

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

114389

**ARITMA ÇAMURU İLE BAZI ATIKLARIN AEROBİK VE
ANAEROBİK KOMPOSTLANABİLİRLİĞİ**

Ubeyde İPEK

114389

DOKTORA TEZİ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ELAZIĞ

2001

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ARITMA ÇAMURU İLE BAZI ATIKLARIN AEROBİK VE
ANAEROBİK KOMPOSTLANABİLİRLİĞİ**

Ubeyde İPEK

DOKTORA TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 23.03.2001 Tarihinde, Aşağıda Belirtilen Jüri Tarafından Oybirliği /
Oyçokluğu İle Başarılı /Başarısız Olarak Değerlendirilmiştir.

Yrd.Doç.Dr. Erdal ÖBEK

Danışman

(İmza)

Prof. Dr. Lütfi AKÇA

İkinci Danışman

(İmza)

Doç.Dr. Murat ELİBOL

(İmza)

Yrd.Doç.Dr. İbrahim DEMİR

(İmza)

Yrd.Doç.Dr. Nilüfer N. KOÇER

(İmza)

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../
..... tarih ve.....sayılı kararıyla onaylanmıştır.

ÖZET**DOKTORA TEZİ****ARITMA ÇAMURU İLE BAZI ATIKLARIN
AEROBİK VE ANAEROBİK KOMPOSTLANABİLİRLİĞİ****Ubeyde İPEK****Fırat Üniversitesi****Fen Bilimleri Enstitüsü****Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı****2001, Sayfa : 95**

Geri kazanılabilir birçok atığın oluşturduğu çevre kirliliğini minimize etmek amacıyla değişik kompostlaştırma teknikleri geliştirilmiştir. Kompost kullanımının; bitkilerin gelişmesinde, patojenlerin yok edilmesinde, toprağın fiziksel özelliğini değiştirmede etkili olduğu, mikroorganizmaların aktivitesi için yeterli besin maddesi ihtiva ettiği ve bitki kalitesini artırdığı bilinmektedir.

Bu çalışmada Elazığ'da değişik kaynaklardan oluşan atıkların kompostlanabilirliği ile elde edilen kompost ürünlerinin kimyasal ve biyolojik özellikleri incelenmiştir. Arıtma çamurlarının şarap fabrikası atıkları, sap atıkları ve şeker pancarı atıkları ile kompostlanabilirliği ele alınmıştır. Bu amaçla atıklar, C/N oranı esas alınarak farklı kombinasyonlarla karıştırılarak aerobik kompost reaktörlerinde 52 gün ve anaerobik kompost reaktörlerinde 108 gün kompostlaştırmaya tabi tutulmuştur. Kompostun gerek olgunluğu ve gerekse kullanılabilirliği açısından en yüksek verimi şeker pancarı yaprağı-sap atıkları-arıtma çamuru bileşimi vermiştir.

Şeker pancarı yaprağı-sap atıkları-arıtma çamuru bileşimi hem aerobik hem de anaerobik kompostlaştırma sonucunda C/N bakımından stabil hale gelmiştir. Şarap

fabrikası atıkları-şeker pancarı yaprağı-arıtma çamuru ve şarap fabrikası atıkları-arıtma çamuru aerobik kompostlamada stabil hale gelirken anaerobik kompostlamada çalışmanın yapıldığı zaman periyodunda yeteri kadar stabil hale gelmemiştir. Aerobik kompostlama sonucunda elde edilen tüm ürünlerin C/N düzeyi 15 civarına düşmüştür. Aerobik ve anaerobik kompostlama sonucunda tüm kompost ürünlerinin pH'ları artmıştır. Şeker pancarı yaprağı-sap atıkları-arıtma çamurunun aerobik olarak kompostlandığı reaktörde % 40 anaerobik kompostlaştırmada ise % 46 civarında bir selüloz kaybı olmuştur. Şarap fabrikası atıkları- şeker pancarı yaprağı-arıtma çamurunun selüloz içeriği aerobik kompostlamada % 25.4, anaerobik kompostlamada % 13 azalırken şarap fabrikası atıkları-arıtma çamuru karışımının selüloz içeriği aerobik kompostlamada % 43, anaerobik kompostlamada % 18 azalmıştır. Ürünlerin ağır metal konsantrasyonları, yabancı ülkelerdeki kompost ürünü ağır metal konsantrasyon limitleriyle karşılaştırıldığında standartların altında kalmaktadır. Aerobik kompostlamada kesikli sistem için uçucu katı madde, toplam karbon ve organik maddenin bir fraksiyonu olan selüloz ile radyoaktif bozunmanın birinci dereceden kinetiklere uyduğu belirlenmiştir.

Sonuçta tüm atıkların aerobik kompostlaştırmada stabil hale geldiği, anaerobik kompostlamada ise sadece şeker pancarı yaprağı-buğday sap atıkları-arıtma çamuru karışımının stabil hale geldiği görülmüştür. Çalışmamızda elde edilen sonuçlardan aerobik kompostlamanın anaerobik kompostlamaya göre daha avantajlı olduğu sonucuna varılmıştır. İşletim problemleri, atıkların stabil hale gelmesinin gecikmesi, koku problemleri anaerobik kompostlamanın dezavantajları olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler : Aerobik kompostlama, anaerobik kompostlama, şeker pancarı yaprağı, arıtma çamurları, şarap fabrikası atıkları.

ABSTRACT

**AEROBIC AND ANAEROBIC COMPOSTING OF THE SOME
WASTES WITH THE TREATMENT SLUDGE**

PhD Thesis

Ubeyde İPEK

Firat University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Environmental Engineering

2001, Page : 95

The various composting methods were developed to minimize environmental pollution which caused by recycling wastes. Compost usage is effective on plant growth, in removing of pathogens, in changing of physical characteristics of soil. It was known that compost has sufficient nutrient and also increase plant quality.

In this study, composting of various wastes and chemical and biological characteristics of composts were investigated. Composting of treatment sludge with wine wastes, straw and sugarbeet wastes were investigated. For this purpose, wastes were mixed in various combinations according to C/N ratio. Wastes were composed for 52 days and 108 days in aerobic and anaerobic compost reactors, respectively. According to maturity and usage of compost, the highest efficiency was determined in sugarbeet waste, straw, treatment sludge composition.

Composition of sugarbeet wastes, straw, treatment sludge was became stable according to C/N ratio after aerobic and anaerobic composting. Wine wastes-sugarbeet wastes-treatment sludge and wine wastes-treatment sludge became stable in aerobic composting. But these compositions didn't become stable in the study period of anaerobic composting. C/N ratios of all products of aerobic composting were approximately decreased to 15. pH of all composts were increased after aerobic and anaerobic composting periods. Aerobic reactor

and anaerobic reactor with sugarbeet waste-straw-treatment sludge had a cellulose lost of 40% and 46%, respectively. Cellulose values of wine wastes-sugarbeet wastes-treatment sludge combination were decreased 25.4% and 13% in aerobic compost and anaerobic compost, respectively. Cellulose values of wine wastes-treatment sludge combination were decreased 43% and 18% in aerobic compost and anaerobic compost, respectively. Heavy metal concentrations of composts were below standards when compared with heavy metal concentration limits of various countries. In aerobic composting, it was determined that the volatile solid matter, total carbon, cellulose, radioactive degradation were based on first-order kinetic. It was seen that all wastes became stable in aerobic composting, although only sugarbeet waste-straw-treatment sludge combination became stable in anaerobic composting. It was thought that aerobic composting was more advantage according to anaerobic composting as a result of our study. Operation problems, being late of stabilization of wastes, odor problems were disadvantages of anaerobic composting.

Key words : Aerobic composting, anaerobic composting, sugarbeet waste, treatment sludge, , wine factory wastes.

ÖNSÖZ

Günümüzde “daha çok üretim ve tüketim” yapısına paralel olarak artış gösteren ve geri kazanılmayan atıklar tabiatın doğal dengesini bozmakta ve çeşitli problemlere yol açmaktadır. Atıkların çevre kirliliği yaratmayacak şekilde doğada yeniden değerlendirilmesi kuşkusuz en akılcı yoldur. Bu nedenle, atıkların değerlendirilmeleri için değişik kompostlama yöntemleri geliştirilmiştir. Bu çalışmada, aerobik ve anaerobik kompostlaştırma prosesi ele alınmıştır. Araştırmadan elde edilen sonuçların, atıkların değerlendirilmesi çalışmaları bakımından faydalı olması ve ileride bu alanda çalışacak araştırmacılara yol göstermesi bizim için büyük bir mutluluk olacaktır.

Bu çalışmada, konuyu teklif eden ve çalışmam boyunca yardımlarını esirgemeyen, tez yöneticilerimden Sayın Yrd.Doç.Dr. Erdal ÖBEK’e ve İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. Lütfi AKÇA’ya şükranlarımı arz ederim.

Bu tez çalışmasını maddi yönden destekleyen Fırat Üniversitesi-Araştırma Fonu (FÜNAF Proje No: 394) yetkililerine,

Kompostlaştırma deney düzeneğinin hazırlanmasında ve karşılaştığım problemlerde yardımcı olan İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Yrd.Doç.Dr. İbrahim DEMİR’e,

Materyal temininde her türlü yardımlarını sağlayan Elazığ Şarap Fabrikası İşletme Müdürlüğü ve Elazığ Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi İşletmesi personeline,

Laboratuvar olanaklarından yararlanmamıza müsaade eden F.Ü. Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme Kürsüsü ve F.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü Başkanlarına,

Deneysel çalışmalarına katkıda bulunan Çevre Mühendisliği Bölümünden Sayın Çevre Yük. Müh. E.İşıl ARSLAN’a, Sayın Yrd.Doç.Dr. Yusuf SAATÇI’ya, Sayın Arş.Gör.Halil HASAR’a, Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme Kürsüsü Öğretim Elemanlarına, Fen-Edebiyat Fakültesi’nden Sayın Doç.Dr. Sinan SAYDAM’a, Sayın Doç.Dr. Mehmet YAMAN’a, Sayın Doç.Dr.Mahmut DOĞRU’ya ve Çevre Mühendisliği Bölümü öğrencilerine teşekkürü bir borç bilirim.

ŞEKİLLER LİSTESİ**Sayfa**

Şekil 3.1.1. Aerobik Reaktör Kesitleri.	19
Şekil 3.1.2. Aerobik Reaktörlerde Sistem Akım Şeması.	20
Şekil 3.1.3. Anaerobik Reaktör Kesitleri.	22
Şekil 3.1.4. Anaerobik Reaktörlerde Sistem Akım Şeması.	23
Şekil 4.1.1. Şeker Pancarı Yapağı-Sap Atıkları - Arıtma Çamuru Karışımının Bulunduğu Aerobik Reaktörde Sıcaklık Değişimleri.	29
Şekil 4.1.2. Şeker Pancarı Yapağı-Şarap Fabrikası Atıkları-Arıtma Çamuru Karışımının Bulunduğu Aerobik Reaktörde Sıcaklık Değişimleri.	31
Şekil 4.1.3. Aerobik Reaktörde Şeker Fabrikası Atıkları –Arıtma Çamuru Karışımının Sıcaklık Değişimleri.	33
Şekil 4.1.4. Aerobik Reaktörde Şeker Pancarı Yapağı-Buğday Sap Atıkları-Arıtma Çamurunun Oksijen ve Karbondioksitin Sıcaklığa Göre Değişimi.	35
Şekil 4.1.5. Aerobik Reaktörde Şeker Pancarı Yapağı-Şarap Fabrikası Atıkları-Arıtma Çamurunun Oksijen ve Karbondioksitin Sıcaklığa Göre Değişimi.	35
Şekil 4.1.6. Aerobik Reaktörde Şarap Fabrikası Atıkları-Arıtma Çamurunun Oksijen ve Karbondioksitin Sıcaklığa Göre Değişimi.	36
Şekil 4.1.7. Kompostlanan Materyallerin Nem İçeriklerinin Zamanla Değişimi.	37
Şekil 4.1.8. Kompostlanan Materyallerde Zamanla pH Değişimleri.	39
Şekil 4.1.9. Kompostlanan Materyallerde Zamanla İletkenliğin Değişimi.	40
Şekil 4.1.10. Kompostlanan Materyallerin U KM İçeriklerinin Zamanla Değişimi.	41
Şekil 4.1.11. Kompostlanan Materyallerin Karbon İçeriklerinin Zamanla Değişimi.	43
Şekil 4.1.12. Kompostlanan Materyallerin Azot İçeriklerinin Zamanla Değişimi.	44
Şekil 4.1.13. Nitrit Azotunun Zamanla Değişimi.	45
Şekil 4.1.14. Kompostlanan Materyallerin Kükürt İçeriklerinin Zamanla Değişimi.	47
Şekil 4.1.15. Kompostlanan Materyallerin Hidrojen İçeriklerinin Zamanla Değişimi	48
Şekil 4.1.16. Kompostlanan Materyallerin Karbon/Azot İçeriklerinin Zamanla Değişimi.	49
Şekil 4.1.17. Kompostlanan Materyallerin Selüloz İçeriklerinin Zamanla Değişimi.	51

Şekil 4.1.18. Şarap Fabrikası Atıkları-Aritma Çamuru Karışımında Toplam Koliform ve Fekal Koliform Miktarının Zamanla Değişimi.	53
Şekil 4.1.19. Şeker Pancarı Yaprığı- Şarap Fabrikası Atıkları-Aritma Çamuru Karışımında Toplam Koliform ve Fekal Koliform Miktarının Zamanla Değişimi.	53
Şekil 4.1.20. Şeker Pancarı Yaprığı-Aritma Çamuru-Sap Karışımında Toplam Koliform ve Fekal Koliform Miktarının Zamanla Değişimi.	54
Şekil 4.1.21. Şarap Fabrikası Atıkları-Aritma Çamuru Karışımının Beta Radyoaktivite Değişim Grafiği	57
Şekil 4.1.22. Şeker Pancarı Yaprığı- Şarap Fabrikası Atıkları-Aritma Çamuru Karışımının Beta Radyoaktivite Değişim Grafiği	57
Şekil 4.1.23. Şeker Pancarı Yaprığı-Sap Atıkları-Aritma Çamuru Karışımının Beta Radyoaktivite Değişim Grafiği	58
Şekil 4.1.24. Uçucu Katı Madde Gideriminin Kinetik Eğrileri	61
Şekil 4.1.25. Karbon Gideriminin Kinetik Eğrileri	62
Şekil 4.1.26. Selüloz Gideriminin Kinetik Eğrileri	64
Şekil 4.1.27. Radyoaktif Bozunmanın Kinetik Eğrileri	64
Şekil 4.2.1. Kompostlanan Materyallerin pH Değerleri.	67
Şekil 4.2.2. Kompostlanan Materyallerin Alkalinite Değerlerinin Zamanla İlişkisi.	69
Şekil 4.2.3. Kompostlanan Materyallerin İletkenliklerin Zamana Göre Değişimi.	70
Şekil 4.2.3. Kompostlanan Materyallerin TKM Değerlerinin Zamanla Değişimi	72
Şekil 4.2.5. Kompostlanan Materyallerin TUKM Değerlerinin Zamanla Değişimi.	73
Şekil 4.2.6. Kompostlanan Materyallerin KOİ Değerlerinin Zamanla Değişimi.	75
Şekil 4.2.7. Kompostlanan Materyallerin TKN Değerlerinin Zamanla Değişimi	76
Şekil 4.2.8. Kompostlanan Materyallerin Amonyum Konsantrasyonlarının Zamanla Değişimi.	78
Şekil 4.2.9. Toplam Fosfor Konsantrasyonlarının Zamanla Değişimi.	79
Şekil 4.2.10. Şarap Fabrikası – Aritma Çamuru Karışımında Toplam Koliform ve Fekal Koliform Miktarlarının Zamanla Değişimi.	81
Şekil 4.2.11. Şarap Fabrikası Atıkları – Şeker Pancarı Yaprığı- Aritma Çamuru Karışımında Toplam ve Fekal Koliform Miktarlarının Zamanla Değişimi.	82
Şekil 4.2.12. Şeker Pancarı Yaprığı-Sap Atıkları-Aritma Çamuru Karışımında Toplam Koliform ve Fekal Koliform Miktarlarının Zamanla Değişimi.	82

FOTOĞRAFLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Fotoğraf 3.1.1. Aerobik reaktörler.	19
Fotoğraf 3.1.2. Anaerobik reaktörler.	22
Fotoğraf 4.1. Kompost Ürünlerinde Zamanla Renk Değişimi	89



TABLOLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 1.1. Bazı Yaygın Patojenlerin ve Parazitlerin Yok Edilmesi İçin Gerekli Sıcaklık ve Maruz Kalma Süresi.	2
Tablo 1.2. Aerobik Kompostlama Proses İlkeleri.	4
Tablo 1.3. Düşük Katılı Anaerobik Kompostlaştırma Parametreleri.	5
Tablo 1.4. Yüksek Katılı Anaerobik Kompostlaştırma Parametreleri.	6
Tablo 1.5 Aerobik ve Anaerobik Kompostlamanın Kıyaslanması.	7
Tablo 3.1.1. Reaktörlere Yerleştirilen Katı Atıkların Bileşimi ve Miktarları.	17
Tablo 3.1.2. Reaktörlere Yerleştirilen Katı Atıkların Kimyasal Özellikleri.	17
Tablo 3.2.1. Aerobik Kompostlamada Deneysel Çalışma/İzleme Programı.	25
Tablo 3.2.2. Anaerobik Kompostlamada Deneysel Çalışma/İzleme Programı.	26
Tablo 4.1.1. Şeker Pancarı Yaprağı-Sap Atıkları-Aritma Çamuru Karışımının Kompostlaştırıldığı Reaktörlerde Sıcaklığın Zamanla Değişimi.	28
Tablo 4.1.2. Şeker Pancarı Yaprağı-Şarap Fabrikası Atıkları-Aritma Çamuru Karışımının Aerobik Reaktörde Sıcaklık Değişimleri.	30
Tablo 4.1.3. Aerobik Reaktörde Şarap Fabrikası Atıkları-Aritma Çamuru Karışımının Sıcaklık Değişimi.	32
Tablo 4.1.4. Reaktörlerde Sıcaklığa Göre Oksijen ve Karbondioksit Miktarları.	34
Tablo 4.1.5. Kompostlanan Materyallerin Nem İçeriklerinin Zamanla Değişimi.	37
Tablo 4.1.6. Atıkların pH değerleri.	38
Tablo 4.1.7. Atıkların iletkenlik değerleri.	40
Tablo 4.1.8. Kompostlanan Materyallerin UKM İçeriklerinin Zamanla Değişimi.	41
Tablo 4.1.9. Kompostlanan Materyallerin Karbon İçeriklerinin Zamanla Değişimi.	42
Tablo 4.1.10. Kompostlanan Materyallerin Azot İçeriklerinin Zamanla Değişimi.	43
Tablo 4.1.11. Kompostlanan Materyallerin Nitrit İçeriklerinin Zamanla Değişimi.	45
Tablo 4.1.12. Kompostlanan Materyallerin Kükürt İçeriklerinin Zamanla Değişimi.	46
Tablo 4.1.13. Kompostlanan Materyallerin Hidrojen İçeriklerinin Zamanla Değişimi.	47
Tablo 4.1.14. Kompostlanan Materyallerin C/N İçeriklerinin Zamanla Değişimi.	49
Tablo 4.1.15. Kompostlanan Materyallerin Selüloz İçeriklerinin Zamanla Değişimi.	50
Tablo 4.1.16. Kompostlanan Materyallerin Koliform İçeriklerinin Zamanla Değişimi.	52
Tablo 4.1.17. Kompostlanan Materyallerin Fekal Koliform İçeriklerinin Zamanla Değişimi.	52

Tablo 4.1.18. Aerobik Kompostlanmada Materyallerin Metal İçeriklerinin Zamanla Değişimi	55
Tablo 4.1.19. Bazı Ülkelerde Kompost İçin Verilen Ağır Metal Konsantrasyon Limitlerinin Bu Çalışmadaki Değerlerle Karşılaştırılması.	55
Tablo 4.1.20. Numunelerin Beta radyoaktivite Sayım Sonuçları	56
Tablo 4.1.21. Şeker Pancarı Yaprığı-Sap Atıkları-Aritma çamuru Karışımının Reaksiyon Hız Sabitinin Hesaplanması	60
Tablo 4.1.22. Şarap Fabrikası Atıkları-Şeker Pancarı Yaprığı -Aritma çamuru Karışımının Reaksiyon Hız Sabitinin Hesaplanması	60
Tablo 4.1.23. Şarap Fabrikası Atıkları -Aritma çamuru Karışımının Reaksiyon Hız Sabitinin Hesaplanması	61
Tablo 4.1.24. Şeker Pancarı Yaprığı-Sap Atıkları-Aritma Çamuru Karışımının Reaksiyon Hız Sabitinin Hesaplanması (Selüloz ve Radyoaktivite)	62
Tablo 4.1.25. Şarap Fabrikası Atıkları-Şeker Pancarı Yaprığı -Aritma çamuru Karışımının Reaksiyon Hız Sabitinin Hesaplanması (Selüloz ve Radyoaktivite)	63
Tablo 4.1.26. Şarap Fabrikası Atıkları -Aritma çamuru Karışımının Reaksiyon Hız Sabitinin Hesaplanması (Selüloz ve Radyoaktivite)	63
Tablo 4.2.1. Kompostlanan Materyallerin pH Değerleri	67
Tablo 4.2.2. Kompostlanan Materyallerin Alkalinite Değerleri	68
Tablo 4.2.3. Kompostlanan Materyallerin İletkenlik Değerleri.	70
Tablo 4.2.4. Kompostlanan Materyallerin Toplam Katı Madde Değerleri.	71
Tablo 4.2.5. Kompostlanan Materyallerin Toplam Uçucu Katı Madde Değerleri.	73
Tablo 4.2.6. Kompostlanan Materyallerin KOİ Değerleri.	74
Tablo 4.2.7. Kompostlanan Materyallerin TKN Değerleri	76
Tablo 4.2.8. Kompostlanan Materyallerin Amonyum Konsantrasyonları.	77
Tablo 4.2.9. Kompostlanan Materyallerin Toplam Fosfor Değerleri	79
Tablo 4.2.10. Reaktör Sızıntı Sularında Toplam Koliform Sayıları.	80
Tablo 4.2.11. Reaktör Sızıntı Sularında Fekal Koliform Sayıları.	81
Tablo 4.2.12. Anaerobik Kompostlaştırmada Bileşimlerin C/N Oranlarındaki Değişimler	84
Tablo 4.2.13. Anaerobik Kompostlanan Materyallerin Metal İçeriklerinin Değişimi	85

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	I
ABSTRACT	III
ÖNSÖZ	V
ŞEKİLER LİSTESİ	VI
FOTOĞRAFLAR LİSTESİ	VIII
TABLolar LİSTESİ	IX
İÇİNDEKİLER	XI
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	8
3. MATERYAL VE METOT	16
3.1. Materyal	16
3.1.1. Deney Düzenegi	18
3.1.1.1. Aerobik kompost deney düzenegi	18
3.1.1.2. Anaerobik kompost deney düzenegi	21
3.2. Metot	24
3.1. Aerobik Kompost Reaktörlerinde İzlenen Parametreler ve Analiz Yöntemleri	24
3.2. Anaerobik Kompost Reaktörlerinde İzlenen Parametreler ve Analiz Yöntemleri	26
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	27
4.1. Aerobik Kompostlama	27
4.1.1. Sıcaklık ve Havalandırma	27
4.1.2. Su Muhtevası	36
4.1.3. pH	38
4.1.4. İletkenlik	39
4.1.5. Uçucu Katı Madde	40
4.1.6. Toplam Karbon	42
4.1.7. Toplam Azot	43
4.1.8. Nitrit	44
4.1.8. Kükürt	45
4.1.9. Hidrojen	47
4.1.10. Karbon/Azot	48
4.1.11. Selüloz	50

	<u>Sayfa</u>
4.1.12. Mikrobiyoloji	51
4.1.13. Eser elementler	54
4.1.14. Radyoaktivite	56
4.1.15. Proses Kinetikleri	59
4.2. Anaerobik Kompostlama	66
4.2.1. pH	66
4.2.2. Alkalinite	68
4.2.2. İletkenlik	69
4.2.4. Toplam Katı Madde	71
4.2. 5. Toplam Uçucu Katı Madde	72
4.2.6. KOİ	74
4.2.7. TKN	75
4.2. 8. Amonyum	77
4.2.9. Fosfor	78
4.2.10. Mikrobiyoloji (Hijyenik Kalite)	80
4.2.11. Biyogaz Üretimi	83
4.2.12. Kompost Kalitesi	83
5. SONUÇLAR	86
KAYNAKLAR	90

1.GİRİŞ

Günümüzde tüm canlıları tehdit eden çevresindeki tehlikeler, her geçen gün yeni boyutlar kazanarak alabildiğine artmaktadır.

Doğal nitelikli olaylar göz ardı edildiğinde, ihtiyaçlarını doğal kaynaklardan karşılayan insanoğlu; etkinlikleri sonucu milyonlarca ton atık maddeyi herhangi bir işlem uygulamadan doğrudan hava, su ve toprak gibi alıcı ortamlara biyolojik tolerans sınırını aşacak tarzda vererek ekolojik dengeyi bozmakta ve çevre kirliliği sorununu ortaya çıkarmaktadır. Çevreyi kirleten, doğal dengeyi bozarak yeni problemlerin ortaya çıkmasına neden olan, canlıların gelişimini etkileyen atıklar ile artan dünya nüfusunun beslenme problemlerinin çözümüne yönelik başlatılan çalışmalar hızla devam etmektedir.

Çevre kirliliğine yol açan temel kirletici kaynaklar; endüstriyel, kentsel ve tarımsal kaynaklı olmak üzere üç ana başlık altında toplanmıştır (Topbaş ve diğ., 1998). Bu kaynaklardan oluşan atık maddelerin bileşiminde yer alan azot, fosfor, potasyum ve organik madde miktarlarının yüksek oluşu, bu atıkların tekrar kullanım olanaklarını gündeme getirmiştir. Hızla artan dünya nüfusunun beslenme ve benzeri ihtiyaçlarını karşılama doğal kaynakların sınırlı oluşu nedeniyle atıklardan yeniden yararlanma (recycling) yaklaşımı ile bu ihtiyaçlar giderilebilmektedir. Özellikle organik madde içeriği yönünden fakir olan ülkemiz topraklarındaki organik madde açığı ve atıklarla oluşan çevre kirliliği göz önüne alındığında atıkların kompostlanarak gübre olarak değerlendirilmesi hem gübre açığını kapamak ve hem de çevre sağlığı açısından ekonomiye çok yönlü faydalar sağlayacaktır.

Katı atıkların organik kısımlarının değerlendirilmeleri bir çok araştırmacı tarafından ele alınmış ve değişik kompostlaştırma yöntemleri geliştirilmiştir (Erdin, 1978; Hakerlerler, 1980). Kompostlama ayrışabilir organik maddelerin mikroorganizmaların aktiviteleri sonucu biyokimyasal yolla aerobik/anaerobik koşullarda parçalanmaya tabi tutularak, hiçbir patojen mikroorganizma içermeyen, bol miktarda bitki besin maddesi ihtiva eden, organik madde bakımından zengin, su tutma kapasitesi yüksek, sağlık yönünden zararsız bir tür organik humusun oluşturulması olayıdır. Kompostlamanın esas amacı dengeli kompost üretmektir.

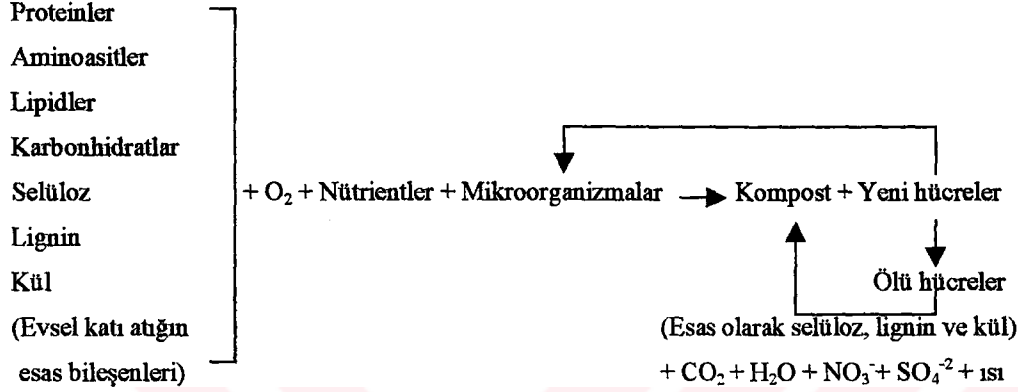
Kompostlama, bir biyolojik proses olarak sayısız mikroorganizma (mezofilik bakteri, termofilik bakteri, mantar ve *actinomyces*) içerir. Ayrıca maya mantarları ve protozoalar da görülebilir. Mikroorganizmalar yeni hücre maddesi sentezleyebilmek için enerji kaynağı olarak organik ve inorganik bileşikler kullanırlar. Enerji temini için karbonhidrat ve yağ gibi enerji kaynakları olmakla birlikte çoğu mikroorganizma bu amaçla karbonhidratları kullanır. Organik ve inorganik bileşiklerin oksidasyonu ile ısı açığa çıkar. Ayrışma işlemini yürüten mikroorganizmalar büyük miktarda açığa çıkardığı ısının etkisinde termik dezenfeksiyon ve salgıladıkları antibiyotiklerle de biyolojik veya mikrobiyolojik dezenfeksiyon oluştururlar (Tablo 1.1).

Tablo 1.1. Bazı Yaygın Patojenlerin ve Parazitlerin Yok Edilmesi İçin Gerekli Sıcaklık ve Maruz Kalma Süresi.

Organizma	Gözlem
<i>Salmonella typhosa</i>	46 °C'nin üzerinde hiç gelişme göstermez. 55-60 °C'de 30 dakikada ölür. Kompost ortamında kısa bir sürede yok olur.
<i>Salmonella sp.</i>	55 °C'de 1 saatte , 60 °C'de 15-20 dakikada ölür.
<i>Shigella sp.</i>	55 °C'de 1 saatte ölür.
<i>Escherichia coli</i>	55 °C'de 1 saatte, 60 °C'de 15-20 dakikada çoğu giderilir.
<i>Entamoeba histolytica cysts</i>	45 °C'de birkaç dakikada 55 °C'de birkaç saniyede yok olur.
<i>Taenia saginata</i>	55 °C'de birkaç dakikada ölür.
<i>Trichinella spiralis larvae</i>	55 °C'de hızlı bir şekilde yok olur.
<i>Brucella abortus</i> yada <i>Br.suis</i>	50 °C'de 10 dakikada ölür.
<i>Streptococcus pyogenes</i>	54 °C'de 10 dakikada ölür.
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	66 °C'de 15-20 dakikada ölür.
<i>Var.hominis</i>	
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	55 °C'de 45 dakikada ölür.
<i>Necator americanus</i>	45 °C'de 50 dakikada ölür.
<i>Ascaris lumbricoides eggs</i>	50 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda 1 saatten daha az sürelerde yok olur.

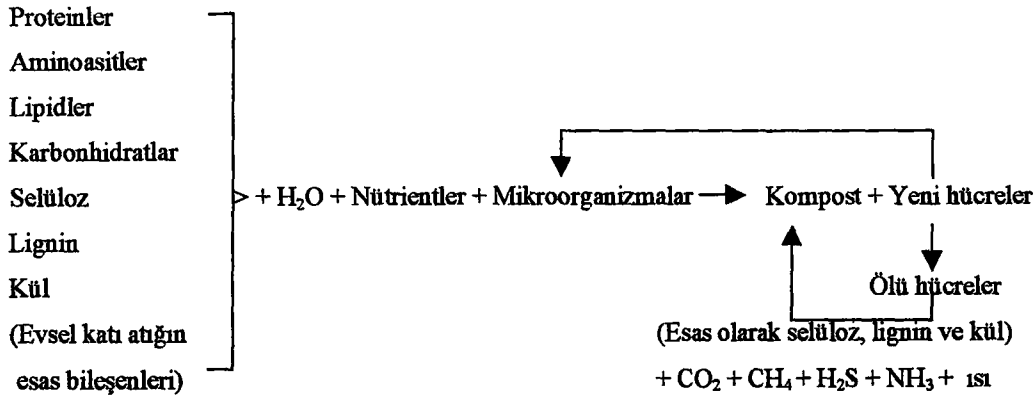
Kompostlamada, uygulanan metot hangisi olursa olsun atıklar aşağıda belirtilen kurallara göre mikrobiyal parçalanmaya uğrar.

Aerobik kompostlaştırma prosesinin denklem formundaki ifadesi aşağıdaki gibidir.



Yukarıdaki denklemde görüldüğü gibi üretilen yeni hücreler, organik maddenin dönüşümünde aktif biyokütle olarak yer alır, öldükten sonrada kompostun bir parçası haline gelir. Organik içerikli katı atıkların aerobik kompostlama prosesi için önemli parametreler ve dizayn ilkeleri Tablo 1.2’de verilmiştir.

Anaerobik kompostlaştırma prosesinin denklem formundaki ifadesi aşağıdaki gibidir.



Tablo 1.2. Aerobik Kompostlama Proses İlkeleri.

