızını ve verimliliğini artırdığı kaynak bilgilerden [91] görülmektedir.

Aritma çamurunun ve portakal posasının doğrudan hiçbir ön işleme tabi tutulmadan suda çözünürlükleri saptanmış ve bulgular Şekil 4.2.'de verilmiştir.

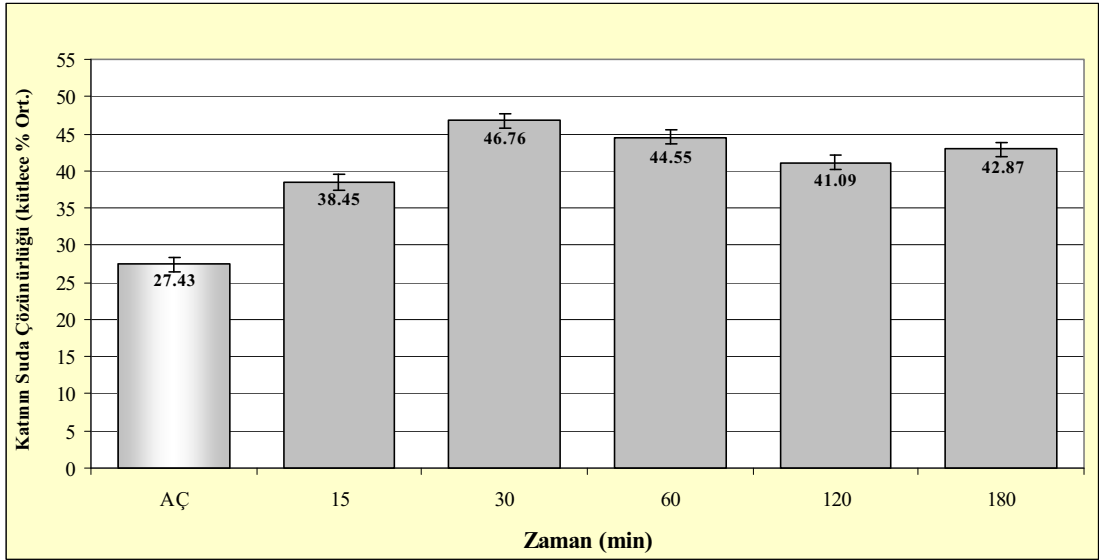


Şekil 4.2. Oda Sıcaklığında Bekletilmiş Aritma Çamuru ve Portakal Posasının Suda Çözünürlüğü.

Aritma çamuru ve portakal posasına ısı, kimyasal, ısilkimyasal, mikrodalga ve ultrases ön işlemleri uygulanarak suda çözünürlükleri saptanmıştır. Hammaddelerin suda çözünürlükleri için 4 tür kimyasal madde (H_2SO_4 , HNO_3 , NaOH ve KOH) ve değişik sürelerde (15, 30, 60, 120 ve 180min) uygulanan işlem verileri saptanmıştır.

4.3.1. Isıl Ön İşlemler

Aritma çamuru ve portakal posasına ısı olarak uygulanan ön işlemlerde, atıkların kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarına, kimyasal madde eklenmeden suyun normal kaynama sıcaklığında, 15, 30, 60, 120 ve 180min, geri soğutucular altında, düz ısıtıcılarda kaynatılarak ön işlemler uygulanmıştır. Elde edilen bulgular Şekil 4.3 ve 4.4'te gösterilmiştir.

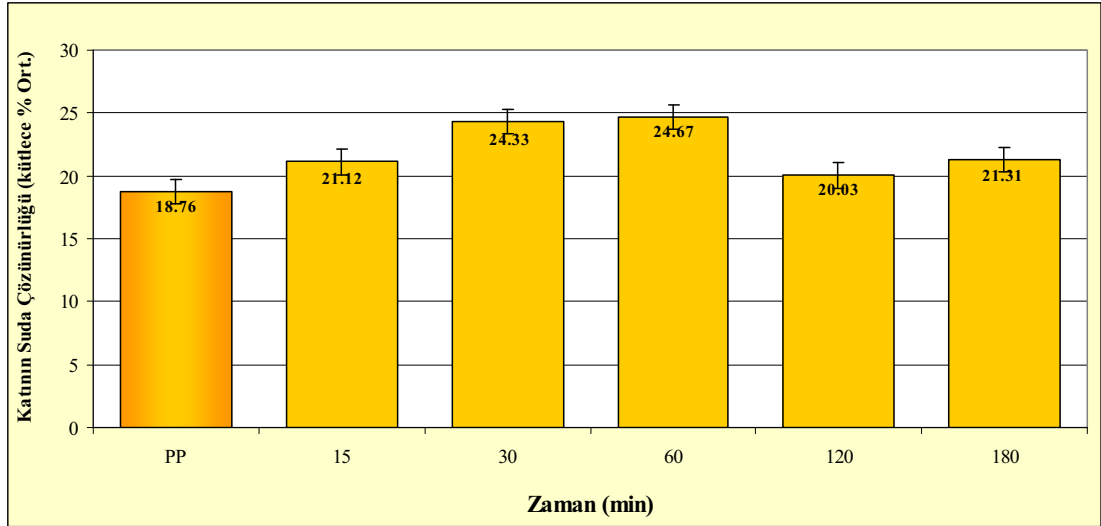


Şekil 4.3. Aritma Çamurunun Sulu Karışımlarına Uygulanan Isıl Ön İşlemler

Şekil 4.3.'deki sonuçlar suyun normal kaynama sıcaklığında 30 dakika arıtma çamurunda katı maddenin suda çözünür maddelerin %46,76'sının dönüştüğünü göstermektedir. Aritma çamurunun suda çözünürlüğünün ısı işlemde %98,23'ü kadar artış gerçekleştiği görülmektedir.

Isıl ön işlemlerle sitoplazmik membran üzerindeki lipidlerin parçalanabildiği ve bu durumun membran üzerinde küçük deliklerin oluşumunu sağladığı bilinmektedir. Hücre içi maddeler bu deliklerden çamur sıvısına geçtiği ve ısı şartlandırmayla askıdaki katının %10-35'inin suda çözünür hale geçtiği rapor edilmiştir [92]. Ayrıca çamur bileşenleri (proteinler, karbohidratlar ve lipidler) üzerine yapılan bir çalışmada ısı ön işlemin etkisi araştırılmış ve 190°C'de bileşenlerin parçalanma verimliliklerinin lipid de %67'den 84'e, karbohidratta %56'dan 82'ye ve proteinlerde %35'den 46'ya kadar bir artış olduğu rapor edilmiştir [93].

Şekil 4.4.'de portakal posası ile yapılan ön işlemlerde, sulu karışımın suyun normal kaynama sıcaklığında 60 dakika pişirilmesinde katı maddenin %24,67'sinin suda çözüldüğü saptanmıştır. Oda sıcaklığında bekletilmesinde saptanan portakal posasının suda çözünürlüğünün %23,96'sı kadar daha fazla suda çözünme artışının gerçekleştiği de görülmektedir.



Şekil 4.4. Portakal Posasının Sulu Karışımlarına Uygulanan Isıl Ön İşlemler

Yapılan ısı ön işlemlerde arıtma çamuru ve portakal posasının oda sıcaklığında bekletilmesine göre sıcaklığın artmasıyla moleküllerin kinetik enerjileri ve tepkime

hızının arttığı saptanmıştır. Buna bağlı olarak, katı maddelerin suda çözünür maddelere dönüştüğü görülmektedir. Ayrıca işlem sürelerinin de suda çözünürlüğü etkilediği görülmektedir.

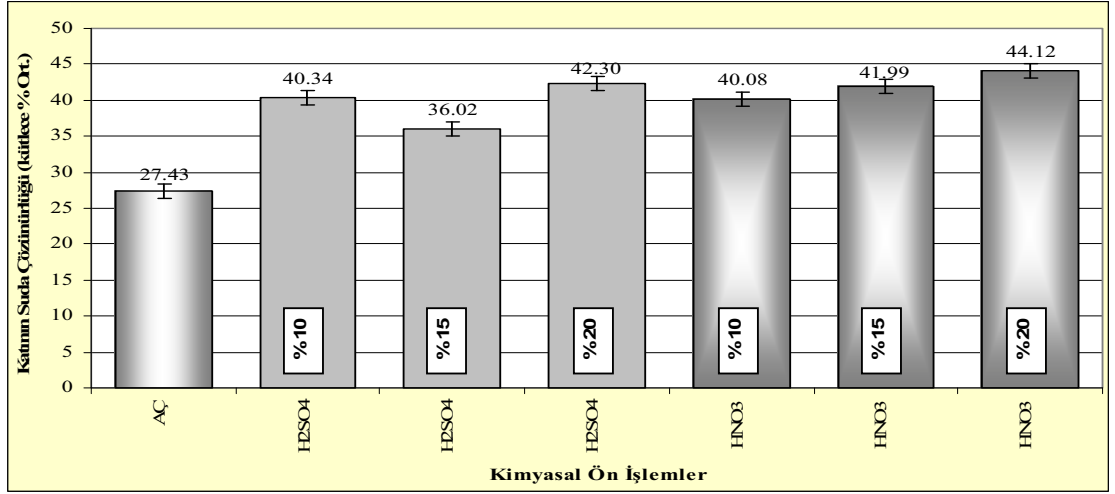
4.3.2. Kimyasal Ön İşlemler

Aritma çamuru ve portakal posasının H_2SO_4 , HNO_3 , KOH ve $NaOH$ ile yapılan kimyasal ön işlemlerde atıkların kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarına, karışımdaki katı maddenin kütlece %10, %15 ve %20'si olacak şekilde H_2SO_4 , HNO_3 , KOH ve $NaOH$ eklenerek karıştırılmış ve 15min oda sıcaklığında ön işlemler yapılmıştır.

4.3.2.1. Arıtma çamurunun sulu karışımlarına asit eklenerek uygulanan ön işlemlerin etkileri

Aritma çamuruna H_2SO_4 ve HNO_3 ile yapılan kimyasal ön işlemler sonucu, asit derişimine göre saptanan sudaki çözünürlük bulguları Şekil 4.5'de verilmiştir.

Şekil 4.5'de H_2SO_4 ile ön işlemde katının %20'si kadarı H_2SO_4 kullanıldığında sudaki çözünürlük %42,30 bulunurken, HNO_3 ile yapılan ön işlemde katının %20'si kadar HNO_3 kullanıldığında sudaki çözünürlüğü %44,12 ile en yüksek çözünürlük olduğu saptanmıştır. Kütlece % 7 katı madde içeren sulu karışımlara, karışımdaki katı maddenin kütlece % 20'si kadar HNO_3 ve H_2SO_4 kullanılarak yapılan ön işlemlerde HNO_3 'ün katının suda çözünür maddelere dönüşümünde daha etkili olduğu görülmektedir. Burada HNO_3 'ün bazı bileşiklerde oksitleyerek parçalanmasına ve suda çözünen ürünlere dönüşmesine yol açtığı şeklinde yorumlanabilir. Asidik ortamda arıtma çamurunda bulunan bazı bileşiklerin hidrolize uğrayarak suda çözünen maddelere dönüştüğü ve bu da suda çözünürlük %'sinin artmasına yol açtığı şeklinde yorumlanabilir.

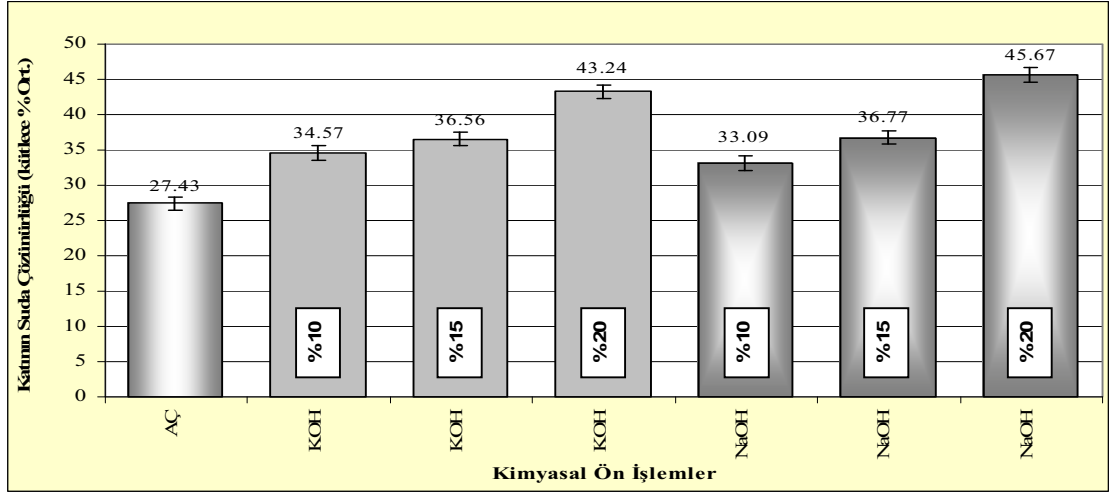


Şekil 4.5. Arıtma Çamurunun Sulu Karışımlarına H₂SO₄ ve HNO₃ Uygulanan Ön İşlemler

4.3.2.2. Arıtma çamurunun sulu karışımlarına baz eklenerek uygulanan ön işlemlerin etkileri

Arıtma çamuruna KOH ve NaOH ile yapılan kimyasal ön işlemler sonucu, asit derişimine göre saptanan sudaki çözünürlük bulguları Şekil 4.6'da verilmiştir.

Şekil 4.6.'da KOH ile ön işlemlerde katının %20'si kadar KOH kullanıldığında en yüksek suda çözünürlüğün %43,24 saptanırken, NaOH ile yapılan ön işlemlerde ise katının %20'si kadar NaOH kullanıldığında en yüksek suda çözünürlüğün %45,67 olduğu saptanmıştır. Kütlece % 7 katı madde içeren sulu karışımlarda, karışımdaki katı maddenin kütlece %20'si kadar NaOH kullanımının katının suda çözünen maddelerin oluşumunda daha etkili olduğu görülmektedir. Arıtma çamurunda bazik ortamda hidrolize uğrayarak suda çözünen maddelere dönüşümünde NaOH'in etkin olduğu sonucuna varılabilir.



Şekil 4.6. Arıtma Çamurunun Sulu Karışımlarına KOH ve NaOH Uygulanan Ön İşlemler

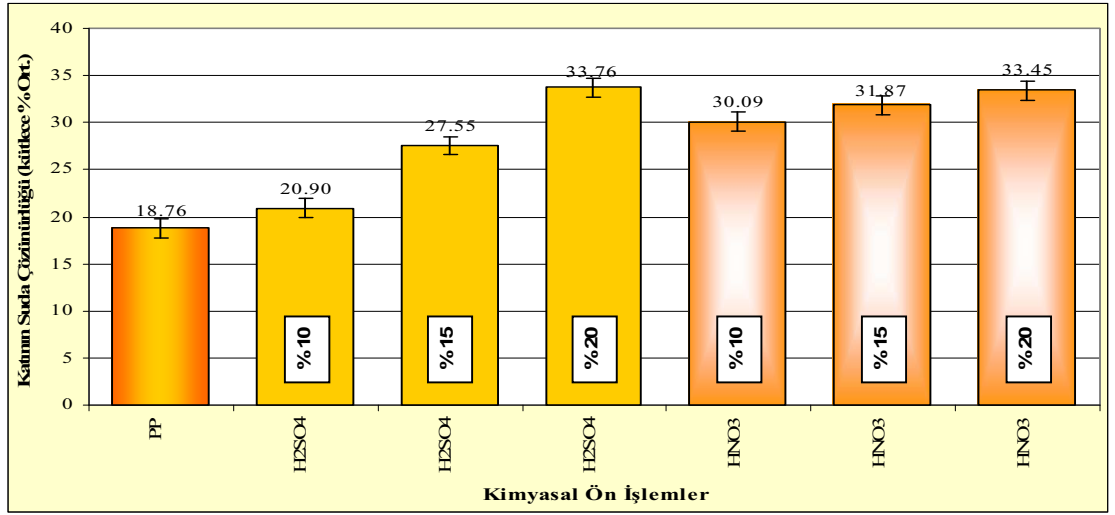
Şekil 4.5 ve 4.6'da elde edilen bulgulardan da görüleceği gibi oda sıcaklığında bekletilmiş görece asit ve baz kullanıldığında katı maddelerin daha kolay çözünürleştiği görülmektedir. Oda sıcaklığında bekletilmiş arıtma çamuruna göre kıyaslanırsa %66,50'lik bir suda çözünme artışının gerçekleştiği de görülmektedir.

Sonuçlara bakıldığında arıtma çamurunda katı maddenin suda çözünürlüğünün %20'lik NaOH çözeltisi kullanıldığında en yüksek %45,67 olduğu saptanmıştır.

4.3.2.3. Portakal posasının sulu karışımlarına asit eklenerek uygulanan ön işlemlerin etkileri

Portakal posasına, H_2SO_4 ve HNO_3 ön işlemler uygulanmasıyla elde edilen verilere bakıldığında, portakal posasında katı maddenin suda çözünürlüğünün kütlece % 7 katı madde içeren sulu karışımlarda, karışımdaki katı maddenin kütlece %20'si kadar NaOH çözeltisi kullanıldığında %36,34 ile en yüksek suda çözünürlüğün olduğu saptanmıştır.

Şekil 4.7’de H_2SO_4 ve HNO_3 kullanılarak yapılan ön işlem sonucu % suda çözünürlük bulguları karşılaştırıldığında katının %20’si kadar H_2SO_4 eklendiğinde en yüksek suda çözünürlüğün %33,76 olduğu görülmektedir. HNO_3 ile yapılan ön işlemde ise katının %20’si kadar HNO_3 kullanıldığında en yüksek suda çözünürlüğün %33,45 olduğu saptanmıştır. Kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarda, karışımdaki katı maddenin kütlece %20’si kadar H_2SO_4 kullanılarak yapılan ön işlemin daha etkili olduğu görülmektedir.

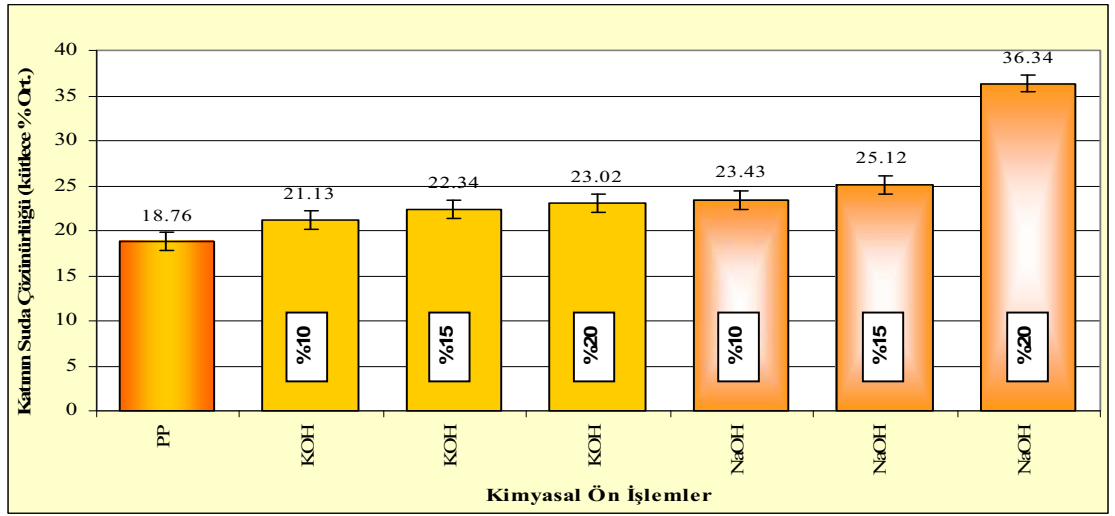


Şekil 4.7. Portakal Posasının Sulu Karışımlarına H_2SO_4 ve HNO_3 Uygulanan Ön İşlemler

4.3.2.4. Portakal posasının sulu karışımlarına baz eklenerek uygulanan ön işlemlerin etkileri

Portakal posasına, KOH ve NaOH ön işlemler uygulanmasıyla elde edilen verilere bakıldığında, portakal posasında katı maddenin suda çözünürlüğünün kütlece % 7 katı madde içeren sulu karışımlarda, karışımdaki katı maddenin kütlece %20’si kadar NaOH çözeltisi kullanıldığında %36,34 ile en yüksek suda çözünürlüğün olduğu saptanmıştır.

Şekil 4.8.'de KOH ile ön işlemden katının %20'si kadar KOH kullanıldığında en yüksek suda çözünürlüğün %23,02 olduğu saptanmış ve NaOH ile yapılan ön işlemden ise katının %20'si kadar NaOH kullanıldığında en yüksek suda çözünürlüğün %36,34 olduğu saptanmıştır. Kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarda, karışımdaki katı maddenin kütlece %20'si kadar NaOH kullanılarak kimyasal ön işlemin daha etkili olduğu görülmektedir.



Şekil 4.8. Portakal Posasının Sulu Karışımlarına KOH ve NaOH Uygulanan Ön İşlemler

Şekil 4.7 ve 4.8'de oda sıcaklığında bekletilmiş hallerine göre asit kullanıldığında katı maddelerin daha kolay çözünürleştiği görülmektedir. Oda sıcaklığında bekletilmiş portakal posasının asit eklenmeden aynı koşullarda suda çözünürlüğüne göre asit eklendiğindeki suda çözünürlüğe göre %93,71 daha fazla bir suda çözünme artışının gerçekleştiği de görülmektedir. Portakal posasında bulunan selülozun asidik ortamda hidrolize uğrayarak suda çözünen maddelere (glikoza) dönüşmesinden kaynaklanabilir.

4.3.2.5. Arıtma çamuru ve portakal posasının sulu karışımlarına uygulanan kimyasal ön işlemlerin istatistiksel değerlendirilmesi

Arıtma çamuru ve portakal posasına istatistiksel yöntemler uygulanmış ve elde edilen bulguların anlamlığı test edilmiştir. Elde edilen bulgular Çizelge 4.6.'dan 4.21'e kadar verilmiştir.

Çizelge 4.6. Arıtma Çamuruna Uygulanan Asidik Kimyasal Ön İşlemler İçin Kimyasallar Arası Farkı İnceleyen F Testi

| Kimyasal Adı | N | Ortalama Suda Çözünme | Std. Sapma | F | Anlamlılık (P) |
|--------------------------------|---|-----------------------|------------|--------|----------------|
| Ön İşlem Yok | 1 | 27,4300 | . | 11,303 | 0,023 |
| H ₂ SO ₄ | 3 | 39,5533 | 3,21306 | | |
| HNO ₃ | 3 | 42,0633 | 2,02100 | | |
| Toplam | 7 | 38,8971 | 5,65210 | | |

Çizelge 4.6'ya göre; arıtma çamuruna uygulanan asidik kimyasal ön işlemlerde HNO₃ kimyasalı suda daha fazla çözünme meydana getirmiştir. Anlamlılık değeri $p=0,023>0,05$ olduğundan, "Arıtma çamuruna uygulanan asidik kimyasal ön işlemlerde kullanılan kimyasal türüne göre suda çözünme miktarları arasında istatistiksel anlamlı bir fark olduğu görülmektedir."

Çizelge 4.7. Arıtma Çamuruna Uygulanan Asidik Kimyasal Ön İşlemler İçin Kullanılan Kimyasal Yüzdelerinin Farkını İnceleyen F Testi

| Kimyasal Miktarı | N | Ortalama Suda Çözünme | Std. Sapma | F | Anlamlılık (P) |
|------------------|---|-----------------------|------------|-------|----------------|
| Ön İşlem Yok | 1 | 27,4300 | . | 8,824 | 0,050 |
| % 10 | 2 | 40,2100 | 0,18385 | | |
| % 15 | 2 | 39,0050 | 4,22143 | | |
| % 20 | 2 | 43,2100 | 1,28693 | | |
| Toplam | 7 | 38,8971 | 5,65210 | | |

Çizelge 4.7'ye göre; arıtma çamuruna uygulanan kimyasal ön işlemlerde %20 oranında kullanılan kimyasallar daha fazla tepkime vermiştir. Anlamlılık değeri

$p=0,050 \leq 0,050$ olduğundan, “Aritma çamuruna uygulanan asidik kimyasal ön işlemlerde kullanılan kimyasal miktarına göre suda çözünme miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu görülmektedir.”

Çizelge 4.8. Aritma Çamuruna Uygulanan Asidik Kimyasal Ön İşlemler İçin Tepkime Sürelerinin Farkını İnceleyen F Testi

| Tepkime Süresi | N | Ortalama Suda Çözünme | Std. Sapma | F | Anlamlılık (P) |
|----------------|---|-----------------------|------------|--------|----------------|
| Ön İşlem Yok | 1 | 27,4300 | . | 20,045 | 0,007 |
| 15 | 6 | 40,8083 | 2,76646 | | |
| Toplam | 7 | 38,8971 | 5,65210 | | |

Çizelge 4.8’e göre; arıtma çamuruna uygulanan asidik kimyasal ön işlemlerde 15 dakikalık sürede daha fazla tepkime gözlenmiştir. Anlamlılık değeri $p=0,007 < 0,05$ olduğundan; “Aritma çamuruna uygulanan asidik kimyasal ön işlemlerde İşlem süresine göre suda çözünme miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu görülmektedir..”

Çizelge 4.9. Aritma Çamuruna Uygulanan Bazik Kimyasal Ön İşlemler İçin Kimyasallar Arası Farkı İnceleyen F Testi

| Kimyasal Adı | N | Ortalama Suda Çözünme | Std. Sapma | F | Anlamlılık (P) |
|--------------|---|-----------------------|------------|-------|----------------|
| Ön İşlem Yok | 1 | 27,4300 | . | 1,630 | 0,304 |
| KOH | 3 | 38,1233 | 4,54150 | | |
| NaOH | 3 | 38,5100 | 6,46798 | | |
| Toplam | 7 | 36,7614 | 6,14726 | | |

Çizelge 4.9’a göre; arıtma çamurunda uygulanan bazik kimyasal ön işlemlerde NaOH kimyasalında suda daha fazla çözünme görünmüştür. Anlamlılık değeri $p=0,304 > 0,05$ olduğundan; “Aritma çamuruna uygulanan bazik kimyasal ön işlemlerde kullanılan kimyasala göre suda çözünme miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu görülmektedir.”

Çizelge 4.10. Arıtma Çamuruna Uygulanan Bazik Kimyasal Ön İşlemler İçin Kullanılan Kimyasal Yüzdelerinin Farkını İnceleyen F Testi

| Kimyasal Miktarı | N | Ortalama Suda Çözünme | Std. Sapma | F | Anlamlılık (P) |
|------------------|---|-----------------------|------------|--------|----------------|
| Ön İşlem Yok | 1 | 27,4300 | . | 54,712 | 0,004 |
| % 10 | 2 | 33,8300 | 1,04652 | | |
| % 15 | 2 | 36,6650 | 0,14849 | | |
| % 20 | 2 | 44,4550 | 1,71827 | | |
| Toplam | 7 | 36,7614 | 6,14726 | | |

Çizelge 4.10'a göre; arıtma çamurunda uygulanan bazik kimyasal ön işlemlerde %20 oranında kullanılan kimyasallarda daha fazla suda çözünme görünmüştür. Anlamlılık değeri $p=0,004<0,05$ olduğundan; *“Arıtma çamuruna uygulanan bazik kimyasal ön işlemlerde kullanılan kimyasal miktarına göre suda çözünme miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu görülmektedir.”*

Çizelge 4.11. Arıtma Çamuruna Uygulanan Bazik Kimyasal Ön İşlemler İçin Tepkime Sürelerinin Farkını İnceleyen F Testi

| Tepkime Süresi | N | Ortalama Suda Çözünme | Std. Sapma | F | Anlamlılık (P) |
|----------------|---|-----------------------|------------|-------|----------------|
| Ön İşlem Yok | 1 | 27,4300 | . | 4,059 | 0,100 |
| 15 | 6 | 38,3167 | 5,00289 | | |
| Toplam | 7 | 36,7614 | 6,14726 | | |

Çizelge 4.11'e göre; arıtma çamurunda uygulanan bazik kimyasal ön işlemlerde 15 dakikalık sürede daha fazla suda çözünme görünmüştür. Anlamlılık değeri $p=0,100>0,05$ olduğundan; *“Arıtma çamuruna uygulanan bazik kimyasal ön işlemlerde tepkime süresine göre suda çözünme miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görülmektedir.”*

Çizelge 4.12. Asidik ve Bazik Ortamda Suda Çözünme Miktarları Arasındaki Farkı İnceleyen T Testi

| | Ortalama Suda Çözünme | N | Std. Sapma | T | Anlamlılık (P) |
|---------------------|-----------------------|---|------------|-------|----------------|
| Asidik Suda Çözünme | 38,8971 | 7 | 5,65210 | 1,537 | 0,175 |
| Bazik Suda Çözünme | 36,7614 | 7 | 6,14726 | | |

Çizelge 4.12'ye göre; asidik ortamda suda çözünme miktarı ile bazik ortamda suda çözünme miktarı bulunmaktadır. Asidik ortamda suda çözünme bazik ortama göre daha yüksek çıkmıştır. Anlamlılık değeri $p=0,175>0,05$ olduğundan dolayı; asidik ortamda suda çözünme miktarı ile bazik ortamda suda çözünme miktarı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görülmektedir.

Çizelge 4.13. Asidik Suda Çözünme ve Bazik Suda Çözünme Miktarlarının Birbirleri İle İlişkisini İnceleyen Korelasyon Analizi

| | N | Korelasyon (r) | Anlamlılık (P) |
|-------------------------------------------|---|----------------|----------------|
| Asidik Suda Çözünme ve Bazik Suda Çözünme | 7 | 0,809 | 0,028 |

Çizelge 4.13.'de asidik ortamda suda çözünme miktarı ile bazik ortamda suda çözünme miktarları arasındaki ilişkinin yönünü ve şiddetini gösteren korelasyon analizi bulunmaktadır. Korelasyon analizine göre r değeri -1 ile +1 arasında değer alır. R değeri 0'dan ne kadar uzaklaşırsa iki değişken arasındaki ilişkinin gücü o denli artar. R değeri “-” işaretli ise aradaki ilişki ters yönlü yani değişkenlerden biri arttığı zaman diğeri buna bağlı olarak azalır. R değeri “+” işaretli ise değişkenlerden birinin değeri arttığı zaman diğeri de buna bağlı olarak artar. Çizelge 4.13.'de aynı kimyasal miktarlarında ve aynı tepkime sürelerinde asidik ortamda suda çözünme miktarı ile bazik ortamda suda çözünme miktarları arasında aynı yönde ve yüksek derecede bir ilişki vardır. Aynı koşullarda asidik ortamda suda çözünme miktarındaki artış bazik kimyasal ortamda artışa neden olmaktadır. Yada aynı koşullarda asidik ortamda suda çözünme miktarı arasındaki azalış bazik ortamda da azalışa neden olmaktadır. Anlamlılık değerinin

$p=0,028<0,05$ olması iki ortamın aynı koşullarda birinde görülen artışın diğerinde de görülmesinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.14. Portakal Posasına Uygulanan Asidik Kimyasal Ön İşlemlerde Kimyasallar Arası Suda Çözünme Miktarı Farkını İnceleyen F Testi

| Kimyasal Adı | N | Ortalama | Std. Sapma | F | Anlamlılık (P) |
|--------------------------------|---|----------|------------|-------|----------------|
| Yok | 1 | 18,7600 | . | 2,938 | 0,164 |
| H ₂ SO ₄ | 3 | 27,4033 | 6,43125 | | |
| HNO ₃ | 3 | 31,8033 | 1,68099 | | |
| Toplam | 7 | 28,0543 | 6,03040 | | |

Çizelge 4.14.'e göre; en fazla suda çözünme HNO₃ kimyasalında gözlenmiştir. Anlamlılık sütunundaki değer $p=0,164>0,05$ olduğundan; “Portakal posasına uygulanan asidik kimyasal ön işlemlerde kimyasallara göre suda çözünme miktarları arasında anlamlı bir fark yoktur.”

Çizelge 4.15. Portakal Posasına Uygulanan Asidik Kimyasal Ön İşlemlerde Kimyasal Yüzdesine Göre Suda Çözünme Miktarı Farkını İnceleyen F Testi

| Kimyasal Yüzdesi | N | Ortalama | Std. Sapma | F | Anlamlılık (P) |
|------------------|---|----------|------------|-------|----------------|
| Ön İşlem Yok | 1 | 18,7600 | . | 3,228 | 0,181 |
| 10 | 2 | 25,4950 | 6,49831 | | |
| 15 | 2 | 29,7100 | 3,05470 | | |
| 20 | 2 | 33,6050 | ,21920 | | |
| Toplam | 7 | 28,0543 | 6,03040 | | |

Çizelge 4.15.'e göre; en fazla suda çözünme %20 oranında kimyasal kullanıldığında gözlenmiştir. Anlamlılık sütunundaki değer $p=0,181>0,05$ olduğundan; “Portakal posasına uygulanan asidik kimyasal ön işlemlerde kimyasal yüzdesine göre suda çözünme miktarları arasında anlamlı bir fark yoktur.”

Çizelge 4.16. Portakal Posasına Uygulanan Asidik Kimyasal Ön İşlemlerde Ön İşlem Süresine Göre Suda Çözünme Miktarı Farkını İnceleyen F Testi

| Ön İşlem Süresi | N | Ortalama | Std. Sapma | F | Anlamlılık (P) |
|-----------------|---|----------|------------|-------|----------------|
| Ön İşlem Yok | 1 | 18,7600 | . | 4,292 | 0,093 |
| 15 | 6 | 29,6033 | 4,84590 | | |
| Toplam | 7 | 28,0543 | 6,03040 | | |

Çizelge 4.16.'ya göre; en fazla suda çözünme 15 birim sürede gözlenmiştir. Anlamlılık sütunundaki değer $p=0,093>0,05$ olduğundan; “Portakal posasına uygulanan asidik kimyasal ön işlemlerde ön işlem süresine göre suda çözünme miktarları arasında anlamlı bir fark yoktur.”

Çizelge 4.17. Portakal Posasına Uygulanan Bazik Kimyasal Ön İşlemlerde Kimyasallara Göre Suda Çözünme Miktarı Farkını İnceleyen F Testi

| Kimyasal Adı | N | Ortalama | Std. Sapma | F | Anlamlılık (P) |
|--------------|---|----------|------------|-------|----------------|
| Ön İşlem Yok | 1 | 18,7600 | . | 1,841 | 0,271 |
| KOH | 3 | 22,1633 | 0,95731 | | |
| NaOH | 3 | 28,2967 | 7,01680 | | |
| Toplam | 7 | 24,3057 | 5,66585 | | |

Çizelge 4.17.'ye göre; en fazla suda çözünme NaOH kimyasalında gözlenmiştir. Anlamlılık sütunundaki değer $p=0,271>0,05$ olduğundan; “Portakal posasına uygulanan bazik kimyasal ön işlemlerde kimyasallara göre suda çözünme miktarları arasında anlamlı bir fark yoktur.”

Çizelge 4.18. Portakal Posasına Uygulanan Bazik Kimyasal Ön İşlemlerde Kimyasal Yüzdesine Göre Suda Çözünme Miktarı Farkını İnceleyen F Testi

| Kimyasal Yüzdesi | N | Ortalama | Std. Sapma | F | Anlamlılık (P) |
|------------------|---|----------|------------|-------|----------------|
| Ön İşlem Yok | 1 | 18,7600 | . | 1,023 | 0,493 |
| 10 | 2 | 22,2800 | 1,62635 | | |
| 15 | 2 | 23,7300 | 1,96576 | | |
| 20 | 2 | 29,6800 | 9,41866 | | |
| Toplam | 7 | 24,3057 | 5,66585 | | |

Çizelge 4.18.'e göre; en fazla suda çözünme %20 oranında kimyasal kullanıldığında gözlenmiştir. Anlamlılık sütunundaki değer $p=0,493>0,05$ olduğundan; *“Portakal posasına uygulanan bazik kimyasal ön işlemlerde kimyasal yüzdesine göre suda çözünme miktarları arasında anlamlı bir fark yoktur.”*

Çizelge 4.19. Portakal Posasına Uygulanan Bazik Kimyasal Ön İşlemlerde Ön İşlem Süresine Göre Suda Çözünme Miktarı Farkını İnceleyen F Testi

| Ön İşlem Süresi | N | Ortalama | Std. Sapma | F | Anlamlılık (P) |
|-----------------|---|----------|------------|-------|----------------|
| Ön İşlem Yok | 1 | 18,7600 | . | 1,145 | 0,334 |
| 15 | 6 | 25,2300 | 5,59876 | | |
| Toplam | 7 | 24,3057 | 5,66585 | | |

Çizelge 4.19.'a göre; en fazla suda çözünme 15 birim sürede gözlenmiştir. Anlamlılık sütunundaki değer $p=0,334>0,05$ olduğundan; *“Portakal posasına uygulanan bazik kimyasal ön işlemlerde ön işlem süresine göre suda çözünme miktarları arasında anlamlı bir fark yoktur.”*

Çizelge 4.20. Asidik Bazik Ortamda Suda Çözünme Miktarları Arasındaki Farkı İnceleyen T Testi

| Ön İşlem | Ortalama | N | Std. Sapma | t | Anlamlılık (P) |
|---------------------|----------|---|------------|-------|----------------|
| Asidik Suda Çözünme | 28,0543 | 7 | 6,03040 | 2,035 | 0,088 |
| Bazik Suda Çözünme | 24,3057 | 7 | 5,66585 | | |

Çizelge 4.20.'ye göre; asidik ön işlemlerde suda çözünme miktarı bazik ön işlemlere göre daha fazladır. Anlamlılık sütunundaki değer $p=0,088>0,05$ olması; asidik bazik ortamda suda çözünme miktarları arasındaki farkın anlamlı olmadığını gösterir.

Çizelge 4.21. Asidik Suda Çözünme ve Bazik Suda Çözünme Miktarlarının Birbirleri İle İlişkisini İnceleyen Korelasyon Analizi

| | N | Korelasyon (r) | Anlamlılık (P) |
|-------------------------------------------|---|----------------|----------------|
| Asidik Suda Çözünme ve Bazik Suda Çözünme | 7 | 0,655 | 0,111 |

Çizelge 4.21.'e göre; korelasyon değeri $r=0,655$ bulunmuştur. Aynı şartlar altında asidik ön işlemlerde 1 birimlik artışa karşı bazik ortamda 0,655 birimlik artış gözlenmiştir. Ancak anlamlılık sütunundaki değerin $p=0,111>0,05$ olması aradaki bu ilişkinin istatistiksel olarak bir birine bağlı olmadığı gösterir.

4.3.3. Isılkimyasal Ön İşlemler

Aritma çamuru ve portakal posası atıklarının kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarına karışımdaki katı maddenin kütlece %10, 15 ve 20'si olacak şekilde H_2SO_4 , HNO_3 , KOH ve NaOH eklenmiş, suyun normal kaynama sıcaklığında, 15, 30, 60, 120 ve 180min işlem sürelerinde geri soğutucular altında kaynatılarak suda çözünürlükleri saptanmıştır.

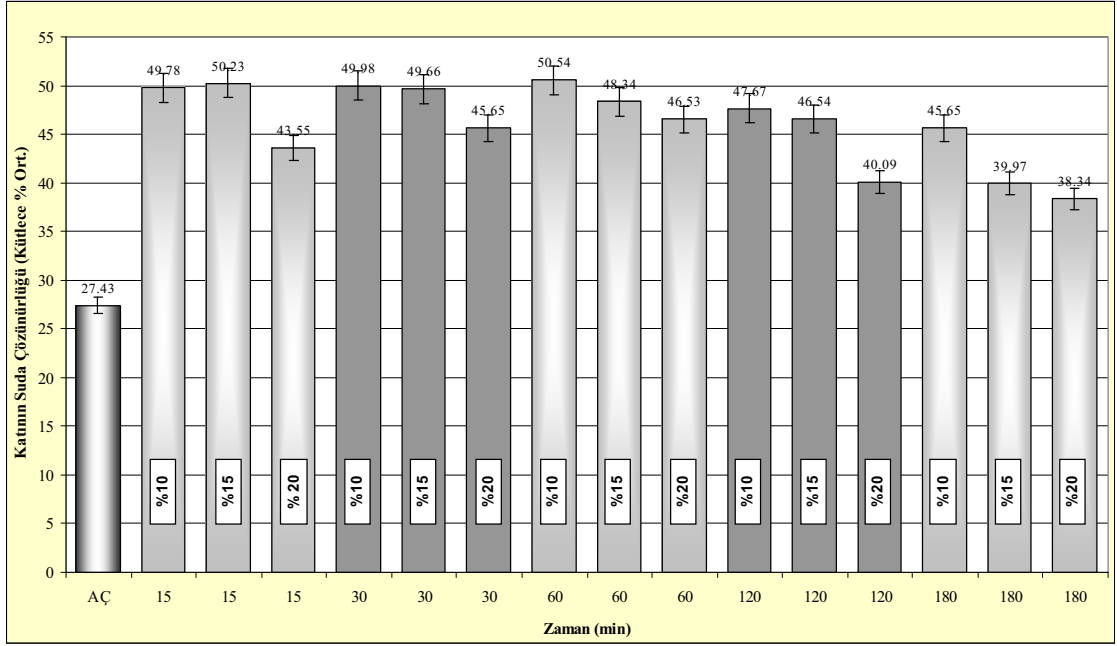
4.3.3.1. Aritma çamurunun sulu karışımlarına uygulanan ısılkimyasal ön işlemlerin etkileri

4.3.3.1.1. Aritma çamurunun sulu karışımlarına değişik sürelerde asidik ortamda uygulanan ısıl ön işlemlerin etkileri

Aritma çamuru, H_2SO_4 ve HNO_3 ile çeşitli sürelerde (15, 30, 60, 120, ve 180min) ısıl işleme (suyun normal kaynama sıcaklığında geri soğutucular altında) tabi tutularak ön işlemler uygulanmıştır. Şekil 4.9 ve 4.10'daki bulgulara bakıldığında arıtma çamurunda kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımları karışımdaki katı maddenin kütlece %20'si kadar HNO_3 kullanılarak 60 dakika pişirildiğinde kütlece %52,43'ünün suda çözünürleştiği ve bunun da en yüksek çözünürleşme olduğu saptanmıştır.

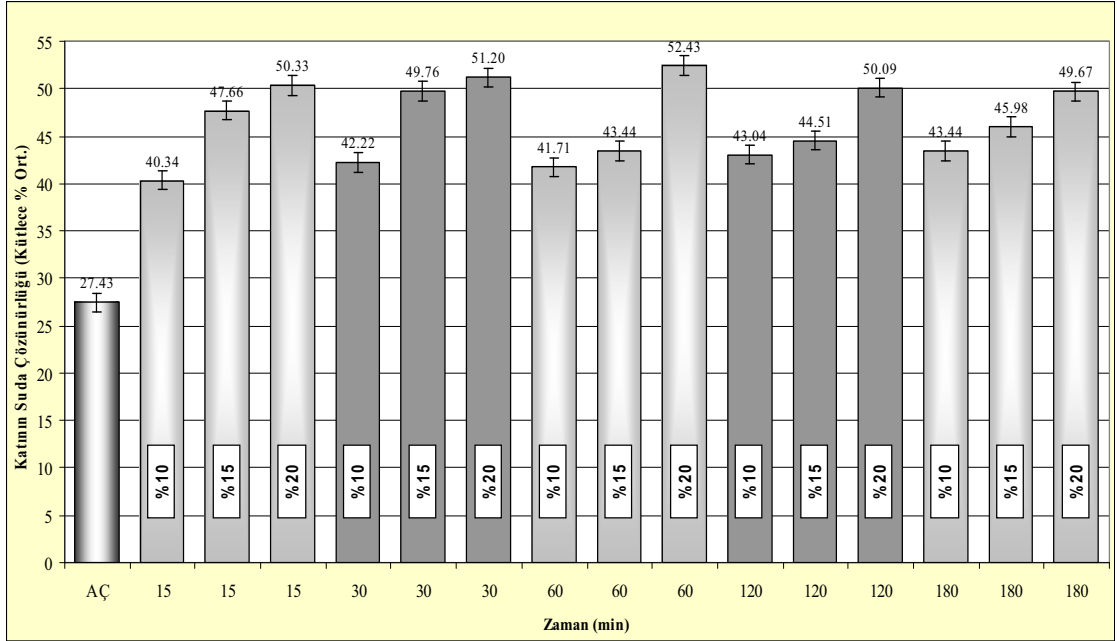
Katının %20'si kadar HNO_3 kullanıldığında elde edilen %52,43'lük suda çözünürlüğün, oda sıcaklığında bekletilmiş arıtma çamuruna göre kıyaslaması yapılırsa %91,14'lük bir suda çözünme artışının gerçekleştiği de görülmektedir.

Katının %10'u kadar H₂SO₄ ile yapılan ön işlemden 60 dakikalık pişirme süresi sonunda katının en yüksek suda çözünürlüğün kütlece ortalama %50,54 olduğu saptanmış ve Şekil 4.9.'da gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Arıtma Çamurunun Sulu Karışımlarına H₂SO₄ Uygulanan Isıl Ön İşlemler.

Katının %20'si kadar HNO₃ ile yapılan ön işlemden ise 60 dakikalık pişirme süresi sonunda katının en yüksek suda çözünürlüğün kütlece ortalama %52,43 olduğu saptanmış ve Şekil 4.10'da gösterilmiştir.



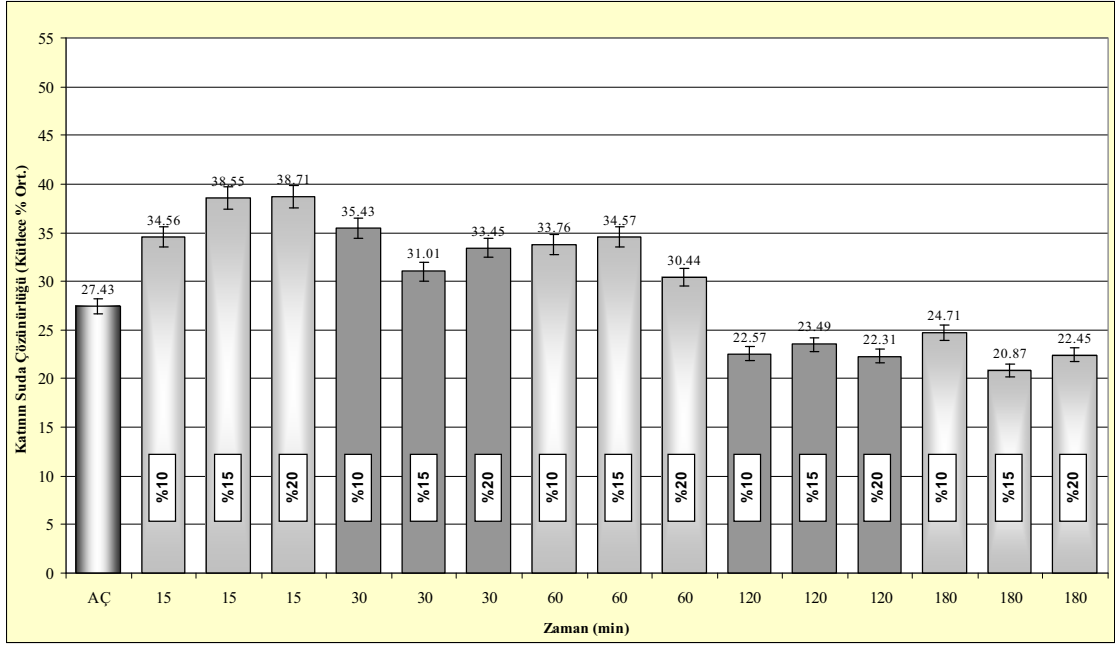
Şekil 4.10. Arıtma Çamurunun Sulu Karışımlarına HNO₃ Uygulanan Isıl Ön İşlemler.

Kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarda asidik kimyasallar arasında, karışımdaki katı maddenin kütlece %20'si kadar HNO₃ kullanılarak yapılan asidik ısılkimyasal önışlemin daha etkili olduğu görülmektedir.

4.3.3.1.2. Arıtma çamurunun sulu karışımlarına değişik sürelerde bazik ortamda uygulanan ısıl ön işlemlerin etkileri

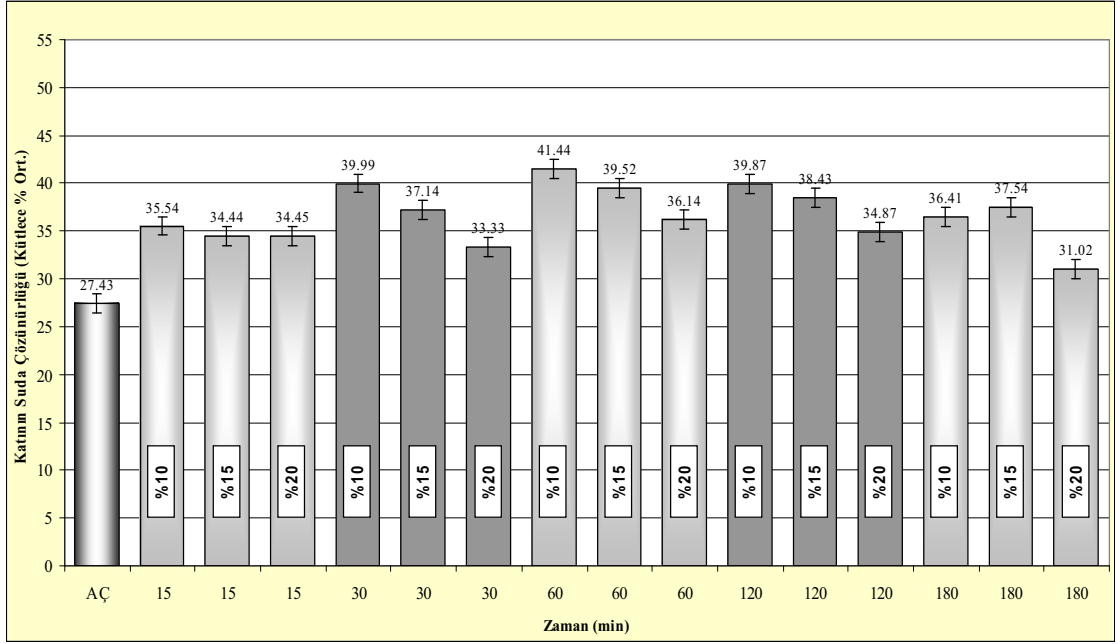
Arıtma çamuru, KOH ve NaOH ile çeşitli sürelerde (15, 30, 60, 120, ve 180min) ısıl işleme (suyun normal kaynama sıcaklığında geri soğutucular altında) tabi tutularak önışlemler uygulanmıştır. Şekil 4.11 ve 4.12.'deki bulgulara bakıldığında arıtma çamurunda katı maddenin kütlece %10'u kadar NaOH kullanılarak 60 dakika pişirme yapıldıktan sonra katının en yüksek suda çözünürlüğünün kütlece ortalama %41,44 olduğu saptanmıştır.

Katının %10'u kadar KOH ile yapılan ön işlemden 60 dakikalık pişirme süresi sonunda katının en yüksek suda çözünürlüğünün kütlece ortalama %38,71 olduğu saptanmış ve Şekil 4.11'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Arıtma Çamurunun Sulu Karışımlarına KOH Uygulanan Isıl Ön İşlemler.

Katının %10'u kadar NaOH ile yapılan ön işlemden 60 dakikalık pişirme süresi sonunda katının en yüksek suda çözünürlüğünün kütlece ortalama %41,44 olduğu saptanmış ve Şekil 4.12'de gösterilmiştir.



Şekil 4.12. Arıtma Çamurunun Sulu Karışımlarına NaOH Uygulanan Isıl Ön İşlemler.

Kütlece % 7 katı madde içeren sulu karışımlarda bazik kimyasallar arasında, karışımdaki katı maddenin kütlece % 10'u kadar NaOH ile yapılan bazik ısılkimyasal ön işlemin daha etkili olduğu görülmektedir.

4.3.3.2. Arıtma çamurunun sulu karışımlarına uygulanan ısılkimyasal ön işlemlerin istatistiksel değerlendirilmesi

Isilkimyasal ön işlemler uygulanmış arıtma çamuruna istatistiksel yöntemler uygulanmış ve elde edilen bulguların anlamlılığı test edilmiştir. Elde edilen bulgular Çizelge 4.22'den 4.24'e kadar verilmiştir.

Çizelge 4.22. Arıtma Çamuruna Uygulanan Isıl Kimyasal Ön İşlemler İçin Kimyasallar Arası Farkı İnceleyen F Testi

| Kimyasalın Adı | N | Ortalama Suda Çözünme | Std. Sapma | F | Anlamlılık (P) |
|--------------------------------|----|-----------------------|------------|--------|----------------|
| Ön İşlem Yok | 1 | 27,4300 | ,00000 | 37,770 | 0,000 |
| H ₂ SO ₄ | 15 | 46,1680 | 4,02363 | | |
| HNO ₃ | 15 | 46,3880 | 3,97118 | | |
| KOH | 15 | 29,7920 | 6,39084 | | |
| NAOH | 15 | 36,6753 | 2,85429 | | |
| Toplam | 61 | 39,5538 | 8,35740 | | |

Çizelge 4.22'ye göre; arıtma çamuruna uygulanan ısıl kimyasal ön işlemler sonucu kullanılan kimyasallardan HNO₃ kimyasalında daha fazla suda çözünme gözlemlenmiştir. Anlamlılık değeri $p=0,000<0,05$ olmasından dolayı; “Arıtma çamuruna uygulanan ısıl kimyasal ön işlemlerde kullanılan kimyasala göre suda çözünme miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.”

Çizelge 4.23. Arıtma Çamuruna Uygulanan Isıl Kimyasal Ön İşlemler İçin Kullanılan Kimyasal Miktarı Farkını İnceleyen F Testi

| Kimyasal Miktarı | N | Ortalama Suda Çözünme | Std. Sapma | F | Anlamlılık (P) |
|------------------|----|-----------------------|------------|-------|----------------|
| Ön İşlem Yok | 1 | 27,4300 | 0,00000 | 1,465 | 0,234 |
| % 10 | 20 | 41,2940 | 5,44147 | | |
| % 15 | 20 | 40,3975 | 7,55111 | | |
| % 20 | 20 | 37,5760 | 10,86954 | | |
| Toplam | 61 | 39,5538 | 8,35740 | | |

Çizelge 4.23.'e göre; arıtma çamuruna uygulanan ısıl kimyasal ön işlemler sonucu kullanılan kimyasal miktarlarında %10 oranında kimyasal kullanılmasında daha fazla suda çözünme gözlemlenmiştir. Anlamlılık değeri $p=0,234<0,05$ olmasından dolayı; “Arıtma çamuruna uygulanan ısıl kimyasal ön işlemlerde kullanılan kimyasal miktarına göre suda çözünme miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur.”

Çizelge 4.24. Arıtma Çamuruna Uygulanan Isıl Kimyasal Ön İşlemler İçin Pişirme Süresi Farkını İnceleyen F Testi

| Piştirme Süresi | N | Ortalama | Std. Sapma | F | Anlamlılık (P) |
|-----------------|----|----------|------------|-------|----------------|
| Ön İşlem Yok | 1 | 27,4300 | 0,00000 | 0,854 | 0,518 |
| 15 | 12 | 39,8183 | 8,55300 | | |
| 30 | 12 | 41,1292 | 8,74803 | | |
| 60 | 12 | 41,5067 | 7,67195 | | |
| 120 | 12 | 39,3208 | 8,17144 | | |
| 180 | 12 | 37,0042 | 8,84354 | | |
| Toplam | 61 | 39,5538 | 8,35740 | | |

Çizelge 4.24.'e göre; arıtma çamuruna uygulanan ısıl kimyasal ön işlemler sonucu tepkime sürelerinde 60 birimlik sürede daha fazla suda çözünme gözlemlenmiştir. Anlamlılık değeri $p=0,518>0,05$ olmasından dolayı; “Arıtma çamuruna uygulanan ısıl kimyasal ön işlemlerde tepkime süresine göre suda çözünme miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur.

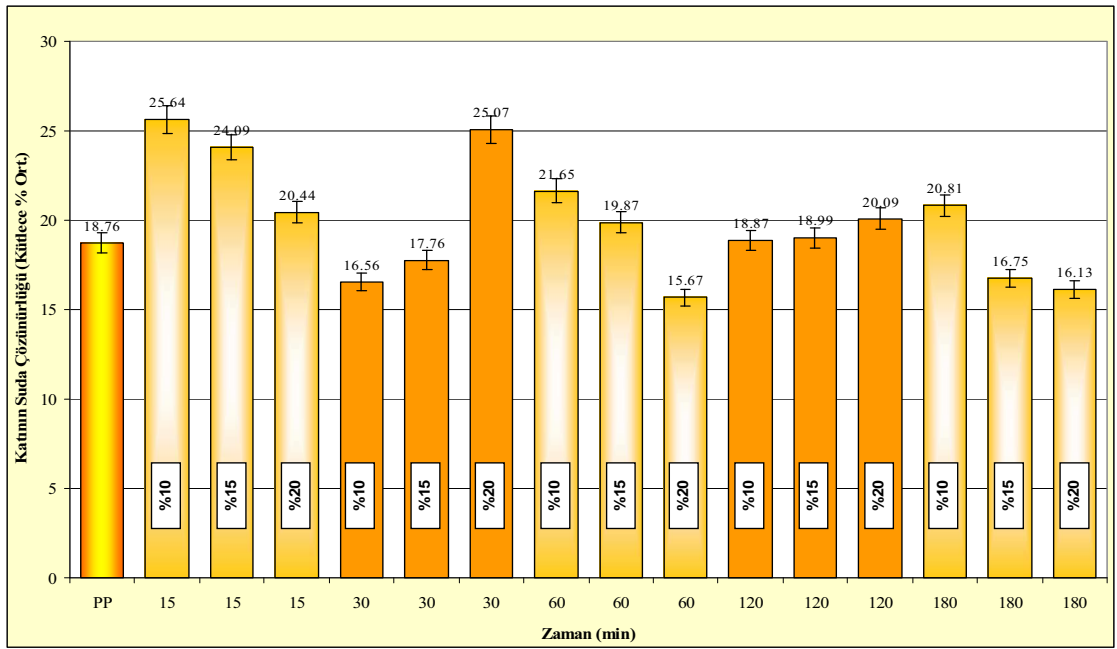
4.3.3.3. Portakal posasının sulu karışımlarına uygulanan ısılkimyasal ön işlemlerin etkileri

4.3.3.3.1. Portakal posasının sulu karışımlarına değişik sürelerde asidik ortamda uygulanan ısıl ön işlemlerin etkileri

Portakal posası, H_2SO_4 ve HNO_3 ile çeşitli sürelerde (15, 30, 60, 120, ve 180min) ısıl işleme (suyun normal kaynama sıcaklığında geri soğutucular altında) tabi tutularak ön işlemler uygulanmıştır. Şekil 4.13 ve 4.14'deki bulgulara bakıldığında portakal posasındaki katı maddenin kütlece %10'u kadar HNO_3 kullanılarak 30 dakika pişirildiğinde, katının kütlece ortalama %27,34'ünün suda çözünürleştiği ve bunun da en yüksek % çözünürleşme olduğu saptanmıştır.

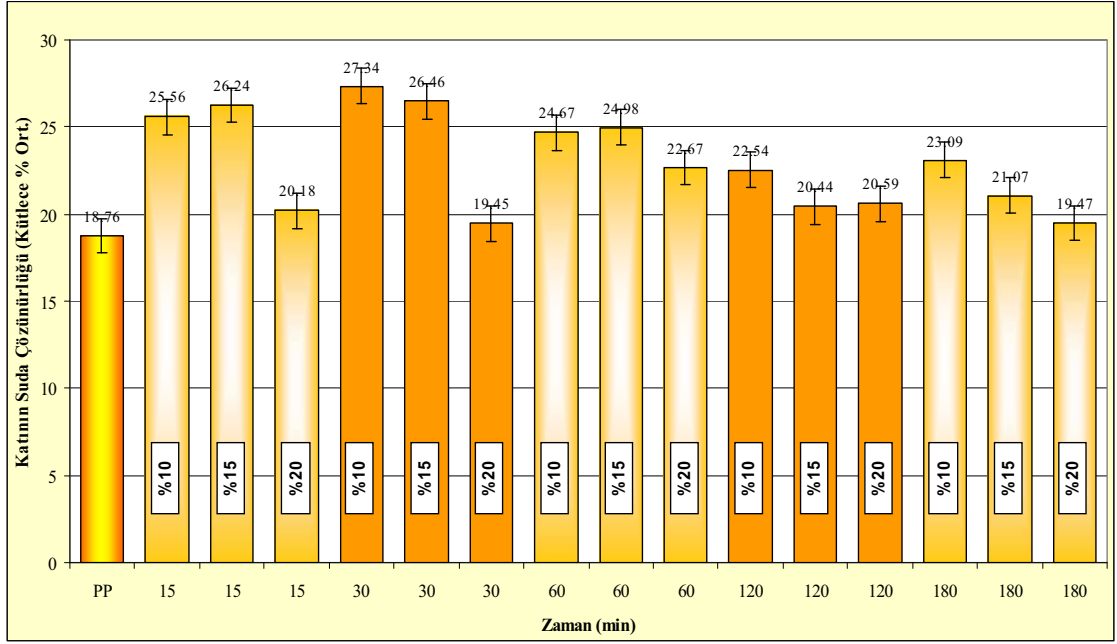
Katının %10'u kadar HNO₃ kullanıldığında elde edilen %27,34'lük suda çözünürlüğün, oda sıcaklığında bekletilmiş portakal posasına göre kıyaslaması yapılırsa %45,74'lük bir suda çözünme artışının gerçekleştiği görülmektedir.

