

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GIDA ENDÜSTRİSİ ATIK ÇAMURLARININ EVSEL
ATIKLARLA KOMPOSTLAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Müh. Eyüp SAĞDIÇ

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Asude ATEŞ

Ocak 2010

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GIDA ENDÜSTRİSİ ATIK ÇAMURLARININ EVSEL
ATIKLARLA KOMPOSTLAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Müh. Eyüp SAĞDIÇ

Enstitü Anabilim Dalı : **ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ**

Bu tez 29 / 01 /2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Yrd.Doç.Dr Asude ATEŞ

Prof.Dr.Bülent ŞENGÖRÜR

Yrd.Doç.Dr. Şenay ÇETİN
DOĞRUPARMAK

Jüri Başkanı



Üye



Üye



TEŞEKKÜR

Bu çalışmamda bana yardımlarını esirgemeyen ve her konuda bana güvenen danışman hocama, sayın Yrd.Doç.Dr.Asude Ateş'e teşekkür ederim.

Tez çalışmamda değerli görüşlerini esirgemeyen, tecrübelerinden ve yayınlarından yararlandığım sayın Prof.Dr.Ertuğrul Erdin'e teşekkürlerimi sunarım.

Pakmaya fabrikasının bütün imkanlarından yararlanmamı sağlayan Pakmaya Düzce fabrikası müdürü sayın Naci Soğüt'e endüstri mühendisi Fatih Sağdıç'a ve laborant Fikret Eroğlu'na bütün içtenliğimle teşekkür ederim.

Kompost tanklarını kısa bir süre içinde yaptırabilmemde bana yardımcı olan Cem Tuncel'e ve Düzce'de kapılarını bana sonun kadar açan ablam Nuriye Tuncel'e teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmamda bana yardımını ve zamanını esirgemeyen Fatma Erol'a teşekkür ederim.

Hayatım boyunca her türlü maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen beni bugünlere gelmemi sağlayan değerli annem, babam; Fahriye&Ömer Sağdıç'a ve kardeşlerime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma SAÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir.
(Proje no: 2009-50-01-027)

Saygılarımla;

Eyüp SAĞDIÇ

SAKARYA-2010

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	x
SUMMARY.....	xi

BÖLÜM 1

GİRİŞ.....	1
------------	---

BÖLÜM 2

KATI ATIKLAR.....	3
2.1. Katı Atıkların Tanımı.....	3
2.2. Katı Atıkların Sınıflandırılması.....	3
2.2.1. Kentsel katı atıklar.....	4
2.2.1.1. Ticari katı atıklar.....	5
2.2.1.2. Kül ve cüruf atıklar.....	5
2.2.1.3. İnşaat harfıyat ve vb. atıklar.....	5
2.2.1.4. Özel atıklar.....	6
2.2.1.5. Arıtma tesisi atıkları.....	6
2.2.2. Endüstriyel Katı Atıklar.....	6
2.2.3. Tarımsal ve Hayvansal Atıklar.....	6
2.2.4. Tehlikeli Katı Atıklar.....	7

BÖLÜM 3

KATI ATIKLARIN BERTARAF YÖNTEMLERİ.....	8
-----------------------------------------	---

3.1. Kompostlaştırma.....	8
3.2. Yakma.....	8
3.3. Depolama.....	9
3.3.1. Düzenli depolama	10
3.3.2. Düzensiz (vahşi) depolama.....	11

BÖLÜM 4

KOMPOSTLAŞTIRMA.....	13
4.1. Kompost Mekanizması.....	14
4.2. Kompostlaştırmaya Etki Eden Faktörler.....	18
4.2.1. Hammaddelerin ön işlenmesi	18
4.2.2. Çevresel faktörler	18
4.2.3. Besinler	19
4.2.4. C:N oranı	20
4.2.5. Havalandırma.....	21
4.2.6. Nem içeriği	22
4.2.7. Sıcaklık	23
4.2.8. pH	24
4.3. Kompostlaştırmanın Yararları.....	24

BÖLÜM 5

MAYA FABRİKASI İŞLEYİŞİ VE ÖZELLİKLERİ.....	26
5.1. Ekmek Mayası Nedir?.....	26
5.2. Maya Üretiminde Kullanılan Hammaddeler.....	28
5.3. Ekmek Mayası Üretimini Etkileyen Faktörler	28
5.3.1. Su.....	28
5.3.2. Sıcaklık.....	28
5.3.3. Ortam asitliği(pH'sı).....	28
5.3.4. Hava.....	28
5.3.5. Besin maddeleri	29

BÖLÜM 6

MATERYAL METOD	30
6.1. Kompost Tankının Ayrıntıları	32
6.2. Kompostlama İşlemi Öncesinde Yapılan Çalışmalar	33

BÖLÜM 7

TARTIŞMA VE SONUÇ	39
KAYNAKLAR	46
ÖZGEÇMİŞ	49

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

%	Yüzde
C	Karbon
°C	Santigrad Derece
Ca	Kalsiyum
CO ₂	Karbondioksit
Co	Kobalt
Cu	Bakır
Fe	Demir
g	Gram
H	Hidrojen
H ₂ O	Su
K	Potasyum
KAKY	Katı Atıklar Kontrolü Yönetmeliği
kg	Kilogram
L	Litre
Mg	Magnezyum
mg	Miligram
ml	Mililitre
Mn	Mangan
Mo	Molibden
mS	Milisiemens
µS	Mikrosiemens
N	Azot
Ni	Nikel
P	Fosfor
sn	Saniye
O	Oksijen
TKKY	Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 4.1. Kompost oluşum mekanizması.....	15
Şekil 4.2. Kompostlama prosesi ile CO ₂ ve sıcaklık gelişimi grafiği	17
Şekil 4.3. Kompost oluşumunda pH ve sıcaklığın değişimi.....	17
Şekil 5.1. Maya hücresinin mikroskop altında görüntüsü.....	27
Şekil 6.1. Kompost tankı detay çizimi.....	31
Şekil 6.2. Fındık kabuklarını kırmakta kullanılan el silindiri.....	36
Şekil 6.3. Mekanik karıştırıcı.....	37
Şekil 6.4. Kompost tanklarının dışarıdan görünüşü.....	38
Şekil 6.5. Kompost tankının içten görünüşü.....	38
Şekil 7.1. 1. Karışıma ait dış ortam ve kompost tankının sıcaklık ilişkisi.....	39
Şekil 7.2. 2. Karışıma ait dış ortam ve kompost tankının sıcaklık ilişkisi.....	40
Şekil 7.3. 1 ve 2. Karışıma ait pH değişimlerinin günlere göre dağılımı.....	41
Şekil 7.4. 1 ve 2. Karışıma ait C/N değişimlerinin günlere göre dağılımı.....	42
Şekil 7.5. 1 ve 2. Karisima ait iletkenliklerindeki değişimlerin günlere göre dağılımı.....	42

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Kentsel Katı Atıkların Genel Kaynakları.....	4
Tablo 4.1. Mikrobiyal Ayrıştırımda Sıcaklık Bölgeleri	16
Tablo 4.2. Kompostlaştırmada kullanılan bazı maddelerin C/N oranı.....	21
Tablo 6.1. Maya fabrikası aerobik çamuruna, fındık kavşağına, mısır slajına, Kurumuş ota ve evsel organik atıklara ait analiz sonuçları.....	33
Tablo 6.2. 1.ve2. karışımlara ait matematiksel modeller	34
Tablo 6.3. Matematiksel modellerle laboratuvar verilerinin karşılaştırılması	35
Tablo 7.1. Oluşturulan kompostların karakteristikleri	43
Tablo 7.2. Toprak kirliliğinin kontrolü yönetmeliği ek-1C, toprakta on yıllık ortalama esas alınarak bir yılda verilmesine müsaade edilecek ağır metal yükü sınır değerleri.....	45

ÖZET

Anahtar kelimeler: Katı atık, organik atıklar, arıtma çamuru, kompostlaştırma

Tez çalışması Pakmaya Düzce tesislerinin aerobik arıtmalarından kaynaklanan atık çamurlarının yalnız başlarına ve Pakmaya fabrikası yemekhanesinden kaynaklanan organik atıklarla kapalı aerobik reaktörde kompostlanabileceğini göstermektedir. Düzce ve çevre illere ait kompostlamada kullanılacak ekonomik yan hammaddeler belirlenerek matematiksel kabuller ortaya koyulmuştur. Bu matematiksel kabullerin doğruluğu laboratuvar analizleriyle kanıtlanmış kompostlama işleminin nasıl yürütüleceği matematiksel kabullerle maksimum % ± 9 'luk bir sapma ile belirlenmiştir.

Arıtma çamurlarının yalnız ve evsel organik atıklarla kompost sonuçlarına ayrı ayrı bakılmış ve kompost oluşum kriterlerine göre değerlendirilmiştir. Çalışmanın asıl amacı günden güne büyüyen bir sorun haline gelen katı atıkların arıtma çamurlarıyla bir araya gelerek doğanın kirlenmesine neden olan evsel organik atıkları, yararlı ürünlere çevirerek katı atık problemlerine pilot ölçekli yaklaşımda bulunmaktır.

COMPOSTING OF SLUDGE RESULTING FROM FOOD INDUSTRY WITH DOMESTIC SOLID WASTE

SUMMARY

Keywords: Solid wastes, organic wastes, treatment sludge, composting

This thesis shows that sludge resulting from the aerobic treatment of Düzce Pakmaya Facility can be composted either with domestic organic wastes or by themselves in closed aerobic reactors. The economic raw materials in Düzce and cities in the vicinity of Düzce which can be used for the composting are determined and mathematical postulates were developed. Proving the accuracy of these mathematical postulates with laboratory analyses, it was proved that how the composting process is conducted can be determined beforehand by mathematical postulates with maximum $\pm 9\%$ deviation.

The result of the composting of sludge both with domestic organic wastes and by themselves were examined separately and evaluated according to the compost formation criteria. The main aim of this study is to combine solid wastes that are getting a problem day by day and treatment sludge. And also, turn the raw materials that pollute the environment into beneficial products to make a pilot scale approach to the solid waste problem.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Günümüzde insanlığın karşı karşıya bulunduğu en önemli sorunlardan biri değişik faaliyetler sonucunda ortaya çıkan atıkların uzaklaştırılmasıdır. Bu sorun hızla gelişmekte olan ülkemiz için daha büyük önem taşımaktadır, çünkü yaşam seviyesinin yükselmesiyle, nüfusun artmasına paralel olarak katı atık miktarı da artmaktadır.

Daha temiz şehirlere sahip olunması, sağlık açısından tehlikeli olabilecek katı atıklara sağlıklı ve ekonomik çözümler bulunması, konunun bilimsel olarak ele alınmasının yanı sıra, mevcut tecrübelerden de yararlanmayı gerektirmektedir. Özellikle yerleşim alanlarından çıkan evsel atıklar ve arıtma çamurlarından kaynaklanan atıkların düzensiz bertaraf ciddi sağlık problemleri oluştururken çok sayıda ve miktardaki atıklar daha da önemli bir çevre sorunu oluşturmaktadır.

Arıtma çamurlarında ve evsel organik atıklardaki var olan; karbon, azot ve fosfor gibi besin kaynakları bulunmaktadır. Bu atıkların uygun teknolojiler ve metotlar kullanılarak çevreye zararlı haldeyken tekrar doğada kullanılması için geri dönüştürülmesi sağlanabilmektedir. Bu teknoloji ve metotların tümüne kısaca kompostlaştırma denilmektedir.

Kompostlama yeni bir teknoloji değildir. Amerika'da 18. ve 19. yy'dan beri kullanılmaktadır. 20. yy'da maddelerin ve mekanik teçhizatların seçiminin nasıl yapılması gerektiği ve farklı kompostlama metotları (sıralı yığın, yığınlar, kapalı reaktörde vs.) hakkında bilimsel ilkeler belirlenmiştir. Böylelikle çiftçilik daha bilimsel bir hal almıştır. Sanayileşme, kimyasal gübreler ve özelleştirme çiftçiliği değiştirmiştir. Kompostlama önemini yitirmiş ve atık bertarafı esas sorun olmaktan çıkmıştır. Şimdi ise çevre bilinci arttığı için kompostlama tekrar popüler olmaya başlamıştır.