Parametre	Dizayn İlkesi
Partikül Boyutu	Optimum sonuçlar için katı atıklar 25-75 mm arasında olmalıdır.
Karbon-Azot Oranı	25 ve 50 arasındaki başlangıç karbon azot oranları aerobik kompostlama için optimumdur. Daha düşük oranlarda amonyak açığa çıkar. Aynı zamanda, daha düşük oranlarda biyolojik aktivite engellenir. Daha yüksek oranlarda, azot, sınırlayıcı bir nütrient olabilir.
Aşılama	Kompostlama zamanı, ağırlıkça %1-5'e kadar kısmi olarak çürütülmüş katı atıklarla aşıl原因 olarak azaltılabilir. Katı atıklara kanalizasyon çamuru da ilave edilebilir. Çamur ilavesinin söz konusu olduğu yerlerde final nem içeriği, kontrol edilen bir parametredir.
Nem İçeriği	Kompostlama esnasında nem içeriği %50-60 arasında olmalıdır. Optimum değer, % 55'dir.
Karıştırma	Kanallama, kekleşmeyi ve kurumayı önlemek için kompostlama prosesindeki materyal düzenli bir şekilde veya gerektiği kadar karıştırılmalı yada döndürülmelidir. Karıştırma veya döndürme sıklığı kompostlama işleminin tipine bağlı olacaktır.
Sıcaklık	En iyi sonuçlar için sıcaklık, ilk birkaç gün 50 ve 55 °C, aktif kompostlama periyodu için sıcaklık 55-60 °C arasında sürdürülmelidir. Sıcaklık, 66 °C'yi aşarsa biyolojik aktivite önemli ölçüde azalır.
Patojen Kontrolü	Kompostlama esnasında patojenleri, zararlı yumurta ve tohumların hepsini yok etmek mümkündür. Bunu gerçekleştirmek için sıcaklık, 24 saat 60-70 oC arasında tutulmalıdır.
Hava ihtiyacı	Gerekli oksijen ihtiyacı, biyolojik dönüşüm reaksiyonundan tahmin edilebilir. Optimum sonuçlar için başlangıç oksijen konsantrasyonunun en az %50'li hava özellikle mekanik sistemlerde kompostlanan materyalin tüm kısımlarına ulaşmalıdır.
pH kontrolü	Optimum bir aerobik parçalanmayı gerçekleştirmek için pH 7-7.5'de tutulmalıdır. Azotun amonyak gazı formunda kaybını minimize etmek için pH 8.5'in üzerine yükselmemelidir.
Ayrışma düzeyi	Ayrışma düzeyi, sıcaklıktaki final düşüş , kompostlanmış materyaldeki parçalanabilir ve dirençli organik madde miktarı, redoks potansiyelindeki artma, oksijen alımı ölçülerek, <i>Chaetomium gracilis</i> fungusunun gelişmesi ve nişasta-iyot testiyle hesaplanabilir.
Arazi gereksinimi	50 ton/g'lük bir kapasiteye sahip bir tesis için arazi gereksinimi 1.5-2 acre olacaktır.

Anaerobik kompost sistemlerinde başlıca iki proses esas alınır: Düşük ve yüksek katılı anaerobik kompostlaştırma proseslerinin önemli tasarım parametreleri Tablo 1.3 ve Tablo 1.4’de verilmiştir.

Tablo 1.3. Düşük Katılı Anaerobik Kompostlaştırma Parametreleri.

Tasarım ve İşletme Parametresi	Düşük katılı Anaerobik Kompostlaştırma
Reaktör tasarımı	Evsel katı atığın organik kısmı için kullanılan büyük ölçekli sistemlerde tam karışımli reaktörler kullanılmıştır. Piston akımlı reaktörler, diğer organik maddeler (özellikle sığır gübresi) için yaygın şekilde kullanılmaktadır.
Katı madde içeriği	% 4-8
Reaktör hacmi	Organik atığın birim hacmi başına daha büyük reaktör hacmi gereklidir.
Su ilavesi	Atıkların nem içeriğini arttırmak için oldukça fazla su ilavesi gereklidir.
Organik yük	Birim reaktör başına organik yükleme nispeten düşüktür
Gaz üretim hızı	Maksimum gaz üretim hızı birim reaktör hacmi başına 2 m ³ olabilir.
Organik madde giderim hızı	Yüksek su içeriğinden dolayı organik madde giderim hızı düşüktür.
Besleme ve deşarj pompaları	Her çeşit pompa tipleri kullanılmaktadır.
Toksisite problemleri	Organik katı maddelerin doğal su içeriğinden dolayı düşük katılı reaktörlerde toksisite problemleri daha azdır.
Sızıntı suyu problemi	Yüksek su içeriğinden dolayı sızıntı suyu arıtma problemi vardır.
Arıtılan katı atığın susuzlaştırılması	Katıları ayırmak için büyük ve pahalı araçlar gerekir. Son uzaklaştırma için ayrılan su da arıtılmalıdır.
Teknoloji durumu	Evsel katı atığın organik kısmından enerji geri kazanımı ticari olarak yaygın değildir. Zira atıklardan enerji eldesi için düşük katılı anaerobik kompostlaştırma yaygındır.

Tablo 1.4. Yüksek Katılı Anaerobik Kompostlaştırma Parametreleri.

Tasarım ve İşletme Parametresi	Yüksek Katılı Anaerobik Kompostlaştırma
Reaktör tasarımı	Tam karışım , piston akımlı ve kesikli reaktörler deneysel olarak kullanılmıştır. Bu reaktörlerden hiçbirisi evsel katı atıklar için ticari olarak kullanılmamıştır.
Katı madde içeriği	%22-32
Reaktör hacmi	Aynı organik atık hacmi için düşük katılı prosese göre daha küçük reaktör hacmi gereklidir.
Su ilavesi	Yüksek katı konsantrasyonundan dolayı su gereksinimi azdır.
Organik yük	Birim reaktör hacmi başına organik yük daha yüksektir.
Gaz üretim hızı	Maksimum gaz üretim hızı birim reaktör hacmi başına 6 m3 değerlerine çıkabilmektedir.
Organik madde giderim hızı	Düşük katılı anaerobik kompostlaştırma ile karşılaştırıldığında aynı zaman aralığında önemli derecede daha yüksek organik madde giderim hızına ulaşılabilir.
Besleme ve deşarj pompaları	Nispeten yeni bir teknoloji olduğundan anaerobik reaktörden çıkışı besleme ve deşarj için uygun mekanizmalar iyi tanımlanmamıştır. Yüksek katılı pompalar, vida taşıyıcılar kullanılmaktadır.
Toksidite problemleri	Tuzların ve ağır metallerin toksisitesi bu bileşiklerin ve kimyasal elementlerin yüksek konsantrasyonlarından dolayı yüksek katılı anaerobik reaktörlerde çok yaygındır.
Sızıntı suyu problemi	Yüksek katılı reaktörden çıkış normal olarak %25-30 katı içerir ve bu , sızıntı suyu oluşumunu sınırlandırır.
Arıtılan katı atığın susuzlaştırılması	Ucuz susuzlaştırma ekipmanı yeterlidir.
Teknoloji durumu	Evsel katı atığın organik kısmından enerji geri kazanımı ile ilgili ticari prosesler giderek yaygınlaşmaktadır.

Aerobik ve anaerobik prosesler, katı atık gideriminde önemli yerlere sahiptirler. Her bir prosesin farklı avantajları vardır. Genelde anaerobik proseslerin işletimi aerobik proseslerinkinden daha komplekstir. Bununla birlikte anaerobik prosesler metan gazı

formunda enerji kazanımı sağlar, bu yüzden anaerobik prosesler net enerji üreticileridir. Aerobik prosesler, atık dönüşümü için oksijen teminine ihtiyaç duyduğundan bu prosesler net enerji kullanıcılarıdır. Bu proseslerin işletiminin kolaylığı ve atık hacimlerini önemli ölçüde azaltma gibi avantajları da vardır. Aerobik ve anaerobik proseslerin avantajları Tablo 1.5'te verilmiştir (Tchobanoglous ve diğ., 1993).

Tablo 1.5 Aerobik ve Anaerobik Kompostlamanın Kıyaslanması.

Karakteristikler	Aerobik Prosesler	Anaerobik Prosesler
Enerji Kullanımı	Net Enerji Tüketicisi	Net Enerji Üreticisi
Son Ürünler	Humus, CO ₂ , H ₂ O	Çamur, CO ₂ , CH ₄
Hacim Azalması	% 50'ye kadar	% 50'ye kadar
İşlem Zamanı	20-30 gün	20-40 gün
Temel Hedef	Hacim Azalması	Enerji Üretimi
İkinci Hedef	Kompost Üretimi	Hacim Azalması, Atık Stabilizasyonu

Mikrobiyal hareketin sonucu olarak atığın ham organik kısmı humus maddesine dönüştürülür. Kompostlama humus üretmez. Humus topraktaki organik maddenin uzun dönemde ayrışmasının sonucudur. Kompostlama kısmen ayrışmış organik madde üretir. Eğer proses gereği gibi gerçekleşirse kompostun ayrışma oranı düşüktür ve toprağa eklenince biyodegrede olmaya devam eder ve neticede humus olur. Kompost bünyesinde, mikroorganizmaların aktivitesi için yeterli besin ihtiva eder. Kompost kullanımının; bitkilerin gelişmesinde, patojenlerin yok edilmesinde ve toprağın fiziksel özelliğini değiştirmede etkili olduğu yapılan çalışmalarla onaylanmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Çeşitli kaynaklardan oluşan organik tabiatlı atıkların işlem görmeden alıcı ortamlara verilmesi sonucu oluşan çevre kirliliğini minimize etmek amacıyla günümüzde özellikle bu tür atıklar, kompostlama yöntemlerinden yararlanılarak faydalı bir ürün olan kompost haline getirilmektedir. Değişik kompostlama sistemleriyle sürdürülen bu tür çalışmalardan konumuzla ilgili olanlar aşağıda özetlenmiştir.

Kuhlman (1990), arazi için elverişli olmayan tarımsal ve evsel kaynaklı birçok atığın üretildiğini ve bu tür atıkların kompostlanması ile humus içeren faydalı organik maddelere dönüştürülebileceğini belirtmektedir. Atıkların stabilize edilmesinde C/N oranının azaltılmasını, kokuların, patojenlerin ve yumurtalarının giderilmesini ve kolayca taşınabilir ürünlerin üretilmesini önemli avantajlar olarak belirtmiştir. Kompostlamada aerobik şartların oluşturulması ve sıcaklığın ise 55 °C ya da daha yüksek olması gerektiğini vurgulamıştır.

Verdonck (1984), tarım ve bahçecilik ile ilgili organik madde ihtiyacındaki artıştan dolayı farklı endüstri atıklarının geri kazanılmasının gün geçtikçe daha gerekli olduğunu belirtmektedir. Araştırmacı, ağaç kabuklarıyla tütün endüstrisi atıklarının karıştırılarak kompostlanabildiğini ve bu iki organik atığın % 85'den fazla organik madde içermesi dolayısıyla tarım ve bahçecilikte kullanılabileceğini belirtmiştir.

De Bertoldi ve diğ.(1982), yapmış oldukları kompostlama çalışmasında turning ile % 18, negatif havalandırmayla % 11 ve pozitif havalandırmayla % 5'lik N kaybı olduğunu bildirmiştir. Forced (zorlamalı) havalandırmayla düşük N kaybını düşük pH ve sıcaklıklarla ilişkilendirmiştir.

Hackett ve diğ. (1999), karıştırmalı ve statik windrowlarda atıksu arıtma çamuru ile güç üretici uçucu külü karıştırarak kompostlamışlardır. Nem içeriğinin % 50'nin üstünde tutulduğu kompostlama prosesinin ilk üç gününde sıcaklık 65 °C'ye yükseldiğini, sonraki ilk

10 hafta ise sıcaklığın 45-60 °C arasında tutulduğunu ve elde edilen kompostun pH'sının 8,5 olduğunu ,yüksek konsantrasyonlarda spesifik nütrientler içerdiğini, ortalama C/N oranının ise 43/1 olduğunu saptamışlardır.

Chefetz ve diğ, (1996) evsel katı atık kompostlama çalışmalarında proses esnasında organik madde dönüşümleri ile elde edilen ürünlerin olgunluk düzeyini belirlemişlerdir. Kompostlama süresi boyunca; sıcaklık, C/N oranı, kül içeriği, humik madde içeriği ve fraksiyonları gibi parametreleri ölçmüşlerdir. İlk iki günde sıcaklık 45 °C'ye yükseldiğini, termofilik fazın (72 °C) 4 hafta sürmüş olduğunu ve 60. günde kompost sıcaklığının dış ortam sıcaklığına vardığını belirtmektedirler. Kompostlama boyunca C/N oranı ve kül içeriğindeki değişikliklerin, organik madde parçalanması ile stabilizasyonu yansıttığını vurgulamışlardır. Ham materyalin C/N oranı 20. günün sonunda 28'den 18'e ve 60. günde 12.22'ye düştüğünü saptamışlardır.

Jeris ve Regan (1973), maksimum termofilik kompostlamanın pH 7.5-8.5 aralığında meydana geldiğini ve stabilizasyon verimliliğinin ise düşük ve yüksek pH değerlerinde azaldığını belirtmişlerdir. En uzun zaman periyodunda en fazla sıcaklık yükselmesinin pH 6.5-9.6 arasında olduğunu, pH'ın 6'dan düşük ve 9.6'dan yüksek olduğu durumlarda sıcaklığın 55 °C'nin üstüne çıkmadığını saptamışlardır.

Erdin (1978), İzmir'de oluşan kentsel atıkların kompostlanabilirliği ile kompostlaştırma deneylerinde elde edilen ürünlerin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini incelemiştir. Araştırmacı çöp ve arıtma çamuru ile yapılan kompostlaştırmanın en yüksek ayrışma verimini verdiğini belirtmektedir.

Rao Bhamidimarri ve Pandey (1996), domuz çiftliği atıklarının kompostlaştırılması çalışmalarında bulking maddesi olarak talaş kullanmıştır. Sıcaklık profillerinin katı atığı tamamen pastörize edilebileceğini göstermişlerdir. Nütrient analizlerinde başlangıçtaki azotun % 79'unun kompostta korunduğunu ve fosfor konsantrasyonunda ise önemli bir değişikliğin olmadığını saptamışlardır.

Sesay ve diğ. (1998), evsel katı atıkları havalandırmalı statik yığın şeklinde kompostlamışlardır. Kompostlamanın başlangıcında pH 5 iken 51 gün sonra pH 8.4'e, EC (mS/cm) 4.1'den 3.0'a, TKN'nun (%1.6) değişmediğini, C'un (%) 40.2'den 27.2'ye, C/N oranı 25.6'dan 17.4'e , NH_4^+ (mg/kg)'ın 16.8'den 52.4'e ve $\text{NO}_3\text{-N}$ (mg/kg)'nın ise 0.7'den 7.9'a değişim gösterdiğini saptamışlardır.

Filibeli (1988), artma çamuru ve konsantre organik atıkların aerobik termofilik stabilizasyonunu araştırmıştır. Aerobik termofilik çürüme süreci içinde reaktör sıcaklığının kendiliğinden termofilik seviyeye yükseldiğini ve ortalama reaktör sıcaklığının 56°C'de kaldığını gözlemiştir. Taze giriş numunelerinde azot içeriği % 4-6 iken aerobik termofilik çürüme sonucunda % 2 civarında olduğunu ve bu durumun yüksek sıcaklığın nitrifikasyonu inhibe etmesinden kaynaklandığını belirtmektedir. KOİ giderim verimini % 40 olarak saptamıştır.

Hamoda ve diğ.(1998), evsel katı atıkların kompostlama kinetiklerini değerlendirmişlerdir. Kompostlama esnasında organik madde parçalanmasının birinci derece kinetik modeline uyduğunu saptamışlardır.

Keller (1961), çöp süprüntülerinin kompostlanmasıyla ilgili çalışmasında lipitlerin % 7.7'den % 2.2'ye ve selülozun ise % 34'den %9'a düştüğünü saptamıştır. Her iki maddenin de ilk 40 gün esnasında hızlı bir şekilde giderildiğini, daha sonra ise çok küçük değişikliklerin meydana geldiğini bildirmiştir.

Karim ve Chowdhury (1958), evsel katı atıkların parçalanması ile ilgili laboratuvar çalışmalarında yağların ilk 180 günde hızlı bir şekilde giderildiğini ve son 60 günde ise çok küçük değişikliklerin olduğunu bildirmişlerdir. 240 gün boyunca proteinin sabit bir şekilde giderilmiş olduğunu, selülozun ise 15 ile 90 gün arasında hızlı bir şekilde giderildiğini ve daha sonra selülozda bir değişikliğin olmadığını belirtmişlerdir. 240 gün boyunca yağların % 73'ünün, selülozun % 49'unun, ligninin % 30'unun ve proteinin ise % 39'unun giderildiğini saptamışlardır.

Poincelot (1972), kompostlama çalışmalarında şekerli ve nişastalı evsel katı atıkların 35-42 günde tamamen metabolize edildiğini, lipid ve yağlarda % 75'lik, selüloz ile hemiselülozda ise % 60'lık bir giderimin olduğunu saptamıştır. Aynı şekilde kompostlama esnasında lipitteki giderim Keller (1961)'in bulgularıyla benzerlik göstermesine rağmen. selülozdaki değişikliklerin çok daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Kirchmann ve diğ (1994) , organik atıkların giderilmesi ve karbon stabilizasyonu ile ilgili çalışmalarında % 46.5 kanalizasyon çamuru ve % 53.5 pamuk atığı (taze ağırlık) ihtiva eden yaklaşık 1500 kg atığı kompostlamışlardır. Termofilik fazın 33 gün sürdüğünü ve aktif fazın ise 49 gün sonra tamamlandığını belirtmişlerdir. Kompostun olgunlaşması için 2 ay beklenildiğini ve bu süre zarfında da kompost yığımına hava verilmediğini belirtmektedirler. 21, 49 ve 110 gün sonra sırasıyla kompost pH'sının 6.8, 7.2, 7.1, kül içeriğinin (%) 28.7, 35.1, 35.2, toplam azotun (%) 2.82, 3.65, 3.78, NH_4^+ -N'nun (%) 0.023, 0.021, 0.018, organik karbonun (%) 39.8, 36, 35.5, C/N oranının 14.2, 10.2, 10.5 ve selüloz-C 'nun (%) 12.3, 11.3, 10.9 olduğunu saptamışlardır.

Pera ve diğ, (1991) termofilik çürütücüden elde edilen anaerobik süzüntü suyuyla karıştırılmış evsel katı atıkları kompostlamışlardır. Kompostlamanın 50. günü nem (%) 62.1'den 38.7'ye, organik karbon (%), 20.2'den 13.2'ye C/N 25.2'den 16.5'e düşerken, toplam azotun (%) değişmediğini 0.8-0.8, pH'nın 7'den 8.6'ya külün(%) 63.2'den 69.1'e yükseldiğini belirtmektedirler. Toplam koliformun (hücre/g kuru ağırlık) 460×10^4 'den 0.62×10^4 'ye düştüğünü ve başlangıçtaki fekal koliform (hücre/g kuru ağırlık) sayısının (2.7×10^5) ise 50. günün sonunda bulunmadığını saptamışlardır.

Vallini ve diğ, (1989) taze ve çürütülmüş evsel katı atıkları karıştırarak kompostlamışlardır. Kompostlamanın başlangıcında pH=7.7 iken 50 gün sonra pH=8.4, kül (%) 54.9'dan 67.2'ye, TKN (%) 1'den 1.1'e çıkarken organik karbon (%) 30.8'den 22.1'e, C/N oranı 30.8'den 20.1'e düştüğünü belirtmektedirler. Toplam koliform ise (hücre/g kuru ağırlık) 1200×10^5 'den 0.0057×10^4 'ye düşerken, başlangıçtaki fekal koliform (hücre/g kuru ağırlık) sayısının (13×10^5) 50. günün sonunda bulunmadığını saptamışlardır.

William (1992), bahçe atıklarının kompostlanmasının en etkili metodunu ve materyallerin karışım oranlarını saptamak için saha çalışmaları gerçekleştirmiştir. Deneysel çalışmada sıcaklık, oksijen, pH, nem, uçucu katı ve koku parametrelerini izlemiştir. Yüzde (%) olarak uçucu katılardaki büyük azalmaların, yaprakların çim atıklarına oranının 2:1 olduğu karışımlarda bulunduğunu ve en büyük giderimin ise sadece çim süprüntülerinde olduğunu saptamıştır.

Badawi ve diğ.(1992), Tarımsal kalıntıların ve köy atıklarının anaerobik kompostlama performansını belirlemek için üç atık tipinin kompostlanabilirliğini araştırmışlardır. Çalışmalarında; a.tarımsal atıklar, b. köy katı atıkları ve c. bunların 1:1 oranında karışımını kullanılmış ve süzüntü suyunda pH, alkalinite, toplam ve amonyak azotu, KOİ, TOK, toplam katılar , uçucu katılar ve bazı metaller gibi parametreleri incelemişlerdir. Uçucu katı gideriminin % 10.3 ile 38.7 arasında değiştiğini ve giderilen uçucu katı maddenin birim ağırlığı başına metan gazı oluşumunun, evsel atıksu arıtma çamurunun giderilmesinde oluşan gazı eşit veya daha büyük olduğunu belirtmektedirler. Araştırmacılar, tarımsal kalıntıların ve köy atıklarının daha etkili değerlendirilmesini sağlamak ve kirlenmeyi önlemek için metan kazanımlı anaerobik arıtımı önermektedirler. Ayrıca, anaerobik kesikli kompostlamanın sıcak bir iklimde 100 günlük kısa bir periyotta tamamlanacağını ve daha soğuk iklimlerde bile prosesin tamamlanması için 6 aylık bir sürenin yeterli olabileceğini bildirmektedirler.

Rodriguez ve diğ. (1999), evsel katı atıkların biyometanizasyonunu araştırmışlardır. Çalışma üç aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk olarak 48.5 kg evsel katı atık, pilot tesise konmuş ve atık parçalanmasının farklı fazları izlenmiştir. İkinci aşamada 66 kg taze evsel katı atıklar, ilk aşamada elde edilen parçalanmış atıklara ilave edilmiştir. Üçüncü aşamada ise ikinci aşamada elde edilen parçalanmış atıkların üzerine 59 kg taze evsel katı atık bırakılmışlardır. İkinci ve üçüncü aşamada atıkların daha hızlı bir şekilde parçalandığını ve metanogenik faza daha erken ulaşıldığını belirtmişlerdir.

Öztürk ve diğ.(1997), evsel katı atıklar ile arıtma çamuru keki ve haşhaş posası atıklarının aerobik kompostlaştırma ile bertarafını araştırmışlardır. Başlangıçta pH'ın her üç reaktörde 6-6.5 civarında ölçtüğünü belirtmektedirler. Aerobik kompostlaştırma sonunda

haşhaş posası-organik evsel katı atık karışımı ve sadece organik evsel katı atık olan reaktörlerde pH'ın bir miktar arttığını, çamur keki-organik evsel katı atık karışımı olan reaktörde ise pH'ın tekrar başlangıç seviyesine geldiğini belirtmişlerdir. Başlangıçta % 60-65 arasındaki su muhtevasının çalışmanın sonunda mikroorganizmaların kullanımı ve havalandırmanın da etkisiyle bütün reaktörlerde % 45-50 civarına düştüğünü saptamışlardır. C/N oranlarının başlangıçta evsel katı atık organik kısmı-haşhaş posası karışımında 33, sadece evsel katı atıklarda 35 ve çamur keki-organik evsel katı atık karışımında ise 26 olduğunu çalışma sonunda ise bu oranların sırasıyla 19, 22 ve 17 oranında olduğunu tespit etmişlerdir. Çamur keki-organik evsel katı atık karışımının aerobik kompostlaşabilirliği 40 günde, haşhaş posası-organik evsel katı atık karışımı ve organik evsel katı atıkta ise 50 günde tamamlandığını belirtmişlerdir.

Cecchi ve diğ. (1990), sebze atıklarının aerobik ve anaerobik kompostlaştırılmasını incelemişlerdir. Anaerobik olarak çürütülmüş atıklar ile taze sebze atıklarını birlikte kompostlaştırmışlardır. Kompostlanan atıkların tamamen stabilize edildiğini ve patojen indikatörlerin önemli ölçüde azaldığını saptamışlardır. Kompostlama deneylerinin 50 gün sürdüğünü ve kompost neminin % 54.2'den % 26.8'e, karbonun % 30.8'den % 22.1'e, C/N oranının 28.8'den 19.7'ye düştüğünü, pH'ın 7.7'den 8.4'e, külün % 55'den % 67.2'ye yükseldiğini, TKN'nın ise korunduğunu saptamışlardır. Ayrıca toplam koliform bakterilerinin başlangıçta 1.2×10^8 'den kompostlaştırmanın sonunda 5.7×10^2 'ye düştüğünü bildirmektedirler.

Arıkan (1996), İstanbul evsel katı atıklarının anaerobik kompostlaşabilirliğini araştırmıştır. Geri devirli mezofilik kompost reaktörlerinde üç aydan fazla bir süre (105 gün) boyunca izlenen sızıntı suyunda anaerobik ayrışmayı ve kompost kalitesini karakterize eden pH, toplam alkalinite, KOİ, AKM, UKM, TKN, $\text{NH}_3\text{-N}$ ve toplam fosfor parametrelerini izlemiştir. Düşük porozite ve tabandaki sızıntı suyu haznesindeki sıkışma dolayısıyla biyogaz debisinin düzenli olarak izlenemediğini bildirmektedir. Deneysel çalışma sonucunda, 105. gün de sızıntı suyu KOİ'si ile katı atığın UKM konsantrasyonunda % 25'in üzerinde bir azalma gözlediğini belirtmektedir.

O'Keefe ve diğ. (1993), bahçe atıkları ile evsel katı atıkların organik fraksiyonlarını gidermek için ardışık kesikli anaerobik kompostlama gerçekleştirmişlerdir. İşlenen evsel atıklar 42. günden sonra 0.19 m³ metan/ kg uçucu katı (ortalama kg uçucu katı başına 0.18-0.22'lik bir değerde metan) verdiğini ve uçucu katı gideriminin ise ortalama % 49.7 olduğunu saptamışlardır. Ayrıca bahçe atıklarının 0.07 m³ metan/kg uçucu katı oluşturduğunu ve uçucu madde gideriminin ise % 19 olduğunu saptamışlardır.

Rivard ve diğ. (1995), evsel katı atıklar ile ton balığı işleme atıklarının anaerobik kompostlanabilirliği çalışmasında elde etmiş olduğu kompostun iyi bir toprak ıslah edicisi olduğunu sera çalışmaları ile ortaya koyduğunu belirtmektedir. Deneyler, kompostun uygulama oranlarındaki artışlara paralel olarak ürün verimini ve toprakların su tutma kapasitesi ile nütrient bağlama kapasitelerini arttırdığını saptamıştır.

West ve diğ. (1998), ham ve aerobik kompostlanmış katı atıklardan metan üretimini çalışmışlardır. 6 aylık bir periyotta ham kuru atığın bir kg'ı başına 66 litre metan, kompostlanmış kuru atıkların bir kg'ı başına ise 31 litre metan üretildiğini belirtmektedirler.

Clarkson ve diğ. (2000), ofis kağıtları ile gazete kağıtlarının anaerobik biyodönüşümlerini incelemişlerdir. Yaptıkları çalışmada ofis kağıtlarının 20 günde biyodönüşümlerini büyük oranda tamamladıklarını fakat giderilen KOİ'nin % 71-85'inin metana dönüşümünün 165 gün sürdüğünü, gazete kağıtlarının ise metan dönüşüm oranlarının 300. günde toplam giderilen KOİ'nin % 32-41 olduğunu bildirmişlerdir.

Bilgin (1997), organik madde esaslı arıtma çamuru gibi atıkların topraklarımıza organik madde ve bitki besin elementleri sağlamada üzerinde önemle durulması gerekli kaynaklar olduğunu ve toprağın fiziksel ve kimyasal yapısını iyileştirici birer kaynak olması özellikleri nedeniyle de sürdürülebilir tarım açısından önemlerinin bir kat daha arttığını ve konunun aynı zamanda çevre kirliliğinin önlenmesi ve halk sağlığının korunması açısından da ele alınması gerektiğini vurgulamaktadırlar.

Literatür bulguları özellikle organik kökenli atıkların kompostlanabilirliğini ve oluşan stabil kompost ürünlerinin organik madde olarak tarımsal alanlarda kullanılabilirliğini göstermektedir.

Bu çalışmada, halihazırda esaslı bir şekilde değerlendirilemeyen bazı organik katı atıkların özelliklerinden yararlanılarak ekolojik ve ekonomik yararlar sağlamak amacıyla tekrar geri kazanılması düşünülmüştür. Bu amaçla kompostlaştırma için, kentsel atıklardan Elazığ evsel atıksu arıtma tesisinde oluşan arıtma çamurları ile tarıma dayalı endüstrilerden biri olan Tekel Elazığ Şarap Fabrikası atıkları ve yine şekerpancarı yaprakları ve buğday sapları gibi tarımsal atıklar seçilmiştir. Söz konusu atıkların biyolojik olarak dönüşümlerini kapsayan aerobik ve anaerobik kompostlanabilirliği araştırılmış olup bu proseslerden oluşan ürünlerin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri ve kullanılabilirlikleri (iz element, patojen mikroorganizmalar v.b.) mukayeseli olarak araştırılmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Kompostlama için ham materyal olarak Elazığ Belediyesi Evsel Atıksu Arıtma Tesisi ile Tekel Elazığ Şarap Fabrikası Arıtma Tesisi'nde oluşan arıtma çamuru, Tekel Elazığ Şarap Fabrikası atıkları (cibre ve üzüm sapları) ve tarımsal atıklardan şeker pancarı yaprakları ve buğday sapı kullanılmıştır. Erdin (1978), arıtma çamuru gibi su içeriği fazla olan maddelerin tek başlarına kompostlaştırılmadığını ve bu tür atıklardan kurtulmak için en iyi yolun daha az su içeren ve karbonca zengin olan diğer bir ifadeyle C/N oranı yüksek atıklardan bu oranı azaltacak azot içeriği fazla olan atıklarla karıştırılıp kompostlaştırılmasının gerektiğini vurgulamaktadır.

Bu çalışmamızda Elazığ'da gerek evsel atıksu arıtma tesisinde oluşan arıtma çamurları ve gerekse tarımsal ürünlerden hem Tekel Şarap Fabrikası'nda üzümün işlenmesi sonrası oluşan tonlarca atık ve hem de bölgemizdeki tarımsal alanlardan toplanan şeker pancarı yaprakları ile buğday sapı atıkları değerlendirilemediğinden tercih edilmiştir. Reaktörlerdeki bileşimler, atıkların karbon/azot oranı göz önüne alınarak belirlenmiştir. Anaerobik reaktörlerin her birine İstanbul'daki bir şarap fabrikasının anaerobik arıtma tesisinden getirilen çamurlar aşısı olarak karışıma 6 kg ilave edilmiştir. Reaktörlere yerleştirilen katı atıkların bileşimi ve miktarları Tablo 3.1.1'de, kimyasal özellikleri ise Tablo 3.1.2'de verilmiştir.

Çalışmada kullanılan şarap fabrikası atıklarının nem oranı % 52, uçucu katı madde oran % 91, şeker pancarı atıklarının nem oranı % 80, uçucu katı madde oranı % 83 , kompostlanan arıtma çamurunun nem oranı % 92, uçucu katı madde oran % 33.3, sap atıklarının nem oranı % 6.2 uçucu katı madde oranı % 33'dür.

Tablo 3.1.1. Reaktörlere Yerleştirilen Katı Atıkların Bileşimi ve Miktarları.

Reaktör No	Reaktör Tipi	Katı Atık Bileşimi		Katı Atık Miktarı, kg
1	Aerobik	Şeker Pancarı Atıkları (Ş.P.A.)	% 58	40.5
		Sap Atıkları (S.A.)	% 32	
		Aritma Çamuru (A.Ç.)	% 10	
2	Aerobik	Şarap Fabrikası Atıkları (Ş.F.A.)	% 70	117.5
		Şeker Pancarı Atıkları (Ş.P.A.)	% 20	
		Aritma Çamuru (A.Ç.)	% 10	
3	Aerobik	Şarap Fabrikası Atıkları (Ş.F.A.)	% 85	128.0
		Aritma Çamuru (A.Ç.)	% 15	
4	Anaerobik	Şeker Pancarı Atıkları (Ş.P.A.)	% 58	21.6
		Sap Atıkları (S.A.)	% 32	
		Aritma Çamuru (A.Ç.)	% 10	
5	Anaerobik	Şarap Fabrikası Atıkları (Ş.F.A.)	% 70	73.5
		Şeker Pancarı Atıkları (Ş.P.A.)	% 20	
		Aritma Çamuru (A.Ç.)	% 10	
6	Anaerobik	Şarap Fabrikası Atıkları (Ş.F.A.)	% 85	41.0
		Aritma Çamuru (A.Ç.)	% 15	

Tablo 3.1.2. Reaktörlere Yerleştirilen Katı Atıkların Kimyasal Özellikleri.

Reak. No	Nem (%)	UKM (%)	pH	İletk. (mS/cm)	C (%)	N (%)	S (%)	C/N	NO ₂ -N (ppm)	Selüloz (%)
1	56.0	87.4	5.44	5.20	40.05	1.578	0.872	25.38	5.10	27.09
2	65.0	91.0	4.21	5.24	47.65	1.920	0.850	24.82	0.92	16.55
3	65.0	90.0	4.74	4.52	46.08	1.601	0.879	28.78	0.027	21.21
4	75.0	88.0	5.50	5.75	40.42	1.908	0.230	21.24	-	30.50
5	75.0	91.0	4.55	4.44	49.68	2.597	0.226	19.13	-	21.89
6	73.3	91.0	4.70	4.14	49.00	2.057	0.118	23.82	-	19.81

3.1.1. Deney Düzenegi

Bu araştırmamızda, fiberglas malzemedenden yapılmış olan 3'er adet aerobik ve anaerobik kompost reaktörü kullanılmıştır.