Katının %10'u kadar H₂SO₄ kullanılarak yapılan ön işlemden 15 dakikalık pişirme süresi sonunda en yüksek suda çözünürlüğün kütlece ortalama %25,64 olarak saptanmış ve Şekil 4.13'de gösterilmiştir.



Şekil 4.13. Portakal Posasının Sulu Karışımlarına H₂SO₄ Uygulanan Isıl Ön İşlemler.

Katının %10'u kadar HNO₃ ile yapılan ön işlemden 30 dakikalık pişirme süresi sonunda katının en yüksek suda çözünürlüğünün kütlece ortalama %27,34 olduğu saptanmış ve Şekil 4.14'de gösterilmiştir.



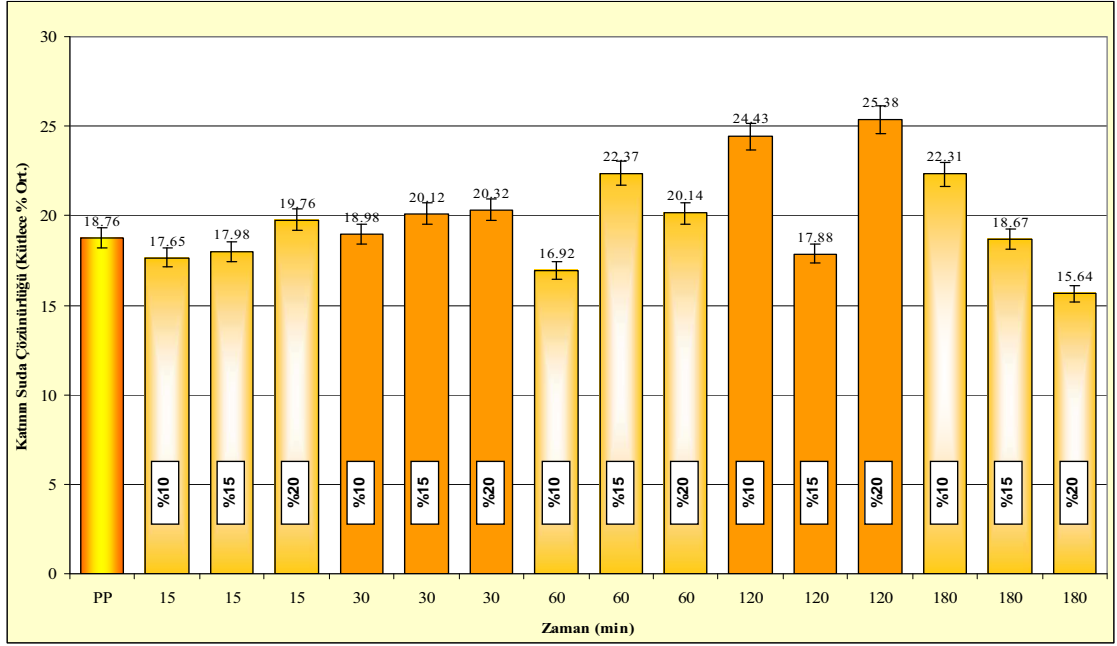
Şekil 4.14. Portakal Posasının Sulu Karışımlarına HNO₃ Uygulanan Isilkimyasal Ön İşlemler.

Kütlece % 7 katı madde içeren sulu karışımlarda asidik kimyasallar arasında, karışımdaki katı maddenin kütlece % 10'u kadar HNO₃ kullanılarak yapılan asidik ısıtma işleminin daha etkili olduğu görülmektedir.

4.3.3.3.2. Portakal posasının sulu karışımlarına değişik sürelerde bazik ortamda uygulanan ısıtma ön işlemlerin etkileri

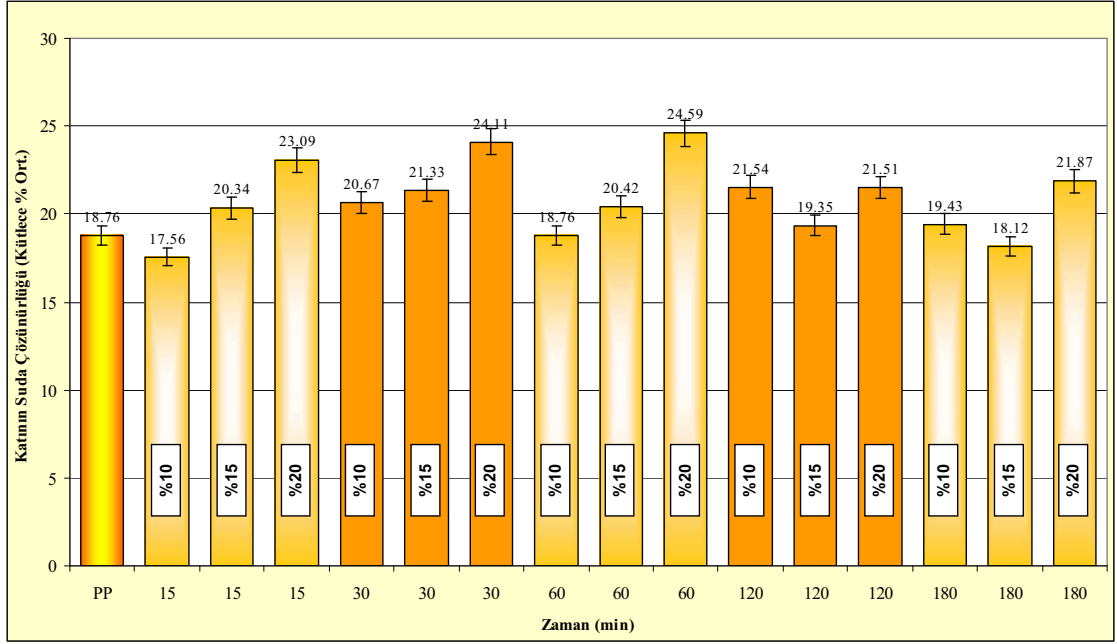
Portakal posası, KOH ve NaOH ile çeşitli sürelerde (15, 30, 60, 120, ve 180 min) ısıtma işleminde (suyun normal kaynama sıcaklığında geri soğutucular altında) tabii tutularak ön işlemler uygulanmıştır. Şekil 4.15 ve 4.16.'daki bulgulara bakıldığında portakal posasına katı maddenin kütlece %20'si kadar KOH kullanılarak 30 dakika pişirme yapıldıktan sonra katının en yüksek suda çözünürlüğünün kütlece ortalama %25,38 olduğu saptanmıştır.

Katının %20'si kadar KOH ile yapılan ön işlemden 30 dakikalık pişirme süresi sonunda en yüksek suda çözünürlüğün kütlece ortalama %25,38 olduğu saptanmış ve Şekil 4.15'de gösterilmiştir.



Şekil 4.15. Portakal Posasının Sulu Karışımlarına KOH Uygulanan Isıl Ön İşlemler.

Katının %20'si kadar NaOH ile yapılan ön işlemden 60 dakikalık pişirme süresi sonunda katının en yüksek suda çözünürlüğünün kütlece ortalama %24,59 olduğu saptanmış ve Şekil 4.16'da gösterilmiştir.



Şekil 4.16. Portakal Posasının Sulu Karışımlarına NaOH Uygulanan Isıl Ön İşlemler.

Kütlece % 7 katı madde içeren sulu karışımlarda bazik kimyasallar arasında, karışımdaki katı maddenin kütlece % 20'si kadar KOH ile yapılan bazik ısıl ön işlemin daha etkili olduğu görülmektedir.

Şekil 4.9'dan 4.16'ya kadar gösterilen bulgulara bakıldığında hiçbir işlem uygulanmamış hallerine göre değişik ön işlem sürelerinde ısilkimyasal ön işlem uygulandığında katı maddelerin daha kolay çözünürleştiği görülmektedir.

4.3.3.4. Portakal posasının sulu karışımlarına uygulanan ısilkimyasal ön işlemlerin istatistiksel değerlendirilmesi

Isilkimyasal ön işlemler uygulanmış portakal posasına istatistiksel yöntemler uygulanmış ve elde edilen bulguların anlamlılığı test edilmiştir. Elde edilen bulgular Çizelge 4.25'den 4.27'ye kadar verilmiştir.

Çizelge 4.25. Portakal Posasına Uygulanan Isıl Kimyasal Ön İşlemler İçin Kimyasallar Arası Farkı İnceleyen F Testi

| Kimyasalın Adı | N | Ortalama | Std. Sapma | F | Anlamlılık (P) |
|--------------------------------|----|----------|------------|-------|----------------|
| Ön İşlem Yok | 1 | 18,7600 | 0,00000 | 3,414 | 0,014 |
| H ₂ SO ₄ | 15 | 19,8927 | 3,17472 | | |
| HNO ₃ | 15 | 22,9833 | 2,72547 | | |
| KOH | 15 | 19,9033 | 2,73834 | | |
| NAOH | 15 | 20,8460 | 2,05642 | | |
| Toplam | 61 | 20,8711 | 2,91284 | | |

Çizelge 4.25.'e göre; portakal posasına uygulanan ısıl kimyasal ön işlemler sonucu kullanılan kimyasallardan HNO₃ kimyasalında daha fazla suda çözünme gözlemlenmiştir. Anlamlılık değeri $p=0,014<0,05$ olmasından dolayı; “Portakal posasına uygulanan ısıl kimyasal ön işlemlerde kullanılan kimyasala göre suda çözünme miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.

Çizelge 4.26. Portakal Posasına Uygulanan Isıl Kimyasal Ön İşlemler İçin Kullanılan Kimyasal Miktarı Farkını İnceleyen F Testi

| Kimyasal Miktarı | N | Ortalama | Std. Sapma | F | Anlamlılık (P) |
|------------------|----|----------|------------|-------|----------------|
| Ön İşlem Yok | 1 | 18,7600 | 0,00000 | 0,367 | 0,777 |
| % 10 | 20 | 21,0070 | 3,15604 | | |
| % 15 | 20 | 21,2030 | 2,96650 | | |
| % 20 | 20 | 20,5090 | 2,74316 | | |
| Toplam | 61 | 20,8711 | 2,91284 | | |

Çizelge 4.26.'ya göre; portakal posasına uygulanan ısıl kimyasal ön işlemler sonucu kullanılan kimyasal miktarlarında % 15 oranında kimyasal kullanımında daha fazla suda çözünme gözlemlenmiştir. Anlamlılık değeri $p=0,777>0,05$ olmasından dolayı; “Portakal posasına uygulanan ısıl kimyasal ön işlemlerde kullanılan kimyasal miktarına göre suda çözünme miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur.”

Çizelge 4.27. Portakal Posasına Uygulanan Isıl Kimyasal Ön İşlemler İçin Pişirme Süresi Farkını İnceleyen F Testi

| Pişirme Süresi | N | Ortalama | Std. Sapma | F | Anlamlılık (P) |
|----------------|----|----------|------------|-------|----------------|
| Ön İşlem Yok | 1 | 18,7600 | 0,00000 | 2,133 | 0,075 |
| 15 | 12 | 21,5433 | 3,37871 | | |
| 30 | 12 | 22,1225 | 3,34296 | | |
| 60 | 12 | 21,8042 | 2,11783 | | |
| 120 | 12 | 19,3950 | 2,16688 | | |
| 180 | 12 | 19,6667 | 2,64433 | | |
| Toplam | 61 | 20,8711 | 2,91284 | | |

Çizelge 4.27.'ye göre; portakal posasına uygulanan ısıl kimyasal ön işlemler sonucu tepkime sürelerinde 30 birimlik sürede daha fazla suda çözünme gözlemlenmiştir. Anlamlılık değeri $p=0,075>0,05$ olmasından dolayı; “Portakal posasına uygulanan ısıl kimyasal ön işlemlerde tepkime süresine göre suda çözünme miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur.”

Aritma çamuru ve portakal posasından elde edilen bulgular arasındaki farkı inceleyen T testi ile tepkime miktarları arasındaki ilişkiyi inceleyen korelasyon analizleri yapılmış Çizelge 4.28. ve 4.29'da verilmiştir.

Çizelge 4.28. Aritma Çamuru ve Portakal Posası Sonucu Oluşan Ürün Miktarları Arasındaki Farkı İnceleyen T Testi

| Numune | Ortalama | N | Std. Sapma | T | Anlamlılık (P) |
|------------------------------|----------|----|------------|--------|----------------|
| Aritma Çamuru Suda Çözünme | 39,5538 | 61 | 8,35740 | 17,374 | 0,000 |
| Portakal Posası Suda Çözünme | 20,8711 | 61 | 2,91284 | | |

Çizelge 4.28.'e göre; arıtma çamuru ve portakal posası numunelerinin suda çözünme miktarları bulunmaktadır. Aritma çamurunda suda çözünme miktarı portakal posasına göre daha yüksek bulunmuştur. Anlamlılık değerinin $p=0,000<0,05$ olmasından

dolayı; “Aritma çamurunda suda çözünme miktarı ile portakal posasında suda çözünme miktarı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.”

Çizelge 4.29. Aritma Çamuru ve Portakal Posası Sonucu Oluşan Ürün Miktarları Arasındaki İlişkiyi İnceleyen Korelasyon Analizi

| | N | Korelasyon (r) | Anlamlılık (P) |
|-----------------------------------------------------------|----|----------------|----------------|
| Aritma Çamuru Suda Çözünme & Portakal Posası Suda Çözünme | 61 | 0,160 | 0,218 |

Çizelge 4.29.’a göre arıtma çamurunda suda çözünme miktarı ile portakal posasındaki suda çözünme miktarları arasındaki ilişkinin yönünü ve şiddetini gösteren korelasyon analizi bulunmaktadır. R değerinin 0,160 olması, aynı koşullarda (aynı kimyasallarda, aynı kimyasal miktarında ve aynı tepkime sürelerinde) arıtma çamurunda suda çözünme miktarı arttıkça portakal posasında da zayıf güçte artış görünmektedir. Anlamlılık değerinin $p=0,218$ olması portakal posası ve arıtma çamurundaki ilişkinin aynı koşullarda anlamlı olmadığını gösterir.

4.3.4. Mikrodalga Ön İşlemleri

Aritma çamuru ve portakal posası katı atıklarının kütlece % 7 katı madde içeren sulu karışımlarına; doğrudan, asidik (H_2SO_4 ve HNO_3), ve bazik (KOH ve NaOH) ortamlarda 700W gücündeki BEKO MD 1500 model 5 mikrodalga fırınında içerisinde pişirme işlemleri 15min.da geri soğutucular altında yürütülmüştür. Ön işlemler sonucunda arıtma çamurunun ve portakal posasının kütlece % suda çözünürlük bulgularının ortalamaları şekil 4.17-4.22’de verilmiştir.

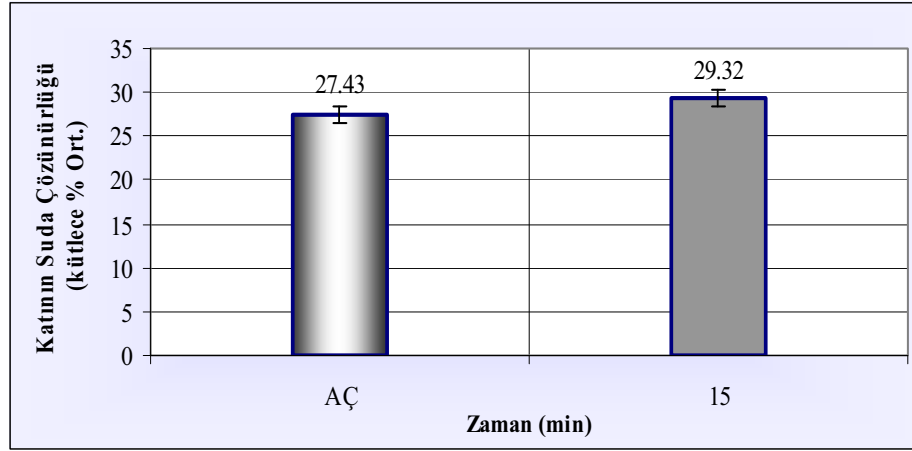
4.3.4.1. Arıtma çamurunun sulu karışımlarına uygulanan mikrodalga ön işlemlerin etkileri

Değişik koşullarda mikrodalga ile yapılan ön işlem bulguları ve tartışmalar alt başlıklarda verilmiştir.

4.3.4.1.1. Arıtma çamurunun sulu karışımlarına doğrudan uygulanan mikrodalga ön işlemlerin etkileri

Arıtma çamurunun kütlece % 7 katı madde içeren sulu karışımının doğrudan 15min.da geri soğutucu altında 700 W gücündeki BEKO MD 1500 model 5 mikrodalga fırında doğrudan konulmuştur. Yapılan ön işlem sonucunda, katı maddenin % suda çözünürlüğü şekil 4.17'de görülmektedir.

Arıtma çamuruna doğrudan uygulanan mikrodalga ön işleminde katının kütlece ortalama %29,32'sinin suda çözünür maddelere dönüştüğü görülmektedir. Oda sıcaklığında 15min bekletmede ve mikrodalga ile 15min.lık işlemde sırasıyla suda çözünürlüklerin %27,34 ve %29,32 olduğu mikrodalga ile %1,89'luk artış sağlandığı görülmektedir. Sıcaklığın suda çözünür maddeye dönüşümü aynı sürede fazla olmasına yol açtığı görülmektedir. Isıl ön işlemlerde de çözünürlüğün artışı, sıcaklığın suda çözünürlüğü attırdığı sonucuna varılmaktadır.



Şekil 4.17. Arıtma Çamurunun Sulu Karışımlarına Doğrudan Uygulanan Mikrodalga Ön İşlemi

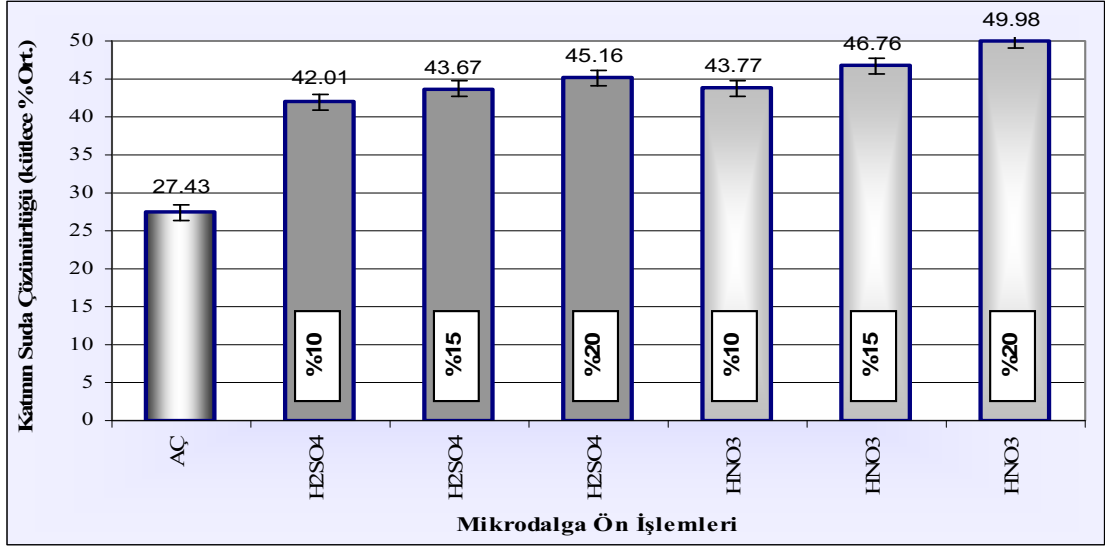
4.3.4.1.2. Arıtma çamurunun sulu karışımlarına asidik ortamda uygulanan mikrodalga ön işlemlerin etkileri

Arıtma çamurunun, H_2SO_4 ve HNO_3 bulunan ortamda 15min mikrodalga ön işleminde (geri soğutucular altında) katının % suda çözünürlükleri şekil 4.18’de verilmiştir. Şekil 4.18’deki bulgular; arıtma çamurunda katı maddenin %20’si kadar HNO_3 kullanıldığında %49,98’inin suda çözünür maddelere dönüştüğünü ve bunun da en yüksek % çözünürleşme olduğunu göstermektedir.

Katının %20’si kadar H_2SO_4 ve HNO_3 kullanılarak 15min mikrodalga ile yapılan ön işleminde katının % suda çözünürlükleri sırasıyla %45,16 ve %49,98 olduğu ve bunlarında en yüksek % çözünürlükler olduğu saptanmıştır. Bu bulgular HNO_3 ile yapılan ön işleminin suda çözünen maddelere dönüşümünde daha etkili olduğu görülmektedir.

Şekil 4.18’den de görüleceği gibi hiçbir işlem uygulanmamış hallerine göre 15min asidik mikrodalga ön işlemi uygulandığında katı maddelerin daha kolay çözünürleştiği görülmektedir. Bunun HNO_3 oksitleyerek suda çözünen ürünlere

dönüşümünden kaynaklanabileceği söylenebilir. Oda sıcaklığında bekleterek suda çözünür ürünlere dönüşüm yerine asidik ortamda mikrodalga ile ön işlemin uygulanmasının gerektiği görülmektedir.



Şekil 4.18. Arıtma Çamurunun Sulu Karışımlarına H₂SO₄ ve HNO₃ Uygulanan Mikrodalga Ön İşlemleri

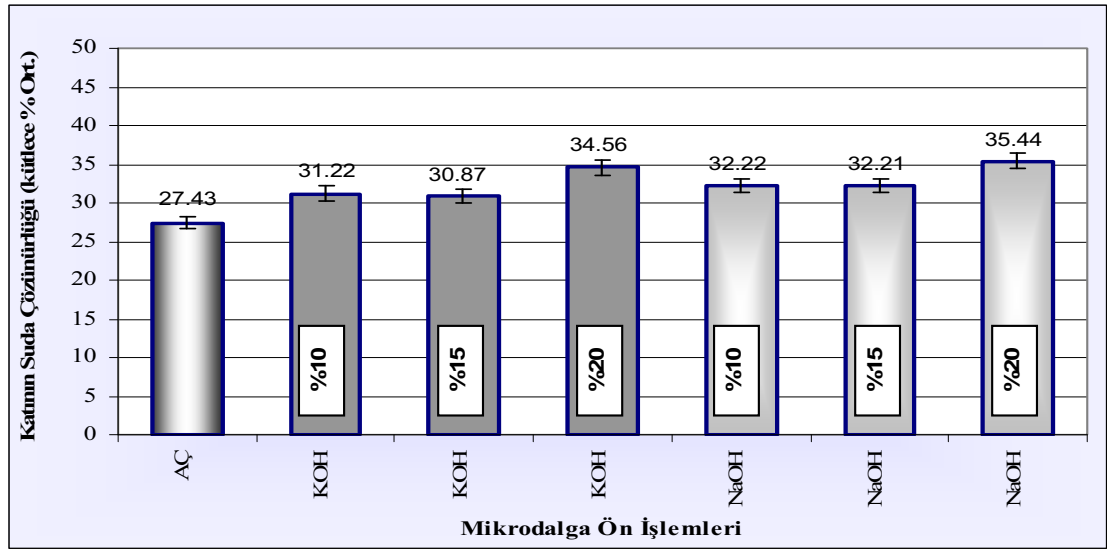
4.3.4.1.3. Arıtma çamurunun sulu karışımlarına bazik ortamda uygulanan mikrodalga ön işlemlerin etkileri

Arıtma çamurunun, KOH ve NaOH bulunan ortamda 15min mikrodalga ön işleminde (geri soğutucular altında) kattının % suda çözünürlükleri şekil 4.19'da verilmiştir. Şekil 4.19'daki bulgular, arıtma çamurunda katı maddenin %20'si kadar NaOH kullanıldığında %35,44'ünün suda çözünür maddelere dönüştüğünü ve bunun da en yüksek % çözünürlüşme olduğunu göstermektedir.

Kattının %20'si kadar KOH ve NaOH kullanılarak 15min mikrodalga ile yapılan ön işleminde kattının % suda çözünürlükleri sırasıyla %34,56 ve %35,44 olduğu ve bunlarında en yüksek % çözünürlükler olduğu saptanmıştır. Bu bulgular karışımdaki katı

maddenin küttelece %20'si kadar NaOH ile yapılan önişleminin suda çözünen maddelere dönüşümünde daha etkili olduğu görülmektedir.

Şekil 4.19'dan da görüleceği gibi hiçbir işlem uygulanmamış hallerine göre 15min bazik mikrodalga önişlemi uygulandığında katı maddelerin daha kolay çözünürleştiği görülmektedir. Oda sıcaklığında bekleterek suda çözünür ürünlere dönüşüm yerine bazik ortamda mikrodalga ile ön işlemin uygulanmasının gerektiği görülmektedir.



Şekil 4.19. Arıtma Çamurunun Sulu Karışımlarına KOH ve NaOH Uygulanan Mikrodalga Ön İşlemleri

Bir gıda endüstrisi atıksu arıtma tesisinden alınan belt pres çamurunun suda çözünürlüğü araştırılmıştır. Çalışmada küttelece % 13,17 katı içeriğine sahip sulu çamur oda sıcaklığında, kimyasalsız ve küttelece katının % 5, 10, 15 ve 20'si kadar NaOH ile geri soğutucular altında 5, 10 ve 15 min mikrodalga radyasyonuna maruz bırakılarak ön işlem uygulanmıştır. En yüksek suda çözünürlüğün, katı maddenin küttelece %20'si kadar NaOH ile 15 min mikrodalga radyasyonuna maruz kalmasıyla % 48,17 olarak saptandığı rapor edilmiştir [95].

4.3.4.2. Arıtma çamurunun sulu karışımlarına uygulanan mikrodalga ön işlemlerin istatistiksel değerlendirilmesi

Mikrodalga ön işlemler uygulanmış arıtma çamuruna istatistiksel yöntemler uygulanmış ve elde edilen bulguların anlamlılığı test edilmiştir. Elde edilen bulgular Çizelge 4.30'dan 4.33'e kadar verilmiştir.

Çizelge 4.30. Mikrodalga Ön İşlemlerde Arıtma Çamuru Numunesi İçin Kimyasallar Arasındaki Suda Çözünme Farkını İnceleyen F Testi

| Kimyasal Adı | N | Ortalama | Std. Sapma | F | Anlamlılık (P) |
|--------------------------------|----|----------|------------|--------|----------------|
| Ön İşlem Yok | 1 | 27,4300 | 0,00000 | 30,757 | 0,000 |
| H ₂ SO ₄ | 3 | 43,6133 | 1,57576 | | |
| HNO ₃ | 3 | 46,8367 | 3,10571 | | |
| KOH | 3 | 32,2167 | 2,03692 | | |
| NaOH | 3 | 33,2900 | 1,86196 | | |
| Toplam | 13 | 38,1000 | 7,34147 | | |

Çizelge 4.30.'a göre; mikrodalga ön işlemler sonucu arıtma çamuru numunesinde en fazla suda çözünme HNO₃ kimyasalında gözlenmiştir. Anlamlılık sütunundaki değer $p=0,000<0,05$ olduğundan; “Mikrodalga ön işlemler sonucu arıtma çamuru numunesi için kimyasallar arasındaki suda çözünme miktarları arasında anlamlı bir fark vardır.”

Çizelge 4.31. Mikrodalga Ön İşlemlerde Arıtma Çamuru Numunesi İçin Kimyasal Yüzdelerine Göre Suda Çözünme Farkını İnceleyen F Testi

| Kimyasal Yüzdesi | N | Ortalama | Std. Sapma | F | Anlamlılık (P) |
|------------------|----|----------|------------|-------|----------------|
| Ön İşlem Yok | 1 | 27,4300 | 0,00000 | 0,964 | 0,451 |
| %10 | 4 | 37,3050 | 6,50174 | | |
| %15 | 4 | 38,3775 | 8,01410 | | |
| %20 | 4 | 41,2850 | 7,52791 | | |
| Toplam | 13 | 38,1000 | 7,34147 | | |

Çizelge 4.31.'e göre; mikrodalga ön işlemler sonucu arıtma çamuru numunesinde en fazla suda çözünme %20 oranında kimyasal kullanılmasında gözlenmiştir. Anlamlılık

sütunundaki değer $p=0,451>0,05$ olduğundan; “*Mikrodalga ön işlemler sonucu arıtma çamuru numunesi için kimyasal yüzdelerine göre suda çözünme miktarları arasında anlamlı bir fark yoktur.*”

Çizelge 4.32. Mikrodalga Ön İşlemlerde Arıtma Çamuru Numunesi İçin Ön İşlem Süresine Göre Suda Çözünme Farkını İnceleyen F Testi

| Ön İşlem Süresi | N | Ortalama | Std. Sapma | F | Anlamlılık (P) |
|-----------------|----|----------|------------|-------|----------------|
| Ön İşlem Yok | 1 | 27,4300 | 0,00000 | 2,592 | 0,136 |
| 15 | 12 | 38,9892 | 6,89815 | | |
| Toplam | 13 | 38,1000 | 7,34147 | | |

Çizelge 4.32.’ye göre; mikrodalga ön işlemler sonucu arıtma çamuru numunesinde en fazla suda çözünme 15 dakikalık sürede gözlenmiştir. Anlamlılık sütunundaki değer $p=0,136>0,05$ olduğundan; “*Mikrodalga ön işlemler sonucu arıtma çamuru numunesi için ön işlem süresine göre suda çözünme miktarları arasında anlamlı bir fark yoktur.*”

Çizelge 4.33. Arıtma Çamurunun Sulu Karışımlarına Uygulanan Asidik ve Bazik Mikrodalga Ön İşlemleri İçin T Testi

| | N | Ortalama | Std. Sapma | t | Anlamlılık (P) |
|--------|----|----------|------------|-------|----------------|
| Asidik | 6 | 45,2250 | 2,82283 | 6,405 | 0,000 |
| Bazik | 12 | 26,3742 | 6,83889 | | |

Çizelge 4.33.’e göre mikrodalga ön işlemlerde asidik kimyasal kullanıldığında suda çözünme bazik kimyasala göre daha fazladır. Anlamlılık sütunundaki değer $p=0,000<0,05$ olmasından dolayı *asidik ve bazik kimyasallar kullanılarak elde edilen suda çözünme miktarları arasından anlamlı bir fark vardır.*

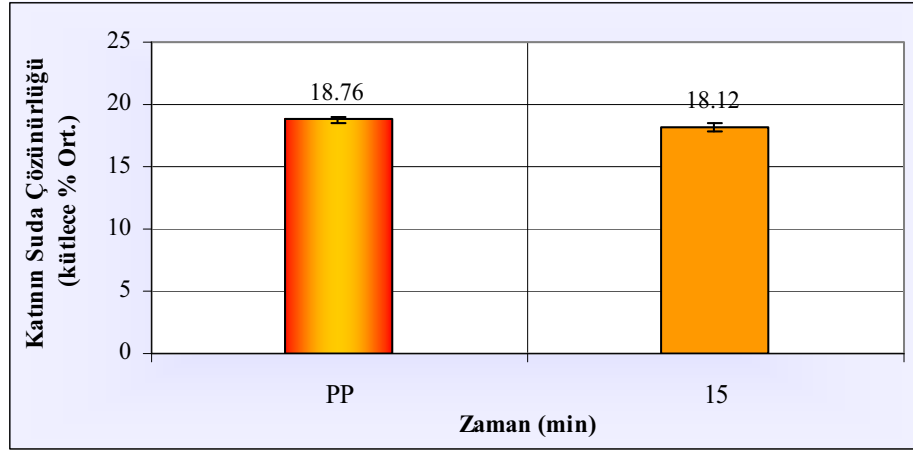
4.3.4.3. Portakal posasının sulu karışımlarına uygulanan mikrodalga ön işlemlerin etkileri

Portakal posasına değişik koşullarda mikrodalga ile yapılan ön işlem bulguları ve tartışmalar alt başlıklarda verilmiştir.

4.3.4.3.1. Portakal posasının sulu karışımlarına doğrudan uygulanan mikrodalga ön işlemlerin etkileri

Portakal posasının, kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımının doğrudan 15min.da geri soğutucu altında 700 W gücündeki BEKO MD 1500 model 5 mikrodalga fırın içerisine doğrudan konulmuştur. Yapılan ön işlem sonucunda, katı maddenin % suda çözünürlüğü şekil 4.20'de görülmektedir.

Portakal posasına doğrudan mikrodalga ön işleminde katının kütlece ortalama %18,76'sının suda çözünür maddelere dönüştüğü görülmektedir. Oda sıcaklığında 15min bekletmede ve mikrodalga ile 15min.lık işlemde sırasıyla suda çözünürlüklerin %18,76 ve %18,12 olduğu mikrodalga ile %3,53'lük artış sağlandığı görülmektedir. Sıcaklığın suda çözünür maddeye dönüşümü aynı sürede fazla olmasına yol açtığı görülmektedir. Mikrodalga ön işlemlerde de çözünürlüğün artışı, sıcaklığın suda çözünürlüğü attırdığı sonucuna varılmaktadır.



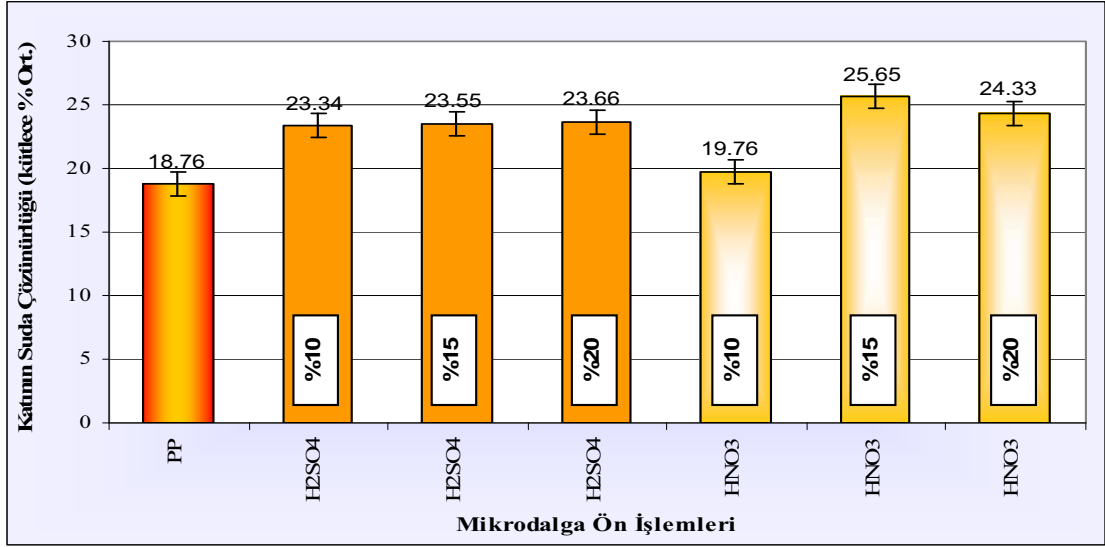
Şekil 4.20. Portakal Posasının Sulu Karışımlarına Doğrudan Uygulanan Mikrodalga Ön İşlemi.

4.3.4.3.2. Portakal posasının sulu karışımlarına asidik ortamda uygulanan mikrodalga ön işlemlerin etkileri

Portakal posasının, H_2SO_4 ve HNO_3 bulunan 15min mikrodalga ön işleminde (geri soğutucular altında) katının % suda çözünürlükleri Şekil 4.21'deki bulgular elde edilmiştir. Şekil 4.21'deki bulgular, arıtma çamurunda katı maddenin %15'i kadar HNO_3 kullanıldığında %25,65'inin suda çözünür maddelere dönüştüğünü ve bunun da en yüksek % çözünürlüğe olduğunu göstermektedir.

Şekil 4.21'de asidik kimyasallar karşılaştırıldığında H_2SO_4 ile ön işleminde en yüksek %20'lik çözeltide 15min mikrodalga radyasyonu altında %23,66 suda çözünürlük bulunurken, HNO_3 ile yapılan ön işleminde ise %15'lik çözeltide 15min mikrodalga radyasyonu altında %25,65 suda çözünürlük saptanmıştır. Kütlece % 7 katı madde içeren sulu karışımlarda asidik kimyasallar arasında, karışımdaki katı maddenin kütlece % 15'i kadar HNO_3 ile yapılan asidik mikrodalga ön işleminin daha etkili olduğu görülmektedir.

Şekil 4.21'den de görüleceği gibi hiçbir işlem uygulanmamış hallerine göre 15min asidik mikrodalga önışlemi uygulandığında katı maddelerin daha kolay çözünürleştiği görülmektedir.



Şekil 4.21. Portakal Posasının Sulu Karışımlarına H₂SO₄ ve HNO₃ Uygulanan Mikrodalga Ön İşlemleri

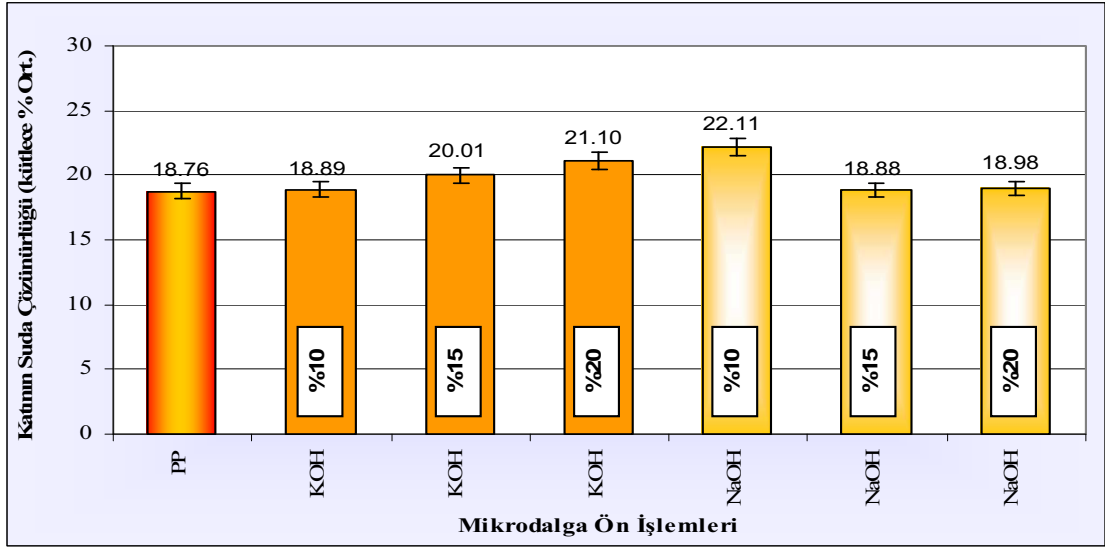
4.3.4.3.3. Portakal posasının sulu karışımlarına bazik ortamda uygulanan mikrodalga ön işlemler

Portakal posası, KOH ve NaOH kimyasal maddeleriyle 15min süre zarfında mikrodalga ön işlemine (geri soğutucular altında) tabi tutulmuş, yapılan önışlemler sonucunda Şekil 4.22'deki bulgular elde edilmiştir. Şekil 4.22'deki bulgulara bakıldığında portakal posasında katı maddenin %10'u kadar NaOH kullanıldığında %22,11'inin suda çözünürleştiği ve bunun da en yüksek % çözünürleşme olduğu saptanmıştır.

Bazik kimyasallar karşılaştırıldığında ise KOH ile ön işlemde en yüksek %20'lik çözeltide 15min mikrodalga radyasyonu altında %21,10 suda çözünürlük bulunurken, NaOH ile yapılan ön işlemde ise %10'luk çözeltide 15min mikrodalga radyasyonu

altında %22,11 suda çözünlük saptanmıştır. Kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarda bazik kimyasallar arasında, karışımdaki katı maddenin kütlece %10'u kadar NaOH ile yapılan bazik ısılkimyasal önışlemin daha etkili olduğu görölmektedir.

Şekil 4.22'den de görüleceği gibi hiçbir işlem uygulanmamış hallerine göre 15min asidik mikrodalga önışlemi uygulandığında katı maddelerin daha kolay çözünlüştüği görölmektedir.



Şekil 4.22. Portakal Posasının Sulu Karışımlarına KOH ve NaOH Uygulanan Mikrodalga Ön İşlemleri

4.3.4.4. Portakal posasının sulu karışımlarına uygulanan mikrodalga ön işlemlerinin istatistiksel değeriendirilmesi

Mikrodalga ön işlemler uygulanmış portakal posasına istatistiksel yöntemler uygulanmış ve elde edilen bulguların anlamlılığı test edilmiştir. Elde edilen bulgular Çizelge 4.34'den 4.38'e kadar verilmiştir.

Çizelge 4.34. Mikrodalga Ön İşlemlerde Portakal Posası Numunesi İçin Kimyasallara Göre Suda Çözünme Farkını İnceleyen F Testi

| Kimyasal Adı | N | Ortalama | Std. Sapma | F | Anlamlılık (P) |
|--------------------------------|----|----------|------------|-------|----------------|
| Ön İşlem Yok | 1 | 18,7600 | 0,00000 | 2,994 | 0,087 |
| H ₂ SO ₄ | 3 | 23,5167 | 0,16258 | | |
| HNO ₃ | 3 | 23,2467 | 3,09083 | | |
| KOH | 3 | 20,0000 | 1,10503 | | |
| NaOH | 3 | 19,9900 | 1,83665 | | |
| Toplam | 13 | 21,4631 | 2,42868 | | |

Çizelge 4.34.'e göre; mikrodalga ön işlemler sonucu portakal posası numunesinde en fazla suda çözünme H₂SO₄ kimyasalında gözlenmiştir. Anlamlılık sütunundaki değer $p=0,087>0,05$ olduğundan; “*Mikrodalga ön işlemler sonucu portakal posası numunesi için kimyasallara göre suda çözünme miktarları arasında anlamlı bir fark vardır.*”

Çizelge 4.35. Mikrodalga Ön İşlemlerde Portakal Posası Numunesi İçin Kimyasal Yüzdelerine Göre Suda Çözünme Farkını İnceleyen F Testi

| Kimyasal Yüzdesi | N | Ortalama | Std. Sapma | F | Anlamlılık (P) |
|------------------|----|----------|------------|-------|----------------|
| Ön İşlem Yok | 1 | 18,7600 | 0,00000 | 0,526 | 0,675 |
| %10 | 4 | 21,0250 | 2,05709 | | |
| %15 | 4 | 22,0225 | 3,13143 | | |
| %20 | 4 | 22,0175 | 2,45721 | | |
| Toplam | 13 | 21,4631 | 2,42868 | | |

Çizelge 4.35.'e göre; mikrodalga ön işlemler sonucu portakal posası numunesinde en fazla suda çözünme %15 kimyasal kullanıldığında gözlenmiştir. Anlamlılık sütunundaki değer $p=0,675>0,05$ olduğundan; “*Mikrodalga ön işlemler sonucu portakal posası numunesi için kimyasal yüzdelerine göre suda çözünme miktarları arasında anlamlı bir fark yoktur.*”

Çizelge 4.36. Mikrodalga Ön İşlemlerde Portakal Posası Numunesi İçin Ön İşlem Süresine Göre Suda Çözünme Farkını İnceleyen F Testi

| Ön İşlem Süresi | N | Ortalama | Std. Sapma | F | Anlamlılık (P) |
|-----------------|----|----------|------------|-------|----------------|
| Ön İşlem Yok | 1 | 18,7600 | 0,00000 | 1,385 | 0,264 |
| 15 | 12 | 21,6883 | 2,39063 | | |
| Toplam | 13 | 21,4631 | 2,42868 | | |

Çizelge 4.36.'ya göre; mikrodalga ön işlemler sonucu portakal posası numunesinde en fazla suda çözünme 15 dakikalık sürede gözlenmiştir. Anlamlılık sütunundaki değer $p=0,264>0,05$ olduğundan; “*Mikrodalga ön işlemler sonucu portakal posası numunesi için ön işlem sürelerine göre suda çözünme miktarları arasında anlamlı bir fark yoktur.*”

Aritma çamuru ve portakal posasından elde edilen bulgular arasındaki farkı inceleyen T testi ile ürün miktarları arasındaki ilişkiyi inceleyen korelasyon analizleri yapılmış Çizelge 4.37 ve 4.38'de verilmiştir.

Çizelge 4.37. Mikrodalga Ön İşlemlerde Aritma Çamuru ile Portakal Posası Numuneleri Arasındaki Suda Çözünme Farkını İnceleyen T Testi

| Mikrodalga Ön İşlemler | Ortalama | N | Std. Sapma | t | Anlamlılık (P) |
|------------------------------|----------|----|------------|--------|----------------|
| Aritma Çamuru Suda Çözünme | 38,1000 | 13 | 7,34147 | 10,737 | 0,000 |
| Portakal Posası Suda Çözünme | 21,4631 | 13 | 2,42828 | | |

Çizelge 4.37'ye göre; mikrodalga ön işlemlerde aritma çamurunda portakal posasına göre daha fazla suda çözünme görülmüştür. Anlamlılık sütunundaki değer $p=0,000<0,05$ olmasından dolayı; “*Mikrodalga ön işlemler sonucu aritma çamuru ile portakal posası numunelerindeki suda çözünme miktarları arasında anlamlı bir fark vardır.*”

Çizelge 4.38. Arıtma Çamuru ile Portakal Posası Suda Çözünme Miktarları Arasındaki İlişkiyi İnceleyen Korelasyon Analizi

| | N | Korelasyon | Anlamlılık (P) |
|------------------------------------------------------------|----|------------|----------------|
| Arıtma Çamuru Suda Çözünme Portakal Posası Suda Çözünme | 13 | 0,801 | 0,001 |

Çizelge 4.38'e göre; aynı şartlar altında arıtma çamuru suda çözünme miktarında 1 birimlik artış gözlemlendiğinde portakal posası suda çözünme miktarında 0,801 birimlik artış gözlemlenmiştir. Anlamlılık değerinin $p=0,001 < 0,05$ olması arıtma çamuru ile portakal posası suda çözünme miktarları arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu gösterir.

4.3.5. Ultrases Ön İşlemleri

Arıtma çamuru ve portakal posası katı atıklarının kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarına 35 kHz' lik ses dalgaları oluşturan ELMA marka S100H Elmasonic D-78224 Singen/Htw model Ultrases, asidik (H_2SO_4 ve HNO_3), ve bazik (KOH ve NaOH) ortamda 15, 30 ve 60min işleme tabii tutulması sonucunda arıtma çamurunun ve portakal posasının ortalama kütlece % suda çözünürlük bulguları şekil 4.23-4.27'de verilmiş ve alt başlıklarda bulgular tartışılmıştır.

4.3.5.1. Arıtma çamurunun sulu karışımlarına uygulanan Ultrases ön işlemlerin etkileri

Arıtma çamurunun anaerobik işleme tabii tutulmadan önce ultrases uygulanması üzerine pek çok çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalar biyolojik ayrışabilen katı maddeler üzerine ses dalgaları şiddetinin ve frekansının etkisini incelemek üzerine yoğunlaşmıştır. Çalışmalar düşük frekansın mekanik ve fiziksel olayın gelişmesine yardımcı olduğunu göstermiştir. Yüksek frekansın ise sonokimyasal etkiyi yoğunlaştırdığı belirlenmiştir. 20-40 kHz'in güçlü bir mekanik gücü yaratmak için optimum frekans olduğu yapılan çalışmalarla belirlenmiştir. Oentakloro fenolün

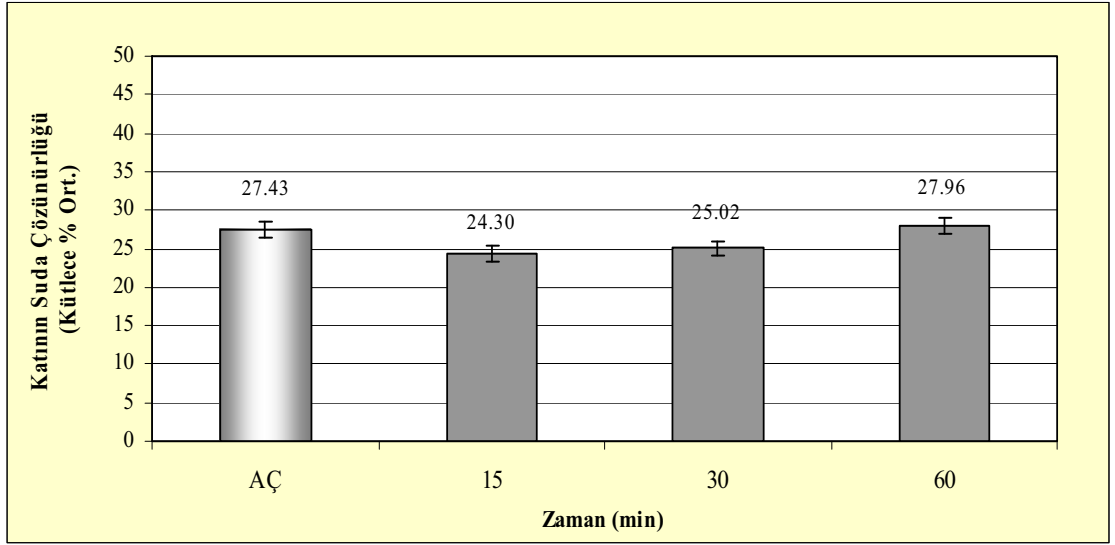
parçalanmasında, yüksek frekansa sahip sesin, düşük frekansa sahip sestten daha etkili olduğu da rapor edilmiştir [96]. Ayrıca ultrasesin arıtma çamurundaki katı taneciklerin parçalanmasında ön işlem süresinin etkisi araştırılmış ve süre arttıkça hücre zarlarının parçalandığı ve suda çözünebilen maddelere dönüştüğü belirtilmiştir [30].

4.3.5.1.1. Arıtma çamurunun sulu karışımlarına doğrudan uygulanan Ultrases ön işlemlerin etkileri

Arıtma çamuruna doğrudan, hiçbir kimyasal kullanılmadan 15, 30 ve 60min uygulanan ultrases ön işlemi bulguları şekil 4.23.'de verilmiştir.

Arıtma çamuruna doğrudan uygulanan Ultrases ön işleminde, kütlece % 7 katı madde içeren sulu karışımın en yüksek 60min ses dalgasında kaldığı süre sonunda katının kütlece ortalama %27,96'sının suda çözünürleştiği saptanmıştır. Doğrudan 60min sürece Ultrases ön işleminde arıtma çamurunun %27,96 ile en yüksek suda çözünürlüğün sağlandığı görülmektedir. Oda sıcaklığında bekletilmiş arıtma çamuru kıyaslaması yapılırsa; %1,93'lük bir suda çözünme artışının gerçekleştiği görülmektedir. Bu veri, Ultrasesin doğrudan kullanılmasında 60min.da çok fazla suda çözünürlüğü sağlamadığını göstermektedir.

Şekil 4.23'den de görüleceği gibi hiçbir işlem uygulanmamış arıtma çamuruna göre 60min Ultrases ön işlemi uygulanmış arıtma çamuru arasında %1,93'lük çok küçük bir artış olduğu görülmektedir.



Şekil 4.23. Arıtma Çamurunun Sulu Karışımlarına Doğrudan Uygulanan Ultrases Ön İşlemleri

4.3.5.1.2. Arıtma çamurunun sulu karışımlarına asidik ortamda uygulanan Ultrases ön işlemlerin etkileri

Arıtma çamuru, H_2SO_4 ve HNO_3 kimyasal maddeleriyle 15, 30 ve 60min Ultrases ön işlemi bulguları şekil 4.24 ve 4.25’de verilmiştir. Şekil 4.24 ve 4.25’deki bulgulara bakıldığında arıtma çamurunda katı maddenin 60min’lik Ultrases ön işleminde %20’lik HNO_3 çözeltisi kullanıldığında, en yüksek suda çözünürlüğünün kütlece ortalama %35,44 olduğu görülmektedir.

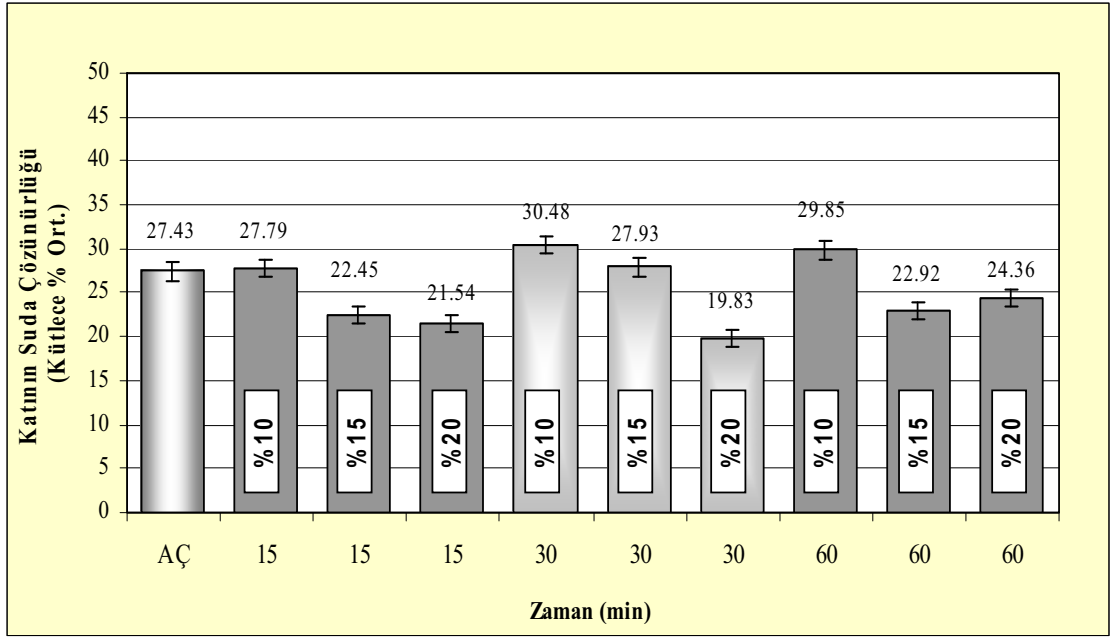
Arıtma Çamurunun Sulu Karışımlarına H_2SO_4 Uygulanan Ultrases Ön İşlemleri

Arıtma çamuru, H_2SO_4 kimyasalıyla 15, 30 ve 60min süreler boyunca Ultrases ön işlemine tabi tutulmuş, yapılan ön işlemler sonucunda elde edilen bulgular şekil 4.24’de verilmiştir.

Şekil 4.24'deki bulgular incelendiğinde arıtma çamurunun oda sıcaklığında bekletilmiş halinde %27,43 suda çözünme oluşurken, değişik zaman (15, 30 ve 60min) ve karışımdaki katı maddenin kütlece % 10, 15 ve 20'si kadar H₂SO₄ kullanılarak yapılan asidik ortamda Ultrases önişleminin suda çözünürlük miktarlarının değişim gösterdiği görülmektedir. En yüksek suda çözünürlüğün ise 15min'lik ön işlem süresi ve %15'lik H₂SO₄ çözeltisi kullanıldığında %30,48 olduğu görülmektedir.

%15'lik H₂SO₄ çözeltisi kullanıldığında elde edilen %30,48'lik suda çözünürlüğün, oda sıcaklığında bekletilmiş arıtma çamuruna göre kıyaslaması yapılırsa %11,12'lik bir suda çözünme artışının gerçekleştiği görülmektedir. Asidik ortamda Ultrases işleminde katı maddenin suda çözünen maddelere dönüştüğünü ve suda çözünürlük %'sinin artışına yol açtığı söylenebilir. Ultrases kullanıldığında hücre yapısında bulunan hangi bileşiklerin suda çözünen ürünlere dönüştüğü ile ilgili ileri araştırmaların sürdürülmesi gerektiği görülmektedir. Kaynaklarda [30] Ultrasesin hücre duvarlarını parçaladığı belirtilmektedir.

Şekil 4.24'den de görüldüğü gibi arıtma çamuruna doğrudan uygulanan Ultrases işleminde sağlanan çözünürlük %27,43 iken, %10 H₂SO₄ kullanıldığında 15min.da %27,79 çözünürlük sağlandığı, Ultrases işlemi süresi arttıkça suda çözünürlüğün de arttığı görülmektedir. H₂SO₄ miktarı arttıkça (%15, 20) suda çözünürlüğün aynı sürelerde azaldığı görülmektedir.



Şekil 4.24. Arıtma Çamurunun Sulu Karışımlarına H₂SO₄ Uygulanan Ultrases Ön İşlemleri

H₂SO₄ ile yapılan ön işlemler kendi içerisinde değerlendirilecek olunursa şekil 4.24'de daha düşük sürelerde ve daha az kimyasal kullanımında suda çözünme %sinin arttığını göstermektedir. H₂SO₄ miktarındaki artış arıtma çamurunun sulu fazındaki katı maddenin suda çözünürlüğünde artış sağlamamıştır. 15min üzerindeki sürelerin de suda çözünürlüğü arttırmadığı saptanmıştır.

Arıtma Çamurunun Sulu Karışımlarına HNO₃ Uygulanan Ultrases Ön İşlemleri

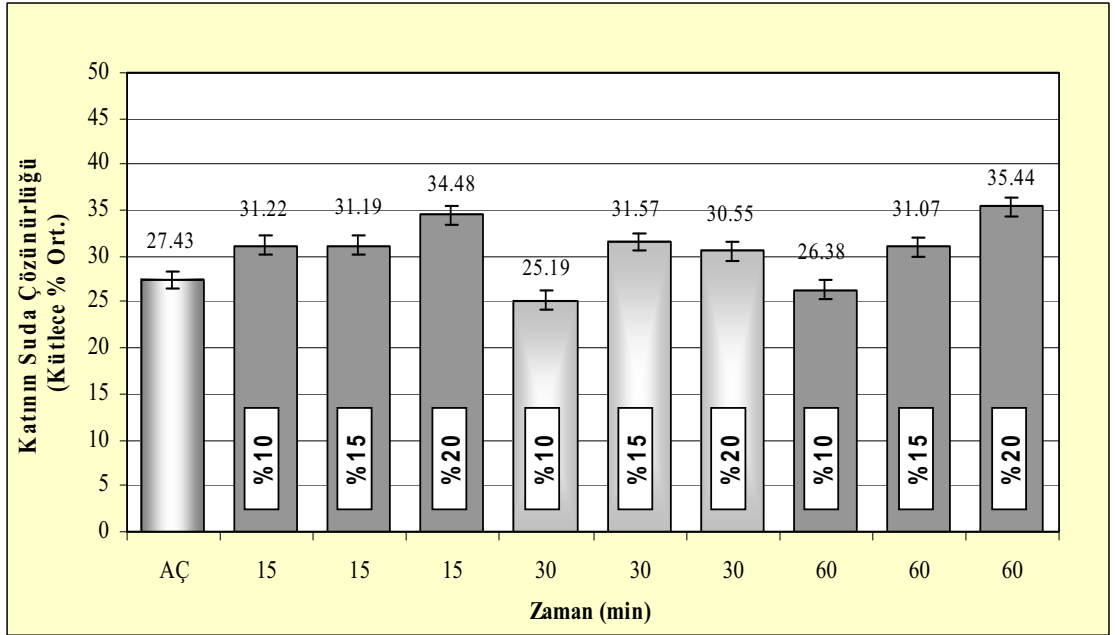
Arıtma çamuru, HNO₃ kimyasalıyla 15, 30 ve 60min süreler boyunca Ultrases ön işlemine tabi tutulmuş, yapılan ön işlemler sonucunda elde edilen bulgular şekil 4.25'de gösterilmiştir.

Şekil 4.25'deki bulgular incelendiğinde arıtma çamurunun oda sıcaklığında bekletilmiş halinde %27,43 suda çözünme oluşurken, değişik zaman (15, 30 ve 60min) ve karışımdaki katı maddenin kütlece % 10, 15 ve 20'si kadar HNO₃ kullanılarak yapılan

asidik Ultrases önişleminin suda çözünlük miktarlarının değişim gösterdiği görölmektedir. En yüksek suda çözünlüğün ise 60min'lik ön işlemler süresi ve %20'lik HNO₃ çözeltisi kullanıldığında, %35,44 olduğu görölmektedir.

Katı maddenin kütlece %20'si kadar HNO₃ kullanıldığında elde edilen %35,44'lük suda çözünlüğün, oda sıcaklığında bekletilmiş arıtma çamuruna göre kıyaslaması yapılırsa %29,20'lik bir suda çözünme artışının gerçekleştiği görölmektedir.

Şekil 4.25'den de görüleceği gibi hiçbir işlem uygulanmamış hallerine göre 60min HNO₃ kullanılan Ultrases önişlemi uygulandığında katı maddelerin daha kolay çözümlendiği görölmektedir.