Avrupa Birliđine üye ülkelerin çoğunda düzenli depolama alanlarında organik atıkların ve arıtma çamurlarının düzenli depolama alanlarında depolanması yasaklanmıştır. Düzenli depolama alanları yerine yeni kompostlaştırma tesisleri kurma yoluna gidilmiştir. Çünkü var olan düzenli depolama alanları dolmak üzeredir ve yeni depolama alanı yapacak yer seçimleri olmadığından kompost tesisi kurmayı tercih etmişlerdir. Bu sayede depolama alanlarının ömrü gibi bir problemleri olmazken var olan atığı işleyip ekonomik anlamda kullanılabilir hale getirmektedirler.

Yapılan bu çalışmada Pakmaya fabrikasının aerobik arıtma çamurlarının tek başına ve evsel kaynaklı organik atıklarla birlikte kompostlaştırmasını içermektedir. Bu çalışmanın amacı doğanın kirlenmesine katkısı olan evsel organik atıkları ve arıtma çamurlarını, yararlı ürünlere çevirerek hem katı atık problemlerine biyolojik yolla çözüm olmak hem de oluşan ürünlerin stabil bir şekilde doğaya yeniden kazandırılmasında pilot ölçekli yaklaşımda bulunmaktadır.

BÖLÜM 2. KATI ATIKLAR

2.1. Katı Atıkların Tanımı

İnsan faaliyetleri sonucunda işe yaramaz hale gelen ve akıcı olabilecek kadar sıvı içermeyen her tür madde ve malzemeyi "kati atık" olarak tanımlamak mümkündür. Evlerde, cadde, park ve sokaklarda ve kurumlarda oluşan tüm süprüntü ve çöpler; ticari, tarımsal ve endüstriyel, faaliyetler sonucu ortaya çıkan kati artık ve atıklar ile su ve atıksu arıtım tesislerinde üretilen çamurlar bu tanıma dâhildir [21].

05.04.2005 tarihli Resmi Gazete'de - yayınlanan "Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği" nde ise katı atıklar, üreticisi tarafından atılmak istenen ve toplumun huzuru ile özellikle çevrenin korunması bakımından düzenli bir şekilde bertaraf edilmesi gereken katı maddeler ve arıtma çamuru şeklinde tanımlanmaktadır [27].

Diğer bir ifadeyle katı atıklar, istenilmeyen veya kullanılmamak üzere atılan ve normal olarak katı olan, insan ve hayvan - aktivitelerinden kaynaklanan alıklardır. Bu terim endüstrilerden oluşan atıklardan, yerleşimlerden, ticarethanelerden ve tarımsal faaliyetlerden oluşan atıklara kadar tüm atıkları içermektedir [14].

2.2. Katı Atıkların Sınıflandırılması

Katı atık türleri ve kaynakları, katı atık yönetiminin etkili organlarının düzenlenmesi, çalışması, atık miktarı ve kompozisyonunun belirlenmesi açısından önem taşımaktadır. Toplumdaki katı atık kaynakları genelde toprak ya da arazi kullanımı ve yerleşim yerinin çeşitli amaçlarla bölünüp kullanılmasıyla ilişkilidir [14].

Literatürde katı atıkların sınıflandırılması konusunda, pek çok sınıflama mevcuttur. Katı atıkları genel olarak (1) kentsel katı atıklar, (2) endüstriyel atıklar(3) tarımsal ve hayvansal atıklar ve (4) tehlikeli atıklar olarak 4 grupta İncelemek mümkündür [3].

2.2.1. Kentsel katı atıklar

Katı atıkların çok büyük bir bölümünü kentsel katı atıklar oluşturmaktadır. Bu tür atıklar, yerleşim yerlerinde, üretime doğrudan katılmayan ticari yerlerde, cadde, sokak, park bahçe gibi açık alanlarda ve arıtma tesislerinde toplum aktiviteleri sonucunda oluşur [21].

Kentsel katı atıkların kaynakları Tablo 2.1. 'de verilmiştir.

Tablo 2.1. Kentsel katı atıkların genel kaynakları (Ergün, 2001).

Kaynak	Atıkların oluştuğu tipik tesisler, aktiviteler ve yerler	Katı atık türleri;
Yerleşim Yerleri	Müstakil evler, apartmanlar v.s.	Yiyecek atıkları, çöpler,küller ve özel atıklar
Ticari Yerler	Dükkanlar, marketler, ofisler, restoranlar, oteller, moteller, matbaalar, medikal tesisler, oto tamir dükkanları, kurumlar.	Yiyecek Atıkları, çöpler, küller, inşaat, hafriyat VE yıkım atıkları, bazen tehlikeli atıklar.
Açık Alanlar	Caddeler, sokaklar,parklar, boş arsalar, oyun aladan, plajlar, rekreasyonel alanlar, anayollar v.s.	Özel atıklar, çöpler
Arıtma Tesisi Alanları		Başta atık çamurlar olmak üzere tüm arıtma tesisi atıkları

Kentsel atıklar, evsel ve ticari atıklar, küller, inşaat hafriyat ve yıkım atıkları, özel atıklar ve arıtma tesisi atıklarını içermektedir.

2.2.1.1. Ticari katı atıklar

Evlerde ve dükkân, depo, büro, resmi daireler gibi üretime doğrudan katılmayan işyerlerinde yiyeceklerin yenmesi, pişirilmesi, hazırlanması, işlenmesi veya çürümesi sonucunda oluşan hayvan, meyve, sebze artıkları ile yanabilen veya yanmayan katı atıklardan oluşur. Yanabilir katı atıklar kağıt, karton; plastik, tekstil, lastik, deri, odun ve bahçe artıkları gibi maddelerden, yanmayan atıklar ise cam, çanak, çömlek, teneke ve alüminyum kutular, demirli ve demirsiz metaller ile tozlardan ibarettir. Bu gruptaki yiyecek artıklarının, birim hacim ağırlıkları $500-600 \text{ kg/ m}^3$, yanabilen ve yanamayan diğer kül atıkların birim hacim ağırlıktan ise $60-400 \text{ kg/m}^3$ arasında değişmektedir [14].

2. 2.1.2. Kül ve cüruf atıklar

Yiyeceklerin ve kok, kömür, odun gibi katı yakıtların yakılması sonucu ortaya çıkan katı atıklardır. Ayrıca katı atıkların yakma yöntemi ile bertaraf edilmesi sonucu oluşan inorganik yanma kalıntıları da bu gruba dahil edilirler. Bu grup katı atıklar kül, klinkerleşmiş ve sinterleşmiş materyaller ile yanmamış odun ve kömür parçaları, cam ve metal gibi maddelerden ibarettir [21].

2.2.1.3. İnşaat harfiyat ve vb. atıklar

Yeni inşaatlar, eski yapıların yıkılması, restorasyon ve onarım işlemleri, yeni caddelerin açılması veya eskilerinin genişletilmesi gibi çalışmalar sonucu oluşan atıklardır [19].

2.2.1.4. Özel atıklar

Cadde ve sokak süprüntüleri, yol kenarlarındaki çöpler, ölü hayvanlar, iri hacimli ev eşyaları ve terkedilmiş vasıtalar gibi dağınık kaynaklarda ortaya çıkan ve değişik özellikler gösteren atıklardır [21].

2.2.1.5. Arıtma tesisi atıkları

Su, atıksu ve endüstriyel atık arıtma tesislerinden ortaya çıkan katı ve yan katı atıklardır. Bu atıkların özellikleri her bir arıtma prosesinin türüne bağlı olarak değişiklik gösterir. Endüstriyel atıksu arıtımında meydana gelen çamurlar başta olmak üzere bazı çamurlar tehlikeli atıklar kapsamına dahil edilebilir [3].

2.2.2. Endüstriyel katı atıklar

Her tür endüstri tesisleri ile çeşitli imalathanelerde açığa çıkan istenmeyen nitelikteki katı madde ve çamurlar endüstriyel katı atıklar olarak nitelendirilir. Endüstriyel katı atıklar cam, kağıt, tahta, metal gibi çeşitli ambalaj atıkları ve süprüntü atıklarının yanında gerek atıldıkları anda ve gerekse zaman içerisinde insan ve diğer canlılar için tehlikeli olabilecek özellikler taşıyan biyolojik, kimyasal, toksik, yanıcı, patlayıcı, radyoaktif, katı atıklar ile mezbahalar, et kombinaları ve diğer yiyecek endüstrilerinde üretilen kokuşabilir nitelikteki atıkları ve tehlikeli kirleticiler ihtiva eden külleri içermektedir [19].

2.2.3. Tarımsal ve hayvansal atıklar

Bitki yetiştirme ve ürün hasatı gibi çeşitli tarımsal faaliyetler ile süt temini ve kesim için hayvan yetiştiriciliği ve çiftliklerin işletimi sonucunda ortaya çıkan atıklar tarımsal ve hayvansal atıklar olarak nitelendirilir [3].

2.2.4. Tehlikeli katı atıklar

Kesici, delici, zehirli, hastalık yapabilen, tutuşabilen, parlayıcı, patlayıcı veya yakıcı özellik gösteren katı atıklar tehlikeli katı atıklar olarak sınıflandırılır . Bu özelliklerine göre tehlikeli katı atıklar; (1) radyoaktif atıklar ,(2) kimyasallar, (3)biyolojik atıklar, (4)tutuşabilir atıklar ve (5) patlayıcı atıklar olmak üzere 5 kategoride incelenebilmektedir [14].

Tehlikeli kimyasallar atıklar; korozif, reaktif, ve toksik atıkları içerir. Biyolojik atıkların temel kaynağı, hastane ve benzeri sağlık kuruluşları ve biyolojik araştırma üniteleridir [19].

BÖLÜM 3. KATI ATIKLARIN BERTARAF YÖNTEMLERİ

Katı atık yönetiminin en önemli unsurlarından birisi de geri kazanılması mümkün olmayan katı atıkların insan ve çevre sağlığına zarar vermeden bertaraf edilmesidir. Bu aşamada bertaraf teknolojileri gündeme gelmektedir. Hangi teknolojinin nerede, nasıl ve hangi kapasitede seçileceği, teknik ve ekonomik araştırmayı gerektiren bir konudur. Teknolojiyi saptayan en önemli parametre ise o yörenin katı atığının özelliğidir. Dolayısıyla katı atığın özelliği iyice araştırılmadan seçilen bertaraf teknolojileri yerel yönetimler ve ülke için büyük maddi zararlar doğurabildikleri gibi çevreyi de olumsuz yönde etkileyebilirler.

Katı atıkların yönetiminde geri kazanmadan sonra yaygın olarak kullanılan en önemli üç yöntem;

- Kompostlaştırma
- Yakma ve
- Depolama (düzenli veya düzensiz)

3.1. Kompostlaştırma

Bölüm 4'e bakınız.

3.2. Yakma

Yakma, tehlikeli atıkların çoğunun bertarafında dünya üzerinde tercih edilen bir yöntem olmakla birlikte son yıllarda geliştirilen alternatif yöntemlerin de kullanım alanları genişlemektedir. Bertaraf yöntemi olarak uygulanan yöntemler bir yandan enfekte atıkların tehlikesinin etkili bir şekilde azaltılmasını sağlarken, diğer bazı sağlık ve çevresel problemlere de neden olabilmektedirler [3].

Yakma, yüksek sıcaklıklarda kuru oksidasyon prosesi olup organik yanabilir atık, inorganik ve yanmaz hala getirilir. Bu esnada atık hacmi ve ağırlığı çok önemli şekilde azalır. Bu yöntem geri dönüştürülmesi,tekrar kullanılması veya depolanması mümkün olmayan atıklar için uygulanır.

Yakılmaya uygun olmayan atık türleri:

-basınçlı gaz tüpleri

-PVC

-kimyasal atıklar

-yüksek oranda civa ve kadmiyum içeren atıklar(kırık termometre, kullanılmış pil vb.)

-ağır metal içeren atıklar [3].