3.1.1.1. Aerobik kompost deney düzenegi

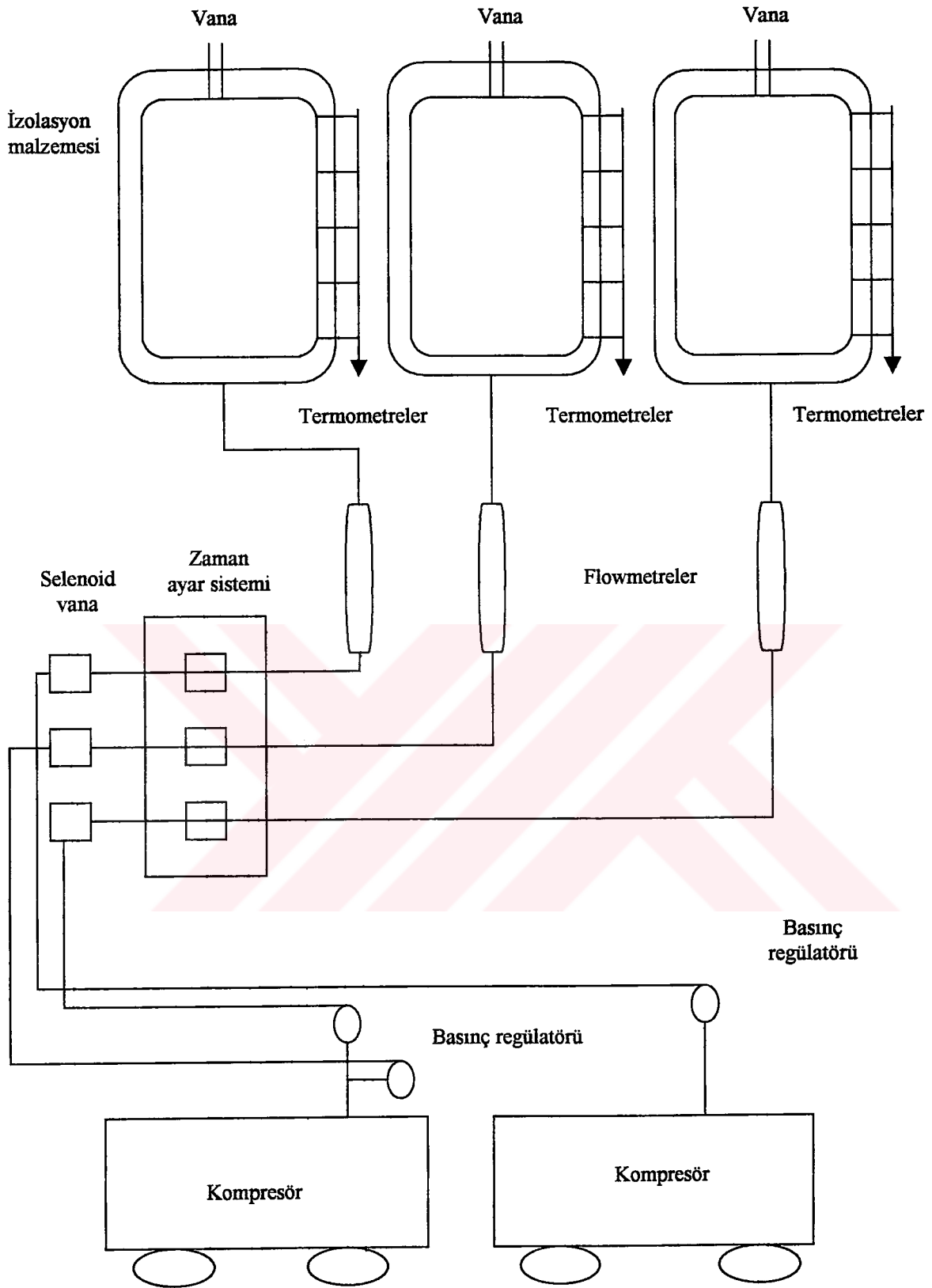
Aerobik reaktörlerin iç çapı 61 cm, yüksekliği 108 cm'dir. Aerobik kompost reaktörlerinde ısı izolasyonu sağlamak için termaflex malzeme ve bu malzemenin üzeri de izocamla kaplanmıştır. Aerobik reaktörlerdeki kompost yığının farklı noktalarındaki sıcaklığını ölçmek için her bir reaktöre 20 cm'de bir olmak üzere 5 adet termometre yerleştirilmiştir. Aerobik reaktörlerin hava girişini ve çıkışını sağlamak için reaktörün dibine ve üst kapağına yarım parmak vana takılmıştır. Reaktörlere hava debisi 200 l/dakika ve 100 l/dakika olan iki adet kompresör bağlanmıştır. Bu kompresörlerin verdikleri hava miktarları kompresör çıkışındaki hava flow metresi ve basınç regülatörleri ile ayarlanmıştır. Kompresörlerin çalışma zamanları ise selenoid vanalar ve zaman ayar sistemleriyle kontrol edilmiştir. Aerobik kompost reaktörleri Fotoğraf 3.1.1'de, reaktörlerin kesitleri Şekil 3.1.2'de, akım şeması ise Şekil 3.1.3'de verilmiştir.

3.1.1. Deney Düzenegi

Bu araştırmamızda, fiberglas malzemedan yapılmış olan 3'er adet aerobik ve anaerobik kompost reaktörü kullanılmıştır.

3.1.1.1. Aerobik kompost deney düzenegi

Aerobik reaktörlerin iç çapı 61 cm, yüksekliği 108 cm'dir. Aerobik kompost reaktörlerinde ısı izolasyonu sağlamak için termaflex malzeme ve bu malzemenin üzeri de izocamla kaplanmıştır. Aerobik reaktörlerdeki kompost yığının farklı noktalarındaki sıcaklığını ölçmek için her bir reaktöre 20 cm'de bir olmak üzere 5 adet termometre yerleştirilmiştir. Aerobik reaktörlerin hava girişini ve çıkışını sağlamak için reaktörün dibine ve üst kapağına yarım parmak vana takılmıştır. Reaktörlere hava debisi 200 l/dakika ve 100 l/dakika olan iki adet kompresör bağlanmıştır. Bu kompresörlerin verdikleri hava miktarları kompresör çıkışındaki hava flow metresi ve basınç regülatörleri ile ayarlanmıştır. Kompresörlerin çalışma zamanları ise selenoid vanalar ve zaman ayar sistemleriyle kontrol edilmiştir. Aerobik kompost reaktörleri Fotoğraf 3.1.1'de, reaktörlerin kesitleri Şekil 3.1.2'de, akım şeması ise Şekil 3.1.3'de verilmiştir.



Şekil 3.1.2. Aerobik Reaktörlerde Sistem Akım Şeması.

3.1.1.2. Anaerobik kompost deney düzeneği

Anaerobik kompostlaştırma, kesikli reaktörlerde mezofilik şartlarda (35–40 °C) gerçekleştirmek amacıyla sıcaklığı sabit tutmak için 4 m uzunluğunda, 3 m eninde ve 2 m yüksekliğinde bir ısıtma odası düzenlenmiştir. Sıcaklığın mezofilik şartlarda kalması için termostat kontrollü bir ısıtıcı kullanılmıştır. Anaerobik kompostlaştırma reaktörlerinden her birinin iç çapı 50 cm, yüksekliği 85 cm'dir. Sızıntı sularının toplandığı her bir kabın hacmi 13 litredir. Geri devredilen sızıntı sularının reaktörlere üniform bir şekilde dağılmasını sağlamak için su fıskiyesi kullanılmıştır. Su, reaktörlere verildiğinde bu fıskiyeler hızlı bir şekilde dönmekte ve sızıntı suyunu homojen bir şekilde dağıtmaktadır. Reaktörlerin alt noktasına gerektiğinde sızıntı suyu almak için birer adet yarım parmak vana konulmuştur. Reaktörlerin üzerine 4 adet yarım parmak vana yerleştirilmiştir. Vanalardan birine reaktörlerdeki basınçları kontrol etmek için manometre takılmıştır. İkinci vana, sızıntı suyunu devrettirmek için toplama kabına bağlanmıştır. Üçüncü vanaya gaz toplama balonları takılmıştır. Son vana ise sızıntı suyu toplama kabı ile reaktörler arasındaki hava basıncını ayarlamak için bağlantı vanası olarak tasarlanmış ve kullanılmıştır.

Sızıntı sularını geri devrettirmek için sızıntı suyu toplama kabı ile kompost reaktörü arasına birer adet su pompası yerleştirilmiştir. Kapların altına ve üstüne (kabın iç tarafında) sıvı seviyesi tespit elektrotları konmuştur. Pompaların çalışma zamanları bu elektrotlar yardımıyla kontrol edilmiştir. Su miktarı belirli bir seviyeye geldiğinde pompalar çalışmakta, düştüğünde ise pompalar durmaktadır.

Üretilen gazın toplanması için reaktörlerin üst kısmında, 15 cm'lik bir boşluk bırakılmıştır. Reaktörlerin tabanına 10 mm gözenek çaplı delikli levha yerleştirilmiş ve atıklar bu levhanın üzerine konmuştur. Levhanın üst tarafına pompaların tıkanmasını önlemek için 3 cm kalınlığında orta ölçekli çakıl bırakılmıştır.

Anaerobik kompost reaktörlerin Fotoğrafi 3.1.2'de, kesitleri Şekil 3.1.3'de akım şeması ise Şekil 3.1.4'de verilmiştir.

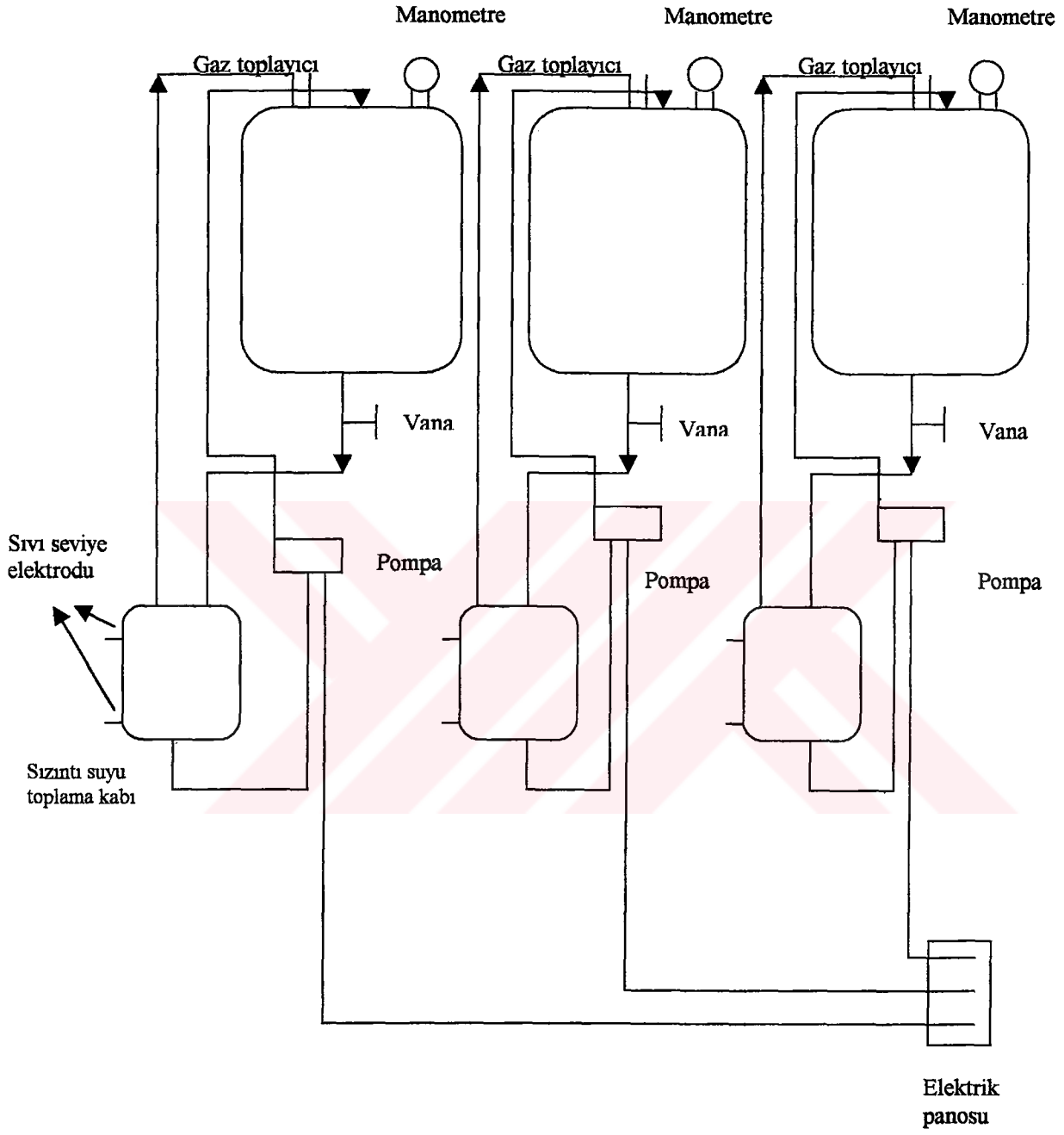
3.1.1.2. Anaerobik kompost deney düzeneği

Anaerobik kompostlaştırma, kesikli reaktörlerde mezofilik şartlarda (35-40 °C) gerçekleştirmek amacıyla sıcaklığı sabit tutmak için 4 m uzunluğunda, 3 m eninde ve 2 m yüksekliğinde bir ısıtma odası düzenlenmiştir. Sıcaklığın mezofilik şartlarda kalması için termostat kontrollü bir ısıtıcı kullanılmıştır. Anaerobik kompostlaştırma reaktörlerinden her birinin iç çapı 50 cm, yüksekliği 85 cm'dir. Sızıntı sularının toplandığı her bir kabın hacmi 13 litredir. Geri devredilen sızıntı sularının reaktörlere üniform bir şekilde dağılmasını sağlamak için su fıskiyeleeri kullanılmıştır. Su, reaktörlere verildiğinde bu fıskiyeleer hızlı bir şekilde dönmekte ve sızıntı suyunu homojen bir şekilde dağıtmaktadır. Reaktörlerin alt noktasına gerektiğinde sızıntı suyu almak için birer adet yarım parmak vana konulmuştur. Reaktörlerin üzerine 4 adet yarım parmak vana yerleştirilmiştir. Vanalardan birine reaktörlerdeki basınçları kontrol etmek için manometre takılmıştır. İkinci vana, sızıntı suyunu devrettirmek için toplama kabına bağlanmıştır. Üçüncü vanaya gaz toplama balonları takılmıştır. Son vana ise sızıntı suyu toplama kabı ile reaktörler arasındaki hava basıncını ayarlamak için bağlantı vanası olarak tasarlanmış ve kullanılmıştır.

Sızıntı sularını geri devrettirmek için sızıntı suyu toplama kabı ile kompost reaktörü arasına birer adet su pompası yerleştirilmiştir. Kapların altına ve üstüne (kabın iç tarafında) sıvı seviyesi tespit elektrotları konmuştur. Pompaların çalışma zamanları bu elektrotlar yardımıyla kontrol edilmiştir. Su miktarı belirli bir seviyeye geldiğinde pompalar çalışmakta, düştüğünde ise pompalar durmaktadır.

Üretilen gazın toplanması için reaktörlerin üst kısmında, 15 cm'lik bir boşluk bırakılmıştır. Reaktörlerin tabanına 10 mm gözenek çaplı delikli levha yerleştirilmiş ve atıklar bu levhanın üzerine konmuştur. Levhanın üst tarafına pompaların tıkanmasını önlemek için 3 cm kalınlığında orta ölçekli çakıl bırakılmıştır.

Anaerobik kompost reaktörlerin Fotoğrafi 3.1.2'de, kesitleri Şekil 3.1.3'de akım şeması ise Şekil 3.1.4'de verilmiştir.



Şekil 3.1.4. Anaerobik Reaktörlerde Sistem Akım Şeması.

3.2. Metot

3.1. Aerobik Kompost Reaktörlerinde İzlenen Parametreler ve Analiz Yöntemleri

Aerobik reaktörlere konulan atıkların karışım oranları Tablo 3.1.1’de verilmiştir. Reaktörlere verilen hava miktarlarını ayarlamak için zaman zaman reaktörlerin üst kısmında Madur (GA-21) marka baca gazı analiz cihazı ile O₂ ve CO₂ konsantrasyonları ölçülmüştür. Reaktörlere yerleştirilen atıkların homojenliğini sağlamak ve numune almak için atıklar haftalık peryotlarla reaktör dışına alınarak karıştırılmış ve tekrar reaktörlere yerleştirilmiştir. Buradan bir miktar numune alınarak nem tayini yapılmıştır. Kompostlanan materyallerin nem oranının istenen düzeyde olmadığı durumlarda, reaktörlere kuyu suyu ilave edilerek nem oranları ayarlanmıştır. Başlangıçta ve kompostlama esnasında reaktörlerden haftada bir kompozit olarak alınan numuneler 105 °C’de 24 saat kurutulmuştur. Kurutulan numuneler önce bir rondo yardımıyla belirli bir boyuta kadar parçalanmış daha sonra kahve değirmeninden geçirilerek öğütülmüştür. Öğütülen katı atıklar elenerek C, N, S, H, selüloz, radyoaktivite, ağır metal ve iz element analizleri 0.2 mm’den küçük malzemeler kullanılarak yapılmıştır. pH ve iletkenlik analizleri ise 2 mm’den küçük katı numuneler 1/10 oranında sulandırılmış ve 30 dakika karıştırıldıktan sonra gerçekleştirilmiştir.

Atıklarda ve elde edilen kompostlardaki C, N, S içerikleri Leco CHNS marka elementel analiz cihazıyla, ağır metaller ise ATI UNICAM (Model 929) marka Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi ile tayin edilmiştir. Ağır metaller tayin edilirken numuneler 105 °C’de kurutulmuş ve 0.5 g alınarak üzerine 1 ml nitrik asit-hidrojen peroksit (2+1, v/v) ilave edilmiştir. Daha sonra kalıntılara 2 ml 1.5 M nitrik asit ilave edilerek numuneler santrifüjlenmiş ve analizlenmiştir. Na ve K tayininde aynı numuneler seyreltilmiş ve Jenway (PFP 7) marka Alev Spektrofotometresi kullanılmıştır. Radyoaktivite sayımı yapılacak numuneler, çeşitli temizlik işlemlerinden geçirilmiş ve daraları alınmış yüzey alanı 11,34 cm², derinliği yaklaşık 4-5 mm olan alüminyum planşetlere aktarıldıktan sonra bir miktar saf su ilave edildikten sonra ultraviyole ışınlarıyla pozlanarak sayıma hazır hale getirilmiştir. Her bir örnekten üç ayrı planşet hazırlanmış ve bu örnekler artalan ve numune sayımları peş peşe olacak şekilde 3000s zamanla sayılmıştır. Hazırlanan örneklerin beta radyoaktivitesinin

belirlenmesi işleminde, 2059 plastik parıldayıcı ve sayıcısı SR-8 olan, beta sayım sistemi kullanılmıştır. Katı numunelerin toplam beta radyoaktivite seviyeleri literatürdeki bağıntılar kullanarak hesaplanmıştır [Alkan, 1989].

Numunelerin beta aktiviteleri denklem (1) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$A_{\beta} = (0,391 \times R \times N_m) / N_0 \quad (1)$$

Burada, A_{β} ; pCi cinsinden beta aktivitesi, N ; örneğin dakikadaki net sayım sayısı, VDF; verim düzeltme faktörü, R ; bir dakikadaki net beta sayımı, N_m ; mg/cm^2 cinsinden örneğin özel kütlesi, N_0 ise, ilgili uyarılama (kalibrasyon) eğrisinden bulunan ve örneğin özel (spesifik) kütlesine karşı gelen sayım sayısıdır [Alkan, 1989; Karahan, 1997; Canbazoglu, 1998].

Mikrobiyolojik analizler (hijyenik kalite) ise Standart Metotlara göre yapılmıştır (AWWA, 1989). Ölçülen parametrelerin ölçme sıklıkları ve ölçme yöntemleri/aletleri Tablo 3.2.1’de verilmiştir.

Tablo 3.2.1. Aerobik Kompostlamada Deneysel Çalışma/İzleme Programı.

Parametre	Ölçme Sıklığı	Ölçme Yöntemi/Aleti
pH	Haftada Bir	WTW pH 330 pH Meter
İletkenlik	Haftada Bir	WTW LF 330 Conductivite Meter
C	Haftada Bir	Leco CHNS Analyser
N	Haftada Bir	Leco CHNS Analyser
S	Haftada Bir	Leco CHNS Analyser
H	Haftada Bir	Leco CHNS Analyser
$\text{NO}_2^- \text{N}$	Haftada Bir	Kolorimetrik (Kacar, 1998)
Selüloz	Haftada Bir	A. O. A. C. (1990)
Mikrobiyoloji (hijyenik kalite)	Haftada Bir	AWWA Standart Methods (1989)

3.2. Anaerobik Kompost Reaktörlerinde İzlenen Parametreler ve Analiz Yöntemleri

Anaerobik reaktörlere organik katı atıklar yerleştirildikten sonra reaktörlerin kapakları kapatılmış ve hava girişi engellenmiştir. Ayrıca kompostlama periyodunun başlangıcında ve sonunda reaktörlerdeki bileşimin pH, iletkenlik, C, N, S, H, selüloz, TKN, NH_4^+ , UKM ve mikrobiyolojik yönünden içeriklerine bakılmıştır. Sızıntı suları numunelerinde KOİ, Kjeldahl azotu, alkalinite titrimetrik yöntemle, toplam fosfor persülfat parçalaması yöntemi ile, TKM ve UKM gravimetrik yöntem ile tayin edilmiştir (AWWA, 1989). Katı madde tayinlerinde 0-250 °C'de çalışan etüv (Stauart Scientific, Oven 251), 0-1600 °C'de çalışan yakma fırını (Lenton Furnaces) kullanılmıştır. Kjeldahl azotu tayini, 6 balonlu kjeldahl cihazı (Şimşek Labortenik) ile yapılmıştır. Toplam fosfor tayininde, spektrofotometre (Spectronic-20 D) kullanılmıştır. Mikrobiyolojik analizler (hijyenik kalite) ise Standart Metotlara göre yapılmıştır (AWWA, 1989). Anaerobik reaktörlerde toplanan gaz, ilk olarak bir enjektöre alınarak gaz kromatografisine (SRI 8610 model) enjekte edilmiştir. Toplam gaz içerisindeki gaz karışım yüzdeleri Integratör (ATI Unicam 4815 model) ile hesaplanmıştır. Gaz analizlerinde taşıyıcı olarak helyum gazı ve silika jel dolgulu kolon kullanılmıştır. Kolon 100 °C ve dedektör 110 °C sıcaklıkta tutulmuştur. Deneysel çalışma periyodu boyunca sızıntı suyu ile katılarda incelenen parametreler ve analiz yöntemleri Tablo 3.2.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2.2. Anaerobik Kompostlamada Deneysel Çalışma/İzleme Programı.

Parametre	Ölçme Sıklığı	Ölçme Yöntemi/Aleti
pH	Haftada Bir	WTW pH 330 pH Meter
İletkenlik	Haftada Bir	WTW LF 330 Conductivite Meter
KOİ	Haftada Bir	AWWA Standart Methods (1989)
UKM	Haftada Bir	AWWA Standart Methods (1989)
TKM	Haftada Bir	AWWA Standart Methods (1989)
TKN	Haftada Bir	AWWA Standart Methods (1989)
NH_4^+	Haftada Bir	AWWA Standart Methods (1989)
TP	Haftada Bir	AWWA Standart Methods (1989)
Mikrobiyolojik	Haftada Bir	AWWA Standart Methods (1989)
C	Haftada Bir	Leco CHNS Analyser
N	Haftada Bir	Leco CHNS Analyser
S	Haftada Bir	Leco CHNS Analyser
H	Haftada Bir	Leco CHNS Analyser
Selüloz	Haftada Bir	A. O. A. C. (1990)

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Aerobik Kompostlama

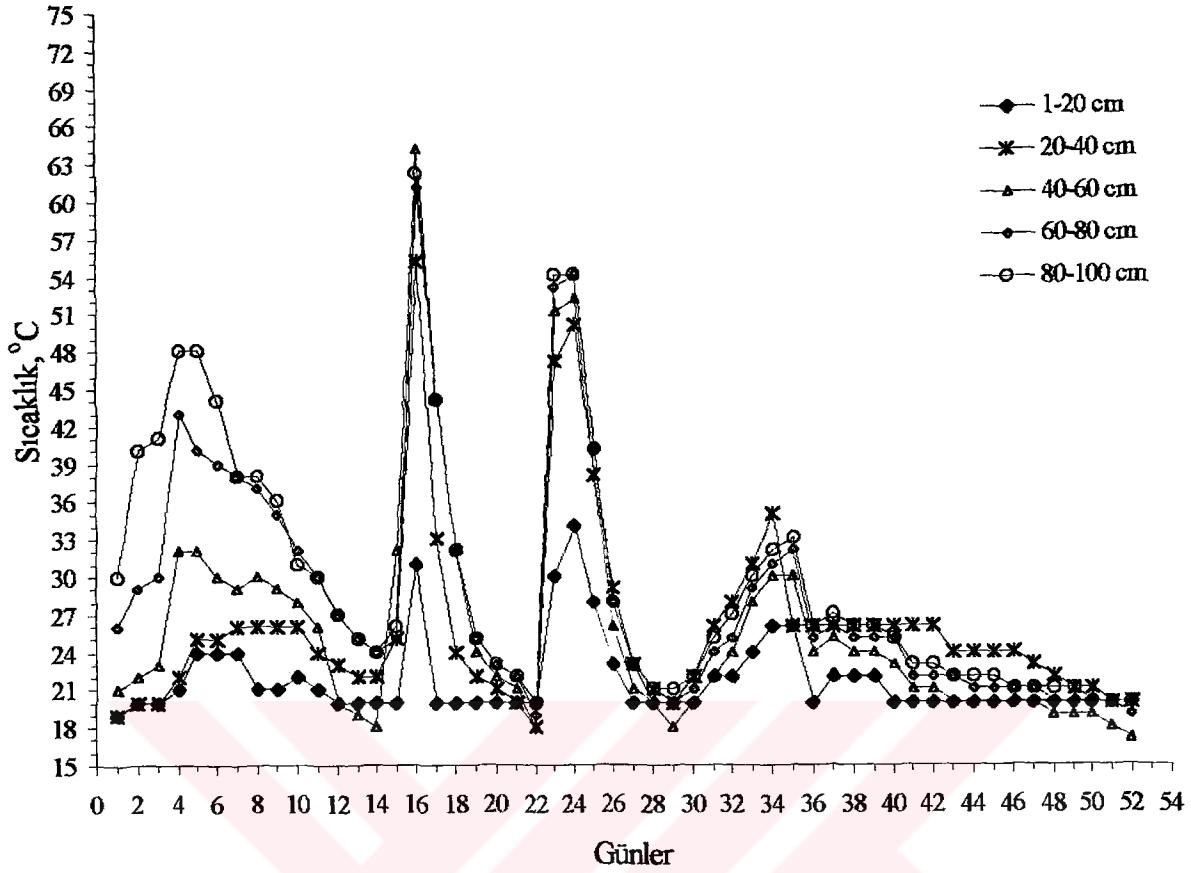
4.1.1. Sıcaklık ve Havalandırma

Deneysel çalışma süresince şeker pancarı yaprağı-buğday sap atıkları-arıtma çamuru karışımının kompostlaştırıldığı reaktörde ölçülen sıcaklık değerleri Tablo 4.1.1 ve Şekil 4.1.1’de verilmiştir. Şeker pancarı yaprağı-sap atıkları-arıtma çamurunun kompostlaştırıldığı reaktörde sıcaklık 4. günde 60-80 cm arasındaki kompost yığımında 48 °C’ye çıkmış tekrar bir düşüş göstermiştir. İlk birkaç günde sıcaklığın termofilik düzeye ulaşmamasının nedeninin verilen hava miktarının fazlalığından kaynaklandığı sanılmaktadır. 90 litre/dakika’lık hava debisi (8 dakikada 1,5 dakika) bir hafta sonra 55 litre/dakikaya indirilmiştir. Materyaller reaktöre konulduktan 20 saat sonra reaktörün üst kısmında ölçülen O₂ ve CO₂ oranları %18 ve %1-2 olmuştur. Bir hafta sonra % O₂ 19.71-19.80, % CO₂ 0.86-0.94 arasında olmuştur. Reaktördeki oksijen konsantrasyonlarının yüksek olması ve sıcaklığın yükselmemesi nedeniyle hava miktarı 35 litre/dakikaya indirilmiştir. Bu hava debisinde oksijen %18.43-18.73, karbondioksit %1.59-1.89 olarak ölçülmüştür. 16. günde termofilik faza ulaşılmış reaktörün 40-60 cm’lik kısmında sıcaklık 64 °C’ye çıkmıştır. Bu esnada oksijen ve karbondioksit konsantrasyonu sırasıyla %14,11-14.36, %4.95-5.14, CO konsantrasyonu 29-31 ppm olmuştur. Belirli periyotlarda sıcaklıkların düşüp yükselmesinin nedeni reaktördeki malzemelerin boşaltılıp karıştırılması ile ilgilidir. Kompostlanan materyaller karıştırılıp reaktörlere konulduktan sonra sıcaklıkların yükseldiği gözlenmiştir. Bu reaktörde termofilik faz 24 gün sonra tamamlanmış ve mezofilik faza geçilmiştir. Kompostlama ise 49 gün sonra tamamlanmıştır.

Şeker pancarı yaprağı-şarap fabrikası atıkları-arıtma çamuru karışımının kompostlaştırıldığı reaktörde ölçülen sıcaklık değerleri Tablo 4.1.2 ve Şekil 4.1.2’de gösterilmiştir.

Tablo 4.1.1. Şeker Pancarı Yaprağı-Sap Atıkları-Arıtma Çamuru Karışımının Kompostlaştırıldığı Reaktörlerde Sıcaklığın Zamanla Değişimi.

Gün	Sıcaklık(°C)				
	1-20 cm	20-40 cm	40-60 cm	60-80 cm	80-100 cm
1	19	19	21	26	30
2	20	20	22	29	40
3	20	20	23	30	41
4	21	22	32	43	48
5	24	25	32	40	48
6	24	25	30	39	44
7	24	26	29	38	38
8	21	26	30	37	38
9	21	26	29	35	36
10	22	26	28	32	31
11	21	24	26	30	30
12	20	23	20	27	27
13	20	22	19	25	25
14	20	22	18	24	24
15	20	25	32	25	26
16	31	55	64	61	62
17	20	33	44	44	44
18	20	24	32	32	32
19	20	22	24	25	25
20	20	21	22	23	23
21	20	20	21	22	22
22	20	18	18	19	20
23	30	47	51	53	54
24	34	50	52	54	54
25	28	38	38	40	40
26	23	29	26	28	28
27	20	23	21	23	23
28	20	21	20	20	21
29	20	20	18	20	21
30	20	22	20	21	22
31	22	26	22	24	25
32	22	28	24	25	27
33	24	31	28	29	30
34	26	35	30	31	32
35	26	26	30	32	33
36	20	26	24	25	26
37	22	26	25	26	27
38	22	26	24	25	26
39	22	26	24	25	26
40	20	26	23	25	25
41	20	26	21	22	23
42	20	26	21	22	23
43	20	24	20	22	22
44	20	24	20	21	22
45	20	24	20	21	22
46	20	24	20	21	21
47	20	23	20	21	21
48	20	22	19	20	21
49	20	21	19	20	21
50	20	21	19	20	20
51	20	20	18	20	20
52	20	20	17	19	20

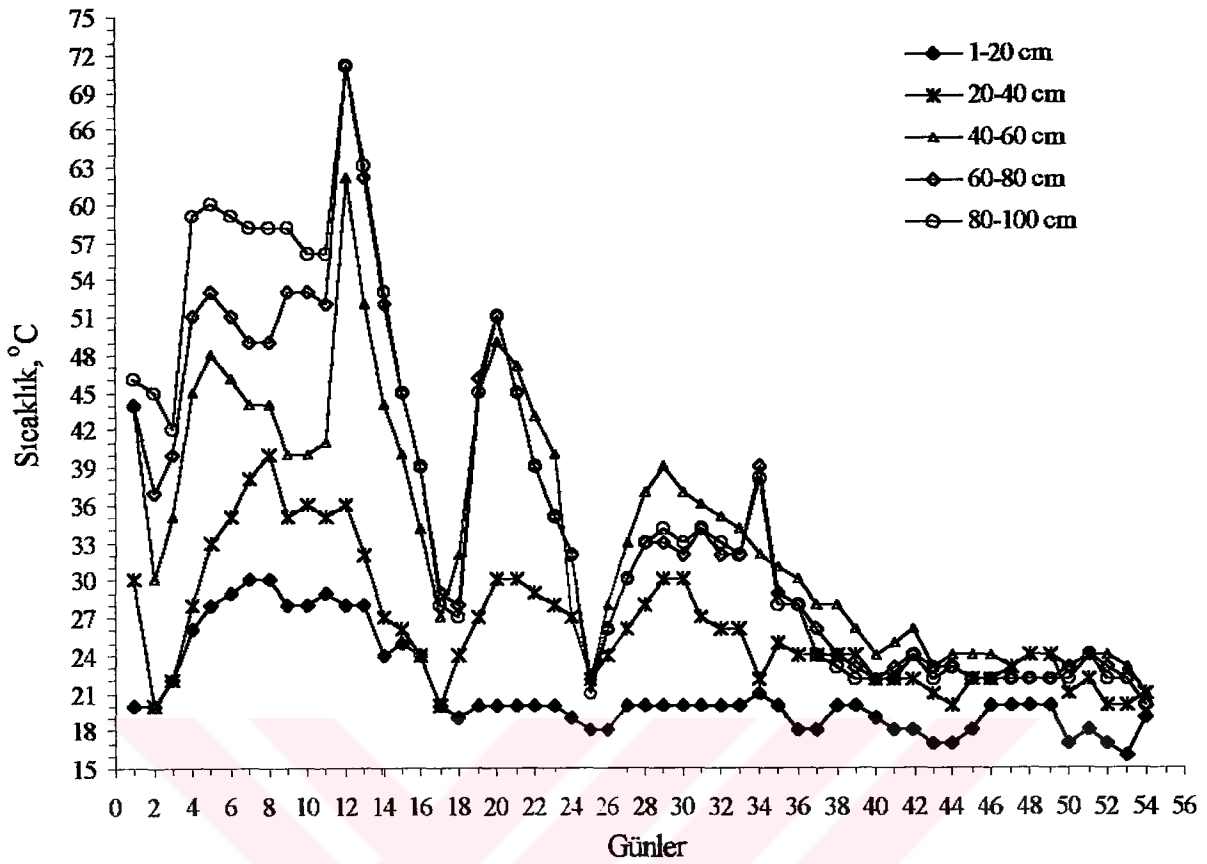


Şekil 4.1.1. Şeker Pancarı Yaprığı-Sap Atıkları - Arıtma Çamuru Karışımının Bulunduğu Aerobik Reaktörde Sıcaklık Değişimleri.

Tablo 4.1.2 ve Şekil 4.1.2’de görüldüğü gibi bu atıkların kompostlaştırıldığı reaktörde termofilik faza 90 litre/dakika’lık hava debisiyle 4.gün ulaşılmıştır. 4.günde oksijen ve karbondioksit konsantrasyonları sırasıyla % 15 ve % 4 civarında ölçülmüştür. Sıcaklık 5.gün 80-100 cm’de 60 °C’ye yükselmiş ve bu günden sonra küçük düşüşler meydana geldiği gözlenmiştir. Çalışma başlangıcından bir hafta sonra reaktöre verilen hava miktarı kısılmış ve 55 litre/dakikaya daha sonra 40 litre/dakika’ya indirilmiştir. O₂ ve CO₂ % 17.46-17.50, % 2.59-2.60-2.61 olmuştur.12. günde sıcaklık 71 °C’ye çıkmıştır. 13. günde % O₂ ; 16.30-16.39, % CO₂; 3.43-3.49 ölçülmüştür. Şeker pancarı yaprağı-şarap fabrikası atıkları -arıtma çamuru karışımının kompostlaştırıldığı reaktörde termofilik faz 21.gün sona ermiş ve mezofilik faza geçilmiştir. Bu reaktörde kompostlama 49 gün sonra bitmiştir.