Şekil 4.25. Arıtma Çamurunun Sulu Karışımlarına HNO₃ Uygulanan Ultrases Ön İşlemleri

HNO₃ ile yapılan önişlemler kendi içerisinde değerlendirilecek olunursa şekil 4.25'de daha uzun sürelerde ve daha yüksek kimyasal kullanımında suda çözünme %'sinin arttığı görölmektedir. HNO₃ miktarındaki artış arıtma çamurunun sulu fazındaki

katı maddenin suda çözünürlüğünde artış sağlamıştır. 60min suda çözünürlüğün arttığını göstermektedir. Ancak saptanan bulgulardan en uygun işlem koşullarının 15min.da %20 HNO₃ olduğu söylenebilir.

4.3.5.1.3. Arıtma çamurunun sulu karışımlarına bazik ortamda uygulanan Ultrases ön işlemlerin etkileri

Arıtma çamuru, KOH ve NaOH kimyasal maddeleriyle 15, 30 ve 60min süre zarfında Ultrases ön işlemine tabi tutulmuş, yapılan ön işlemler sonucunda şekil 4.26 ve 4.27'deki bulgular elde edilmiştir. Bulgulara bakıldığında arıtma çamurunda katı maddenin 60min'lik Ultrases ön işleminde %20'lik NaOH çözeltisi kullanıldığında, en yüksek suda çözünürlüğünün kütlece ortalama %46,65 olduğu görülmektedir.

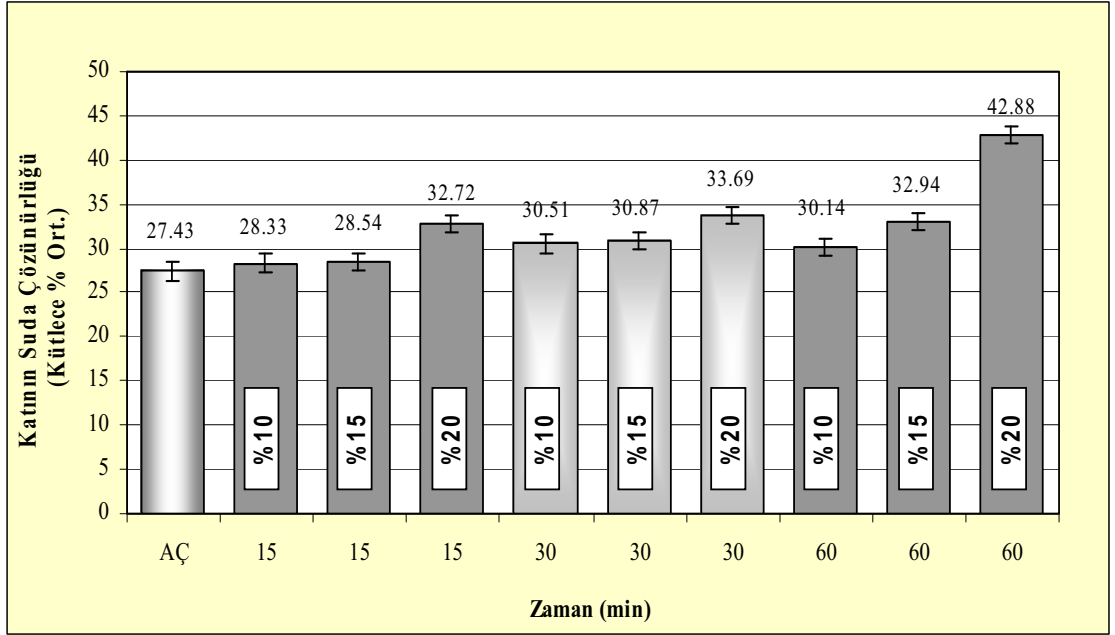
Arıtma Çamurunun Sulu Karışımlarına KOH Uygulanan Ultrases Ön İşlemleri

Arıtma çamuru, KOH kimyasalıyla 15, 30 ve 60min süreler boyunca Ultrases ön işlemine tabi tutulmuş, yapılan ön işlemler sonucunda elde edilen bulgular şekil 4.26'da gösterilmiştir.

Şekil 4.26'daki bulgular incelendiğinde arıtma çamurunun oda sıcaklığında bekletilmiş halinde %27,43 suda çözünme oluşurken, değişik zaman (15, 30 ve 60min) ve karışımdaki katı maddenin kütlece % 10, 15 ve 20'si kadar KOH kullanılarak yapılan bazik Ultrases ön işleminin suda çözünürlük miktarlarının değişim gösterdiği görülmektedir. En yüksek suda çözünürlüğün ise 60min'lik ön işlem süresi ve %20'lik KOH çözeltisi kullanıldığında %42,88 olduğu görülmektedir.

Katı maddenin kütlece %20'si kadar KOH kullanıldığında elde edilen %42,88'lik suda çözünürlüğün, oda sıcaklığında bekletilmiş arıtma çamuruna göre kıyaslaması yapılırsa %56,33'lük bir suda çözünme artışının gerçekleştiği görülmektedir.

Şekil 4.26'dan da görüleceği gibi hiçbir işlem uygulanmamış hallerine göre 60min KOH kullanılan Ultrases önışlemi uygulandığında katı maddelerin daha kolay çözünürleştiği görülmektedir.



Şekil 4.26. Arıtma Çamurunun Sulu Karışımlarına KOH Uygulanan Ultrases Ön İşlemleri

KOH ile yapılan önışlemler kendi içerisinde değerlendirilecek olunursa şekil 4.26'da daha uzun sürelerde ve daha yüksek kimyasal kullanımında suda çözünme %'sinin arttığını göstermektedir. KOH miktarındaki artış arıtma çamurunun sulu fazındaki katı maddenin suda çözünürlüğünde artış sağlamıştır. 60min suda çözünürlüğün arttığı görülmektedir. Ancak saptanan bulgulara bakıldığında değerlerin birbirlerine çok yakın olduğu da görülmektedir.

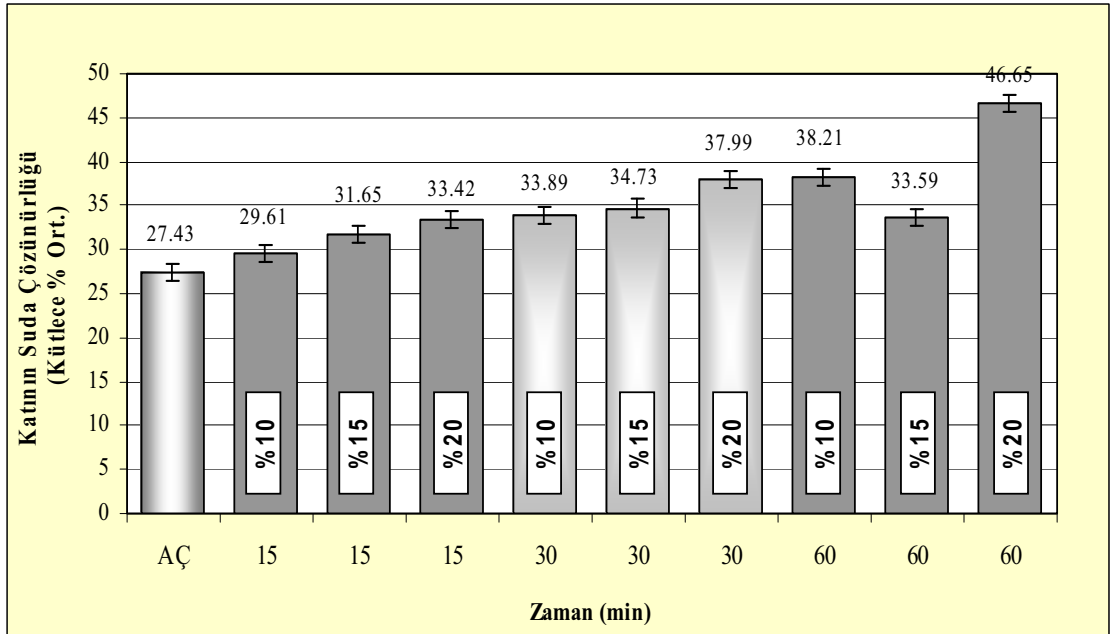
Arıtma Çamurunun Sulu Karışımlarına NaOH Uygulanan Ultrases Ön İşlemleri

Arıtma çamuru, NaOH kimyasalıyla 15, 30 ve 60min süreler boyunca Ultrases ön işlemine tabi tutulmuş, yapılan önışlemler sonucunda elde edilen bulgular şekil 4.27'de gösterilmiştir.

Şekil 4.27'deki bulgular incelendiğinde arıtma çamurunun oda sıcaklığında bekletilmiş halinde %27,43 suda çözünme oluşurken, değişik zaman (15, 30 ve 60min) ve karışımdaki katı maddenin kütlece % 10, 15 ve 20'si kadar NaOH kullanılarak yapılan bazik Ultrases önişleminin suda çözünürlük miktarlarının değişim gösterdiği görülmektedir. En yüksek suda çözünürlüğün ise 60min'lik ön işlem süresi ve %20'lik NaOH çözeltisi kullanıldığında elde edilmiş ve %46,65'lik bir veri saptanmıştır.

Katı maddenin kütlece %20'si kadar NaOH kullanıldığında elde edilen %46,65'lik suda çözünürlüğün, oda sıcaklığında bekletilmiş arıtma çamuruna göre kıyaslaması yapılırsa %70,07'lik bir suda çözünme artışının gerçekleştiği görülmektedir.

Şekil 4.27'den de görüleceği gibi hiçbir işlem uygulanmamış hallerine göre 60min NaOH kullanılan Ultrases önişlemi uygulandığında katı maddelerin daha kolay çözünürleştiği görülmektedir.



Şekil 4.27. Arıtma Çamurunun Sulu Karışımlarına NaOH Uygulanan Ultrases Ön İşlemleri

NaOH ile yapılan ön işlemler kendi içerisinde değerlendirilecek olunursa şekil 4.27’de daha uzun sürelerde ve daha yüksek kimyasal kullanımında suda çözünme %’sinin arttığını göstermektedir. NaOH miktarındaki artış arıtma çamurunun sulu fazındaki katı maddenin suda çözünürlüğünde artış sağlamıştır. 60min’lik sürenin de suda çözünürlüğü arttırmaya yeterli olduğunu göstermiştir. Ancak saptanan bulgulara bakıldığında değerlerin birbirlerine çok yakın olduğu da görülmektedir.

4.3.5.2. Arıtma çamurunun sulu karışımlarına uygulanan ultrases ön işlemlerinin istatistiksel değerlendirilmesi

Ultrases ön işlemler uygulanmış arıtma çamuruna istatistiksel yöntemler uygulanmış ve elde edilen bulguların anlamlılığı test edilmiştir. Elde edilen bulgular Çizelgeler 4.39’den 4.42’ye kadar verilmiştir.

Çizelge 4.39. Ultrases Ön İşlemlerde Arıtma Çamuru Numunesi İçin Kimyasallara Göre Suda Çözünme Miktarları Arasındaki Farkı İnceleyen F Testi

| Kimyasal Adı | N | Ortalama | Std. Sapma | F | Anlamlılık (P) |
|--------------------------------|----|----------|------------|-------|----------------|
| Ön İşlem Yok | 1 | 27,4300 | 0,00000 | 7,304 | 0,000 |
| H ₂ SO ₄ | 9 | 25,2389 | 3,86244 | | |
| HNO ₃ | 9 | 30,7878 | 3,30030 | | |
| KOH | 9 | 32,2911 | 4,39128 | | |
| NaOH | 9 | 35,5267 | 4,98165 | | |
| Toplam | 37 | 30,8657 | 5,45155 | | |

Çizelge 4.39’a göre; ultrases ön işlemler sonucu arıtma çamuru numunesinde en fazla suda çözünme NaOH kimyasalında gözlenmiştir. Anlamlılık sütunundaki değer $p=0,000<0,05$ olduğundan; “Ultrases ön işlemler sonucu arıtma çamuru numunesi için kimyasallara göre suda çözünme miktarları arasında anlamlı bir fark vardır.”

Çizelge 4.40. Ultrases Ön İşlemlerde Arıtma Çamuru Numunesi İçin Kimyasal Yüzdelerine Göre Suda Çözünme Miktarları Arasındaki Farkı İnceleyen F Testi

| Kimyasal Yüzdesi | N | Ortalama | Std. Sapma | F | Anlamlılık (P) |
|------------------|----|----------|------------|-------|----------------|
| Ön İşlem | 1 | 27,4300 | 0,00000 | 0,964 | 0,421 |
| %10 | 12 | 29,4117 | 4,03585 | | |
| %15 | 12 | 30,6025 | 4,72392 | | |
| %20 | 12 | 32,8692 | 7,12925 | | |
| Toplam | 37 | 30,8657 | 5,45155 | | |

Çizelge 4.40'a göre; ultrases ön işlemler sonucu arıtma çamuru numunesinde en fazla suda çözünme %20 oranında kimyasal kullanılmasında gözlenmiştir. Anlamlılık sütunundaki değer $p=0,421>0,05$ olduğundan; *“Ultrases ön işlemler sonucu arıtma çamuru numunesi için kimyasal yüzdelerine göre suda çözünme miktarları arasında anlamlı bir fark yoktur.”*

Çizelge 4.41. Ultrases Ön İşlemlerde Arıtma Çamuru Numunesi İçin Ön İşlem Süresine Göre Suda Çözünme Miktarları Arasındaki Farkı İnceleyen F Testi

| Ön İşlem Süresi | N | Ortalama | Std. Sapma | F | Anlamlılık (P) |
|-----------------|----|----------|------------|-------|----------------|
| Ön İşlem Yok | 1 | 27,4300 | 0,00000 | 0,805 | 0,500 |
| 15 | 12 | 30,1333 | 3,41666 | | |
| 30 | 12 | 29,9542 | 3,88388 | | |
| 60 | 12 | 32,7958 | 7,99229 | | |
| Toplam | 37 | 30,8657 | 5,45155 | | |

Çizelge 4.41'e göre; ultrases ön işlemler sonucu arıtma çamuru numunesinde en fazla suda çözünme 60 dakikalık sürede gözlenmiştir. Anlamlılık sütunundaki değer $p=0,500>0,05$ olduğundan; *“Ultrases ön işlemler sonucu arıtma çamuru numunesi için ön işlem sürelerine göre suda çözünme miktarları arasında anlamlı bir fark yoktur.”*

Çizelge 4.42. Arıtma Çamurunun Sulu Karışımlarına Uygulanan Ultrases Ön İşlemleri için T Testi

| | N | Ortalama | Std. Sapma | t | Anlamlılık (P) |
|--------|----|----------|------------|--------|----------------|
| Asidik | 18 | 28,0133 | 4,50515 | -3,779 | 0,001 |
| Bazik | 18 | 33,9089 | 4,85017 | | |

Çizelge 4.42'ye göre; ultrases ön işlemlerinde bazik kimyasallar asidik kimyasallara göre suda daha suda çözünme göstermiştir. Anlamlılık değerinin $p=0,001<0,05$ olması *asidik kimyasalları ile bazik kimyasallarının kullanılması sonucu oluşan suda çözünme miktarları arasında anlamlı fark vardır.*

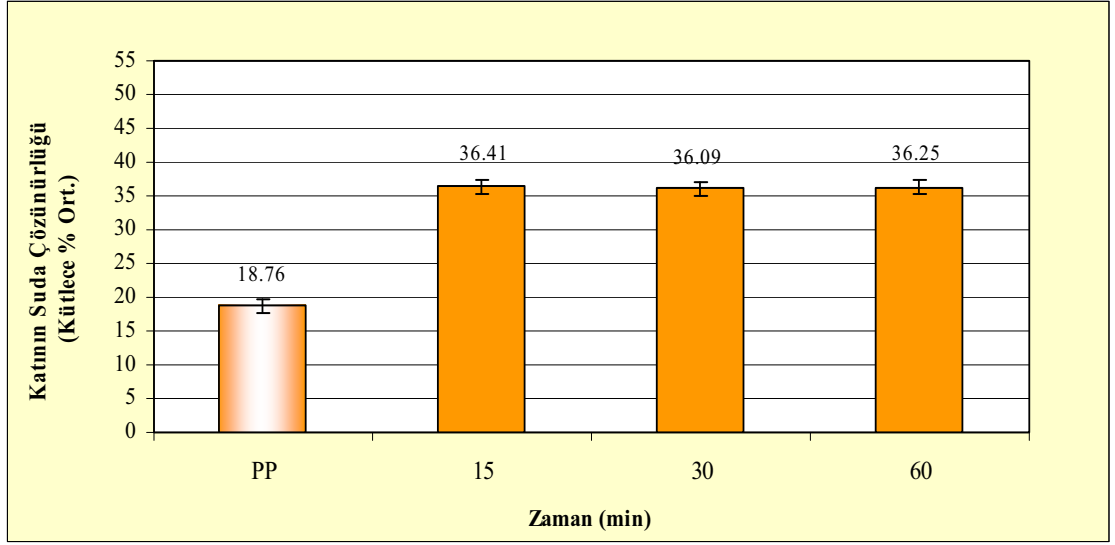
4.3.5.3. Portakal posasının sulu karışımlarına uygulanan Ultrases ön işlemlerin etkileri

4.3.5.3.1. Portakal posasının sulu karışımlarına doğrudan uygulanan Ultrases ön işlemlerin etkileri

Portakal posasına doğrudan, hiçbir kimyasal kullanılmadan 15, 30 ve 60min uygulanan Ultrases ön işlemi bulguları şekil 4.28'de verilmiştir.

Portakal posasına doğrudan uygulanan Ultrases ön işleminde, kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımın en yüksek 15min ses dalgasında kaldığı süre sonunda kütlece ortalama %36,41'lik suda çözünürlüğünün olduğu saptanmıştır. Doğrudan en yüksek 15min sürece Ultrases ön işleminde portakal posasının %36,41 suda çözünürlüğün sağlandığı görülmektedir. Oda sıcaklığında bekletilmiş portakal posası kıyaslaması yapılırsa; %94,08'lik bir suda çözünme artışının gerçekleştiği görülmektedir. Bu değer portakal posasında doğrudan Ultrasesin kullanılmasının suda çözünürlüğü neredeyse 2 katı oranında etkilediğini göstermektedir.

Şekil 4.28'den de görüleceği gibi hiçbir işlem uygulanmamış portakal posasına göre 15min Ultrases ön işlemleri uygulanmış portakal posası arasındaki %94,08'lik yüksek artış görülmektedir.



Şekil 4.28. Portakal Posasının Sulu Karışımlarına Doğrudan Uygulanan Ultrases Ön İşlemleri

4.3.5.3.2. Portakal posasının sulu karışımlarına asidik ortamda uygulanan Ultrases ön işlemlerin etkileri

Portakal posası, H_2SO_4 ve HNO_3 ile 15, 30 ve 60min Ultrases ön işlemleri bulguları şekil 4.29 ve 4.30'da verilmiştir. Çizelge 4.29 ve 4.30'daki bulgulara bakıldığında portakal posasında katı maddenin 30min'lik Ultrases ön işleminde %20'lik H_2SO_4 çözeltisi kullanıldığında, suda çözünürlüğünün kütlece ortalama %51,12 ile en yüksek olduğu görülmektedir.

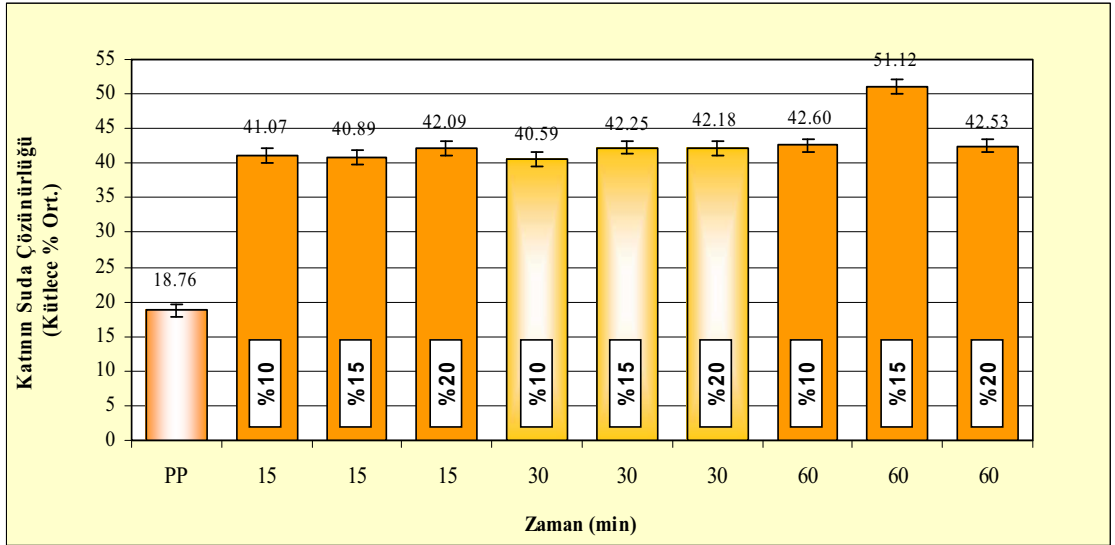
Portakal Posasının Sulu Karışımlarına H_2SO_4 Uygulanan Ultrases Ön İşlemleri

Portakal posası, H_2SO_4 kimyasalıyla 15, 30 ve 60min süreler boyunca Ultrases ön işleme tabi tutulmuş, yapılan ön işlemler sonucunda elde edilen bulgular şekil 4.29'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.29.'daki bulgular incelendiğinde portakal posasının oda sıcaklığında bekletilmiş halinde %18,76 suda çözünme oluşurken, değişik zaman (15, 30 ve 60min) ve karışımdaki katı maddenin kütlece % 10, 15 ve 20'si kadar H₂SO₄ kullanılarak yapılan asidik Ultrases önışleminin suda çözünürlük miktarlarının değişim gösterdiği görülmektedir. En yüksek suda çözünürlüğün ise 30min'lik ön işlem süresi ve %20'lik H₂SO₄ çözeltisi kullanıldığında %51,12 olduğu görülmektedir.

%20'lik H₂SO₄ çözeltisi kullanıldığında elde edilen %51,12'lik suda çözünürlüğün, oda sıcaklığında bekletilmiş portakal posasına göre kıyaslaması yapılırsa %172,50'lik bir suda çözünme artışının gerçekleştiği görülmektedir.

Şekil 4.29'dan da görüldüğü gibi portakal posasına doğrudan uygulanan Ultrases işleminde 30min H₂SO₄ kullanıldığında katı maddelerin daha kolay çözünürleştiği görülmektedir.



Şekil 4.29. Portakal Posasının Sulu Karışımlarına H₂SO₄ Uygulanan Ultrases Ön İşlemleri

H₂SO₄ ile yapılan önışlemler kendi içerisinde değerlendirilecek olunursa şekil 4.29'da daha uzun sürelerde ve daha yüksek kimyasal kullanımında suda çözünme

%'sinin arttığını göstermektedir. H_2SO_4 miktarındaki artışın portakal posasının sulu fazındaki katı maddenin suda çözünürlüğünde çok yüksek artış sağlamıştır. 30min üzerindeki sürenin suda çözünürlüğü arttırmadığı da görülmektedir.

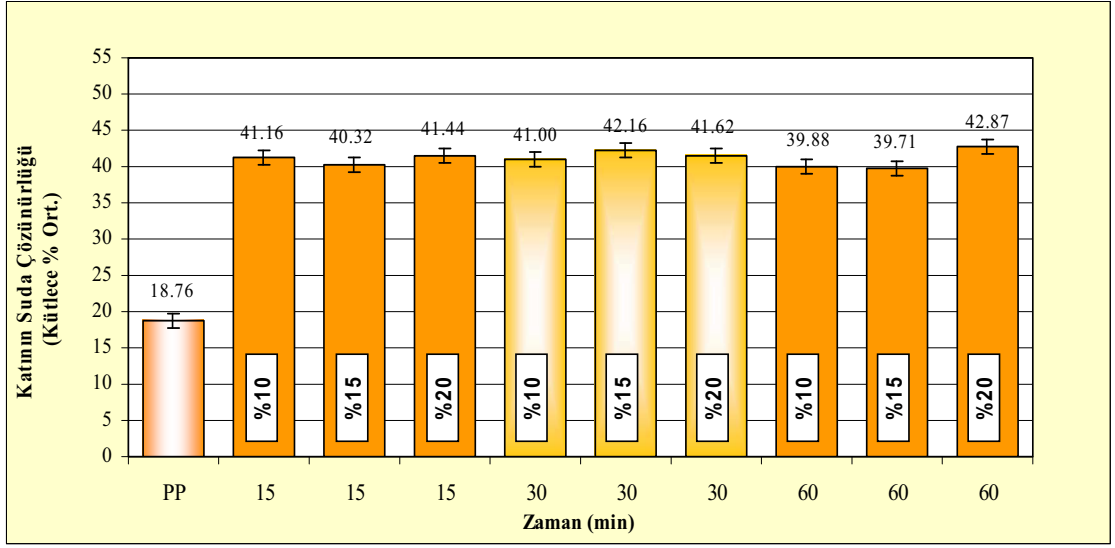
Portakal Posasının Sulu Karışımlarına HNO_3 Uygulanan Ultrases Ön İşlemleri

Portakal posası, HNO_3 kimyasalıyla 15, 30 ve 60min süreler boyunca Ultrases ön işlemine tabi tutulmuş, yapılan ön işlemler sonucunda elde edilen bulgular şekil 4.30'da gösterilmiştir.

Şekil 30'daki bulgular incelendiğinde portakal posasının oda sıcaklığında bekletilmiş halinde %18,76 suda çözünme oluşurken, değişik zaman (15, 30 ve 60min) ve karışımdaki katı maddenin kütlece % 10, 15 ve 20'si kadar HNO_3 kullanılarak yapılan asidik Ultrases ön işleminin suda çözünürlük miktarlarının değişim gösterdiği görülmektedir. En yüksek suda çözünürlüğün ise 60min'lik ön işlem süresi ve %20'lik HNO_3 çözeltisi kullanıldığında elde edilmiş ve %42,87'lik bir değer saptanmıştır.

Katı maddenin kütlece %20'si kadar HNO_3 kullanıldığında elde edilen %42,87'lik suda çözünürlüğün, oda sıcaklığında bekletilmiş portakal posasına göre kıyaslaması yapılırsa %128,52'lik bir suda çözünme artışının gerçekleştiği görülmektedir.

Şekil 4.30'dan da görüleceği gibi hiçbir işlem uygulanmamış hallerine göre 60min HNO_3 kullanılan Ultrases ön işlemini uygulandığında katı maddelerin daha kolay çözünürleştiği görülmektedir.



Şekil 4.30. Portakal Posasının Sulu Karışımlarına HNO₃ Uygulanan Ultrases Ön İşlemleri

HNO₃ ile yapılan ön işlemler kendi içerisinde değerlendirilecek olunursa şekil 4.30'da daha uzun sürelerde ve daha yüksek kimyasal kullanımında suda çözünme %'sinin arttığını göstermektedir. HNO₃ miktarındaki artış portakal posasının sulu fazındaki katı maddenin suda çözünürlüğünde artış sağlamıştır. 60min'lik sürenin de suda çözünürlüğü arttırmaya yeterli olduğunu göstermiştir. Ancak saptanan bulgulara bakıldığında değerlerin birbirlerine çok yakın olduğu da görülmektedir.

4.3.5.3.3. Portakal posasının sulu karışımlarına bazik ortamda uygulanan Ultrases ön işlemlerin etkileri

Portakal posası, KOH ve NaOH kimyasal maddeleriyle 15, 30 ve 60min Ultrases ön işlemleri bulguları şekil 4.31 ve 4.32'de verilmiştir. Şekil 4.31 ve 4.32'deki bulgulara bakıldığında portakal posasında katı maddenin 30min'lik Ultrases ön işleminde %15'lik NaOH çözeltisi kullanıldığında, en yüksek suda çözünürlüğünün kütlece ortalama %54,71 olduğu görülmektedir.

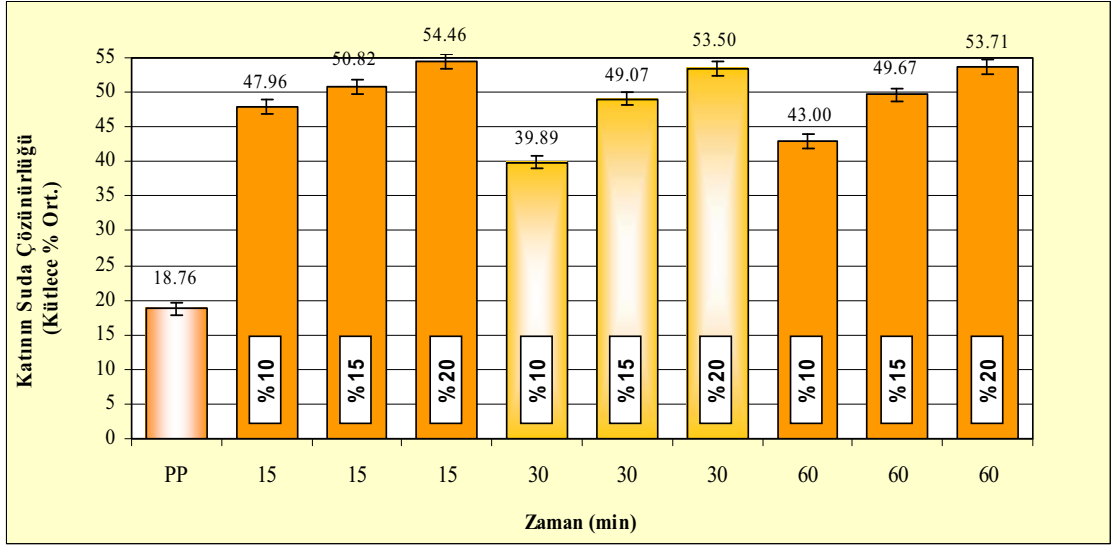
Portakal Posasının Sulu Karışımlarına Uygulanan KOH Ultrases Ön İşlemleri

Portakal posası, KOH kimyasalıyla 15, 30 ve 60 süreler boyunca Ultrases ön işlemine tabi tutulmuş, yapılan ön işlemler sonucunda elde edilen bulgular şekil 4.31’de verilmiştir.

Şekil 4.31’deki bulgular incelendiğinde portakal posasının oda sıcaklığında bekletilmiş halinde %18,76 suda çözünme oluşurken, değişik zaman (15, 30 ve 60min) ve karışımdaki katı maddenin kütlece % 10, 15 ve 20’si kadar KOH kullanılarak yapılan bazik Ultrases ön işleminin suda çözünürlük miktarlarının değişim gösterdiği görülmektedir. En yüksek suda çözünürlüğün ise 60min’lik ön işlem süresi ve %10’luk KOH çözeltisi kullanıldığında %54,46 olduğu görülmektedir.

%10’luk KOH çözeltisi kullanıldığında elde edilen %54,46’lık suda çözünürlüğün, oda sıcaklığında bekletilmiş portakal posasına göre kıyaslaması yapılırsa %190,30’luk bir suda çözünme artışının gerçekleştiği görülmektedir.

Şekil 4.31’den de görüldüğü gibi portakal posasına doğrudan uygulanan Ultrases işlemine göre 60min KOH kullanılan Ultrases ön işlemleri uygulandığında katı maddelerin daha kolay çözünürleştiği görülmektedir.



Şekil 4.31. Portakal Posasının Sulu Karışımlarına KOH Uygulanan Ultrases Ön İşlemleri

KOH ile yapılan ön işlemler kendi içerisinde değerlendirilecek olunursa şekil 4.31'de daha uzun sürelerde ve daha düşük kimyasal kullanımında suda çözünme %'sinin arttığını göstermektedir. KOH miktarındaki artış portakal posasının sulu fazındaki katı maddenin suda çözünürlüğünde artışı sağlamamıştır. 60min'lik sürenin de suda çözünürlüğü arttırmaya yeterli olduğunu göstermiştir. Ancak saptanan bulgulara bakıldığında değerlerin birbirlerine çok yakın olduğu da görülmektedir.

Portakal Posasının Sulu Karışımlarına Uygulanan NaOH Ultrases Ön İşlemleri

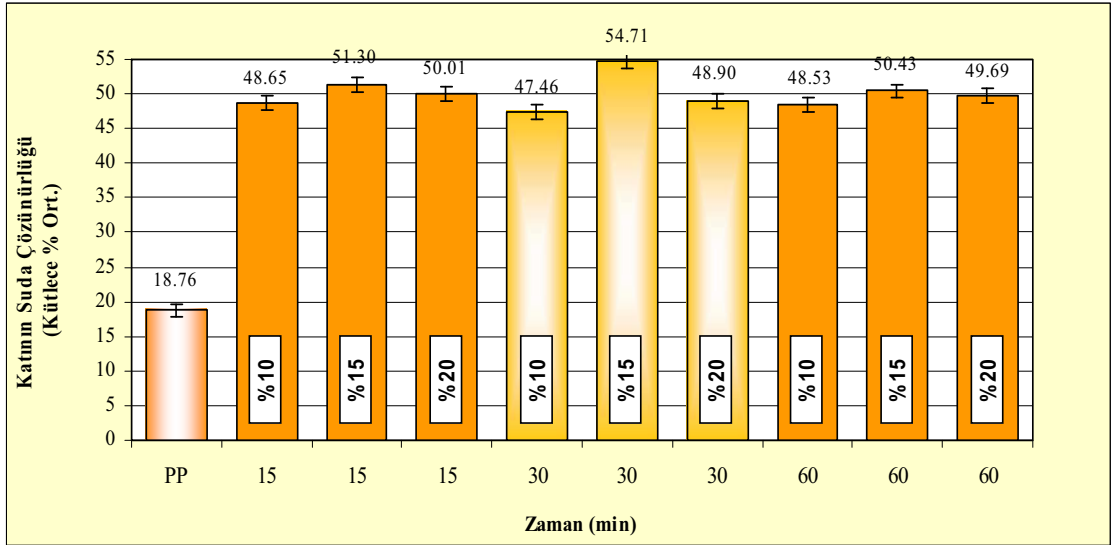
Portakal posası, NaOH kimyasalıyla 15, 30 ve 60min süreler boyunca Ultrases ön işlemine tabi tutulmuş, yapılan ön işlemler sonucunda elde edilen bulgular şekil 4.32'de verilmiştir.

Şekil 4.32'deki bulgular incelendiğinde portakal posasının oda sıcaklığında bekletilmiş halinde %18,76 suda çözünme oluşurken, değişik zaman (15, 30 ve 60min) ve karışımdaki katı maddenin kütlece % 10, 15 ve 20'si kadar NaOH kullanılarak

yapılan bazik Ultrases önişleminin suda çözünürlük miktarlarının değişim gösterdiği görölmektedir. En yüksek suda çözünürlüğün ise 30min'lik ön işleme süresi ve %15'lik NaOH çözeltisi kullanıldığında elde edilmiş ve %54,71 olduğu görölmektedir.

%15'lik NaOH çözeltisi kullanıldığında elde edilen %54,71'lik suda çözünürlüğün, oda sıcaklığında bekletilmiş portakal posasına göre kıyaslaması yapılırsa %191,63'lük bir suda çözünme artışının gerçekleştiği görölmektedir.

Şekil 4.32'den de görüldüğü gibi portakal posasına doğrudan uygulanan Ultrases işleme göre 30min NaOH kullanılan Ultrases önişlemi uygulandığında katı maddelerin daha kolay çözünürleştiği görölmektedir.



Şekil 4.32. Portakal Posasının Sulu Karışımlarına NaOH Uygulanan Ultrases Ön İşlemleri

NaOH ile yapılan önişlemler kendi içerisinde değerlendirilecek olunursa şekil 4.32'de uzun sürelerde ve yüksek kimyasal kullanımında suda çözünme %'sinin arttığını göstermektedir. NaOH miktarındaki artış, portakal posasının sulu fazındaki katı maddenin suda çözünürlüğünde artış sağlamıştır. 30min'lik sürenin de suda çözünürlüğü

arttırmaya yeterli olduğunu göstermiştir. Ancak saptanan bulgulara bakıldığında değerlerin birbirlerine çok yakın olduğu da görülmektedir.

4.3.5.4. Portakal posasının sulu karışımlarına uygulanan ultrases ön işlemlerinin istatistiksel değerlendirilmesi

Ultrases ön işlemler uygulanmış portakal posasına istatistiksel yöntemler uygulanmış ve elde edilen bulguların anlamlılığı test edilmiştir. Elde edilen bulgular Çizelgeler 4.43'den 4.44'e kadar verilmiştir.

Çizelge 4.43. Ultrases Ön İşlemlerde Portakal Posası Numunesi İçin Kimyasallara Göre Suda Çözünme Miktarları Arasındaki Farkı İnceleyen F Testi

| Kimyasal Adı | N | Ortalama | Std. Sapma | F | Anlamlılık (P) |
|--------------------------------|----|----------|------------|--------|----------------|
| Ön İşlem Yok | 1 | 18,7600 | | 30,787 | 0,000 |
| H ₂ SO ₄ | 9 | 42,8133 | 3,20253 | | |
| HNO ₃ | 9 | 41,1289 | 1,04148 | | |
| KOH | 9 | 49,1200 | 4,94919 | | |
| NaOH | 9 | 49,9644 | 2,11509 | | |
| Toplam | 37 | 45,0270 | 6,59012 | | |

Çizelge 4.43'e göre; ultrases ön işlemler sonucu portakal posası numunesinde en fazla suda çözünme NaOH kimyasalında gözlenmiştir. Anlamlılık sütunundaki değer $p=0,000<0,05$ olduğundan; "*Ultrases ön işlemler sonucu portakal posası numunesi için kimyasallara göre suda çözünme miktarları arasında anlamlı bir fark vardır.*"

Çizelge 4.44. Ultrases Ön İşlemlerde Portakal Posası Numunesi İçin Kimyasal Miktarlarına Göre Suda Çözünme Miktarları Arasındaki Farkı İnceleyen F Testi

| Kimyasal Miktarı | N | Ortalama | Std. Sapma | F | Anlamlılık (P) |
|------------------|----|----------|------------|-------|----------------|
| Ön İşlem | 1 | 18,7600 | 0,00000 | 9,241 | 0,000 |
| %10 | 12 | 45,8475 | 5,14999 | | |
| %15 | 12 | 45,2775 | 5,22234 | | |
| %20 | 12 | 46,1450 | 4,84236 | | |
| Toplam | 37 | 45,0270 | 6,59012 | | |

Çizelge 4.44'e göre; ultrases ön işlemler sonucu portakal posası numunesinde en fazla suda çözünme %20 oranında kimyasal kullanılmasında gözlenmiştir. Anlamlılık sütunundaki değer $p=0,000<0,05$ olduğundan; “*Ultrases ön işlemler sonucu portakal posası numunesi için kimyasal miktarına göre suda çözünme miktarları arasında anlamlı bir fark vardır.*”

Çizelge 4.45. Ultrases Ön İşlemlerde Portakal Posası Numunesi İçin Ön İşlem Süresine Göre Suda Çözünme Miktarları Arasındaki Farkı İnceleyen F Testi

| Ön İşlem Süresi | N | Ortalama | Std. Sapma | F | Anlamlılık (P) |
|-----------------|----|----------|------------|--------|----------------|
| Ön İşlem Yok | 1 | 18,7600 | 0,00000 | 11,592 | 0,000 |
| 15 | 12 | 43,4825 | 3,57629 | | |
| 30 | 12 | 46,8708 | 5,33910 | | |
| 60 | 12 | 46,9167 | 5,28278 | | |
| Toplam | 37 | 45,0270 | 6,59012 | | |

Çizelge 4.45'e göre; ultrases ön işlemler sonucu portakal posası numunesinde en fazla suda çözünme 60 dakikalık sürede gözlenmiştir. Anlamlılık sütunundaki değer $p=0,000<0,05$ olduğundan; “*Ultrases ön işlemler sonucu portakal posası numunesi için ön işlem süresine göre suda çözünme miktarları arasında anlamlı bir fark vardır.*”

Aritma çamuru ve portakal posasından elde edilen bulgular arasındaki farkı inceleyen T testi ile ürün miktarları arasındaki ilişkiyi inceleyen korelasyon analizleri yapılmış Çizelge 4.46 ve 4.47'de verilmiştir.

Çizelge 4.46. Ultrases Ön İşlemlerde Aritma Çamuru ile Portakal Posası Numuneleri Arasındaki Suda Çözünme Farkını İnceleyen T Testi

| Ultrases Ön İşlemler | Ortalama | N | Std. Sapma | t | Anlamlılık (P) |
|------------------------------|----------|----|------------|---------|----------------|
| Aritma Çamuru Suda Çözünme | 30,8657 | 37 | 5,45155 | -13,044 | 0,000 |
| Portakal Posası Suda Çözünme | 45,0270 | 37 | 6,59012 | | |

Çizelge 4.46'ya göre; ultrases ön işlemlerde portakal posasında arıtma çamuruna göre daha fazla suda çözünme görünmüştür. Anlamlılık sütunundaki değer $p=0,000<0,05$ olmasından dolayı; “Ultrases ön işlemler sonucu arıtma çamuru ile portakal posası numunelerindeki suda çözünme miktarları arasında anlamlı bir fark vardır.”

Çizelge 4.47. Arıtma Çamuru ile Portakal Posası Suda Çözünme Miktarları Arasındaki İlişkiyi İnceleyen Korelasyon Analizi

| | N | Korelasyon | Anlamlılık (P) |
|------------------------------------------------------------|----|------------|----------------|
| Arıtma Çamuru Suda Çözünme Portakal Posası Suda Çözünme | 37 | 0,411 | 0,011 |

Çizelge 4.47'ye göre; aynı şartlar altında arıtma çamuru suda çözünme miktarındaki 1 birimlik artışa karşı portakal posası suda çözünme miktarında 0,411 birimlik artış gözlenmektedir. Anlamlılık sütunundaki değer $p=0,011<0,05$ olması aradaki bu ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu gösterir.

4.3.5.5. Arıtma çamuru ve portakal posasının sulu karışımlarına uygulanan Ultrases ön işlemlerinin karşılaştırılması

Arıtma çamuruna uygulanan doğrudan, asidik ve bazik Ultrases ön işlemleri bulgularına bakıldığında en yüksek suda çözünürlüğün bazik olduğu saptanmıştır. Bazik kimyasal olarak karışımdaki katı maddenin kütlece %20'si olan NaOH'in en yüksek suda çözünürlüğe sebep olduğu görülmüştür. Ayrıca zaman olarak bakıldığında da 60min'lik sürenin en iyi suda çözünme zamanı olduğu görülmektedir.

Hiçbir ön işlem uygulanmadan arıtma çamurunun suda çözünürlüğü %27,43 olmaktadır. Ultraseste 60min'lik süre zarfında %20'lik NaOH kimyasalının kullanılmasıyla ise suda çözünürlük %46,65 olmaktadır. Hiçbir ön işlem uygulanmayan arıtma çamuru ile karışımdaki katı maddenin kütlece %20'si olan NaOH ilave edilen ve

60min'lik süre boyunca Ultrases ön işlemindeki arıtma çamuru kıyaslandığında %70,07 daha fazla suda çözünme gerçekleştiğide hesaplanmıştır. Buna göre arıtma çamuruna uygulanan bazik Ultrases ön işleminin suda çözünürlüğü arttırdığı söylenebilir.

Portakal posasına uygulanan doğrudan, asidik ve bazik Ultrases ön işlemleri bulgularına bakıldığında en yüksek suda çözünürlüğün bazik olduğu saptanmıştır. Bazik kimyasal olarak karışımdaki katı maddenin kütlece %15'i olan NaOH'in en yüksek suda çözünürlüğe sebep olduğu görülmüştür. Ayrıca zaman olarak bakıldığında da 30min'lik sürenin en iyi suda çözünme zamanı olduğu görülmektedir.

Hiçbir ön işlem uygulanmadan portakal posasının suda çözünürlüğü %18,76 olmaktadır. Ultrasesde 30min'lik süre zarfında %15'lik NaOH kimyasalının kullanılmasıyla ise suda çözünürlük %54,71 olmaktadır. Hiçbir ön işlem uygulanmayan portakal posası ile karışımdaki katı maddenin kütlece %15'i olan NaOH ilave edilen ve 30min'lik süre boyunca Ultrases ön işlemindeki portakal posası kıyaslandığında %191,63 daha fazla suda çözünme gerçekleştiğide hesaplanmıştır. Buna göre portakal posasına uygulanan bazik Ultrases ön işleminin suda çözünürlüğü çok fazla miktarda arttırdığı söylenebilir.

4.4. ÇALIŞMADA KULLANILAN ÖRNEKLERDE BİYOGAZ VE METAN ÜRETİM VERİMİ

Arıtma çamuru ve portakal posasına uygulanan ısı, kimyasal, ısilkimyasal, mikrodalga ve Ultrases ön işlemleri sonunda en yüksek suda çözünürlüğün sağlandığı ön işlemlerden sulu fazlara anaerobik işlem uygulanmıştır. En yüksek suda çözünürlüğün sağlandığı sulu fazların üretildiği ön işlemler çizelge 4.48 ve 4.49'da verilmiştir.

Çizelge 4.48. Arıtma Çamuruna Uygulanan Ön İşlemler Anaerobik İşlem için Seçilen En Yüksek Çözünürlüğe Sahip Sulu Fazlar

| Ön İşlem Adı | Ön İşlem Kimyasalının Adı ve %'si | Ön İşlem Süresi (min.) | Suda Çözünme (Kütlece Ort. %) |
|-----------------------------|-----------------------------------|------------------------|-------------------------------|
| Arıtma Çamuru (Ön İşlemsiz) | - | - | 27,43 |
| Isıl | - | 30 | 46,76 |
| Kimyasal | %20 NaOH | 15 | 45,67 |
| Isilkimyasal | %20 HNO ₃ | 60 | 52,43 |
| Mikrodalga | %20 HNO ₃ | 15 | 49,98 |
| Ultrases | %20 NaOH | 60 | 46,65 |

Çizelge 4.48'de arıtma çamuruna uygulanan isilkimyasal ön işlemlerde katı maddenin kütlece %20'si kadar HNO₃'ün kullanıldığında ve 60min.da pişirme işleminde en yüksek suda çözünürlüğün sağlandığı görülmektedir. Bu işlemlerde elde edilen sulu fazlar anaerobik biyolojik işlemler için seçilmiştir.

Çizelge 4.49. Portakal Posasına Uygulanan Ön İşlemler ve Anaerobik İşlem için Seçilen En Yüksek Çözünürlüğe Sahip Sulu Fazlar

| Ön İşlem Adı | Ön İşlem Kimyasalının Adı ve %'si | Ön İşlem Süresi (min.) | Suda Çözünme (Kütlece Ort. %) |
|-------------------------------|-----------------------------------|------------------------|-------------------------------|
| Portakal Posası (Ön İşlemsiz) | - | - | 18,76 |
| Isıl | - | 60 | 24,67 |
| Kimyasal | %20 NaOH | 15 | 36,34 |
| Isilkimyasal | %10 HNO ₃ | 30 | 27,34 |
| Mikrodalga | %15 HNO ₃ | 15 | 25,65 |
| Ultrases | %15 NaOH | 30 | 54,71 |

Çizelge 4.49’da portakal posasında ise uygulanan Ultrases ön işlemlerde katı maddenin kütlece %15’i kadar NaOH’in kullanıldığı ve 30min.da pişirme işleminde en yüksek suda çözünürlüğün sağlandığı görülmektedir. Bu işlemlerde elde edilen sulu fazlar anaerobik biyolojik işlemler için seçilmiştir.

Suda çözünürlüğü en yüksek olan arıtma çamuru ve portakal posasının ön işlemlerinde üretilen sulu fazlardan anaerobik ortamda 30 gün 35°C’de üretilen biyogaz, bileşenlerinin miktarları ve verimleri ile ilgili bulgular Çizelge 4.50 ve 4.51’de verilmiştir. Her iki örnek için bulgular alt başlıklar altında verilmiştir.

Çizelge 4.50. Anaerobik İşlem Süresince Arıtma Çamurunun Orijinal Örneğinde ve Sulu Fazında Üretilen Biyogaz ve Metan Miktarı, Biyogaz ve Metan Üretim Verimleri.

| Ön İşlem Adı | Toplam Kümülatif Biyogaz (mL) | Biyogaz Üretim Verimi (mL _{biyogaz} /gKM) | Toplam Kümülatif Metan (mL) | Metan Üretim Verimi (mL _{CH₄} /gKM) | Metan Yüzdesi (Hacimsel) (%) |
|---------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------|
| Arıtma Çamuru (Orijinal Örnek) | 193,6 | 38,7 | 96,4 | 19,3 | 49,8 |
| Arıtma Çamuru (Ön İşlemsiz, Sulu Çözültide) | 260.3 | 361.4 | 143.9 | 199.8 | 55.3 |
| Isıl | 446.9 | 364.0 | 266.6 | 217.2 | 59.7 |
| Kimyasal | 471.4 | 395.4 | 268.0 | 224.8 | 56.9 |
| Isilkimyasal | 489.5 | 357.7 | 297.5 | 217.4 | 60.8 |
| Mikrodalga | 462.0 | 354.1 | 274.9 | 210.7 | 59.5 |
| Ultrases | 461.2 | 378.8 | 268.6 | 220.6 | 58.2 |

Çizelge 4.50’de arıtma çamurunda en yüksek metan üretim veriminin (297.5 mL_{CH₄}/gKM) ısılkimyasal ön işlemin uygulandığı numunede gözlenmiştir. Çizelge 4.50’ye bakıldığında diğer ön işlemlerdeki sulu fazlardan sağlanan biyogazdaki metan %’leri arasında büyük farklar olmadığı da görülmektedir. Orijinal çamur örneği ve oda sıcaklığında bekletilerek elde edilen sulu fazdaki biyogazın üretim verimlerinin sırasıyla 38,7 mL_{biyogaz}/gKM ve 361,4 mL_{biyogaz}/gKM olduğu görülmektedir.

Aktif çamurun doğrudan biyogaz üretiminde kullanımında biyogaz veriminin düşük olması, katı taneciklerin (mikroorganizmaların) anaerobik ortamda 30 günde biyogaza dönüşmediği sadece ortamda bulunan sulu fazda çözülmüş maddelerin biyolojik parçalanmaya uğradığı söylenebilir. Katı maddenin olmadığı sulu fazda bulunan çözülmüş maddelerin biyolojik parçalanması sonucu biyogaz veriminin yüksek oluşu katı taneciklerin suda çözünen maddelere dönüştürülerek sulu çözeltiler olarak biyogaz üreteçlerine beslenmesi gerektiğini göstermektedir.

Atıksu arıtma çamurlarının biyolojik parçalanabilirliğinin geliştirilmesinde ön arıtımın öneminin araştırıldığı bir çalışmada da ön işlemlerin etkili bir yöntem olduğu saptanmıştır. Çalışmada ön işlem uygulamanın anaerobik işlemlerde verimi arttırdığı da rapor edilmiştir [91].

Çizelge 4.51. Anaerobik İşlem Süresince Portakal Posasının Orijinal Örneğinde ve Sulu Fazında Üretilen Biyogaz ve Metan Miktarı, Biyogaz ve Metan Üretim Verimleri.

| Ön İşlem Adı | Toplam Kümülatif Biyogaz (mL) | Biyogaz Üretim Verimi (mLBiyogaz/gKM) | Toplam Kümülatif Metan (mL) | Metan Üretim Verimi (mLCH ₄ /gKM) | Metan Yüzdesi (Hacimsel) (%) |
|----------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------|------------------------------|
| Portakal Posası (Orijinal Numune) | 153.7 | 30.7 | 64.3 | 12.9 | 41.8 |
| Portakal Posası (Ön İşemsiz, Sulu Çözeltide) | 170.2 | 345.6 | 81.2 | 64.9 | 47.7 |
| Isıl | 163.7 | 252.7 | 81.6 | 126.0 | 49.8 |
| Kimyasal | 227.1 | 239.4 | 118.9 | 125.3 | 52.4 |
| Isilkimyasal | 171.1 | 239.1 | 88.1 | 123.1 | 51.5 |
| Mikroalga | 170.6 | 254.4 | 85.7 | 127.8 | 50.2 |
| Ultrases | 378.7 | 264.8 | 226.6 | 158.4 | 59.8 |

Çizelge 4.51’de portakal posasında en yüksek metan üretim veriminin (158,4 mL_{CH₄}/gKM) Ultrases ön işlemi sonucu üretilen sulu fazdan sağlandığı görülmektedir. Çizelge 4.51’e bakıldığında diğer ön işlemlerle üretilen sulu fazların anaerobik işleminde üretilen biyogaz üretim verimleri arasında çok az farklılık görülmektedir.

Orijinal örnek ve oda sıcaklığında portakal posasının suda bekletilmesinden sonra üretilen sulu fazda sağlanan biyogaz üretim verimlerinin sırasıyla 30,7 mL_{biyogaz}/gKM ve 345,6 mL_{biyogaz}/gKM olduğu görülmektedir. Sulu fazda portakal posasında bulunan şekerlerin ve suda çözünen maddelerin geçişi ve bunların da anaerobik biyolojik parçalanmaya 30 günde uğramaları, biyogaz veriminin yüksek molmasını sağladığı, katı taneciklerin bulunduğu (orijinal örnek) ortamda ise biyogaz veriminin düşük olduğu görülmektedir.

Portakal posasının doğrudan anaerobik işleminde biyogaz üretim veriminin 30 günlük sürede düşük olması katı taneciklerin üreteçlerde kullanılmamasını, kısa sürede yüksek biyogaz verimi sağlamak için suda çözünen maddeleri alarak sulu çözeltiler halinde biyogaz üreteçlerine beslenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Ultras es ön işlemlerinde üretilen sulu fazda bulunan maddelerin anaerobik parçalandığı ve 30 günde biyogaz veriminin yüksek olmasına neden olduğu, bunun ise portakal posasındaki bitki hücrelerinin parçalanarak suda çözünür bileşiklere ve bunların da anaerobik parçalanmaya uğradığı şeklinde yorumlanabilir.

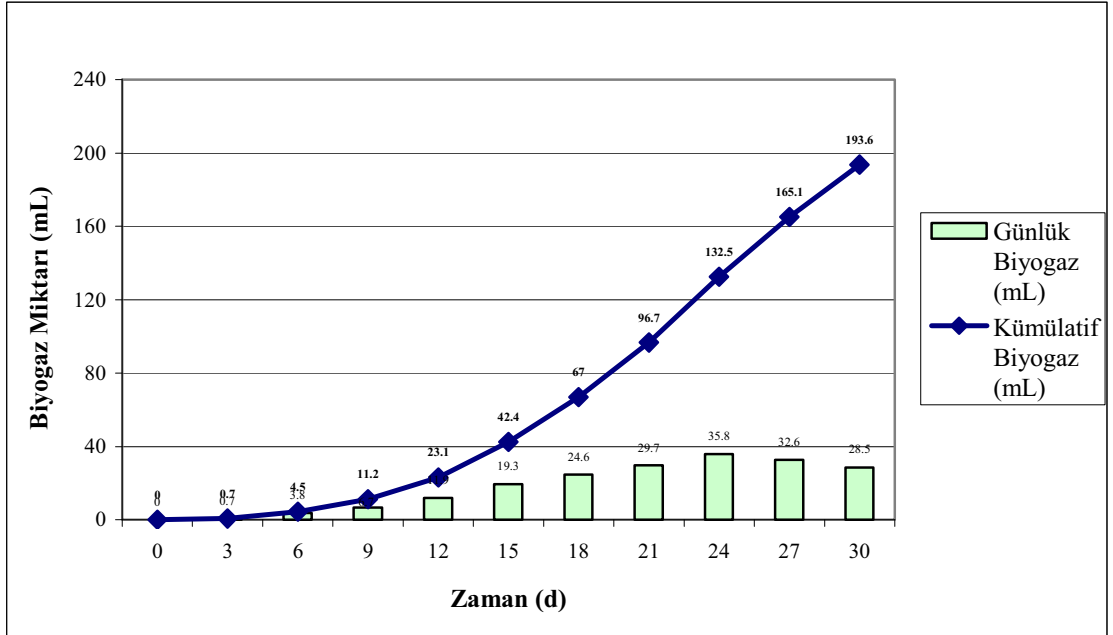
Suda çözünürlük %'lerine bakıldığında (şekil 4.2) portakal posasının oda sıcaklığında su ile bekletilmesinde, katının % 18,76'sının suda çözüldüğü ve bunun diğer ön işlemlere göre düşük olmasına karşın biyogaz üretim veriminin (345,6mL_{biyogaz}/gKM) yüksek oluşu portakal posasında bulunan ve sulu faza geçen maddelerin biyolojik parçalanabilen maddeler olduğunu göstermektedir. Katı maddenin biyolojik parçalanabilir maddelere dönüşümleri için ön işlemlerin uygulanması gerektiği ve yapılan çalışmalarda Ultras es uygulanmasının yüksek verim sağladığı görülmektedir.

4.4.1. Orjinal Örneklerin Biyogaz ve Metan Üretim Miktarlarının Zamanla Değişimi

Arıtma çamuru ve portakal posası orijinal örneklerinin anaerobik sürecinde zamanla üretilen biyogaz üretim miktarları ile ilgili bulgular ve tartışmalar alt başlıklarda verilmiştir.

4.4.1.1. Arıtma çamurunun orijinal örneğinde üretilen biyogaz ve metan üretim miktarlarının zamanla değişimi

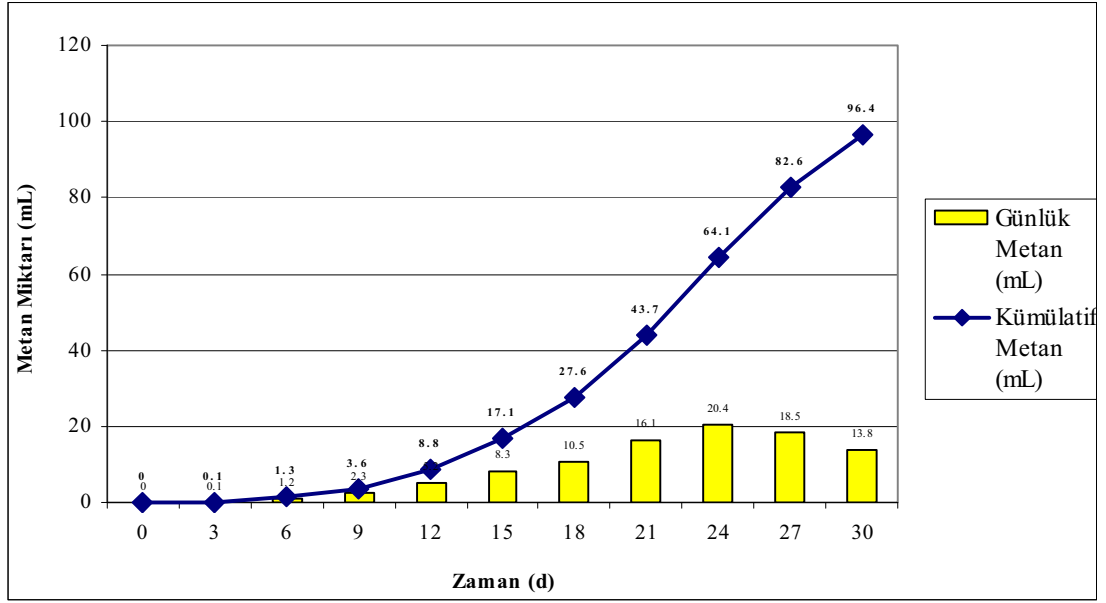
Arıtma çamuru orijinal örneğinin 30 gün 35°C’de inkübatörde bekletilip her üç günde biyogaz ve metan miktarları ile ilgili bulgular Şekil 4.33’de görülmektedir.



Şekil 4.33. Orijinal Arıtma Çamurunda Zamanla Üretilen Biyogaz Miktarı

Biyogazın yaklaşık olarak ilk 3 günde oluşmadığı görülmekte, bunun nedeni mikroorganizmaların ortama alışma ve üreme sürecinde geçmesidir. 18. günde en

yüksek miktarda biyogaz üretilmiştir. 18. günde mikroorganizma derişiminin en yüksek miktara ulaştı ve biyogaz üretiminde etkin olduğu söylenilebilir. Biyogaz üretimi 30 gün sonunda 193,6 mL olup biyogaz üretim verimi ise 38,7 mL_{Biyogaz}/gKM'dir. Metan üretimi ise yine ilk 3 günde az üretilirken daha sonra 18 ve 21. günlerde en yüksek seviyeye ulaşmıştır (Şekil 4.34).