3.3. Depolama

Depolama alanları, bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik reaksiyonların gerçekleştiği ve böylelikle atıkların yapılarının değiştiği bir karmaşık reaktör olarak tanımlanabilir. Bu reaktörler, sonuçta daha dengeli bir ortamın oluşmasına katkıda bulunurlar. Biyolojik dengenin sağlanması için gereken süre, depolanan atığın cinsi, sıkıştırılma derecesi, iklim ve nem oranı gibi pek çok faktöre bağlıdır. Bu denge sahaya atık depolama işlemi bittikten sonra da devam etmektedir [17].

Depolama alanına yağmur suyunun girmesi ve bununla birlikte atıkların biyokimyasal ve fiziksel parçalanması sonucunda, metan oranı yüksek bir gaz ve askıda katı maddesi yüksek, organik ve inorganik içeriği fazla olan bir sızıntı suyu oluşabilmektedir. Hem sızıntı suyu, hem de depolama gazı, çevre kirliliğini önlemek açısından ve aynı zamanda tehlikeli bazı durumların oluşumunu engellemek amacı ile kontrollü bir şekilde toplanmalı ve işlenmeli veya tekrar kullanılmalıdır [25].

Depolama alanlarında en önemli parametre ise yer seçimidir. Bir deponi alanı yeri seçiminde çok sayıda faktörün göz önüne alınması gerekirken, maalesef ülkemizde rastgele veya bir karar vericinin birkaç faktörü düşünerek verdiği karar ile katı atık deponi alanı yerleri seçilebilmektedir.

Deponi alanlarının gelecekteki yerleri araştırılırken çok fazla kriter dikkate alınmak zorundadır. Çok fazla sayıda veri mümkün olan en kısa zamanda değerlendirilmelidir. Depo kapasitesine uygun ve olası kirlilikleri minimuma indirebileceğimiz mevcut alanlar arasında eleme yapılmalı ve en uygun olan alan seçimi yapılmalıdır [17].

3.3.1. Düzenli depolama

Katı atıkların bertaraf yöntemlerinden biriside düzenli depolamadır. Katı atık uzaklaştırılmasında ülkemizde en yaygın olarak uygulanmaya başlayan yöntem düzenli depolamadır. Avrupa Birliği üye ülkelerinin büyük çoğunluğunda da katı atıkların uzaklaştırılmasında düzenli depolama kullanılmaktadır.

Düzenli depolama alanları; çöplerin etrafa yayılıp geniş bir alanı kirleterek görüntü ve çevre kirliliğine, çöp sahasında rüzgarında etkisiyle oluşan toz bulutlarının, var olan gazlarla beraber hava kirliliğine, çöplerden oluşan metan gazı ayrıştırılmadığından patlama ve yangın riskinin devam etmesine, oluşan çöp sızıntı sularının yer altı ve yer üstü sularına karışarak kirlenmesine, çöp alanlarının binlerce bakterinin üreme alanı olmasına engel olan bir bertaraf yöntemidir.

Düzenli depolama tekniği nihai bir bertaraf işlemi olmasından dolayı en avantajlı yöntemlerdendir. Fakat bu yöntemde de en önemli sorun oluşan gazın ve sızıntı suyunun bertarafıdır.[33]

Düzenli depolama sahaları:

- Alt örtü sistemi
- Sızıntı suyu toplama sistemi
- Sızıntı suyu arıtma tesisi veya sızıntı suyu deşarj sistemi
- Depolama gazı toplama, arıtma ve / veya değerlendirme sistemi üst örtü ve kaplama sistemlerine sahip olmalıdır.

Depolama sahasında yer alacak idari ve işletme binaları ise

- Saha giriş kapısı,
 - Kantar,
 - İşletme ve personel binası,
 - Araç garajı ve yıkama istasyonu,
 - Atölye
 - Sızıntı suyu arıtma tesisi
 - Gaz toplama ünitesi (eğer enerji eldesi gerçekleştirilecekse)
- olarak sıralanabilir [10].

3.3.2. Düzensiz (vahşi) depolama

Günümüzde belediyeler tarafından toplanan çöplerin büyük bir çoğunluğu tedbir alınmadan oluşturulan sahalara gelişi güzel atılmaktadır. Bütçelerinin büyük bir bölümünü temizlik giderlerine ayıran belediyeler, katı atık yönetiminde kendilerine verilen görevleri toplama ve taşıma konularında yerine getirirken, değerlendirme ve bertaraf konularında gereken önemi göstermemektedirler. Özellikle bertaraf için yaptıkları “vahşi depolama” sahalarının yer seçiminde yapılan hatalar ve işletme koşullarındaki olumsuzluklar gün geçtikçe büyüyen problemlere sebep olmaktadır [17].

Düzensiz katı atık depolama alanları çevre ve halk sağlığı ile, yeraltı ve yerüstü, toprak ve hava kaynakları için büyük riskler oluşturmaktadır. Katı atıkların doğaya gelişigüzel dökülmesi ile oluşan sızıntı suları yer altı ve yerüstü su kaynaklarını 40 yıl süreyle kirletebilmektedir. Kontrolsüz çıkan gazlar yakın çevredeki canlılara zarar verir ve halk sağlığını tehdit eder. Oluşan metan gazının %5-15 oranında havaya karışması durumunda, en ufak bir kıvılcım ile patlamaya hazır hale gelecek olan karışım depo yangınlarına sebep olur. Bunlara ek olarak düzensiz depolama alanlarında çıkacak kötü kokular, bu alanlarda barınma ve üreme yeri oluşturarak birçok hastalığın taşıyıcısı durumunda olan fare sinek vb. diğer zararlılar çevrede yaşayanları rahatsız eder. Düzensiz depolanan çöpler dağılarak çok geniş bir alanı kirletir ve yoğun bir görüntü kirliliği meydana getirir [25].

Eskiden oluşan atıklar yol kenarlarına, nehirlere atılmaktayken artan nüfusla beraber oluşan atıklar sorun yaratmaya başladı. Artan atık miktarı giderek doğal kaynakları kirlletmeye ve böylelikle su ve hava kirliliği problemlerine yol açmaya başladı. Giderek su kaynaklarının azalması ve hava kirliliği problemlerinin önüne geçilememesi düzensiz depolamanın kullanılrlılığını azalttı. Düzensiz depolama ile en sık karşılaşılan problemler:

- Yangın ve patlama riski
- Yer altı ve yüzey sularının kirlenmesi
- İnsan sağlığı ile ilgili riskler
- Tarım ürün verimini düşürmesi ve bitkiler üzerinde olumsuz etkileridir.

Depolanan atıklar genellikle evsel nitelikli olmaktadır. Fakat özellikle sanayi bölgelerinde aynı deponi alanlarına gönderilen tehlikeli atıklar bu atıkların özelliklerini değiştirmekte ve bu daha az zararlı olan bir depolama alanını patlamayı bekleyen bir saatli bombaya çevirebilir. Bu durumlarda toprak ve yer altı suyu uzun süreler boyunca kirli kalabilir [33].

BÖLÜM 4. KOMPOSTLAŞTIRMA

Kompost biyokimyasal olarak ayrışabilir çok çeşitli organik maddelerin organizmalar tarafından stabilize edilmiş, mineralize olmuş ürünlerdir. Kompostlaştırma, mikroorganizma adı verilen ve çoğunluğu gözle görülmeyen canlıların, ortamın oksijenini kullanarak çöp içerisindeki organik maddeleri biyokimyasal yollarla ayrıştırmasıdır [9].

Kompostlaştırma, mikrobiyolojik faaliyetler ile kızılmaya tabi tutulan katı atıkların içindeki organik maddelerin termofilik koşullarda biyolojik olarak bozularulmasını ve stabilizasyonunu sağlayan bir katı atık bertaraf yöntemidir.

Organik atıkların havalı şartlarda mikrobiyal parçalanmaya (çürümeye) tabi tutularak, bitki besin elementleri ihtiva eden, organik madde bakımından zengin, sağlık yönünden zararsız olan, humus görünümünde stabil haldeki son ürüne kompost adı verilir [9].

Kompostlama işlemi, organik maddelerin bakteriler ve mikroorganizmalar tarafından biyolojik olarak parçalanarak humus adı verilen toprak benzeri bir maddeye dönüştürülme prosesidir [3].

Kompostlama bahçe ve gıda atığı gibi biyolojik parçalanabilir organik atıkların biyolojik parçalanmasıdır ve anaerobikten ziyade aerobiktir. Kompostlama stabilize ürüne ulaşmak için genelde yaklaşık 4-6hafta süren nispeten hızlı biyodegradasyon sürecidir [20].

Kompostlama; toprakların özellikle killi toprakların yapısını geliştirmek için toprağa eklenen ya da besin içeriğini geliştirmek için gübre olarak davranan veya topraktaki

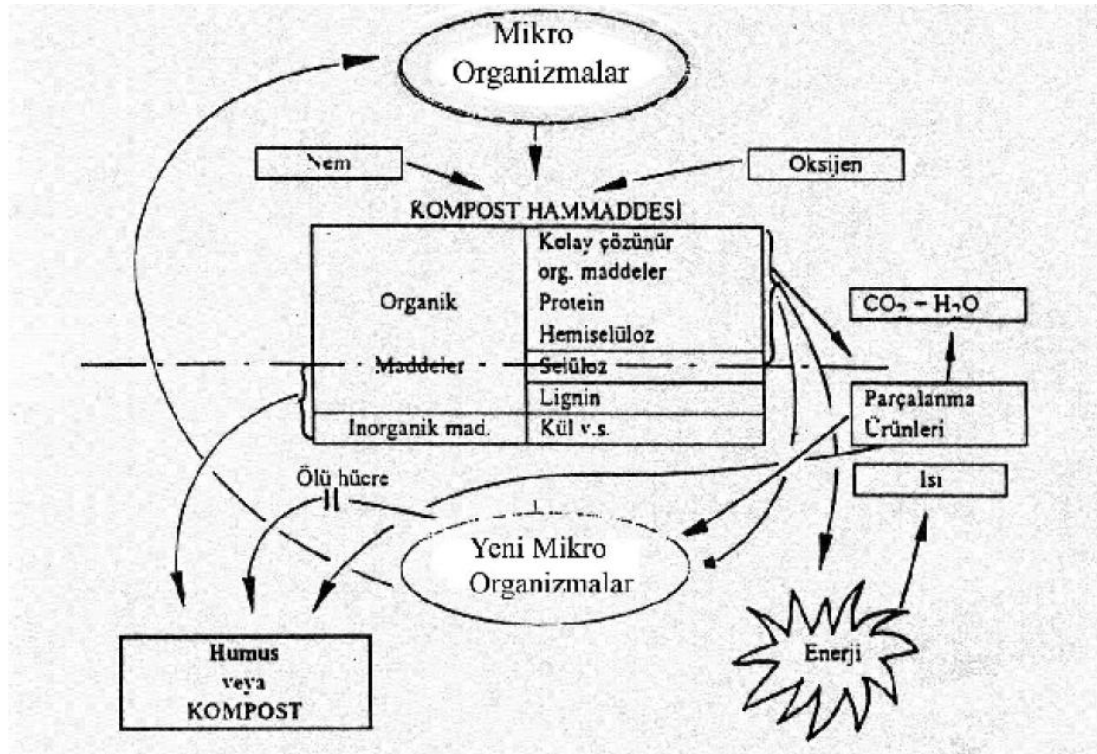
nemi korumak için kullanılan stabilize üründür. Kompostlama, toprakla karıştırılarak çevre düzenlemesi ve toprak restorasyonunda kullanılır [36].

Kompostlama bitkileri yetiştirmek için bir ortam olarak veya toprak ıslahı olarak kullanılabilen organik materyaldir. Doğal kompost; toprak, orman gibi kokuya sahip olan ve açık kahverengi veya siyah olan humus denilen içeriğe sahip stabil materyaldir. Kompost; tam stabil ve doğal iyileştirme prosesi organik materyallerin parçalanmasını hızlandırmak için gerekli olan hacim arttırıcı (talaş gibi) ekleyerek; yığının uygun oranlarda organik atıklarla (gübrelik dışkı, yemek atığı ve bahçe atığı) karıştırılarak oluşturulur. Doğal kompostlama veya biyolojik parçalanma dünya da ilk ağaçlarla başladı ve o zamandan beridir devam etmektedir. Ağaçlar yere düştüğü için ağaçlar, mikroorganizmalar ve hayvanlar için gerekli besin ve mineral tedarik ederek yavaş yavaş çürür [37].