Tablo 4.1.2. Şeker Pancarı Yaprağı-Şarap Fabrikası Atıkları-Aritma Çamuru Karışımının Aerobik Reaktörde Sıcaklık Değişimleri.

Gün	Sıcaklık (°C)				
	1-20 cm	20-40 cm	40-60 cm	60-80 cm	80-100 cm
1	20	30	44	44	46
2	20	20	30	37	45
3	22	22	35	40	42
4	26	28	45	51	59
5	28	33	48	53	60
6	29	35	46	51	59
7	30	38	44	49	58
8	30	40	44	49	58
9	28	35	40	53	58
10	28	36	40	53	56
11	29	35	41	52	56
12	28	36	62	71	71
13	28	32	52	62	63
14	24	27	44	52	53
15	25	26	40	45	45
16	24	24	34	39	39
17	20	20	27	29	28
18	19	24	32	28	27
19	20	27	45	46	45
20	20	30	49	51	51
21	20	30	47	45	45
22	20	29	43	39	39
23	20	28	40	35	35
24	19	27	27	32	32
25	18	22	22	22	21
26	18	24	28	26	26
27	20	26	33	30	30
28	20	28	37	33	33
29	20	30	39	33	34
30	20	30	37	32	33
31	20	27	36	34	34
32	20	26	35	32	33
33	20	26	34	32	32
34	21	22	32	39	38
35	20	25	31	29	28
36	18	24	30	28	28
37	18	24	28	26	24
38	20	24	28	24	23
39	20	24	26	23	22
40	19	22	24	22	22
41	18	22	25	23	22
42	18	22	26	24	24
43	17	21	23	23	22
44	17	20	24	23	23
45	18	22	24	22	22
46	20	22	24	22	22
47	20	23	23	22	22
48	20	24	24	22	22
49	20	24	24	22	22
50	17	21	23	23	22
51	18	22	24	24	24
52	17	20	24	23	22
53	16	20	23	22	22
54	19	21	21	20	20



Şekil 4.1.2. Şeker Pancarı Yaprığı-Şarap Fabrikası Atıkları-Arıtma Çamuru Karışımının Bulunduğu Aerobik Reaktörde Sıcaklık Değişimleri.

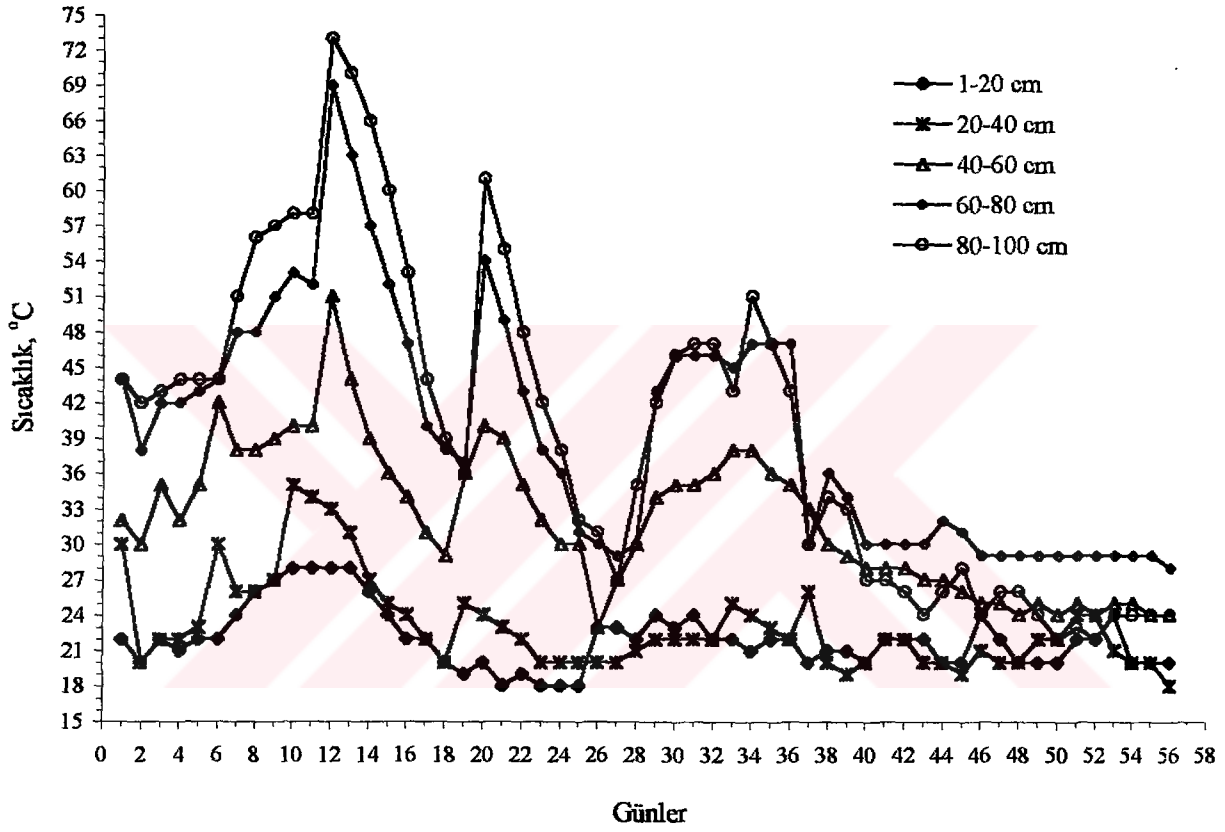
Şarap fabrikası atıkları, arıtma çamuru karışımının kompostlaştırıldığı reaktörde termofilik faza 7.günde ulaşılmış mezofilik faza 37.gün ulaşılmıştır. 12.günde sıcaklık 73°C'ye çıkmıştır. 20 saat sonra reaktördeki 90 litre/dakika'lık hava konsantrasyonunda oksijen ve karbondioksit konsantrasyonu % 18 ve % 1, 8. günde 55 litre/dakika'lık hava debisinde 18.00-18.10, % 2.10-2.22, 40 litre/dakika'lık hava debisinde 13.gün % 14.31-15.08, % 4.41-4.91 olarak analizlenmiştir. Şarap fabrikası atıkları - arıtma çamuru karışımının kompostlaştırıldığı reaktörde deneysel çalışma periyodu boyunca ölçülen sıcaklık değerleri Tablo 4.1.3 ve Şekil 4.1.3'de gösterilmiştir. Şekil 4.1.3'de görüldüğü gibi şarap fabrikasının atıklarının kompostlama süresi diğer atıkların bulunduğu reaktörlerden fazla olmuştur. Bunun nedeninin şarap fabrikası atıklarının kompostlanan diğer atıklara göre zor parçalanabilen atıklardan oluşmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Tablo 4.1.3. Aerobik Reaktörde Şarap Fabrikası Atıkları-Aritma Çamuru Karışımının Sıcaklık Değişimi.

Gün	Sıcaklık(°C)				
	1-20 cm	20-40 cm	40-60 cm	60-80 cm	80-100 cm
1	22	30	32	44	44
2	20	20	30	38	42
3	22	22	35	42	43
4	21	22	32	42	44
5	22	23	35	43	44
6	22	30	42	44	44
7	24	26	38	48	51
8	26	26	38	48	56
9	27	27	39	51	57
10	28	35	40	53	58
11	28	34	40	52	58
12	28	33	51	69	73
13	28	31	44	63	70
14	26	27	39	57	66
15	24	25	36	52	60
16	22	24	34	47	53
17	22	22	31	40	44
18	20	20	29	38	39
19	19	25	36	37	36
20	20	24	40	54	61
21	18	23	39	49	55
22	19	22	35	43	48
23	18	20	32	38	42
24	18	20	30	36	38
25	18	20	30	31	32
26	23	20	23	30	31
27	23	20	27	29	27
28	22	21	30	30	35
29	24	22	34	43	42
30	23	22	35	46	46
31	24	22	35	46	47
32	22	22	36	46	47
33	22	25	38	45	43
34	21	24	38	47	51
35	22	23	36	47	47
36	22	22	35	47	43
37	20	26	33	30	30
38	21	20	30	36	34
39	21	19	29	34	33
40	20	20	28	30	27
41	22	22	28	30	27
42	22	22	28	30	26
43	22	20	27	30	24
44	20	20	27	32	26
45	20	19	26	31	28
46	24	21	25	29	24
47	22	20	25	29	26
48	20	20	24	29	26
49	20	22	25	29	24

Tablo 4.1.3'ün Devamı.

Gün	Sıcaklık(°C)				
	1-20 cm	20-40 cm	40-60 cm	60-80 cm	80-100 cm
50	20	22	24	29	22
51	22	24	25	29	23
52	22	24	24	29	22
53	24	21	25	29	24
54	20	20	25	29	24
55	20	20	24	29	24
56	20	18	24	28	24



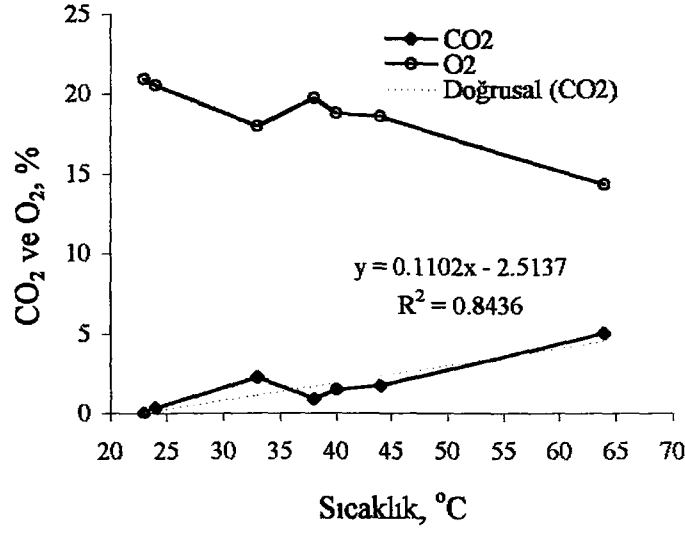
Şekil 4.1.3. Aerobik Reaktörde Şarap Fabrikası Atıkları –Arıtma Çamuru Karışımının Sıcaklık Değişimleri.

Ayrışma ürünü olarak sıcaklığın ve CO_2 'in ölçümü mikroorganizmaların gelişmelerini izlemeye ve bazı olayları yorumlamaya olanak sağlar (Erdin, 1978). Wiley ve Pierce (1955), evsel katı atıklar için maksimum CO_2 üretiminin 60-65 °C arasındaki sıcaklıklarda meydana geldiğini belirtmiştir. Schultz (1961), evsel katı atıkların maksimum parçalanmasının 65-70 °C arasında gerçekleştiğini bildirmiştir. Schultz (1960) ve Regan (1970), maksimum oksijen alım hızlarının 45-60 °C arasında meydana geldiğini

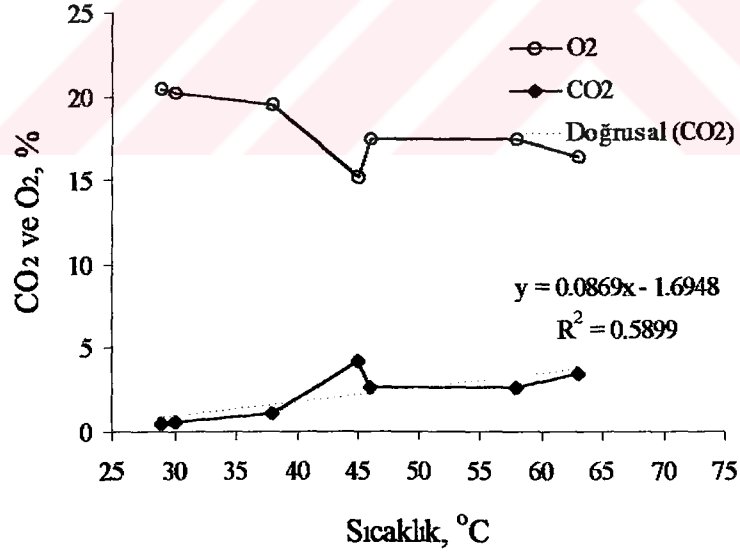
saptamışlardır. Kompostlaştırmada bir gösterge olan oksijen ve karbondioksitin sıcaklığa göre reaktörlerde aldığı değerler Tablo 4.1.4’de, bunların değişimi ise Şekil 4.1.5, Şekil 4.1.6 ve Şekil 4.1.7 verilmiştir. Tablo 4.1.4’den ve Şekil 4.1.5, Şekil. 4.1.6 ve Şekil 4.1.7’de görüldüğü gibi tüm reaktörlerde maksimum CO₂ üretimi ve oksijen tüketim hızı maksimum sıcaklıklarda meydana gelmiştir. Sıcaklık gelişmesi ile CO₂ oluşması arasında bir ilişki olduğu Şekil 4.1.5, Şekil. 4.1.6 ve Şekil 4.1.7’nin karşılaştırılmasında açıkça görülmektedir. Bu ilişki ikili regrasyon analizi ile araştırılmış Şekil 4.1.4 ile Şekil 4.1.6’da korelasyon katsayıları yüksek iken Şekil 4.1.5’de düşük olduğu görülmüştür. Bu sonuç, korelasyon katsayılarının şarap fabrikası atıkları-arıtma çamuru ve şarap fabrikası atıkları-şeker pancarı yaprağı-arıtma çamuru karışımlarında yüksek olması bu maddeler için CO₂ – sıcaklık ilişkisinin iyi olduğunu kanıtlamaktadır. Erdin(1978), küçük korelasyon katsayısının elde edilmesinin nedenini organik madde miktarının, özellikle kolay ayrışabilir kısmının az olmasından kaynaklandığını belirtmektedir.

Tablo 4.1.4. Reaktörlerde Sıcaklığa Göre Oksijen ve Karbondioksit Miktarları.

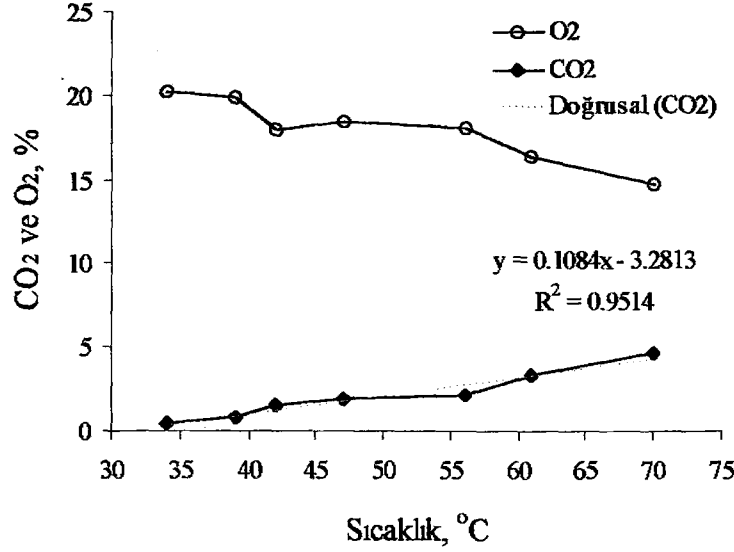
	Sıcaklık, °C	CO ₂ , %	O ₂ , %
Şeker pancarı yaprağı - Sap artıkları – arıtma çamuru	40	1,50	18,76
	38	0,90	19,75
	44	1,74	18,58
	64	5,01	14,29
	23	0	20,95
	24	0,32	20,54
	33	2,24	17,96
Şeker pancarı yaprağı - Şarap fabrikası atıkları – arıtma çamuru	45	15,20	4,23
	58	17,48	2,60
	63	16,35	3,46
	29	20,38	0,43
	46	17,47	2,62
	30	20,22	0,56
	38	19,48	1,10
Şarap fabrikası atıkları- arıtma çamuru	42	18,00	1,51
	56	18,07	2,16
	70	14,77	4,65
	39	19,85	0,83
	61	16,40	3,31
	47	18,44	1,88
	34	20,26	0,53



Şekil 4.1.4. Aerobik Reaktörde Şeker Pancarı Yaprığı-Buğday Sap Atıkları-Arıtma Çamurunun Oksijen ve Karbondioksitin Sıcaklığa Göre Değişimi.



Şekil 4.1.5. Aerobik Reaktörde Şeker Pancarı Yaprığı-Şarap Fabrikası Atıkları-Arıtma Çamurunun Oksijen ve Karbondioksitin Sıcaklığa Göre Değişimi.



Şekil 4.1.6. Aerobik Reaktörde Şarap Fabrikası Atıkları-Arıtma Çamurunun Oksijen ve Karbondioksitin Sıcaklığa Göre Değişimi.

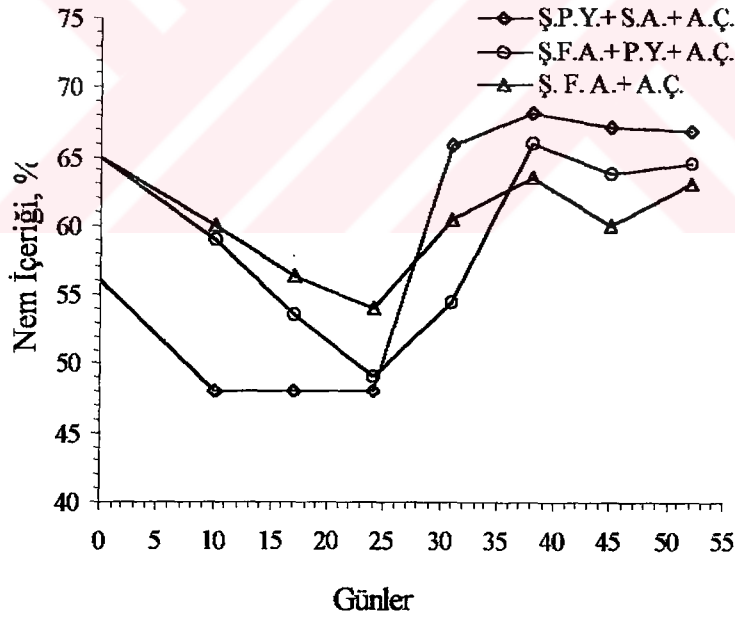
4.1.2. Su Muhtevası

Reaktörlere konulan materyallerin başlangıçta nem oranları tayin edilmiştir. Şeker pancarı yaprağının % 80, buğday sapının % 6.2, şarap fabrikası atıklarının % 52, arıtma çamurunun % 92'lik su muhtevalarına sahip olduğu görülmüştür. Daha önceki çalışmalarda tespit edilen optimum nem oranlarını elde etmek için karışımlara kuyu suyu ilave edilmiştir. Şeker pancarı yaprağı-sap atıkları-arıtma çamuru karışımının başlangıç nem oranı % 56, şarap fabrikası atıkları-şeker pancarı yaprağı-arıtma çamuru ile şarap fabrikası atıkları-arıtma çamurunun % 65'dir. Şeker pancar yaprağı-sap atıkları-arıtma çamurunun su muhtevası 10. gün sonunda, diğer reaktörlerde ise 3. haftanın sonunda % 50'nin altına düştüğü görülmüştür. Şeker pancarı yaprağı-sap atıkları-arıtma çamuru karışımına 7.2 l su ilavesi yapılarak nem oranını arttırmak istenilmesine rağmen bir hafta sonraki ölçümlerde nem oranının yükselmediği görülmüştür. 24.gün bütün reaktörlere yeniden su ilave edilmiş ve nem oranları istenen düzeye getirilmiştir. Şarap fabrikası atıkları-arıtma çamuru karışımı ve şarap fabrikası atıkları-şeker pancarı yaprağı-arıtma çamurunun bulunduğu reaktörlere 20'şer l ve şeker pancarı yaprağı-buğday sap atıkları-arıtma çamurunun bulunduğu reaktöre ise 8 l su eklenmiştir. Baştürk (1976), su muhtevası ortamın ısınmasıyla buharlaştığını, zamanla azaldığını ve teorik olarak ta ne kadar fazla ısı

üretirirse o kadar fazla su kaybının olacağını belirtmektedir. Deneysel çalışmamız süresince reaktörlerde ölçülen nem muhtevaları Tablo 4.1.5 ve Şekil 4.1.7’de verilmiştir.

Tablo 4.1.5. Kompostlanan Materyallerin Nem İçeriklerinin Zamanla Değişimi.

Gün	Nem(%)					
	Şeker Atıkları-Arıtma	Pancar Çamuru	Yap.-Sap	Şarap Fab. Atık -Şeker Pancarı Yap.-Arıt. Çam.	Şarap Fab. Çamuru	Atık-Arıtma
0		56		65		65
10		48		59		60
17		48		53.6		56.4
24		48		49		54
31		65.8		54.5		60.4
38		68.2		65.9		63.5
45		67.1		63.8		60
52		66.9		64.5		63



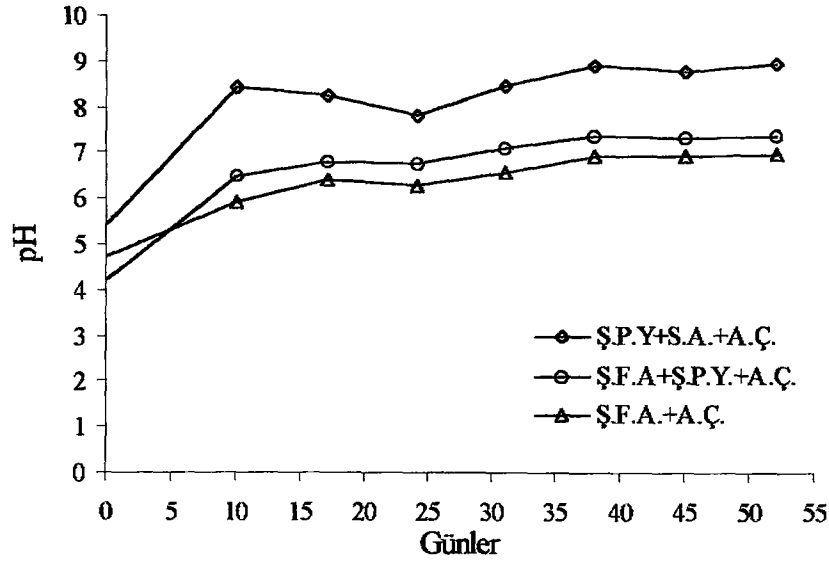
Şekil 4.1.7. Kompostlanan Materyallerin Nem İçeriklerinin Zamanla Değişimi.

4.1.3. pH

Kompostlaştırılan materyallerin deneysel çalışma süresince gözlenen pH değerleri Tablo 4.16'da Şekil 4.1.8'de verilmiştir. Materyallerin başlangıç pH değerleri asidik özellik taşımalarına rağmen kompostlaştırma sonunda oluşan kompost ürünlerinin ya nötr yada bazik özellik gösterdikleri belirlenmiştir. Şeker pancarı yaprağı-buğday sap atıkları-arıtma çamurunun pH'sı 5.44'den 52. günde 8.96'ya, şarap fabrikası atıkları-şeker pancarı yaprağı-arıtma çamurunun pH'sı 4.21'den 52. günün sonunda 7.33'e ve şarap fabrikası atıkları-arıtma çamurunun pH'sı ise 4.74'den 6.96'ya yükselmiştir. pH artışlarını Jimenez ve Garcia (1992), kolayca hidrolize olan polisakkaritlerin parçalanması nedeniyle prosesin başlangıcında üretilen organik asitlerin metabolik parçalanmasına, De Bertoldi ve diğ. (1982), prosesin termofilik aşamasında amonyağın açığa çıkmasına bağlamaktadır. Erdin (1978), organik maddece zengin olan fraksiyonlarda mikroorganizma çoğalmasının neden olduğu bir pH düşmesinin olacağını ve mikroorganizmaların ölümlerinden sonra tekrar yükseldiğini vurgulamaktadır.

Tablo 4.1.6. Atıkların pH değerleri.

Gün	pH		
	Ş. P. Y. - S.A. - A. Ç.	Ş. F. A. - Ş. P. Y.-A. Ç.	Ş. F. A.-A. Ç.
0	5.44	4.21	4.74
10	8.40	6.47	5.92
17	8.26	6.80	6.40
24	7.81	6.76	6.27
31	8.47	7.12	6.60
38	8.91	7.39	6.91
45	8.78	7.33	6.94
52	8.96	7.35	6.96



Şekil 4.1.8. Kompostlanan Materyallerde Zamanla pH Değişimleri.

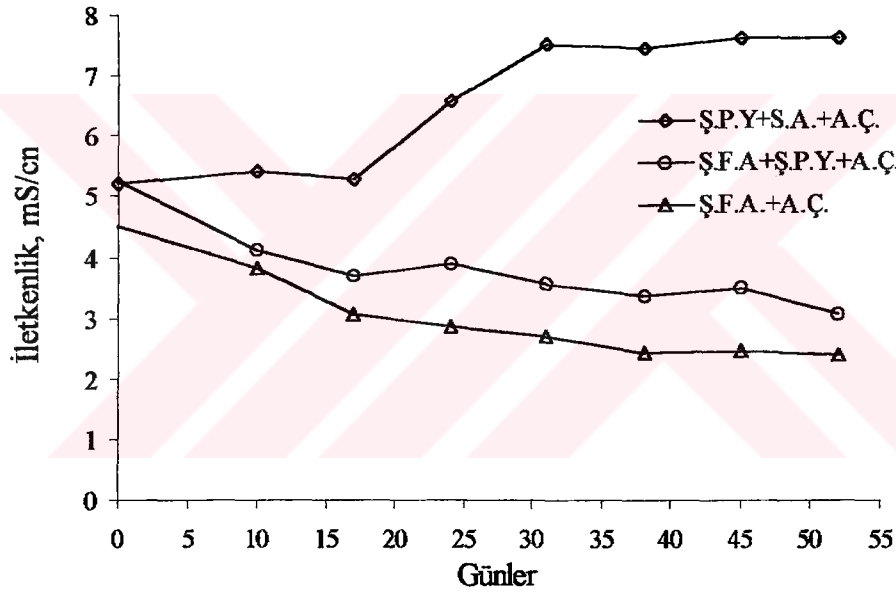
4.1.4. İletkenlik

Kompostlaştırılan atıkların çalışma süresince elde edilen iletkenlik değerleri Tablo 4.1.7 ve Şekil 4.1.9’da verilmiştir. Şeker pancarı yaprağı-buğday sap atıkları-arıtma çamurunun iletkenliği 5.20 mS/cm ’den 7.60 mS/cm’ye yükselirken, şarap fabrikası atıkları-şeker pancarı yaprağı-arıtma çamuru karışımında 5.24 mS/cm’den 3.07 mS/cm’ye, şarap fabrikası atıkları-arıtma çamurunun iletkenliği 4.52 mS/cm’den 2.40 mS/cm’ye düşmüştür. Sesay ve diğ.(1998), yaptıkları çalışmada iletkenlikte düşüş gözlemiştir.

Erdin (1978), iletkenlik değişimini tuzların çözünme hızlarına bağlamaktadır. Araştırmacı, kompostun tuzluluk düzeyinin topraklarda meydana getireceği etkiler nedeniyle oldukça önemli olduğunu ve çoraklaşmaya meyilli olan arid, semiarid ve subtropik iklim bölgelerimizin topraklarında kompost uygulaması yapılırken, özellikle kullanılacak materyalin tuz değerlerinin saptanması ve tuzlulaştırma olasılığının önceden hesaplanmasının mutlaka gerekli olduğunu belirtmektedir.

Tablo 4.1.7. Atıkların İletkenlik Değerleri.

Gün	İletkenlik (mS/cm)		
	Ş. P. Y. - S.A.- A. Ç.	Ş. F. A. - Ş. P. Y.-A. Ç.	Ş. F. A.-A. Ç.
0	5.20	5.24	4.52
10	5.41	4.10	3.83
17	5.27	3.67	3.07
24	6.56	3.87	2.87
31	7.50	3.56	2.68
38	7.45	3.34	2.43
45	7.61	3.48	2.46
52	7.60	3.07	2.40

**Şekil 4.1.9.** Kompostlanan Materyallerde Zamanla İletkenliğin Değişimi.

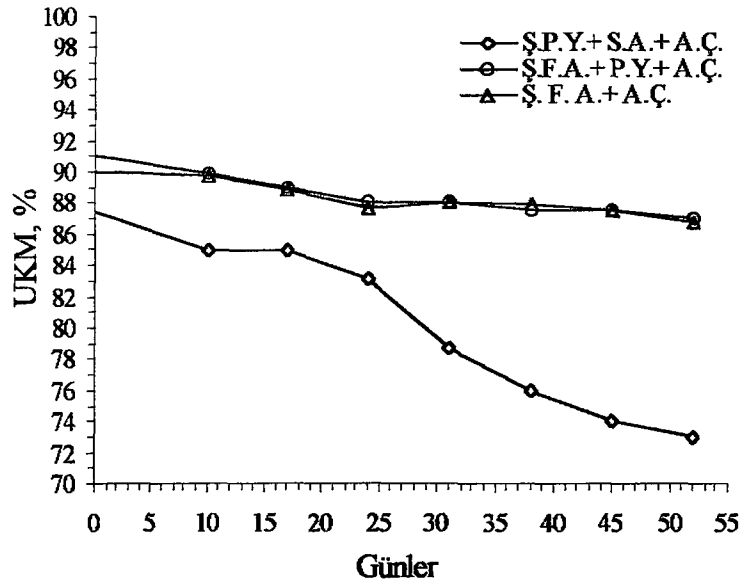
4.1.5. Uçucu Katı Madde

Deneysel çalışma süresi boyunca reaktörlerde tayin edilen uçucu katı madde muhtevaları Tablo 4.1.8 ve Şekil 4.1.10'da verilmiştir. Şeker pancarı yaprağı-sap atıkları-arıtma çamurunun kompostlaştırıldığı reaktörde uçucu katı madde miktarı % 87.4'den % 72'ye düştüğü tespit edilmiştir. Bu atıkların konulduğu reaktörde en fazla giderimin 24.-31. gün arasında olduğu Tablo 4.1.8 ve Şekil 4.1.10'da görülmektedir. Uçucu katı madde giderimi organik karbonun biyokimyasal olarak parçalanmasının sonucudur. Şarap

fabrikası atıkları-arıtma çamuru ile şeker pancarı yaprağı-şarap fabrikası atıkları-arıtma çamuru karışımlarının uçucu katı oranlarının sırasıyla % 90'dan % 86.7'ye ve % 91'den % 87'ye düştüğü tespit edilmiştir. Şeker pancarı yaprağı-sap atıkları-arıtma çamuru karışımında giderimin yüksek olmasının nedeni, bu reaktörde bulunan ve kolay parçalanabilme özelliğine sahip şeker pancarı yaprağının oran olarak fazla olmasından kaynaklandığı sanılmaktadır.

Tablo 4.1.8. Kompostlanan Materyallerin U KM İçeriklerinin Zamanla Değişimi.

Gün	Uçucu Katı Madde (%)		
	Ş. P. Y. - S.A. - A. Ç.	Ş. F. A. - Ş. P. Y.-A. Ç.	Ş. F. A.-A. Ç.
0	87.4	91	90
10	85	89.9	89.7
17	85	88.9	88.8
24	83.1	88.1	87.6
31	78.7	88.0	88
38	76	87.5	87.9
45	74	87.5	87.5
52	73	87	86.7



Şekil 4.1.10. Kompostlanan Materyallerin U KM İçeriklerinin Zamanla Değişimi.

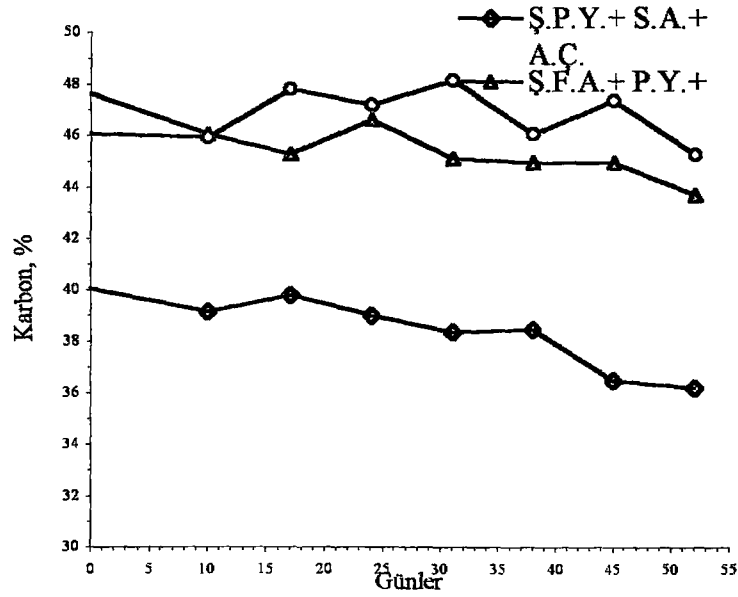
4.1.6. Toplam Karbon

Şeker pancarı yaprağı- buğday sap atıkları-arıtma çamurunun kompostlaştırıldığı reaktörde karbon miktarı % 40.05'den % 36.22'ye, şarap atıkları-arıtma çamurunun kompostlaştırıldığı reaktörde % 46.08'den % 45.30'a, şarap fabrikası atıkları-şeker pancarı yaprağı-arıtma çamurunun bulunduğu reaktörde ise % 47.65'den % 43.72'ye düşmüştür. Uçucu katı içeriklerine göre karbondaki giderimin az görünmesinin sebebi tayin edilen karbonun organik karbon olarak değil toplam karbon (organik+inorganik) olarak tayin edilmesinden kaynaklanmaktadır. Deneysel çalışma süresi boyunca reaktörlerde tayin edilen karbon miktarları muhtevaları Tablo 4.1.9 ve Şekil 4.1.11'de verilmiştir.

Sesay ve diğ.(1998), C'nun % 40.2'den % 27.2'ye, Cecchi ve diğ.(1990), C'nun % 30.8'den % 22.1'e düştüğünü gözlemişlerdir.