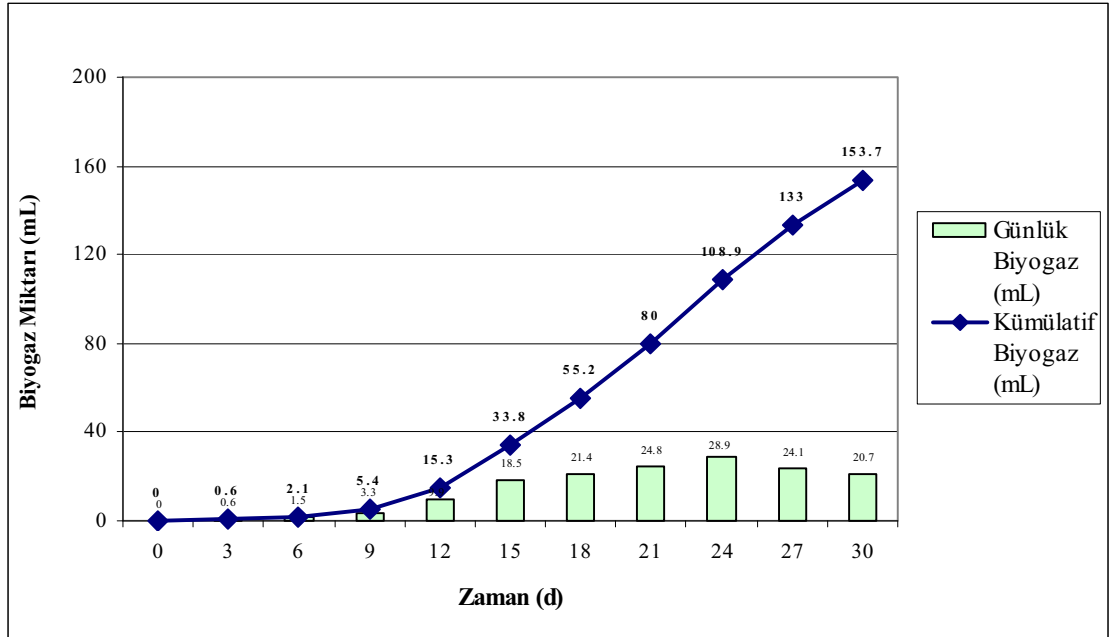


Şekil 4.34. Orijinal Arıtma Çamurunda Zamanla Üretilen Metan Miktarı

Metan üretimi 30 gün sonunda 96,4 mL olup biyogaz üretim verimi ise 19,3 mL_{CH₄}/gKM'dir. Üretilen biyogazda bulunan metanın hacimsel olarak %49,8 olduğu görülmektedir. Metanın orijinal haliyle anaerobik işlem sonunda yaklaşık biyogazın yarısı kadar üretildiği görülmektedir.

4.4.1.2. Portakal posasının orijinal örneğinde üretilen biyogaz ve metan üretim miktarlarının zamanla değişimi

Orijinal örnekler alınarak 30 gün süre ile 35°C’de inkübatörde bekletilip her üç günde biyogaz ve metan miktarları saptanmıştır. Şekil 4.35’de üretilen biyogaz miktarı görülmektedir.

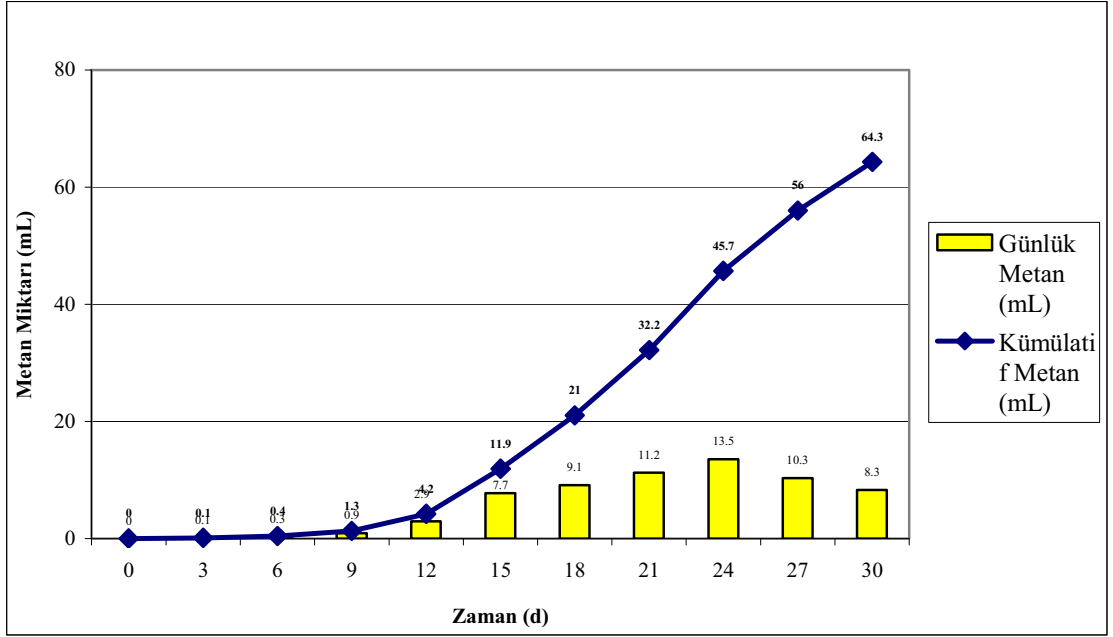


Şekil 4.35. Orijinal Portakal Posasında Zamanla Üretilen Biyogaz Miktarı

Biyogaz, yaklaşık olarak ilk 6 günde az oluşurken 24. günde en yüksek miktarda üretilmiştir. Biyogaz üretimi 30 gün sonunda 153,7 mL ve biyogaz üretim veriminin ise 30,7 mL_{biyogaz}/gKM olduğu şekil 4.36’da görülmektedir. Metan ise ilk 6 günde az üretilirken daha sonra 24. günde üretilen metan miktarı en yüksek seviyeye ulaşmıştır (Şekil 4.36).

Anaerobik ortamda biyolojik parçalanma sürecinde başlangıçta mikroorganizma derişiminin yeterli olmadığı ve yeterli derişime 15.-18. günlerde ulaştığı görülmektedir. 24. günde üretilen biyogaz miktarının maksimuma ulaştığı ve daha sonra üreyen biyogaz

miktarında azalma olduğu görülmektedir. Bulgular biyogaz üretiminde biyolojik parçalanma için alıkonma süresinin mikroorganizma derişiminin yeterli olduğu ortamda 9.-12. günlerde olması gerektiğini ortaya koymaktadır.



Şekil 4.36. Orijinal Portakal Posasında Zamanla Üretilen Metan Miktarı

Metan üretimi 30 gün sonunda 64,3 mL olup biyogaz üretim verimi ise 12,9 mL_{CH₄}/gKM'dir. Üretilen biyogazda bulunan metanın hacimsel olarak %41,8 olduğu görülmektedir. Metanın orijinal haliyle anaerobik işlem sonunda yaklaşık biyogazın yarısından daha az üretildiği görülmektedir.

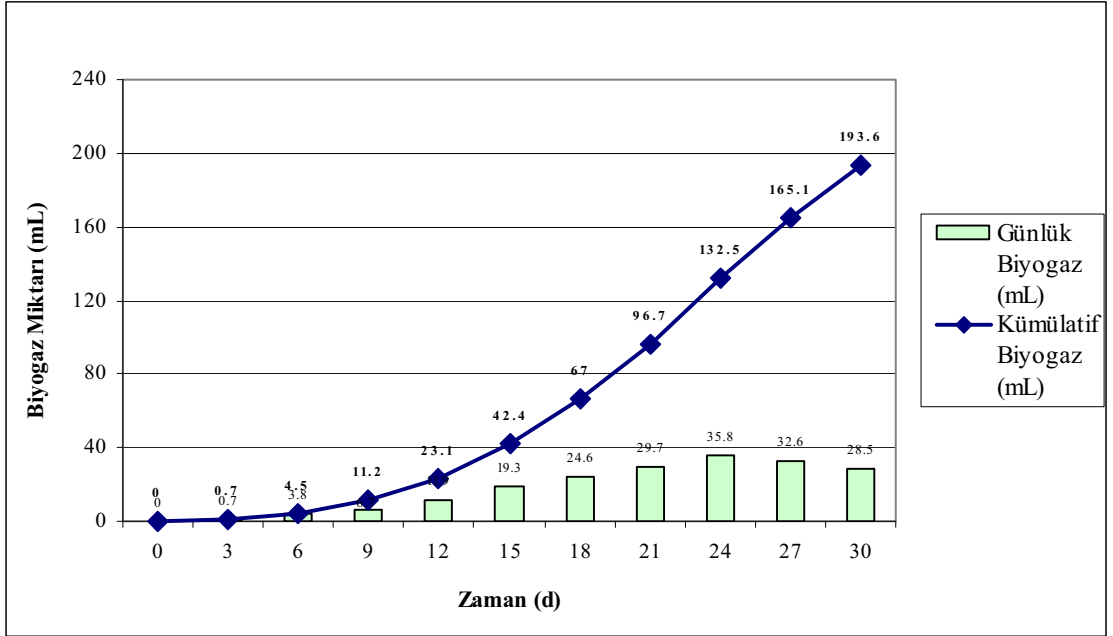
4.4.2. En Yüksek Suda Çözünürlüğe Sahip Örneklerin Biyogaz ve Metan Üretim Miktarlarının Zamanla Değişimi

Anaerobik işlemlerde kullanılan sulu fazlardan üretilen biyogaz, metan miktarlarının zamanla değişim bulguları ve tartışmalar alt başlıklarda verilmiştir.

4.4.2.1. Arıtma çamurunun sulu fazında üretilen biyogaz ve metan üretim miktarlarının zamanla değişimi

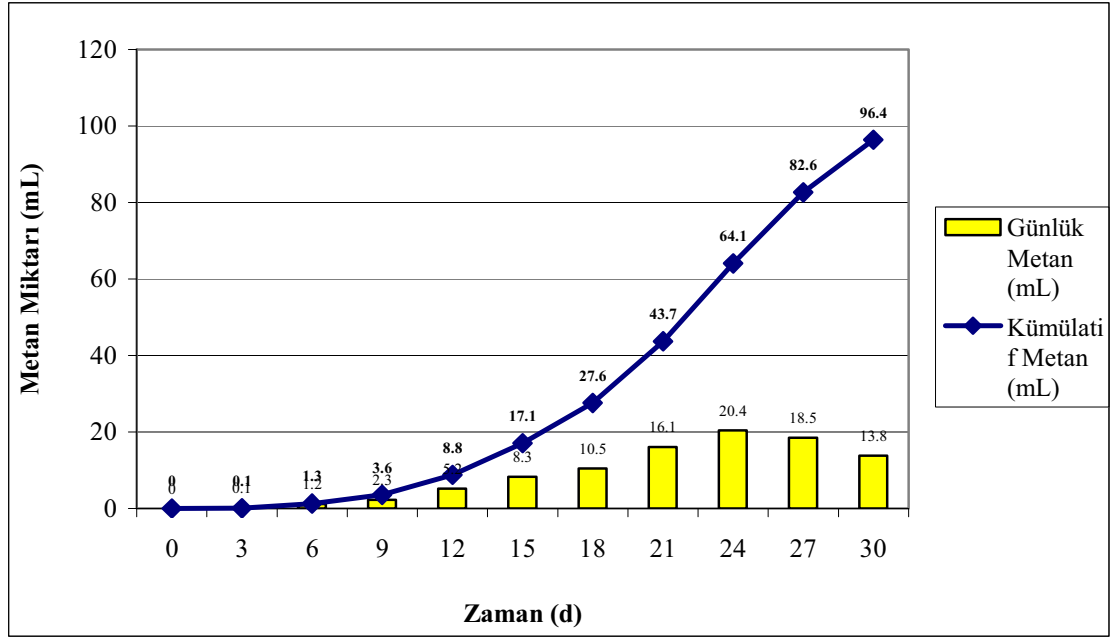
4.4.2.1.1. Oda sıcaklığında bekletilen arıtma çamurunun sulu fazı

Hiçbir ön işlem yapılmayan ham arıtma çamurunun sulu fazı 30 gün süre ile 35°C’de inkübatörde bekletilerek her üç günde saptanan biyogaz ve metan miktarları ile ilgili bulgular Şekil 4.37’de görülmektedir.



Şekil 4.37. Oda Sıcaklığında Bekletilen Arıtma Çamurunun Sulu Fazında Zamanla Üretilen Biyogaz Miktarı

Üretilen biyogaz ilk 3 günde oluşmazken daha sonra üretilmiş ve 24. günde en yüksek miktara ulaştığı görülmektedir. Biyogaz üretimi 30 gün sonunda 260,3 mL olduğu ve biyogaz üretim veriminin ise 361,4 mL_{biyogaz}/gKM olduğu şekil 4.37’de görülmektedir. Metan üretimi ise yine ilk 6 günde az üretilirken daha sonra 24. günde üretilen metan miktarı en yüksek seviyeye ulaşmıştır (Şekil 4.38).

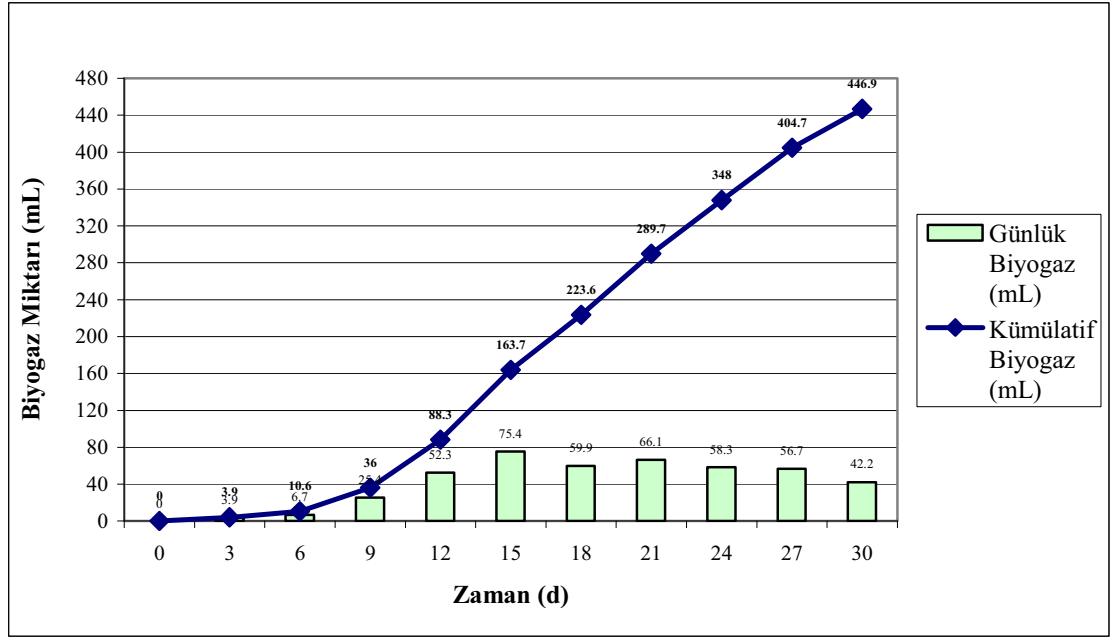


Şekil 4.38. Oda Sıcaklığında Bekletilen Arıtma Çamurunun Sulu Fazında Zamanla Üretilen Metan Miktarı

Metan üretimi 30 gün sonunda 143,9 mL olup biyogaz üretim verimi ise 199,8 mL CH₄/gKM'dir. Üretilen biyogazda bulunan metanın hacimsel olarak %55,3 olduğu görülmektedir. Metanın hiçbir ön işlem yapılmadığında biyogazın yarısından fazla üretildiği görülmektedir.

4.4.2.1.2. 30min pişirilerek ön işlem uygulanmış arıtma çamurunun sulu çözeltisi

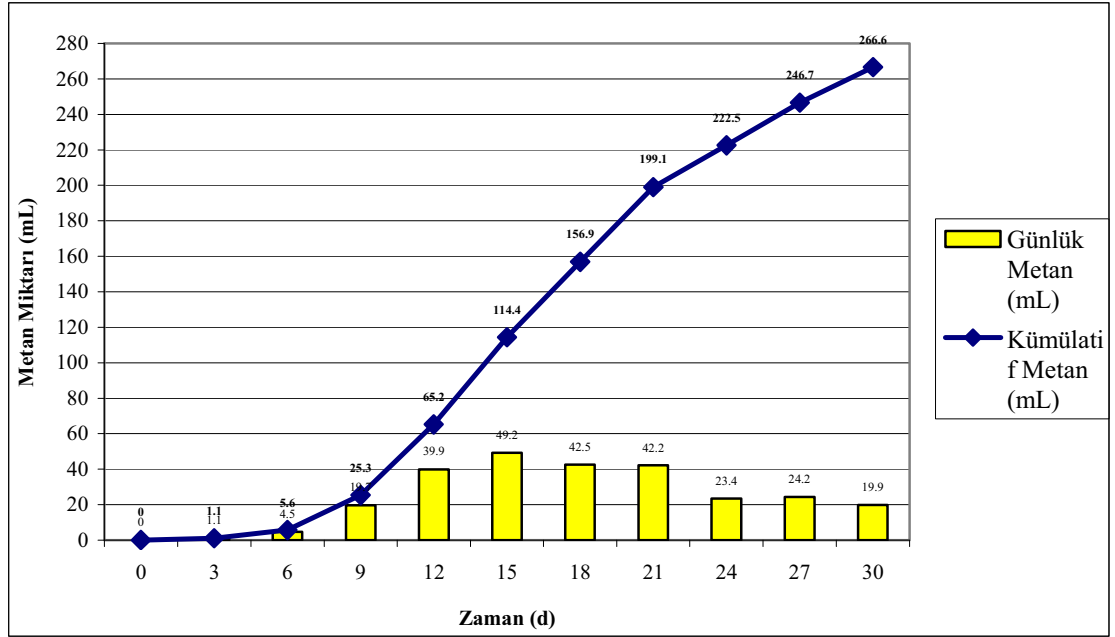
Isıl (30min pişirilerek) ön işlem uygulanmış arıtma çamuru 30 gün süre ile 35°C'de inkübatörde bekletilerek her üç günde biyogaz ve metan miktarları ile ilgili bulgular Şekil 4.39 ve 4.40'da verilmiştir.



Şekil 4.39. 30min Pişirilerek Isıl Ön İşlem Uygulanmış Arıtma Çamurunun Sulu Fazında Zamanla Üretilen Biyogaz Miktarı

Üretilen biyogaz miktarı yaklaşık olarak ilk 3 günde az oluşurken daha sonra 15. günde en yüksek miktara ulaştığı görülmektedir. Biyogaz üretimi 30 gün sonunda 446,9 mL olup biyogaz üretildiği ve verimi ise 364,0 mL_{biyogaz}/gKM'dir. Metan üretimi ise yine ilk 3 günde çok az üretilirken daha sonra 15. günde en yüksek seviyeye ulaşmıştır (Şekil 4.40).

Isıl ön işlemlerle ham ve aktif çamurun karıştırılmasıyla yapılan bir çalışmada ısı ön işlemin çamurun jel yapısını parçaladığı, hücre içinde bulunan maddelerin sulu faza geçtiği ve bu maddelerin anaerobik olarak parçalandığını suda çözünürleşmenin yüksek olduğu biyogaz üretiminin artmasına neden olduğu görülmektedir. Bu bulgular kaynak bilgiler [76, 94] ile de desteklenmektedir.



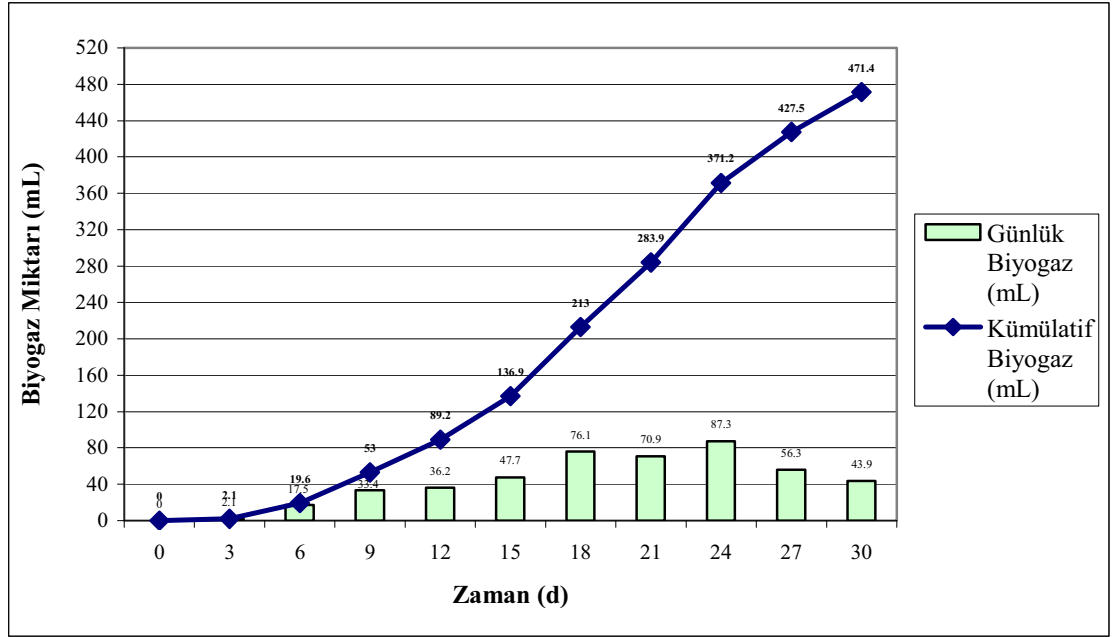
Şekil 4.40. 30min Pişirilerek Isıl Ön İşlem Uygulanmış Arıtma Çamurunun Sulu Fazında Zamanla Üretilen Metan Miktarı

Metan üretimi 30 gün sonunda 266,6mL olup biyogaz üretim verimi ise 217,2 mL_{CH₄}/gKM'dir. Üretilen biyogazda bulunan metanın hacimsel olarak %59,7 olduğu ve bu da kaynak bilgilerle [76, 93] deteklenmektedir.

Isıl ön işlemlerle çamur bileşenlerinin parçalanma verimliliği ve parçalanma sonucunda metan miktarının %25 artış gösterdiği belirtilmektedir [93].

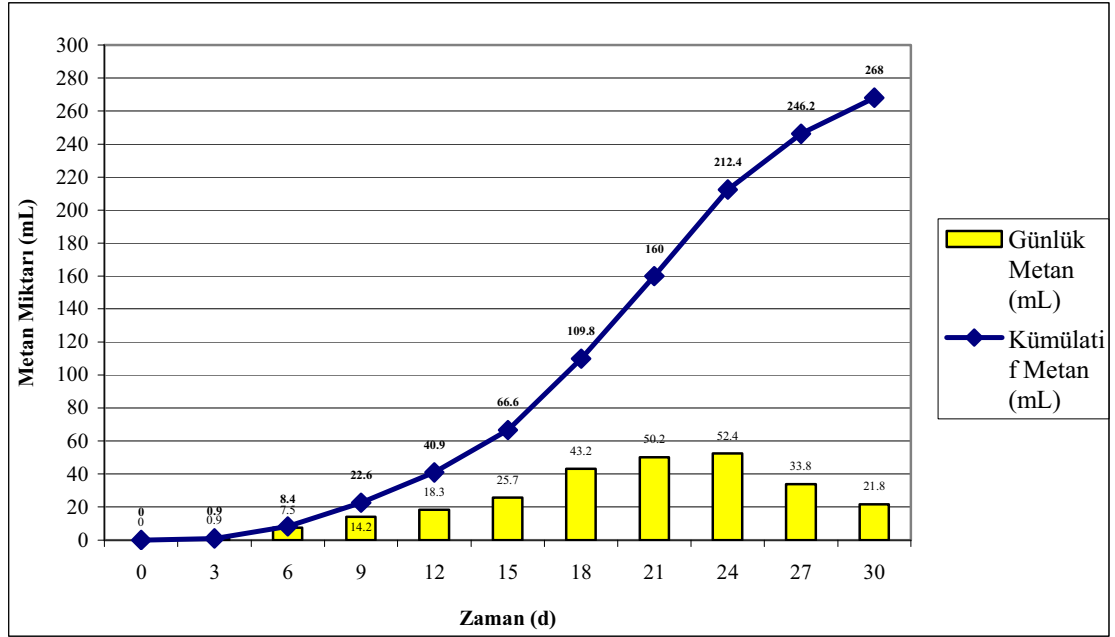
4.4.2.1.3. %20'lik NaOH kullanılarak 15min oda koşullarında bekletilip ön işlem uygulanan arıtma çamurunun sulu fazları

Kimyasal (%20'lik NaOH kullanılarak 15min oda koşullarında bekletilen) ön işlem uygulanmış arıtma çamurundan üretilen sulu fazların, 30 gün süre ile 35°C'de inkübatörde üretilen biyogaz ve metan miktarları ile ilgili bulgular Şekil 4.41 ve 4.42'de verilmiştir.



Şekil 4.41. %20'lik NaOH kullanılarak 15min Oda Koşullarında Bekletilerek Ön İşlem Uygulanmış Arıtma Çamurunun Sulu Fazında Zamanla Üretilen Biyogaz Miktarı

Üretilen biyogaz miktarı yaklaşık olarak ilk 3 günde az oluşurken daha sonra 18. ve 24. günlerde en yüksek miktara ulaştığı görülmektedir. Biyogaz üretimi 30 gün sonunda 471,4 mL olduğu biyogaz üretim verimi ise $395,4 \text{ mL}_{\text{biyogaz}}/\text{gKM}$ 'dir. Metan ise yine ilk 3 günde az üretilirken daha sonra 24. günde üretilen metan miktarı en yüksek seviyelerdedir (Şekil 4.42).

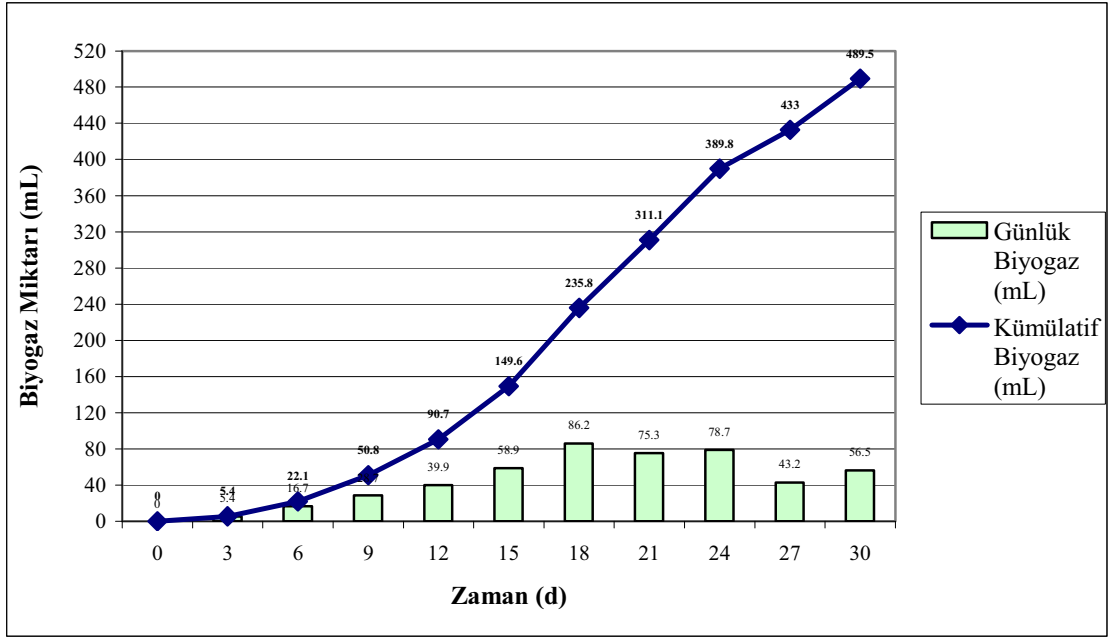


Şekil 4.42. %20'lik NaOH kullanılarak 15min Oda Koşullarında Bekletilerek Ön İşlem Uygulanmış Arıtma Çamurunun Sulu Fazında Zamanla Üretilen Metan Miktarı

Metan üretimi 30 gün sonunda 268,0 mL olup biyogaz üretim verimi ise 224,8 mL_{CH₄}/gKM'dir. Üretilen biyogazda bulunan metanın hacimsel olarak %56,9 olduğu da görülmektedir.

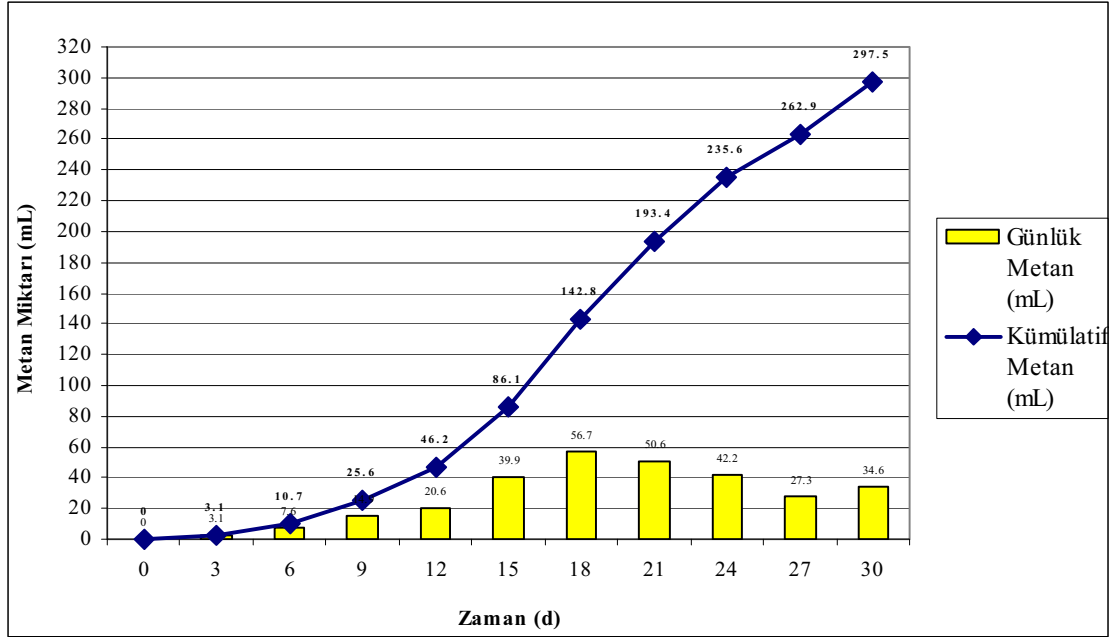
4.4.2.1.4. %20'lik HNO₃ kullanılarak 60min SNKS'da pişirilerek ön işlem uygulanmış arıtma çamurunun sulu çözeltisi

İsilkimyasal (%20'lik HNO₃ kullanılarak 60min SNKS'da pişirilen) ön işlem uygulanmış arıtma çamuru, 30 gün süre ile 35°C'de inkübatörde bekletilerek her üç günde biyogaz ve metan miktarları ile ilgili bulgular Şekil 4.43 ve 4.44'de verilmiştir.



Şekil 4.43. %20'lik HNO₃ kullanılarak 60min SNKS'da Pişirilerek Ön İşlem Uygulanmış Arıtma Çamurunun Sulu Fazında Zamanla Üretilen Biyogaz Miktarı

Üretilen biyogaz miktarı yaklaşık olarak ilk 3 günde az oluşurken daha sonra 18. günde en yüksek miktara ulaştığı görülmektedir. Biyogaz üretimi 30 gün sonunda 489,5 mL olup biyogaz üretim verimi ise 357,7 mL_{biyogaz}/gKM'dir. Metan üretimi ise yine ilk 3 günde az üretilirken daha sonra 18. günde üretilen metan miktarı en yüksek seviyelerdedir (Şekil 4.44).

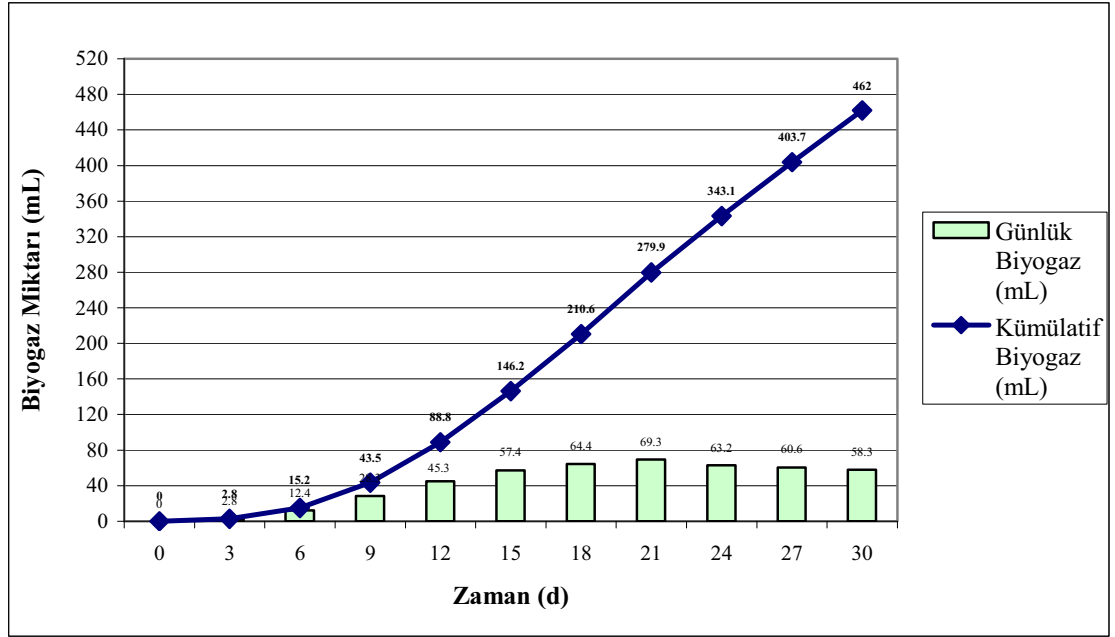


Şekil 4.44. %20'lik HNO₃ kullanılarak 60min SNKS'da Pişirilerek Ön İşlem Uygulanmış Arıtma Çamurunun Sulu Fazında Zamanla Üretilen Metan Miktarı

Metan üretimi 30 gün sonunda 297,5mL olup biyogaz üretim verimi ise 217,4 mL_{CH₄}/gKM'dir. Üretilen biyogazda bulunan metanın hacimsel olarak %60,8 olduğu da görülmektedir. En yüksek hacimsel yüzdenin ısılkimyasalda olduğu da görülmektedir.

4.4.2.1.5. %20'lik HNO₃ kullanılarak 15min Mikrodalga radyasyonunda ön işlem uygulanmış arıtma çamurunun sulu çözeltisi

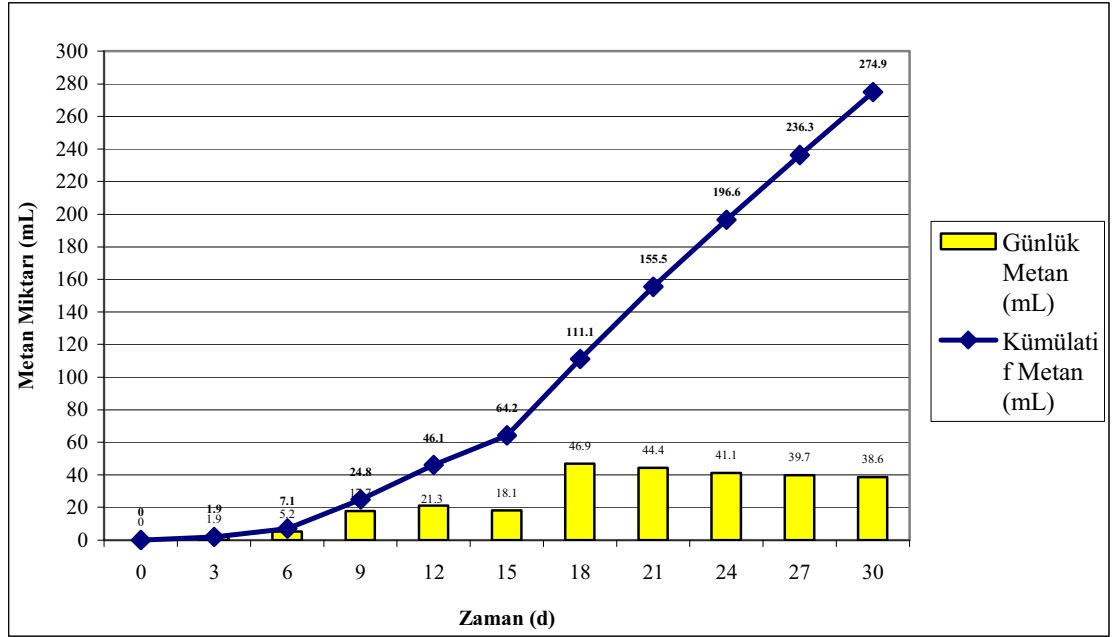
Mikrodalga (%20'lik HNO₃ kullanılarak 15min Mikrodalga radyasyonuna maruz bırakılan) ön işlem uygulanmış arıtma çamuru, 30 gün süre ile 35°C'de inkübatörde bekletilerek her üç günde biyogaz ve metan miktarları ile ilgili bulgular Şekil 4.45 ve 4.46'da verilmiştir.



Şekil 4.45. %20'lik HNO₃ kullanılarak 15min Mikrodalga Radyasyonunda Ön İşlem Uygulanmış Arıtma Çamurunun Sulu Fazında Zamanla Üretilen Biyogaz Miktarı

Üretilen biyogaz miktarı yaklaşık olarak ilk 3 günde çok az oluşurken daha sonra 21. günde en yüksek miktara ulaştığı görülmektedir. Biyogaz üretimi 30 gün sonunda 462,0 mL olup biyogaz üretim verimi ise 354,1 mL_{biyogaz}/gKM'dir. Metan üretimi ise yine ilk 3 günde çok az üretilirken daha sonra 18. günde üretilen metan miktarı en yüksek seviyelerdedir (Şekil 4.46).

Gıda endüstrisi atıksu arıtma çamuruyla yapılan bir çalışmada en yüksek suda çözünürlüğün, katı maddenin kütlece %20'si kadar NaOH ile 15 min mikrodalga radyasyonuna maruz kalmasıyla saptanmıştır. Ön işlemlerden elde edilen tüm sulu fazlara 88 günlük süreyle anaerobik işlem uygulanmış ve toplanan biyogazın hacmi ölçülerek standart sıcaklık ve basınçta (STP) hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda; en yüksek suda çözünürlükteki biyogaz miktarı 147,82 mL ve metan içeriği ise 77,50 mL olarak saptanmıştır. Üretilen biyogazın %54,59 olduğu ve bu da kaynak bilgilerle [76, 95] deteklenmektedir.

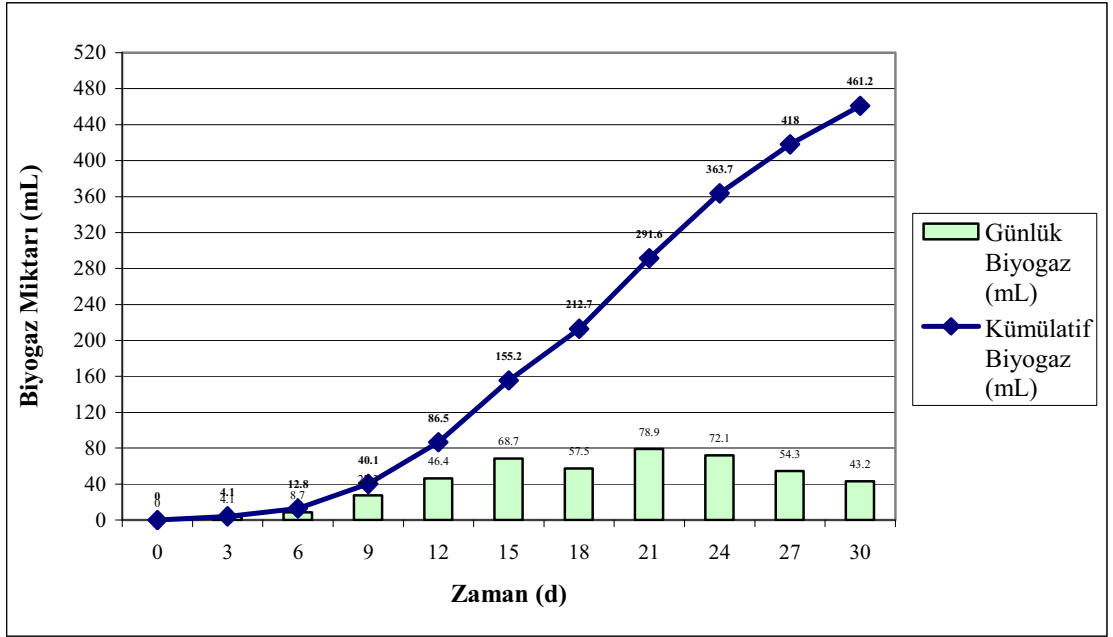


Şekil 4.46. %20'lik HNO₃ kullanılarak 15min Mikrodalga Radyasyonunda Ön İşlem Uygulanmış Arıtma Çamurunun Sulu Fazında Zamanla Üretilen Metan Miktarı

Metan üretimi 30 gün sonunda 274,9 mL olup biyogaz üretim verimi ise 210,7 mL_{CH₄}/gKM'dir. Üretilen biyogazda bulunan metanın hacimsel olarak %59,5 olduğu da görülmektedir.

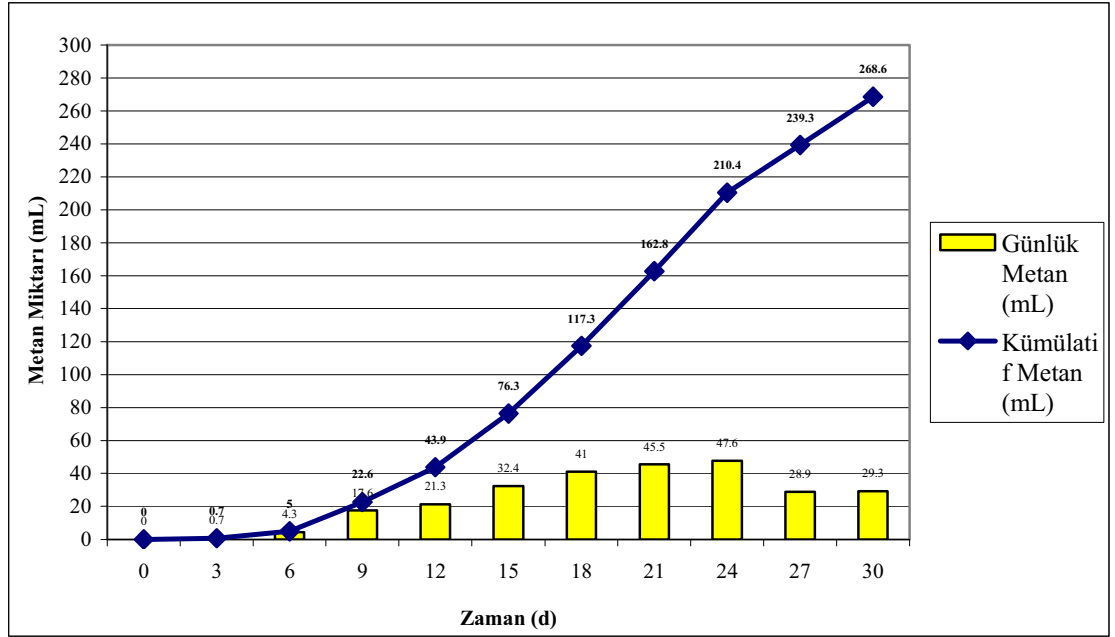
4.4.2.1.6. %20 NaOH kullanılarak 60min Ultrases dalgalarında ön işlem uygulanmış arıtma çamurunun sulu çözeltisi

Ultrases (%20 NaOH kullanılarak 60min Ultrases dalgalarına maruz bırakılan) ön işlem uygulanmış arıtma çamuru, 30 gün süre ile 35°C'de inkübatörde bekletilerek her üç günde biyogaz ve metan miktarları ile ilgili bulgular Şekil 4.47 ve 4.48'de verilmiştir.



Şekil 4.47. %20 NaOH Kullanılarak 60min Ultrases Dalgalarında Ön İşlem Uygulanmış Arıtma Çamurunun Sulu Fazında Zamanla Üretilen Biyogaz Miktarı

Üretilen biyogaz miktarı yaklaşık olarak ilk 3 günde çok az oluşurken daha sonra 21. günde en yüksek miktara ulaştığı görülmektedir. Biyogaz üretimi 30 gün sonunda 461,2 mL olup biyogaz üretim verimi ise 378,8 mL_{biyogaz}/gKM'dir. Metan üretimi ise yine ilk 3 günde çok az üretilirken daha sonra 24. günde üretilen metan miktarı en yüksek seviyelerdedir (Şekil 4.48).



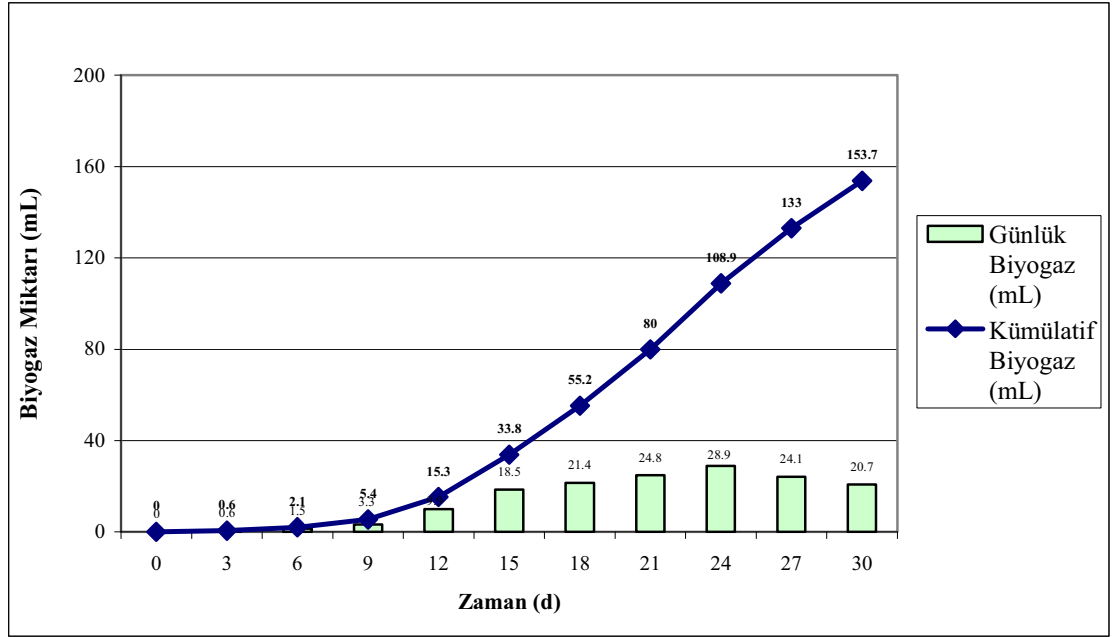
Şekil 4.48. %20 NaOH kullanılarak 60min Ultrases Dalgalarında Ön İşlem Uygulanmış Arıtma Çamurunun Sulu Fazında Zamanla Üretilen Metan Miktarı

Metan üretimi 30 gün sonunda 268,6 mL olup biyogaz üretim verimi ise 220,6 mL_{CH₄}/gKM'dir. Üretilen biyogazda bulunan metanın hacimsel olarak %58,2 olduğu ve bu da kaynak bilgilerle [26, 27, 29, 76] deteklenmektedir.

4.4.2.2. Portakal posasının sulu fazında üretilen biyogaz ve metan üretim miktarlarının zamanla değişimi

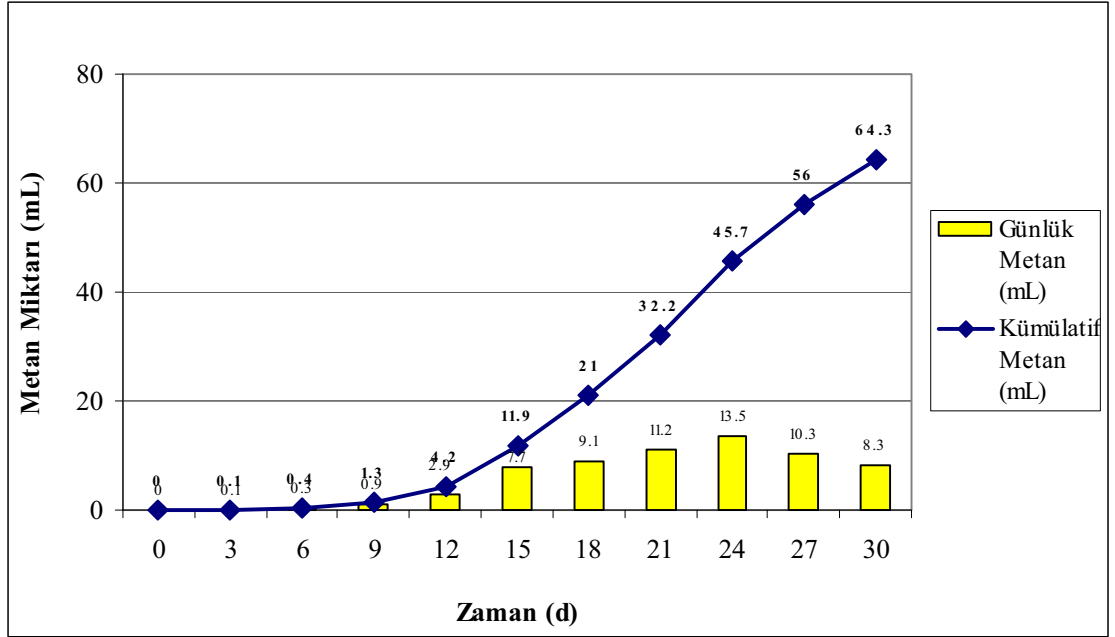
4.4.2.2.1. Oda sıcaklığında bekletilen portakal posasının sulu çözeltisi

Oda sıcaklığında bekletilen portakal posası 30 gün süre ile 35°C'de inkübatörde bekletilerek her üç günde biyogaz ve metan miktarları saptanmıştır. Şekil 4.49'da üretilen biyogaz miktarı görülmektedir.



Şekil 4.49. Oda Sıcaklığında Bekletilen Portakal Posasının Sulu Fazında Zamanla Üretilen Biyogaz Miktarı

Biyogaz miktarı yaklaşık olarak ilk 6 günde çok az oluşurken 24. günde en yüksek miktara ulaştığı görülmektedir. Biyogaz üretimi 30 gün sonunda 170,2 mL olup biyogaz üretim verimi ise 345,6 mL_{biyogaz}/gKM'dir. Metan üretimi ise yine ilk 6 günde çok az üretilirken daha sonra 24. günde üretilen metan miktarı en yüksek seviyeye ulaşmıştır (Şekil 4.50).

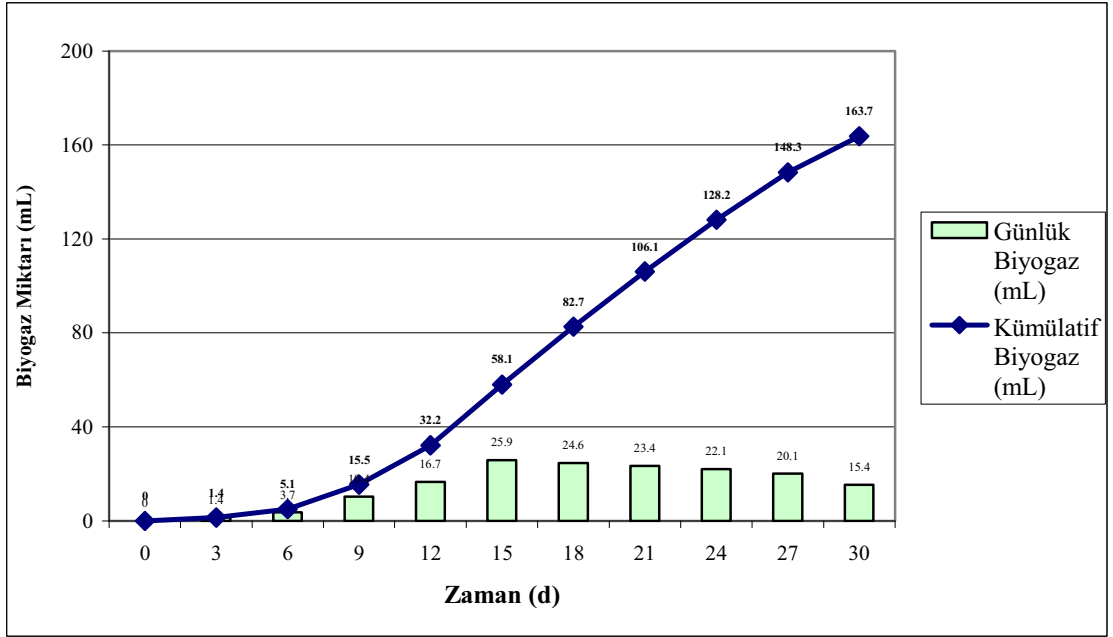


Şekil 4.50. Oda Sıcaklığında Bekletilen Portakal Posasının Sulu Fazında Zamanla Üretilen Metan Miktarı

Metan üretimi 30 gün sonunda 81,2 mL olup biyogaz üretim verimi ise 164,9 mL_{CH₄}/gKM'dir. Üretilen biyogazda bulunan metanın hacimsel olarak %47,7 olduğu görülmektedir. Metanın hiçbir ön işlem yapılmadığında biyogazın yarısından daha az üretildiği görülmektedir.

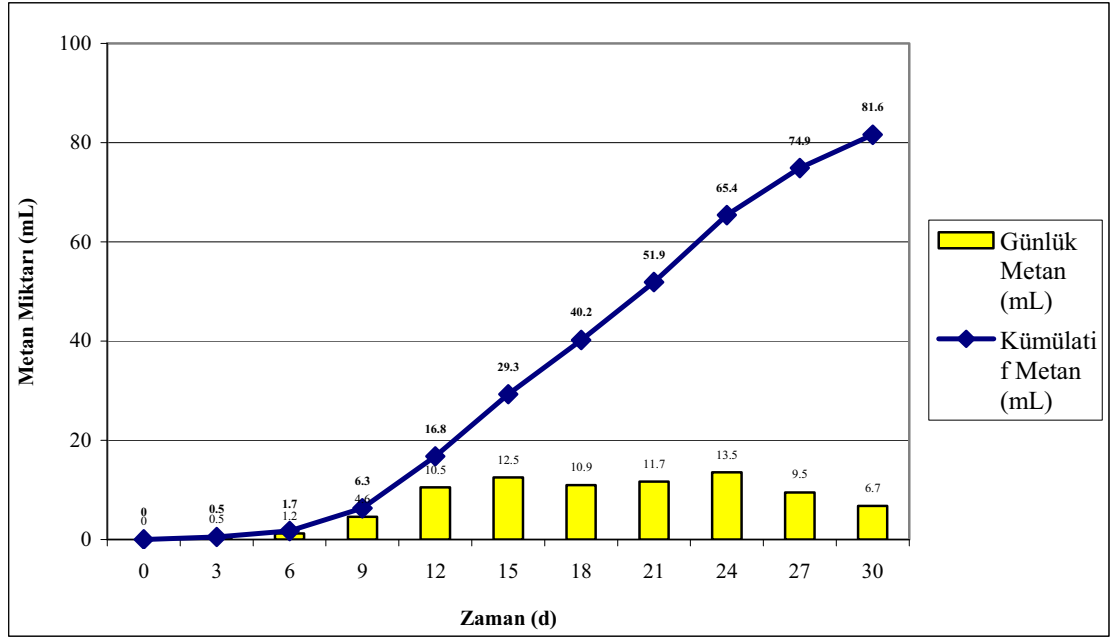
4.4.2.2.2. 60min pişirilerek ön işlem uygulanmış portakal posasının sulu çözeltisi

Isıl (30 min pişirilen) ön işlem uygulanmış portakal posası 30 gün süre ile 35°C'de inkübatörde bekletilerek her üç günde biyogaz ve metan miktarları ile ilgili bulgular şekil 4.51 ve 4.52'de verilmiştir.



Şekil 4.51. 60min Pişirilerek Ön İşlem Uygulanmış Portakal Posasının Sulu Fazında Zamanla Üretilen Biyogaz Miktarı

Biyogaz miktarı yaklaşık olarak ilk 3 günde çok az oluşurken daha sonra 15. günde en yüksek miktara ulaştığı görülmektedir. Biyogaz üretimi 30 gün sonunda 163,7mL olup biyogaz üretim verimi ise 252,7 mL_{biyogaz}/gKM'dir. Metan üretimi ise yine ilk 3 günde yok denecek kadar az üretilirken daha sonra 15 ve 24. günlerde üretilen metan miktarı en yüksek seviyeye ulaşmıştır (Şekil 4.52).

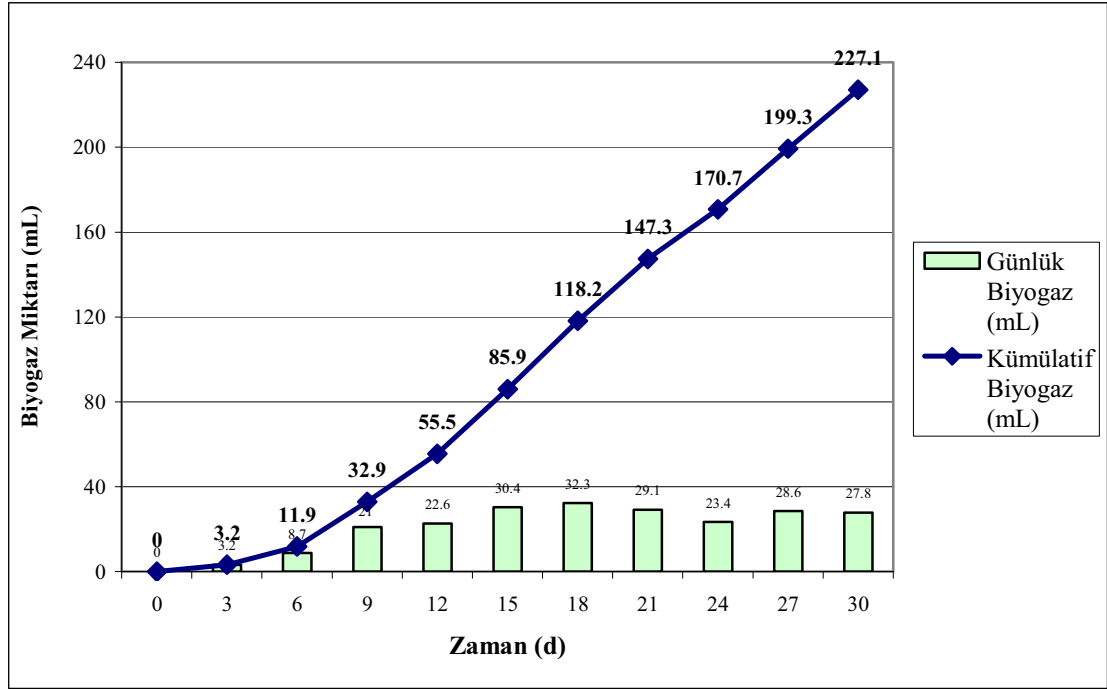


Şekil 4.52. 60min Pişirilerek Ön İşlem Uygulanmış Portakal Posasının Sulu Fazında Zamanla Üretilen Metan Miktarı

Metan üretimi 30 gün sonunda 81,6 mL olup biyogaz üretim verimi ise 126,0 mL CH₄/gKM'dir. Üretilen biyogazda bulunan metanın hacimsel olarak %49,8 olduğu görülmektedir.

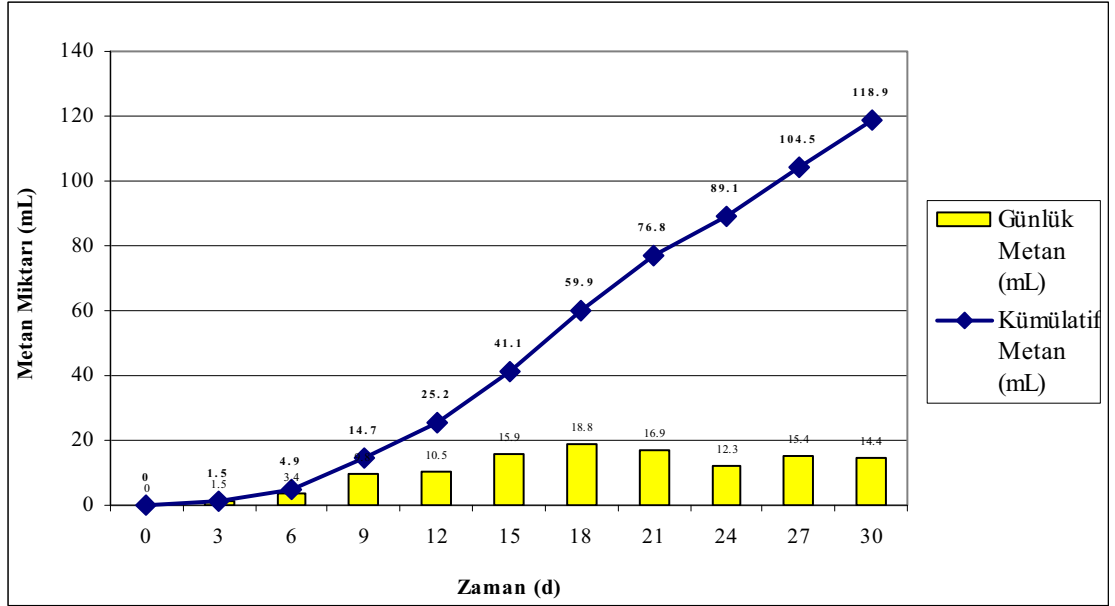
4.4.2.2.3. %20'lik NaOH kullanılarak 15min oda koşullarında bekletilip ön işlem uygulanmış portakal posasının sulu çözeltisi

Kimyasal (%20'lik NaOH kullanılarak 15min oda koşullarında bekletilen) ön işlem uygulanmış portakal posası, 30 gün süre ile 35°C'de inkübatörde bekletilerek her üç günde biyogaz ve metan miktarları ile ilgili bulgular Şekil 4.53 ve 4.54'de verilmiştir.