4.1. Kompost Mekanizması

Kompost karışım demektir. Kompostlaşma olayı, organik ayrışabilir (özellikle mutfak ve bahçe atıklarının) maddelerin mikroorganizmaların aktiviteleri sonucu kontrol edilen şartlar altında biyokimyasal yollarla ayrıştırılması şeklinde tarif edilebilir.

Gerçekte kompostlamada atık maddeler tam stabil hale getirilmeden kısmen kararlı halde tutulurlar. Başka bir deyişle organik maddelerin tamamen ayrışıp mineralleşmesine imkan verilmez ve kompostun daha sonra kullanılacağı toprakta bir organik madde kaynağı olması sağlanır [10].



Şekil 4.1. Kompost oluşum mekanizması (Erdin, 1989)

Kompostlama işlemi, nemli tutulan ve havalandırılan karışık organik atıklarda doğal olarak bulunan, kendiliğinden çoğalan mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilir. Başlangıçta çoğunlukla bakteri olan bu organizmaların çoğalması sırasında, ısı, CO₂ ve su buharı açığa çıkar. Eğer ısının açığa çıkması, ısı kaybından hızlı ise, sıcaklık yükselir, ısıya karşı duyarlı organizmalar ölür ve ısıya karşı dayanıklı bakteriler çoğalır. Ayrışma sırasında ısı (8-10 kcal/°C) ortamdan çok hızlı şekilde uzaklaştırılmamaktadır [12].

Birinci aşamada mezofilik bakterilerle beraber aktinomisetler, mayalar ve diğer mantarlar; yağları, proteinleri ve karbonhidratları ayrıştırırlar. Protozoalar; bakteri ve mantarlarla beslenirler.

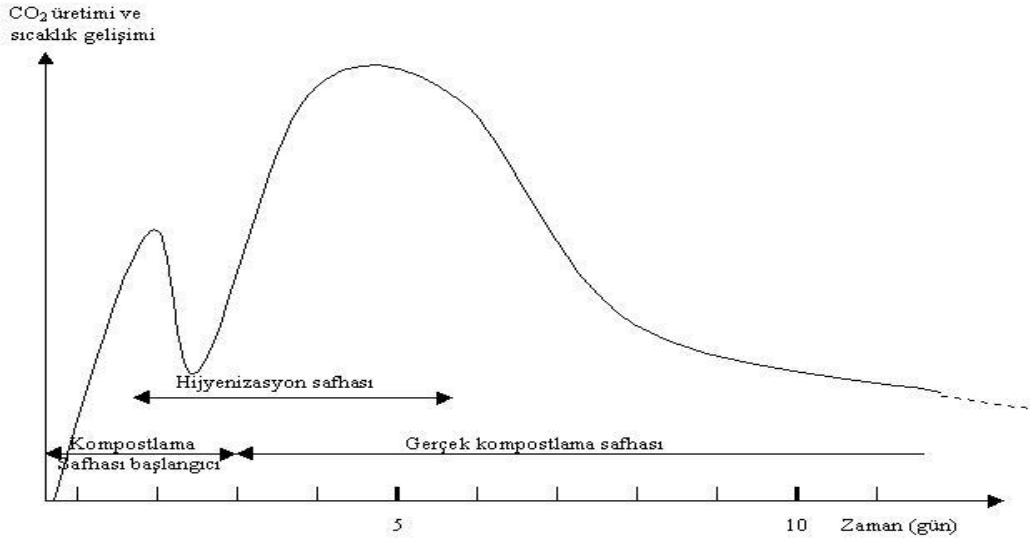
Sıcaklık 30°C 'ye erişene kadar küf mantarları, bakteriler, protozoalar ve nematodlar aktif rol oynarlar. 30-40°C arasında aktinomisetler egemen olmaya başlarlar ve ortamdan topraksı koku meydana yayılır. Aktinomisetler asıl humuslaştırıcı organizmalar olarak bilinmektedir. Bunlar humik asidi çıkarmakta ve

verimli kil-humus kompleksi oluşturmaktadırlar. Ayrıca aktinomisetler antibiyotik etki maddeleri üretmekte ve patojenlerin ölmesini sağlamaktadırlar. Sıcaklık 40-50°C 'ye ulaştığında kompostlamayı başlatan organizmaların hemen hemen tamamı ölür ve bunların yerinin 70°C sıcaklığa kadar dayanabilen ve ısı üretebilen termofilik bakteriler alır. Ayrıca 40-50°C sıcaklıkta gelişen bakteri ve aktinomisetler katı atıkların içindeki zor parçalanabilir maddeleri ayrıştırmaktadırlar. Kompostun 60-70°C sıcaklığa ulaşan kısmında, birkaç sporun dışında temel olarak bütün patojenik organizmalar 2-3 gün içinde ölür [20].

Termofilik bakteriler kendiler için mevcut besini tükettiklerinde ısı üretmeyi durdururlar ve kompost soğumaya başlar. Soğuyan kompostta, son özelliklerini veren; ölü bakterileri de içeren geriye kalan besinle beslenen, genellikle mantar ve aktinomisetlerden oluşan yeni bir grup mikroorganizma çoğalır [13].

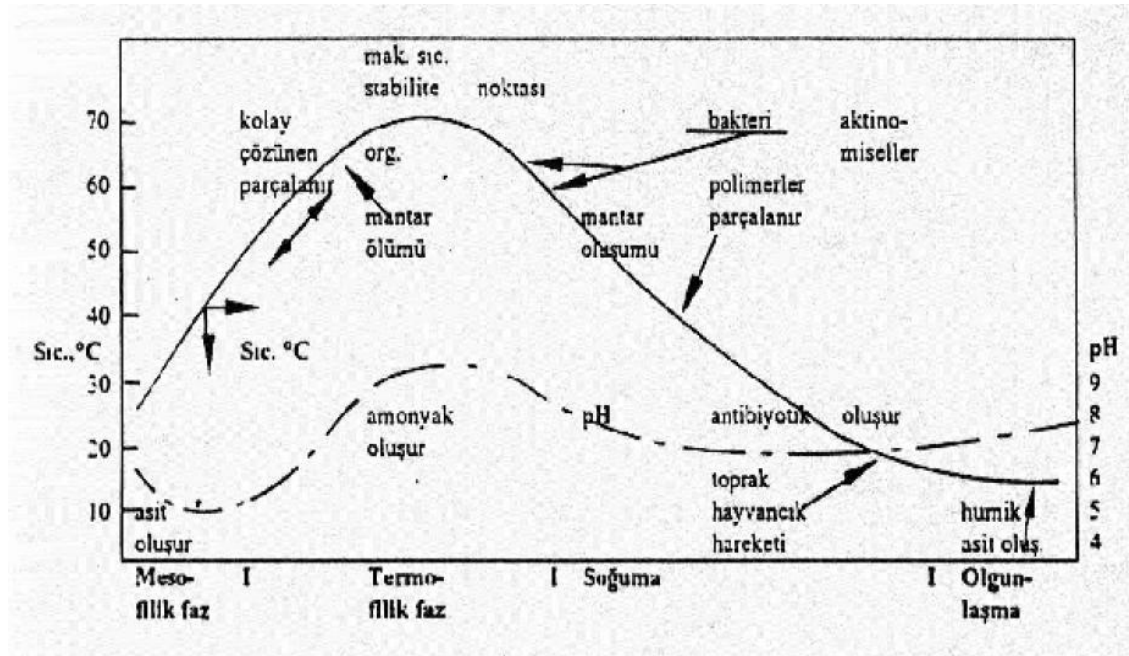
Tablo 4.1. Mikrobiyal Ayrıştırma Sıcaklık Bölgeleri (Erdin, 1981)

Sıcaklık Bölgeleri	Mikroorganizma Türleri	Ayrışma Bölgesi	Hijyenik Nitelik Sınıfı
45 °C	Mezofil Organizmalar	Oligoterm (Soğuk Ayrışma)	Tam Virulans
45-55 °C	Mezofilden Termofil Organizmalara Geçiş	B - Mezoterm	Biyokimyasal Dezenfeksiyon
55-65 °C	Termofil Organizmalar	Mezoterm	Biyofiziksel Dezenfeksiyon
65-80 °C	Termofil Organizmaların Harmonileşmesi	Politerm (Sıcak Ayrışma)	Termik Dezenfeksiyon



Şekil 4.2. Kompostlama prosesi ile CO₂ ve sıcaklık gelişimi grafiği (Erdin, 1989)

Birkaç günden birkaç aya kadar sürebilen termofilik fazda yüksek sıcaklıklar protein, yağ ve selüloz gibi kompleks karbonhidratların parçalanmasını hızlandırır. Yüksek enerji düzeyine sahip bu bileşiklerin miktarı azaldıkça kompost sıcaklığı da azalır ve son aşama olan olgunlaşma döneminde, mezofilik bakteriler tekrar devreye girerek kalan organik maddeyi tüketir ve olgun kompost oluşmasını sağlarlar [3].



Şekil 4.3. Kompost oluşumunda pH ve sıcaklığın değişimi. (Genç,1999)

4.2. Kompostlaştırmaya Etki Eden Faktörler

4.2.1. Kompostlanacak hammaddelerin ön işlenmesi

Kompostlama için Belediye katı atıklarının organik bileşenlerinin hazırlanması diğer atıklardan ayrıştırılması iki yolla başarılabilir:

1) Mekanik: Karışık atık materyalleri misal plastik ve metal gibi reaksiyona girmeyenlerle karışmış organikleri kompostlaması çok tehlikelidir ve kaçınılmalıdır. İnaktifler (Reaksiyona girmeyenler) yığının havalanmasını attırarak ve hacim arttırıcı gibi davranarak kompostlama sürecine faydalı olabilir, fakat işlem sonunda bitmiş materyalin bileşenleri kullanışsız hatta bazen zararlı olabilir. Mekanik süreç; eleme, manyetik ayırma ve diğer işlemlerle inaktif materyallerin ayrılması takibinde ufalama ile boyut azaltmayı içerir. Nihai ürün reaksiyon için yüksek yüzey alanına ve mikroplar için daha kullanılabilir substrata sahiptir.

2) Biyolojik ve Mekanik: İkisinin birleşik olduğu işlemlerde atık yukarıda ifade edildiği gibi fiziksel bir şekilde işlenebilir ve sonra 1 ila 3gün için biyolojik reaktörlere transfer edilir. Reaktörler hafif bir eğim üzerine monte edilmiş ısıtmalı dönen silindirlere sahiptir. Biyolojik aktivite reaktörde önemli bir şekilde artar ve organiklerin bozunması boyut küçülmesiyle başlar. Reaktördeki ön arıtmadan sonra hammadde kompost yığımına transfer edilir [20].

4.2.2. Çevresel faktörler

Mikroorganizmalar açıkça başarılı kompostlamanın merkezidir; bu yüzden, onların aktivitesini ve çoğalmasını etkileyen faktörler kompostlamanın boyutuna ve oranına karar verenlerdir. Bozunmanın derecesini ve hızını düzenleyen ana çevresel faktörler; hammadde materyalinin parçacık boyutu, pH'ı, sıcaklığı, nemi, havalandırması, besin seviyesi ve C:N oranı gibi besin dengesini içerir. Bu faktörlerin değişimi birbirine bağlıdır; bir parametredeki bir değişim sıklıkla diğerlerinde de değişime neden olur. Bu faktörler kolektif bir şekilde optimum seviyeye ne kadar yaklaşırlarsa o kadar hızlı kompostlama oranı olacaktır. Substratın

kimyasal ve fiziksel doğası, havalandırma proses dizaynı için özellikle önemlidir [25].