Tablo 4.1.9. Kompostlanan Materyallerin Karbon İçeriklerinin Zamanla Değişimi.

Gün	Karbon(%)		
	Ş. P. Y. - S.A. - A. Ç.	Ş. F. A. - Ş. P. Y.-A. Ç.	Ş. F. A.-A. Ç.
0	40.05	47.65	46.08
10	39.14	46.07	45.94
17	39.78	45.29	47.81
24	39.00	46.63	47.22
31	38.36	45.15	48.18
38	38.48	44.98	46.11
45	36.49	45.00	47.40
52	36.22	43.72	45.30



Şekil 4.1.11. Kompostlanan Materyallerin Karbon İçeriklerinin Zamanla Değişimi

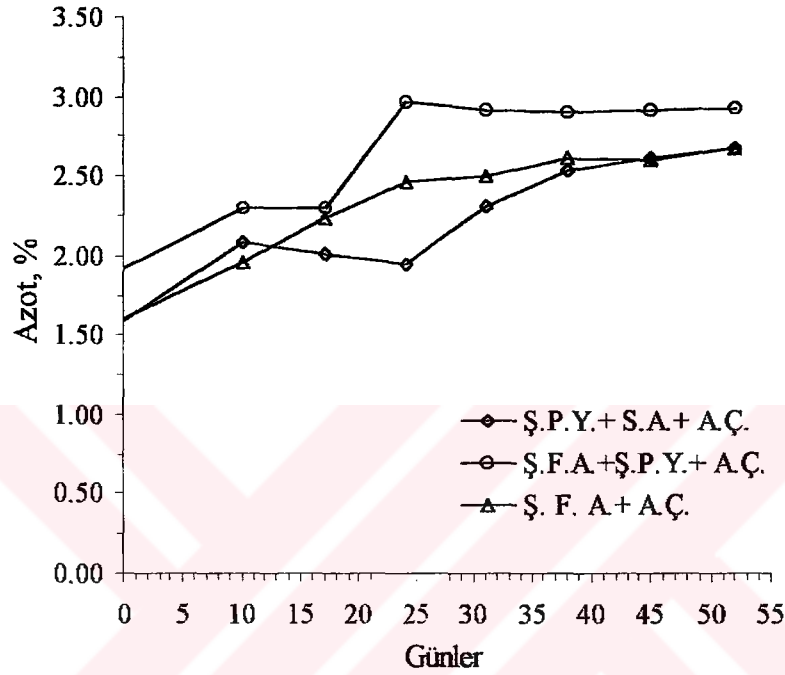
4.1.7. Toplam Azot

Deneysel çalışma süresi boyunca reaktörlerde tayin edilen azot miktarları Tablo 4.1.10 ve Şekil 4.1.12’de verilmiştir.

Tablo 4.1.10. Kompostlanan Materyallerin Azot İçeriklerinin Zamanla Değişimi.

Gün	Azot(%)		
	Ş. P. Y. - S.A.- A. Ç.	Ş. F. A. - Ş. P. Y.-A. Ç.	Ş. F. A.-A. Ç.
0	1.578	1.920	1.601
10	2.084	2.303	1.957
17	2.003	2.300	2.239
24	1.950	2.967	2.465
31	2.315	2.914	2.497
38	2.545	2.909	2.621
45	2.619	2.920	2.604
52	2.679	2.932	2.681

Şeker pancarı yaprağı- sap atıkları-arıtma çamurunun azot miktarı % 1.578'den % 2.679'a, şarap atıkları-arıtma çamurdaki azot miktarı % 1.601'den % 2.681'e ve şarap fabrikası atıkları-şeker pancarı yaprağı-arıtma çamurunda ise % 1.92'den % 2.932'ye yükseldiği belirlenmiştir. Altınbaş (2000), araştırmasında azot miktarlarındaki artışın kompost yığınının kütesindeki azalma ile ilgili olduğunu belirtmektedir.



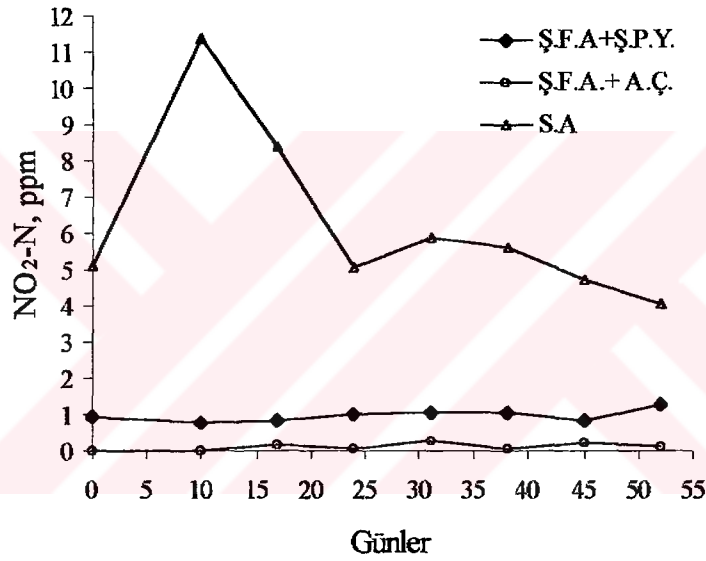
Şekil 4.1.12. Kompostlanan Materyallerin Azot İçeriklerinin Zamanla Değişimi.

4.1.8. Nitrit

DeneySEL çalışma süresince elde edilen nitrit miktarları Tablo 4.1.11 ve Şekil 4.1.13'de verilmiştir. Nitrit miktarları şarap atıkları-arıtma çamurunda 0.027 ppm'den 0.09 ppm'e, şarap fabrikası atıkları-şeker pancarı yaprağı-arıtma çamurunda 0.92 ppm'den 1.30 ppm'e yükselirken, şeker pancarı yaprağı- sap atıkları-arıtma çamurunda 5.10 ppm'den 4.05 ppm'e düştüğü belirlenmiştir. Finstein ve Miller(1985), kompost olgunluğunu NO_2^- ve NO_3^- radikallerinin önemli miktarlarda mevcudiyetinin kompostun olgunluğunun işareti olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmalarında NO_2^- 'i 86-113'üncü , NO_3^- 'i ise 96-123'üncü günler arasında tespit ettiklerini belirtmektedirler.

Tablo 4.1.11. Kompostlanan Materyallerin Nitrit İçeriklerinin Zamanla Değişimi.

Gün	NO ₂ ⁻ -N, ppm		
	Ş. P. Y. - S.A. - A. Ç.	Ş. F. A. - Ş. P. Y.-A. Ç.	Ş. F. A.-A. Ç.
0	5.10	0.92	0.027
10	11.39	0.76	0.027
17	8.40	0.84	0.165
24	5.05	0.99	0.029
31	5.89	1.07	0.30
38	5.63	1.07	0.029
45	4.75	0.84	0.23
52	4.05	1.30	0.09

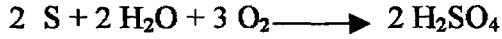
**Şekil 4.1.13.** Kompostlanan Materyallerde Nitrit Azotunun Zamanla Değişimi.

4.1.8. Kükürt

Deneysel çalışma süresi boyunca reaktörlerde tayin edilen kükürt miktarları Tablo 4.1.12 ve Şekil 4.1.14’de verilmiştir. Şeker pancarı yaprağı-sap atıkları-arıtma çamurunun kompostlaştırıldığı reaktörde kükürt % 0.873’den % 1.044’e artarken şarap fabrikası atıkları-şeker pancarı yaprağı-arıtma çamuru karışımında % 0.850’den % 0.788’e, şarap atıkları-arıtma çamurunda ise % 0.879’dan % 0.705’e düştüğü görülmüştür. Elde edilen kompostun kükürt içeriklerinin başlangıca göre zamanla fazla bir değişiklik göstermediği belirlenmiştir.

Kacar (1984), kükürdün bitkiler için büyük önem taşıdığını ve eksikliğinin ise azot noksanlığında görülen belirtilere benzediğini belirtmektedir. Pirson (1955), kükürt noksanlığı görülen bitkilerde protein miktarı ile klorofil miktarlarının önemli ölçüde azaldığını ve sararmasının da bununla ilgili olduğunu belirtmektedir. Kompostlama çalışmamızda atıkların kükürt içeriğinin korunması, kompostun kükürt bakımından değerini arttırmaktadır. Kükürt oranı en fazla olan bitkilerden pamuk yaprak ve saplarında % 0.453, lahana, şalgam, marulda ise % 0.879 S bulunmaktadır. Çalışmamızda elde edilen kompostun kükürt oranları yukarıda belirtilen bitkilerin kükürt içerikleri ile paralellik göstermektedir.

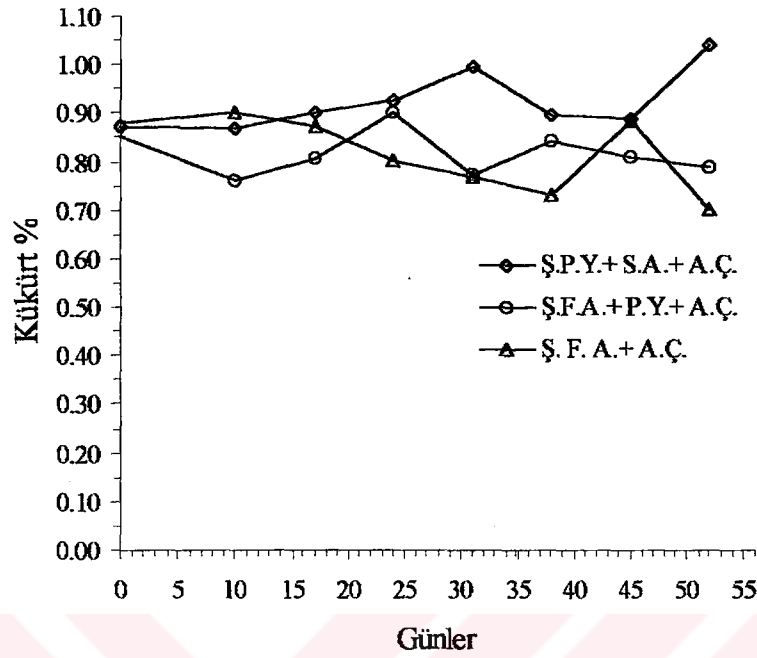
Kompostdaki S içeriğinin yüksek olması halinde;



reaksiyonu gereğince toprak pH'ı düşer ve toprak asidik hale gelir (Kacar, 1984).

Tablo 4.1.12. Kompostlanan Materyallerin Kükürt İçeriklerinin Zamanla Değişimi.

Gün	Kükürt(%)		
	Ş. P. Y. - S.A.- A. Ç.	Ş. F. A. - Ş. P. Y.-A. Ç.	Ş. F. A.-A. Ç.
0	0.873	0.850	0.879
10	0.867	0.762	0.900
17	0.903	0.807	0.872
24	0.926	0.903	0.803
31	0.996	0.775	0.768
38	0.896	0.842	0.731
45	0.888	0.811	0.884
52	1.044	0.788	0.705



Şekil 4.1.14. Kompostlanan Materyallerin Kükürt İçeriklerinin Zamanla Değişimi

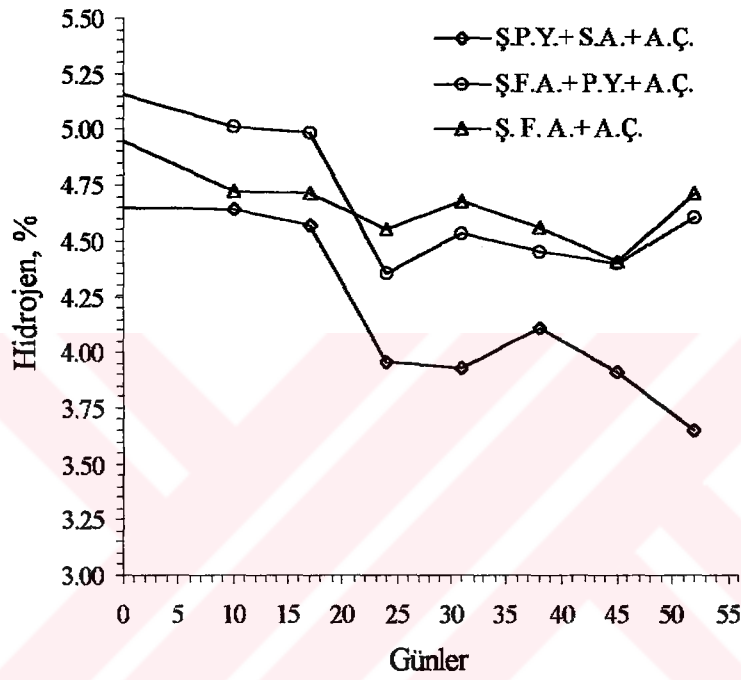
4.1.9. Hidrojen

Deneysel çalışma süresi boyunca reaktörlerde tayin edilen hidrojen miktarları muhtevaları Tablo 4.1.13. ve Şekil 4.1.15’de verilmiştir.

Tablo 4.1.13. Kompostlanan Materyallerin Hidrojen İçeriklerinin Zamanla Değişimi.

Gün	Hidrojen(%)		
	Ş. P. Y. - S.A. - A. Ç.	Ş. F. A. - Ş. P. Y.-A. Ç.	Ş. F. A.-A. Ç.
0	4.653	5.154	4.949
10	4.647	5.010	4.727
17	4.567	4.987	4.717
24	3.960	4.355	4.553
31	3.932	4.533	4.677
38	4.111	4.454	4.565
45	3.916	4.401	4.407
52	3.651	4.603	4.711

Tüm atıkların hidrojen içeriğinin değişmesi hidrojenli organiklerin parçalanmasından kaynaklandığı söylenebilir. Şeker pancarı yaprağı-sap atıkları-arıtma çamurunun hidrojen içeriği % 4.653'den % 3.651'e, şarap fabrikası atıkları-şeker pancarı yaprağı-arıtma çamurunun % 5.154'den % 4.603'e şarap fabrikası atıkları-arıtma çamurunun ise % 4.949'dan % 4.711'e düşmüştür. En fazla düşüşün şeker pancarı yaprağı-sap atıkları-arıtma çamurunun kompostlaştırıldığı reaktörlerde olduğu görülmektedir.



Şekil 4.1.15. Kompostlanan Materyallerin Hidrojen İçeriklerinin Zamanla Değişimi

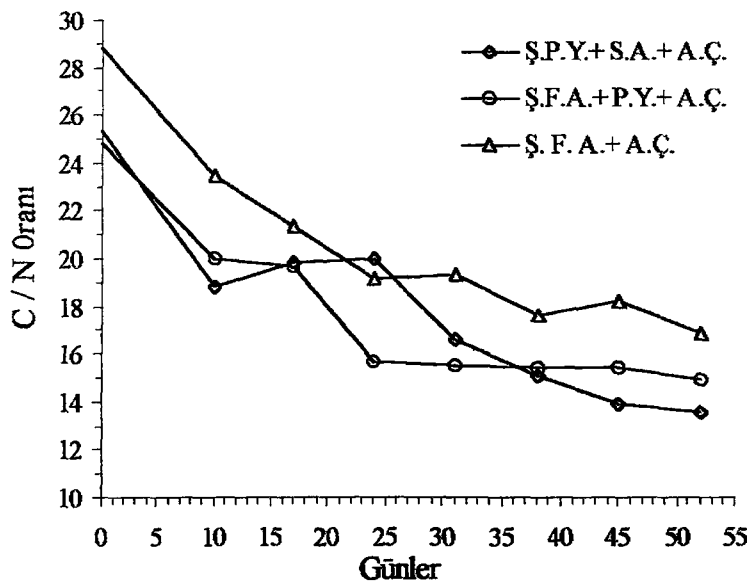
4.1.10. Karbon/Azot

Deneysel çalışma süresi boyunca reaktörlerde tayin edilen karbon/azot oranları Tablo 4.1.14 ve Şekil 4.1.16'da verilmiştir. Kompostlaştırılan şeker pancarı yaprağı-sap atıkları-arıtma çamuru karışımında C/N oranının 25.38'den 13.52'ye düştüğü görülmüştür. Tablo 4.14'ten de anlaşılacağı gibi ilk 10 gündeki azalmanın diğer zaman dilimlerindeki azalmadan daha fazla olduğu görülmüştür. Şarap fabrikası atıkları-şeker pancarı yaprağı-arıtma çamurunun C/N oranı 24.82'den 14.91'e, şarap fabrikası atıkları-arıtma çamurunun C/N oranı 28.78'den 16.90'a düştüğü tespit edilmiştir. Pancar yapraklarının sap atıkları-arıtma çamurunda C/N oranının yaklaşık % 47, diğer atıklarda ise bu oranın % 40 azaldığı görülmüştür. Karbon/azot oranı komposton stabilite durumunu görmek için yaygın şekilde

kullanılmaktadır. Epstein (1997), 20'nin altındaki C/N oranının, stabil kompostun göstergesi olarak kabul edileceğini belirtirken, Hiari ve diğ.(1983), C/N'nın 5-20 arasında değişen çeşitli atıkların mevcut olduğunu ve bu durumun da her zaman geçerli olmayacağını belirtmektedirler. Morel ve diğ. (1985), $C/N_{\text{final}} / C/N_{\text{başlangıç}}$ oranının olgunluk ve stabilitenin iyi bir göstergesi olduğunu ileri sürmüştür. Çalışmamızda hem elde edilen kompost ürünlerinin C/N oranlarının 20'nin altında olması ve hem de C/N_{final} 'nın $C/N_{\text{başlangıç}}$ 'na oranının yeteri kadar olması atıkların stabil hale geldiğinin göstergesidir.

Tablo 4.1.14. Kompostlanan Materyallerin Karbon/Azot İçeriklerinin Zamanla Değişimi.

Gün	Karbon/Azot		
	Ş. P. Y. - S.A. - A. Ç.	Ş. F. A. - Ş. P. Y.-A. Ç.	Ş. F. A.-A. Ç.
0	25.38	24.82	28.78
10	18.78	20.00	23.47
17	19.86	19.69	21.35
24	20.00	15.72	19.16
31	16.57	15.49	19.30
38	15.12	15.46	17.59
45	13.93	15.41	18.20
52	13.52	14.91	16.90



Şekil 4.1.16. Kompostlanan Materyallerin Karbon/Azot İçeriklerinin Zamanla Değişimi

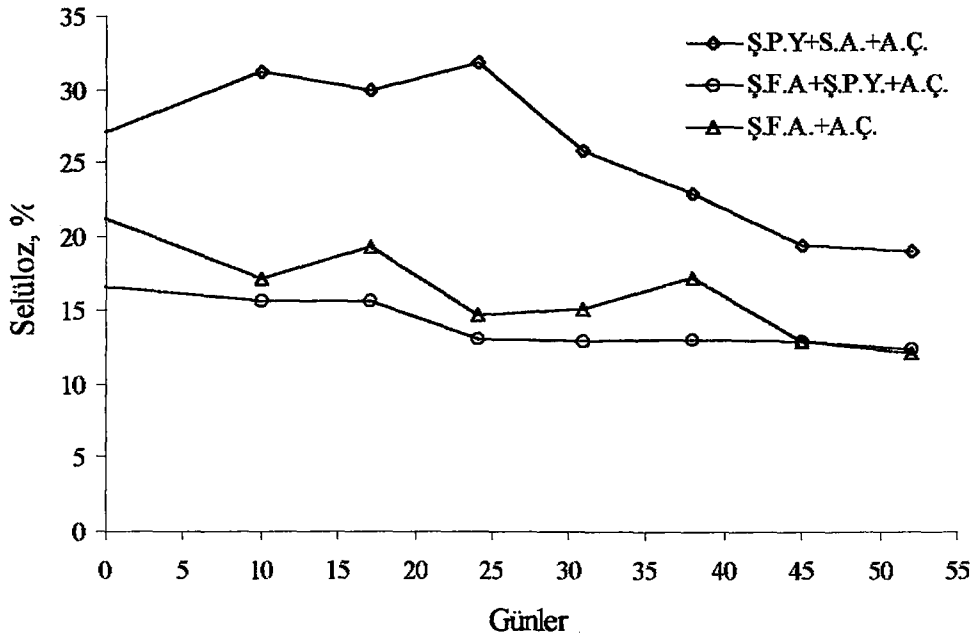
4.1.11. Selüloz

Kompostlaştırma çalışmalarında selüloz ile ilgili elde edilen bulgular Tablo 4.1.15 ve Şekil 4.17’de verilmiştir. Kompostlaştırılan şeker pancarı yaprağı-sap atıkları-arıtma çamuru karışımının selüloz içeriğinin % 27.09’dan % 19.12’ye düştüğü ve % 40 civarında selüloz gideriminin olduğu tespit edilmiştir. Şarap fabrikası atıkları-şeker pancarı yaprağı-arıtma çamuru karışımında selüloz içeriğinin % 16.55’den % 12.04’e ve şarap fabrikası atıkları-arıtma çamuru karışımındaki selüloz içeriğinin ise % 21.21’den % 12.07’ye (% 43) düştüğü görülmüştür.

Karim ve Chowdhury (1958), evsel katı atıkların parçalanması ile 240 günlük laboratuvar çalışmalarında selülozun 15.- 90. gün arasında hızlı bir şekilde giderildiğini ve daha sonra selülozda bir değişikliğin olmadığını bildirmektedir. Poincelot (1972), kompostlama çalışmalarında şekerli ve nişastalı evsel katı atıkların 35-42 günde tamamen metabolize edildiğini, selüloz ile hemiselülozda % 60’lık bir giderimin olduğunu belirtmektedir. Keller (1961), yaptığı çöp süprüntülerinin kompostlanması çalışmasında selülozun % 34’den % 9’a düştüğünü saptamıştır. Kirchmann ve Widen (1994) ise kompostlaştırma çalışmalarında 21., 49. ve 110. günlerde komposttaki selüloz-C ‘nun sırasıyla % 12.3, % 11.3 ve % 10.9 olduğunu tespit etmiştir. Çalışmamızda ise en yüksek selüloz giderimi % 43 oranında şarap fabrikası atıkları-arıtma çamuru karışımında görülmüştür.

Tablo 4.1.15. Kompostlanan Materyallerin Selüloz İçeriklerinin Zamanla Değişimi.

Gün	Selüloz (%)		
	Ş. P. Y. - S.A.- A. Ç.	Ş. F. A. - Ş. P. Y.-A. Ç.	Ş. F. A.-A. Ç.
0	27.09	16.55	21.21
10	31.18	15.61	17.12
17	29.93	15.68	19.38
24	31.89	13.01	14.71
31	25.93	12.93	15.17
38	23.06	13.02	17.32
45	19.48	12.93	12.87
52	19.12	12.34	12.07



Şekil 4.1.17. Kompostlanan Materyallerin Selüloz İçeriklerinin Zamanla Değişimi

4.1.12. Mikrobiyoloji (Hijyenik Kalite)

Kompostlaştırma çalışmalarında mikrobiyoloji ile ilgili elde edilen toplam koliform (adet/100 g kuru madde) miktarları Tablo 4.1.16 ve fekal koliform (adet/100 g kuru madde) Tablo 4.1.17’de verilmiştir. Reaktörlerde zamana göre toplam koliform ve fekal koliform değişimleri Şekil 4.1.18, Şekil 4.1.19 ve Şekil 4.1.20’de verilmiştir. Kompostlaştırılan şarap fabrikası atıkları-arıtma çamuru karışımındaki toplam koliform sayısının sürekli artış gösterdiği, şarap fabrikası atıkları-şeker pancarı yaprağı-arıtma çamuru karışımında 10. gün hariç, şeker pancarı yaprağı-sap atıkları-arıtma çamuru karışımında ise 17. gün ile 45. günler arası hariç, değerlerin başlangıca göre sürekli artış gösterdiği tespit edilmiştir. Fekal koliformlarda ise şarap fabrikası atıkları-arıtma çamuru karışımındaki toplam koliform sayısının sürekli, şarap fabrikası atıkları-şeker pancarı yaprağı-arıtma çamuru karışımında 10. gün hariç, şeker pancarı yaprağı-sap atıkları-arıtma çamuru karışımında ise ilk 17. gün ile 45. günler arası hariç değerlerin başlangıca göre sürekli artış gösterdiği tespit edilmiştir.

Yanko (1988), kompost ürünlerinde yapmış olduğu mikrobiyolojik çalışmada yeniden büyümenin hem organizmaların soğuk bölümlerde hayatta kalması halinde hem de

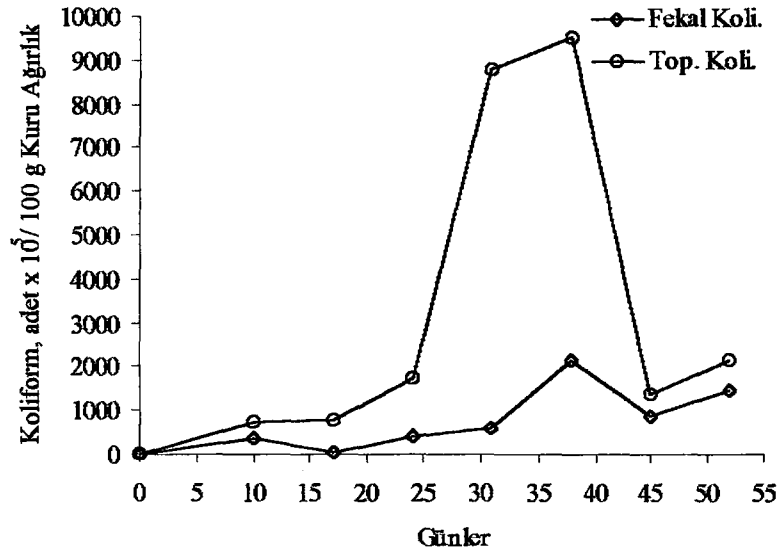
kompostun kontamine oluşuna yada yığın içindeki kompostun yeniden kontaminasyonundan kaynaklanabileceğini vurgulamaktadır. Çalışmamızda gözlenen organizma artışlarının sıcaklık kontrolünün yetersiz olduğu 0-40 cm'lik derinliklerde bulunan organizmaların etkisiyle ya da kompostu karıştırmak amacıyla numunelerin haftada bir dışarıya alınıp tekrar reaktörlere konulması esnasında yeniden kontaminasyonun meydana gelmesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Tablo 4.1.16. Kompostlanan Materyallerin Toplam Koliform İçeriklerinin Zamanla Değişimi.

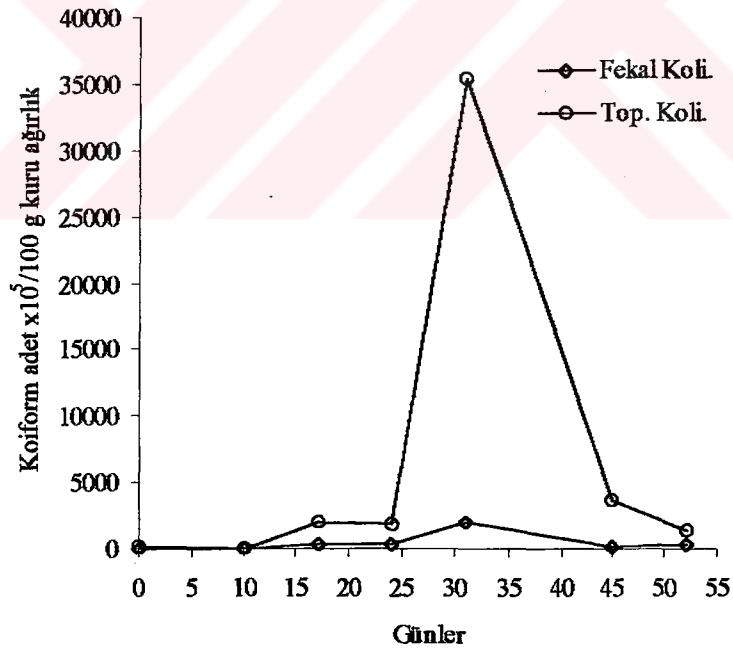
Gün	Toplam Koliform Adet/100 g K.M		
	Şeker Pancar Yap.-Sap Atıkları-Aritma Çamuru	Şarap Fab. Atık.-Şeker Pancarı Yap.-Arit. Çam.	Şarap Fab. Atık-Aritma Çamuru
0	91,8. 10 ⁵	40. 10 ⁵	3,4. 10 ⁵
10	91,8. 10 ⁵	14. 10 ⁵	172. 10 ⁵
17	70. 10 ⁵	918. 10 ⁵	348. 10 ⁵
24	46. 10 ⁵	918. 10 ⁵	800. 10 ⁵
31	6. 10 ⁵	16090. 10 ⁵	3480. 10 ⁵
38	4. 10 ⁵	-	3480. 10 ⁵
45	4,9. 10 ⁵	1300. 10 ⁵	542. 10 ⁵
52	160,9. 10 ⁵	460. 10 ⁵	790. 10 ⁵

Tablo 4.1.17. Kompostlanan Materyallerin Fekal Koliform İçeriklerinin Zamanla Değişimi.

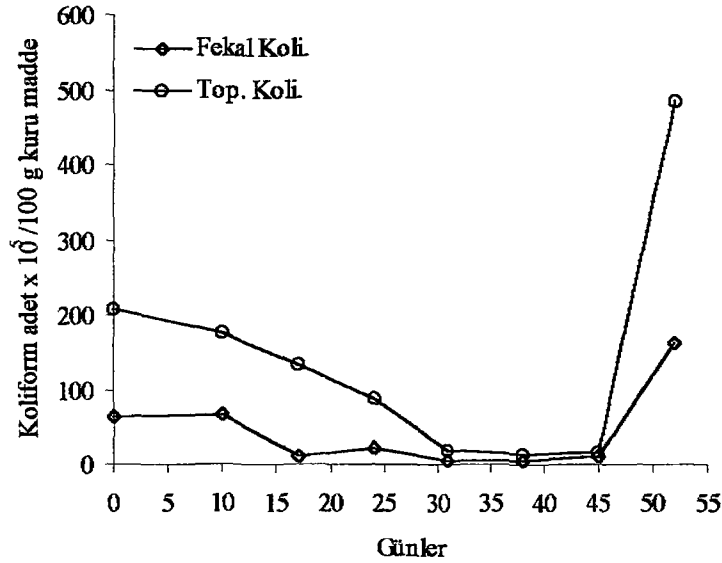
Gün	Fekal Koliform Adet/100 g K.M		
	Şeker Pancar Yap.-Sap Atıkları-Aritma Çamuru	Şarap Fab. Atık.-Şeker Pancarı Yap.-Arit. Çam.	Şarap Fab. Atık-Aritma Çamuru
0	27,8. 10 ⁵	20. 10 ⁵	0,6. 10 ⁵
10	34,8. 10 ⁵	9. 10 ⁵	141. 10 ⁵
17	5,42. 10 ⁵	109. 10 ⁵	16,09. 10 ⁵
24	11. 10 ⁵	172. 10 ⁵	200. 10 ⁵
31	2. 10 ⁵	918. 10 ⁵	240. 10 ⁵
38	2. 10 ⁵	-	790. 10 ⁵
45	3,3. 10 ⁵	40. 10 ⁵	348. 10 ⁵
52	54,2. 10 ⁵	130. 10 ⁵	542. 10 ⁵



Şekil 4.1.18. Şarap Fabrikası Atıkları-Arıtma Çamuru Karışımında Toplam Koliform ve Fekal Koliform Miktarının Zamanla Değişimi.



Şekil 4.1.19. Şeker Pancarı Yaprağı- Şarap Fabrikası Atıkları-Arıtma Çamuru Karışımında Toplam Koliform ve Fekal Koliform Miktarının Zamanla Değişimi.



Şekil 4.1.20. Şeker Pancarı Yaprağı- -Arıtma Çamuru-Sap Karışımında Toplam Koliform ve Fekal Koliform Miktarının Zamanla Değişimi.

4.1.13. Eser elementler

Aerobik kompostlaştırma çalışmalarında metallerle ilgili elde edilen analiz sonuçları Tablo 4.1.18’de, bazı ülkelerde kompost için verilen ağır metal limitleri ise Tablo 4.1.19’de verilmiştir. Tablo 4.1.18’de görüldüğü gibi genelde metal konsantrasyonlarında bir artış meydana gelmiştir. Bu artışlar, atıkların kütlesindeki azalmayla ilgilidir. Çalışmamızda oluşan kompostlardaki ağır metal konsantrasyonları, farklı ülkelerde kompost için bulunması gereken metal düzeyleriyle kıyaslanmış ve bu standartların altında kaldığı tespit edilmiştir.

Epstein (1979), iz elementlerin insanlara, hayvanlara toksik ya da yararlı olabiceğini, tarımsal üretimde bitkilerin mikronutrientlere küçük miktarlarda ihtiyaç duyduğunu, bitkiler için bakır çinko ve gibi metallerin başlıca mikronutrientler olduğunu belirtmektedir. Araştırmacı, bitkilerde değişmekle birlikte çinkonun 15-20 ppm’den daha az bulunmasının bitki gelişimini artırdığını ve çinkonun 400 ppm’de toksik etki gösterdiğini belirtilmektedir. Hemphill (1972) bitkilerdeki bakır miktarının genellikle 2-25 arasında değiştiğini, toksidite değerlerinin ise 25-40 ppm üzerinde meydana geldiğini vurgulamıştır. Çalışmamızda elde edilen kompostlarda çinko ve bakır konsantrasyonlarının belirtilen toksidite değerlerinin altında olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.1.18. Aerobik Kompostlanmada Materyallerin Metal İçeriklerinin Zamanla Değişimi.

Metaller (ppm)	Bileşimler					
	Ş.P.Y- Ş.F.A-A.Ç.		Ş.P.Y.-S.A.- A.Ç.		Ş.F.A.-A.Ç.	
	Başlangıç	Bitiş	Başlangıç	Bitiş	Başlangıç	Bitiş
Cu	20	28	21	9	13	19
Mn	36	55	31	105	32	53
Zn	36	77	33	126	24	94
Fe	332	346	434	876	480	749
Mg	1883	3339	1432	9049	1199	1994
Ca	22680	27941	15271	30562	16309	26469
Na	1338	2112	1298	8182	586	722
K	34474	35992	16226	25028	14151	18219
Cd	*	*	*	*	*	*
Pb	*	*	*	*	*	*
Cr	*	*	*	*	*	*
Ni	*	*	*	*	*	*

* Tayin limitinin altında.

Tablo 4.1.19. Bazı Ülkelerde Kompost İçin Verilen Ağır Metal Konsantrasyon (mg/kg) Limitlerinin Bu Çalışmadaki Değerlerle Karşılaştırılması.