Şekil 4.53. %20'lik NaOH Kullanılarak 15min Oda Koşullarında Bekletilerek Ön İşlem Uygulanmış Portakal Posasının Sulu Fazında Zamanla Üretilen Biyogaz Miktarı

Üretilen biyogaz miktarı yaklaşık olarak ilk 3 günde çok az oluşurken daha sonra 18. günde en yüksek miktara ulaştığı görülmektedir. Biyogaz üretimi 30 gün sonunda 227,1 mL olup biyogaz üretim verimi ise 239,4 mL_{biyogaz}/gKM'dir. Metan üretimi ise yine ilk 3 günde çok az üretilirken daha sonra 18. günde üretilen metan miktarı en yüksek seviyelerdedir (Şekil 4.54).

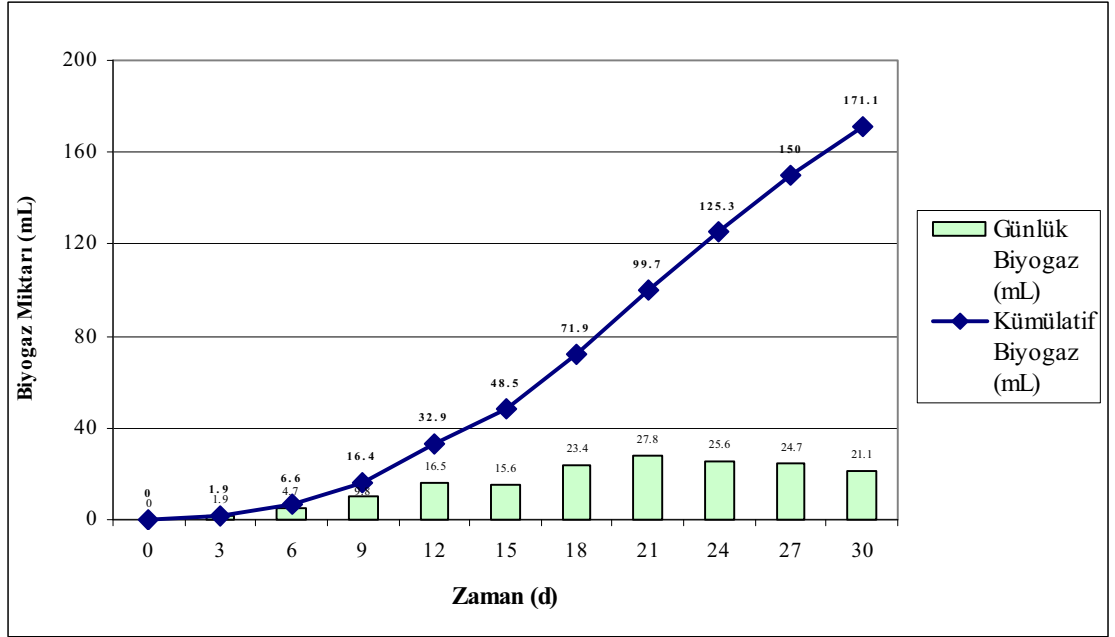


Şekil 4.54. %20'lik NaOH kullanılarak 15min Oda Koşullarında Bekletilerek Ön İşlem Uygulanmış Portakal Posasının Sulu Fazında Zamanla Üretilen Metan Miktarı

Metan üretimi 30 gün sonunda 118,9mL olup biyogaz üretim verimi ise 125,3 mL_{CH₄}/gKM'dir. Üretilen biyogazda bulunan metanın hacimsel olarak %52,4 olduğu da görülmektedir.

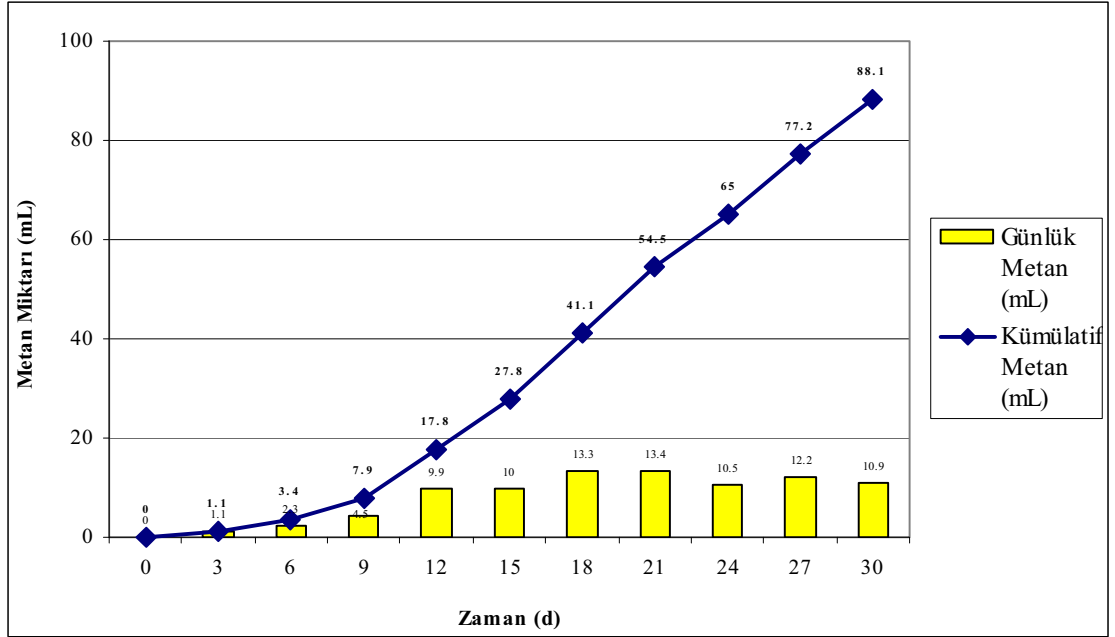
4.4.2.2.4. %10'luk HNO₃ kullanılarak 30min SNKS'da pişirilerek ön işlem uygulanmış portakal posasının sulu çözeltisi

İsilkimyasal (%10'luk HNO₃ kullanılarak 30min SNKS'da pişirilen) ön işlem uygulanmış portakal posası, 30 gün süre ile 35°C'de inkübatörde bekletilerek her üç günde biyogaz ve metan miktarları ile ilgili bulgular Şekil 4.55 ve 4.56'da verilmiştir.



Şekil 4.55. %10'luk HNO₃ kullanılarak 30min SNKS'da Pişirilerek Ön İşlem Uygulanmış Portakal Posasının Sulu Fazında Zamanla Üretilen Biyogaz Miktarı

Üretilen biyogaz miktarı yaklaşık olarak ilk 3 günde çok az oluşurken daha sonra 21. günde en yüksek miktara ulaştığı görülmektedir. Biyogaz üretimi 30 gün sonunda 171,1 mL olup biyogaz üretim verimi ise 239,1 mL_{biyogaz}/gKM'dir. Metan üretimi ise yine ilk 3 günde çok az üretilirken daha sonra 21. günde üretilen metan miktarı en yüksek seviyelerdedir (Şekil 4.56).

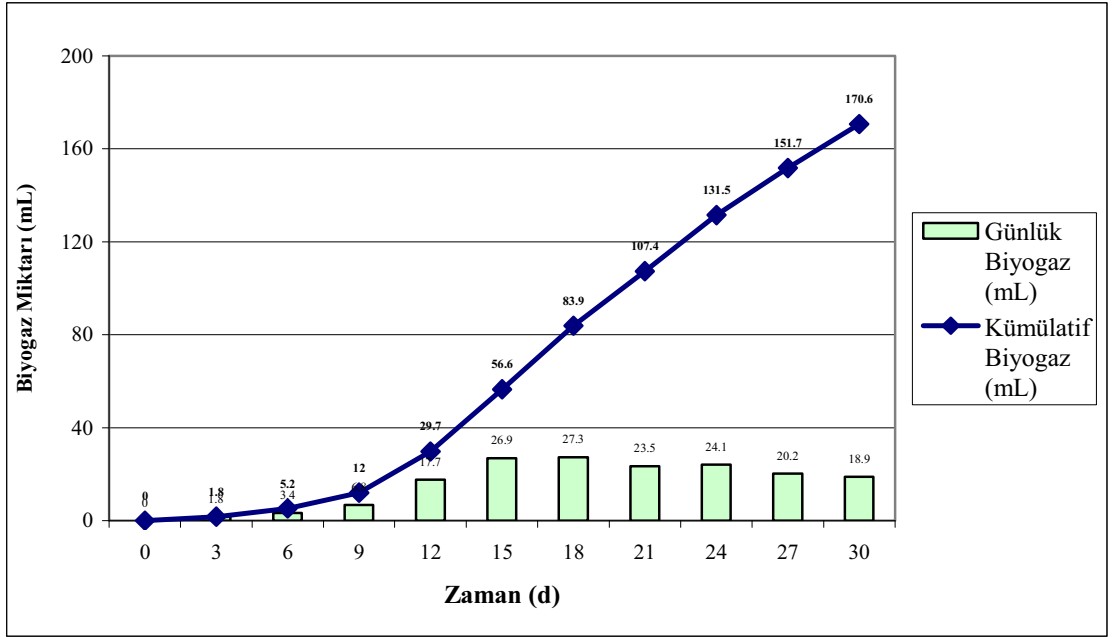


Şekil 4.56. %10'luk HNO₃ kullanılarak 30min SNKS'da Pişirilerek Ön İşlem Uygulanmış Portakal Posasının Sulu Fazında Zamanla Üretilen Metan Miktarı

Metan üretimi 30 gün sonunda 88,1 mL olup biyogaz üretim verimi ise 123,1 mL_{CH₄}/gKM'dir. Üretilen biyogazda bulunan metanın hacimsel olarak %51,5 olduğu da görülmektedir.

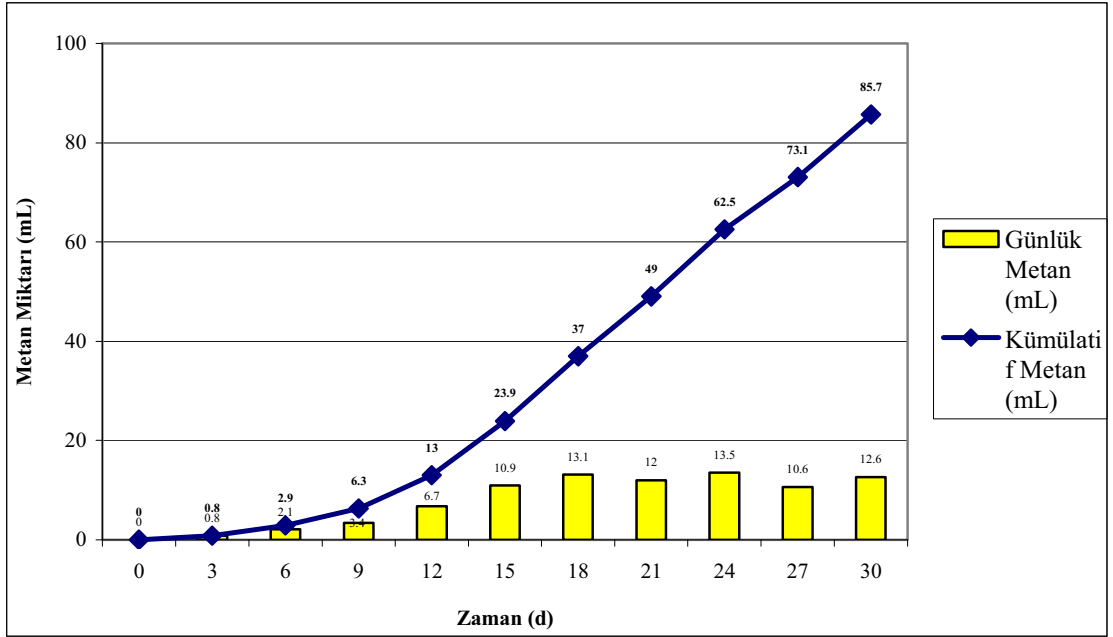
4.4.2.2.5. %15'lik HNO₃ kullanılarak 15min Mikrodalga radyasyonunda ön işlemi uygulanmış portakal posasının sulu çözeltisi

Mikrodalga (%15'lik HNO₃ kullanılarak 15min Mikrodalga radyasyonuna maruz bırakılan) ön işlem uygulanmış portakal posası, 30 gün süre ile 35°C'de inkübatörde bekletilerek her üç günde biyogaz ve metan miktarları ile ilgili bulgular Şekil 4.57 ve 4.58'de verilmiştir.



Şekil 4.57. %15'lik HNO₃ Kullanılarak 15min Mikrodalga Radyasyonunda Ön İşlem Uygulanmış Portakal Posasının Sulu Fazında Zamanla Üretilen Biyogaz Miktarı

Üretilen biyogaz miktarı yaklaşık olarak ilk 3 günde çok az oluşurken daha sonra 15. ve 18. günlerde en yüksek miktara ulaştığı görülmektedir. Biyogaz üretimi 30 gün sonunda 170,6 mL olup biyogaz üretim verimi ise 254,4 mL_{biyogaz}/gKM'dir. Metan üretimi ise yine ilk 3 günde çok az üretilirken daha sonra 15, ve 18. günlerde üretilen metan miktarı en yüksek seviyelerdedir (Şekil 4.58).

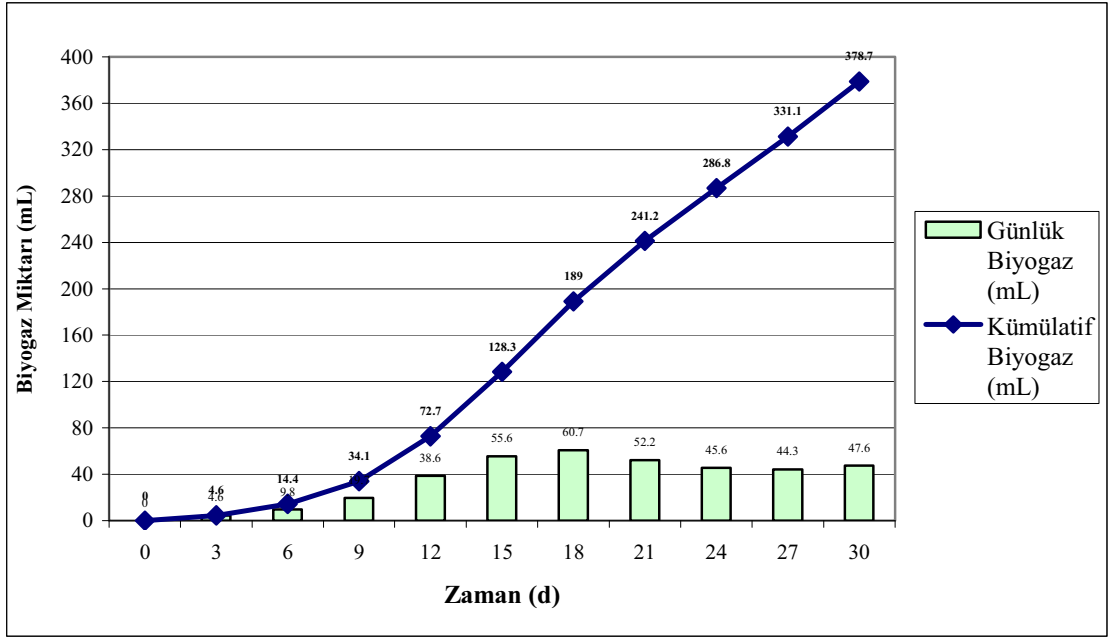


Şekil 4.58. %15'lik HNO₃ kullanılarak 15min Mikrodalga Radyasyonunda Ön İşlem Uygulanmış Portakal Posasının Sulu Fazında Zamanla Üretilen Metan Miktarı

Metan üretimi 30 gün sonunda 85,7 mL olup biyogaz üretim verimi ise 127,8 mL_{CH₄}/gKM'dir. Üretilen biyogazda bulunan metanın hacimsel olarak %50,2 olduğu da görülmektedir.

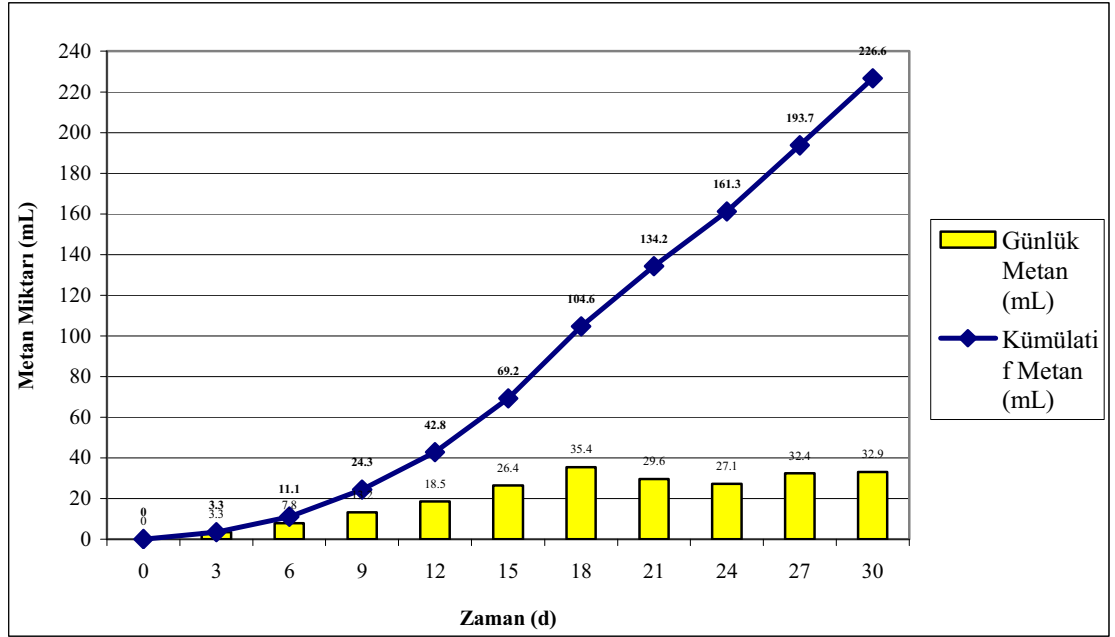
4.4.2.2.6. %15 NaOH kullanılarak 30min Ultrases dalgalarında ön işleme uygulanmış portakal posasının sulu çözeltisi

Ultrases (%15 NaOH kullanılarak 30min Ultrases dalgalarına maruz bırakılmış) ön işlem uygulanmış portakal posası, 30 gün süre ile 35°C'de inkübatörde bekletilerek her üç günde biyogaz ve metan miktarları ile ilgili bulgular Şekil 4.59 ve 4.60'da verilmiştir.



Şekil 4.59. %15 NaOH Kullanılarak 30min Ultrases Dalgalarında Ön İşlem Uygulanmış Portakal Posasının Sulu Fazında Zamanla Üretilen Biyogaz Miktarı

Üretilen biyogaz miktarı yaklaşık olarak ilk 3 günde çok az oluşurken daha sonra 18. günde en yüksek miktara ulaştığı görülmektedir. Biyogaz üretimi 30 gün sonunda 378,7 mL olup biyogaz üretim verimi ise 264,8 mL_{biyogaz}/gKM'dir. Metan üretimi ise yine ilk 3 günde çok az üretilirken daha sonra 18. günde üretilen metan miktarı en yüksek seviyededir (Şekil 4.60).



Şekil 4.60. %15 NaOH kullanılarak 30min Ultrases Dalgalarında Ön İşlem Uygulanmış Portakal Posasının Sulu Fazında Zamanla Üretilen Metan Miktarı

Metan üretimi 30 gün sonunda 226,6 mL olup biyogaz üretim verimi ise 158,4 mL_{CH₄}/gKM'dir. Üretilen biyogazda bulunan metanın hacimsel olarak %59,8 olduğu da görülmektedir. En yüksek hacimsel yüzdenin Ultrasesde olduğu da görülmektedir.

Suda çözünürlüğü en yüksek olan numunelerde biyogaz ve metan üretimi %15 NaOH kullanılarak yapılan Ultrases ön işlemidir. Bu ön işlemde elde edilen numunelerden de yine 378,7 mL_{biyogaz}/gKM üretilmiş, 264,8 mL_{biyogaz}/gUM biyogaz üretim verimleri de hesaplanmıştır. Metan üretimi ise 226,6 mL_{CH₄}/gKM olup metan üretim veriminin ise 158,4 mL_{CH₄}/gUM olduğu hesaplanmıştır.

Biyolojik olarak parçalanmaları zor olan maddelere ön işlem uygulandığında kolayca ayrışmaya uğradığı görülmektedir. Daha basit formlara dönüşen bu maddelerden de biyogaz üretimi oldukça kolaylaşmakta ve verimleri de artmaktadır.

4.5. ANAEROBİK İŞLEMLERDE KULLANILAN SULU FAZLARDA MLSS, KOİ VE BOİ₅ DERİŞİMLERİ

Aritma çamuru ve portakal posasına uygulanan oda sıcaklığında suda bekletme ve kimyasal ekleyerek bekletme, ısı, ısılkimyasal, mikrodalga ve ultrasesle yapılan işlemlerden en yüksek suda çözünürlüğün saptandığı sulu fazlar ile orijinal örneklerden anaerobik işlem süresince üretilen gaz miktarları ölçümlerine paralel olarak sulu fazlarda MLSS, KOİ ve BOİ₅ derişimleri ile ilişkili bulgular şekiller halinde verilmiş ve alt başlıklarda tartışılmıştır.

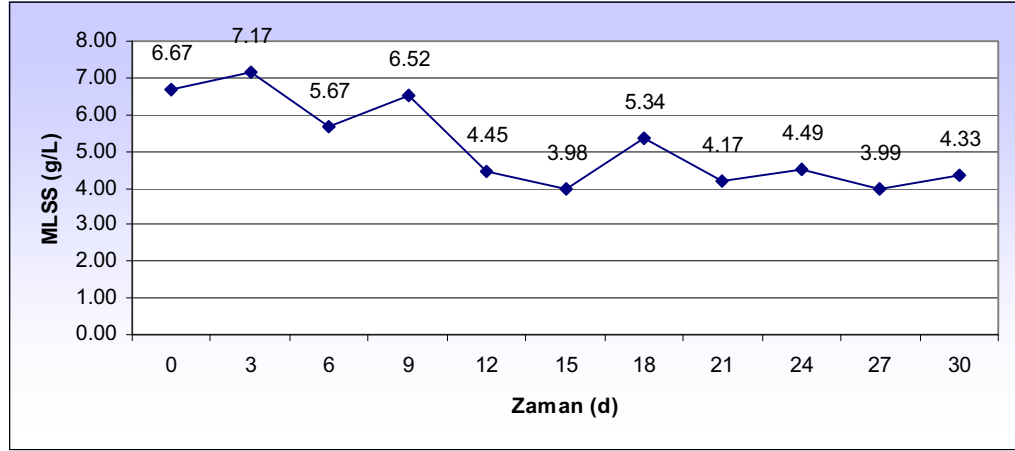
4.5.1. Arıtma Çamurundan Üretilen Sulu Fazlarda MLSS, KOİ ve BOİ₅'in Zamanla Değişimi

4.5.1.1. Orijinal arıtma çamurunun sulu karışımı

Orijinal arıtma çamurunun anaerobik işlemi sürecinde 3'er gün arayla alınan 15mL'lik şişelerdeki karışımlar santrifüjlenerek santrifüj tüplerinde kalan katı madde miktarları ve sulu fazlarda saptanan MLSS, KOİ ve BOİ₅ derişim bulguları sırasıyla şekil 4.61, 4.62 ve 4.63'de verilerek alt başlıklarda tartışılmıştır.

4.5.1.1.1. Orijinal arıtma çamurunun sulu fazındaki MLSS derişiminin zamanla değişimi

Orijinal arıtma çamurunun sulu karışımının anaerobik işlemi süresince MLSS derişiminin zamana göre değişimi şekil. 4.61'deki grafikte başlangıç MLSS derişiminde (6,67gMLSS/L) ilk üç günde artış olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.61. Orijinal Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki MLSS Derişiminin Zamanla Değişimi

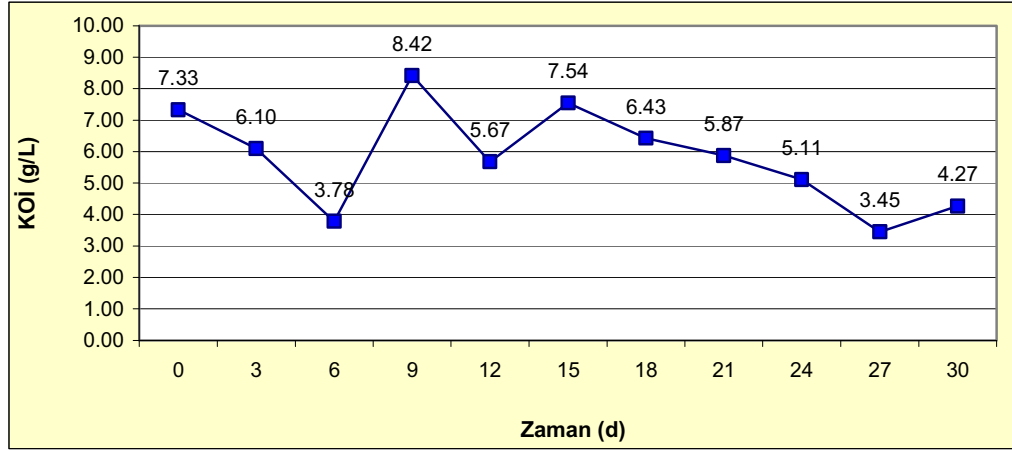
30 günlük anaerobik işlem sonunda ise MLSS derişiminin 4,33 gMLSS/L olduğu görölmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonucunda %35,08'lik bir azalmanın olduğu hesaplanmıştır. Santrifüjlemede 10 000 rpm hızla çalışan santrifüj aletinin kullanımı, mikroorganizmaların parçalanarak çok küçük taneciklere dönüştüğü ve santrifüj tüplerindeki merkezci kuvvetlerin bu taneciklerin çökemeleri için yetersiz kaldığı söylenebilir.

30 günlük anaerobik işlem sürecinde MLSS derişiminde yaklaşık ilk 3 günde bir artış daha sonra 6. güne kadar düşüş olduğu daha sonra 9. günde bir artışın meydana geldiği ve bu artıştan sonra 15. güne kadar sürekli bir azalmanın olduğu görölmektedir. 18. günde artış olmuş ancak hemen sonrasında yeniden düşüş gerçekleşmiştir. 21. ve 27. günlerden sonra bir artış olduğu görölmektedir. Ortamda MLSS artışının nedeni organik maddelerin mikroorganizmalarca üreme amacıyla kullanıldığını göstermekte, sistemdeki salınımların ise mikroorganizmaların ölümü ve üremesi nedeniyle meydana gelen salınımlar olmasından kaynaklanmaktadır. Bir döngü halinde gerçekleşen bu olaylar asit bakterilerinin ölmesi ve metan bakterilerinin devreye girerek metan üretimine başlaması olarak da açıklanabilir. Sürekli bir azalmanın meydana gelmesi ise anaerobik işlemin gerçekleştiği reaktörde (şışede) organik maddelerin azalmasını göstermektedir.

Ancak bazı artışların olmasının nedeni de ölen mikroorganizmaların diğer mikroorganizmalar tarafından besin maddesi olarak kullanılmalarından kaynaklandığı da söylenebilir.

4.5.1.1.2. Orijinal arıtma çamurunun sulu fazındaki KOİ derişiminin zamanla değişimi

Orijinal arıtma çamurunun sulu karışımının anaerobik işlem süresince KOİ derişiminin zamana göre değişimi Şekil. 4.62’de verilmiştir.



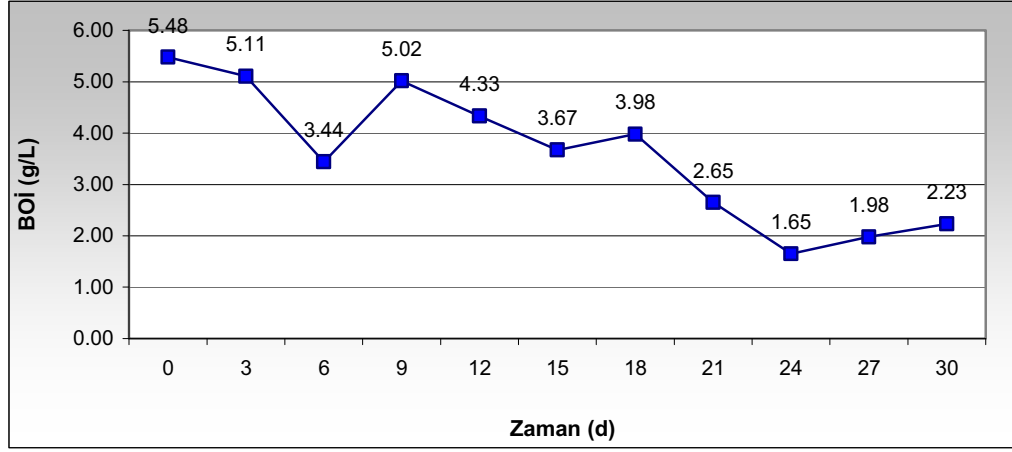
Şekil 4.62. Orijinal Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki KOİ Derişiminin Zamanla Değişimi

Şekil 4.62’de anaerobik işleme tabi tutulmadan ilk günkü KOİ derişiminin 7,33 gKOİ/L olduğu görülmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonunda ise KOİ derişiminin 4,27 gKOİ/L olduğu görülmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonucunda %41,7’lik bir azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır.

30 günlük anaerobik işlem sürecinde KOİ derişiminde yaklaşık ilk 6 günde bir düşüş olduğu daha sonra 9. günd bir artışın meydana geldiği ve bu artıştan sonra sürekli bir azalmanın olduğu görülmektedir.

4.5.1.1.3. Orijinal arıtma çamurunun sulu fazındaki BOİ₅ derişiminin zamanla değişimi

Orijinal arıtma çamurunun sulu karışımının anaerobik işlem süresince BOİ₅ derişiminin zamana göre değişimi Şekil. 4.63’de verilmiştir.



Şekil 4.63. Orijinal Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki BOİ₅ Derişiminin Zamanla Değişimi

Şekil 4.63.’de anaerobik işleme tabi tutulmadan ilk günkü BOİ₅ derişiminin 5,48 gBOİ₅/L olduğu görülmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonunda ise BOİ₅ derişiminin 2,23 gBOİ₅/L olduğu görülmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonucunda %59,31’lik bir azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır.

30 günlük anaerobik işlem sürecinde BOİ₅ derişiminde yaklaşık ilk 6 günde bir düşüş olduğu daha sonra 9. güne kadar bir artışın meydana geldiği, bu artıştan sonra 24. güne kadar bir azalma meydana geldiği, 24. günden sonra ise artış olduğu görülmektedir.

BOİ₅ derişiminin artış gösterdiği zamanlarda biyogaz üretiminin oldukça sınırlı olduğu ancak BOİ₅ derişimini düşmeye başladığı zamanlarda yüksek BOİ₅ derişiminin olduğu görülmektedir. BOİ₅ derişiminde meydana gelen artışın organik maddelerin hidrolizi ve asitleşme aşamasının gerçekleştiği yani anaerobik işlem safhalarının sırayla

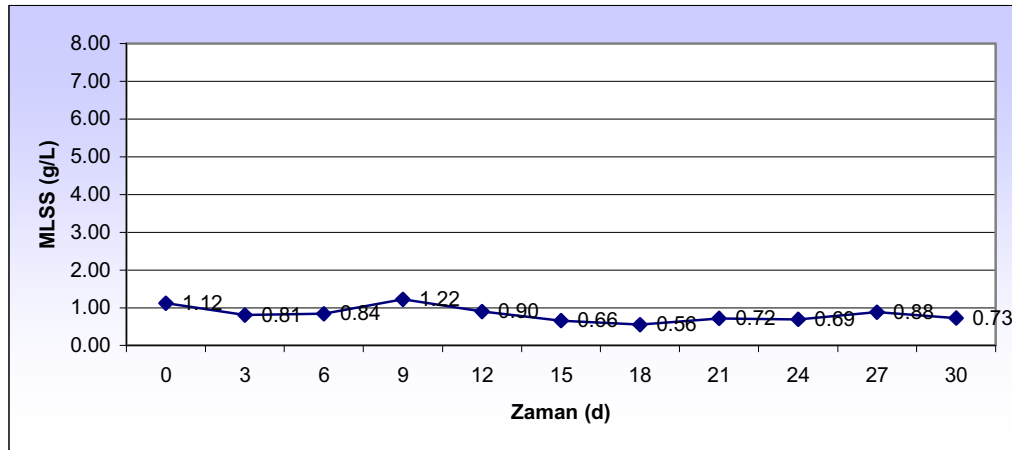
gerçekleşmesinin kanıtı olduğu söylenebilir. Ayrıca mikroorganizmaların üremelerinin de gerçekleşmesiyle BOI_5 'de meydana gelen salınımların açıklaması olarak tanımlanabilir. Biyogaz üretimi arttıkça BOI_5 derişiminde azalma meydana geldiği görülmektedir.

4.5.1.2. Oda sıcaklığında bekletilen arıtma çamurunun sulu çözeltisi

Oda sıcaklığında bekletilme anaerobik işlemleri sürecinde 3'er gün aryla alınan 15mL'lik şişelerdeki karışımlar santrifüjlenerek santrifüj tüplerinde kalan katı madde miktarları ve sulu fazlarda saptanan MLSS, KOI ve BOI_5 derişim bulguları sırasıyla şekil 4.64, 4.65 ve 4.66'da verilerek alt başlıklarda tartışılmıştır. Bu süre zarfında 15mL'lik şişelerde oluşan gaz günlük olarak bir şırınga iğnesi vasıtasıyla boşaltılmıştır.

4.5.1.2.1. Oda sıcaklığında bekletilen arıtma çamurunun sulu fazındaki MLSS derişiminin zamanla değişimi

En yüksek suda çözünürlüğün elde edildiği arıtma çamurunun sulu fazının anaerobik işlem süresince MLSS derişiminin zamana göre değişimi Şekil 4.64'de verilmiştir.



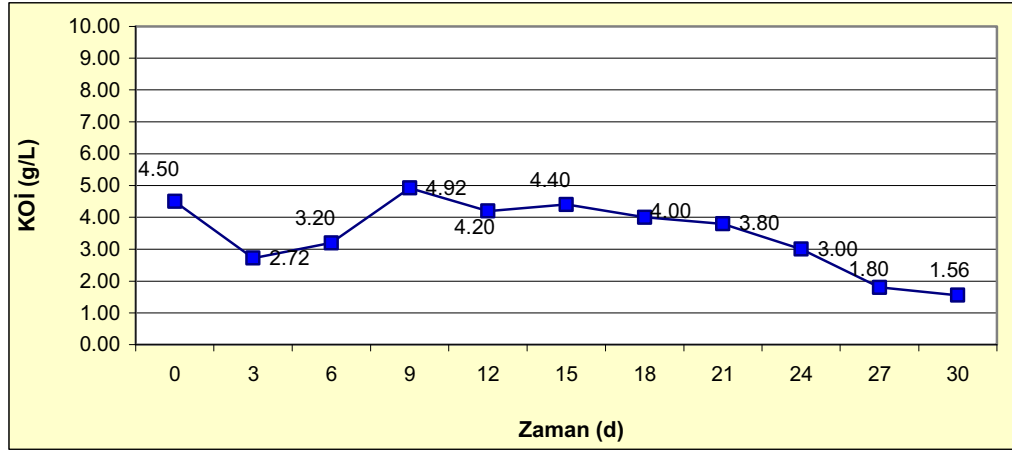
Şekil 4.64. Oda Sıcaklığında Bekletilen Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki MLSS Derişiminin Zamanla Değişimi

Şekil 4.64. incelendiğinde anaerobik işleme tabi tutulmadan ilk günkü MLSS derişiminin 1,12gMLSS/L olduğu görölmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonunda ise MLSS derişiminin 0,73gMLSS/L olduğu görölmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonucunda %34,82'lik bir azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır.

30 günlük anaerobik işlem sürecinde MLSS derişiminde yaklaşık ilk 6 günde bir düşüş olduğu daha sonra 9. günde bir artışın meydana geldiği ve bu artıştan sonra 18. güne kadar sürekli bir azalmanın olduğu görölmektedir. 18. günden sonra da bir artış olduğu görölmektedir. Ortamda MLSS artışının nedeni organik maddelerin mikroorganizmalarca üreme amacıyla kullanıldığını göstermekte, sistemdeki salınımların ise mikroorganizmaların ölümü ve üremesi nedeniyle meydana gelen salınımlar olmasınadan kaynaklanmaktadır. Bir döngü halinde gerçekleşen bu olaylar asit bakterilerinin ölmesi ve metan bakterilerinin devreye girerek metan üretimine başlaması olarak da açıklanabilir. Sürekli bir azalmanın meydana gelmesi ise anaerobik işlemin gerçekleştiği reaktörde (şişede) organik maddelerin azalmasını göstermektedir. Ancak bazı artışların olmasının nedeni de ölen mikroorganizmaların diğer mikroorganizmalar tarafından besin maddesi olarak kullanılmalarından kaynaklandığı da söylenebilir.

4.5.1.2.2. Oda sıcaklığında bekletilen arıtma çamurunun sulu fazındaki KOİ derişiminin zamanla değişimi

En yüksek suda çözünürlüğün elde edildiği arıtma çamurunun sulu fazının anaerobik işlem süresince KOİ derişiminin zamana göre değişimi şekil 4.65'de verilmiştir.



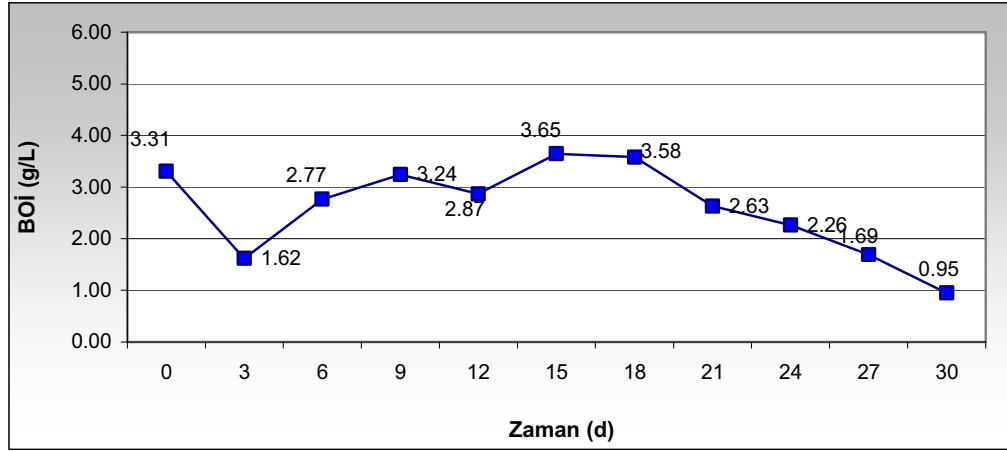
Şekil 4.65. Oda Sıcaklığında Bekletilen Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki KOİ Derişiminin Zamanla Değişimi

Şekil 4.65.'de anaerobik işleme tabi tutulmadan ilk günkü KOİ derişiminin 4,50 gKOİ/L olduğu görülmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonunda ise KOİ derişiminin 1,56 gMLSS/L olduğu görülmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonucunda %65,33'lük bir azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır.

30 günlük anaerobik işlem sürecinde KOİ derişiminde yaklaşık ilk 3 günde bir düşüş olduğu daha sonra 9. güne kadar bir artışın meydana geldiği ve bu artıştan sonra sürekli bir azalmanın olduğu görülmektedir.

4.5.1.2.3. Oda sıcaklığında bekletilen arıtma çamurunun sulu fazındaki BOİ₅ derişiminin zamanla değişimi

En yüksek suda çözünürlüğün elde edildiği arıtma çamurunun sulu fazının anaerobik işlem süresince BOİ₅ derişiminin zamana göre değişimi şekil 4.66'da verilmiştir.



Şekil 4.66. Oda Sıcaklığında Bekletilen Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki BOI₅ Derişiminin Zamanla Değişimi

Şekil 4.66.'da anaerobik işleme tabi tutulmadan ilk günkü BOI₅ derişiminin 3,31g BOI₅/L olduğu görölmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonunda ise BOI₅ derişiminin 0,95g BOI₅/L olduğu görölmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonucunda %71,30'luk bir azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır.

30 günlük anaerobik işlem sürecinde BOI₅ derişiminde yaklaşık ilk 3 günde bir düşüş olduğu daha sonra 9. güne kadar bir artışın meydana geldiği, bu artıştan sonra 12. güne kadar küçük bir azalma meydana geldiği, kısa bir yükselmenin meydana geldiği 15. günden sonra ise sürekli bir azalmanın olduğu görölmektedir.

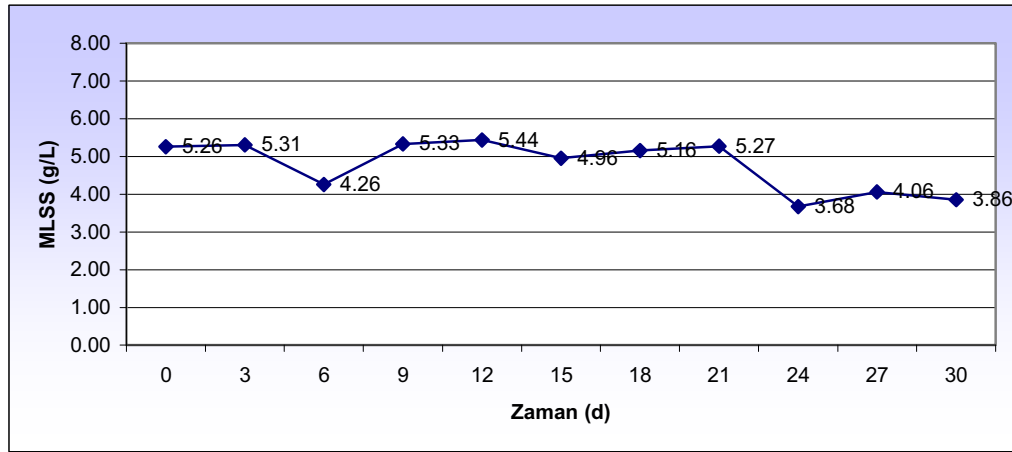
BOI₅ derişiminin artış gösterdiği zamanlarda biyogaz üretiminin oldukça sınırlı olduğu ancak BOI₅ derişimini düşmeye başladığı zamanlarda yüksek BOI₅ derişiminin olduğu görölmektedir. BOI₅ derişiminde meydana gelen artışın organik maddelerin hidrolizi ve asitleşme aşamasının gerçekleştiği yani anaerobik işlem safhalarının sırayla gerçekleşmesinin kanıtı olduğu söylenebilir. Ayrıca mikroorganizmaların üremelerinin de gerçekleşmesiyle BOI₅'de meydana gelen salınımların açıklaması olarak tanımlanabilir. Biyogaz üretimi arttıkça BOI₅ derişiminde azalma meydana geldiği görölmektedir.

4.5.1.3. Isıl ön işlem uygulanmış arıtma çamurunun sulu çözeltisi

Isıl ön işlem uygulanmış arıtma çamurunun sulu fazındaki anaerobik işlemi sürecinde 3'er gün arayla alınan 15mL'lik şişelerdeki karışımlar santrifüjlenerek santrifüj tüplerinde kalan katı madde miktarları ve sulu fazlarda saptanan MLSS, KOİ ve BOİ₅ derişim bulguları sırasıyla şekil 4.67, 4.68 ve 4.69'da verilerek alt başlıklarda tartışılmıştır. Bu süre zarfında 15mL'lik şişelerde oluşan gaz günlük olarak bir şırınga iğnesi vasıtasıyla boşaltılmıştır.

4.5.1.3.1. 30min pişirilerek ön işleme tabi tutulan arıtma çamurunun sulu fazındaki MLSS derişiminin zamanla değişimi

En yüksek suda çözünürlüğün elde edildiği arıtma çamurunun sulu fazının anaerobik işlem süresince MLSS derişiminin zamana göre değişimi şekil 4.67'de verilmiştir.



Şekil 4.67. 30min Pişirilerek Ön İşleme Uygulanan Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki MLSS Derişiminin Zamanla Değişimi

Şekil 4.67 incelendiğinde anaerobik işleme tabi tutulmadan ilk günkü MLSS derişiminin 5,26gMLSS/L olduğu görülmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonunda ise

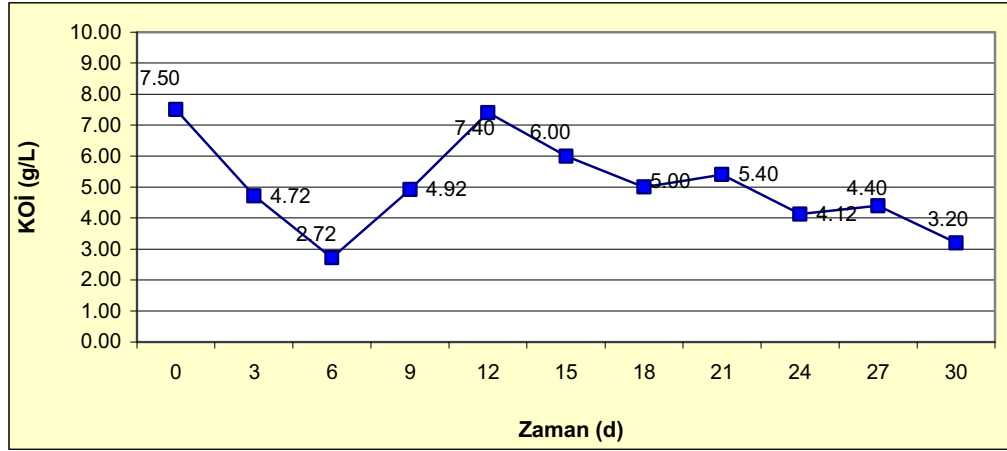
MLSS derişiminin 3,86gMLSS/L olduğu gör÷lmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonucunda %26,62'lik bir azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır.

30 günlük anaerobik işlem sürecinde MLSS derişiminde ilk 3 günde kaydadeğer bir değişim gözlenmemiştir. 3. günden sonra bir düşüş meydana gelmiş daha sonra 9. günden itibaren 21. güne kadar çok küçük salınımlar olmuş ancak büyük bir değişim olmamıştır. 21. günden sonra ise sürekli bir azalmanın olduğu gör÷lmektedir. Ortamda MLSS artışının nedeni organik maddelerin mikroorganizmalarca üreme amacıyla kullanıldığını göstermekte, sistemdeki salınımların ise mikroorganizmaların ölümü ve üremesi nedeniyle meydana gelen salınımlar olmasından kaynaklanmaktadır. Bir döngü halinde gerçekleşen bu olaylar asit bakterilerinin ölmesi ve metan bakterilerinin devreye girerek metan üretimine başlaması olarak da açıklanabilir. Sürekli bir azalmanın meydana gelmesi ise anaerobik işlemin gerçekleştiği ortamda organik maddelerin azaldığını göstermektedir. Ancak bazı artışların olmasının nedeni de ölen mikroorganizmaların diğer mikroorganizmalar tarafından besin maddesi olarak kullanılmalarından kaynaklandığı da söylenebilir.

Uygulanan ısı ön işleme suda çözünürlüğün artması ve organik maddelerin mikroorganizmalarca daha kolay parçalaması MLSS'in azalmasında ön işlemin etkinliğini göstermektedir.

4.5.1.3.2. 30min pişirilerek ön işleme tabi tutulan arıtma çamurunun sulu fazındaki KOİ derişiminin zamanla değişimi

En yüksek suda çözünürlüğün elde edildiği arıtma çamurunun sulu fazının anaerobik işlem süresince KOİ derişiminin zamana göre değişimi şekil 4.68'de verilmiştir.



Şekil 4.68. 30min Pişirilerek Ön İşleme Uygulanan Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki KOİ Derişiminin Zamanla Değişimi

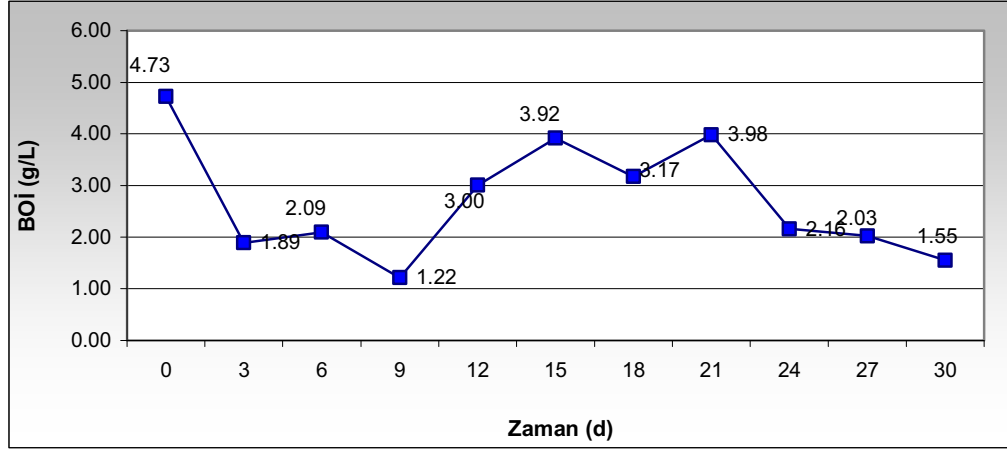
Şekil 4.68’de anaerobik işleme tabi tutulmadan ilk günkü KOİ derişiminin 7,50 gKOİ/L olduğu görülmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonunda ise KOİ derişiminin 3,20 gMLSS/L olduğu görülmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonucunda %57,33’lük bir azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır.

30 günlük anaerobik işlem sürecinde KOİ derişiminde yaklaşık ilk 6 günde bir düşüş olduğu daha sonra 12. güne kadar bir artışın meydana geldiği ve bu artıştan sonra küçük artışlar olsa da sürekli bir azalmanın olduğu görülmektedir.

Isıl ön işlemlerle sitoplazmik membran üzerinde küçük deliklerin oluşması ve hücre içi maddelerin bu deliklerden çamur sıvısına geçmesiyle çözünmüş KOİ’nin artmasına sebep olduğu rapor edilmiştir [92].

4.5.1.3.3. 30min pişirilerek ön işleme tabi tutulan arıtma çamurunun sulu fazındaki BOİ₅ derişiminin zamanla değişimi

En yüksek suda çözünürlüğün elde edildiği arıtma çamurunun sulu fazının anaerobik işlem süresince BOİ₅ derişiminin zamana göre değişimi şekil 4.69’da verilmiştir.



Şekil 4.69. 30min Pişirilerek Ön İşleme Uygulanan Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki BOI₅ Derişiminin Zamanla Değişimi

Şekil 4.69.'da anaerobik işleme tabi tutulmadan ilk günkü BOI₅ derişiminin 4,73gBOI₅/L olduğu görölmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonunda ise BOI₅ derişiminin 1,55gBOI₅/L olduğu görölmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonucunda %67,23'lük bir azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır.

30 günlük anaerobik işlem sürecinde BOI₅ derişiminde yaklaşık 9 günde bir düşüş olduğu daha sonra 15. güne kadar bir artışın meydana geldiği, bu artıştan sonra 18. güne kadar küçük bir azalma meydana geldiği, 21. güne kadar kısa bir yükselmenin meydana geldiği 21. günden sonra ise sürekli bir azalmanın olduğu görölmektedir.

BOI₅ derişiminin artış gösterdiği zamanlarda biyogaz üretiminin oldukça sınırlı olduğu ancak BOI₅ derişimini düşmeye başladığı zamanlarda yüksek BOI₅ derişiminin olduğu görölmektedir. BOI₅ derişiminde meydana gelen artışın organik maddelerin hidrolizi ve asitleşme aşamasının gerçekleştiği yani anaerobik işlem safhalarının sırayla gerçekleşmesinin kanıtı olduğu söylenebilir. Ayrıca mikroorganizmaların üremelerinin de gerçekleşmesiyle BOI₅'de meydana gelen salınımların açıklaması olarak

tanımlanabilir. Biyogaz üretimi arttıkça BOI_5 derişiminde azalma meydana geldiği görülmektedir.

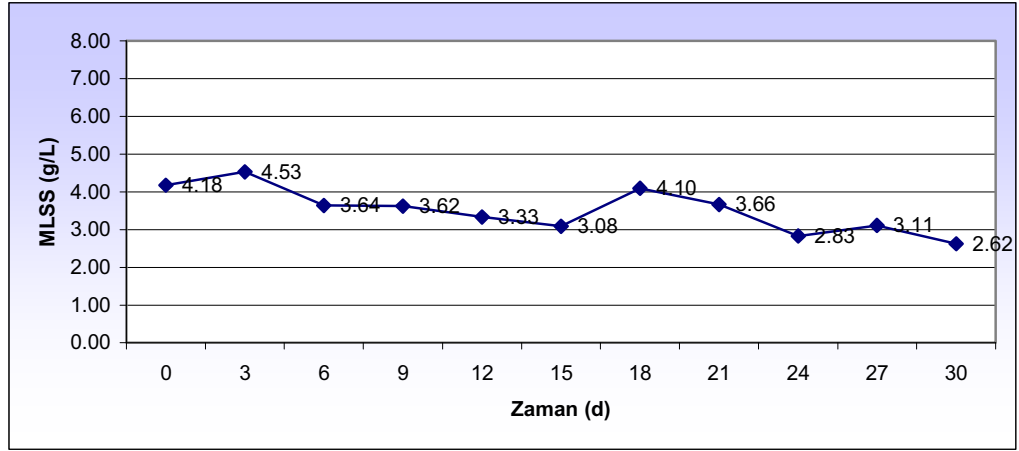
BOI_5 derişiminde salınımların çok olmasının nedeni mikroorganizmaların üremesi ve ölmesinden kaynaklanmaktadır. Bu esnada anaerobik işlemin değişik safhalarında oluşan yeni mikroorganizma türlerinin de ortama adaptasyonu ve bu işlemler sonucu oluşan biyogaz da BOI_5 derişiminin düşmesine yol açacaktır. Ancak asit oluşum basamağında biyolojik parçalanabilen maddelerin oluşumu BOI_5 derişiminin kararlığını sağlayabilir.

4.5.1.4. Kimyasal ön işlem uygulanmış arıtma çamurunun sulu çözeltisi

Katı maddenin kütlece % 20'si kadar NaOH kullanılarak 15min bekletilen sulu fazının anaerobik işlemi sürecinde 3'er gün arayla alınan 15mL'lik şişelerdeki karışımlar santrifüjlenerek santrifüj tüplerinde kalan katı madde miktarları ve sulu fazlarda saptanan MLSS, KOI ve BOI_5 derişim bulguları sırasıyla şekil 4.70, 4.71 ve 4.72'de verilerek alt başlıklarda tartışılmıştır. Bu süre zarfında 15mL'lik şişelerde oluşan gaz günlük olarak bir şırınga iğnesi vasıtasıyla boşaltılmıştır.

4.5.1.4.1. %20'lik NaOH kullanılarak 15min oda koşullarında bekletilip ön işleme tabi tutulan arıtma çamurunun sulu fazındaki MLSS derişiminin zamanla değişimi

En yüksek suda çözünürlüğün elde edildiği arıtma çamurunun sulu fazının anaerobik işlem süresince MLSS derişiminin zamana göre değişimi şekil 4.70'de verilmiştir.



Şekil 4.70. %20'lik NaOH Kullanılarak 15min Oda Koşullarında Bekletilip Ön İşleme Uygulanan Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki MLSS Derişiminin Zamanla Değişimi

Şekil 4.70 incelendiğinde anaerobik işleme tabi tutulmadan ilk günkü MLSS derişiminin 4,18 gMLSS/L olduğu görülmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonunda ise MLSS derişiminin 2,62 gMLSS/L olduğu görülmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonucunda %37,32'lik bir azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır.

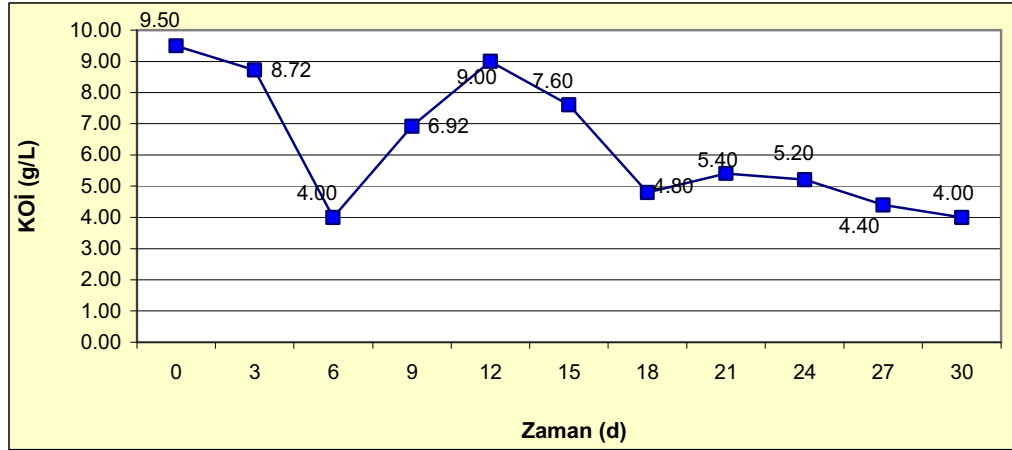
30 günlük anaerobik işlem sürecinde MLSS derişiminde ilk 3 günde küçük bir artış gözlenmiştir. 3. günden sonra 15. güne kadar bir düşüş meydana gelmiştir. 15. günden 18.güne kadar artış olmuş 18. günden itibaren ise sürekli bir azalmanın olduğu görülmektedir. Ortamda MLSS artışının nedeni organik maddelerin mikroorganizmalarca üreme amacıyla kullanıldığını göstermekte, sistemdeki salınımların ise mikroorganizmaların ölümü ve üremesi nedeniyle meydana gelen salınımlar olmasından kaynaklanmaktadır. Bir döngü halinde gerçekleşen bu olaylar asit bakterilerinin ölmesi ve metan bakterilerinin devreye girerek metan üretimine başlaması olarak da açıklanabilir. Sürekli bir azalmanın meydana gelmesi ise anaerobik işlemin gerçekleştiği ortamda organik maddelerin azaldığını göstermektedir. Ancak bazı artışların olmasının nedeni de ölen mikroorganizmaların diğer mikroorganizmalar tarafından besin maddesi olarak kullanılmalarından kaynaklandığı da söylenebilir.

Kimyasal ön işlemin uygulanması sonucu suda çözünürlüğün artması ve organik maddelerin mikroorganizmalarca daha kolay parçalanması MLSS'in zamanla azalmasında ön işlemin etkinliğini de göstermektedir.

4.5.1.4.2. %20'lik NaOH kullanılarak 15min oda koşullarında bekletilip ön işleme tabi tutulan arıtma çamurunun sulu fazındaki KOİ derişiminin zamanla değişimi

En yüksek suda çözünürlüğün elde edildiği arıtma çamurunun sulu fazının anaerobik işlem süresince KOİ derişiminin zamana göre değişimi şekil 4.71'de verilmiştir.

Şekil 4.71'de anaerobik işleme tabi tutulmadan ilk günkü KOİ derişiminin 9,50 gKOİ/L olduğu görülmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonunda ise KOİ derişiminin 4,00 gMLSS/L olduğu görülmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonucunda %57,89'luk bir azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır.