4.2.3. Besinler

Evsel katı atık hammaddelerinin organik fraksiyonu; mikroplara kullanılabilirlik, enerji içeriği, besin içeriği açısından değişebilen protein, yağ, şeker, nişasta, amino asitler, kitinler, selülözler, ligninler, ham lifler ve diğer bileşikler içeren bir dizi mikrobik yüzeye sahiptir. Azot, P, K, Mg, S, Fe, Ca, Mn, Zn, Cu, Co ve Mo mikrobiyal hücrenin protoplazmik yapısının ayrılmaz parçalarıdır. C, H, O ile birlikte bu besinler uygun hücre sentezlemesi için gereklidir. Açıkçası besinler substratta yeterince geniş konsantrasyonlarda bulunmalı; fakat onlar mikrobiyal hücre tarafından kolayca asimile edilebilecek formda oluşmalıdır. Durum mikrobun enzimatik üretiminin kısmi fonksiyonudur. Bu yüzden bazı mikroplar yalnızca ara ürün kullanabilirken belli mikroplar hammadde içindeki organik maddeyi kullanmak ve saldırmak için onlara izin veren enzimlere sahiptir. Önemi ayrışmadır ve dolayısıyla organik atıkların kompostlaşması; bir grubu onun yerine gelecekler için lokal çevreyi hazırlayan mikroorganizmaların farklı gruplarının dinamik başarısının aktivitesinin sonucudur. Kompostlamada besinlerin ulaşabilirliğinin diğer bir bakış açısı belli organik moleküllerin mikrobik savaşa direncidir, hatta gerekli, enzim sistemlerine sahip olmalarıdır. Bu yüzden bazı ısıya dayanıklı materyaller yavaşça parçalanabilirler, hatta diğer çevresel şartlarla optimum seviyeye ulaşır. Bu materyallerin yaygın örnekleri lignin ve chitindir. Selülöz (C) belirli mantarlar için uygun olmasına rağmen çoğu bakteri için uygun değildir. Kitinde bulunan N daha az uygunken aminoasit formundaki azot kolaylıkla kullanılabilir. Sindirilebilir substratın ortak bir birimi olan çoğu şeker ve nişasta kolaylıkla parçalanabilir. Benzer bir şekilde, çoğu yağ ve yağ asitleri mikroorganizmalara oldukça uygundur. Ayrıca besinlerin uygunluğu besin stoğunun pH'ı tarafından etkilenir. Nötr civarında olan pH aralığında eser metal (Cu, Ni, Zn gibi) genellikle çözünebilir bu yüzden yeterli miktarda uygundur. Aksine fazla miktarlarda, örneğin asit pH rejimi altında, toksik ve inhibitör olacağı belirlenmiştir. Ayrıca nötr pH da fosfor maksimum

bulunur. Bu yüzden 5.5-8 pH genellikle kompostlama için en uygun olduğu düşünülmektedir [20].

4.2.4. C:N oranı

Besin stoğundaki N içeriğine C içeriğinin oranı mikrobik aktivitenin oranını önemli bir şekilde etkiler. Birkaç istisna dışında bütün diğer besinler yeterli miktarlarda ve oranlarda organik atık içinde bulunur. C ve N yeni hücre materyallerinin sentezi için ve enerji elde etmek için mikroplar tarafından kullanılabilir. Karbon substratının geniş bir yüzdesi metabolik aktiviteler süresince CO₂ 'ye oksitlenir. Kalan Karbon hücre duvarı veya membran, protoplazma ve depolama bölümlerinde kullanılır. Azotun esas kullanımı protoplazmanın sentezlenmesindedir (protein, amino asit, nükleik asit gibi). Azottan çok daha fazla karbon atomu yeterli mikrobik gelişim için gereklidir. Bir çok empirik araştırmadan sonra toprak ve kompost mikroorganizmaları için optimum C:N oranı yaklaşık 30:1 de ayarlanır. Bundan daha yüksek oran da parçalanma yavaşlayacaktır; eğer ilk oranı 40 üzeriyse, çok uygun bir oran elde edilene kadar fazla karbon'u CO₂'ye oksitleyen mikrobik birlik birçok yaşam süresinden geçmelidir. Öte yandan eğer C:N oranı 20:1den azsa kompostlama düşük enerji temini yüzünden inhibe edilir ve azot amonyak (NH₃) olarak hem buharlaşma ve sızdırmayla kaybedilir. Fakat kompost ve toprakta düşük C:N oranı genellikle nadirdir. Elbette bu oran ilk başta bulunan karbon materyal türüne bağlı olarak çok değişebilir. Eğer atıktaki ilk C:N oranı çok yüksekse azotlu atık eklemek onu kabul edilebilir seviyelere getirebilir. Eğer oran çok düşükse karbonlu atık (ekin sapı, talaş, testere talaşı, dilimlenmiş kağıt) eklenebilir. Diğer materyaller ve birçok atığın N içeriği ve çeşitli atıkların C:N oranı tablo 4.2'de listelenmiştir [36].

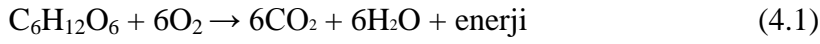
Tablo 4.2. Kompostlaştırmada kullanılan bazı maddelerin C/N oranları (Mcdougall,2001)

Materyal	C/N oranı
Talaş	200-501 : 1
Buğday sapı	125-150 : 1
Ot kırpıntısı	12-20 : 1
Mısır koçanı	60:1
Humus	10:1
İnek dışkısı	18:1
At dışkısı	25:1
Kümes hayvanları dışkısı	15:1
Yemek artıkları	15:1
Karışık katı atıklar	50-60 : 1

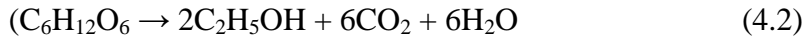
4.2.5. Havalandırma

Kompost kütlesinin boşlukları içerisindeki hava parçalanma sürecinde önemli bir şekilde değişecektir. Organik hammadde kompostlama alanına verildiğinde mikroplara uygun oksijen temini boşluklar içerisinde orijinal olarak kalan hava ve ortam havasının difüzyonundan sağlanır. Fakat kütle içindeki ortam havasının difüzyon oranı sınırlıdır, bu nedenle boşluklardaki hava oksijenin ana kaynağıdır. Başlangıçta, boşluklar içindeki havanın bileşimi ortam havasının bileşimine benzer (yaklaşık %20.9 O₂ ve %0.03 CO₂). Fakat kısa sürede eş zamanlı CO₂ içeriğinin artışı ve O₂ seviyesinin azalışı ile hetetrofik öncü topluluklar aktive olur ve işlenmemiş organik substratın parçalanmasını başlatır. Yakından gözlenen kompostlama

sistemiyle sürecin başarılı olması için oksijen içeriği %15'ten %20'ye CO₂ %0,5'ten %5'e değiştirilebilir. Aerobik solunum sırasında organik kimyasallar merkez elektron alıcısı olarak moleküler oksijen kullanan diğer son ürüne veya CO₂ ve suya oksitlenebilir. Aerobik solunum yüksek oksijen koşullu ortamlarda oluşur. Glikoz molekülünün aerobik oksidasyon reaksiyonu



Eğer O₂ konsantrasyonu yaklaşık %15'in altına düşerse fakültatif anaerobik mikroorganizmalar aktive edilir ve hızlı bir şekilde baskın hale gelir. Fermantasyon ve anaerobik solunum reaksiyonları baskın hale gelir. Asetik asit, etanol, metan ve etan gibi istenmeyen ürünler oluşacaktır. Bunlar koku probleminde ve yararlı kompost mikroorganizmalarının



inaktive olmasına neden olabilir. Organik materyallerin parçalanması önemli bir şekilde oksijen varlığında daha tamamlanabilir ve daha hızlıdır. Denklem 4.1'de olan enerji glikozun anaerobik parçalanmasındaki enerjiden (eşitlik 4.2) yaklaşık 14 kat fazladır [20].

4.2.6. Nem içeriği

Kompostlama için tercih edilen nem içeriği ve oksijen uygunluğu çok yakından birbiriyle ilişkilidir. Atık hammaddesindeki boşluklar ya su ya da hava içerecektir, bu yüzden birinin varlığı diğerinin konsantrasyonunu direkt etkileyecektir. Başarılı bir kompostlama için en uygun nem içeriği kullanılan kompostlama sistemi ve parçacığın boyutu & fiziksel durumuna bağlı olarak değişir. Yığının kimyasal ve fiziksel özelliklerinin düzenli gözlenmesi, literatürü gözden geçirmeyle birlikte organik atıkların kompostlanması, optimum nem içeriği için pratik bir kılavuz olarak hizmet etmektedir. Yığın içindeki az nem biyolojik prosesi yavaşlatan dehidrasyona neden olacaktır. Su birçok hücresel proses için, besin ulaşımı, atık bertarafı, şişkinlik içeren özellikler ve sayısız biyokimyasal reaksiyonların bir parçası olarak gereklidir. Fazla su delikleri tıkayarak havalandırmayı engeller. Eğer kütlemin nem içeriği boşluklardan gelen havayla yer değiştirmek için çok fazlaysa anaerobik şartlar

küttele gelişir. Bu yüzden maksimum kabul edilebilir nem içeriği; sıkıntı vermeyen şartlarda gelişecek ve proses tatmin edici bir şekilde ilerleyecek düzeydir. Nem aktif kompost yığımından hızlı bir şekilde tükenir ve suyun düzenli eklemeleri ile veya bazı durumlarda atık su çamurunun uygulamalarıyla yer değiştirir. Kompost yığımına uygulanması için suyun optimum miktarı kütle denge eşitliğinden hesaplanabilir[36].

4.2.7. Sıcaklık

Yığının sıcaklığı ve mikrobik aktivite arasında direk bir ilişki vardır. Yüksek sıcaklık biyolojik aktiviteye neden olur, misal substrat bileşiminin kimyasal bağlarının sonuç kırılması ve mikrobiyal solunumdan çıkmış ısı. Bu ısı yığının içerisinde birikir; yığının yalıtılmış etkileri yüzünden bu ısının dağılması sınırlıdır. Termofilik vs. mezofilik sıcaklık aralığı kompost ile ilgili avantajları ve dezavantajları vardır. Bu mikrobiyal aktiviteyi arttıran sıcaklık 28-55⁰C aralığındadır (48-131 F). Ayrıca en yüksek O₂ tüketimi bu aralıktadır. Yüksek sıcaklık iyi kompostlama için gerekli bir şart olarak düşünülmektedir. Fakat aşırı yüksek sıcaklık çoğu mikroorganizmanın gelişimini engeller, bu yüzden besin stoğunun parçalanması yavaşlar. Sıcaklık yaklaşık 65den 75⁰C (150den 160F)'ye yükseldiğinde eğilim sporlar içine dönüştürmek için spor oluşturucular yönünde olur. Bu geçiş memnun edici değildir, çünkü spor oluşum aşaması dinlenme aşamasıdır ve bu yüzden parçalanmanın oranı düşer. Ayrıca spor oluşturma kapasitesine sahip olmayan mikroplar güçlü bir şekilde durdurulur ve bu sıcaklıkta ölürlür. Sonuçta, maksimum sıcaklık 65⁰C (150F) de tutulmalıdır. Kompostlanan sıcaklık kütlesiyle sıcaklık dağılımı çevresel iklimik şartlar ve havalandırma metodu tarafından etkilenir. Statik yığında en yüksek sıcaklık kütlenin merkezinde gelişir ve en düşük sıcaklık yığının köşesinde oluşur. Bu sıcaklık değişimi konveksiyonu (doğal hava akımı gibi) küçük bir ölçüde teşvik eder. Hava hareketinin derecesi kompostlama kütlesinin gözenekliliği kadar ortam şartlarının fonksiyonudur. Fakat sıcaklık kontrolünün problemi en iyi şekilde çözümlenmelidir, ya periyodik bir şekilde yığının döndürülmesi ya da prosesin baştan sona kadar zorunlu olarak havalandırılmalıdır [32].