Ağır Metaller	USA	Kanada	Avusturalya	Danimarka	Ş.P.Y- Ş.F.A-A.Ç	Ş.P.Y-S.A- A.Ç	Ş.F.A.-A.Ç.
Zn,	2800	1850	-	-	77	126	94
Ni	420	180	-	-	*	*	*
Cr	-	-	150	100	*	*	*
Cd	39	20	4	1.2	*	*	*
Pb	300	500	600	80	*	*	*
Hg	17	5	5	1.2	-	-	-
Cu	1500	-	400	1000	28	9	19

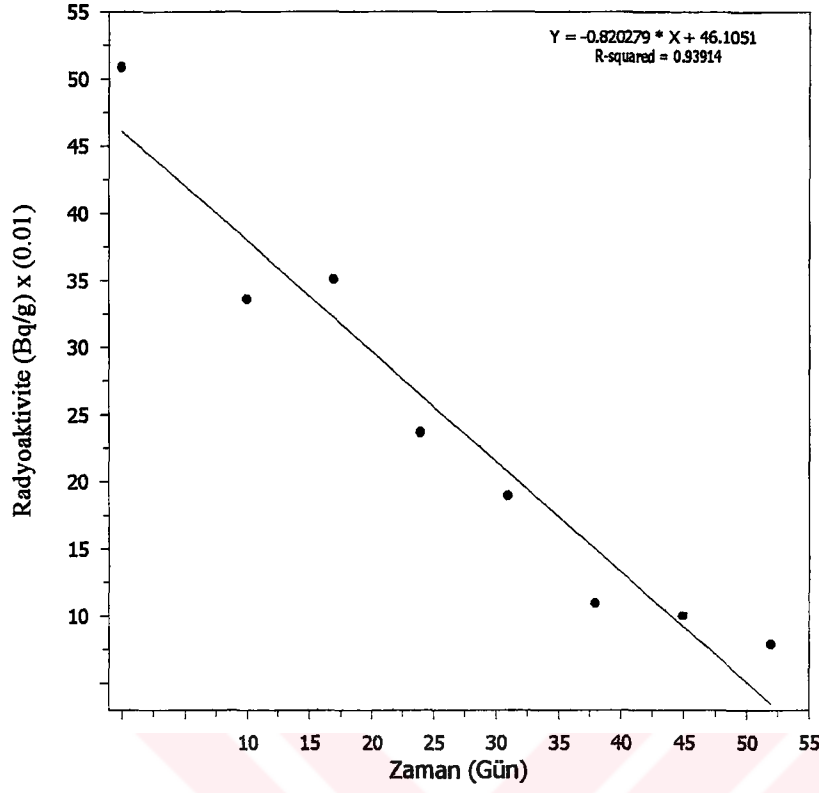
4.1.14.Radyoaktivite

Radyoaktivite sayımı yapılan üç ayrı katı numunenin, zamana (gün) bağlı olarak beta radyoaktivite seviyesi değişiminden elde edilen değerler, toplu olarak Tablo 4.1.20’de gösterilmektedir. Elde edilen bu değerler ışığında, numunelerin zaman bağlı radyoaktivite değişimi her bir numune için ayrı ayrı grafikler çizilerek de gösterilmiştir.

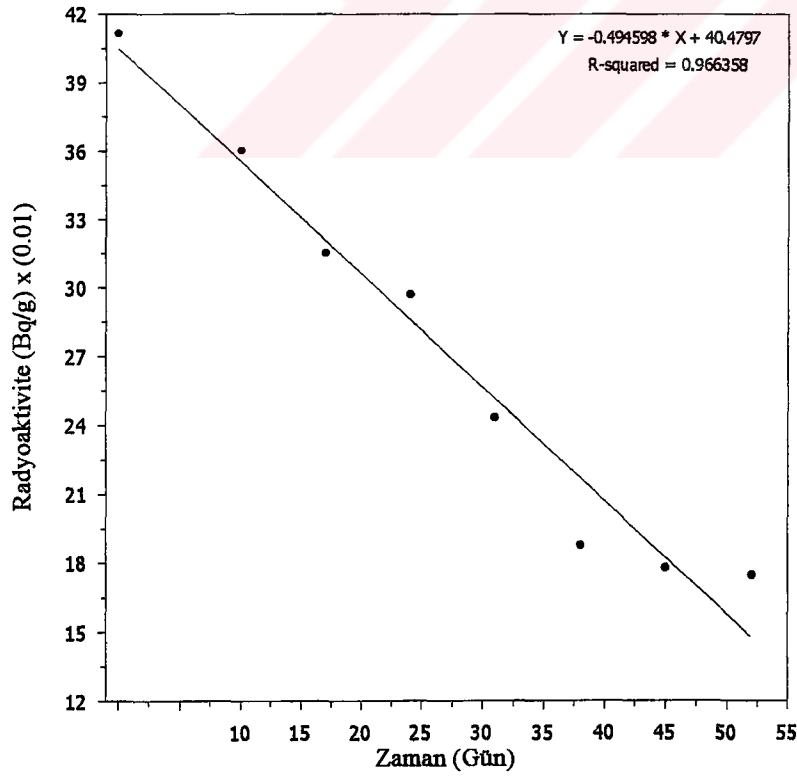
İncelenen her üç değişik örneklerde alfa radyoaktivitesine rastlanmamıştır. Bunun nedeni; her üç örnekte α -radyasyon yayan, radyoaktif çekirdek içeren radyo elementlerin ya detektör algılama sınırı altında kalması ya da örnekler içerisinde hiç bulunmamasından kaynaklanmaktadır. β -radyoaktivitesi tüm örneklerde zamana bağlı olarak belirgin bir şekilde değiştiği görülmektedir. Zamanın fonksiyonu olarak değişik türde üç numunenin sonuçları üzerine logaritmik ve doğrusal fit yapılmıştır. Yapılan bu işlem sonucunda elde edilen verilerin iyi bir korelasyon katsayısı ile doğrusal bir ilişki olduğu görülmüştür. Çalışılan örneklerde korelasyon katsayısı, şarap fabrikası atıkları+ arıtma çamuru örneği için; 0.939, şarap fabrikası atıkları + şeker pancarı yaprağı + arıtma çamuru örneği için; 0.966 ve şeker pancarı yaprağı + sap atıkları + arıtma çamuru örneği için; 0.904 olarak hesaplanmıştır ve bu örneklerden elde edilen veriler ışığında çizilen grafikler ile yapılan fitler sırasıyla Şekil 4.1.21, Şekil 4.1.22 ve Şekil 4.1.23’de gösterilmiştir.

Tablo 4.1.20. Numunelerin Beta Radyoaktivite Sayım Sonuçları.

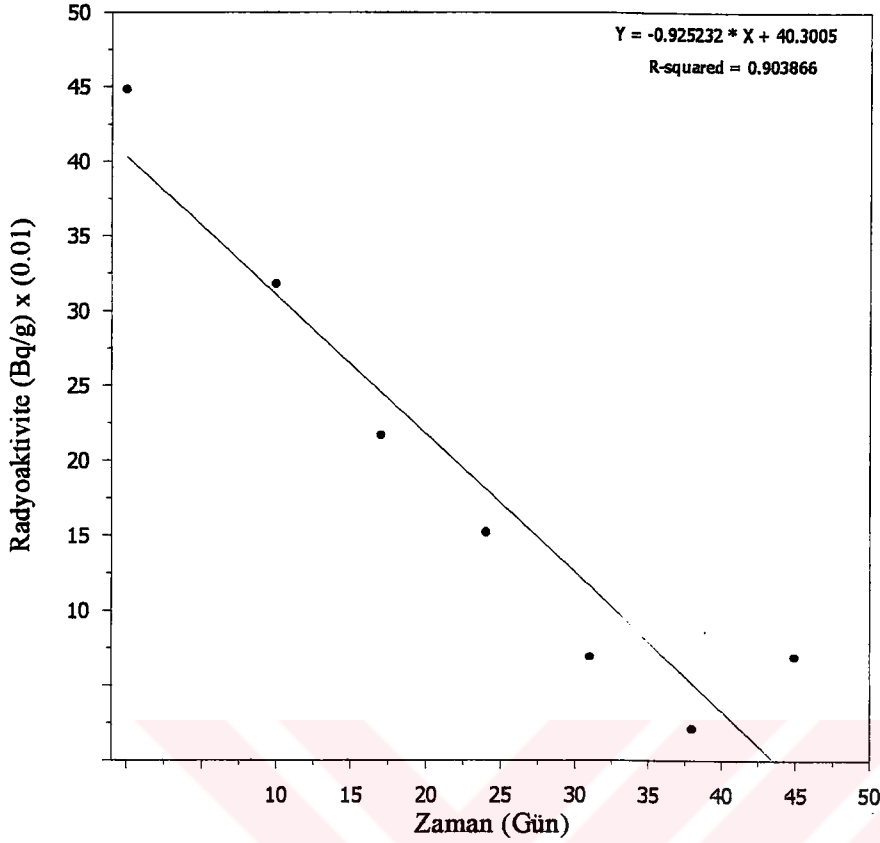
Şarap Fabrikası Atıkları-Arıtma Çamuru								
Zaman (Gün)	0	10	17	24	31	38	45	52
Radyoaktivite (Bq/g)	0.5083	0.3352	0.3505	0.2368	0.1899	0.1092	0.0998	0.0787
Şarap Fabrikası Atıkları-Şeker Pancarı Yaprakları-Arıtma Çamuru								
Zaman (Gün)	0	10	17	24	31	38	45	52
Radyoaktivite (Bq/g)	0.4111	0.3600	0.3150	0.2967	0.2432	0.1874	0.1773	0.1744
Şeker Pancarı Yaprakları-Sap Atıkları- Arıtma Çamuru								
Zaman (Gün)	0	10	17	24	31	38	45	52
Radyoaktivite (Bq/g)	0.4481	0.3178	0.2169	0.1519	0.0693	0.0211	0.0693	0.0582



Şekil 4.1.21. Şarap Fabrikası Atıkları-Arıtma Çamuru Karışımının Beta Radyoaktivite Değişim Grafiği.



Şekil 4.1.22. Şarap Fabrikası Atıkları-Şeker Pancarı Yaprağı- Arıtma Çamuru Karışımının Beta Radyoaktivite Değişim Grafiği.



Şekil 4.1.23. Şeker Pancar Yaprağı-Sap Atıkları-Arıtma Çamuru Karışımının Beta Radyoaktivite Değişim Grafiği.

İncelenen örneklerde beta radyoaktivitesi ^{40}K veya ^{14}C 'ten kaynaklanabilmektedir. Özellikle ^{14}C 'ün azalması örneklerdeki organik maddenin azalmasına bağlanabilmektedir. Bu durum zamanın fonksiyonu olarak çizilen radyoaktivite değişim grafiklerinden açıkça görülmektedir.

Elde edilen β -radyoaktivite değerleri, ilk 25 gün içerisinde yarı değerine varmakta ancak, 35. günden sonra standart sapma değerinde hata payı ile radyoaktivite değeri hemen hemen sabit kalmaktadır.

4.1.15. Proses Kinetikleri

Kompostlama esnasında atığın biyolojik olarak parçalanabilirliğini tayin etmek ve organik madde kaybının uygun bir ölçümünü göstermek için çalışmada elde edilen veriler kullanılarak proses kinetikleri belirlenmiştir. Kompostlama esnasında uçucu katı madde, karbon, selüloz ve radyoaktivite değişimleri, birinci derece kinetikler göz önünde bulundurularak zamanın fonksiyonu şeklinde incelenmiştir. Elde edilen kinetik eğrilerinden yukarıda sözü edilen her bir parametre için reaksiyon hız sabitleri(k) ve korelasyon katsayıları (R^2) bulunmuştur. Birinci dereceden kinetik şu şekilde ifade edilir;

$$dC/dt = -kC \quad (1)$$

Burada C, herhangi bir zamanda biyolojik olarak parçalanabilir uçucu katıların kg olarak miktarı, t gün olarak zamanı, k ise reaksiyon hız sabitini (gün^{-1}) göstermektedir.

(1) denklemini integre edilir ve $t = 0$ anında $C = C_0$ alınırsa ifade aşağıdaki hale gelir.

$$\ln C/C_0 = -kt$$

yada

$$\log C/C_0 = -kt/2.303 \text{ olur.}$$

Kompostlanan şeker pancarı yaprağı-buğday sap atıkları-arıtma çamuru karışımının uçucu katı madde ve karbon gideriminin kinetikleri Tablo 4.1.21’de şarap fabrikası atıkları-şeker pancarı yaprağının-arıtma çamurunun Tablo 4.1.22’de ve şarap fabrikası atıkları-arıtma çamuru karışımının kinetikleri Tablo 4.1.23’de verilmiştir. Bu üç farklı karışımın reaksiyon hız sabitlerinin çıkarılması için grafik çizilmiş ve uçucu katı maddenin kinetik eğrileri Şekil 4.1.24’de, karbon kinetik eğrileri ise Şekil 4.1.25’de verilmiştir. Kompostlanan atıkların selüloz içeriklerinin ve radyoaktif bozunma kinetikleri şeker pancarı yaprağı-buğday sap atıkları-arıtma çamuru karışımı için Tablo 4.1.24’de, şarap fabrikası atıkları-şeker pancarı yaprağının-arıtma çamurunun Tablo 4.1.25’de ve şarap fabrikası atıkları-arıtma çamurunun Tablo 4.1.26’de selülozun kinetik eğrileri Şekil 4.1.26’de radyoaktif bozunmanın kinetik eğrileri ise Şekil 4.1.27’de verilmiştir.

Tablo 4.1.20. Şeker Pancarı Yaprağı- Sap Atıkları-Arıtma Çamuru Karışımının Reaksiyon Hız Sabitinin Hesaplanması.

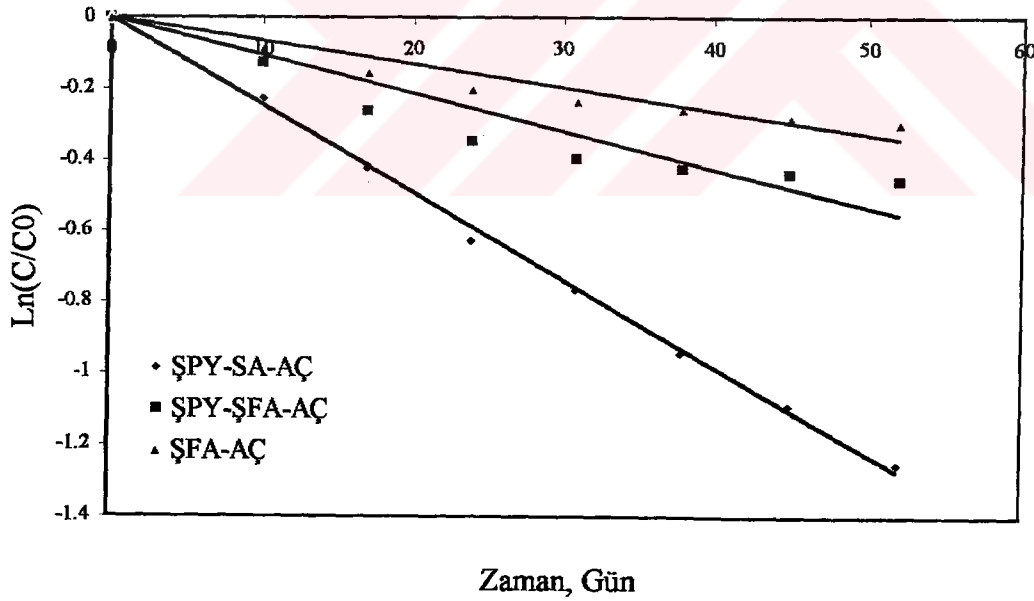
Zaman (gün)	Madde Miktarı (kg)	UKM				Karbon			
		%	kg	C/Co	ln(C/Co)	%	kg	C/Co	ln(C/Co)
0	17.82	87.4	15.57	1	0	40.15	7.14	1	0
10	14.6	85.0	12.41	0.797	-0.227	39.14	5.71	0.800	-0.223
17	12.0	85.0	10.20	0.655	-0.423	39.78	4.77	0.668	-0.403
24	10.0	83.1	8.31	0.534	-0.627	39.00	3.90	0.546	-0.605
31	9.2	78.7	7.24	0.465	-0.766	38.36	3.53	0.494	-0.705
38	8.0	76.0	6.08	0.390	-0.942	38.48	3.08	0.431	-0.842
45	7.1	74.0	5.25	0.337	-1.088	36.49	2.59	0.363	-1.013
52	6.1	73.0	4.45	0.286	-1.251	36.22	2.21	0.310	-1.171
$\ln(C/Co) = -0.0245 t$						$\ln(C/Co) = -0.0227 t$			
$R^2 = 0.9979$						$R^2 = 0.9959$			
$k = 0.0245 \text{ gün}^{-1}$						$k = 0.0227 \text{ gün}^{-1}$			

Tablo 4.1.20. Şarap Fabrikası Atıkları-Şeker Pancarı Yaprağı-Arıtma Çamuru Karışımının Reaksiyon Hız Sabitinin Hesaplanması.

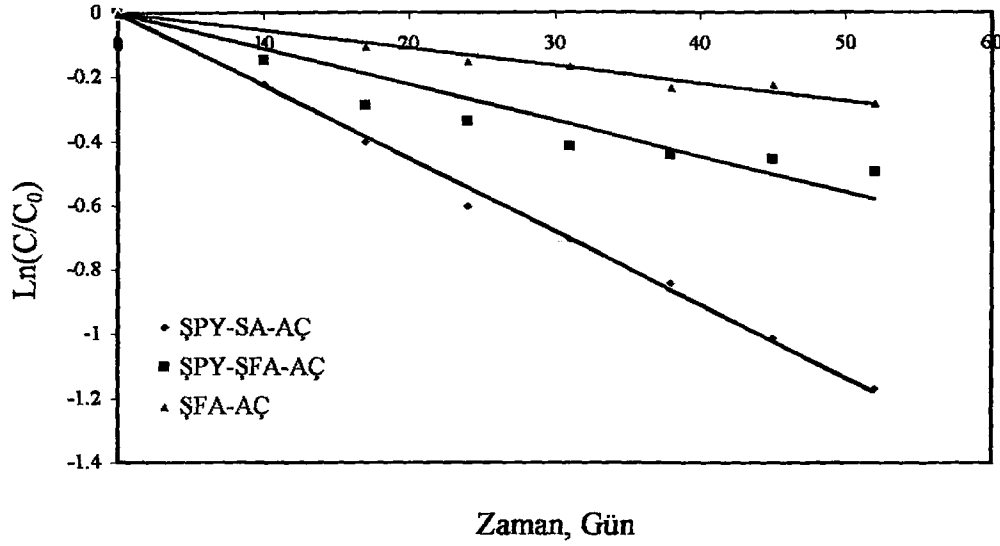
Zaman (gün)	Madde Mik. (kg)	UKM				Karbon			
		%	kg	C/Co	ln(C/Co)	%	kg	C/Co	ln(C/Co)
0	41.13	91.0	37.43	1	0	47.65	19.60	1	0
10	36.7	89.9	32.99	0.881	-0.127	46.07	16.91	0.863	-0.147
17	32.4	88.9	28.80	0.769	-0.263	45.29	14.67	0.749	-0.289
24	30.0	88.1	26.43	0.706	-0.348	46.63	13.98	0.713	-0.338
31	28.6	88.0	25.17	0.672	-0.397	45.15	12.91	0.659	-0.417
38	28.0	87.5	24.50	0.655	-0.423	44.98	12.59	0.642	-0.443
45	27.6	87.5	24.15	0.645	-0.438	45.00	12.42	0.634	-0.456
52	27.3	87.0	23.75	0.634	-0.456	43.72	11.94	0.609	-0.496
$\ln(C/Co) = -0.0106 t$						$\ln(C/Co) = -0.0112 t$			
$R^2 = 0.8341$						$R^2 = 0.8515$			
$k = 0.0106 \text{ gün}^{-1}$						$k = 0.0112 \text{ gün}^{-1}$			

Tablo 4.1.23. Şarap Fabrikası Atıkları -Arıtma Çamuru Karışımının Reaksiyon Hız Sabitinin Hesaplanması.

Zaman (gün)	Madde Miktarı (kg)	UKM				Karbon			
		%	kg	C/Co	ln(C/Co)	%	kg	C/Co	ln(C/Co)
0	44.80	90.0	40.32	1	0	46.08	20.64	1	0
10	41.20	89.7	36.96	0.917	-0.087	45.94	18.93	0.917	-0.087
17	38.90	88.8	34.54	0.857	-0.154	47.81	18.59	0.901	-0.104
24	37.65	87.6	32.98	0.818	-0.201	47.22	17.78	0.861	-0.150
31	36.30	88.0	31.94	0.792	-0.233	48.18	17.49	0.847	-0.166
38	35.50	87.9	31.20	0.774	-0.256	46.11	16.37	0.793	-0.232
45	34.90	87.5	30.53	0.757	-0.278	47.40	16.54	0.801	-0.222
52	34.65	86.7	30.04	0.745	-0.294	45.30	15.69	0.755	-0.282
$\ln(C/Co) = -0.0066 t$					$\ln(C/Co) = -0.0055 t$				
$R^2 = 0.8965$					$R^2 = 0.9541$				
$k = 0.0066 \text{ gün}^{-1}$					$k = 0.0055 \text{ gün}^{-1}$				



Şekil 4.1.24. Uçucu Katı Madde Gideriminin Kinetik Eğrileri.



Şekil 4.1.25. Karbon Gideriminin Kinetik Eğrileri.

Tablo 4.1.24. Şeker Pancarı Yaprığı- Sap Atıkları-Arıtma Çamuru Karışımının Reaksiyon Hız Sabitinin Hesaplanması (Selüloz ve Radyoaktivite).

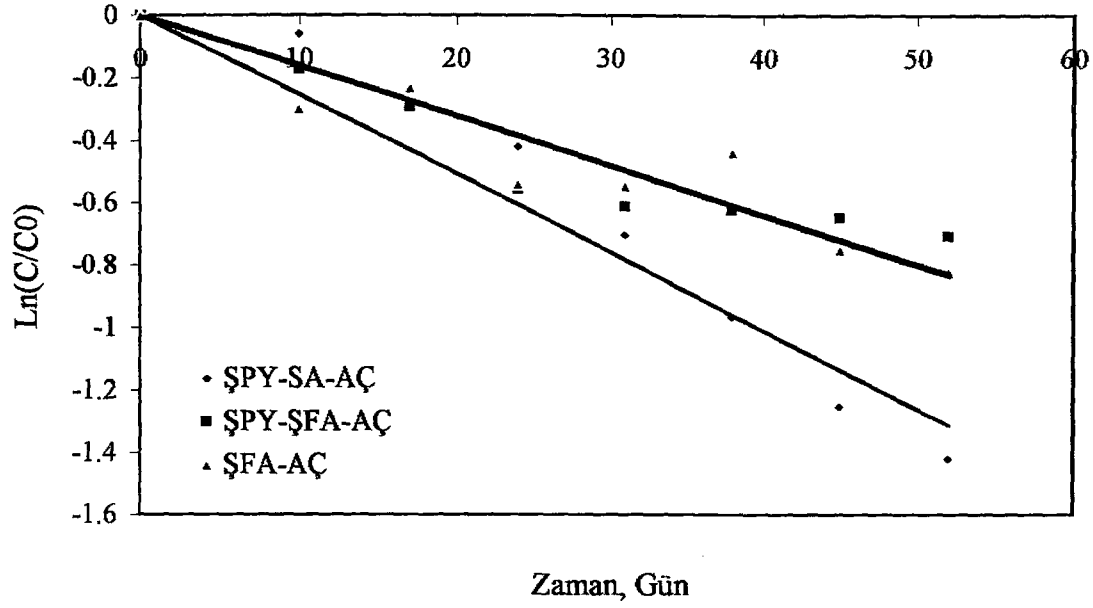
Zaman (gün)	Madde Mik. (kg)	Selüloz				Radyoaktivite			
		%	kg	C/Co	ln(C/Co)	Bq/g	kg	C/Co	ln(C/Co)
0	17.82	27.09	4.83	1	0	0.4481	7985	1	0
10	14.6	31.18	4.55	0.942	-0.059	0.3178	4640	0.581	-0.223
17	12.0	29.93	3.59	0.743	-0.297	0.2169	2603	0.326	-0.403
24	10.0	31.89	3.18	0.658	-0.418	0.1519	1519	0.190	-0.605
31	9.2	25.93	2.39	0.495	-0.703	0.0693	638	0.079	-0.705
38	8.0	23.06	1.84	0.381	-0.965	0.0211	169	0.021	-0.842
45	7.1	19.48	1.38	0.286	-1.252	0.0693	492	0.062	-1.013
52	6.1	19.12	1.17	0.242	-1.419	0.0582	355	0.044	-1.171
$\ln(C/Co) = -0.0252 t$						$\ln(C/Co) = -0.0713 t$			
$R^2 = 0.9398$						$R^2 = 0.8414$			
$k = 0.0252 \text{ gün}^{-1}$						$k = 0.0713 \text{ gün}^{-1}$			

Tablo 4.1.25. Şarap Fabrikası Atıkları-Şeker Pancarı Yaprakı-Arıtma Çamuru Karışımının Reaksiyon Hız Sabitinin Hesaplanması (Selüloz ve Radyoaktivite).

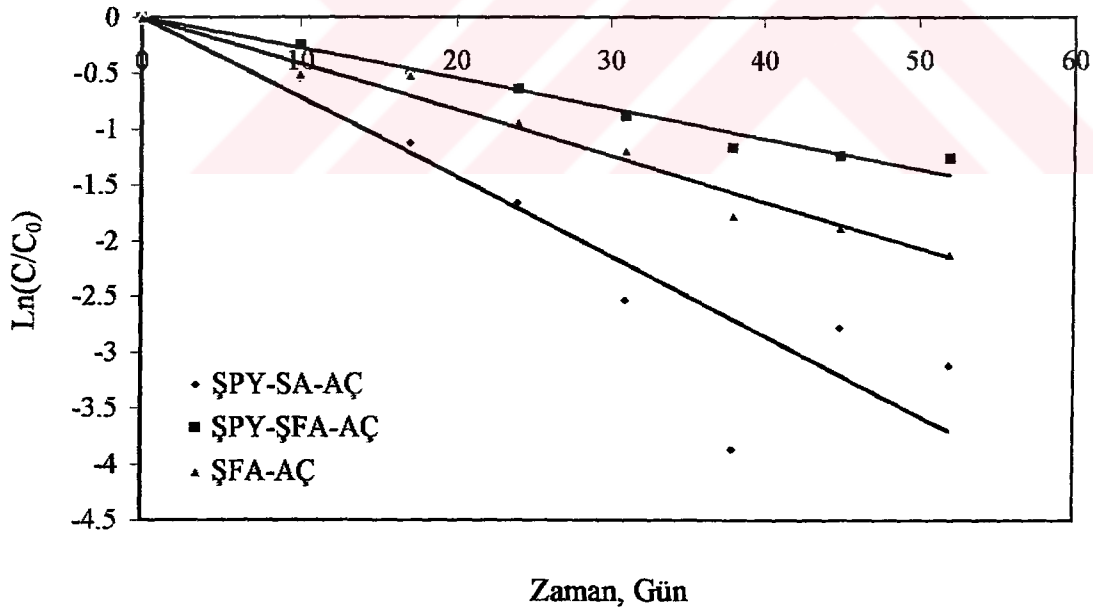
Zaman (gün)	Madde Mik kg	Selüloz				Radyoaktivite			
		%	kg	C/Co	ln(C/Co)	Bq/g	kg	C/Co	ln(C/Co)
0	41.13	16.55	6.81	1	0	0.4111	16909	1	0
10	36.7	15.61	5.73	0.841	-0.173	0.3600	13212	0.781	-0.247
17	32.4	15.68	5.08	0.746	-0.293	0.3150	10206	0.604	-0.504
24	30.0	13.01	3.90	0.573	-0.557	0.2967	8901	0.526	-0.642
31	28.6	12.93	3.69	0.542	-0.612	0.2432	6956	0.411	-0.889
38	28.0	13.02	3.64	0.536	-0.624	0.1874	5247	0.310	-1.171
45	27.6	12.93	3.56	0.523	-0.648	0.1773	4893	0.289	-1.241
52	27.3	12.34	3.36	0.493	-0.707	0.1744	4761	0.281	-1.269
$\ln(C/Co) = -0.0159 t$						$\ln(C/Co) = -0.0272 t$			
$R^2 = 0.8639$						$R^2 = 0.9719$			
$k = 0.0159 \text{ gün}^{-1}$						$k = 0.0272 \text{ gün}^{-1}$			

Tablo 4.1.26. Şarap Fabrikası Atıkları -Arıtma Çamuru Karışımının Reaksiyon Hız Sabitinin Hesaplanması (Selüloz ve Radyoaktivite).

Zaman (gün)	Madde Miktarı (kg)	Selüloz				Radyoaktivite			
		%	kg	C/Co	ln(C/Co)	Bq/g	kg	C/Co	ln(C/Co)
0	44.80	21.21	9.50	1	0	0.5083	22772	1	0
10	41.20	17.12	7.05	0.742	-0.298	0.3352	13810	0.606	-0.501
17	38.90	19.38	7.54	0.794	-0.231	0.3505	13634	0.599	-0.512
24	37.65	14.71	5.54	0.583	-0.540	0.2368	8916	0.392	-0.936
31	36.30	15.17	5.51	0.580	-0.544	0.1899	6893	0.303	-1.194
38	35.50	17.32	6.14	0.646	-0.437	0.1092	3877	0.170	-1.772
45	34.90	12.87	4.49	0.473	-0.749	0.0998	3483	0.153	-1.877
52	34.65	12.07	4.18	0.472	-0.751	0.0787	2727	0.120	-2.120
$\ln(C/Co) = -0.016 t$						$\ln(C/Co) = -0.0414 t$			
$R^2 = 0.8500$						$R^2 = 0.9762$			
$k = 0.0160 \text{ gün}^{-1}$						$k = 0.0414 \text{ gün}^{-1}$			



Şekil 4.1.26. Selüloz Gideriminin Kinetik Eğrileri. (ŞPY-ŞFA-AÇ ve ŞFA-AÇ eğilim çizgileri üst üste gelmiştir.)



Şekil 4.1.27. Radyoaktif Bozunmanın Kinetik Eğrileri.

Şeker pancarı yaprağı-buğday sap atıkları-arıtma çamuru karışımının reaksiyon hız sabiti UKM için $k = 0.0242 \text{ gün}^{-1}$ ($R^2 = 0.998$), karbon için $k = 0.0223 \text{ gün}^{-1}$ ($R^2 = 0.996$), selüloz için $k = 0.0296 \text{ gün}^{-1}$ ($R^2 = 0.969$), radyoaktif bozunma için $k = 0.0693 \text{ gün}^{-1}$ ($R^2 =$

0.842), şarap fabrikası atıkları-şeker pancarı yaprağı-arıtma çamuru karışımının reaksiyon hız sabiti UKM için $k = 0.0088 \text{ gün}^{-1}$ ($R^2 = 0.888$), karbon için $k = 0.0092 \text{ gün}^{-1}$ ($R^2 = 0.908$), selüloz için $k = 0.0139 \text{ gün}^{-1}$ ($R^2 = 0.890$), radyoaktif bozunma için $k = 0.0453 \text{ gün}^{-1}$ ($R^2 = 0.982$), şarap fabrikası atıkları -arıtma çamuru karışımının reaksiyon hız sabiti UKM için $k = 0.0056 \text{ gün}^{-1}$ ($R^2 = 0.938$) karbon için $k = 0.0050 \text{ gün}^{-1}$ ($R^2 = 0.968$) selüloz için $k = 0.0143 \text{ gün}^{-1}$ ($R^2 = 0.868$) radyoaktif bozunma için $k = 0.0234 \text{ gün}^{-1}$ ($R^2 = 0.974$) bulunmuştur.

Bu çalışmada kullanılan kesikli sistem için uçucu katı madde, toplam karbon ve organik maddenin bir fraksiyonu olan selüloz ile radyoaktif bozunmanın birinci dereceden kinetiklere uyduğu belirlenmiştir. Bütün kinetik sabitleri için verilerin lineer korelasyonu R^2 ile kontrol edilmiştir. Lineer regrasyon katsayılarının yüksek çıkması, kompostlama esnasında organik madde parçalanmasının ve radyoaktif bozunmanın birinci dereceden kinetiklere uyduğunu göstermektedir.

4.2. Anaerobik Kompostlama

4.2.1. pH

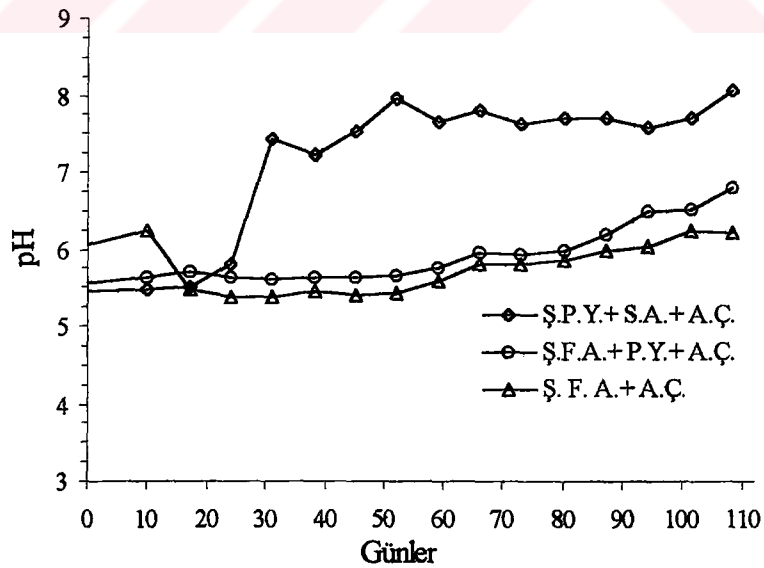
Deneysel çalışma süresi boyunca reaktörlerde tayin edilen pH değerleri Tablo 4.2.1 ve Şekil 4.2.1'de verilmiştir. Kompostlaştırılan şarap fabrikası-şeker pancarı yaprağı-arıtma çamurunun başlangıç pH'ı 6.07, şarap fabrikası atıkları-arıtma çamurunun pH'ı 5.56 olarak ölçülmüştür. Şeker pancar yaprağı-sap atıkları-arıtma çamurunun pH'ı ise nem oranı % 75 olmasına rağmen sızıntı suyu elde edilemediğinden ölçülememiştir. Daha sonra bu reaktöre 13.5 litre kuyu suyu ilavesi yapılmış ve pH 5.48 olarak ölçülmüştür. Reaktörlerdeki sızıntı sularının başlangıç pH'ları anaerobik kompostlama için optimum pH değerinden düşük çıkmıştır. Düşük pH değerlerinden kaynaklanan olumsuzluğu ortadan kaldırmak için pH'lar belirli bir değere gelene kadar süzüntü sularına NaOH ilavesi yapılmıştır. Şeker pancar yaprağı-sap atıkları-arıtma çamuru ihtiva eden reaktöre 10., 17.,ve 24. günlerde sırasıyla 500, 650 ve 250 ml 1 N NaOH ilavesi yapılarak pH 7.42'ye yükseltilmiştir. Şarap fabrikası-şeker pancarı yaprağı-arıtma çamurunun ve şarap fabrikası atıkları-arıtma çamurunun pH'ının yükseltilmesi için daha fazla baz kullanılmıştır.