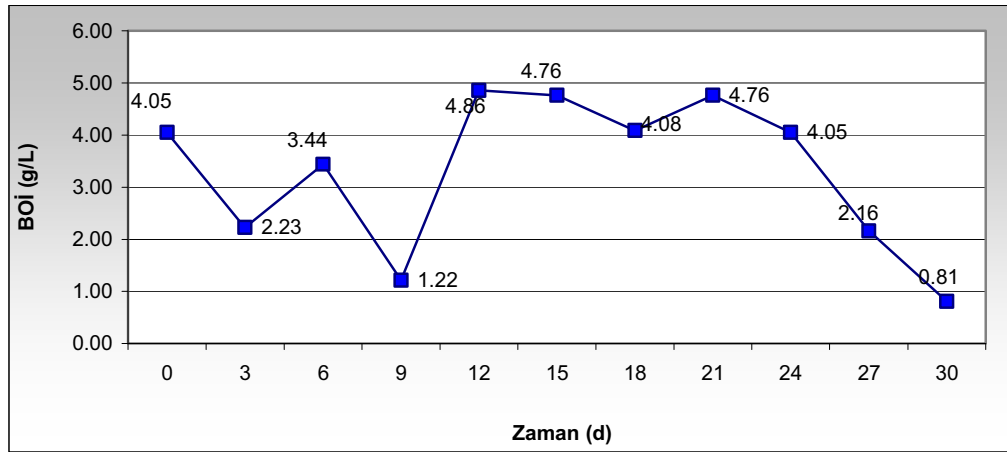
Şekil 4.71. %20'lik NaOH Kullanılarak 15min Oda Koşullarında Bekletilerek Ön İşleme Uygulanan Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki KOİ Derişiminin Zamanla Değişimi

30 günlük anaerobik işlem sürecinde KOİ derişiminde yaklaşık ilk 6 günde bir düşüş olduğu daha sonra 12. güne kadar bir artışın meydana geldiği ve bu artıştan sonra küçük artışlar olsa da sürekli bir azalmanın olduğu görülmektedir.

4.5.1.4.3. %20'lik NaOH kullanılarak 15min oda koşullarında bekletilip ön işleme tabi tutulan arıtma çamurunun sulu fazındaki BOİ₅ derişiminin zamanla değişimi

En yüksek suda çözünürlüğün elde edildiği arıtma çamurunun sulu fazının anaerobik işlem süresince BOİ₅ derişiminin zamana göre değişimi Şekil 4.72'de verilmiştir.

Şekil 4.72'de anaerobik işleme tabi tutulmadan ilk günkü BOİ₅ derişiminin 4,05 gBOİ₅/L olduğu görülmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonunda ise BOİ₅ derişiminin 0,81 gBOİ₅/L olduğu görülmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonucunda %80,0'lik bir azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır.



Şekil 4.72. %20'lik NaOH Kullanılarak 15min Oda Koşullarında Bekletilerek Ön İşleme Uygulanan Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki BOİ₅ Derişiminin Zamanla Değişimi

30 günlük anaerobik işlem sürecinde BOİ₅ derişiminde yaklaşık 3 günde bir düşüş olduğu daha sonra 6. güne kadar bir artışın meydana geldiği, bu artıştan sonra 9. güne

kadar bir azalma meydana geldiği, 12. güne kadar bir artışın meydana geldiği 12. günden sonra ise bazı salınımlar olsa da sürekli bir azalmanın olduğu görülmektedir.

BOİ₅ derişiminin artış gösterdiği zamanlarda biyogaz üretiminin oldukça sınırlı olduğu ancak BOİ₅ derişimini düşmeye başladığı zamanlarda yüksek BOİ₅ derişiminin olduğu görülmektedir. BOİ₅ derişiminde meydana gelen artışın organik maddelerin hidrolizi ve asitleşme aşamasının gerçekleştiği yani anaerobik işlem safhalarının sırayla gerçekleşmesinin kanıtı olduğu söylenebilir. Ayrıca mikroorganizmaların üremelerinin de gerçekleşmesiyle BOİ₅'de meydana gelen salınımların açıklaması olarak tanımlanabilir. Biyogaz üretimi arttıkça BOİ₅ derişiminde azalma meydana geldiği görülmektedir.

BOİ₅ derişiminde salınımların çok olmasının nedeni mikroorganizmaların üremesi ve ölmesinden kaynaklanmaktadır. Bu esnada anaerobik işlemin değişik safhalarında oluşan yeni mikroorganizma türlerinin de ortama adaptasyonu ve bu işlemler sonucu oluşan biyogaz da BOİ₅ derişimini etkilemektedir.

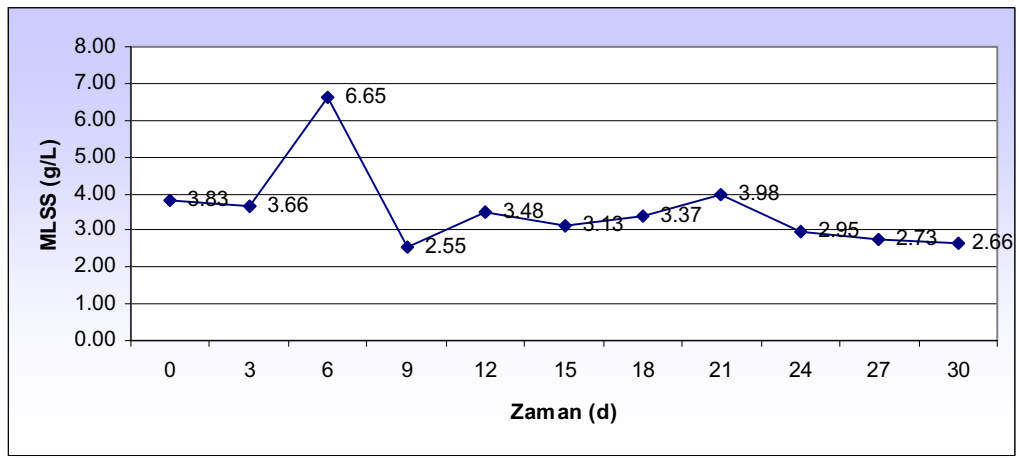
Kimyasal ön işlem uygulanmış numunelerde BOİ derişiminin azalmasının oldukça iyi olduğu da gözlenmiştir. Bu da ön işlemlerin biyolojik parçalanmayı hızlandırdığı, BOİ gibi kirlilikleri azaltılmasında etkin olduğu ve bunlara bağlı olarak da biyogaz üretim verimini arttırdığı söylenebilir.

4.5.1.5. Isıl kimyasal ön işlem uygulanmış arıtma çamurunun sulu çözeltisi

Katı maddenin kütlece % 20'si kadar HNO₃ kullanılarak 60min suyun kaynama noktası sıcaklığında pişirilerek elde edilen sulu fazının anaerobik işlemi sürecinde 3'er gün arayla alınan 15mL'lik şişelerdeki karışımlar santrifüjlenerek santrifüj tüplerinde kalan katı madde miktarları ve sulu fazlarda saptanan MLSS, KOİ ve BOİ₅ derişim bulguları sırasıyla şekil 4.73, 4.74 ve 4.75'de verilerek alt başlıklarda tartışılmıştır. Bu süre zarfında 15mL'lik şişelerde oluşan gaz günlük olarak bir şırınga iğnesi vasıtasıyla boşaltılmıştır.

4.5.1.5.1. %20'lik HNO₃ kullanılarak 60min SNKS'da pişirilerek ön işleme tabi tutulan arıtma çamurunun sulu fazındaki MLSS derişiminin Zamanla değişimi

En yüksek suda çözünürlüğün elde edildiği arıtma çamurunun sulu fazının anaerobik işlem süresince MLSS derişiminin zamana göre değişimi şekil. 4.73'de verilmiştir.



şekil 4.73. %20'lik HNO₃ Kullanılarak 60min SNKS'da Pişirilerek Ön İşlem Uygulanan Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki MLSS Derişiminin Zamanla Değişimi

şekil 4.73 incelendiğinde anaerobik işleme tabi tutulmadan ilk günkü MLSS derişiminin 3,83 gMLSS/L olduğu görölmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonunda ise MLSS derişiminin 2,66 gMLSS/L olduğu görölmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonucunda %30,55'lik bir azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır.

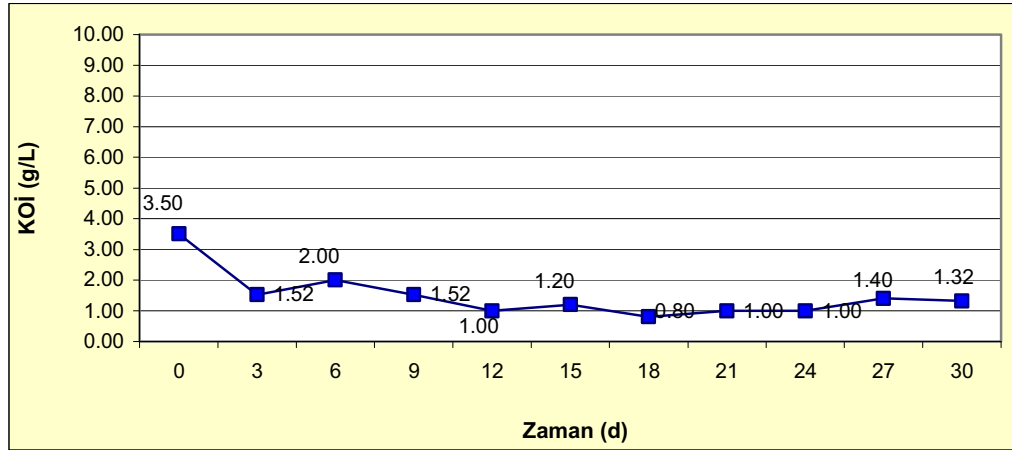
30 günlük anaerobik işlem sürecinde MLSS derişiminde ilk 3 günde küçük bir azalma gözlenmiştir. 3. günden sonra 6. güne kadar yüksek bir artış meydana gelmiştir. 6. günden itibaren anaerobik işlem sonuna kadar bir azalmanın olduğu görölmektedir. Ortamda MLSS artışının nedeni organik maddelerin mikroorganizmalarca üreme amacıyla kullanıldığını göstermekte, sistemdeki salınımların ise mikroorganizmaların ölümü ve üremesi nedeniyle meydana gelen salınımlar olmasından kaynaklanmaktadır.

Bir döngü halinde gerçekleşen bu olaylar asit bakterilerinin ölmesi ve metan bakterilerinin devreye girerek metan üretimine başlaması olarak da açıklanabilir. Sürekli bir azalmanın meydana gelmesi ise anaerobik işlemin gerçekleştiği ortamda organik maddelerin azaldığını göstermektedir. Ancak bazı artışların olmasının nedeni de ölen mikroorganizmaların diğer mikroorganizmalar tarafından besin maddesi olarak kullanılmalarından kaynaklandığı da söylenebilir.

Isıl kimyasal ön işlemin uygulanması sonucu suda çözünürlüğün artması ve organik maddelerin mikroorganizmalarca daha kolay parçalanması nedeniyle MLSS'in zamanla azalmasında ön işlemin etkinliğini de göstermektedir.

4.5.1.5.2. %20'lik HNO₃ kullanılarak 60min SNKS'da pişirilerek ön işleme tabi tutulan arıtma çamurunun sulu fazındaki KOİ derişiminin Zamanla değişimi

En yüksek suda çözünürlüğün elde edildiği arıtma çamurunun sulu fazının anaerobik işlem süresince KOİ derişiminin zamana göre değişimi Şekil 4.74'de verilmiştir.



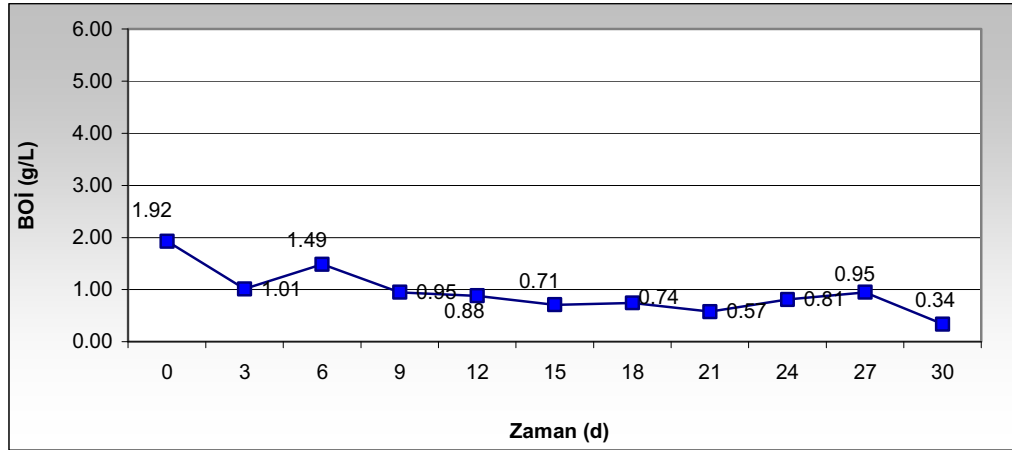
Şekil 4.74. %20'lik HNO₃ Kullanılarak 60min SNKS'da Pişirilerek Ön İşlem Uygulanan Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki KOİ Derişiminin Zamanla Değişimi

Şekil 4.74'de anaerobik işleme tabi tutulmadan ilk günkü KOİ derişiminin 3,50gKOİ/L olduğu görölmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonunda ise KOİ derişiminin 1,32gMLSS/L olduğu görölmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonucunda %62,29'luk bir azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır.

30 günlük anaerobik işlem sürecinde KOİ derişiminde yaklaşık ilk 3 günde bir düşüş olduğu daha sonra 6. güne kadar bir artışın meydana geldiği ve bu artıştan sonra küçük artışlar olsa da sürekli bir azalmanın olduğu görölmektedir.

4.5.1.5.3. %20'lik HNO₃ kullanılarak 60min SNKS'da pişirilerek ön işleme tabi tutulan arıtma çamurunun sulu fazındaki BOİ₅ derişiminin Zamanla değişimi

En yüksek suda çözünürlüğün elde edildiği arıtma çamurunun sulu fazının anaerobik işlem süresince BOİ₅ derişiminin zamana göre değişimi şekil. 4.75'de verilmiştir.



Şekil 4.75. %20'lik HNO₃ Kullanılarak 60min SNKS'da Pişirilerek Ön İşlem Uygulanan Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki BOİ₅ Derişiminin Zamanla Değişimi

Şekil 4.75.'de anaerobik işleme tabi tutulmadan ilk günkü BOİ₅ derişiminin 1,92 gBOİ₅/L olduğu görölmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonunda ise BOİ₅ derişiminin

0,34 gBOİ₅/L olduğu görülmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonucunda %82,29'luk bir azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır.

30 günlük anaerobik işlem sürecinde BOİ₅ derişiminde yaklaşık 3 günde bir düşüş olduğu daha sonra 6. güne kadar bir artışın meydana geldiği, bu artıştan ise bazı salınımlar olsa da sürekli bir azalmanın olduğu görülmektedir.

BOİ₅ derişiminin artış gösterdiği zamanlarda biyogaz üretiminin oldukça sınırlı olduğu ancak BOİ₅ derişimini düşmeye başladığı zamanlarda yüksek BOİ₅ derişiminin olduğu görülmektedir. BOİ₅ derişiminde meydana gelen artışın organik maddelerin hidrolizi ve asitleşme aşamasının gerçekleştiği yani anaerobik işlem safhalarının sırayla gerçekleşmesinin kanıtı olduğu söylenebilir. Ayrıca mikroorganizmaların üremelerinin de gerçekleşmesiyle BOİ₅'de meydana gelen salınımların açıklaması olarak tanımlanabilir. Biyogaz üretimi arttıkça BOİ₅ derişiminde azalma meydana geldiği görülmektedir.

BOİ₅ derişiminde salınımların çok olmasının nedeni mikroorganizmaların üremesi ve ölmesinden kaynaklanmaktadır. Bu esnada anaerobik işlemin değişik safhalarında oluşan yeni mikroorganizma türlerinin de ortama adaptasyonu ve bu işlemler sonucu oluşan biyogaz da BOİ₅ derişimini etkilemektedir.

Isılkimyasal ön işlem uygulanmış numunelerde BOİ derişiminin azalmasının oldukça iyi olduğu da gözlenmiştir. Bu da ön işlemlerin biyolojik parçalanmayı hızlandırdığı, BOİ gibi kirlilikleri azaltılmasında etkin olduğu ve bunlara bağlı olarak da biyogaz üretim verimini arttırdığı söylenebilir.

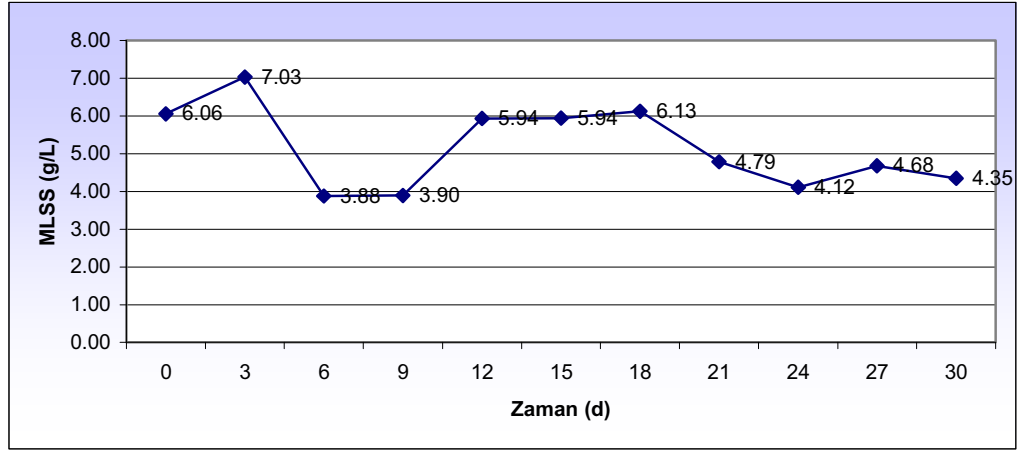
4.5.1.6. Mikrodalga ön işlemi uygulanmış arıtma çamurunun sulu çözeltisi

Katı maddenin kütlece % 20'si kadar HNO₃ kullanılarak 15min mikrodalgada radyasyonuna tabi tutulan sulu fazının anaerobik işlemi sürecinde 3'er gün arayla alınan

15mL'lik şişelerdeki karışımlar santrifüjlenerek santrifüj tüplerinde kalan katı madde miktarları ve sulu fazlarda saptanan MLSS, KOİ ve BOİ₅ derişim bulguları sırasıyla şekil 4.76, 4.77 ve 4.78'de verilerek alt başlıklarda tartışılmıştır. Bu süre zarfında 15mL'lik şişelerde oluşan gaz günlük olarak bir şırınga iğnesi vasıtasıyla boşaltılmıştır.

4.5.1.6.1. %20'lik HNO₃ kullanılarak 15min Mikrodalga radyasyonunda ön işleme tabi tutulan arıtma çamurunun sulu fazındaki MLSS derişiminin Zamanla değişimi

En yüksek suda çözünürlüğün elde edildiği arıtma çamurunun sulu fazının anaerobik işlem süresince MLSS derişiminin zamana göre değişimi şekil 4.76'da verilmiştir.



Şekil 4.76. %20'lik HNO₃ Kullanılarak 15min Mikrodalga Radyasyonunda Ön İşleme Uygulanan Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki MLSS Derişiminin Zamanla Değişimi

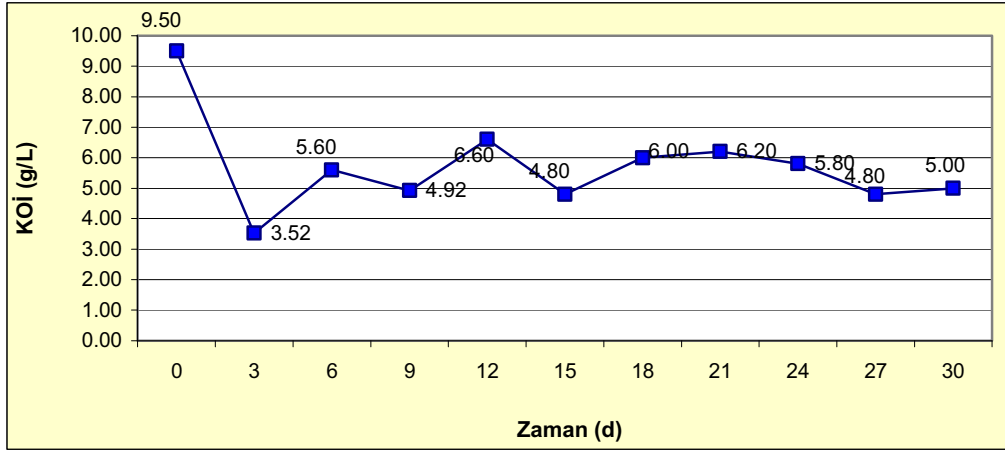
Şekil 4.76 incelendiğinde anaerobik işleme tabi tutulmadan ilk günkü MLSS derişiminin 6,06 gMLSS/L olduğu görölmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonunda ise MLSS derişiminin 4,35 gMLSS/L olduğu görölmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonucunda %28,22'lik bir azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır.

30 günlük anaerobik işlem sürecinde MLSS derişiminde ilk 3 günde bir artış gözlenmiştir. 3. günden sonra 6. güne kadar bir azalma meydana gelmiştir. 6. gün ile 9. gün arasında fazla bir değişim olmazken 9. günden 18. güne kadar artış olduğu ve 18. günden itibaren anaerobik işlem sonuna kadar bir azalmanın olduğu görölmektedir. Ortamda MLSS artışının nedeni organik maddelerin mikroorganizmalarca üreme amacıyla kullanıldığını göstermekte, sistemdeki salınımların ise mikroorganizmaların ölümü ve üremesi nedeniyle meydana gelen salınımlar olmasından kaynaklanmaktadır. Bir döngü halinde gerçekleşen bu olaylar asit bakterilerinin ölmesi ve metan bakterilerinin devreye girerek metan üretimine başlaması olarak da açıklanabilir. Sürekli bir azalmanın meydana gelmesi ise anaerobik işlemin gerçekleştiği ortamda organik maddelerin azaldığını göstermektedir. Ancak bazı artışların olmasının nedeni de ölen mikroorganizmaların diğer mikroorganizmalar tarafından besin maddesi olarak kullanılmalarından kaynaklandığı da söylenebilir.

Mikrodalga ön işlemin uygulanması sonucu suda çözünürlüğün artması ve organik maddelerin mikroorganizmalarca daha kolay parçalanması nedeniyle MLSS'in zamanla azalmasında ön işlemin etkinliğini de göstermektedir.

4.5.1.6.2. %20'lik HNO₃ kullanılarak 15min Mikrodalga radyasyonunda ön işleme tabi tutulan arıtma çamurunun sulu fazındaki KOİ derişiminin Zamanla değişimi

En yüksek suda çözünürlüğün elde edildiği arıtma çamurunun sulu fazının anaerobik işlem süresince KOİ derişiminin zamana göre değişimi şekil. 4.77'de verilmiştir.



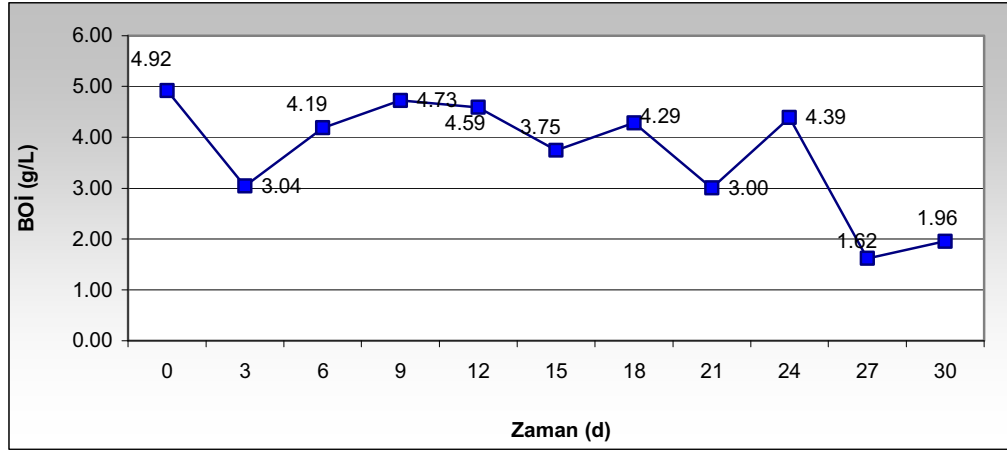
Şekil 4.77. %20'lik HNO₃ Kullanılarak 15min Mikrodalga Radyasyonunda Ön İşleme Tabi Tutulan Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki KOİ Derişiminin Zamanla Değişimi

Şekil 4.77'de anaerobik işleme tabi tutulmadan ilk günkü KOİ derişiminin 9,50 gKOİ/L olduğu görülmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonunda ise KOİ derişiminin 5,00 gMLSS/L olduğu görülmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonucunda %47,37'lik bir azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır.

30 günlük anaerobik işlem sürecinde KOİ derişiminde yaklaşık ilk 3 günde bir düşüş olduğu daha sonra 6. güne kadar bir artışın meydana geldiği ve bu artıştan sonra küçük artışlar olsa da küçük bir azalmanın olduğu görülmektedir.

4.5.1.6.3. %20'lik HNO₃ kullanılarak 15min Mikrodalga radyasyonunda ön işleme tabi tutulan arıtma çamurunun sulu fazındaki BOİ₅ derişiminin Zamanla Değişimi

En yüksek suda çözünürlüğün elde edildiği arıtma çamurunun sulu fazının anaerobik işlem süresince BOİ₅ derişiminin zamana göre değişimi şekil 4.78'de verilmiştir.



Şekil 4.78. %20'lik HNO₃ Kullanılarak 15min Mikrodalga Radyasyonunda Ön İşleme Uygulanan Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki BOI₅ Derişiminin Zamanla Değişimi

Şekil 4.78'de anaerobik işleme tabi tutulmadan ilk günkü BOI₅ derişiminin 4,92 gBOI₅/L olduğu görülmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonunda ise BOI₅ derişiminin 1,96 gBOI₅/L olduğu görülmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonucunda %60,16'lık bir azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır.

30 günlük anaerobik işlem sürecinde BOI₅ derişiminde yaklaşık 3 günde bir düşüş olduğu daha sonra 9. güne kadar bir artışın meydana geldiği, bu artıştan ise bazı salınımlar olsa da sürekli bir azalmanın olduğu görülmektedir.

BOI₅ derişiminin artış gösterdiği zamanlarda biyogaz üretiminin oldukça sınırlı olduğu ancak BOI₅ derişimini düşmeye başladığı zamanlarda yüksek BOI₅ derişiminin olduğu görülmektedir. BOI₅ derişiminde meydana gelen artışın organik maddelerin hidrolizi ve asitleşme aşamasının gerçekleştiği yani anaerobik işlem safhalarının sırayla gerçekleşmesinin kanıtı olduğu söylenebilir. Ayrıca mikroorganizmaların üremelerinin de gerçekleşmesiyle BOI₅'de meydana gelen salınımların açıklaması olarak tanımlanabilir. Biyogaz üretimi arttıkça BOI₅ derişiminde azalma meydana geldiği görülmektedir.

BOİ₅ derişiminde salınımların çok olmasının nedeni mikroorganizmaların üremesi ve ölmesinden kaynaklanmaktadır. Bu esnada anaerobik işlemin değişik safhalarında oluşan yeni mikroorganizma türlerinin de ortama adaptasyonu ve bu işlemler sonucu oluşan biyogaz da BOİ₅ derişimini etkilemektedir.

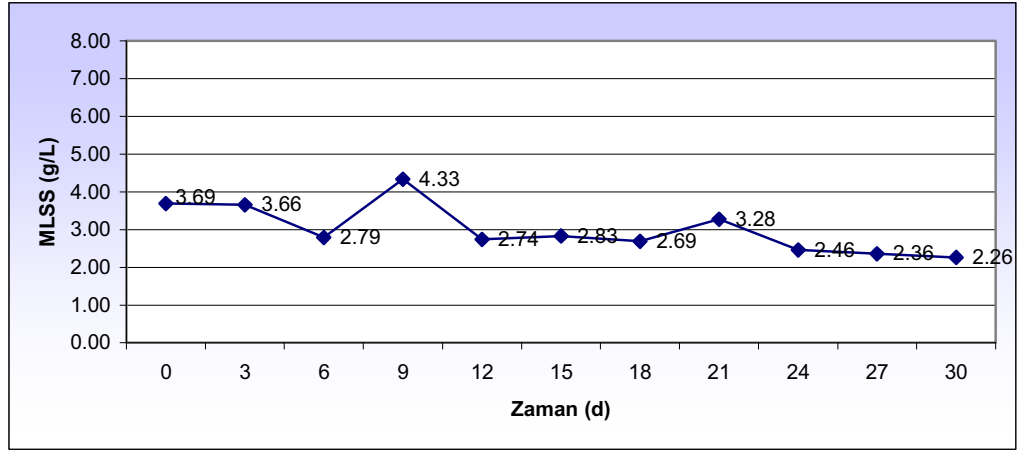
Mikrodalga ön işlem uygulanmış numunelerde BOİ derişiminin azalmasının oldukça iyi olduğu da gözlenmiştir. Bu da ön işlemlerin biyolojik parçalanmayı hızlandırdığı, BOİ gibi kirlilikleri azaltılmasında etkin olduğu ve bunlara bağlı olarak da biyogaz üretim verimini arttırdığı söylenebilir.

4.5.1.7. Ultrases ön işlemi uygulanmış arıtma çamurunun sulu çözeltisi

Katı maddenin kütlece % 20'si kadar NaOH kullanılarak 60min ultrases dalagalarına tabii tutulan sulu fazın anaerobik işlemi sürecinde 3'er gün arayla alınan 15mL'lik şişelerdeki karışımlar santrifüjlenerek santrifüj tüplerinde kalan katı madde miktarları ve sulu fazlarda saptanan MLSS, KOİ ve BOİ₅ derişim bulguları sırasıyla şekil 4.79, 4.80 ve 4.81'de verilerek alt başlıklarda tartışılmıştır. Bu süre zarfında 15mL'lik şişelerde oluşan gaz günlük olarak bir şırınga iğnesi vasıtasıyla boşaltılmıştır.

4.5.1.7.1. %20 NaOH kullanılarak 60min Ultrases dalgalarında ön işleme tabii tutulan arıtma çamurunun sulu fazındaki MLSS derişiminin Zamanla değişimi

En yüksek suda çözünürlüğün elde edildiği arıtma çamurunun sulu fazının anaerobik işlem süresince MLSS derişiminin zamana göre değişimi şekil 4.79'da verilmiştir.



Şekil 4.79. %20 NaOH Kullanılarak 60min Ultrases Dalgalarında Ön İşleme Uygulanan Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki MLSS Derişiminin Zamanla Değişimi

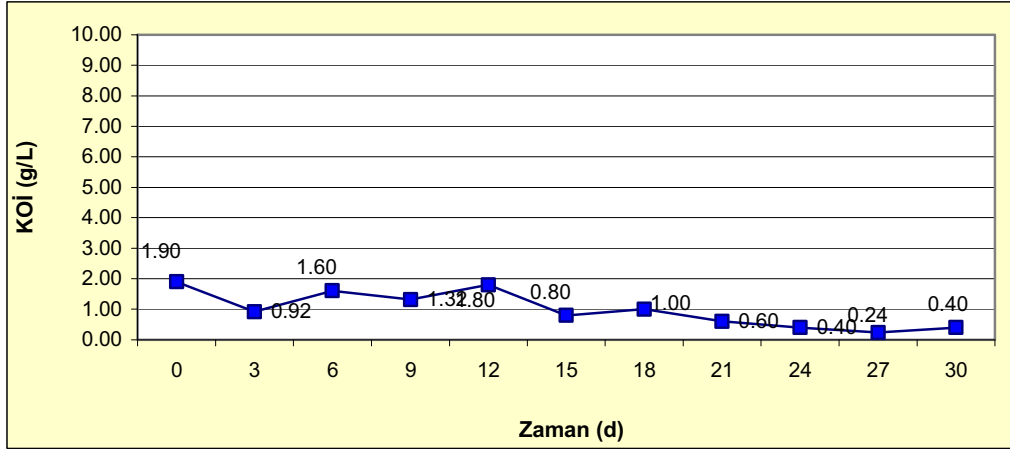
Şekil 4.79 incelendiğinde anaerobik işleme tabi tutulmadan ilk günkü MLSS derişiminin 3,69 gMLSS/L olduğu görölmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonunda ise MLSS derişiminin 2,26 gMLSS/L olduğu görölmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonucunda %38,75'lik bir azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır.

30 günlük anaerobik işlem sürecinde MLSS derişiminde ilk 3 günde önemli bir değişim gözlenmemiştir. 3. günden sonra 6. güne kadar bir azalma meydana gelmiştir. 6. günden 9. güne kadar artış olmuş 9. günden itibaren anaerobik işlem sonuna kadar azalmanın olduğu görölmektedir. Ortamda MLSS artışının nedeni organik maddelerin mikroorganizmalarca üreme amacıyla kullanıldığını göstermekte, sistemdeki salınımların ise mikroorganizmaların ölümü ve üremesi nedeniyle meydana gelen salınımlar olmasından kaynaklanmaktadır. Bir döngü halinde gerçekteşen bu olaylar asit bakterilerinin ölmesi ve metan bakterilerinin devreye girerek metan üretimine başlaması olarak da açıklanabilir. Sürekli bir azalmanın meydana gelmesi ise anaerobik işlemin gerçekteştiği ortamda organik maddelerin azaldığını göstermektedir. Ancak bazı artışların olmasının nedeni de ölen mikroorganizmaların diğer mikroorganizmalar tarafından besin maddesi olarak kullanılmalarından kaynaklandığı da söylenebilir.

Ultras ses ön işlemin uygulanması sonucu suda çözünürlüğün artması ve organik maddelerin mikroorganizmalarca daha kolay parçalanması nedeniyle MLSS'in zamanla azalmasında ön işlemin etkinliğini de göstermektedir.

4.5.1.7.2. %20 NaOH kullanılarak 60min Ultras ses dalgalarında ön işleme tabi tutulan arıtma çamurunun sulu fazındaki KOİ derişiminin Zamanla değişimi

En yüksek suda çözünürlüğün elde edildiği arıtma çamurunun sulu fazının anaerobik işlem süresince KOİ derişiminin zamana göre değişimi şekil 4.80'de verilmiştir.



Şekil 4.80. %20 NaOH Kullanılarak 60min Ultras ses Dalgalarında Ön İşleme Uygulanan Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki KOİ Derişiminin Zamanla Değişimi

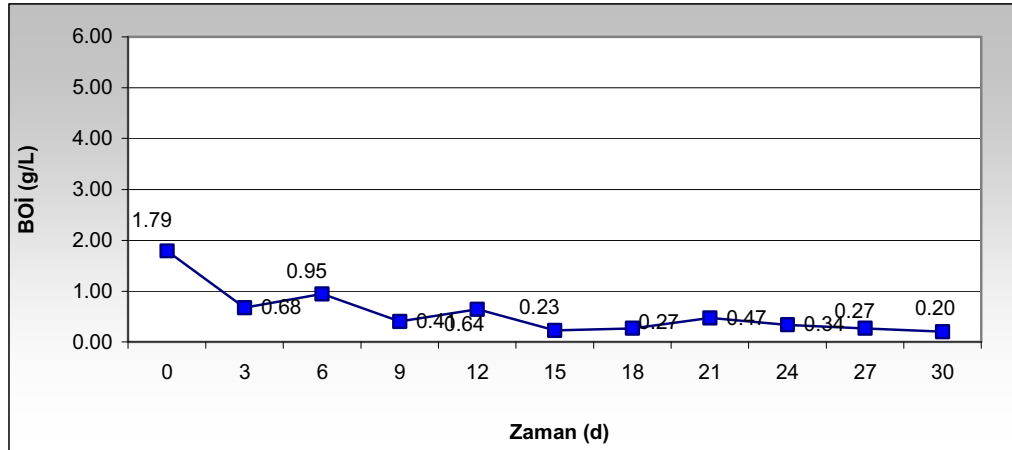
Şekil 4.80'de anaerobik işleme tabi tutulmadan ilk günkü KOİ derişiminin 1,90 gKOİ/L olduğu görülmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonunda ise KOİ derişiminin 0,40 gMLSS/L olduğu görülmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonucunda %78,95'lik bir azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır.

30 günlük anaerobik işlem sürecinde KOİ derişiminde yaklaşık ilk 3 günde bir düşüş olduğu daha sonra 6. güne kadar bir artışın meydana geldiği görülmektedir. 6. günden 9. güne kadar bir düşüş ve 9. günden 12. güne kadar da bir artışın olduğu, 12. günden sonra küçük artışlar olsa da azalmanın olduğu görülmektedir.

Yapılan bir çalışmada anaerobik çürütme öncesinde arıtma çamuruna ultrases ön işleminin etkisi incelenmiştir. Ön arıtılmış çamurun kullanımı KOİ derişiminin azalması ve biogaz üretim verimliliğini önemli ölçüde artırdığı belirlenmiştir. Ultrases ön işleminde düşük spesifik enerjide, üretilen toplam metanın termofilik ve mezofilik şartlar altında %12,5-17,5 ve %11-19,7 arasında arttığı saptanarak rapor edilmiştir [97].

4.5.1.7.3. %20 NaOH kullanılarak 60min Ultrases dalgalarında ön işleme tabi tutulan arıtma çamurunun sulu fazındaki BOİ₅ derişiminin Zamanla değişimi

En yüksek suda çözünürlüğün elde edildiği arıtma çamurunun sulu fazının anaerobik işlem süresince BOİ₅ derişiminin zamana göre değişimi Şekil 4.81’de verilmiştir.



Şekil 4.81. %20 NaOH Kullanılarak 60min Ultrases Dalgalarında Ön İşleme Uygulanan Arıtma Çamurunun Sulu Fazındaki BOİ₅ Derişiminin Zamanla Değişimi

Şekil 4.81’de anaerobik işleme tabi tutulmadan ilk günkü BOİ₅ derişiminin 1,79 gBOİ₅/L olduğu görölmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonunda ise BOİ₅ derişiminin 0,20 gBOİ₅/L olduğu görölmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonucunda %88,83’lük bir azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır.

30 günlük anaerobik işlem sürecinde BOİ₅ derişiminde yaklaşık 3 günde bir düşüş olduğu, 6. güne kadar küçük bir artış olduğu daha sonra bazı salınımlar olsa da sürekli bir azalmanın olduğu görülmektedir.

BOİ₅ derişiminin artış gösterdiği zamanlarda biyogaz üretiminin oldukça sınırlı olduğu ancak BOİ₅ derişimini düşmeye başladığı zamanlarda yüksek BOİ₅ derişiminin olduğu görülmektedir. BOİ₅ derişiminde meydana gelen artışın organik maddelerin hidrolizi ve asitleşme aşamasının gerçekleştiği yani anaerobik işlem safhalarının sırayla gerçekleşmesinin kanıtı olduğu söylenebilir. Ayrıca mikroorganizmaların üremelerinin de gerçekleşmesiyle BOİ₅'de meydana gelen salınımların açıklaması olarak tanımlanabilir. Biyogaz üretimi arttıkça BOİ₅ derişiminde azalma meydana geldiği görülmektedir.

BOİ₅ derişiminde salınımların çok olmasının nedeni mikroorganizmaların üremesi ve ölmesinden kaynaklanmaktadır. Bu esnada anaerobik işlemin değişik safhalarında oluşan yeni mikroorganizma türlerinin de ortama adaptasyonu ve bu işlemler sonucu oluşan biyogaz da BOİ₅ derişimini etkilemektedir.

Ultrases ön işlem uygulanmış numunelerde BOİ derişiminin azalmasının oldukça iyi olduğu da gözlenmiştir. Bu da ön işlemlerin biyolojik parçalanmayı hızlandırdığı, BOİ gibi kirlilikleri azaltılmasında etkin olduğu ve bunlara bağlı olarak da biyogaz üretim verimini arttırdığı söylenebilir.

4.5.1.8. Arıtma çamurunun en yüksek suda çözünürlüğe ve orijinal örneğinde MLSS, KOİ ve BOİ₅'nin karşılaştırılması

Arıtma çamuruna gerek hiçbir ön işlem uygulanmadan gerekse de ön işlem uygulanması sonucu elde edilen numunelere uygulanan anaerobik işlem esnasında her 3 günde MLSS, KOİ ve BOİ₅ analizleri yapılarak en iyi koşul araştırılmıştır. Yapılan

çalışmada uygulanan ön işlemlerin suda çözünürlüğü arttırdığı buna bağlı olarak da biyogaz üretim verimini arttırdığı saptanmıştır.

Anaerobik işlem esnasında meydana gelen işlemlere bakıldığında ise MLSS miktarının zamanla ve ön işlem uygulanmasıyla azaldığı saptanmıştır. MLSS’de meydana gelen azalma ortamda bulunan mikroorganizmaların biyolojik parçalama yoluyla besin maddesi olarak kullanmalarından kaynaklanmaktadır. Özellikle sulu faza geçiş ne kadar yüksekse mikroorganizmaların bu besin maddelerini kullanarak ürettikleri biyogaz ve dolayısıyla metan miktarı da o kadar artış göstermektedir. MLSS derişiminde en yüksek azalma %38,75 ile Ultrases ön işleminin uygulandığı sulu fazda gözlenmiştir. Diğer ön işlemlerde de yüksek oranlarda derişimlerinin azalmasının sağladığı gözlemlenmiştir.

KOİ derişiminin azalmasına bakıldığında en yüksek derişiminin azalması %78,95 ile Ultrases ön işleminin uygulandığı sulu fazda gözlenmiştir. Diğer ön işlemlerde de yüksek oranlarda derişimlerinin azaldığı gözlemlenmiştir.

Özellikle biyolojik süreçte asit oluşumu ve buna bağlı olarak asit oluşum aşamasında pH’nın düşeceğinden KOİ derişimlerinin değişmeden kalabileceği, asidik maddelerin biyolojik olarak parçalanıp metan bakterileri tarafından metan ve CO₂’ye dönüşümü sonucu kimyasal olarak oksitlenebilen maddelerin tüketilmesi ve KOİ’nin düşmesine yol açtığı şeklinde yorumlanabilir. Kaynak bilgilerle de [2, 66] desteklenmektedir.

BOİ₅ derişiminin azalmasına bakıldığında ise en yüksek derişiminin azalması %88,83 ile yine Ultrases ön işleminin uygulandığı sulu fazda gözlenmiştir. Diğer ön işlemlerde de yüksek oranlarda derişimlerinin azaldığı gözlemlenmiştir.

BOİ₅ ile ilgili grafiklerde derişimlerin ilk günlük değerlerinden sonra azalması MLSS’in ürediğini, bileşiklerin enzimatik tepkimelere girmesi ve biyolojik

parçalanabilen maddelere dönüşümü olarak açıklanabilir. Daha sonra meydana gelen artışların ise enzimatik tepkimeler ve biyolojik parçalanabilen madde miktarındaki artıştan kaynaklanmaktadır.

Genelde KOİ ve BOİ₅ derişimlerinin azaldığı görülmektedir. Kaynak bilgilerin de [30, 66, 47, 95] bu olguyu desteklediği görülmektedir.

Anaerobik işlemlerde verimliliği belirleyen aşama hidroliz aşamasıdır. Dolayısıyla bu aşamada gerçekleşen biyolojik parçalanma ne kadar iyiye verim de artmaktadır. Biyolojik olarak parçalanmanın sağlanması amacıyla da ön işlem uygulanmasının verimi arttırdığı görülmektedir.

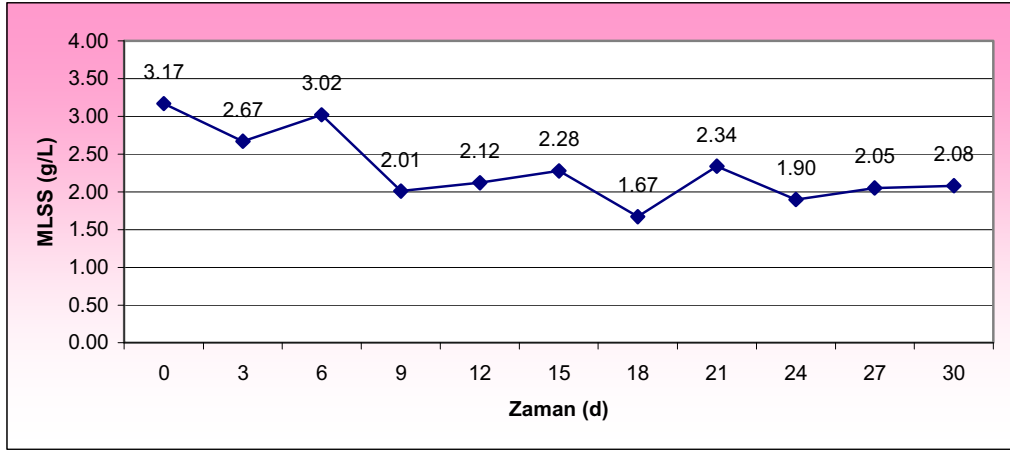
4.5.2. Portakal Posası Örneklerinde MLSS, KOİ ve BOİ₅'in Zamanla Değişimi

4.5.2.1. Orijinal portakal posasının sulu karışımı

Orijinal portakal posasının sulu fazının anaerobik işlemi sürecinde 3'er gün arayla alınan 15mL'lik şişelerdeki karışımlar santrifüjlenerek santrifüj tüplerinde kalan katı madde miktarları ve sulu fazlarda saptanan MLSS, KOİ ve BOİ₅ derişim bulguları sırasıyla şekil 4.82, 4.83 ve 4.84'de verilerek alt başlıklarda tartışılmıştır. Bu süre zarfında 15mL'lik şişelerde oluşan gaz günlük olarak bir şırınga iğnesi vasıtasıyla boşaltılmıştır.

4.5.2.1.1. Orijinal portakal posasının sulu fazındaki MLSS derişiminin zamanla değişimi

Orijinal portakal posasının sulu karışımı anaerobik işlem süresince MLSS derişiminin zamana göre değişimi şekil 4.82'de verilmiştir.



Şekil 4.82. Orijinal Portakal Posasının Sulu Fazındaki MLSS Derişiminin Zamanla Değişimi

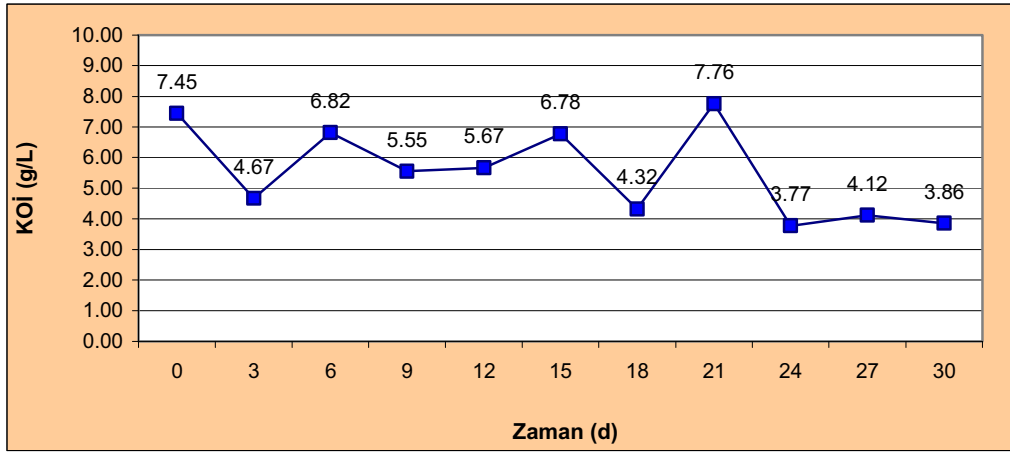
Şekil 4.82 incelendiğinde anaerobik işleme tabi tutulmadan ilk günkü MLSS derişiminin 3,17 gMLSS/L olduğu görülmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonunda ise MLSS derişiminin 2,08 gMLSS/L olduğu görülmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonucunda %34,38'lik bir azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır.

MLSS derişimine 30 günlük süre zarfında bakıldığında, yaklaşık ilk 3 günde bir düşüş daha sonra 6. güne kadar artış olduğu daha sonra 9. güne kadar yeniden bir düşüş ve bu düşüşten sonra 15. güne kadar sürekli bir artışın olduğu görülmektedir. 18. günde düşüş olmuş ancak hemen sonrasında yeniden artış gerçekleşmiştir. 21. günden 24. güne kadar düşüş ardından 30. güne kadar bir artış olduğu görülmektedir. Ortamda MLSS artışının nedeni organik maddelerin mikroorganizmalarca üreme amacıyla kullanıldığını göstermekte, sistemdeki salınımların ise mikroorganizmaların ölümü ve üremesi nedeniyle meydana gelen salınımlar olmasından kaynaklanmaktadır. Bir döngü halinde gerçekleşen bu olaylar asit bakterilerinin ölmesi ve metan bakterilerinin devreye girerek metan üretimine başlaması olarak da açıklanabilir. Sürekli bir azalmanın meydana gelmesi ise anaerobik işlemin gerçekleştiği reaktörde (şişede) organik maddelerin azalmasını göstermektedir. Ancak bazı artışların olmasının nedeni de ölen

mikroorganizmaların diğer mikroorganizmalar tarafından besin maddesi olarak kullanılmalarından kaynaklandığı da söylenebilir.

4.5.2.1.2. Orijinal portakal posasının sulu fazındaki KOİ derişiminin zamanla değişimi

Orijinal portakal posasının sulu karışımının anaerobik işlem süresince KOİ derişiminin zamana göre değişimi şekil 4.83’de verilmiştir.



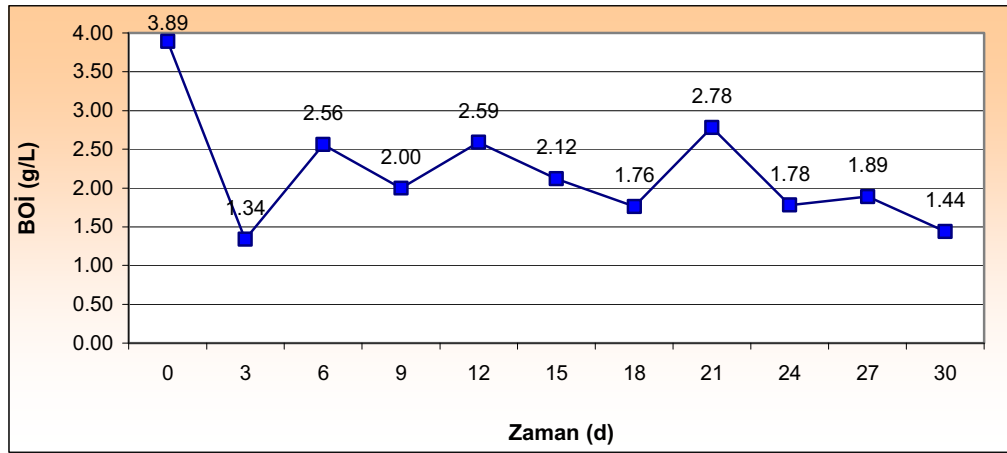
Şekil 4.83. Orijinal Portakal Posasının Sulu Fazındaki KOİ Derişiminin Zamanla Değişimi

Şekil 4.83’de anaerobik işleme tabi tutulmadan ilk günkü KOİ derişiminin 7,45 gKOİ/L olduğu görülmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonunda ise KOİ derişiminin 3,86 gMLSS/L olduğu görülmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonucunda %48,2’lik bir azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır.

30 günlük anaerobik işlem sürecinde KOİ derişiminde yaklaşık ilk 3 günde bir düşüş olduğu daha sonra 6. güne kadar bir artışın meydana geldiği 21. günde büyük bir artış olduğu ve bu artıştan sonra sürekli bir azalmanın olduğu görülmektedir.

4.5.2.1.3. Orijinal portakal posasının sulu fazındaki BOİ₅ derişiminin zamanla değişimi

Orijinal portakal posasının sulu karışımının anaerobik işlem süresince BOİ₅ derişiminin zamana göre değişimi şekil 4.84'de verilmiştir.



Şekil 4.84. Orijinal Portakal Posasının Sulu Fazındaki BOİ₅ Derişiminin Zamanla Değişimi

Şekil 4.84'de anaerobik işleme tabi tutulmadan ilk günkü BOİ₅ derişiminin 3,89 gBOİ₅/L olduğu görülmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonunda ise BOİ₅ derişiminin 1,44 gBOİ₅/L olduğu görülmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonucunda %62,98'lik bir azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır.

30 günlük anaerobik işlem sürecinde BOİ₅ derişiminde yaklaşık ilk 3 günde bir düşüş olduğu daha sonra 6. güne kadar bir artışın meydana geldiği, bu artıştan sonra 18. güne kadar bir azalma meydana geldiği, 21. günden sonra ise sürekli bir azalmanın olduğu görülmektedir.

BOİ₅ derişiminin artış gösterdiği zamanlarda biyogaz üretiminin oldukça sınırlı olduğu ancak BOİ₅ derişimini düşmeye başladığı zamanlarda yüksek BOİ₅ derişiminin

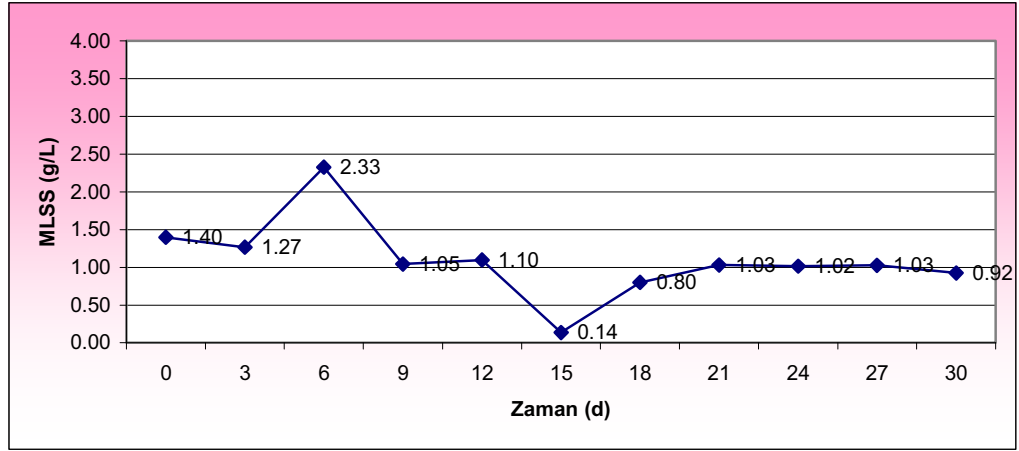
olduğu grlmektedir. BOİ₅ derişiminde meydana gelen artışın organik maddelerin hidrolizi ve asitleşme aşamasının gerçekteştiği yani anaerobik işlemlerinin sırayla gerçekteşmesinin kanıtı olduğu söylenebilir. Ayrıca mikroorganizmaların üremelerinin de gerçekteşmesiyle BOİ₅'de meydana gelen salınımların açıklaması olarak tanımlanabilir. Biyogaz üretimi arttıkça BOİ₅ derişiminde azalma meydana geldiği grlmektedir.

4.5.2.2. Oda Sıcaklığında Bekletilen portakal posasının sulu çözeltisi

Oda sıcaklığında bekletilerek elde edilen sulu fazının anaerobik işlemleri sürecinde 3'er gün aralıklarla alınan 15mL'lik şişelerdeki karışımlar santrifüjlenerek santrifüj tüplerinde kalan katı madde miktarları ve sulu fazlarda saptanan MLSS, KOİ ve BOİ₅ derişim bulguları sırasıyla Şekil 4.85, 4.86 ve 4.87'de verilerek alt bşlıklarda tartışılmıştır. Bu süre zarfında 15mL'lik şişelerde oluşan gaz günlük olarak bir Şırınga iğnesi vasıtasıyla boşaltılmıştır.

4.5.2.2.1. Oda sıcaklığında bekletilen portakal posasının sulu fazındaki MLSS derişiminin zamanla değişimi

En yüksek suda çözünürlüğün elde edildiği portakal posasının sulu fazının anaerobik işlemleri süresince MLSS derişiminin zamana göre değişimi Şekil 4.85.'de verilmiştir.



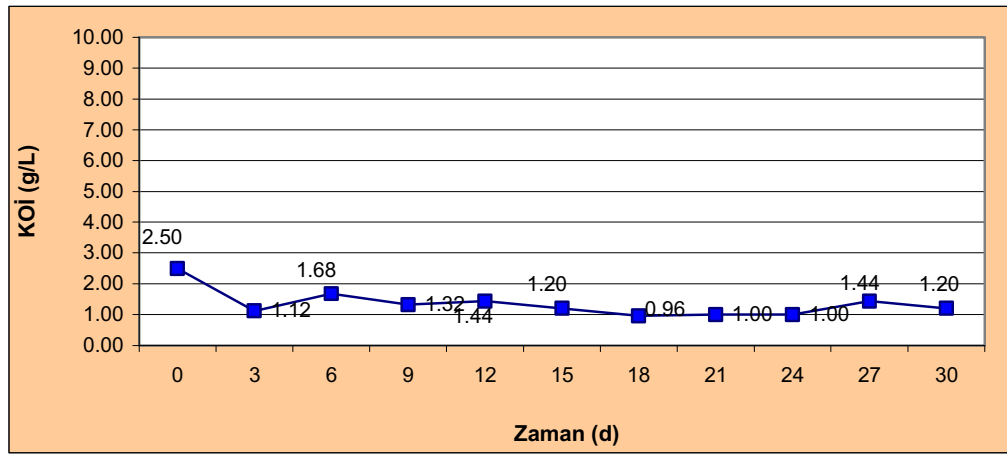
Şekil 4.85. Oda Sıcaklığında Bekletilen Portakal Posasının Sulu Fazındaki MLSS Derişiminin Zamanla Değişimi

Şekil 4.85 incelendiğinde anaerobik işleme tabi tutulmadan ilk günkü MLSS derişiminin 1,40gMLSS/L olduğu görülmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonunda ise MLSS derişiminin 0,92gMLSS/L olduğu görülmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonucunda %34,29'luk bir azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır.

30 günlük anaerobik işlem sürecinde MLSS derişiminde yaklaşık ilk 3 günde bir düşüş olduğu daha sonra 6. güne kadar artışın meydana geldiği ve bu artıştan sonra 15. güne kadar sürekli bir azalmanın olduğu görülmektedir. 15. günden sonra da bir artış olduğu görülmektedir. Ortamda MLSS artışının nedeni organik maddelerin mikroorganizmalarca üreme amacıyla kullanıldığını göstermekte, sistemdeki salınımların ise mikroorganizmaların ölümü ve üremesi nedeniyle meydana gelen salınımlar olmasından kaynaklanmaktadır. Bir döngü halinde gerçekleşen bu olaylar asit bakterilerinin ölmesi ve metan bakterilerinin devreye girerek metan üretimine başlaması olarak da açıklanabilir. Sürekli bir azalmanın meydana gelmesi ise anaerobik işlemin gerçekleştiği reaktörde (şişede) organik maddelerin azalmasını göstermektedir. Ancak bazı artışların olmasının nedeni de ölen mikroorganizmaların diğer mikroorganizmalar tarafından besin maddesi olarak kullanılmalarından kaynaklandığı da söylenebilir.

4.5.2.2.2. Oda sıcaklığında bekletilen portakal posasının sulu fazındaki KOİ derişiminin zamanla değişimi

En yüksek suda çözünlüğün elde edildiği Portakal posasının sulu fazının anaerobik işlem süresince KOİ derişiminin zamana göre değişimi şekil 4.86'da verilmiştir.



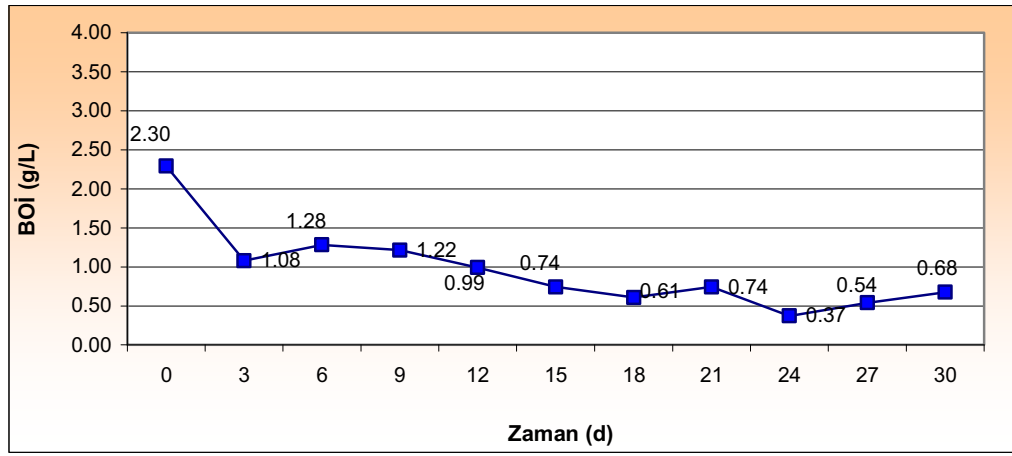
şekil 4.86. Oda Sıcaklığında Bekletilen Portakal Posasının Sulu Fazındaki KOİ Derişiminin Zamanla Değişimi

şekil 4.86'da anaerobik işleme tabi tutulmadan ilk günkü KOİ derişiminin 2,50 gKOİ/L olduğu görölmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonunda ise KOİ derişiminin 1,20 gMLSS/L olduğu görölmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonucunda %52,0'lık bir azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır.

30 günlük anaerobik işlem sürecinde KOİ derişiminde yaklaşık ilk 3 günde bir düşüş olduğu daha sonra 6. güne kadar bir artışın meydana geldiği ve bu artıştan sonra sürekli bir azalmanın olduğu görölmektedir.