4.2.8. pH

Kompostlama için optimum pH aralığı yüksek veya düşük pH seviyelerinde zorluklara nadiren rastlandığından çok geniştir. Organik materyaller 3-11 pH aralığında kompostlanabilir. Fakat optimum pH aralığı 5.5-8 arasındadır. Bakteriler organik madde dönüşümlerinde anahtar katalizdir ve tipik bir şekilde nötr pH'a yakın tercih edilir. Tam tersine mantar asidik ortamında daha iyi gelişir. Kompostlama pH seviyesinin erken aşamalarında normal olarak organik asitlerin üretiminden dolayı azalır. Bu asitler mikrobik popülasyonun başarısı için substrat olarak hizmet etmektedir. Asitler parçalandıkları için pH yükselir ve sık sık yaklaşık nötralde stabilize olur. Bazı durumlarda kompost pH'ı 8.5 kadar yükseğe ulaşabilir. pH'ın durdurucu seviyelere ulaşması pek olası olmadığı için pH düzenleyici materyalleri (kireçtaşı, CaOH gibi) ekleme yoluyla besin stoğuna tampon yapmaya gerek yoktur. Amonyum azotunun fazla kaybına neden olabileceği için kireç eklenmesinden kaçınılmalıdır. Kompost yığınının pH'ı genellikle standart cam elektrot pH metre kullanarak ölçülür [36].

4.3. Kompostlaştırmanın yararları

Kompost toprak düzenleyicisi olarak yüz yıllardır kullanılmaktadır. Bunun yanında kirlilik remediasyonu, kirlilik önleme ve düşük maliyet sağlama gibi faydaları da bulunmaktadır. Detaylı olarak aşağıda verilmiştir.

Toprak zenginleştirme:

- Fakir toprakları rejenere etmek amacıyla organik madde ve humus sağlamak,
- Bitki hastalıkları ve haşere sorununun kontrol edilmesine yardımcı olma,
- Killi ve kumlu toprakların her ikisinde de, suyun tutulmasını ve toprağın nutrient içeriğini artırmak,
- Kimyasal gübrelere doğal toprak mikroplarının azalmasından sonra toprak yapısını restore etme,
- Gübre ihtiyacını azaltma veya giderme

Kirlilik remediasyonu:

- Uçucu organik bileşikleri parçalanabilmekte ve kokuları absorblamada,
- Ağır metalleri tutmakta ve onların bitkiler tarafından absorblanmasını veya su kaynaklarına ulaşmasını engelleme,
- Kirlenmiş topraklardaki klorlu ve klorlu olmayan hidrokarbonları, pestisitleri, petrol ürünlerini ve ahşap koruyucularını parçalama ve bazı durumlarda tamamen yok etme.

Kirlilik önleme:

- Düzenli depolamadaki sızıntı suyu oluşumunu ve metan oluşumunu engelleme,
- Şiddetli yağışlarda, su kaynaklarına kirletici ulaşmasını önleme,
- Erozyonu bu sayede dere göl ve nehirlere şiddetli yağışlarla kum ve çamur gelmesini önleme,
- Yol kenarları, yamaçlar, golf ve diğer oyun sahaları gibi alanlarda çim kaybını önleme,

Ekonomik yararları:

- Su, gübre ve pestisitler için duyulan ihtiyacı azaltarak önemli ölçüde tasarruf sağlama,
 - Pazarlanabilir bir ürün oluşturma,
 - Atık akımı içerisindeki organik atıkların kompostlaştırılması ile kentsel katı atık depolarının ömrünü uzatma,
- şeklinde verilmektedir [8].

BÖLÜM 5. MAYA FABRİKASI İŞLEYİŞİ VE ÖZELLİKLERİ

Çalışma yaptığımız fabrika Düzce ili, Cumayeri Belediyesi sınırları içinde yer alan Pakmaya fabrikasıdır. Dünya üzerinde pek çok maya çeşidi vardır. Bunlardan başlıcaları:

- ekmek mayası
- bira mayası
- küf mayası (ilaç sanayi)
- vb... seklindedir.

Düzce Pakmaya fabrikasında ekmek mayası üretilmektedir.

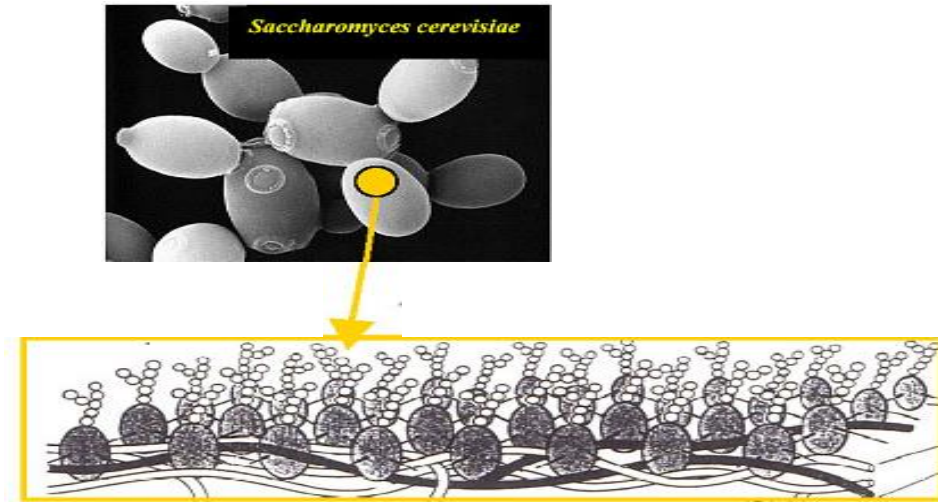
5.1. Ekmek mayası nedir?

-Ticari (pratik) anlamda:

Başta ekmek olmak üzere undan mamul edilmiş hamurların kabartılmasında kullanılan canlı bir elemandır. Ev hanımlarının çeşitli hamur mamulleri yapımında kullandıkları mayalı hamur; ekmek mayası ile kabartılmış hamur demektir.

-Teknik (bilimsel) anlamda:

Tek hücreli, çok küçük (yaklaşık olarak 5 mikron büyüklüğünde) ve ancak mikroskop altında görülebilen canlı bir mikroorganizmadır. Bitkisel kökenli bir mikroorganizma ve insana yararlı olan mikroplardan biri olan ekmek mayasının Latince adı *saccharomyces cerevisiare* (sakaromisez serevize) olup kabartma işlevini ilk suda çözülüp hamura katıldığında uygun sıcaklıkta CO₂ (karbondioksit) gazı çıkararak yapar.



Şekil 5.1. Maya hücresinin(*saccharomyces cerevisiare*) mikroskop altında görüntüsü.

Mayanın CO₂ gazı çıkarması onun doğal bir fonksiyonudur ve bu olaya fermantasyon denir. Hamurun kabarması sırasındaki fermantasyon olayı mayanın yaşamını sürdürebilmesi için gerekli enerji eldesi, unda mevcut olan karbohidratları (şekerleri) oksijenin olmadığı ortamda parçalayarak kullanılmasıdır, buna alkolik fermantasyon denir. Bunun sonucunda etil alkol yanında karbondioksit gazı çıkarmasıdır. Maya tarafından çıkarılan bu CO₂ gazı hamur içinde sıkışarak hamuru kabartır ve hacimli bir yapı verir. Bu arada oluşan etil alkolde hamura hafif ekşimsi bir koku ve tat verir hamurun pişirilerek ekmek yapımı sırasında hamurda mevcut olan CO₂ ve etil alkol hamurdan uzaklaşır.

Bir tek maya hücresinden başlayarak birkaç gün zarfında milyarlarca ve hatta daha fazla sayıda maya hücresinin toplu olarak eldesi için gerekli özel maya kültürü, uygun hammadde, bilgi, ekipman ve insan gücü gibi faktörlerin tümü ekmek mayası üretim teknolojisini oluşturur.

Maya hücresi bitki hücresi gibidir. Hücre zarı, sitoplazma ve çekirdek kısımlarından oluşur.

5.2. Maya üretiminde kullanılan hammaddeler

Ekmek mayası üretiminde önceleri sadece nişastalı hammaddeler kullanılırken bugün tahılla beraber melas kullanılmaktadır. Melas şeker kamışı ve şeker pancarından elde edilen %40–45 oranında şeker içeren şeker fabrikasının atığıdır.

Maya üretilirken, koşulların optimum olup verimin yüksek olması için melasın haricinde bir takım tuzlar ve mayanın gelişmesi için çeşitli vitaminler de kullanılır.

5.3. Ekmek mayası üretimini etkileyen faktörler

5.3.1. Su

Bütün mikroorganizmalar gibi maya hücresinin de üreyebilmesi için suya ihtiyacı vardır. Çünkü enzim aktiviteleri için gerekli olan besini ve oksijeni suda çözülmüş formda kullanabilirler.

5.3.2. Sıcaklık

Mayaların yaşamlarını sürdürmeleri ve üremeleri için uygun sıcaklık 25- 40 C arasındadır. Ekmek mayası üretimindeki optimum sıcaklık 30-36 C arasında değişir.

5.3.3. Ortam asitliği (pH'sı)

Maya üretiminde uygun pH aralığı 3,6-6 arasındadır. Yani maya hafif asidik bir ortamda ürer. Bununla beraber bu asidik ortamda diğer mikroorganizmalar gelişmiyor.

5.3.4. Hava

Hücre içine aldıkları besini parçalamak için oksijene ihtiyaç duyarlar. Fermantasyon için CO₂'ye ihtiyaç duyarlar.

5.3.5. Besin maddeleri

- Karbon kaynağı olarak melas ve diğer şekerli maddeler.
- Azot kaynağı olarak amonyaklı su, üre ve diğer amonyum tuzları
- Fosfat kaynağı olarak fosfat tuzları
- Çeşitli vitamin ve mineral tuzlar.

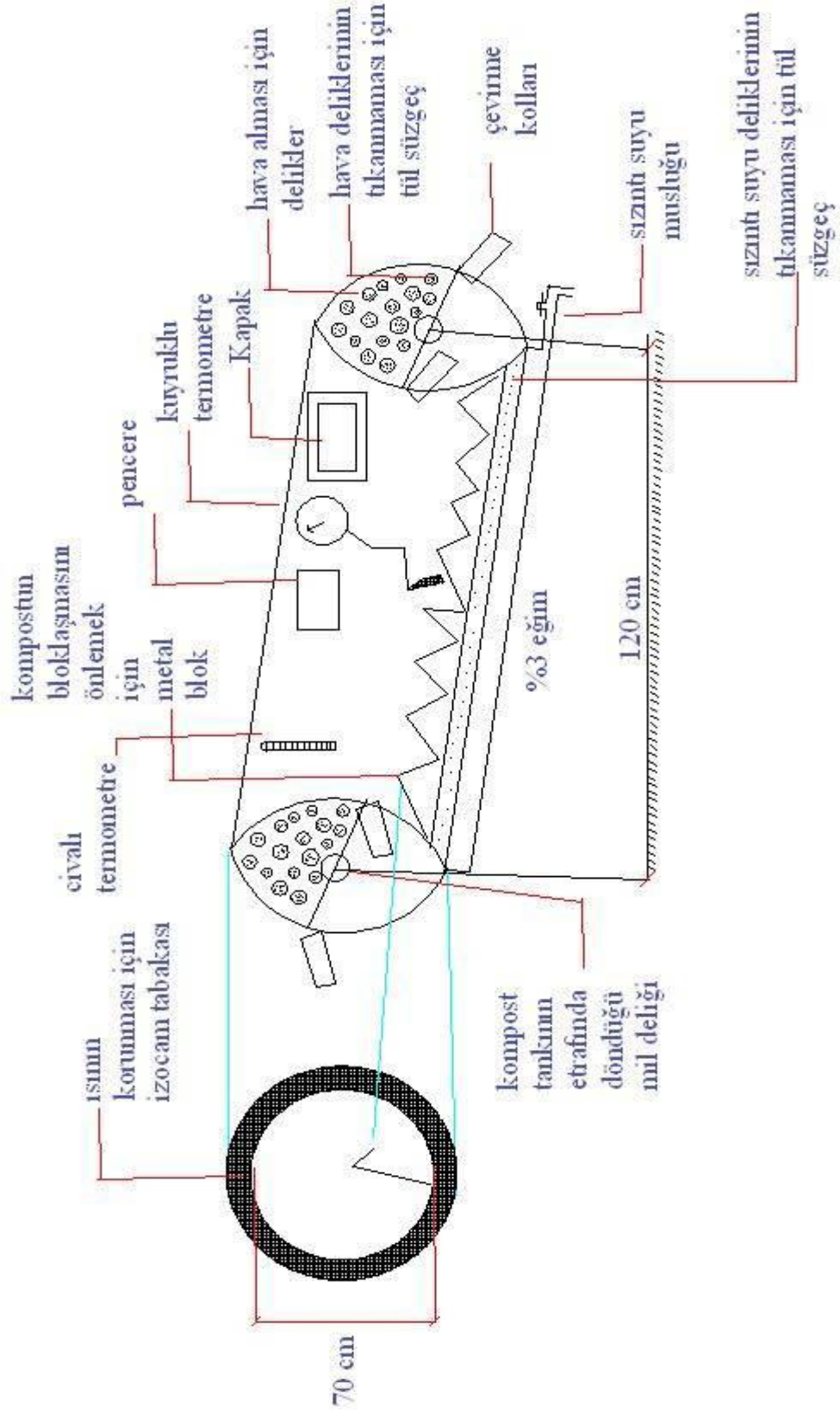
BÖLÜM 6. MATERYAL METOD

Düzce Pakmaya fabrikasının atık suları sırasıyla;

- Evaporasyon (buharlaştırma) ünitesi,
- Anaerobik arıtma,
- Aerobik arıtma,
- Son çöktürme (sedimantasyon),
- Doğal lagünler,
- Melen deresine deşarj seklindedir.