Şarap fabrikası atıkları-şeker pancarı yaprağı-arıtma çamurunun kompostlaştırıldığı reaktöre toplam 4400 ml 1 N NaOH, 390 ml 2 N NaOH, 350 ml 4 N NaOH, 200 ml 6 N NaOH kullanılarak ve şarap fabrikası atıkları-arıtma çamurunun kompostlaştırıldığı reaktöre 4590 ml 1 N NaOH, 390 ml 2 N NaOH, 400 ml 4 N NaOH, 200 ml 6 N NaOH ilavesiyle pH yükseltilmiştir. Arıkan (1996), düşük pH değerleri polimerlerin (selüloz, nişasta, yağlar, proteinler) basit monomerlere hidrolizi için uygun bir ortam meydana getirmekle birlikte, bu esnada açığa çıkan ara ürünlerin metana dönüştürülmesini gerçekleştiren ve proses için hız sınırlayıcı faktör olan metan bakterilerinin çoğalmasına olumsuz etki yaptığını belirtmektedir.

Tablo 4.2.1. Kompostlanan Materyallerin pH Değerleri

Gün	PH		
	Ş. P. Y. - S.A.- A. Ç.	Ş. F. A. - Ş. P. Y.-A. Ç.	Ş. F. A.-A. Ç.
0	*	5.56	6.07
10	5.48	5.63	6.23
17	5.50	5.72	5.48
24	5.82	5.64	5.39
31	7.42	5.62	5.38
38	7.23	5.63	5.45
45	7.53	5.64	5.40
52	7.95	5.67	5.43
59	7.66	5.76	5.57
66	7.80	5.95	5.81
73	7.64	5.94	5.82
80	7.71	6.00	5.85
87	7.71	6.20	6.00
94	7.57	6.50	6.03
101	7.70	6.52	6.25
108	8.06	6.81	6.21

* Sızıntı suyu oluşmadığından numune alınamamıştır.

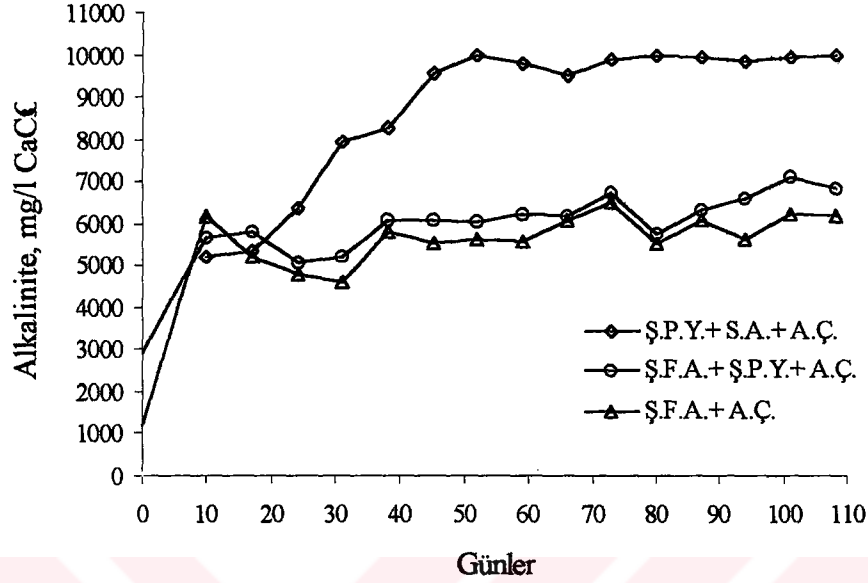
**Şekil 4.2.1.** Kompostlanan Materyallerin pH Değerleri

4.2.2. Alkalinite

Deneysel çalışma süresi boyunca reaktörlerde tayin edilen alkalinite değerleri Tablo 4.2.2 ve Şekil 4.2.2’de verilmiştir. Şeker pancarı yaprağı-sap atıkları-arıtma çamurunun kompostlaştırıldığı reaktörde alkalinite başlangıçta 5200 mg/l iken baz ilavesiyle 9000 mg/l civarlarına çıktığı ve bu konsantrasyon düzeyinde kaldığı tespit edilmiştir. Şarap fabrikası atıkları-şeker pancarı yaprağı-arıtma çamurunun kompostlaştırıldığı reaktörde alkalinite 2900 mg/l’den 6000 mg/l düzeyine, şarap fabrikası atıkları-arıtma çamuru alkalinitesinin ise 1200 mg/l’den 6000 mg/l düzeyine yükseldiği tespit edilmiştir. Öztürk (1999), anaerobik mikroorganizmalar için optimum alkalinite değerinin 1000-4000 mg/l CaCO_3 arasında olması gerektiğini vurgulamaktadır. Çalışmamızda da her üç reaktörde mikroorganizmalar için yeterli alkalitenin mevcut olduğu saptanmıştır.

Tablo 4.2.2. Kompostlanan Materyallerin Alkalinite Değerleri

Gün	Alkalinite(mg/l CaCO_3)		
	Ş. P. Y. - S.A.- A. Ç.	Ş. F. A. - Ş. P. Y.-A. Ç.	Ş. F. A.-A. Ç.
0	*	2920(D.N.3.7)	1200
10	5200	5680	6160
17	5360	5800	5200
24	6360	5040	4800
31	7920	5200	4600
38	8280	6080	5820
45	9560	6080	5520
52	9960	6040	5600
59	9800	6200	5560
66	9520	6160	6090
73	9880	6740	6520
80	9980	5760	5520
87	9930	6320	6080
94	9860	6600	5600
101	9920	7120	6200
108	10000	6800	6160



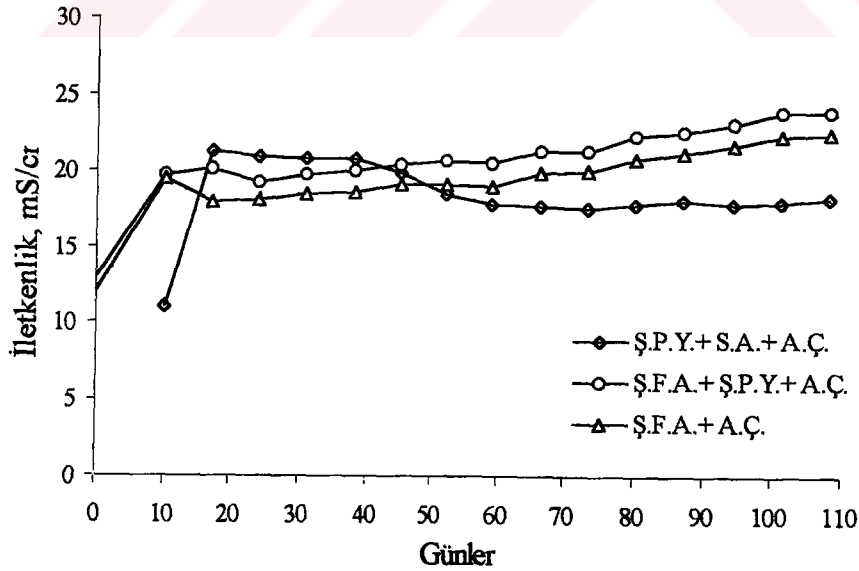
Şekil 4.2.2. Kompostlanan Materyallerin Alkalinite Değerlerinin Zamanla İlişkisi.

4.2.3. İletkenlik

Deneysel çalışma süresi boyunca reaktörlerde tayin edilen iletkenlik değerleri Tablo 4.2.3 ve Şekil 4.2.3'de verilmiştir. Çözünmüş maddelerin göstergesi olan iletkenlik, şeker pancarı yaprağı-sap atıkları-arıtma çamurunun kompostlaştırıldığı reaktörde başlangıçta 11.12 mS/cm iken bir hafta sonra reaktördeki maddelerin yıkaması sonucu 21.30 mS/cm'ye yükseldiği ve daha sonra organik maddelerin giderimine bağlı olarak 17.00 mS/cm'ye düştüğü gözlenmiştir. Diğer reaktörlerde başlangıçtan bir hafta sonra iletkenlik ani olarak yükselmiş ve daha sonra sürekli baz (Na^+ , OH^-) ilavesiyle kısmi yükselmelerin olduğu görülmüştür.

Tablo 4.2.3. Kompostlanan Materyallerin İletkenlik Değerleri.

Gün	İletkenlik(mS/cm)		
	Ş. P. Y. - S.A.- A. Ç.	Ş. F. A. - Ş. P. Y.-A. Ç.	Ş. F. A.-A. Ç.
0	*	13.06	12.11
10	11.12	19.68	19.43
17	21.30	20.10	17.85
24	20.80	19.16	18.01
31	20.70	19.65	18.46
38	20.70	19.93	18.48
45	19.82	20.40	19.12
52	18.40	20.60	19.03
59	17.81	20.50	18.97
66	17.66	21.30	19.80
73	17.47	21.20	19.91
80	17.79	22.30	20.70
87	17.98	22.50	21.10
94	17.80	23.10	21.60
101	17.90	23.80	22.30
108	18.19	23.85	22.39

**Şekil 4.2.3.** Kompostlanan Materyallerin İletkenliklerin Zamana Göre Değişimi.

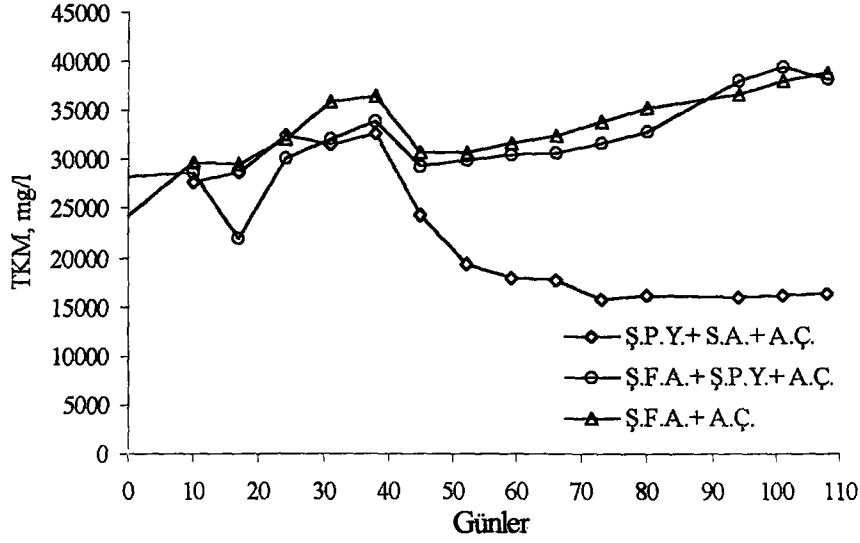
4.2.4. Toplam Katı Madde

Deneysel çalışma süresi boyunca reaktörlerde tayin edilen toplam katı madde Tablo 4.2.4 ve Şekil 4.2.4'de verilmiştir. Şeker pancarı yaprağı-sap atıkları-arıtma çamurunun kompostlaştırıldığı reaktörde toplam katı maddenin 24. gün 32480 mg/l'ye yükseldiği ve daha sonra azaldığı tespit edilmiştir. Özellikle en fazla toplam katı madde gideriminin 38-45.günler arasında olduğu ve 108. gün sonunda ise bu değerin 16340 mg/l'ye düştüğü görülmüştür. Bu reaktördeki toplam katı madde gideriminin % 50 civarında olduğu saptanmıştır. Diğer reaktörlerde toplam katı gideriminin önemli ölçüde olmadığı görülmüştür.

Tablo 4.2.4. Kompostlanan Materyallerin Toplam Katı Madde Değerleri.

Gün	mg/l		
	Ş. P. Y. - S.A.- A. Ç.	Ş. F. A. - Ş. P. Y.-A. Ç.	Ş. F. A.-A. Ç.
0	*	28260	24320
10	27660	28740	29680
17	28640	21900	29540
24	32480	29980	32080
31	31380	32060	35820
38	32580	33880	36380
45	24380	29200	30740
52	19340	29780	30640
59	17940	30380	31700
66	17640	30660	32360
73	15820	31580	33900
80	16080	32920	35180
94	15980	38120	36580
101	16120	39460	37940
108	16340	38280	38860

* Sızıntı suyu oluşmadığından numune alınamamıştır.



Şekil 4.2.4. Kompostlanan Materyallerin Toplam Katı Maddelerin Zamanla Değişimi.

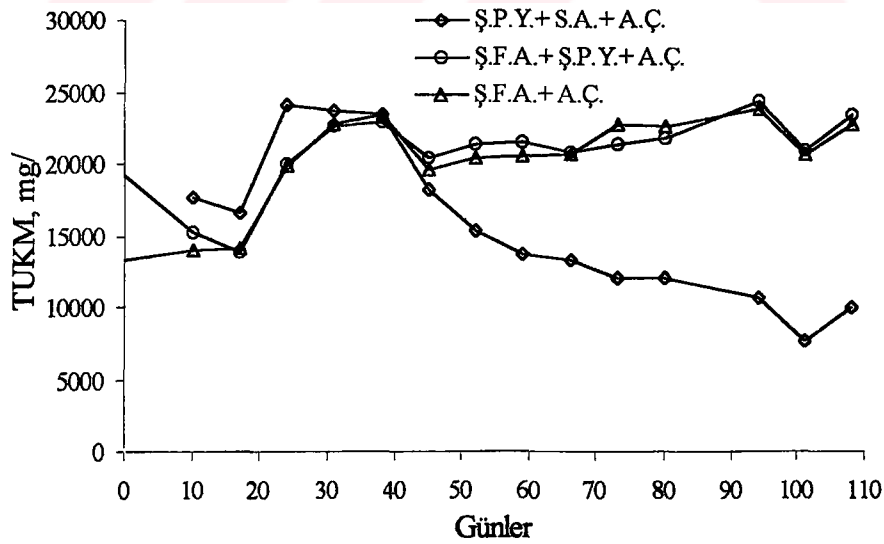
4.2. 5. Toplam Uçucu Katı Madde

Deneysel çalışma süresi boyunca reaktörlerde tayin edilen toplam katı madde konsantrasyonları Tablo 4.2.5 ve Şekil 4.2.5’de verilmiştir. Şeker pancarı yaprağı-sap atıkları arıtma çamurunun kompostlaştırıldığı reaktörde toplam katı maddenin 24. gün 24160 mg/l’ye yükseldiği ve bundan sonra azalmaya başladığı saptanmıştır. Özellikle en fazla giderimin 38-45.günler arasında olduğu ve 108. gün sonunda ise bu değer 9940 mg/l’ye indiği belirlenmiştir. Bu reaktörde uçucu katı madde gideriminin % 59 civarında olduğu diğer reaktörlerde ise uçucu katı madde gideriminin önemli ölçüde olmadığı görülmüştür. Badawi ve diğ.(1992), tarımsal ve kentsel nitelikli atıklarda yapmış oldukları kompostlaşma çalışmalarında uçucu katı madde gideriminin % 10.3 ile % 38.7 arasında değiştiğini belirtmektedirler. Arıkan (1996), evsel nitelikli katı atıkların kompostlaşabilirliği çalışmasında uçucu katı madde konsantrasyonunda % 25’in üzerinde bir azalma olduğunu saptamıştır. O’Keefe ve diğ.(1993), evsel katı atıkların kompostlaştırılmasında uçucu katı madde gideriminin % 49.7, bahçe atıklarında % 19 olduğunu belirtmişlerdir.

Tablo 4.2.5. Kompostlanan Materyallerin Toplam Uçucu Katı Madde Değerleri.

Gün	TUKM, mg/l		
	Ş. P. Y. - S.A. - A. Ç.	Ş. F. A. - Ş. P. Y.-A. Ç.	Ş. F. A.-A. Ç.
0	*	19120	13300
10	17650	15160	14020
17	16520	13820	14100
24	24160	19940	19920
31	23680	22540	22700
38	23380	22820	23460
45	18280	20360	19580
52	15400	21320	20380
59	13680	21540	20500
66	13340	20840	20720
73	12020	21400	22700
80	12020	21840	22540
94	10680	24340	23900
101	7640	20960	20740
108	9940	23460	22700

* Sızıntı suyu oluşmadığından numune alınamamıştır.

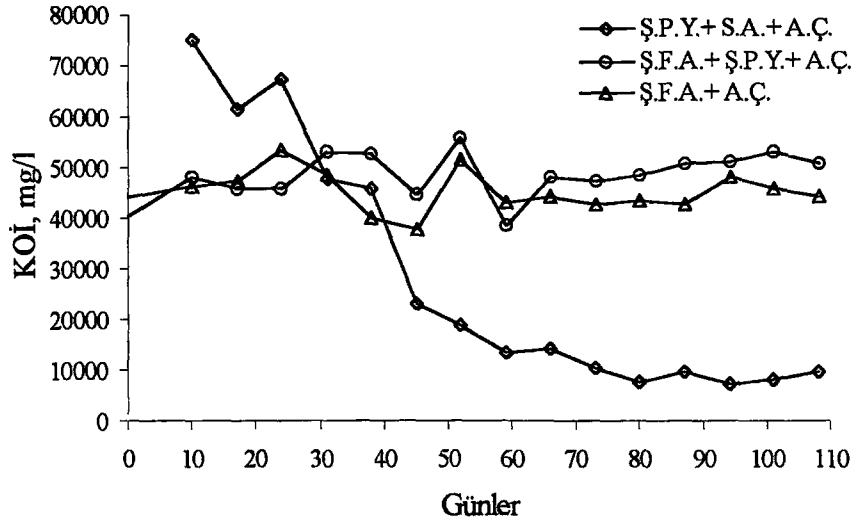
**Şekil 4.2.5. Kompostlanan Materyallerin TUKM Değerlerinin Zamanla Değişimi.**

4.2.6. KOİ

Deneysel çalışma süresi boyunca reaktörlerde tayin edilen KOİ değerleri Tablo 4.2.6 ve Şekil 4.2.6'da verilmiştir. Şeker pancarı yaprağı-sap atıkları-arıtma çamurunun kompostlaştırıldığı reaktörde başlangıç KOİ'si 75000 mg/l iken 100.gün sonunda KOİ 7000 mg/l'ye düşerek % 91'lik KOİ giderimi olduğu tespit edilmiştir. Bu atıkların konulduğu reaktörde en fazla giderimin 38-45.günler arasında olduğu, bir haftada KOİ'nin 45600 mg/l'den 23200 mg/l'ye düştüğü ve bu zaman periyodunda % 49'luk KOİ gideriminin gerçekleştiği belirlenmiştir. Şarap fabrikası atıkları-arıtma çamuru atıkları ile şeker pancarı yaprağı atıkları-sap atıkları-arıtma çamurlarının KOİ gideriminin % 15-20 civarında kaldığı tespit edilmiştir.

Tablo 4.2.6. Kompostlanan Materyallerin KOİ Değerleri.

Gün	KOİ (mg/l)		
	Ş. P. Y. - S.A.- A. Ç.	Ş. F. A. - Ş. P. Y.-A. Ç.	Ş. F. A.-A. Ç.
0	*	40200	44400
10	75000	48000	46000
17	61600	45600	47200
24	67200	45600	53600
31	47600	53200	48400
38	45600	52800	40000
45	23200	44800	37600
52	18800	55600	51600
59	13600	38400	43200
66	14170	48019	44083
73	10234	47232	42509
80	7872	48413	43296
87	9683	50617	42745
94	7200	51200	48000
101	8000	53200	45600
108	9600	50600	44200



Şekil 4.2.6. Kompostlanan Materyallerin KOİ Değerlerinin Zamanla Değişimi.

Arıkan (1996), evsel katı atıkların anaerobik kompostlaştırma çalışmasında sızıntı suyu KOİ'sinin % 25'in üzerinde azaldığını, Clarkson ve diğ. (2000), % 32-41 olduğunu saptamışlardır.

4.2.7. TKN

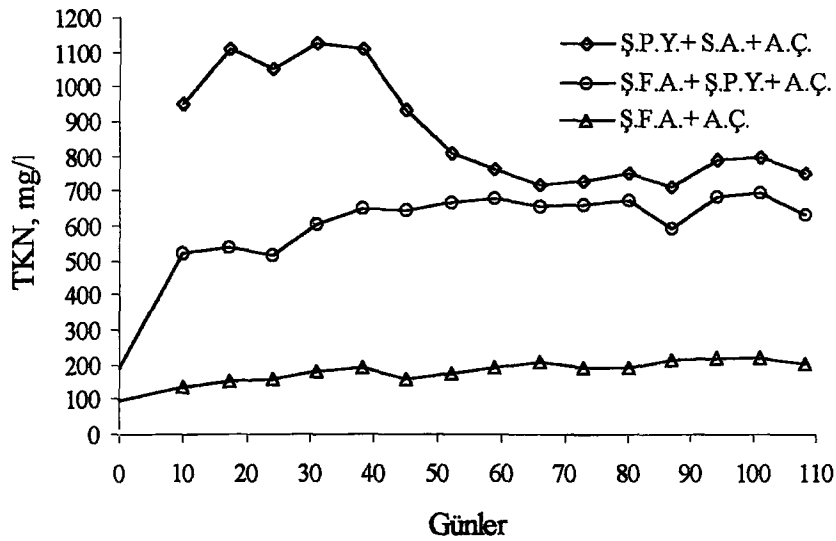
Deneysel çalışma süresi boyunca reaktörlerde tayin edilen TKN değerleri Tablo 4.2.7 ve Şekil 4.2.7'de verilmiştir. Şeker pancarı yaprağı-sap atıkları-arıtma çamurunun TKN'si 31.güne kadar yükselmiş ve bu zamandan itibaren düşme eğilimi göstermiştir. 1128 mg/l'den 712 mg/l'ye düştüğü gözlenmiştir. Diğer reaktörlerde TKN sabit bir değerde kaldığı görülmüştür. Cecchi ve diğ. (1990) ile Pera ve diğ.(1991), yaptıkları anaerobik kompostlaştırma çalışmalarında TKN'nin değişmediğini gözlemişlerdir.

Öztürk (1999), anaerobik sistemler için gerekli optimum KOİ/N/P oranlarının farklı organik maddeler göre 300/5/1-500/5/1 arasında olması gerektiğini bildirmektedir. Çalışmamızda bu oranının şarap fabrikası atıkları-arıtma çamuru karışımı haricindeki diğer reaktörlerde belirtilen aralıkta olduğu ancak şarap fabrikası atıkları -arıtma çamuru karışımında azotun sınırlayıcı faktör olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.2.7. Kompostlanan Materyallerin TKN Değerleri

Gün	TKN (mg/l)		
	Ş. P. Y. - S.A.- A. Ç.	Ş. F. A. - Ş. P. Y.-A. Ç.	Ş. F. A.-A. Ç.
0	*	194.8	94
10	950.8	518.5	135.5
17	1109.9	537.6	150.8
24	1050.6	515.2	159.0
31	1128.9	604.8	183.7
38	1108.8	652.4	192.6
45	934.0	647.4	156.8
52	807.5	667.5	174.7
59	763.8	676.5	194.8
66	720.2	655.2	211.7
73	730.2	663.0	194.9
80	750.4	672.0	193.8
87	712.3	593.6	215.0
94	790.7	683.2	219.52
101	797.4	694.4	220.6
108	754.9	636.0	203.0

* Sızıntı suyu oluşmadığından numune alınamamıştır.

**Şekil 4.2.7. Kompostlanan Materyallerin TKN Değerlerinin Zamanla Değişimi**

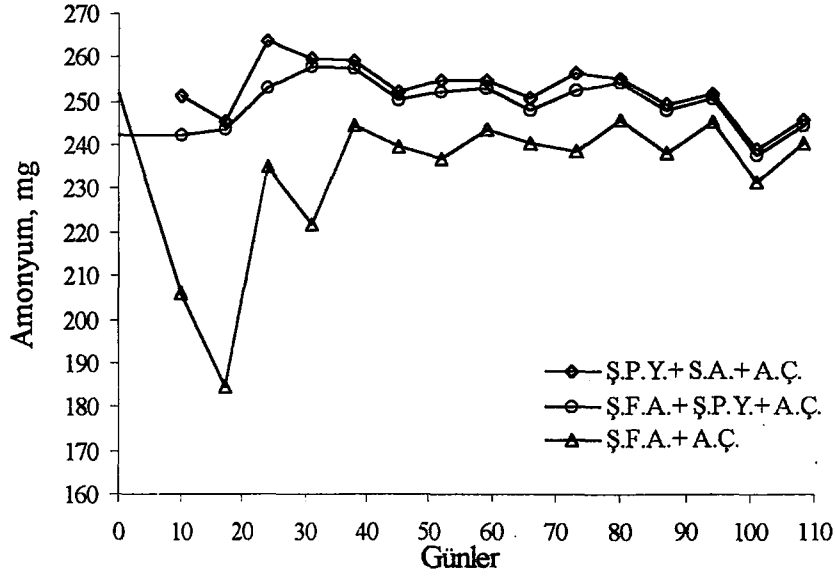
4.2. 8. Amonyum

Deneysel çalışma süresi boyunca reaktörlerde tayin edilen amonyum değerleri Tablo 4.23 ve Şekil 4.24’de verilmiştir. Tablo 4.2.8 ve Şekil 4.2.8’de görüldüğü gibi her üç reaktörde de kompostlama süresi boyunca amonyum konsantrasyonlarında önemli bir değişikliğin olmadığı saptanmıştır. Öztürk(1999), optimum şartlarda 8500 mg $\text{NH}_4^+\text{-N/l}$ gibi yüksek değerlerde herhangi bir inhibisyon olmadan anaerobik arıtımın mümkün olacağını vurgulamıştır. Çalışmamızda her üç reaktördeki amonyum düzeylerinin bu değerin oldukça altında olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.2.8. Kompostlanan Materyallerin Amonyum Konsantrasyonları.

Gün	Amonyum (mg/l)		
	Ş. P. Y. - S.A.- A. Ç.	Ş. F. A. - Ş. P. Y.-A. Ç.	Ş. F. A.-A. Ç.
0	*	242.06	251.88
10	251.06	242.06	206.05
17	245.34	243.69	184.77
24	263.64	252.79	234.96
31	259.93	257.93	221.87
38	259.27	257.62	244.43
45	252.19	250.51	239.56
52	254.71	252.19	237.04
59	254.77	253.07	243.70
66	250.63	248.11	240.53
73	256.56	252.66	238.59
80	255.24	254.46	245.85
87	249.33	248.11	238.35
94	251.55	250.75	245.19
101	239.14	237.87	231.56
108	245.75	244.45	240.53

* Sızıntı suyu oluşmadığından numune alınamamıştır.



Şekil 4.2.8. Kompostlanan Materyallerin Amonyum Konsantrasyonlarının Zamanla Değişimi

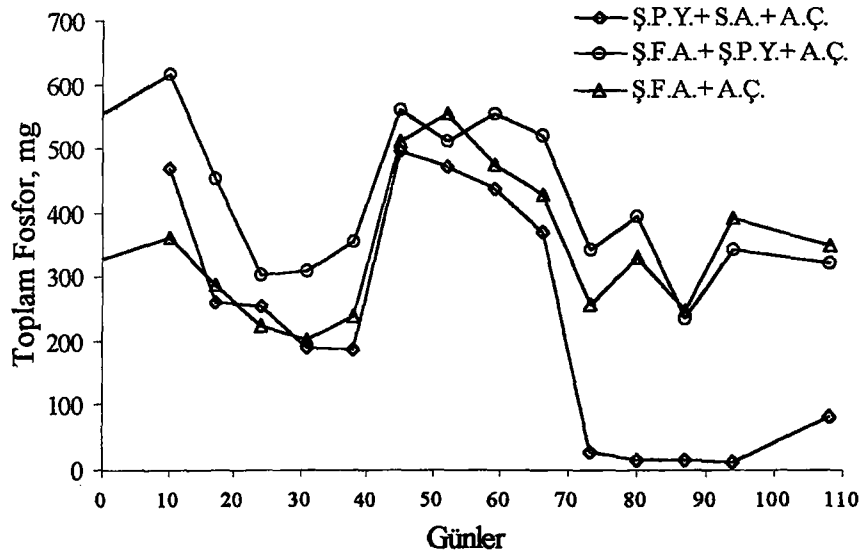
4.2.9. Fosfor

Deneysel çalışma süresi boyunca reaktörlerde tayin edilen toplam fosfor değerleri Tablo 4.2.9 ve Şekil 4.2.9'da verilmiştir. Şeker pancarı yaprağı-sap atıkları-arıtma çamurunun fosfor içeriği Tablo 4.24'de görüldüğü gibi 66.günde büyük düşüş gösterdiği saptanmıştır. Diğer reaktörlerde ise 80.günden sonra azalma söz konusu olmuştur. Her üç atık karışımının fosfor bakımından KOİ/N/P oranını sağladığı tespit edilmiştir. Özellikle şeker pancarı yaprağı-sap atıklar-arıtma çamurunun bulunduğu reaktörde 94. günden sonra sızıntı sularındaki fosfor değerlerinin artış göstermesinin buharlaşma nedeniyle oldukça azalan sızıntı suyu miktarından kaynaklanmaktadır.

Tablo 4.2.9. Kompostlanan Materyallerin Toplam Fosfor Değerleri

Gün	Fosfor (mg/l)		
	Ş. P. Y. - S.A. - A. Ç.	Ş. F. A. - Ş. P. Y.-A. Ç.	Ş. F. A.-A. Ç.
0	*	554.36	326.98
10	470.47	618.12	363.08
17	262.12	455.23	287.65
24	253.96	303.43	225.18
31	189.21	311.51	203.59
38	188.58	355.25	237.96
45	498.22	560.36	513.02
52	471.60	513.00	554.42
59	439.05	554.44	474.56
66	371.88	522.44	428.69
73	26.34	343.13	259.16
80	14.89	396.56	331.68
87	14.86	236.26	247.71
94	12.87	345.21	393.11
108	81.65	323.70	348.77

* Sızıntı suyu oluşmadığından numune alınamamıştır.

**Şekil 4.2.9. Toplam Fosfor Konsantrasyonlarının Zamanla Değişimi.**

4.2.10. Mikrobiyoloji (Hijyenik Kalite)

Deneysel çalışma süresi boyunca reaktör sızıntı sularında belirlenmiş olan toplam koliform sayıları (adet/100 ml) Tablo 4.2.10'da fekal koliform sayıları ise Tablo 4.2.11'de verilmiştir. Reaktörlere göre toplam koliform ve fekal koliform sayılarının zamana göre değişimleri sırasıyla Şekil 4.2.10, Şekil 4.2.11 ve Şekil 4.2.12'de gösterilmiştir. Şeker pancarı yaprağı-sap atıkları-arıtma çamurunun kompostlaştırıldığı reaktörde sızıntı suyu alımı geciktiğinden mikrobiyolojik analizler 15. gün sonunda yapılmıştır. Toplam ve fekal koliformun 36. gün hariç genelde bir düşüş gösterdiği, şarap fabrikası atıkları-şeker pancarı yaprağı-arıtma çamurunun ve şarap fabrikası atıkları-arıtma çamurunun kompostlaştırıldığı reaktörlerde toplam ve fekal koliformun zamanla düştüğü saptanmıştır. Cecchi ve diğ.(1990), katı atıkların anaerobik kompostlaştırılmasında toplam koliform bakterilerinin başlangıçtaki miktarının düştüğünü saptamıştır. Pera ve diğ. (1991), yapmış oldukları evsel katı atıkların temofilik anaerobik kompostlanmanın başlangıçtaki toplam koliform ve fekal koliform'un proses sonunda bulunmadığını belirtmektedirler

Tablo 4.2.10. Reaktör Sızıntı Sularında Toplam Koliform Sayıları.

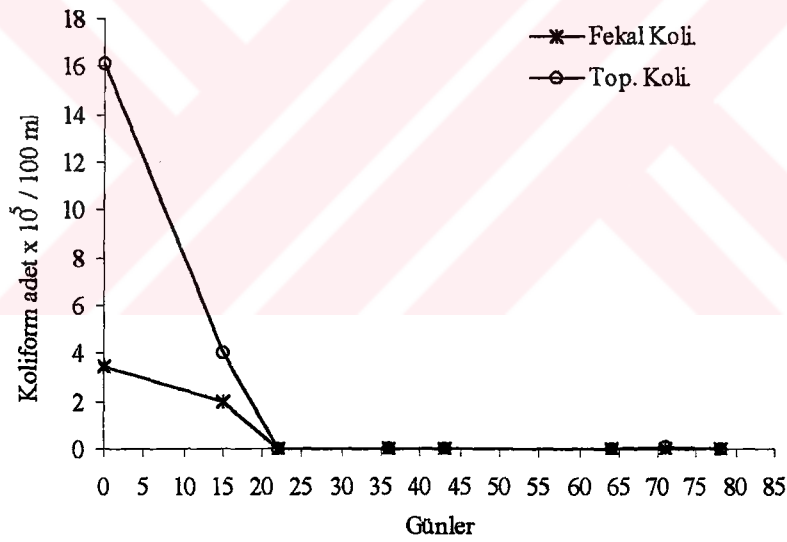
Gün	Toplam Koliform Adet/100 g K.M		
	Ş. P. Y. - S.A.- A. Ç.	Ş. F. A. - Ş. P. Y.-A. Ç.	Ş. F. A.-A. Ç.
0	*	240. 10 ⁵	16,09. 10 ⁵
15. gün	130. 10 ⁵	4. 10 ⁵	4. 10 ⁵
22. gün	7. 10 ⁵	0,21. 10 ⁵	0,004. 10 ⁵
36. gün	169. 10 ⁵	16,09. 10 ⁵	0,004. 10 ⁵
43. gün	22. 10 ⁵	4. 10 ⁵	0,009. 10 ⁵
64. gün	34,5. 10 ⁵	0,014. 10 ⁵	0,033. 10 ⁵
71. gün	-	0,008. 10 ⁵	0,004. 10 ⁵
78. gün	34,8. 10 ⁵	0,172. 10 ⁵	0,049. 10 ⁵

* Sızıntı suyu oluşmadığından numune alınamamıştır.