4.5.2.2.3. Oda sıcaklığında bekletilen portakal posasının sulu fazındaki BOİ₅ derişiminin zamanla değişimi

En yüksek suda çözünürlüğün elde edildiği Portakal posasının sulu fazının anaerobik işlem süresince BOİ₅ derişiminin zamana göre değişimi şekil 4.87’de verilmiştir.



şekil 4.87. Oda Sıcaklığında Bekletilen Portakal Posasının Sulu Fazındaki BOİ₅ Derişiminin Zamanla Değişimi

şekil 4.87’de anaerobik işleme tabi tutulmadan ilk günkü BOİ₅ derişiminin 2,30 gBOİ₅/L olduğu görölmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonunda ise BOİ₅ derişiminin 0,68 gBOİ₅/L olduğu görölmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonucunda %70,43’lük bir azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır.

30 günlük anaerobik işlem sürecinde BOİ₅ derişiminde yaklaşık ilk 3 günde bir düşüş olduğu daha sonra 6. güne kadar bir artışın meydana geldiği, bu artıştan sonra sürekli bir azalmanın olduğu görölmektedir.

BOİ₅ derişiminin artış gösterdiği zamanlarda biyogaz üretiminin oldukça sınırlı olduğu ancak BOİ₅ derişimini düşmeye başladığı zamanlarda yüksek BOİ₅ derişiminin

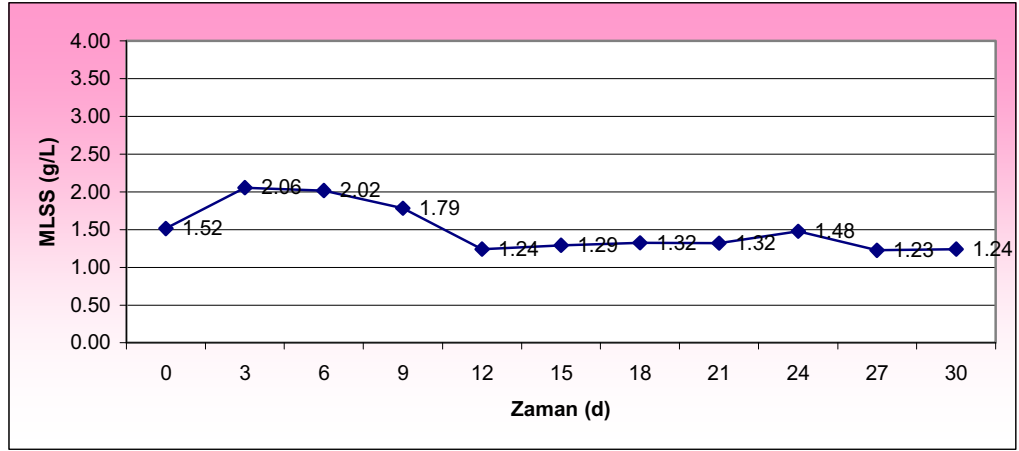
olduğu grlmektedir. BOI₅ derişiminde meydana gelen artışın organik maddelerin hidrolizi ve asitleşme aşamasının gerçekleştiği yani anaerobik işlem safhalarının sırayla gerçekleşmesinin kanıtı olduğu söylenbilir. Ayrıca mikroorganizmaların remelerinin de gerçekleşmesiyle BOI₅'de meydana gelen salınımların açıklaması olarak tanımlanabilir. Biyogaz retimi arttıkka BOI₅ derişiminde azalma meydana geldiği grlmektedir.

4.5.2.3. Isıl n işlem uygulanmış portakal posasının sulu çözeltisi

60min suyun kaynama noktası sıcaklığında pişirilerek elde edilen sulu fazının anaerobik işlemi sürecinde 3'er gün arayla alınan 15mL'lik şişelerdeki karışımlar santrifüjlenerek santrifüj tüplerinde kalan katı madde miktarları ve sulu fazlarda saptanan MLSS, KOI ve BOI₅ derişim bulguları sırasıyla şekil 4.88, 4.89 ve 4.90'da verilerek alt başlıklarda tartışılmıştır. Bu süre zarfında 15mL'lik şişelerde oluşan gaz günlük olarak bir şırınga iğnesi vasıtasıyla boşaltılmıştır.

4.5.2.3.1. 60min pişirilerek ön işleme tabi tutulan portakal posasının sulu fazındaki MLSS derişiminin zamanla değişimi

En yüksek suda çözünürlüğün elde edildiği portakal posasının sulu fazının anaerobik işlem süresince MLSS derişiminin zamana göre değişimi şekil 4.88'de verilmiştir.



şekil 4.88. 60min Pişirilerek Ön İşleme Uygulanan Portakal Posasının Sulu Fazındaki MLSS Derişiminin Zamanla Değişimi

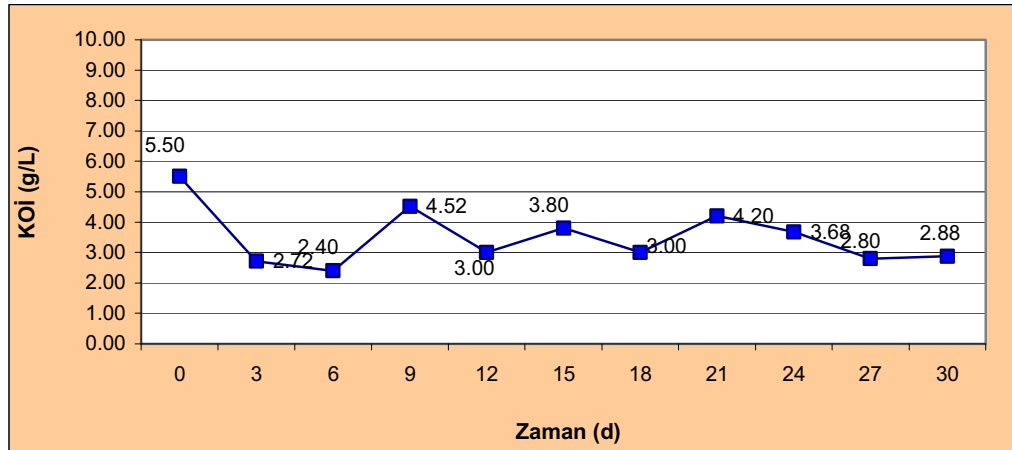
şekil 4.88 incelendiğinde anaerobik işleme tabi tutulmadan ilk günkü MLSS derişiminin 1,52 gMLSS/L olduğu görölmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonunda ise MLSS derişiminin 1,24 gMLSS/L olduğu görölmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonucunda %18,42'lik bir azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır.

30 günlük anaerobik işlem sürecinde MLSS derişiminde ilk 3 günde artış olduğu gözlenmiştir. 3. günden sonra ise sürekli bir azalmanın olduğu görölmektedir. Ortamda MLSS artışının nedeni organik maddelerin mikroorganizmalarca üreme amacıyla kullanıldığını göstermekte, sistemdeki salınımların ise mikroorganizmaların ölümü ve üremesi nedeniyle meydana gelen salınımlar olmasından kaynaklanmaktadır. Bir döngü halinde gerçekteşen bu olaylar asit bakterilerinin ölmesi ve metan bakterilerinin devreye girerek metan üretimine başlaması olarak da açıklanabilir. Sürekli bir azalmanın meydana gelmesi ise anaerobik işlemin gerçekteştiği ortamda organik maddelerin azaldığını göstermektedir. Ancak bazı artışların olmasının nedeni de ölen mikroorganizmaların diğer mikroorganizmalar tarafından besin maddesi olarak kullanılmalarından kaynaklandığı da söylenebilir.

Uygulanan ısı ön işleme suda çözünürlüğün artması ve organik maddelerin mikroorganizmalarca daha kolay parçalanması MLSS'in azalmasında ön işlemin etkinliğini göstermektedir.

4.5.2.3.2. 60min pişirilerek ön işleme tabi tutulan portakal posasının sulu fazındaki KOİ derişiminin zamanla değişimi

En yüksek suda çözünürlüğün elde edildiği Portakal posasının sulu fazının anaerobik işleme süresince KOİ derişiminin zamana göre değişimi Şekil 4.89'da verilmiştir.



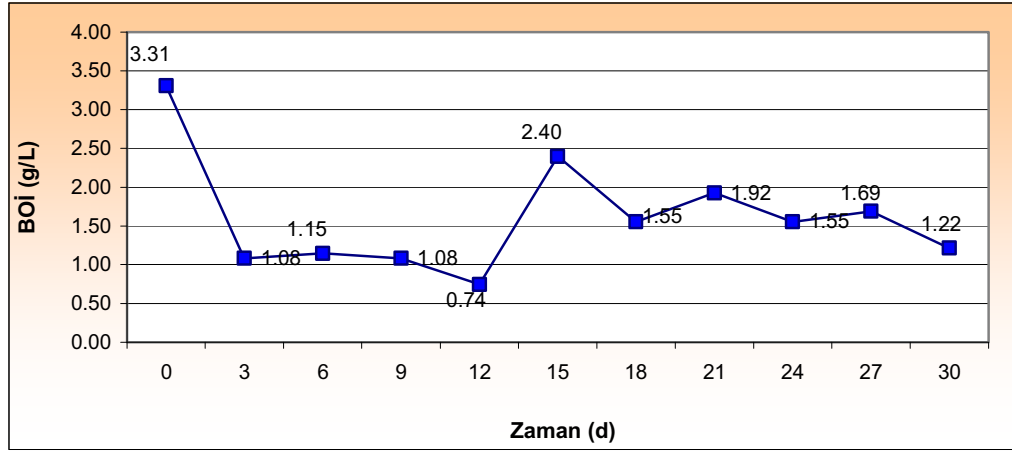
Şekil 4.89. 60min Pişirilerek Ön İşleme Uygulanan Portakal Posasının Sulu Fazındaki KOİ Derişiminin Zamanla Değişimi

Şekil 4.89'da anaerobik işleme tabi tutulmadan ilk günkü KOİ derişiminin 5,50 gKOİ/L olduğu görölmektedir. 30 günlük anaerobik işleme sonunda ise KOİ derişiminin 2,88 gMLSS/L olduğu görölmektedir. 30 günlük anaerobik işleme sonucunda %47,64'lük bir azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır.

30 günlük anaerobik işleme sürecinde KOİ derişiminde yaklaşık ilk 6 günde bir düşüş olduğu daha sonra 9. güne kadar bir artış meydana geldiği ve bu artıştan sonra küçük artışlar olsa da sürekli bir azalmanın olduğu görölmektedir.

4.5.2.3.3. 60min pişirilerek ön işleme tabi tutulan portakal posasının sulu fazındaki BOİ₅ derişiminin Zamanla değişimi

En yüksek suda çözünürlüğün elde edildiği Portakal posasının sulu fazının anaerobik işlem süresince BOİ₅ derişiminin zamana göre değişimi Şekil 4.90'da verilmiştir.



Şekil 4.90. 60min Pişirilerek Ön İşleme Uygulanan Portakal Posasının Sulu Fazındaki BOİ₅ Derişiminin Zamanla Değişimi

Şekil 4.90'da anaerobik işleme tabi tutulmadan ilk günkü BOİ₅ derişiminin 3,31 gBOİ₅/L olduğu görölmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonunda ise BOİ₅ derişiminin 1,22 gBOİ₅/L olduğu görölmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonucunda %63,14'lük bir azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır.

30 günlük anaerobik işlem sürecinde BOİ₅ derişiminde yaklaşık ilk 12 günde bir düşüş olduğu daha sonra 15. güne kadar bir artışın meydana geldiği, bu artıştan sonra 18. güne kadar küçük bir azalma meydana geldiği, 21. güne kadar kısa bir yükselmenin meydana geldiği 21. günden sonra ise sürekli bir azalmanın olduğu görölmektedir.

BOİ₅ derişiminin artış gösterdiği zamanlarda biyogaz üretiminin oldukça sınırlı olduğu ancak BOİ₅ derişimini düşmeye başladığı zamanlarda yüksek BOİ₅ derişiminin

olduğu grlmektedir. BOİ₅ derişiminde meydana gelen artışın organik maddelerin hidrolizi ve asitleşme aşamasının gerçekteştiği yani anaerobik işlemler safhalarının sırayla gerçekteşmesinin kanıtı olduğu söylenebilir. Ayrıca mikroorganizmaların üremelerinin de gerçekteşmesiyle BOİ₅'de meydana gelen salınımların açıklaması olarak tanımlanabilir. Biyogaz üretimi arttıkça BOİ₅ derişiminde azalma meydana geldiği grlmektedir.

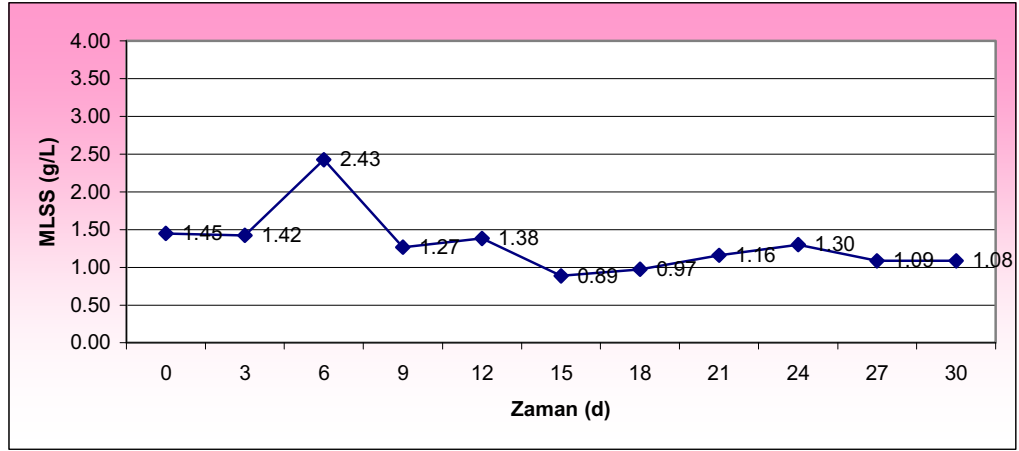
BOİ₅ derişiminde salınımların çok olmasının nedeni mikroorganizmaların üremesi ve ölmesinden kaynaklanmaktadır. Bu esnada anaerobik işlemin değişik safhalarında oluşan yeni mikroorganizma türlerinin de ortama adaptasyonu ve bu işlemler sonucu oluşan biyogaz da BOİ₅ derişimini etkilemektedir.

4.5.2.4. Kimyasal ön işlemler uygulanmış portakal posasının sulu çözeltisi

Katı maddenin kütlece % 20'si kadar NaOH kullanılarak 15min oda sıcaklığında bekletilen sulu fazının anaerobik işlemleri sürecinde 3'er gün arayla alınan 15mL'lik şişelerdeki karışımlar santrifüjlenerek santrifüj tüplerinde kalan katı madde miktarları ve sulu fazlarda saptanan MLSS, KOİ ve BOİ₅ derişim bulguları sırasıyla şekil 4.91, 4.92 ve 4.93'de verilerek alt başlıklarda tartışılmıştır. Bu süre zarfında 15mL'lik şişelerde oluşan gaz günlük olarak bir şırınga iğnesi vasıtasıyla boşaltılmıştır.

4.5.2.4.1. %20'lik NaOH kullanılarak 15min oda koşullarında bekletilip ön işleme tabi tutulan portakal posasının sulu fazındaki MLSS derişiminin zamanla değişimi

En yüksek suda çözünürlüğün elde edildiği Portakal posasının sulu fazının anaerobik işlemler süresince MLSS derişiminin zamana göre değişimi şekil 4.91'de verilmiştir.



Şekil 4.91. %20'lik NaOH Kullanılarak 15min Oda Koşullarında Bekletilip Ön İşlem Uygulanan Portakal Posasının Sulu Fazındaki MLSS Derişiminin Zamanla Değişimi

Şekil 4.91 incelendiğinde anaerobik işleme tabi tutulmadan ilk günkü MLSS derişiminin 1,45 gMLSS/L olduğu görülmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonunda ise MLSS derişiminin 1,08 gMLSS/L olduğu görülmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonucunda %25,52'lik bir azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır.

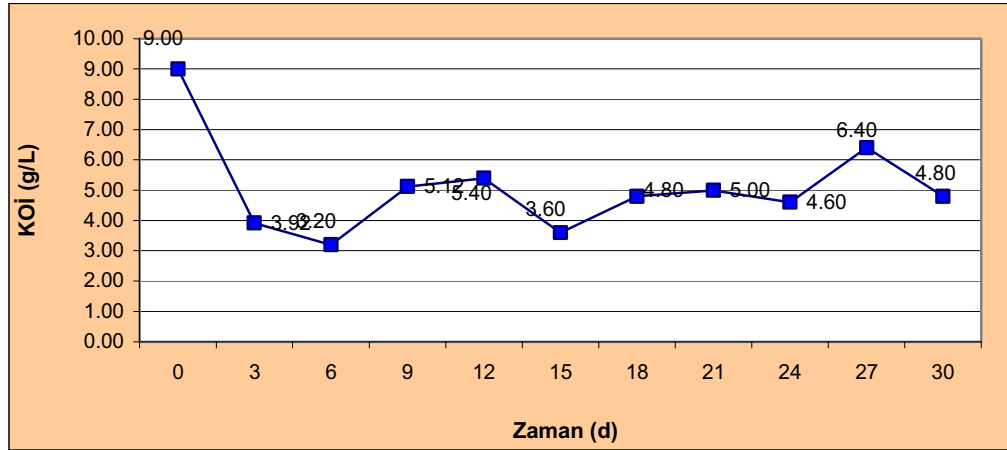
30 günlük anaerobik işlem sürecinde MLSS derişiminde ilk 3 günde herhangi bir değişim gözlenmemiştir. 3. günden sonra 6. güne kadar bir artış meydana gelmiştir. 6. günden itibaren ise sürekli bir azalmanın olduğu görülmektedir. Ortamda MLSS artışının nedeni organik maddelerin mikroorganizmalarca üreme amacıyla kullanıldığını göstermekte, sistemdeki salınımların ise mikroorganizmaların ölümü ve üremesi nedeniyle meydana gelen salınımlar olmasından kaynaklanmaktadır. Bir döngü halinde gerçekleşen bu olaylar asit bakterilerinin ölmesi ve metan bakterilerinin devreye girerek metan üretimine başlaması olarak da açıklanabilir. Sürekli bir azalmanın meydana gelmesi ise anaerobik işlemin gerçekleştiği ortamda organik maddelerin azaldığını göstermektedir. Ancak bazı artışların olmasının nedeni de ölen mikroorganizmaların diğer mikroorganizmalar tarafından besin maddesi olarak kullanılmalarından kaynaklandığı da söylenebilir.

Kimyasal ön işlemin uygulanması sonucu suda çözünürlüğün artması ve organik maddelerin mikroorganizmalarca daha kolay parçalanması MLSS'in zamanla azalmasında ön işlemin etkinliğini de göstermektedir.

4.5.2.4.2. %20'lik NaOH kullanılarak 15min oda koşullarında bekletilip ön işleme tabi tutulan portakal posasının sulu fazındaki KOİ derişiminin Zamanla değişimi

En yüksek suda çözünürlüğün elde edildiği Portakal posasının sulu fazının anaerobik işlem süresince KOİ derişiminin zamana göre değişimi şekil 4.92'de verilmiştir.

şekil 4.92'de anaerobik işleme tabi tutulmadan ilk günkü KOİ derişiminin 9,0 gKOİ/L olduğu görölmektedir. 30 gñnlük anaerobik işlem sonunda ise KOİ derişiminin 4,80 gMLSS/L olduğu görölmektedir. 30 gñnlük anaerobik işlem sonucunda %46,67'lik bir azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır.

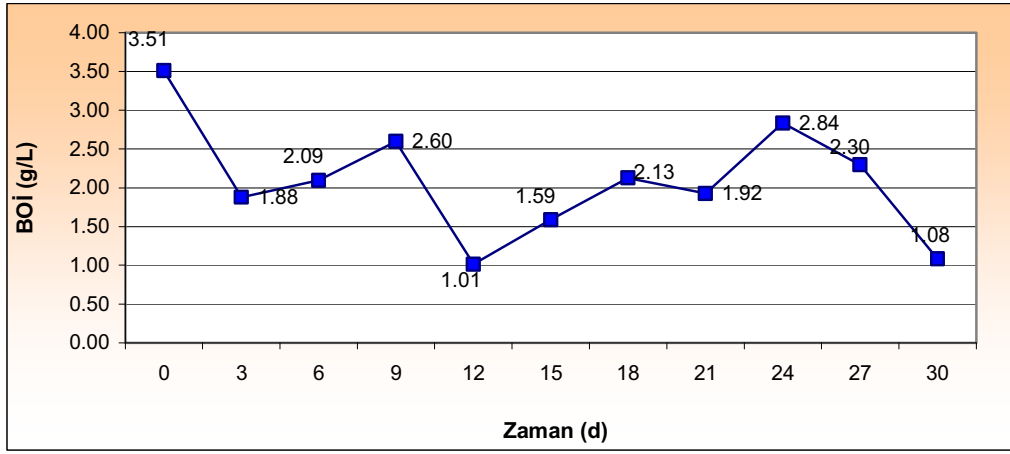


şekil 4.92. %20'lik NaOH Kullanılarak 15min Oda Koşullarında Bekletilip Ön İşleme Tabi Tutulan Portakal Posasının Sulu Fazındaki KOİ Derişiminin Zamanla Değişimi

30 gñnlük anaerobik işlem sürecinde KOİ derişiminde yaklaşık ilk 6 günde bir düşüş olduğu daha sonra 12. güne kadar bir artışın meydana geldiği ve bu artıştan sonra küçük artışlar olsa da sürekli bir azalmanın olduğu görölmektedir.

4.5.2.4.3. %20'lik NaOH kullanılarak 15min oda koşullarında bekletilip ön işleme tabi tutulan portakal posasının sulu fazındaki BOİ₅ derişiminin Zamanla değişimi

En yüksek suda çözünlüğün elde edildiği Portakal posasının sulu fazının anaerobik işlem süresince BOİ₅ derişiminin zamana göre değişimi şekil 4.93'de verilmiştir.



şekil 4.93. %20'lik NaOH Kullanılarak 15min Oda Koşullarında Bekletilip Ön İşleme Uygulanan Portakal Posasının Sulu Fazındaki BOİ₅ Derişiminin Zamanla Değişimi

şekil 4.93'de anaerobik işleme tabi tutulmadan ilk günkü BOİ₅ derişiminin 3,51 gBOİ₅/L olduğu görölmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonunda ise BOİ₅ derişiminin 1,08 gBOİ₅/L olduğu görölmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonucunda %69,23'lük bir azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır.

30 günlük anaerobik işlem sürecinde BOİ₅ derişiminde yaklaşık 3 günde bir düşüş olduğu daha sonra 9. güne kadar bir artışın meydana geldiği, bu artıştan sonra 12. güne kadar bir azalma meydana geldiği, 12. günden 24. güne kadar bir artışın meydana geldiği 24. günden sonra ise azalmanın olduğu görölmektedir.

BOİ₅ derişiminin artış gösterdiği zamanlarda biyogaz üretiminin oldukça sınırlı olduğu ancak BOİ₅ derişimini düşmeye başladığı zamanlarda yüksek BOİ₅ derişiminin

olduğu grlmektedir. BOİ₅ derişiminde meydana gelen artışın organik maddelerin hidrolizi ve asitleşme aşamasının gerçekteştiği yani anaerobik işlemlerin sırayla gerçekteşmesinin kanıtı olduğu söylenebilir. Ayrıca mikroorganizmaların üremelerinin de gerçekteşmesiyle BOİ₅'de meydana gelen salınımların açıklaması olarak tanımlanabilir. Biyogaz üretimi arttıkça BOİ₅ derişiminde azalma meydana geldiği grlmektedir.

BOİ₅ derişiminde salınımların çok olmasının nedeni mikroorganizmaların üremesi ve ölmesinden kaynaklanmaktadır. Bu esnada anaerobik işlemin değişik safhalarında oluşan yeni mikroorganizma türlerinin de ortama adaptasyonu ve bu işlemler sonucu oluşan biyogaz da BOİ₅ derişimini etkilemektedir.

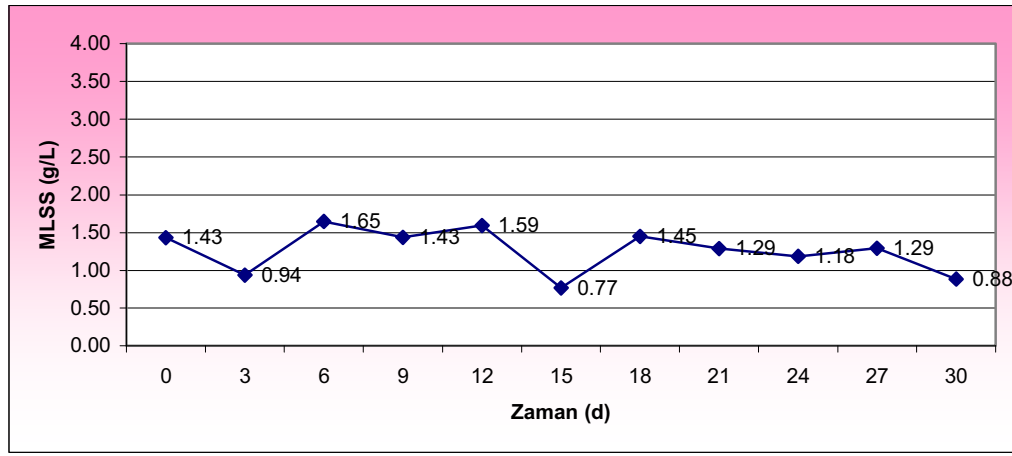
Kimyasal ön işlemler uygulanmış numunelerde BOİ derişiminin azalmasının oldukça iyi olduğu da gözlenmiştir. Bu da ön işlemlerin biyolojik parçalanmayı hızlandırdığı, BOİ gibi kirlilikleri azaltılmasında etkin olduğu ve bunlara bağlı olarak da biyogaz üretim verimini arttırdığı söylenebilir.

4.5.2.5. Isıl kimyasal ön işlemler uygulanmış portakal posasının sulu çözeltisi

Katı maddenin kütlece % 10'u kadar HNO₃ kullanılarak 30min suyun kaynama noktası sıcaklığında pişirilerek elde edilen sulu fazının anaerobik işlemlerinde 3'er gün arayla alınan 15mL'lik şişelerdeki karışımlar santrifüjlenerek santrifüj tüplerinde kalan katı madde miktarları ve sulu fazlarda saptanan MLSS, KOİ ve BOİ₅ derişim bulguları sırasıyla şekil 4.94, 4.95 ve 4.96'da verilerek alt başlıklarda tartışılmıştır. Bu süre zarfında 15mL'lik şişelerde oluşan gaz günlük olarak bir şırınga iğnesi vasıtasıyla boşaltılmıştır.

4.5.2.5.1. %10'luk HNO₃ kullanılarak 30min SNKS'da pişirilerek ön işleme tabi tutulan portakal posasının sulu fazındaki MLSS derişiminin Zamanla değişimi

En yüksek suda çözünürlüğün elde edildiği Portakal posasının sulu fazının anaerobik işlem süresince MLSS derişiminin zamana göre değişimi şekil 4.94'de verilmiştir.



şekil 4.94. %10'luk HNO₃ Kullanılarak 30min SNKS'da Pişirilerek Ön İşlem Uygulanan Portakal Posasının Sulu Fazındaki MLSS Derişiminin Zamanla Değişimi

şekil 4.94. incelendiğinde anaerobik işleme tabi tutulmadan ilk günkü MLSS derişiminin 1,43 gMLSS/L olduğu görölmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonunda ise MLSS derişiminin 0,88 gMLSS/L olduğu görölmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonucunda %38,46'lık bir azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır.

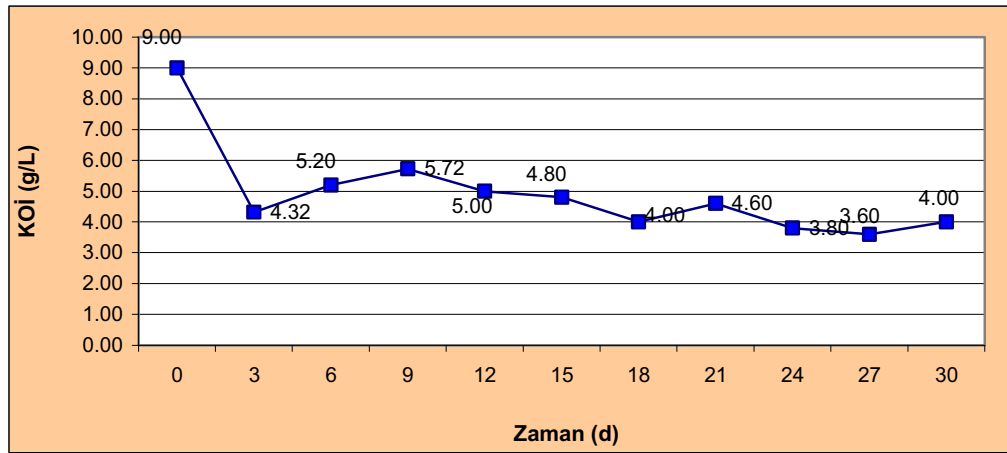
30 günlük anaerobik işlem sürecinde MLSS derişiminde ilk 3 günde küçük bir azalma gözlenmiştir. 3. günden sonra 6. güne kadar bir artış meydana gelmiştir. 6. günden itibaren anaerobik işlem sonuna kadar bir azalmanın olduğu görölmektedir. Ortamda MLSS artışının nedeni organik maddelerin mikroorganizmalarca üreme amacıyla kullanıldığını göstermekte, sistemdeki salınımların ise mikroorganizmaların ölümü ve üremesi nedeniyle meydana gelen salınımlar olmasından kaynaklanmaktadır.

Bir döngü halinde gerçekleşen bu olaylar asit bakterilerinin ölmesi ve metan bakterilerinin devreye girerek metan üretimine başlaması olarak da açıklanabilir. Sürekli bir azalmanın meydana gelmesi ise anaerobik işlemin gerçekleştiği ortamda organik maddelerin azaldığını göstermektedir. Ancak bazı artışların olmasının nedeni de ölen mikroorganizmaların diğer mikroorganizmalar tarafından besin maddesi olarak kullanılmalarından kaynaklandığı da söylenebilir.

Isılkimyasal ön işlemin uygulanması sonucu suda çözünürlüğün artması ve organik maddelerin mikroorganizmalarca daha kolay parçalanması nedeniyle MLSS'in zamanla azalmasında ön işlemin etkinliğini de göstermektedir.

4.5.2.5.2. %10'luk HNO₃ kullanılarak 30min SNKS'da pişirilerek ön işleme tabi tutulan portakal posasının sulu fazındaki KOİ derişiminin Zamanla değişimi

En yüksek suda çözünürlüğün elde edildiği ortakal posasının sulu fazının anaerobik işlem süresince KOİ derişiminin zamana göre değişimi Şekil 4.95'de verilmiştir.



Şekil 4.95. %10'luk HNO₃ Kullanılarak 30min SNKS'da Pişirilerek Ön İşlem Uygulanan Portakal Posasının Sulu Fazındaki KOİ Derişiminin Zamanla Değişimi

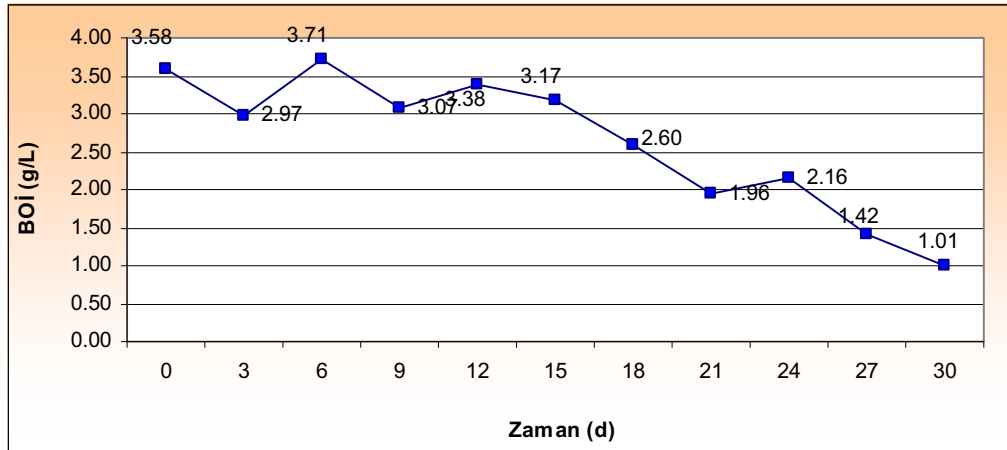
Şekil 4.95’de anaerobik işleme tabi tutulmadan ilk günlük KOİ derişiminin 9,0 gKOİ/L olduğu görölmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonunda ise KOİ derişiminin 4,0 gMLSS/L olduğu görölmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonucunda %55,56’lık bir azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır.

30 günlük anaerobik işlem sürecinde KOİ derişiminde yaklaşık ilk 3 günde bir düşüş olduğu daha sonra 9. güne kadar bir artışın meydana geldiği ve bu artıştan sonra küçük artışlar olsa da sürekli bir azalmanın olduğu görölmektedir.

Özellikle asitleşme aşamasında pH’ın düşük olmasından dolayı KOİ derişimlerinin uzun süre değişmeden kaldığı bilinmektedir. Bu da pH’da meydana gelen değişimle KOİ indirgenmeye ve metan bakterilerinin de oluşmaya başlaması olarak açıklanabilir.

4.5.2.5.3. %10’luk HNO₃ kullanılarak 30min SNKS’da pişirilerek ön işleme tabi tutulan portakal posasının sulu fazındaki BOİ₅ derişiminin Zamanla değişimi

En yüksek suda çözünürlüğün elde edildiği portakal posasının sulu fazının anaerobik işlem süresince BOİ₅ derişiminin zamana göre değişimi şekil 4.96’da verilmiştir.



Şekil 4.96. %10’luk HNO₃ Kullanılarak 30min SNKS’da Pişirilerek Ön İşlem Uygulanan Portakal Posasının Sulu Fazındaki BOİ₅ Derişiminin Zamanla Değişimi

Şekil 4.96'da anaerobik işleme tabi tutulmadan ilk günkü BOİ₅ derişiminin 3,58 gBOİ₅/L olduğu görülmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonunda ise BOİ₅ derişiminin 1,01 gBOİ₅/L olduğu görülmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonucunda %71,79'luk bir azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır.

30 günlük anaerobik işlem sürecinde BOİ₅ derişiminde yaklaşık 3 günde bir düşüş olduğu daha sonra 6. güne kadar bir artışın meydana geldiği, bu artıştan ise bazı salınımlar olsa da sürekli bir azalmanın olduğu görülmektedir.

BOİ₅ derişiminin artış gösterdiği zamanlarda biyogaz üretiminin oldukça sınırlı olduğu ancak BOİ₅ derişimini düşmeye başladığı zamanlarda yüksek BOİ₅ derişiminin olduğu görülmektedir. BOİ₅ derişiminde meydana gelen artışın organik maddelerin hidrolizi ve asitleşme aşamasının gerçekleştiği yani anaerobik işlem safhalarının sırayla gerçekleşmesinin kanıtı olduğu söylenebilir. Ayrıca mikroorganizmaların üremelerinin de gerçekleşmesiyle BOİ₅'de meydana gelen salınımların açıklaması olarak tanımlanabilir. Biyogaz üretimi arttıkça BOİ₅ derişiminde azalma meydana geldiği görülmektedir.

BOİ₅ derişiminde salınımların çok olmasının nedeni mikroorganizmaların üremesi ve ölmesinden kaynaklanmaktadır. Bu esnada anaerobik işlemin değişik safhalarında oluşan yeni mikroorganizma türlerinin de ortama adaptasyonu ve bu işlemler sonucu oluşan biyogaz da BOİ₅ derişimini etkilemektedir.

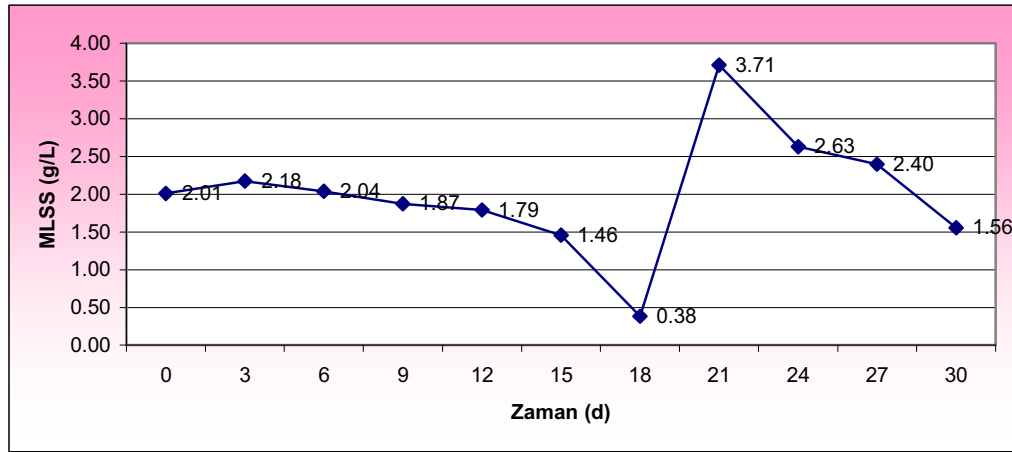
Isılkimyasal ön işlem uygulanmış numunelerde BOİ derişiminin azalmasının oldukça iyi olduğu da gözlenmiştir. Bu da ön işlemlerin biyolojik parçalanmayı hızlandırdığı, BOİ gibi kirlilikleri azaltılmasında etkin olduğu ve bunlara bağlı olarak da biyogaz üretim verimini arttırdığı söylenebilir.

4.5.2.6. Mikrodalga ön işleme uygulanmış portakal posasının sulu çözeltisi

Katı maddenin kütlece % 15'i kadar HNO_3 kullanılarak 15min mikrodalga radyasyonunda tabii tutulan sulu fazın anaerobik işleme sürecinde 3'er gün arayla alınan 15mL'lik şişelerdeki karışımlar santrifüjlenerek santrifüj tüplerinde kalan katı madde miktarları ve sulu fazlarda saptanan MLSS, KOI ve BOI_5 derişim bulguları sırasıyla şekil 4.97, 4.98 ve 4.99'da verilerek alt başlıklarda tartışılmıştır. Bu süre zarfında 15mL'lik şişelerde oluşan gaz günlük olarak bir şırınga iğnesi vasıtasıyla boşaltılmıştır.

4.5.2.6.1. %15'lik HNO_3 kullanılarak 15min Mikrodalga radyasyonunda ön işleme tabii tutulan portakal posasının sulu fazındaki MLSS derişiminin Zamanla değişimi

En yüksek suda çözünürlüğün elde edildiği portakal posasının sulu fazının anaerobik işleme süresince MLSS derişiminin zamana göre değişimi şekil 4.97'de verilmiştir.



Şekil 4.97. %15'lik HNO_3 Kullanılarak 15min Mikrodalga Radyasyonunda Ön İşleme Uygulanan Portakal Posasının Sulu Fazındaki MLSS Derişiminin Zamanla Değişimi

Şekil 4.97 incelendiğinde anaerobik işleme tabii tutulmadan ilk günkü MLSS derişiminin 2,01 gMLSS/L olduğu görülmektedir. 30 günlük anaerobik işleme sonunda

ise MLSS derişiminin 1,56 gMLSS/L olduğu gör÷lmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonucunda %22,39'luk bir azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır.

30 günlük anaerobik işlem sürecinde MLSS derişiminde ilk 3 günde bir artış gözlenmiştir. 3. günden sonra 18. güne kadar bir azalma meydana gelmiştir. 18. gün ile 21. gün arasında yüksek bir artış olduğu gözlemlenmiş 21. günden itibaren anaerobik işlem sonuna kadar bir azalmanın olduğu gör÷lmektedir. Ortamda MLSS artışının nedeni organik maddelerin mikroorganizmalarca üreme amacıyla kullanıldığını göstermekte, sistemdeki salınımların ise mikroorganizmaların ölümü ve üremesi nedeniyle meydana gelen salınımlar olmasından kaynaklanmaktadır. Bir döngü halinde gerçekleşen bu olaylar asit bakterilerinin ölmesi ve metan bakterilerinin devreye girerek metan üretimine başlaması olarak da açıklanabilir. Sürekli bir azalmanın meydana gelmesi ise anaerobik işlemin gerçekleştiği ortamda organik maddelerin azaldığını göstermektedir. Ancak bazı artışların olmasının nedeni de ölen mikroorganizmaların diğer mikroorganizmalar tarafından besin maddesi olarak kullanılmalarından kaynaklandığı da söylenebilir.

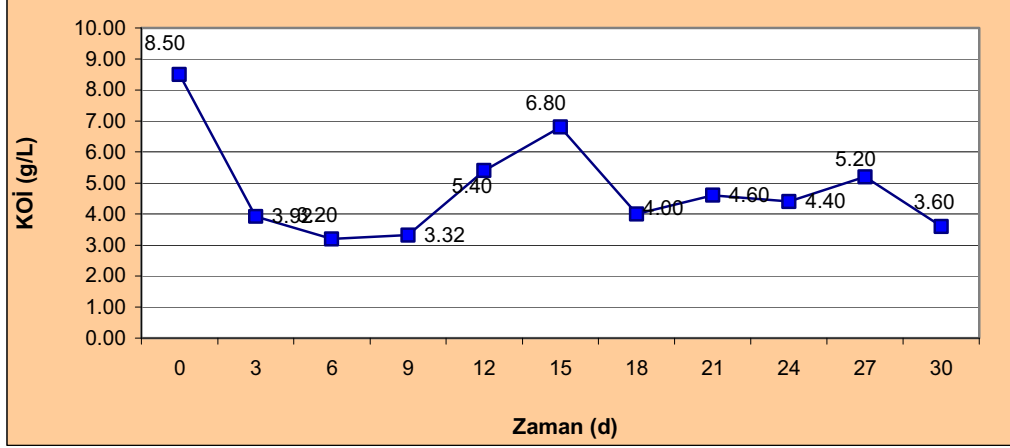
Mikrodalga ön işlemin uygulanması sonucu suda çözünürlüğün artması ve organik maddelerin mikroorganizmalarca daha kolay parçalaması nedeniyle MLSS'in zamanla azalmasında ön işlemin etkinliğini de göstermektedir.

4.5.2.6.2. %15'lik HNO₃ kullanılarak 15min Mikrodalga radyasyonunda ön işleme tabi tutulan portakal posasının sulu fazındaki KOİ derişiminin Zamanla değişimi

En yüksek suda çözünürlüğün elde edildiği portakal posasının sulu fazının anaerobik işlem süresince KOİ derişiminin zamana göre değişimi şekil 4.98'de verilmiştir.

Şekil 4.98'de anaerobik işleme tabi tutulmadan ilk günkü KOİ derişiminin 8,50 gKOİ/L olduğu gör÷lmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonunda ise KOİ derişiminin

3,60 gMLSS/L olduğu görülmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonucunda %57,65'lik bir azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır.

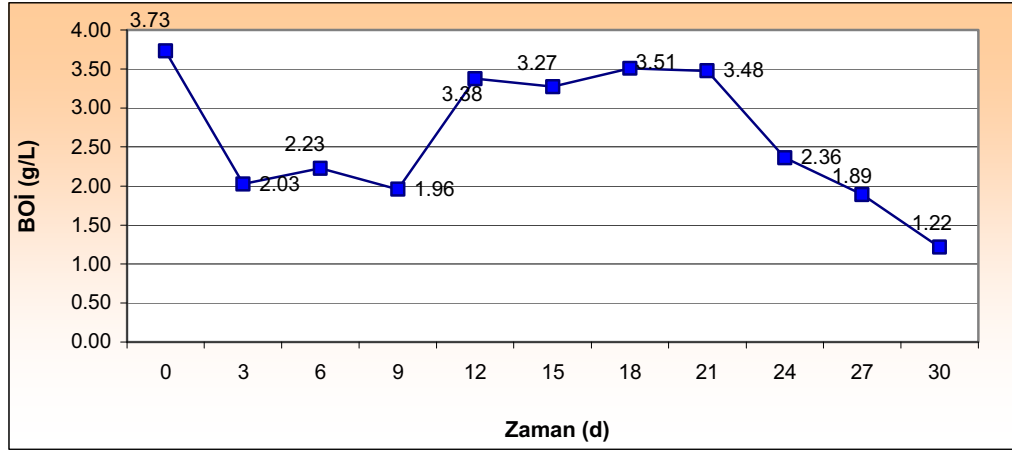


Şekil 4.98. %15'lik HNO₃ Kullanılarak 15min Mikrodalga Radyasyonunda Ön İşlem Uygulanan Portakal Posasının Sulu Fazındaki KOİ Değişiminin Zamanla Değişimi

30 günlük anaerobik işlem sürecinde KOİ derişiminde yaklaşık ilk 6 günde bir düşüş olduğu daha sonra 6. günden 15. güne kadar artış olduğu, 15. günden sonra da küçük artışlar olsa da küçük bir azalmanın olduğu görülmektedir.

4.5.2.6.3. %15'lik HNO₃ kullanılarak 15min Mikrodalga radyasyonunda ön işleme tabi tutulan portakal posasının sulu fazındaki BOİ₅ derişiminin Zamanla değişimi

En yüksek suda çözünürlüğün elde edildiği portakal posasının sulu fazının anaerobik işlem süresince BOİ₅ derişiminin zamana göre değişimi şekil 4.99'da verilmiştir.



Şekil 4.99. %15'lik HNO₃ Kullanılarak 15min Mikrodalga Radyasyonunda Ön İşlem Uygulanan Portakal Posasının Sulu Fazındaki BOI₅ Derişiminin Zamanla Değişimi

Şekil 4.99'da anaerobik işleme tabi tutulmadan ilk günkü BOI₅ derişiminin 3,73 gBOI₅/L olduğu görülmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonunda ise BOI₅ derişiminin 1,22 gBOI₅/L olduğu görülmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonucunda %67,29'luk bir azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır.

30 günlük anaerobik işlem sürecinde BOI₅ derişiminde yaklaşık 3 günde bir düşüş olduğu daha sonra 18. güne kadar bir artışın meydana geldiği, bu artıştan itibaren bazı salınımlar olsa da sürekli bir azalmanın olduğu görülmektedir.

BOI₅ derişiminin artış gösterdiği zamanlarda biyogaz üretiminin oldukça sınırlı olduğu ancak BOI₅ derişimini düşmeye başladığı zamanlarda yüksek BOI₅ derişiminin olduğu görülmektedir. BOI₅ derişiminde meydana gelen artışın organik maddelerin hidrolizi ve asitleşme aşamasının gerçekleştiği yani anaerobik işlem safhalarının sırayla gerçekleşmesinin kanıtı olduğu söylenebilir. Ayrıca mikroorganizmaların üremelerinin de gerçekleşmesiyle BOI₅'de meydana gelen salınımların açıklaması olarak tanımlanabilir. Biyogaz üretimi arttıkça BOI₅ derişiminde azalma meydana geldiği görülmektedir.

BOİ₅ derişiminde salınımların çok olmasının nedeni mikroorganizmaların üremesi ve ölmesinden kaynaklanmaktadır. Bu esnada anaerobik işlemin değişik safhalarında oluşan yeni mikroorganizma türlerinin de ortama adaptasyonu ve bu işlemler sonucu oluşan biyogaz da BOİ₅ derişimini etkilemektedir.

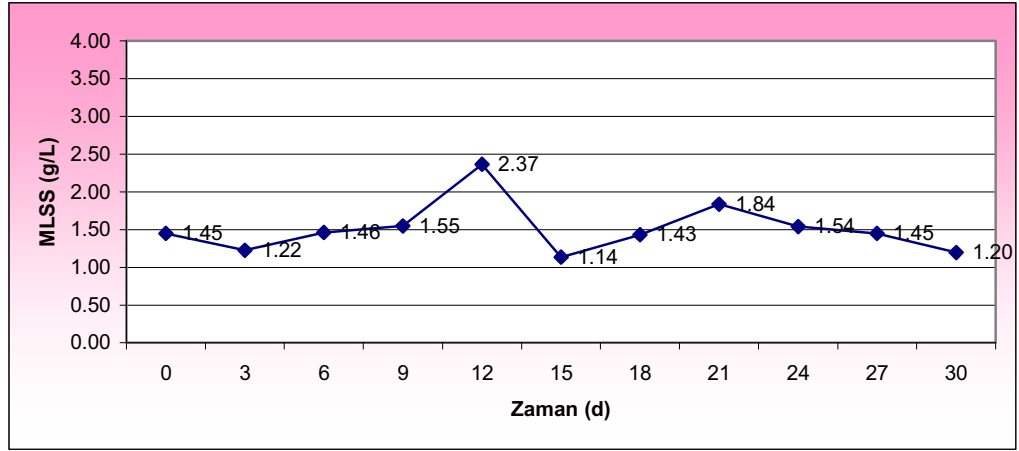
Mikrodalga ön işlem uygulanmış numunelerde BOİ derişiminin azalmasının oldukça iyi olduğu da gözlenmiştir. Bu da ön işlemlerin biyolojik parçalanmayı hızlandırdığı, BOİ gibi kirlilikleri azaltılmasında etkin olduğu ve bunlara bağlı olarak da biyogaz üretim verimini arttırdığı söylenebilir.

4.5.2.7. Ultrases ön işlemi uygulanmış portakal posasının sulu çözeltisi

Katı maddenin kütlece % 15'i kadar NaOH kullanılarak 30min ultrases dalgalarına tabi tutulan sulu fazının anaerobik işlemi sürecinde 3'er gün arayla alınan 15mL'lik şişelerdeki karışımlar santrifüjlenerek santrifüj tüplerinde kalan katı madde miktarları ve sulu fazlarda saptanan MLSS, KOİ ve BOİ₅ derişim bulguları sırasıyla şekil 4.100, 4.101 ve 4.102'de verilerek alt başlıklarda tartışılmıştır. Bu süre zarfında 15mL'lik şişelerde oluşan gaz günlük olarak bir şırınga iğnesi vasıtasıyla boşaltılmıştır.

4.5.2.7.1. %15 NaOH kullanılarak 30min Ultrases dalgalarında ön işleme tabi tutulan portakal posasının sulu fazındaki MLSS derişiminin Zamanla değişimi

En yüksek suda çözünürlüğün elde edildiği portakal posasının sulu fazının anaerobik işlem süresince MLSS derişiminin zamana göre değişimi şekil 4.100'de verilmiştir.



Şekil 4.100. %15 NaOH Kullanılarak 30min Ultrases Dalgalarında Ön İşlem Uygulanan Portakal Posasının Sulu Fazındaki MLSS Derişiminin Zamanla Değişimi

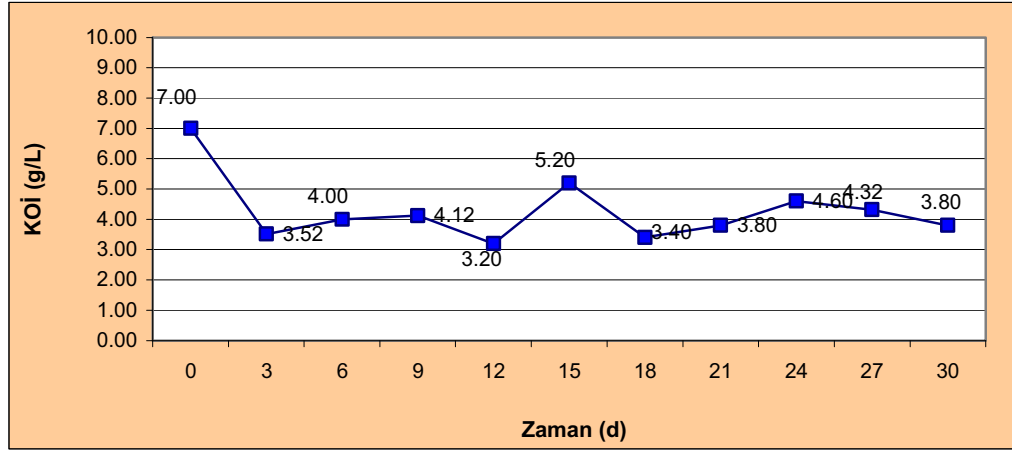
Şekil 4.100 incelendiğinde anaerobik işleme tabi tutulmadan ilk günkü MLSS derişiminin 1,45 gMLSS/L olduğu görölmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonunda ise MLSS derişiminin 1,20 gMLSS/L olduğu görölmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonucunda %17,24'lük bir azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır.

30 günlük anaerobik işlem sürecinde MLSS derişiminde ilk 3 günde önemli bir değişim gözlenmemiştir. 3. günden sonra 12. güne kadar artış meydana gelmiştir. 12. günden 15. güne kadar azalma olmuş 15. günden 21. güne kadar artma meydana gelmiştir. 21. günden itibaren anaerobik işlem sonuna kadar azalmanın olduğu görölmektedir. Ortamda MLSS artışının nedeni organik maddelerin mikroorganizmalarca üreme amacıyla kullanıldığını göstermekte, sistemdeki salınımların ise mikroorganizmaların ölümü ve üremesi nedeniyle meydana gelen salınımlar olmasından kaynaklanmaktadır. Bir döngü halinde gerçekleşen bu olaylar asit bakterilerinin ölmesi ve metan bakterilerinin devreye girerek metan üretimine başlaması olarak da açıklanabilir. Sürekli bir azalmanın meydana gelmesi ise anaerobik işlemin gerçekleştiği ortamda organik maddelerin azaldığını göstermektedir. Ancak bazı artışların olmasının nedeni de ölen mikroorganizmaların diğer mikroorganizmalar tarafından besin maddesi olarak kullanılmalarından kaynaklandığı da söylenebilir.

Ultrases ön işlemin uygulanması sonucu suda çözünürlüğün artması ve organik maddelerin mikroorganizmalarca daha kolay parçalanması nedeniyle MLSS'in zamanla azalmasında ön işlemin etkinliğini de göstermektedir.

4.5.2.7.2. %15 NaOH kullanılarak 30min Ultrases dalgalarında ön işleme tabi tutulan portakal posasının sulu fazındaki KOİ derişiminin Zamanla değişimi

En yüksek suda çözünürlüğün elde edildiği portakal posasının sulu fazının anaerobik işlem süresince KOİ derişiminin zamana göre değişimi Şekil 4.101'de verilmiştir.



Şekil 4.101. %15 NaOH Kullanılarak 30min Ultrases Dalgalarında Ön İşlem Uygulanan Portakal Posasının Sulu Fazındaki KOİ Derişiminin Zamanla Değişimi

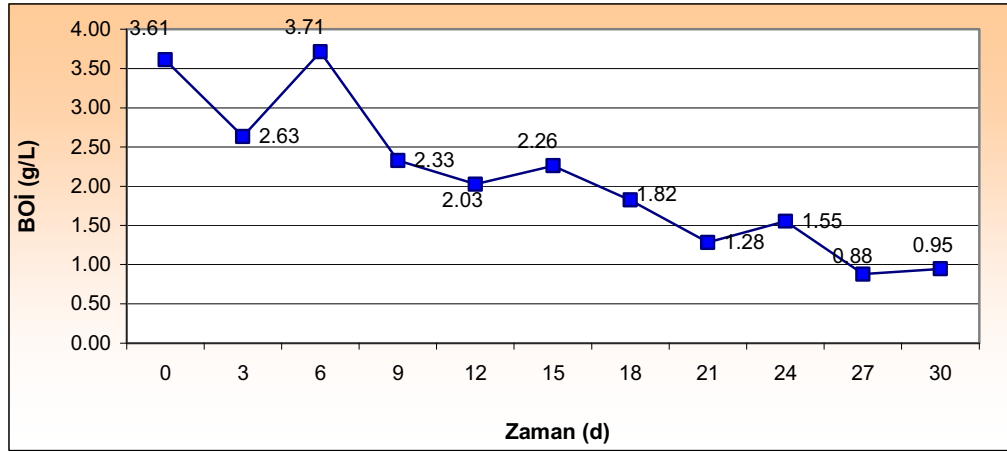
Şekil 4.101'de anaerobik işleme tabi tutulmadan ilk günkü KOİ derişiminin 7,00 gKOİ/L olduğu görölmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonunda ise KOİ derişiminin 3,80 gMLSS/L olduğu görölmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonucunda %45,71'lik bir azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır.

30 günlük anaerobik işlem sürecinde KOİ derişiminde yaklaşık ilk 3 günde bir düşüş olduğu daha sonra 9. güne kadar bir artışın meydana geldiği görölmektedir. 9.

günden 12. güne kadar bir düşüş ve 12. günden 15. güne kadar da bir artışın olduğu, 15. günden sonra küçük artışlar olsa da azalmanın olduğu görülmektedir.

4.5.2.7.3. %15 NaOH kullanılarak 30min Ultrases dalgalarında ön işleme tabi tutulan portakal posasının sulu fazındaki BOİ₅ derişiminin Zamanla değişimi

En yüksek suda çözünürlüğün elde edildiği portakal posasının sulu fazının anaerobik işlem süresince BOİ₅ derişiminin zamana göre değişimi Şekil 4.102'de verilmiştir.



Şekil 4.102. %15 NaOH Kullanılarak 30min Ultrases Dalgalarında Ön İşlem Uygulanan Portakal Posasının Sulu Fazındaki BOİ₅ Derişiminin Zamanla Değişimi

Şekil 4.102'de anaerobik işleme tabi tutulmadan ilk günkü BOİ₅ derişiminin 3,61 gBOİ₅/L olduğu görülmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonunda ise BOİ₅ derişiminin 0,95 gBOİ₅/L olduğu görülmektedir. 30 günlük anaerobik işlem sonucunda %73,68'lik bir azalmanın meydana geldiği hesaplanmıştır.

30 günlük anaerobik işlem sürecinde BOİ₅ derişiminde yaklaşık 3 günde bir düşüş olduğu, 6. güne kadar küçük bir artış olduğu daha sonra bazı salınımlar olsa da sürekli bir azalmanın olduğu görülmektedir.

BOİ₅ derişiminin artış gösterdiği zamanlarda biyogaz üretiminin oldukça sınırlı olduğu ancak BOİ₅ derişimini düşmeye başladığı zamanlarda yüksek BOİ₅ derişiminin olduğu görülmektedir. BOİ₅ derişiminde meydana gelen artışın organik maddelerin hidrolizi ve asitleşme aşamasının gerçekleştiği yani anaerobik işlem safhalarının sırayla gerçekleşmesinin kanıtı olduğu söylenebilir. Ayrıca mikroorganizmaların üremelerinin de gerçekleşmesiyle BOİ₅'de meydana gelen salınımların açıklaması olarak tanımlanabilir. Biyogaz üretimi arttıkça BOİ₅ derişiminde azalma meydana geldiği görülmektedir.

BOİ₅ derişiminde salınımların çok olmasının nedeni mikroorganizmaların üremesi ve ölmesinden kaynaklanmaktadır. Bu esnada anaerobik işlemin değişik safhalarında oluşan yeni mikroorganizma türlerinin de ortama adaptasyonu ve bu işlemler sonucu oluşan biyogaz da BOİ₅ derişimini etkilemektedir.

Ultras es ön işlem uygulanmış numunelerde BOİ derişiminin azalmasının oldukça iyi olduğu da gözlenmiştir. Bu da ön işlemlerin biyolojik parçalanmayı hızlandırdığı, BOİ gibi kirlilikleri azaltılmasında etkin olduğu ve bunlara bağılı olarak da biyogaz üretim verimini arttırdığı söylenebilir.

4.5.2.8. Portakal posasının en yüksek suda çözünürlüğe sahip numunelerinde MLSS, KOİ ve BOİ₅'nin karşılaştırılması

Portakal posasına gerek hiçbir ön işlem uygulanmadan gerekse de ön işlem uygulanması sonucu elde edilen numunelere uygulanan anaerobik işlem esnasında her 3 günde MLSS, KOİ ve BOİ₅ analizleri yapılarak en iyi ön işlem koşulu araştırılmıştır. Yapılan çalışmada uygulanan ön işlemlerin suda çözünürlüğü arttırdığı buna bağılı olarak da biyogaz üretim verimini arttırdığı saptanmıştır.

Anaerobik işlem esnasında meydana gelen işlemlere bakıldığında ise MLSS, KOİ ve BOİ₅ miktarlarının zamanla ve ön işlem uygulanmasıyla azaldığı saptanmıştır.

MLSS'de meydana gelen azalma ortamda bulunan mikroorganizmaların biyolojik pğarçalama yoluyla besin maddesi olarak kullanmalarından kaynaklanmaktadır. Özellikle sulu faza geçiş ne kadar yüksekse mikroorganizmaların bu besin maddelerini kullanarak ürettikleri biyogaz ve dolayısıyla metan miktarı da o kadar artış göstermektedir. MLSS derişimindeki en yüksek azalma %38,36 ile ısılkimyasal ön işleminin uygulandığı sulu fazda gözlenmiştir. Diğer ön işlemlerde de yüksek oranlarda derişimlerinin azaldığı gözlemlenmiştir.