Kompostlaştırma için kullandığımız çamur aerobik arıtmadan çıkan çamurdur. Kompostlaştırmada kullanacağımız diğler ana madde de pakmaya fabrikası yemekhanesinden kaynaklanan yemek artıklarıdır (organik atıklar). Bu çamurun yanı sıra nem oranını ayarlamak ve C/N oranını ayarlamak için yardımcı maddeler kullanılmıştır. Bu yardımcı maddeler seçilirken kompost üretiminin mümkün olduğunca ekonomik olması için Düzce ili ve çevre illeri kapsayan tarım politikası göz önüne alınmıştır. Yörede çok fazla findık ve mısır üretimi olduğundan yardımcı hammaddeler olarak; findık fabrikada islenilip kullanıldıktan sonra arta kalan findık kavşığı, mısır silajı ve kurumuş ot seçilmiştir.

Kompost üretimi karıştırma işlemleri rahatlığı açısından yuvarlak ve kendi ekseni etrafında dönebilen kapalı tasarlanan bir tank içinde gerçekleştirilmiştir. Tankın detayları şekil 6.1'de verilmiştir.



Şekil 6.1. Kompost tankı detay çizimi

6.1. Kompost Tankının Ayrıntıları

Kompost tankı silindir şeklinde tasarlanmıştır. Yatay bir mil etrafında ayakların üzerine sabitlenerek rahat bir şekilde dönebilmesi için silindir şeklinde tasarlanmıştır. Mikroorganizma faaliyetleri sonucunda oluşacak ısıyı korunabilmesi için etrafı izocam ile sarılmıştır. Üst kısmına menteşe ile hareket edebilen (açılıp-kapanabilen) kapak tasarlanmıştır. Dönme işlemi sırasında tankta olan materyalin dökülmemesi ve materyallerin içine rahat bir şekilde koyulup, oluşan kompostun tankın içinden kolaylıkla alınabilmesi için kapağın menteşeli yapılması planlanmıştır. Kompost tankının içinin rahatça görünebilmesi için pencere tasarlanmıştır. Kompost tankının kapağını açmadan kompost tankının içeriğini görebilmek mümkün olacaktır. Bu sayede sürekli kapak açılmasından kaynaklanan soğuk hava girişi de engellenecektir.

Kompost tankının içine metal blok koyulmuştur. Oluşan kompostun dönme işlemi gerçekleşirken öbikleşmesini engellemek ve bu sayede havasız kalmasını önlemek için metal blok tasarlanmıştır. Kenar parçaların yarı seviyesinin üzerinde olan bölümde çapı 3cm olan küçük delikler açılması ve bu sayede kompost tankına hava girişi planlanmıştır. Dönme işlemi sırasında bu deliklerden kompost materyalinin dışarı çıkmasını önlemek için kompost tankının içinden tül süzgeç yapıştırılması planlanmıştır.

Kompost tankına 1 adet musluk tasarlanmıştır. Kompost tankında oluşacak ayrışmadan kaynaklanan suyun kontrollü bir şekilde alınmasını sağlamak için musluk planlanmıştır. Oluşacak suyun musluktan rahatça akabilmesi için %3 eğim verilmesi düşünülmüştür. Sızıntı sularının musluğa taşınabilmesi için su kompost tankının altına su kanalı planlanmıştır. Sızıntı sularını alacağımız kanal üzerine alüminyum tül düşünülmüştür. Bu sayede kanal üzerindeki deliklerin küçük partiküller tarafından tıkanılmasının önüne geçilmiştir.

Hazırlanan kompost tanklarının içine kuyruklu termometre dış ortama da civalı termometre koyulmuştur. Kompost tanklarına kuyruklu termometre koyulmasının amacı ibrelerinin dışarıda olması ve bu sayede kompost tanklarının kapaklarının sürekli açılarak soğumasını önleyerek sıcaklık ölçümünün rahatlıkla yapılabilmesi

amaçlanmıştır. Bu sayede rahatlıkla dış ortam sıcaklığıyla beraber kompost oluşumunun sıcaklığının da takibi yapılabilecektir.

Kompost tankının kenarlarına 2'şer adet çevirme kolları planlanmıştır. Bu sayede kompost tankı yatay mil üzerinde rahatça dönme işlemini tamamlayabilecektir.

6.2. Kompostlama İşlemi Öncesinde Yapılan Çalışmalar

Başlangıç olarak maya fabrikasının aerobik arıtmasının çamurlarının analizi standart metotlar dahilinde yapılmıştır. Çamurla beraber kompostlaştırmada kullanacak diğer maddelerin analizleri de standart metotlara uyularak yapılmıştır. Analiz sonuçları tablo 6.1 de verilmektedir.

Tablo 6.1. Maya fabrikası aerobik çamuruna, fındık kavşağına, mısır silajına, kurumuş ota ve evsel organik atıklara ait analiz sonuçları

	%Nem	%C	% N	C/N	% fosfat	pH	İletkenlik ($\mu\text{s}/\text{cm}$)
Atık Çamur	75,8	32,71	2,88	11,36	1,19	8,15	729
Fındık K.	25,5	36,95	0,70	52,78	0,19	8,22	666
Mısır S.	24,3	44,18	1,03	42,89	0,25	3,98	1939
Kur. Ot	19,7	36,58	2,36	15,5	0,92	8,3	1782
Evsel org. atıklar	60,1	56,73	1,14	64,73	0,11	5,0	1565

Kompost tanklarına en uygun karışımı bulabilmek için matematiksel kabuller ortaya koyulmuştur. Matematiksel kabuller yapılırken kompostlaştırmanın verimine etki eden C/N, % nem ve pH dikkate alınmıştır.

1. karışım için (ana maddesi sadece aerobik arıtma çamuru olan karışım)

1.Kabul: % 60 aerobik çamur, %20 fındık kavşağı, % 15 mısır silajı, %5 kurumuş ot

2.Kabul: % 50 aerobik çamur, %30 fındık kavşağı, % 10 mısır silajı, % 10 kurumuş ot

3.Kabul: % 50 aerobik çamur, %35 fındık kavşağı, % 10 mısır silajı, %5 kurumuş ot

4.Kabul: % 50 aerobik çamur, %35 fındık kavşağı, %5 mısır silajı, % 10 kurumuş ot

5.Kabul: % 50 aerobik çamur, %40 fındık kavşağı, %5 mısır silajı, %5 kurumuş ot

2. karışım için (ana maddesi aerobik arıtma çamuru ve evsel atıkların olduğu karışım)

1.Kabul: % 20 aerobik çamur, %30 evsel atık %30 fındık kavşağı, % 10 mısır silajı, %10 kurumuş ot

2.Kabul: % 30 aerobik çamur, %20 evsel atık %30 fındık kavşağı, % 10 mısır silajı, %10 kurumuş ot

3.Kabul: % 25 aerobik çamur, %25 evsel atık %30 fındık kavşağı, % 10 mısır silajı, %10 kurumuş ot

4.Kabul: % 20 aerobik çamur, %25 evsel atık %25 fındık kavşağı, % 15 mısır silajı, %15 kurumuş ot

5.Kabul: % 25 aerobik çamur, %35 evsel atık %30 fındık kavşağı, %5 mısır silajı, %5 kurumuş ot

Yapılan kabullere ilişkin oluşturulan karışımlarda; C/N, % Nem ve pH değerleri Tablo 6.2’de verilmiştir.

Tablo 6.2. 1.ve 2. karışıma ait yapılan matematiksel kabullere ilişkin C/N, % Nem ve pH değerleri

Parametre	1.Karışım					2. Karışım				
	1.Kab.	2.Kab.	3.Kab.	4.Kab.	5.Kab.	1.Kab.	2.Kab.	3.Kab.	4.Kab.	5.Kab.
C/N	24,58	27,35	29,21	27,85	29,71	43,36	38,02	40,35	40,41	44,25
%Nem	55,21	49,95	50,24	50,01	50,30	45,24	46,81	46,02	43,16	49,83
pH	7,55	7,77	7,765	7,98	7,98	6,82	7,14	6,98	6,77	6,87

Bilindiği üzere matematiksel (teorik) kabullerin sonuçları gerçek yaşamdaki (pratikte) sonuçlarla farklılık göstermektedir. Her iki karışımdan kompostlaştırma için en uygun olan ikişer adet kabul alınarak laboratuvar ölçekli karışımları hazırlanıp analizleri standart metodlar dahilinde yapılmıştır. Bu analizlerin yapılma amacı matematiksel kabullerin ne derece doğru olduğunu görebilmek içindir.

Kompostlaştırma işleminin veriminin en yüksek düzeyde olabilmesi için C/N oranı %30, nem muhtevası %50 ve pH nötr yada nötre yakın (pH=7) olmalıdır [13].

1.karışımdan C/N oranı %30'a en yakın olan 3.ve 5. kabul seçilirken; 2. karışımdan 2. ve 3. kabul seçilmiştir. Aynı zamanda 1. ve 2. karışımdaki seçilen kabullerin nem içeriği de %50'ye yakınken pH'larında optimum aralık içindedir.

Karışımların laboratuarda homojen bir şekilde hazırlanabilmesi için hammaddelerin gerekli oranlarda tartılıp mutfak mikseri ile karışımı sağlanmıştır. Mutfak mikseri karıştırma yaparken parçalama işlemide yaptığından tane boyutunda küçülmeler meydana gelmiştir. Bu sayede homojen karışımlar elde edilmiştir. Laboratuar ölçekli yapılan karışımların ve matematiksel kabullerin karşılaştırmalı sonuçları tablo 6.3'de verilmiştir.

Tablo 6.3. Matematiksel kabullerle laboratuar verilerinin karşılaştırılması

1.Karışım						
	Matematiksel kabul			Laboratuar verisi		
	C/N	%Nem	pH	C/N	%Nem	pH
3.Kabul	29,21	50,24	7,76	32,34	51,22	8,10
5.Kabul	29,71	50,30	7,98	28,65	51,32	8,32

2.Karışım						
	Matematiksel kabul			Laboratuar verisi		
	C/N	%Nem	pH	C/N	%Nem	pH
2.Kabul	38,02	46,81	7,14	36,23	47,18	7,21
3.Kabul	40,35	46,02	6,98	41,87	46,0	7,01

Tablo 6.3'de de görüldüğü gibi matematiksel kabullerle laboratuar verileri arasında farklılıklar bulunmaktadır. Fakat bu farklılıklar çok yüksek oranda değildir. Yapmış olduğumuz matematiksel kabuller maksimum % ± 9 'luk bir sapma ile doğruluk göstermiştir. Doğrulama analizleri yapıldıktan sonra kompostlaştırma işlemi için en uygun karışımları hazırlamak için, yapmış olduğumuz matematiksel kabullerden biri seçilebilir. 1. karışım tankı için 3. kabul 2. karışım tankı için de 2. kabul seçilmiştir.