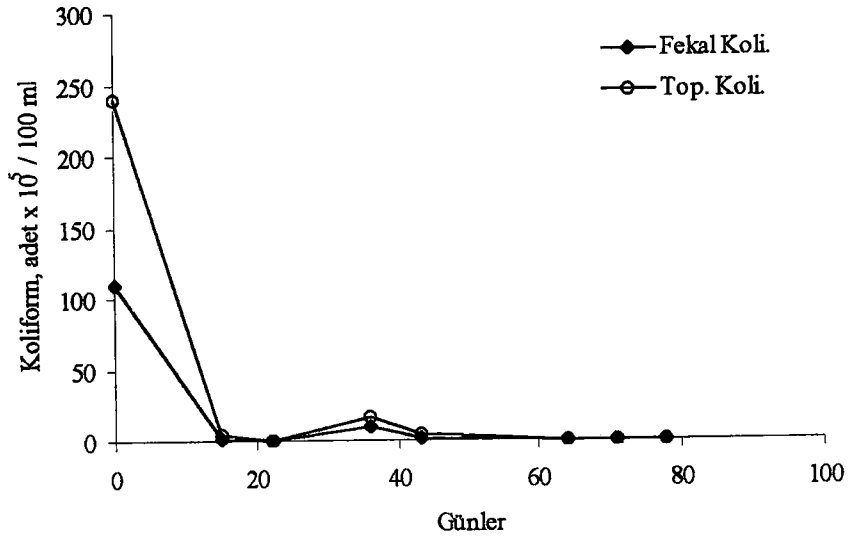
Tablo 4.2.11. Reaktör Sızıntı Sularında Fekal Koliform Sayıları.

Gün	Fekal Koliform Adet/100 g K.M		
	Ş. P. Y. - S.A.- A. Ç.	Ş. F. A. - Ş. P. Y.-A. Ç.	Ş. F. A.-A. Ç.
0	*	$109. 10^5$	$3,45. 10^5$
15. gün	$33. 10^5$	$2. 10^5$	$2. 10^5$
22. gün	$0,79 10^5$	$0,04. 10^5$	$0,002. 10^5$
36. gün	$98 10^5$	$9,18. 10^5$	$0,002. 10^5$
43. gün	$4. 10^5$	$2. 10^5$	$0,008. 10^5$
64. gün	$17,2. 10^5$	$0,004. 10^5$	$0,021. 10^5$
71. gün	-	$0,004 10^5$	$0,002. 10^5$
78. gün	$17,2. 10^5$	$0,004. 10^5$	$0,004. 10^5$

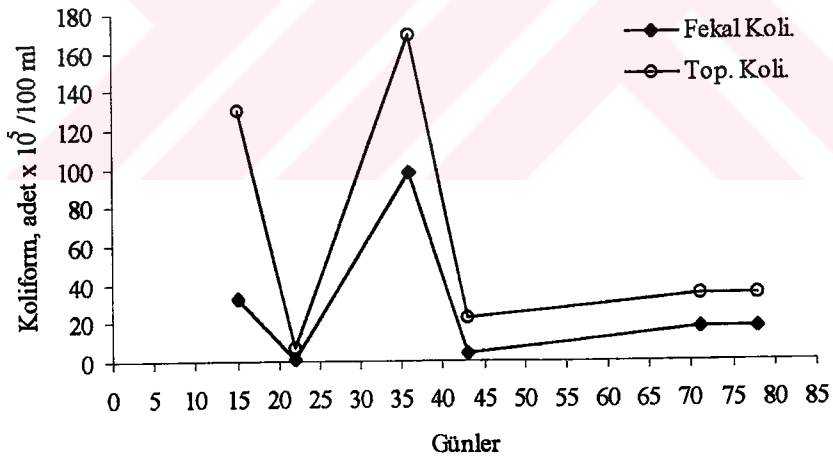
* Sızıntı suyu oluşmadığından numune alınmamıştır.



Şekil 4.2.10. Şarap Fabrikası – Arıtma Çamuru Karışımında Toplam Koliform ve Fekal Koliform Miktarlarının Zamanla Değişimi.



Şekil 4.2.11. Şarap Fabrikası Atıkları –  eker Pancarı Yapradı-Aritma  amuru Karışımında Toplam Koliform ve Fekal Koliform Miktarlarının Zamanla Değişimi.



Şekil 4.2.12.  eker Pancarı Yapradı-Sap Atıkları-Aritma  amuru Karışımında Toplam Koliform ve Fekal Koliform Miktarlarının Zamanla Değişimi.

4.2.11. Biyogaz Üretimi

Anaerobik kompostlama esnasında her bir reaktörde gaz üretimi izlenmiş sadece şarap fabrikası atıkları-şeker pancarı yaprağı-arıtma çamurunun konulduğu reaktörden gaz alınabilmektedir. Diğer iki reaktörde gaz kaçağı giderilemediği için oluşan gazların özellikleri belirlenememiştir. Gazın oluştuğu reaktörden alınan gazların bileşiminin % 47.4 - % 52 arasında CH_4 , geriye kalanın ise CO_2 ve diğer gazlardan oluştuğu ölçülmüştür.

4.2.12. Kompost Kalitesi

Kompostlaştırma sonucunda elde edilen kompost ürününün özellikleri Tablo 4.2.12’de verilmiştir. Tablo 4.2.12’de görüldüğü gibi anaerobik olarak en fazla stabil hale gelen atık karışımının şeker pancarı yaprağı-sap atıkları-arıtma çamuru olduğu belirlenmiştir. Bu atıkların başlangıç C/N oranının 21.24’den 11.24’e düştüğü saptanmıştır. Şarap fabrikası atıkları-şeker pancarı yaprağı-arıtma çamurunun C/N oranının 19.13’den 17.29’a, şarap fabrikası atıkları-arıtma çamuru karışımının ise 23.82’den 21.11’e düştüğü tespit edilmiştir. Bu son iki atık karışımında C/N oranının yeteri kadar düşmediği görülmektedir. Aynı şekilde atıkların selüloz içeriğinde de en fazla azalmanın şeker pancarı yaprağı-sap atıkları-arıtma çamuru karışımında olduğu ve bu karışımlardan şeker pancarı yaprağı-sap atıkları-arıtma çamuru karışımında % 46, şarap fabrikası atıkları-şeker pancarı yaprağı-arıtma çamurunda % 13 şarap fabrikası atıkları-arıtma çamurunda ise % 18 selüloz gideriminin olduğu tespit edildi. Tüm reaktörlerde pH değerlerinin arttığı belirlenmiştir. Şeker pancarı yaprağı-sap atıkları-arıtma çamurunda karışımında pH 5.50’den 9.65’e, şarap fabrikası atıkları-şeker pancarı yaprağı-arıtma çamurunda 4.55’den 6.04’e, şarap fabrikası atıkları-arıtma çamurunda ise 4.70’den 6.08’e yükseldiği tespit edildi. İletkenlik Şeker pancarı yaprağı-sap atıkları-arıtma çamuru karışımında artarken diğer materyallerde azalmış olup elde edilen bulgular Tablo 4.2.12’de verilmiştir. Kompostlaştırılan atıklardan elde edilen ürünlerde mikrobiyal açıdan toplam koliform ve fekal koliform sayılarında da bir azalma görülmüştür. Toplam koliform miktarının Şeker pancarı yaprağı-sap atıkları-arıtma çamuru karışımında $2400 \cdot 10^6$ ’dan $940 \cdot 10^6$ ’ya, şarap fabrikası atıkları-şeker pancarı yaprağı-arıtma çamuru karışımında $1609 \cdot 10^6$ ’den $0.33 \cdot 10^6$ ’ya, şarap fabrikası atıkları-arıtma çamuru karışımında $16,09 \cdot 10^6$ ’dan $3,3 \cdot 10^6$ ’ya

düştüğü ve en fazla azalmanın % 99.9'luk bir oranla şarap fabrikası atıkları-şeker pancarı yaprağı-arıtma çamuru karışımının olduğu reaktörde meydana geldiği belirlenmiştir. Fekal koliform miktarının şeker pancarı yaprağı-sap atıkları-arıtma çamuru karışımında 33.10^6 'dan $22,1.10^6$ 'ya, şarap fabrikası atıkları-şeker pancarı yaprağı-arıtma çamuru karışımında 918.10^6 'dan $0,16.10^6$ 'ya, şarap fabrikası atıkları-arıtma çamuru karışımında ise $9,18.10^6$ 'dan $2,3.10^6$ 'ya düştüğü saptanmıştır. En fazla giderimin yine % 99.9'luk bir oranla şarap fabrikası atıkları-şeker pancarı yaprağı-arıtma çamuru karışımının bulunduğu reaktörde meydana geldiği tespit edilmiştir.

Anaerobik kompostlaştırma çalışmalarında metallerle ilgili elde edilen analiz sonuçları Tablo 4.2.13'de verilmiştir. Tablo 4.1.13'deki çeşitli ülkelerde kompost için verilen limitlerle kıyaslandığında çalışmamızda elde edilen anaerobik kompost ürünlerinde metal düzeylerinin bu limitlerin altında kaldığı tespit edilmiştir. Tüm reaktörlerde Na miktarındaki artış nedeninin reaktörlere ilave edilen NaOH'den kaynaklandığı sanılmaktadır.

Tablo 4.2.12. Anaerobik Kompostlaştırmada Bileşimlerin C/N Oranlarındaki Değişimler.

Parametre	Bileşimler					
	Ş.P.Y- Ş.F.A-A.Ç.		Ş.P.Y.-S.A.- A.Ç.		Ş.F.A.-A.Ç.	
	Başlangıç	Bitiş	Başlangıç	Bitiş	Başlangıç	Bitiş
Nem (%)	75	77	75	86	73,3	80
PH	4.55	6.04	5.50	9.65	4.70	6.08
İletk.(mS/cm)	4.44	6.56	5.75	4.66	4.14	6.72
C (%)	49.68	45.00	40.42	38.84	49.00	48.68
N (%)	2.597	2.602	1.908	3.456	2.057	2.300
C/N (%)	19.13	17.29	21.24	11.24	23.82	21.11
S (%)	0.226	0.165	0.23	0.491	0.118	0.078
Selüloz (%)	21.89	19.12	30.5	16.62	19.81	16.19
UKM (%)	91	88	88	77	91	86
Top.Koliform (adet/100 g y.a.)	1609.10^6	$0,33.10^6$	2400.10^6	940.10^6	$16,09.10^6$	$3,3.10^6$
Fek.Koliform (adet/100 g y.a.)	918.10^6	$0,16.10^6$	33.10^6	$22,1.10^6$	$9,18.10^6$	$2,3.10^6$

Tablo 4.2.13. Anaerobik Kompostlanan Materyallerin Metal İçeriklerinin Zamanla Değişimi.

Metaller (ppm)	Bileşimler					
	Ş.P.Y- Ş.F.A-A.Ç.		Ş.P.Y.-S.A.- A.Ç.		Ş.F.A.-A.Ç.	
	Başlangıç	Bitiş	Başlangıç	Bitiş	Başlangıç	Bitiş
Cu	52	74	18	116	47	45
Mn	40	64	30	113	42	50
Zn	73	155	32	213	58	65
Fe	658	964	1121	2133	689	743
Mg	2166	2180	2750	5836	998	839
Ca	20170	18914	74365	124546	29608	15335
Na	1533	8534	4523	7500	606	4553
K	11889	10841	7477	10760	13082	7188
Cd	*	*	*	*	*	*
Pb	*	*	*	*	*	*
Cr	*	*	*	*	*	*
Ni	*	*	*	*	*	*

* Tayin limitinin altında.

5. SONUÇLAR

Şeker pancarı yaprağı-sap atıkları-arıtma çamuru karışımının kompostlaştırıldığı reaktörde termofilik faz 24 gün sonra, kompostlama ise 52 gün sonra tamamlanmıştır. Şeker pancarı yaprağı-şarap fabrikası atıkları -arıtma çamuru karışımının kompostlandığı reaktörde termofilik faz 21.gün sona ermiş ve mezofilik faza geçilmiştir. Bu reaktörde kompostlama 52 gün sonra bitmiştir. Şarap fabrikası atıkları-arıtma çamurunun kompostlaştırıldığı reaktörde kompostlama 56 günde tamamlanmıştır. Şeker pancarı yaprağı-sap atıkları-arıtma çamuru karışımının kompostlaştırıldığı 64 °C reaktörde şeker pancarı yaprağı-şarap fabrikası atıkları -arıtma çamuru karışımının kompostlandığı reaktörde 71 °C şarap fabrikası atıkları-arıtma çamurunun kompostlaştırıldığı reaktörde maksimum 73 °C'lik sıcaklığa ulaşılmıştır.

Aerobik kompostlamada şeker pancarı yaprağı-buğday sap atıkları-arıtma çamurunun pH başlangıçta 5.44, 52.günde 8.96 olmuştur. Şarap fabrikası atıkları-şeker pancarı yaprağı-arıtma çamurunun pH'ı başlangıçta 4.21 iken 52.günün sonunda 7.33 olmuştur. Şarap fabrikası atıkları-arıtma çamurunun başlangıç ve 52.gün sonundaki pH değerleri 4.74 ve 6.96 olmuştur. Anaerobik kompostlamada şeker pancarı yaprağı-sap atıkları-arıtma çamurunda karışımında pH 5.50'den 9.65'e, şarap fabrikası atıkları-şeker pancarı yaprağı-arıtma çamurunda 4.55'den 6.04'e, şarap fabrikası atıkları-arıtma çamurunda ise 4.70'den 6.08'e yükselmiştir. Diğer parametrelerle birlikte kompostların stabilitesini gösteren pH parametresi göz önünde bulundurulursa aerobik kompostlamada elde edilen tüm ürünlerin stabil hale geldiği, anaerobik kompostlamada ise şeker pancarı yaprağı-sap atıkları-arıtma çamurunun stabil hale geldiği belli olmaktadır.

Şeker pancarı yaprağı-sap atıkları, şarap fabrikası atıkları-şeker pancarı yaprağı-arıtma çamuru ve şarap fabrikası atıkları-arıtma çamuru aerobik kompostlama sonunda stabil hale geldiği C/N oranından anlaşılmaktadır. Çünkü şeker pancar yaprağı-sap atıkları-arıtma çamuru karışımının olduğu reaktörün başlangıç C/N oranı 25.38 iken çalışmanın sonunda bu oran 13.52'ye inmiştir. Şarap fabrikası atıkları-şeker pancarı yaprağı-arıtma çamurunun C/N oranı 24.82'den 14.91'e, şarap fabrikası atıkları-arıtma çamurunun C/N oranı 28.78'den 16.90'a düşmüştür. Anaerobik olarak en fazla stabil hale gelen atık karışımı, şeker pancarı yaprağı-sap atıkları-arıtma çamuru karışımıdır. Bu atıkların başlangıç C/N oranı 21.24'den 11.24'e

düştüğü saptanmıştır. Şarap fabrikası atıkları-şeker pancarı yaprağı-arıtma çamurunun C/N oranı başlangıç ve sonda sırasıyla 19.13, 17.29, şarap fabrikası atıkları-arıtma çamurunun ise 23.82 ve 21.11 olmuştur. Şarap fabrikası atıkları-şeker pancarı yaprağı-arıtma çamuru ve şarap fabrikası atıkları-arıtma çamuru C/N bakımından aerobik kompostlamada stabil hale gelirken anaerobik kompostlama çalışmasında yeteri kadar stabil hale gelmemiştir. Şeker pancarı yaprağı-sap atıkları-arıtma çamurunun kompostlandığı reaktörde uçucu katı madde miktarı başlangıçta % 87.4 iken çalışmanın sonunda % 72'ye düşmüştür. Şarap fabrikası atıkları-arıtma çamuru ile şeker pancarı yaprağı, şarap fabrikası atıkları-arıtma çamuru karışımlarının uçucu katı oranları başlangıçta ve sonda sırasıyla % 90- % 86.7 ve % 91- % 86.7 olmuştur.

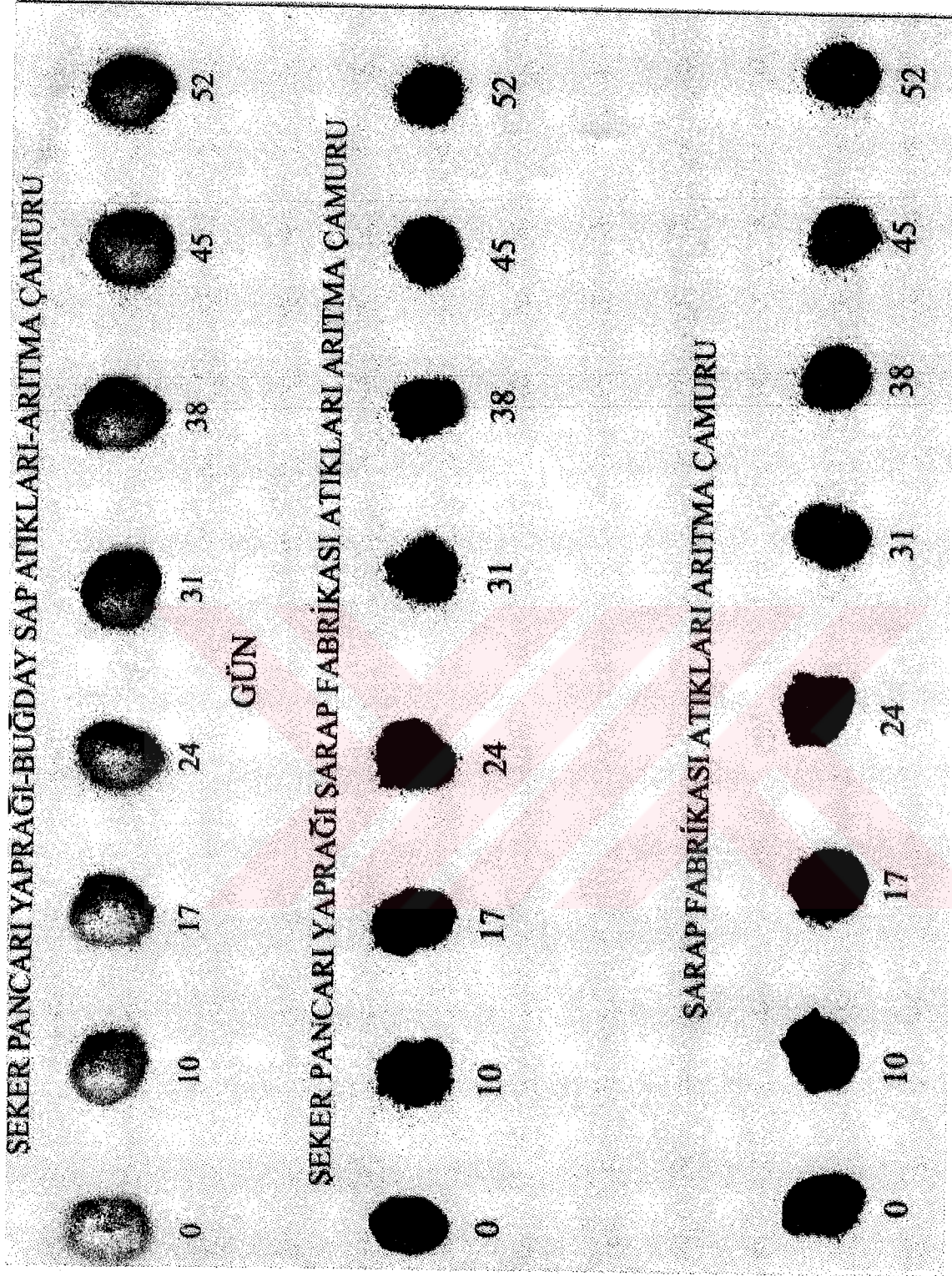
Şeker pancarı yaprağı-sap atıkları-arıtma çamurunun aerobik olarak kompostlandığı reaktörde % 40 civarında bir selüloz kaybı olmuştur. Şarap fabrikası atıkları-arıtma çamuru ile şeker pancarı yaprağının selüloz içeriği % 25.4 azalırken şarap fabrikası atıkları-arıtma çamuru karışımının selüloz içeriği % 43 azalmıştır. Anaerobik kompostlamada selüloz içeriğinde de en fazla azalma şeker pancarı yaprağı-sap atıkları-arıtma çamurunda karışımında olmuştur. Bu atık karışımında % 46, şarap fabrikası atıkları-şeker pancarı yaprağı-arıtma çamurunda % 13 şarap fabrikası atıkları-arıtma çamurunda ise % 18 selüloz giderimi olmuştur.

Kompost ürünlerinin mikrobiyal içerikleri en fazla anaerobik kompostlamada azalmıştır. Bunun nedeninin, aerobik reaktörlerin periyodik olarak açılması, materyallerin reaktörlerden dışarı alınıp karıştırılması ve burada kontaminasyonun olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Aerobik kompostlamada kesikli sistem için uçucu katı madde, toplam karbon ve organik maddenin bir fraksiyonu olan selüloz ile radyoaktif bozunmanın birinci dereceden kinetiklere uyduğu belirlenmiştir. Bütün kinetik sabitleri için verilerin lineer korelasyonu, R^2 ile kontrol edilmiştir. Lineer regresyon katsayılarının yüksek çıkması, kompostlama esnasında organik madde parçalanmasının ve radyoaktif bozunmanın birinci dereceden kinetiklere uyduğunu göstermektedir. Şeker pancarı yaprağı-buğday sap atıkları-arıtma çamuru

karışımının reaksiyon hız sabiti UKM için $k = 0.0242 \text{ gün}^{-1}$ ($R^2 = 0.998$), karbon için $k = 0.0223 \text{ gün}^{-1}$ ($R^2 = 0.996$), selüloz için $k = 0.0296 \text{ gün}^{-1}$ ($R^2 = 0.969$), radyoaktif bozunma için $k = 0.0693 \text{ gün}^{-1}$ ($R^2 = 0.842$), şarap fabrikası atıkları-şeker pancarı yaprağı-arıtma çamuru karışımının reaksiyon hız sabiti UKM için $k = 0.0088 \text{ gün}^{-1}$ ($R^2 = 0.888$), karbon için $k = 0.0092 \text{ gün}^{-1}$ ($R^2 = 0.908$), selüloz için $k = 0.0139 \text{ gün}^{-1}$ ($R^2 = 0.890$), radyoaktif bozunma için $k = 0.0453 \text{ gün}^{-1}$ ($R^2 = 0.982$), şarap fabrikası atıkları -arıtma çamuru karışımının reaksiyon hız sabiti UKM için $k = 0.0056 \text{ gün}^{-1}$ ($R^2 = 0.938$) karbon için $k = 0.0050 \text{ gün}^{-1}$ ($R^2 = 0.968$) selüloz için $k = 0.0143 \text{ gün}^{-1}$ ($R^2 = 0.868$) radyoaktif bozunma için $k = 0.0234 \text{ gün}^{-1}$ ($R^2 = 0.974$) bulunmuştur.

Sonuç olarak tüm atıkların aerobik kompostlaştırmada stabil hale geldiği, anaerobik kompostlamada ise sadece şeker pancarı yaprağı-buğday sap atıkları-arıtma çamuru karışımının stabil hale geldiği görülmüştür. Çalışmamızda elde edilen sonuçlardan aerobik kompostlamasının anaerobik kompostlamaya göre daha avantajlı olduğu sonucuna varılmıştır. İşletim problemleri, atıkların stabil hale gelmesinin gecikmesi, koku problemleri anaerobik kompostlamanın dezavantajları olduğu görülmüştür. Kompost ürünlerinin olgunluğunun göstergesi olarak kabul edilen renk değişimleri Fotoğraf 4.1 de verilmiştir.



Fotoğraf 4.1. Kompost Ürünlerinde Zamanla Renk Değişimi

KAYNAKLAR

- Alkan, H., Göksel, S.A., 1975, Türkiye kaplıca ve maden sularının doğal radyoaktiviteleri ve sulara radon tayini, TÜBİTAK 5. Bilim Kongresi.
- Altınbaş, M., 2000, Anason posasının aerobik kompostlaşabilirliğinin araştırılması. Yük.Lis. Tezi İ.T.Ü. Fen Bil. Ens. İstanbul.
- AOAC., 1990, Official methods of analysis association of agricultural chemist. Virginia, D. C. USA.
- Arıkan, O.S., 1996, İstanbul katı atıklarının karakterizasyonu ve havasız kompostlaşabilirliği üzerine bir çalışma. Yük. Lis. Tezi, İ.T.Ü. Fen Bil. Ens., İstanbul, 89 s.
- AWWA, APHA, WPCF, 1989, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Washington.
- Badawi, M. A., Blanc, F. C., Wise, D. L., El-Shinnawi, M. M., Abo-Elnaga, S. A. and El-Shimi, S. A., 1992, Anaerobic treatment with methane recovery of agricultural and village wastes. Resources, Conservation and Recycling., 7, 305-323.
- Baştürk, A., 1976, Kompostlaştırmaya tesir eden faktörler ve koagülasyon maddelerinin reaksiyona etkisi. Doktora Tezi, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İstanbul, 209 s.
- Bilgin, N., Alluşoğlu S. ve Oruç., S.,1997, İkinci kademe arıtılmış kentsel nitelikli atıksu arıtma çamurlarının tarımda kullanılma olanaklarının araştırılması. Köy Hiz. Arş. Projesi, Proje No: 973230B01, Ankara, 21 s.
- Brohi, A. ve Topbaş, M.T., 1999, Gübreler ve gübreleme. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları Serisi, Tokat, 227 s.

- Canbazoğlu, C., 1998, Elazığ ve çevresindeki içme ve kullanım sularında radyoaktivite seviyelerinin tayini, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üni. Fen Bilimleri Enst., Elazığ.
- Cecchi, F., Vallini, G. and Mata-Alvarez, J., 1990, Anaerobic digestion and composting in an integrated strategy for managing vegetable residues from agro-industries or sorted organic fraction of municipal solid waste. *Wat. Sci. Tech.*, 22, 9, 33-41.
- Chefetz, B., Hatcher, P. G., Hadar, Y. and Chen, Y., 1996, Chemical and biological characterization of organic matter during composting of municipal solid waste. *J. Environmental Qual.*, 25, 776-785.
- Clarkson, W.W., and Xiao W., 2000, Bench-scale anaerobic bioconversion of newsprint and office paper. *Water Science & Technology*. 41:3. 93-101.
- De Bertoldi, M.,G. Vallini, and A.Pera 1982, Comparison of three windrow compost systems. *BioCycle*. 23(2):45-50.
- Edelmann, W. and Engeli, H., 1993, Combined digestion and composting of organic industrial and municipal wastes in Switzerland. *Wat. Sci. Tech.*, 27, 2, 169-182.
- Epstein, E. and R.I.Chaney. 1979, Land disposal of toxic substances and water-related problems. *J.Water Pollution Control Federation*. 50:2037-2042.
- Epstein, E., 1997, The science of composting. Elsevier Technomic Publishing Company, USA, 487 p.
- Erdin, E., 1978, Kentsel Katı Atıkların Kompostlaştırılarak Kazanılması. E.Ü. İnşaat Fak. Müh. Böl. Doçentlik Tezi (Basılmamış), İzmir, 126 s.

Filibeli, A., Arıtma çamuru ve konsantre organik atıkların aerobik termofilik stabilizasyonu. Doktora Tezi. D.E.Ü.Fen Bil.Ens.İzmir.

Hackett, G. A. R., Easton, C. A. and Duff, S. J. B., 1999, Composting of pulp and paper mill ash with wastewater treatment sludge. Bioresource Tech., 70, 217-224.

Hakerlerler, H., 1980, Kentsel katı artıklardan gübre olarak değerlendirilmeleri. E.Ü.Z.F. Derg., 17/3, 113-131.

Hemphill, D.D. 1972, Availability of trace elements to plants with respect to soil-plant interaction, pp-46-61. Geochemical Environment in Relation To Health and Diseases. ANN. New York Acad. Sci. Vol. 199. New York.

Hamoda, M.F., Abu Qdais H.A., Newham J., 1998, Evaluation of municipal solid waste composting kinetics. Resources, Conservation and Recycling 23. pp. 209-223.

Hirai, M.F., V.Chanyasak, and H.Kubuta. 1983, A standard method for measurement of compost maturity. BioCycle. 24:54-56.

Jeris, J.S. and R.W.Regan 1973c, Controlling environmental parameters for optimal composting. Part III Compost Sci. 14(3):16-22.

Jimenez, E.I., and V.P. Garcia. 1992, Determination of maturity indices for city refuse composts. Agric. Ecosyst. Environ. 38:331-343.

Kacar, B., 1984, Bitki besleme. A.Ü. Zir. Fak. yayınları: 899, Ders Kitabı: 250, Ankara, 317 s.

Kacar, B., 1997, Gübre bilgisi. Ankara Üniv. Ziraat Fakül. Yayını, yayın no: 1490, Ankara, 441 s.

Kacar, B., 1998, Toprak analizleri. Ankara Üniv. Ziraat Fakül. Yayını, yayın no: 3, Ankara, 705 s.

- Karim, A. and M.U.Chowdhury., 1958, Decomposition of organic wastes. *Soil Sci.* 85:51-54.
- Karahan, G., 1997, İstanbul'un çevresel radyoaktivitesinin tayini ve doğal radyasyonların yıllık etkin doz eşdeğeri, Doktora Tezi, İTÜ Nükleer Enj. Enst., İstanbul.
- Keller, P., 1961, Methods to evaluate maturity of compost. *Compost Sci.*, 2, 3, 20-26.
- Kirchmann, H. and Widen, P., 1994, Fatty acid formation during composting of separately collected organic householdwastes. *Compost Sci. and Utilization*, 2, 1, 17-19.
- Kuhlman, L. R., 1990, Windrow composting of agricultural and municipal wastes. *Resources, Conservation and Recycling.*, 4, 151-160.
- O'Keefe, D. M., Chynoweth, D. P., Barkdoll, A. W., Nordstedt, R. A., Owens, J. M. and Sifontes, J., 1993, Sequential batch anaerobic composting of municipal solid waste (msw) and yard waste. *Wat. Sci. Tech.*, 27, 2, 77-86.
- Öztürk, İ., Arıkan, O. A., Demir, İ., Demir, A., İnanç, B., Kanat, G. ve Yılmaz, S., 1997, İstanbul katı atıklarının karakterizasyonu ve aerobik (havali) kompostlaşabilirliği. İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı İstanbul evsel katı atıklarında havasız ortamda kompostlaşabilirlik ve biyoenerji geri kazanımı ile mevcut düzenli depolama sahaları (Kömürcüoda ve Odayeri) sızıntı suyu arıtımı araştırması projesi ara raporu. İTÜ İnş. Fakül. Çevre Müh. Bölümü, İstanbul, 75 s. 441 s.
- Öztürk, İ., 1999, Anaerobik biyoteknoloji ve atık arıtımındaki uygulamaları. Su Vakfı yayınları, İstanbul, 320 s.
- Pera, A., Vallini, G., Frassinetti, S. and Cecchi, F., 1991, Co-composting for managing effluent from thermophilic anaerobic digestion of municipal solid waste. *Environmental Tech.*, 12, 1137-1145.

- Pirson, A. 1955, Functional aspects in mineral nutrition of green plants. *Ann.Rev.Plant Physiol.* 6:71-114.
- Poincelot, R.P.1972. The biochemistry and methodology of composting. *Conn. Agr. Expt.Sta.Bull.*754. New Haven.
- Rao Bhamidimarri, S. M. and Pandey, S. P., 1996, Aerobic thermophilic composting of piggery solid wastes. *Wat. Sci. Tech.*, 33, 8, 89-94.
- Regan, R.W and J.S.Jeris, 1970, A reiw of the decomposition of cellulose and refuse. *Compost Sci.* 11(1):17-20.
- Rivard, C. J., Rodriguez, J. B., Nagle, N. J., Self, J. R., Kay, B. D., Soltanpour, P. N. and Nieves, R. A., 1995, Anaerobic digestion of municipal solid waste. *Applied Biochem. and Biotech.*, 51/52,125-135.
- Rodriguez I.J., Castrillon P.L., Maranon M. E., and Sastre A. H., 1999, Biomethanization of municipal solid waste in a pilot plant. *Wat. Res.*, 34, 2, 447-454.
- Sesay, A. A., Lasaridi, K. E. and Stentiford, E. I., 1998, Aerated static pile composting of municipal solid waste (msw): a comparsion of positive pressure aeration with hybrid positive and negative aeration. *Waste Management and Res.*, 16, 3, 264-272.
- Schultz. K.L.1960, Rate of oxygen consumption and respiratory quotients durin aerobic decomposition of a synthetic garbage. *Compost Sci.* 1:36-40
- Schultz. K.L.,1961, Aerobic decomposition of organic waste materials. Final Report. Project RG-4180.National Institutes of Health, Washington.
- Topbaş M.T., Brohi A.R., Karaman., 1998, Çevre Kirliliği. Çevre Bakanlığı Yayınları. Ankara.

- Vallini, G., Pera, A., Cecchi, f., Briglia, M., Perghem, F.,1989, Compost detoxification of vegetable tannery sludge. Waste Manag.&Research, 7,277-290.
- Verdonck, O, De Boodt M., Stradiot P., 1984, The use of tree bark and tobacco waste in agriculture and horticulture. Composting of agricultural and other wastes. Agricultural and Food Research Council, London. UK.
- Yanko, W.A. 1988, Occurrence of Pathogens In Distribution and Marketing. Report No. EPA/1-87/014.
- West, M. E., Brown, K. W. and Thomas, J. C., 1998, Methane production of raw and composted solid waste in simulated landfill cells. Waste Management and Res., 16, 5, 430-436.
- Wiley, J.S and G.W.Pierce 1955, A preliminary study of high rate composting. Proc. Am. Soc. Civil Eng. Paper No.846, 81:1-28.
- William H.S., 1992, Yard Waste Composting: Processing Technology, Compost Quality, and Composting Endpoint. The State University of New Jersey. New Jersey.