KOİ derişiminin azalmasına bakıldığında en yüksek derişiminin azalması %57,65 ile mikrodalga ön işleminin uygulandığı sulu fazda gözlenmiştir. Diğer ön işlemlerde de yüksek oranlarda derişimlerinin azaldığı gözlemlenmiştir.

Özellikle biyolojik süreçte asit oluşumu ve buna bağlı olarak asit oluşum aşamasında pH'ın düşeceğinden KOİ derişimlerinin değışmeden kalabileceği, asidik maddelerin biyolojik olarak parçalanıp metan bakterileri tarafından metan ve CO₂'ye dönüşümü sonucu kimyasal olarak oksitlenebilen maddelerin tüketilmesi ve KOİ'nin düşmesine yol açtığı şeklinde yorumlanabilir. Kaynak bilgilerle de [2, 66] desteklenmektedir.

BOİ₅ derişiminin azalmasına bakıldığında ise en yüksek derişiminin azalması %73,68 ile yine Ultrases ön işleminin uygulandığı sulu fazda gözlenmiştir. Diğer ön işlemlerde de yüksek oranlarda derişimlerinin azaldığı gözlemlenmiştir.

BOİ₅ ile ilgili grafiklerde derişimlerin ilk günkü değerlerinden sonra azalması MLSS'in ürediğini, bileşiklerin enzimatik tepkimelere girmesi ve biyolojik parçalanabilen maddelere dönüşümü olarak açıklanabilir. Daha sonra meydana gelen artışların ise enzimatik tepkimeler ve biyolojik parçalanabilen madde miktarındaki artıştan kaynaklanmaktadır.

Genelde KOİ ve BOİ₅ derişimlerinin azaldığı görölmektedir. Kaynak bilgilerin de [30, 66, 47, 95] bu olguyu desteklediğı görölmektedir.

Anaerobik işlemlerde verimliliğı belirleyen aşama hidroliz aşamasıdır. Dolayısıyla bu aşamada gerçekleşen biyolojik parçalanma ne kadar iyiye verim de artmaktadır. Biyolojik olarak parçalanmanın sağlanması amacıyla da ön işlem uygulanmasının verimi arttırdığı görölmektedir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Hammadde olarak kullanılan Tarsus ilçesi merkezi Atıksu Arıtma Tesisi arıtma çamuru ve ETAP Tarım ve Gıda Ürünleri Ambalaj San. ve Tic. A.Ş. fabrikası katı portakal posasıyla yapılan işlemlerden elde edilen bulgular aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

Tarsus ilçesi merkezi Atıksu Arıtma Tesisi arıtma çamurunun bazı özellikleri analiz edilmiş, neminin % 81,68, külünün kütlece kuru temelde %4,10, uçucu maddesinin kütlece kuru temelde %95,90, uçucu maddedeki selüloz miktarının kütlece kuru temelde %6,92, üst ısıl değerinin 12,52 Mj/kg olduğu saptanmıştır. Elde edilen verilere göre anaerobik işlem için uygun bir hammadde olduğu belirlenmiştir.

ETAP Tarım ve Gıda Ürünleri Ambalaj San. ve Tic. A.Ş. fabrikası katı portakal posasının da bazı özellikleri analiz edilmiş, neminin % 87,25, külünün kütlece kuru temelde %9,49 uçucu maddesinin kütlece kuru temelde %90,51, uçucu maddedeki selüloz miktarının kütlece kuru temelde %11,81, üst ısıl değerinin 20,95 Mj/kg olduğu saptanmıştır. Elde edilen verilere göre bu hammaddenin de anaerobik işlem için uygun bir hammadde olduğu belirlenmiştir.

Tarsus ilçesi merkezi Atıksu Arıtma Tesisi arıtma çamuru ve ETAP Tarım ve Gıda Ürünleri Ambalaj San. ve Tic. A.Ş. fabrikası katı portakal posasından üretilen biyogazın verimini arttırmak amacıyla doğrudan suyun kaynama noktası sıcaklığında, ısıl, kimyasal, ısılkimyasal, mikrodalga ve Ultrases ön işlemleri uygulanmıştır.

Arıtma çamuru ve portakal posasına hiçbir işlem uygulamadan doğrudan suda çözünürlüğüne bakılmıştır. Arıtma çamurunda suda çözünürlüğün %27,43 olduğu saptanmıştır. Portakal posasında ise suda çözünürlüğün %18,76 olduğu saptanmıştır.

Isıl ön işlemlerde arıtma çamuru ve portakal posasının kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarına 15, 30, 60, 120 ve 180min suyun normal kaynama sıcaklığında pişirme yapılmış ve suda çözünme miktarları saptanmıştır.

Arıtma çamurunun kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarına yapılan ısıl işlemde en yüksek suda çözünürlüğün %46,76 ile 30min süre suyun kaynama noktası sıcaklığında meydana geldiği saptanmıştır.

Portakal posasının kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarına ise en yüksek suda çözünürlüğün %24,67 ile 60min süre suyun kaynama noktası sıcaklığında meydana geldiği saptanmıştır.

Kimyasal ön işlemlerde arıtma çamuru ve portakal posasının kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarına asidik ve bazik ön işlemler uygulanmıştır. Asidik ön işlemlerde H_2SO_4 ve HNO_3 , bazik ön işlemlerde ise NaOH ve KOH kimyasalları kullanılmıştır. Kimyasal maddeler katı maddenin kütlece %10, 15 ve 20'si olacak şekilde ön işlem gerçekleştirilmiştir. Kimyasal ön işlemler 15min'lik bekletme süresinde gerçekleştirilmiştir.

Arıtma çamurunun kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarına yapılan asidik kimyasal ön işlemde en yüksek suda çözünürlüğün %44,12 ile katı maddenin kütlece %20'si olan HNO_3 kimyasalında olduğu, bazik ön işlemde ise en yüksek suda çözünürlüğün %45,67 ile katı maddenin kütlece %20'si olan NaOH kimyasalında gerçekleştiği saptanmıştır. Arıtma çamurunun kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarına uygulanan kimyasal ön işlemlerde en yüksek çözünürlüğün bazik kimyasallarda olduğu bunun da %45,67 ile katı maddenin kütlece %20'si olan NaOH'de olduğu saptanmıştır.

Arıtma çamurunun kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarındaki veriler istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, arıtma çamuruna uygulanan asidik kimyasal ön

işlemlerde kullanılan kimyasalların türüne, miktarına ve tepkime süresine göre suda çözünme miktarları arasında istatistiksel anlamlı bir fark olduğu görülmüştür. Bazik kimyasal ön işlemlerle yapılan çalışmada kullanılan kimyasalların türüne ve miktarına göre suda çözünme miktarları arasında istatistiksel anlamlı bir fark olduğu görülürken, tepkime süresinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür.

Asidik ortamda suda çözünme miktarı ile bazik ortamda suda çözünme miktarı karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür.

Portakal posasının kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarına ise yapılan asidik kimyasal ön işlemde en yüksek suda çözünürlüğün %33,76 ile katı maddenin kütlece %20'si olan H_2SO_4 kimyasalında olduğu, bazik ön işlemde ise en yüksek suda çözünürlüğün %36,34 ile katı maddenin kütlece %20'si olan NaOH kimyasalında gerçekleştiği saptanmıştır. Portakal posasının kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarına uygulanan kimyasal ön işlemlerde en yüksek çözünürlüğün bazik kimyasallarda olduğu bunun da %36,34 ile katı maddenin kütlece %20'si olan NaOH'de olduğu saptanmıştır.

Portakal posasının kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarındaki veriler istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, portakal posasına uygulanan asidik kimyasal ön işlemlerde kullanılan kimyasalların türüne, miktarına ve tepkime süresine göre suda çözünme miktarları arasında istatistiksel anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür. Bazik kimyasal ön işlemlerle yapılan çalışmada da kullanılan kimyasalların türüne, miktarına ve tepkime süresine göre suda çözünme miktarları arasında istatistiksel anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür.

Asidik ortamda suda çözünme miktarı ile bazik ortamda suda çözünme miktarı karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür.

Isilkimyasal ön işlemlerde arıtma çamuru ve portakal posasının kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarına asidik ve bazik ön işlemler uygulanmıştır. Asidik ön işlemlerde H_2SO_4 ve HNO_3 , bazik ön işlemlerde ise NaOH ve KOH kimyasalları kullanılmıştır. Kimyasal maddeler katı maddenin kütlece %10, 15 ve 20'si olacak şekilde ön işlem gerçekleştirilmiştir. Isilkimyasal ön işlemler 15, 30, 60, 120 ve 180min gibi suyun normal kaynama sıcaklığında pişirme yapılmış ve suda çözünme miktarları saptanmıştır.

Arıtma çamurunun kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarında yapılan asidik kimyasal ön işlemde en yüksek suda çözünürlüğün %52,43 ile katı maddenin kütlece %20'si olan HNO_3 kimyasalının 60min süre pişirilmesi ile gerçekleştiği, bazik ön işlemde ise en yüksek suda çözünürlüğün %41,44 ile katı maddenin kütlece %10'u olan NaOH kimyasalının 60min süre pişirilmesi ile gerçekleştiği saptanmıştır. Arıtma çamurunun kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarına uygulanan kimyasal ön işlemlerde en yüksek çözünürlüğün asidik kimyasallarda olduğu bunun da %52,43 ile katı maddenin kütlece %20'si olan ve 60min süre ile suyun normal kaynama sıcaklığında pişirilen NaOH'de olduğu saptanmıştır.

Arıtma çamurunun kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarındaki veriler istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, Arıtma çamurunun kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarına uygulanan ısı kimyasal ön işlemlerde kullanılan kimyasal türüne göre suda çözünme miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu görülmüştür. Ancak kimyasalların miktarı ve pişirme süreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür.

Portakal posasının kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarında ise yapılan asidik kimyasal ön işlemde en yüksek suda çözünürlüğün %27,34 ile katı maddenin kütlece %10'u olan HNO_3 kimyasalının 30min süre pişirilmesi ile gerçekleştiği, bazik ön işlemde ise en yüksek suda çözünürlüğün %25,38 ile katı maddenin kütlece %20'si olan KOH kimyasalında gerçekleştiği saptanmıştır. Portakal posasının kütlece %7 katı

madde içeren sulu karışımlarına uygulanan kimyasal ön işlemlerde en yüksek çözünürlüğün bazik kimyasallarda olduğu bunun da %27,34 ile katı maddenin kütlece %10'u olan HNO₃'de olduğu saptanmıştır.

Portakal posasının kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarındaki veriler istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, portakal posasının kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarına uygulanan ısı kimyasal ön işlemlerde kullanılan kimyasal türüne göre suda çözünme miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu görülmüştür. Ancak kimyasalların miktarı ve pişirme süreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür.

Mikrodalga ön işleminde arıtma çamuru ve portakal posasının kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarına doğrudan, asidik ve bazik ön işlemler uygulanmıştır. Doğrudan uygulanan ön işlemlerde 15min süre boyunca mikrodalga fırında pişirme yapılmıştır. Asidik ön işlemlerde H₂SO₄ ve HNO₃, bazik ön işlemlerde ise NaOH ve KOH kimyasalları kullanılmıştır. Kimyasal maddeler katı maddenin kütlece %10, 15 ve 20'si olacak şekilde ön işlem gerçekleştirilmiştir. Mikrodalga ön işlemler mikrodalga fırında 15min'lik bekletme süresinde gerçekleştirilmiştir.

Arıtma çamurunun kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarında yapılan doğrudan mikrodalga ön işleminde %29,32'lik bir suda çözünmenin meydana geldiği saptanmıştır. Oda sıcaklığında bekletilen suda çözünürlük değeriyle kıyaslandığında %6,89'luk bir suda çözünme artışı sağlanmıştır. Asidik mikrodalga ön işleminde en yüksek suda çözünürlüğün %49,98 ile katı maddenin kütlece %20'si olan HNO₃ kimyasalında olduğu, bazik ön işlemlerde ise en yüksek suda çözünürlüğün %35,44 ile katı maddenin kütlece %20'si olan NaOH kimyasalında gerçekleştiği saptanmıştır. Arıtma çamurunun kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarına uygulanan kimyasal ön işlemlerde en yüksek çözünürlüğün asidik kimyasallarda olduğu bunun da %49,98 ile katı maddenin kütlece %20'si olan HNO₃'de olduğu saptanmıştır.

Aritma çamurunun kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarındaki veriler istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, arıtma çamurunun kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarına uygulanan mikrodalga ön işlemlerde kullanılan kimyasal türüne göre suda çözünme miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu görülmüştür. Ancak kimyasalların miktarı ve pişirme süreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür.

Aritma çamurunun kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarına uygulanan asidik ve bazik kimyasalların kullanıldığı mikrodalga ön işlemlerinden elde edilen sulu forma geçiş miktarları arasından anlamlı bir fark olduğu görülmüştür.

Portakal posasının kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarında yapılan doğrudan mikrodalga ön işleminde %18,12'lik bir suda çözünmenin meydana geldiği saptanmıştır. Oda sıcaklığında bekletilen suda çözünürlük değeriyle kıyaslandığında %-3,53'lük bir suda çözünme azalışı sağlanmıştır. Asidik mikrodalga ön işleminde en yüksek suda çözünürlüğün %25,65 ile katı maddenin kütlece %15'i olan HNO₃ kimyasalında olduğu, bazik ön işleminde ise en yüksek suda çözünürlüğün %22,11 ile katı maddenin kütlece %10'u olan NaOH kimyasalında gerçekleştiği saptanmıştır. Portakal posasının kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarına uygulanan kimyasal ön işlemlerde en yüksek çözünürlüğün bazik kimyasallarda olduğu bunun da %49,98 ile katı maddenin kütlece %20'si olan HNO₃'de olduğu saptanmıştır.

Portakal posasının kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarındaki veriler istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, portakal posasının kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarına uygulanan ısı kimyasal ön işlemlerde kullanılan kimyasal türüne göre suda çözünme miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu görülmüştür. Ancak kimyasalların miktarı ve pişirme süreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür.

Portakal posasının kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarına uygulanan asidik ve bazik kimyasalların kullanıldığı mikrodalga ön işlemlerinden elde edilen sulu forma geçiş miktarları arasından anlamlı bir fark olduğu görülmüştür.

Ultrases ön işleminde arıtma çamuru ve portakal posasının kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarına doğrudan, asidik ve bazik ön işlemler uygulanmıştır. Doğrudan uygulanan ön işlemlerde 15, 30 ve 60min süre boyunca Ultrasesde pişirme yapılmıştır. Asidik ön işlemlerde H_2SO_4 ve HNO_3 , bazik ön işlemlerde ise NaOH ve KOH kimyasalları kullanılmıştır. Kimyasal maddeler katı maddenin kütlece %10, 15 ve 20'si olacak şekilde ön işlem gerçekleştirilmiştir. Ultrases ön işlemler 15, 30 ve 60min'lik bekleme süresinde gerçekleştirilmiştir.

Arıtma çamurunun kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarında yapılan doğrudan Ultrases ön işleminde %27,96'lık bir suda çözünmenin meydana geldiği saptanmıştır. Oda sıcaklığında bekletilen suda çözünürlük değeriyle kıyaslandığında %1,93'lük bir suda çözünme artışı sağlanmıştır. Asidik Ultrases ön işleminde en yüksek suda çözünürlüğün %35,44 ile katı maddenin kütlece %20'si olan HNO_3 kimyasalının 60min süre pişirilmesi ile gerçekleştiği, bazik ön işlemlerde ise en yüksek suda çözünürlüğün %45,65 ile katı maddenin kütlece %20'si olan NaOH kimyasalının 60min süre pişirilmesi ile gerçekleştiği saptanmıştır. Arıtma çamurunun kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarında uygulanan ultrases kimyasal ön işlemlerde en yüksek çözünürlüğün bazik kimyasallarda olduğu bunun da %46,65 ile katı maddenin kütlece %20'si olan NaOH kimyasalının 60min süre pişirilmesi ile gerçekleştiği saptanmıştır.

Arıtma çamurunun kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarındaki veriler istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, arıtma çamurunun kütlece %7 katı madde içeren sulu karışımlarına uygulanan ultrases ön işlemlerde kullanılan kimyasalların türüne göre suda çözünme miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu görülmüştür. Ancak kimyasalların miktarı ve ultrases süreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür.

Aritma çamurunun küttelece %7 katı madde içeren sulu karışımlarına uygulanan asidik ve bazik kimyasalların kullanıldığı ultrases ön işlemlerinden elde edilen sulu forma geçiş miktarları arasından anlamlı bir fark olduğu görülmüştür.

Portakal posasının küttelece %7 katı madde içeren sulu karışımlarında yapılan doğrudan Ultrases ön işleminde %36,41'lik bir suda çözünmenin meydana geldiği saptanmıştır. Oda sıcaklığında bekletilen suda çözünürlük değeriyle kıyaslandığında %94,08'lik bir suda çözünme artışı sağlanmıştır. Asidik Ultrases ön işleminde en yüksek suda çözünürlüğün %51,12 ile katı maddenin küttelece %20'si olan H₂SO₄ kimyasalının 30min süre pişirilmesi ile gerçekleştiği, bazik ön işleminde ise en yüksek suda çözünürlüğün %54,71 ile katı maddenin küttelece %15'i olan NaOH kimyasalında gerçekleştiği saptanmıştır. Portakal posasının küttelece %7 katı madde içeren sulu karışımlarına uygulanan kimyasal ön işlemlerde en yüksek çözünürlüğün bazik kimyasallarda olduğu bunun da %54,71 ile katı maddenin küttelece %15'i olan NaOH'de olduğu saptanmıştır.

Portakal posasının küttelece %7 katı madde içeren sulu karışımlarındaki veriler istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, portakal posasının küttelece %7 katı madde içeren sulu karışımlarına uygulanan ısı kimyasal ön işlemlerde kullanılan kimyasal türüne, miktarına ve ultrases sürelerine göre suda çözünme miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu görülmüştür.

Portakal posasının küttelece %7 katı madde içeren sulu karışımlarına uygulanan asidik ve bazik kimyasalların kullanıldığı ultrases ön işlemlerinden elde edilen sulu forma geçiş miktarları arasından anlamlı bir fark olduğu görülmüştür.

Yapılan deneylerde ön işlem süresinin ısı kimyasal, ısı kimyasal, mikrodalga ve ultrases ön işlemlerinde etkili olduğu saptanmıştır. Ayrıca suyun normal kaynama sıcaklığının da suda çözünmeye olumlu katkısı olduğu saptanmıştır.

Arıtma çamurunun kütlege %7 katı madde içeren sulu karışımlarına uygulanan tüm ön işlemlerde en yüksek suda çözünmenin asidik ısılkimyasal ön işlemlerde gerçekleştiği saptanmıştır.

Portakal posasının kütlege %7 katı madde içeren sulu karışımlarında ise en yüksek suda çözünmenin bazik ultrases ön işleminde gerçekleştiği saptanmıştır.

Anaerobik işlemlerde en yüksek biyogaz ve metan üretim verimleri,

Arıtma çamurunun sulu çözeltilerinde ısılkimyasal ön işlemlerde en yüksek biyogaz ve metan üretim verimleri saptanmıştır. Katı maddenin %20'si olacak şekilde HNO₃ kullanılan ve 60min pişirme süresince bekletilen numunede biyogaz üretiminin en yüksek olduğu saptanmıştır. Anaerobik işlem sonucunda 489,5 mL_{biyogaz}/gKM ile 793,4 mL_{biyogaz}/gUM biyogaz üretim verimleri saptanırken, metan üretim verimlerinin 297,5 mL_{CH₄}/gKM ve 482,2 mL_{CH₄}/gUM olduğu hesaplanmıştır.

Portakal posasının sulu çözeltilerinde ise en yüksek biyogaz ve metan üretim verimleri Ultrases ön işleminde saptanmıştır. Katı maddenin %15'i olacak şekilde NaOH kullanılan ve 30min süresince ön işleme tabii tutulan numunede biyogaz üretiminin en yüksek olduğu saptanmıştır. Anaerobik işlem sonucunda 378,7 mL_{biyogaz}/gKM ile 897,4 mL_{biyogaz}/gUM biyogaz üretim verimleri saptanırken, metan üretim verimlerinin 226,6 mL_{CH₄}/gKM ve 537,0 mL_{CH₄}/gUM olduğu hesaplanmıştır.

Arıtma çamurunun sulu çözeltilerine gerek oda sıcaklığında bekletilen gerekse de ön işlem uygulanması sonucu elde edilen numunelere uygulanan anaerobik işlem esnasında her 3 günde MLSS, KOİ ve BOİ₅ analizleri yapılarak en iyi ön işlem koşulu araştırılmıştır. Yapılan çalışmada uygulanan ön işlemlerin suda çözünürlüğü arttırdığı buna bağlı olarak da biyogaz üretim verimini arttırdığı saptanmıştır. Buna göre MLSS derişiminde en yüksek azalma %38,75 ile Ultrases ön işleminin uygulandığı sulu fazda

gözlenmiştir. KOİ derişimindeki azalmaya bakıldığında en yüksek azalma %78,95 ile Ultrases ön işleminin uygulandığı sulu fazda gözlenmiştir. BOİ₅ derişimindeki azalmaya bakıldığında ise en yüksek azalmanın %88,83 ile yine Ultrases ön işleminin uygulandığı sulu fazda gözlenmiştir. Diğer ön işlemlerde de yüksek oranlarda MLSS, KOİ ve BOİ₅ derişimlerinin azaldığı gözlemlenmiştir.

Portakal posasının sulu çözeltilerinde gerek oda sıcaklığında bekletilen gerekse de ön işlem uygulanması sonucu elde edilen numunelere uygulanan anaerobik işlem esnasında her 3 günde MLSS, KOİ ve BOİ₅ analizleri yapılarak en iyi ön işlem koşulu araştırılmıştır. Yapılan çalışmada uygulanan ön işlemlerin suda çözünürlüğü arttırdığı buna bağlı olarak da biyogaz üretim verimini arttırdığı saptanmıştır. MLSS derişiminde en yüksek azalma %38,36 ile ısılkimyasal ön işleminin uygulandığı sulu fazda gözlenmiştir. KOİ derişimindeki azalmaya bakıldığında en yüksek azalmanın %57,65 ile mikrodalga ön işleminin uygulandığı sulu fazda gözlenmiştir. BOİ₅ derişimindeki azalmaya bakıldığında ise en yüksek azalmanın %73,68 ile yine Ultrases ön işleminin uygulandığı sulu fazda gözlenmiştir. Diğer ön işlemlerde de yüksek oranlarda MLSS, KOİ ve BOİ₅ derişimlerinin azaldığı gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada ısı, kimyasal, ısılkimyasal, mikrodalga ve ultrases ön işlemlerinin katı maddenin sulu forma geçişlerine bakılmıştır. Dolayısıyla suda çözünme miktarına bağlı olarak anaerobik işlemler sonucunda üretilen biyogaz ve metan miktarları da saptanmıştır. En yüksek suda çözünmenin meydana geldiği ön işlemlerde en yüksek biyogaz ve metan üretildiği de saptanmıştır. Ön işlemlerin etkili olduğu da kanıtlanmıştır.

Elde edilen bulgular neticesinde büyük miktarlarda üretilen ve değerlendirilmeyen arıtma çamuru ve portakal posasının değerlendirildiğinde enerji için bir yakıt olabileceği saptanmıştır. En yüksek verimin de bazik ön işlem uygulamasıyla gerçekleştirilebileceği saptanmıştır. Bu çalışmadan elde edilen verilerin benzeri çalışmalara ışık tutacağı da görülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1]. Riley, G. A., "The Carbon Metabolism and Photosynthetic Efficiency of the Earth as a Whole" Am. Science, 32 (2), s.129-134, (1944).
- [2]. Speece, R.E., "Anaerobic Biotechnology for Industrial Wastewater", Arche Press, Tennessee, 394s, (1996).
- [3]. Karim, K., Klasson, T., Hoffmann, R. and Al-Dahhan, M.H., "Anaerobic Digestion of Animal Waste: Effect of Mixing", Bioresource Technology, 96, 1607–1612, (2005).
- [4]. Staffort, D.A., Hawkes, D.L. and Horton, H.R., "Methane production from waste organic matter", Agriculture Canada Publication, no:1528, Canada (1980).
- [5]. Lusk, P. and Moser, M., "Anaerobic Digestion; Yesterday, Today and Tomorrow", Ninth European Bioenergy Conference; June 24-27, Copenhagen, Denmark, Pergamon Press; UK, pp:284-289, (1996).
- [6]. Demirer, G.N., Duran, M., Ergüder, T.H., Güven, E., Uğurlu, Ö. and Tezel, U., "Anaerobic Treatability and Biogas Production Potential Studies of Different Agro-industrial Wastewaters in Turkey", Biodegradation, 11:401-405, (2000).
- [7]. Maeng, H., Lund, H. and Hvelplund, F. "Biogas plants in Denmark: Technological and economic developments", Applied Energy,. 64(1): 195-206, (1999).
- [8]. Seadi, T.A. "Danish Centralized Biogas Plants, Plant Descriptions", University of Southern Denmark, Bioenergy Department Pub, p4-7, Denmark, (2000).
- [9]. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, "Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği", Resmi Gazete, sayı: 25777, tarih 5 Nisan 2005, Ankara, (2005).
- [10]. Filibeli, A. "Arıtma Çamurlarının İşlenmesi", Dokuz Eylül Üniversitesi Müh. Fak. Yayınları, No:255, ISBN 975-441-117-4, s254, İzmir, (2005).
- [11]. U.S. Environmental Protection Agency: Process Design Manual for Sludge Treatment and Disposal, (1979).

- [12]. Baccini, P., Henseler, G., Fiqi, R. and Belevi, H., “Water and Element Balances of Municipal Solid Waste Landfills”, *Waste Management & Research*, 5, 483-499, (1987).
- [13]. Türk Standartları Enstitüsü (TSE), No:34, “Turunçgil Meyveleri“, 32s, (2007).
- [14]. Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), “Temel Tarımsal Göstergeler”, 55s, (2008).
- [15]. Lauf, R. J., Bible, D. W., Johnson, A. C. and Everliegh, C. A., “2–18 GHz Broadband Microwave Heating Systems”, *Microwave Journal*, 36(11), pp.24-27, (1993).
- [16]. Jacob, J., Chia, L. H. L. and Boey, F. C., “Review Thermal and Nonthermal Interaction of Microwave Radiation with Materials”, *Journal of Material Science*, 30, p: 5321-5327, (1995).
- [17]. Kinston, H. and Hazwell, J., “Microwave – Enhanced Chemistry, Fundamentals, Sample Preparation and Applications”, American Chemical Society, Washington, DC, p 774, (1997).
- [18]. Hague, K.E., “Microwave Energy For Mineral Treatment Process- A Brief Review”, *Int. J. Minner. Process*, 57, p:1-24. (1999).
- [19]. Eskicioğlu, Ç., Terzian, N., Kennedy, K. J., Droste, R. L. and Hamoda, M., “Athermal Microwave Effects for Enhancing Digestibility of Waste Activated Sludge”, *Water Research*, 41, 2457-2466, (2007).
- [20]. Suslick, K., “Ultrasound”, VCH Verlagsgesellschaft, p.336, USA, (1990).
- [21]. <http://www.ultrasonik.com>, (22 Kasım 2009).
- [22]. Suslick, K. S., Cline, R.E. and Hammerton, D. A., “The Sonochemical Hot Spot”, *J. American Chemical Soc.*, 108: 5641, (1986).
- [23]. Onyeche, T. I., Schhafer, O., Bormann, H., Schröder, C. and Sievers, M., “Ultrasonic Cell Distruption of Stabilised Sludge with Subsequent Anaerobic Digestion”, *Ultrasonic*, 40, 31-35, (2002).
- [24]. King, R. O. and Forster, C. F., “Effects of sonication on activated sludge”, *Enzyme Microb. Technol.*, 12, 109-115, (1990).

- [25]. Tiehm, A., Nickel, K. and Neis U., “The use of ultrasound to accelerate the anaerobic digestion of sewage sludge”, *Water Science and Technology*, 36, 11, 121-128, (1997).
- [26]. Wang, Q., Kuninobu, M., Kokimoto, K., Ogawa, H. I. and Kato, Y., “Upgrading of anaerobic digestion of waste activated sludge by ultrasonic pretreatment”, *Bioresource Technol.*, 68, 309-313, (1999).
- [27]. Chiu Y.-C., Chang C.-N., Lin J.-G. and Huang S.-J., “Alkaline and Ultrasonic Pretreatment of Sludge Before Anaerobic Digestion”, *Water Sci. and Technology*, 36(11), 155-162, (1997).
- [28]. Forster, C. F., Fernandez, N. and Chacin, E., “The use of ultrasound to enhance the thermophilic digestion of waste activated sludge”, *Environmental Technol.*, 21, 357-362, (2000).
- [29]. Zhang, P., Zhang, G., Wang, W., “Ultrasonic Treatment of Biological Sludge: Floc Disintegration, Cell Lysis and Inactivation”, *Bioresource Technology*, 98: 207–210, (2007).
- [30]. Tiehm, A., Nickel, K., Zellhorn, M., Neis U., “Ultrasonic Waste Activated Sludge Disintegration for Improving Anaerobic Stabilization”, *J. Water Res.*, 35, 8: 2003-2009, (2001).
- [31]. Filibeli, A., Büyükkamacı, N. ve Ayol, A. “Anaerobik Arıtma”, DEÜ, Müh. Fak. Yayınları, No:280, İzmir, 206s, (2000).
- [32]. Eastman, J.A., Ferguson, J.F., “Solubilization of Particulate Organic Carbon During the Acid Phase of Anaerobic Digestion”, *JWPCF* 53, 3, 352-366, (1981).
- [33]. Nickel, K., Tiehm, A., Neis, U., “Ultrasound in Environmental Engineering”, *TUHH Reports on Sanitary Engineering*, 25, 205-216, (1999).
- [34]. Kaparaju, P., Buendia, I., Ellegaard, L. and Angelidakia, I., “Effects of Mixing on Methane Production During Thermophilic Anaerobic Digestion of Manure: Lab-Scale And Pilot-Scale Studies”, *Bioresource Technology*, 99, 4919–4928, (2008).

- [35]. Karim, K., Hoffmann, R., Klasson, K. T. and Al-Dahhan, M. H., “Anaerobic Digestion of Animal Waste: Effect of Mode of Mixing”, *Water Research*, 39, 3597–3606, (2005).
- [36]. Karim, K., Klasson, K. T., Hoffmann, R., Drescher, S. R., DePaoli, D. W. and Al-Dahhan, M. H., “Anaerobic Digestion of Animal Waste: Effect of Mixing”, *Bioresource Technology*, 96, 1607–1612, (2005).
- [37]. Müller J. A, Winter A., Strümkann G., “Investigation and Assessment of Sludge Pretreatment Processes”, *Water Science and Technology*, 49, 10, 97-104, (2004).
- [38]. Vranitzky, R., Lahnsteiner, J., “Sewage Sludge Disintegration Using Ozone – A Method of Enhancing the Anaerobic Stabilization of Sewage Sludge”, VA TECH WABAH, R&D Process Engineering, Siemensstrasse, Vienna, Austria, 89, A-1211, (2005).
- [39]. Filibeli, A. ve Kaynak, Erden, G., “Arıtma Çamuru Miktarının Azaltılması ve Özelliklerinin İyileştirilmesi Amacıyla Yapılan Ön İşlemler”, *İTÜ Dergisi Seri E: Su Kirlenmesi Kontrolü*, 16(1-3):3-12, (2006).
- [40]. Lay, J.J., Li, Y.Y. and Noike, T., ” Influences of pH and moisture content on the methane production in high-solid sludge digestion”, *Water Research*, 31(6):1518-1524, (1997).
- [41]. Desai, M., Patel, V. and Madamvar, D., “Effect of temperature and retention time on biomethanation of cheese whey-poultry waste-cattle dung”, *Environmental Pollution*, 83:311-315, (1994).
- [42]. Müller, J., Lehne, G., Schwedes, J., Battenberg, S., Naveke, R., Kopp, J., Dichtl, N., Schemimski, A, Krull, R. and Hempel, D.C., “Disintegration of Sewage Sludges and Influence on Anaerobic Digestion“, *Water Sci. and Technology*, 38(8-9), 425-433, (1998).
- [43]. Dohanyos, M., Zabranska, J. and Jenicek, P., “Enhancement of Sludge Anaerobic Digestion by Using of a Special Thickening Centrifuge”, *Water Sci. Technology*, 36(11),145–153, (1997).

- [44]. Taner, F., Aydoğan, A. and Baydar, G. “The Effect of Thermochemical pretreatment for anaerobic biodegradability of orange peel”, Proc. of 10th Int. Conf., p.681-683, Wurzburg, Germany, 8-11 June, (1998).
- [45]. Angelidaki, I., Ahring, B.K. and Ahring, B.K. “Methods for increasing the biogas potential from the recalcitrant organic matter contained in manure”, Water Science and Technology, 41(3), 189–194, (2000).
- [46]. Taner, F. and Ardiç, İ., “The effects of preliminary acidic and basic and then thermal basic pretreatment to increase water solubility of grapefruit peel”, Environmental Problems of The Mediterranean Region, EPMR, International Conference, Near East Univ., Nicosia, CYPRUS, 12-15 April, pp: 521-525, (2002).
- [47]. Taner, F. and Ardic, I. “Thermochemical pretreatment of orange peel to convert watersolubles”, International Conference, Environmental Problems of The Mediterranean Region, EPMR, Near East Univ., Nicosia, CYPRUS, 12-15 April, pp: 1341-1344, (2002).
- [48]. Park, C., Lee, C., Kim, S., Chen Y. and Chase, H. A. “Upgrading of anaerobic digestion by incorporating two different hydrolysis processes”, Journal of Bioscience and Bioengineering, 100(2):164-167, (2005).
- [49]. Ward, A. J., Hobbs, P. J., Holliman, P. J. and Jones, D. L., “Optimization of the Anaerobic Digestion of Agricultural Resources”, Bioresource Technology, 99, 7928-7940, (2008).
- [50]. U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy Clearinghouse, “Methane (Biogas) from Anaerobic Digesters”, <http://www.eren.doe.gov/consumerinfo/refbriefs/ab5.html>.
- [51]. Ahn, J-H., Forster, C.F., “The effect of temperature variations on the performance of mesophilic and thermophilic anaerobic filters treating a simulated papermill wastewater”, Process Biochemistry, 37:589–594, (2002).

- [52]. “A Short History of Anaerobic Digestion”, <http://www.biogas.psu.edu/pdfs/ShortHistoryAD.pdf>, (22.10.2009).
- [53]. Ferry, J. G. “Methanogenesis; ecology, physiology, biochemistry and genetics”, New York, (1993).
- [54]. Berglund, M. and Börjesson, P., “Assessment of Energy Performance in the Life-cycle of Biogas Production”, *Bioamss and Bioenergy*, 30, 254-266, (2006).
- [55]. Raven, R.P.J.M. and Gregersen, K.H., “Biogas Plants in Denmark: Successes and Setbacks”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*,1–18, (2005).
- [56]. Üçgül, İ., Tosun, İ., Koyun, T. ve Gül, N., “Afyon Başmakçı Biyokütle Rezervinin Biyogaz Olarak Değerlendirilmesi”, *Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, Kayseri, (2005).
- [57]. Tosun, İ., Gönüllü, M. T. ve Günay, A., “Anaerobic Digestion and Methane Generation Potential of Rose Residue in Batch Reactors”, *Journal of Environmental Science and Health Part A—Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering*, Cilt. A39, No. 4, 911–921, (2004).
- [58]. Elango, D., Pulikesi, M., Baskaralingam, P., Ramamurthi, V. and Sivanesan, S., “Production of biogas from municipal solid waste with domestic sewage”, *Journal of Hazardous Materials*, 141, 301–304, (2007).
- [59]. Uemura, S. and Harada, H., “Treatment of sewage by a UASB reactor under moderate to low temperature conditions”, *Bioresource Technology*, 172:275-282, (2000).
- [60]. Neves, L., Ribeiro, R., Oliveira, R. and Alves, M. M., ”Enhancement of Methane Production from Barley Waste”, *Biomass and Bioenergy*, 30, 599-603, (2006).
- [61]. Neves, L., Oliveria, R. and Alves, M. M., “ Anaerobic Co-digestion of Coffee Waste and Sewage Sludge”, *Waste Managment*, 26, 176-181, (2006).
- [62]. Hansen, T. L., Schmidt, J. E., Angelidaki, I, Marca, E., Jansen, J. C., Mosbaek., H. and Christensen, T. H., “Method for Determination of Methane Potentials of Solid Organic Waste”, *Wste Managment*, 24, 393-400, (2004).

- [63]. Bougrier, C., Delgenes, J. P. And Carrere, H., “Effect of Thermal Treatments on Five Different Waste Activated Sludge Sample Solubilisation, Physical Properties and Anaerobic Digestion”, *Chemical Engineering Journal*, 139, 2, 236-244, (2008).
- [64]. Axaopoulos, P. and Panagakis, P., “Energy and Economic Analysis of Biogas Heated Livestock Buildings”, *Biomass & Bioenergy*, 24:239-248, (2003).
- [65]. Yeom, I.T., Lee, K.R., Ahn, K.H. and Lee, S.H., “Effects of ozone treatment on the biodegradability of sludge from municipal wastewater treatment plants”, *Water Science and Technology*, 46(4-5):421-425, (2002).
- [66]. Ortega, L., Barrington, S. and Guiot, S. R., “Thermophilic Adaptation of a Mesophilic Anaerobic Sludge for Food Waste Treatment”, *Journal of Environmental Management*, 88, 3, 517-525, (2008).
- [67]. Dohányos, M., Zábranská, J., Kutil, J., Jeníček, P., “Improvement of Anaerobic Digestion of Sludge”, *Water Science and Technology*, 49, 10, 89–96, (2004).
- [68]. Huang, J. C., Ray, B.T. and Huang, Y. J., “Sludge Digestion by Anaerobic Fluidized Beds, I.: Lab Performance Data”, *Journal of Environmental Eng.* 115, 6:1139-1155, (1989).
- [69]. Rintala, J. A., Kimmo, J., “Full Scale Anaerobic Co-Digestion of Municipal Solid Waste and Sewage Sludge: Methane Production Characteristics”, *Waste Management & Research*, 14:163-170, (1996).
- [70]. Boşgelmez, A., Boşgelmez İ.İ., Paşlı, N., Savaşçı, S., Kaynaş, S., “Ekoloji-I”, İkinci Baskı, 693-706, Ankara, (2000).
- [71]. National Academy of Sciences, “Methane Generation From Human, Animal And Agricultural Wastes”, 1. Edition, Washington, D. C., 131 p, (1997).
- [72]. Bilgin, N., “Biyogaz Nedir?”, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Ankara Araştırma Enstitüsü, (2003).
- [73]. Gabriel, B., “Wastewater Microbiology”, 1.Baskı, New York, (1994).
- [74]. Hashimoto, G. A., “Pretreatment of Wheat Straw for Fermentation to Methane”, *Biotechnology & Bioengineering*, (XXVIII), 1857-1866, (1986).

- [75]. Tekin, A. R. and Dalgıç, A.C., “ Biogas Production from olive pomace”, Resources, Conservation and Recycling, 30, 301-313. (2000).
- [76]. Murto, M., Björnsson, L. and Mattiasson, B., “Impact of Food Industrial Waste on Anaerobic Co-Digestion of Sewage Sludge and Pig Manure”, J. of Environmental Management, 70, 101-107, (2004).
- [77]. Climent, M, Ferrer, I, Baeza, M.M., Artola, A., Vazquez, F. and Font, X., “Effects of Thermal and Mechanical Pretreatments of Secondary Sludge on Biogas Production Under Thermophilic Conditions”, Chemical Engineering Journal, 133, 335-342, (2007).
- [78]. APHA American Public Assoc., “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, 21th Edition Washington D.C., (2005).
- [79]. Kyung, M., P. and Wang, N., S., “Alpha-amylase Assay with Dyed-Starch in Polyethylene Glycol and Dextran Solutions”, Biotechnology Techniques, 5:3, 205-208, (1991).
- [80]. Seçilmiş, M. H., “Higher Heating Value By Joule”, Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, (1998).
- [81]. Alpar, S. R., Hakdiyen, İ. ve Bigat T., "Sınai Kimya Analiz Metodları", Birsen Kitabevi Yayınları, İstanbul, 528s, (1982).
- [82]. Perry, H.R., Greer, D., 1984, 'Perry's chemical Engineers' Handbook', 6th edition, McGraw-Hill.
- [83]. McCabe, W.L., Smith, J.C., 'Unit Operations of Chemical Engineering', 3rd edition, McGraw-Hill.
- [84]. TÜBİTAK MAM, “Tarsus Belediyesi Su ve Kanalizasyon İşletmesi Müdürlüğü Arıtma Çamuru Numunesi Analiz Raporu”, Rapor No: B.02.1.TBT.5.01.14.00-181.06.03-680-3997, 3s, Gebze, Kocaeli, (2009).
- [85]. Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği (TKKY), “Ek 1-B: Toprak Kullanılabilecek Stabilize Arıtma Çamurunda Müsaade Edilecek Maksimum Ağır Metal Muhtevaları Değerleri ve Analiz Yöntemleri”, 25831sayı numaralı ve 31/05/2005tarihli Resmi gazete, (2005).

- [86]. Flotats, X., “La digestió anaeròbia com alternativa de tractament o com procés previ al procés de compostatge”, 4^a Jornada Tècnica sobre la gestió de Residus Municipals: Residus orgànics municipals i compostatge, Barcelona, 19 Dec. (2000).
- [87]. Lapp, H.M., Schulte, D., Sparling, A.B. and Buchanan, L.C. “Methane production from animal wastes, 1-Fundamental Considerations”, *Canadian Agricultural Engineering*, 17(2): 97-102, (1975).
- [88]. Van Den Berg, L., Patel, G.B., Clark, D.S. and Lents, C.P. “Factors affecting rate of methane formation from acetic acid by enriched methanogenic culture”, *Canadian Journal of Microbiology*, 22: 312-319, (1976).
- [89]. Chen, C.Y., Li, C.T. and Shieh, W.K. “Anaerobic fluidized bed pretreatment of hog wastewater”, *Journal of Environmental Engineering*, 123(4): 393-399, (1997).
- [90]. Kennedy, K.J. and van den Berg, L.L. “Anaerobic digestion of piggery waste using a stationary fixed film reactor”, *Agricultural Wastes*, 4: 151-158, (1982).
- [91]. Genç, N., “Atıksu ve Arıtma Çamurlarının Biyolojik Parçalanabilirliğinin Geliştirilmesinde Ön Arıtımın Önemi”, *Trakya Univ. Journal Science*, 9(1): 15-24, (2008).
- [92]. Wang, F., Wang, Y. and Ji, M., “Mechanism and Kinetics Models for Ultrasonic Waste Activated Sludge Disintegration”, *Journal of Hazardous Materials*, B123, 145-150, (2005).
- [93]. Bougrier, C., Delgenes, J. P., Carrere, H., “Impacts of Thermal Pre-treatments on the Semi-continuous Anaerobic Digestion of Waste Activated Sludge”, *Biochemical Engineering Journal*, 34, 20-27, (2007).
- [94]. Crawford, G. V., Alkema, T., Yue, M. and Thorne, M., “Anaerobic Treatment of Thermal Conditioning Liquors”, *Journal WPCF*, 54(11), (1982).
- [95]. Taner, F., Pehlivan, E., Taşkaya, Z. ve Ateş, H., “Arıtma Çamurlarının Suda Çözünebilir Maddelere ve Biyogaza Dönüşüm (Biyosayes Yöntemi) Verimine, Mikrodalga ile Termokimyasal İşlemlerin Etkisinin Araştırılması”, GAP V. Mühendislik Kongresi, Şanlıurfa, (2006).

- [96]. Xu, N., Lu, X. P. and Wang, Y. R., "Study on Ultrasonic Degradation of Pentachlorophenol Solution", *Chem. Biochem. Eng. Q*, 20(3) 343-347, (2006).
- [97]. Benabdallah El-Hadj, T., Dosta, J., Marquez-Serrano, R. and Mata-Alvarez, J., "Effect of Ultrasound Pretreatment in Mesophilic and Thermophilic Anaerobic Digestion with Emphasis on Naphthalene and Pyrene Removal", *Water Research*, 41, 87-94, (2007).

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLERİ

Adı Soyadı : Bülent HALİSDEMİR
Doğum Yeri ve Tarihi : Elazığ / 03.12.1973
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dil : İngilizce / İyi

EĞİTİMİ

Yüksek Lisans; Çevre Mühendisliği 1998 - 2002
Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Çevre Mühendisliği Bölümü, Mersin

Lisans; Çevre Mühendisliği 1992 - 1996
Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi
Çevre Mühendisliği Bölümü, Sivas

DENEYİMİ

Araştırma Görevlisi 1998 - Devam Ediyor
Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Çevre Mühendisliği Bölümü, Mersin

Stajlar

- İller Bankası, 1995, Adana.

İçme suyu ve atıksu arıtma tesisi projeleri hazırlama, kontrol mühendisliği yapma

- Mersin Belediyesi, 1994, Mersin.

İçme suyu arıtma tesisi, katı atık depolama tesisi ve geri kazanım sistemlerinde çalışma

YAYINLARI

TEZLER

Yüksek Lisans Belediye Çöp Bileşenlerindeki Organik Maddelerin Isıl Değerlerinin Saptanması
Mersin Üniversitesi Müh. Fak., Çevre Müh. Bölümü, Mersin

MAKALELER

Uluslararası

1. Köleli, N., ve **Halisdemir, B.**, “Distribution of Chromium, Cadmium, Nickel and Lead in Agricultural Soils Collected from Kazanlı-Mersin,” *Int. J. Environment and Pollution*, vol **23**, no 4, 409-416, (2005).
2. Taner, F., **Halisdemir, B.** and Odabaşı, E., 2000, "Seperation, collection, transportation of MSW-case study in Turkey”, Edited by B.Nath et al. Sustainable Solid Waste Management in the Southern Black Sea Region, 227-234, Kluwer Academic Publishers. Printed in Netherland.
3. Taner F., Aksan Y., Çakır Ö., Güven Y., **Halisdemir B.**, Baydar G., Odabaşı E. and Pehlivan E. 1999. Separation, Collection, Transportation of MSW-Case Study, Fresenius Environmental Bulletin, 8: 313-320.

Ulusal

1. Taner F. ve **Halisdemir B.** 1998, “Alternatif Çevre Mühendisliği Eğitim-Öğretimi”, *Artım Dünyası*, 1:6, 25-36.

SUNUMLAR

Uluslararası

1. Taner, F., Sarı, E., Ardıç, İ., **Halisdemir, B.** and Sarı, T., 2008, “Potential and Properties of Waste Biomass from Greenhouse” 16th European Biomass Conference and Exhibition, From Research to Industry and Markets, Feria Valencia, Spain.
2. Taner, F., Ekşi, E., Yılmaz, Y., Atasoy, D., Ardıç, İ. and **Halisdemir, B.**, 2008, “Investigating the Conditions to Convert Peels of Orange, Lemon and Grapefruit into Water Soluble Substances”, 16th European Biomass Conference and Exhibition, From Research to Industry and Markets, Feria Valencia, Spain.

3. Taner, F., **Halisdemir, B.**, Ardiç, İ. and Pehlivan, E., 2003, “Biomass Potential and Use of it in Turkey”, OECD Workshop on Biomass and Agriculture: Preliminary Report, Vienna/AUSTRIA.
4. Taner, F., **Halisdemir, B.** and Odabaşı, E., 1999, "Seperation, Collection, Transportation of MSW-Case Study-1", Proceeding of NATO Advanced Research Workshop on Sustainable Solid Waste Management in the Countries of the Southern Black Sea, Sofia, Bulgaria.

Ulusal

1. **Halisdemir, B.** ve Taner, F., 2009, “Geri Dönüşümsüz Bitkisel Kökenli Evsel Atık Bileşenlerinin Üretim Potansiyelleri, Isıl Değerleri ve Eşdeğer Enerjisi”, Ulusal Katı Atık Yönetimi Kongresi (Ukay09) Anadolu Ü. – Eskişehir.
2. Taner, F., **Halisdemir, B.**, Tutar, M., Yılmaz, F. B., Mutlu, H. ve Kurtuluş, F., 2007, “Sera İklimlendirmede Faz Değişim Maddesinin (PCM) Kullanımı”, II. Ulusal İklimlendirme Kongresi (İKLİM 2007), Antalya .
3. Taner, F., **Halisdemir, B.**, Ardiç, İ, Türker, G. ve Yılmaz, S., 2006, “Aktif Çamura Uygulanan Santrifujleme İşlem Değişkenlerinin, Kuru Kütle ve Sulu Çözeltide COD ve BOD₅ Derişimlerine Etkisi”, III. Ulusal Analitik Kimya Kongresi, P-73(Poster Bildiri) Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, Çanakkale.
4. Taner, F., **Halisdemir, B.** ve Ardiç, İ., 2004, “Atık Lastiklerin Geri Kazanımı” Polimer İşleme ve Geri Kazanımı Sempozyumu ve Sergisi”, 28-30/04/2004,ss:128-142, Mersin.
5. Taner, F. , Hoşoğlu, F., Pehlivan, E., **Halisdemir, B.** ve Ardiç, İ., 2005, “Evsel Nitelikli Katı Atık Oluşturan Malzemeler, Bileşenleri, Özellikleri ve Üretim Potansiyelleri”, III. Ulusal Katı Atık Kongresi (UKAK 2005), Dokuz Eylül Üniversitesi, s147-154, İzmir.
6. Taner, F., **Halisdemir, B.** ve Pehlivan, E., 2003, “Belediye Çöpü Geri Dönüşümsüz Bileşenlerinin Fosil Yakıtlara Alternatif Yakıt Üretiminde Gelişmeler ve Çöp Sorununa Sürdürülebilir Çözüm”, V. Ulusal Çevre Mühendisleri Kongresi, s601-610, Ankara.
7. Taner, F., **Halisdemir, B.**, Pehlivan, E. ve Ardiç, İ., 2003, “Türkiye’deki Biyokütle Potansiyeli ve Enerjisi”, V. Ulusal Çevre Mühendisleri Kongresi, s611-621, Ankara.

8. Taner, F., Ataçağ, H., Öncel, T., Mazmancı, M. A., **Halisdemir, B.** ve Özyurt, M., 2001, "Reaktif Orange 16 Azo Boyar Maddenin Bacillus subtilis ve Micrococcus luteus ile Aneorobik Biyolojik Yıkımının Araştırılması", Ulusal Sanayi-Çevre Sempozyumu ve Sergisi, s482-496, Mersin.
9. **Halisdemir, B.**, Pehlivan, E. and Karaca, C., 2001. "Ülkemizde Katı Atık Probleminin Mevcut Durumu, İleriye Dönük Çözüm Önerileri ve Mersin Örneği", IV. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, s275-284, Mersin.
10. Taner, F., **Halisdemir, B.**, Pehlivan, E., ve Orhan, A. H., 2001, "İçel'de Biyokütle Tür ve Potansiyeli", I. Ulusal Katı Atık Kongresi (UKAK 2001), s33-35, İzmir.
11. Taner, F., Pehlivan, E., **Halisdemir, B.** ve Yolcu, D. H., 2001, "Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi, Katı Atık Bileşenlerinin; Çıkış Noktasında Ayrılması ve Potansiyellerinin Araştırılması", 1. Ulusal Katı Atık Kongresi (UKAK 2001), s19-29, İzmir.
12. **Halisdemir B.**, Taner F., Yarşı G., Ataçağ H., Öncel T. ve Pazarbaşı M., 1998, "İçel'de Tüketilen Bazı Katı Gıda Maddelerinde Florür Derişimleri", 1. Ulusal Florür Sempozyumu, s 9-17, Mersin.
13. **Halisdemir, B.** ve Göymen, G., 1998, "Teknolojik Önem Taşıyan Bazı Florlu Kristal Katı Fazların Kristal Kimyası Özellikleri", 1. Ulusal Florür Sempozyumu, Mersin.
14. Taner, F., Alpdoğan, A., Doğan, E. Ü., Ataçağ, H., **Halisdemir, B.** ve Öncel, T., 1998, "Flor ve Flor Bileşiklerinin Üretim Teknolojileri ve Kullanım Alanları", 1. Ulusal Florür Sempozyumu, Mersin.
15. Öncel, T., Alpdoğan, A., Taner, F., Ataçağ, H., **Halisdemir, B.** ve Pazarbaşı, M., 1998, "İçel Bölgesi İçme Suyu Kaynaklarında Flor Derişimlerinin Dağılımı", 1. Ulusal Florür Sempozyumu, Mersin.
16. Ataçağ, H., Taner, F., **Halisdemir, B.**, Öncel, T., Alpdoğan, A. ve Pazarbaşı, M., 1998, "Flor İle İlgili Dünyada Yapılan Çalışmalar" Ulusal Florür Sempozyumu, Mersin.
17. Yahşi, G., **Halisdemir, B.**, Ataçağ, H., Öncel, T., Taner, F. ve Pazarbaşı, M., 1998, "İçel'de Tüketilen Bazı Sebzelerde Florür Derişimlerinin Araştırılması" 1. Ulusal Florür Sempozyumu, Mersin.
18. Taner, F., Öncel, T., **Halisdemir, B.**, Yahşi, G., Ataçağ, H. ve Alpdoğan, A., 1998, "Florür Analiz Yöntemleri", 1. Ulusal Florür Sempozyumu, Mersin.

19. Taner, F., Ataçğ, H., **Halisdemir, B.**, Öncel, T., Alpdoğan, A., 1998, "Sağlık Açısından Önem Taşıyan Florlu Bileşikler ve Etkileri", 1. Ulusal Florür Sempozyumu, Mersin.
20. Alpdoğan, A., Taner, F., Öncel, T., Ataçğ, H., **Halisdemir, B.** ve Doğan, E. Ü., 1998, "Çay Demleme Süresinin Flor Ekstraksiyonuna Etkisi" 1. Ulusal Florür Sempozyumu, Mersin.

PROJELER

- Kantar, Ç., Köleli, N., Mercan, N., **Halisdemir, B.**, Gillow, J. B., Gülcan, S., Demir, A. ve Çetin, Z., 2006, "Yeraltı Sistemlerinde Krom Bileşiklerinin Biyokimyasal Döngüsü ve Krom ile Kirlili Toprakların Biyoremediasyonu İçin Optimum Koşulların Belirlenmesi", TÜBİTAK Kariyer 2005, Proje No: 105Y272, (Devam Ediyor).
- Taner F., Özyurt M., **Halisdemir B.**, Ataçğ H., Öncel T. ve Mazmancı M.A., 1998, "Tekstil Sanayiinde Yaygın Olarak Kullanılan Bazı Model Boyar Maddelerin Anaerobik Biyolojik Parçalanma Ürün ve Hızlarının Araştırılması", DPT, Proje No: 98K 122 370 (Devam Ediyor).

TEKNİK RAPORLAR

1. **Halisdemir, B.**, Arslan, H. ve Erkurt, A.E., Kasım 2005, Ak Metal San. Tic. Ltd. Şti. "Hurda Aküden Kurşun İmal Tesisleri Teknik Raporu", s15, Mersin.
2. Kumbur, H., Şener, S., Köleli, N., Sarı, O. B., **Halisdemir B.** ve Pehlivan, E., Ağustos 2003, "Trakya Cam Sanayii A. Ş. Mersin-Tarsus Fabrikası 4. Float Hattı ve Buzlu Cam Hattı ÇED Ön Araştırma Raporu", s233, Mersin.
3. Kumbur H., **Halisdemir B.**, Şener S., Köleli N., Ünyayar A., Özyurt M. ve Öncel T., Haziran 2001, "Güzelyayla Belediyesi Taşocağının ÇED Ön Araştırma Raporu", s78, Mersin.
4. Orhan A.H., **Halisdemir B.**, Eser Ş., Sungur A., Kasapgil S., Nuray A., Üstün R., Bozan Ö., Leventoğlu A., Sever M., Arslan O., Ünal O. ve Karagöz K., 26-27 Aralık 1998, "Türkiye Çevre Bakanlığının Akdenizin Çevre Sorunları ve Çözüm Önerileri toplantısının Çevresel Etkilerin Değerlendirilmesi ve Çevre Politikaları Komisyonu Raporu", Mersin.
5. Taner, F., Pazarbaşı, M., **Halisdemir, B.**, Öncel, T., Öztürk, F.F., Baydar, G. ve Alpdoğan, A., Ekim 1997, "İçel İçme suyu Kaynaklarında Florür Konsantrasyonlarının Araştırılması ve Diş Sağlığına Etkilerinin Final Raporu (EC-HASDİ-1-96/H-III-3-EFD)", Mersin.

EDİTÖRLÜKLERİ

1. Alkaya, A. ve **Halisdemir, B.**, (Editörler), “Nükleer Enerji Sempozyumu (NÜKSEM 2007) Kitabı”, 19-20 Ekim 2007, s130, Mersin.
2. **Halisdemir, B.**, (Editör), “VI. Ulusal Çevre Sorunlarına Öğrenci Yaklaşımları Sempozyum Kitabı”, 1-3 Mayıs 2003, s227, Mersin.
3. **Halisdemir, B.** ve Öztunç, Y., (Editörler), “Atıksu Arıtma Sistemleri Sempozyumu Kitabı”, 22-24 Ekim 1999, s91, Mersin.

DİĞER FAALİYETLER (KATILDIĞI KURSLAR, TOPLANTILAR, vb.)

1. Mersin Ticaret ve Sanayi Odası ile Mersin Genç İşadamları Derneği'nin ortaklaşa yürüttüğü Mersin'de Genç İnovatif Girişimciler Projesi (Girişimci33) Eğitimi, Haziran 2007, Mersin.
2. “Kromatografi’de Son Gelişmeler” Semineri, 23 Mayıs 2006, Çukurova Üniversitesi, Adana.
3. “Katı Atıkların İşlenmesi, Geri Kazanılması ve Düzenli Depolama Alanlarında Bertarafı”, Türkiye Katı Atık Kirlenmesi Araştırma ve Denetimi Türk Milli Komitesi ile Uluslararası Katı Atık Birliğinin düzenlediği kurs, 19-22 Eylül 2005, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul.
4. “Tıbbi Atıkların Yönetimi”, Türkiye Katı Atık Kirlenmesi Araştırma ve Denetimi Türk Milli Komitesi ile Uluslararası Katı Atık Birliğinin düzenlediği kurs, 22-24 Eylül 2005, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul.
5. Envisummer 2003: From Waste Water to Fresh Water: Technical and Socio-Economic Aspects of a Vital Resource, July 27th-August 8th 2003 in Paderborn, GERMANY.
6. Visiting Scholar, Haziran 2002- Eylül 2002, Department of Biological Systems Engineering, University of Wisconsin - Madison, WI, USA.
7. “Atıksu Arıtma Tesislerinin Tasarım ve Proje Kontrol Esasları” Semineri, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, 22-24 Ekim 1999, Mersin.
8. “ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi”, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, 8-9 Nisan 1999, Ankara.
9. “Katı Atık Yönetimi”, TMMOB ÇMO, 22-24 Ekim 1998, Ankara.

10. “Arıtma Tesislerinin İşletilmesi, Planlanması ve Yönetimi”, SAGEM-TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, 22-26 Aralık 1997, Bursa.

PROFESYONEL ÜYELİKLERİ

| | |
|-------------------------------------------------------|-------------------|
| TMMOB Çevre Müh. Odası | 1996-Devam Ediyor |
| Katı Atık Türk Milli Komitesi (KAKAD) Üyeliği | 1998-Devam Ediyor |
| Mersin Üniversitesi Çevre Topluluğu Danışmanlığı | 2003-Devam Ediyor |
| Türk Müh. ve Mimar Odaları Birliği Delegasyon Üyeliği | 2004-Devam Ediyor |
| Mersin Tüketici Hakları Derneği Üyeliği | 2006-Devam Ediyor |

YAYIN KURULU ÜYELİĞİ

- TMMOB Çevre Mühendisleri Odası hakemli bilimsel dergisi “Çevre Bilim ve Teknoloji (ÇBT)” Yayın Kurulu Üyeliği, (2006-Devam ediyor).

ÖDÜLLER & BURSLAR

- Genç İnovatif Girişimciler Yetiştirme Projesi (Girişimci33) Başarı Ödülü (**Fransa** Teknik Gezisi), 1-8 Temmuz 2007.
- Mersin Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Doktora Tezi Destek Bursu, 2006.
- Milli Produktivite Merkezi Doktora Tezi Destek Bursu, (2006 yılı II. Dönem).
- TÜBİTAK Yayın Teşvik Ödülü, 1999.

İLGİ ALANLARI

Katı Atık Yönetimi, Atıksu Arıtma ve Yönetimi, Anaerobik Biyoteknoloji, Temiz Üretim / Kirlilik Önleme, Arıtma Çamurları, Yenilenebilir Enerji Kaynakları, OHSAS 18001 İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi ve ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi

BİLGİSAYAR BİLGİLERİ

MS Office (Word, Excel, Power Point)
MS Project
Autocad
Corel DRAW