Karışımlar belirlenen yüzdelerle hazırlanmaya başlanmıştır. Fakat fındık kavşağı içinde fındık ve fındık kabuklarının olduğu fark edilmiştir. Fındık ve fındık

kabuklarının tane boylarının küçültülmesi amacı ile şekil 6.2'deki el silindiri ile ezilerek tane boyutu küçültme işlemi yapılmıştır.

Tane boyutu kompostlaşmayı etkileyen faktörler arasında yer almaktadır. Mikroorganizmalar tane yüzeyindeki oksijeni kullanırlar. Küçük tanelerin yüzey alanı daha fazla olduğundan aerobik bozunma küçük tanelerde daha fazladır.



Şekil 6.2. Fındık kabuklarını kırmakta kullanılan el silindiri

Kırma (tane boyu ayarlama) işleminden sonra kompostlaştırılacak maddelerin karıştırılması gerekmektedir. Bu karışımın homojen olması istenilmektedir. Çünkü bu karışım ne kadar homojen olursa o derece kompost verimi yüksek olacaktır. Karıştırma işlemi şekil 6.3'de gösterilen mekanik karıştırıcı ile yapılmıştır.



Şekil 6.3. Mekanik karıştırıcı

Mekanik karıştırıcı sadece karıştırma işlemini yapmamaktadır. Keskin bıçaklarıyla kesme yani tane boyunu küçültme işlemi de yapmaktadır. Mekanik karıştırıcı alttan beslemeli olup yer çekimine karşı bir ilerletme yaptığı için homojene yakın bir karışım elde etmemizi sağlarken çıkış (üst) tarafına konulan elek sayesinde de büyük partiküllerin karışım içine girmeden engellenmesini sağlamaktadır. Elekte biriken maddeler bitene kadar alt taraftan mekanik karıştırıcıya tekrar tekrar konularak tane boyutunun küçülerek elekten geçmesi sağlanmıştır. Fındık kabuklarının kırılmasında mekanik karıştırıcı kullanılamamıştır. Çünkü mekanik karıştırıcı alttan yukarı akısı sağladığından, fındık kabukları da yuvarlak ve kaygan olduğundan fındık kabuklarının yukarı çıkmamasına ve kırılmasına engel teşkil etmiştir. Bu sebepten ötürü fındık kavşağının içinde bulunan fındık ve fındık kabukları el silindirinde kırıldıktan sonra mekanik karıştırıcıya koyulmuştur.

Düzce Pakmaya fabrikası arıtma çamurlarından yığın kompost yapmaktadır. Kompost tankları doldurulduktan sonra pakmaya fabrikasının mevcut kompostlarından birer kilo kompost alınarak kompost tanklarına aşılama yapılmıştır. Aşılama sayesinde kompostlama işlemi daha çabuk faaliyet göstereceği düşünülmüştür.



Şekil 6.4. Kompost tanklarının dışarıdan görünüşü

Belirlenen oranlarda karışımlar hazırlandıktan sonra karışımlar kompost tanklarının içlerine koyulup kompostlaştırma işlemine başlanmıştır.

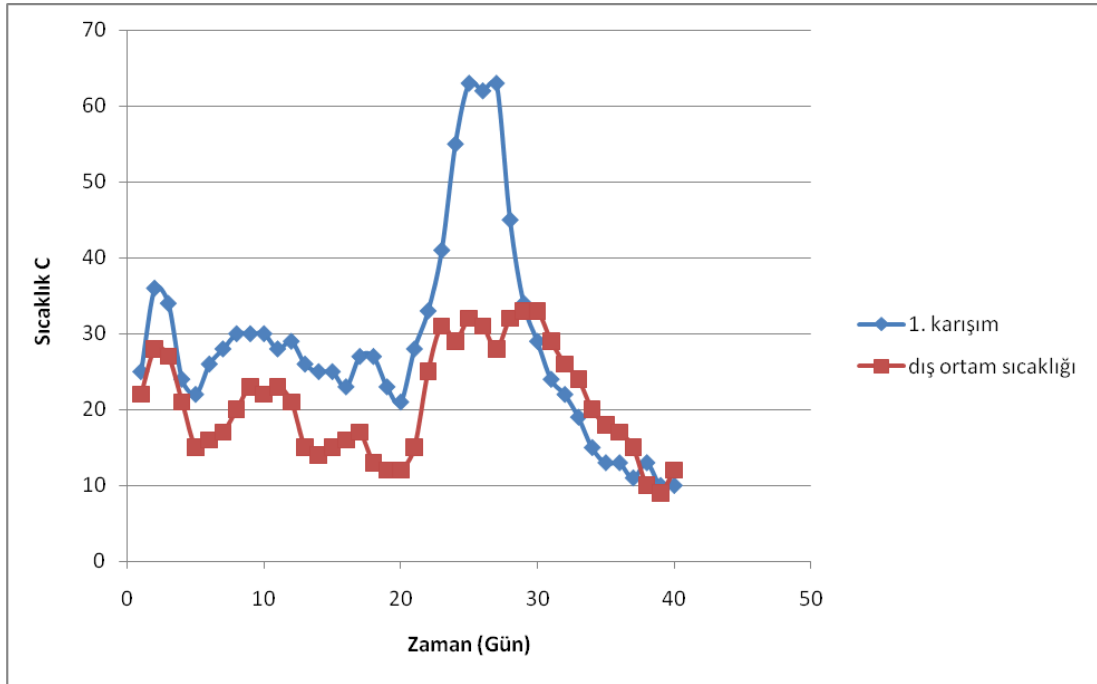


Şekil 6.5. Kompost tankının içten görünüşü

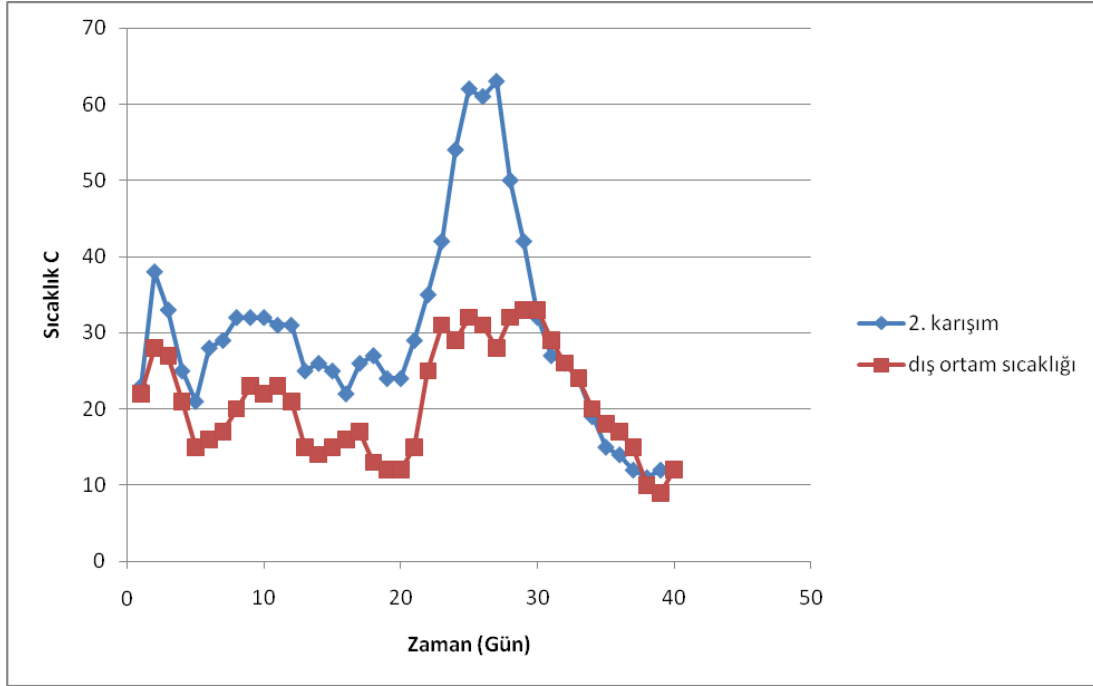
BÖLÜM 7. TARTIŞMA VE SONUÇ

Kompost tanklarında kompostlaştırma işlemi ekim – kasım ayları arasında yapılmıştır. Kompostlama işlemi süresince düzenli olarak sıcaklık, pH, C/N ve iletkenlik ölçümleri yapılmıştır. Kompostlama işlemi süresince zamanla bu parametrelerin değişimleri de gözlenmiştir.

Sıcaklık günde dört kere ölçülerek aritmetik ortalaması alınarak sıcaklık verisine ulaşılmıştır. Sıcaklık ölçümleri saat 8.00, 12.00, 16.00, ve 19.00 da yapılmıştır. Kompost tankıyla beraber dış ortam sıcaklığı da ölçülmüştür. Bu sayede dış ortam sıcaklığının kompost sıcaklığına etkisi gözlenmiştir. Kompost tanklarının kompostlaştırma işlemi süresince dış ortam sıcaklığı ile ilişkisi şekil 7.1 ve şekil 7.2’de verilmiştir.



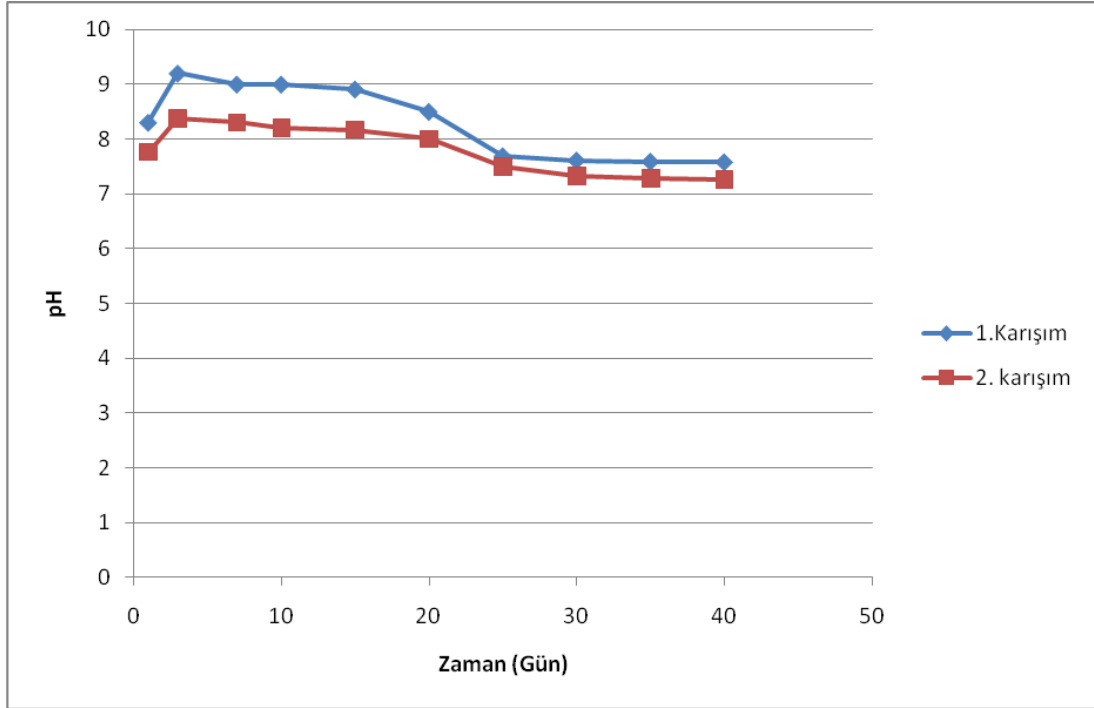
Şekil 7.1. 1. Karışıma ait dış ortam ve kompost tankının sıcaklık ilişkisi



Şekil 7.2. 2. Karışıma ait dış ortam ve kompost tankının sıcaklık ilişkisi

Grafiklerden de anlaşılacağı gibi dış ortam sıcaklığı günden güne çok değişiklik göstermiştir. Buna bağlı olarak kompost tanklarının sıcaklığında da gözle görülür sıcaklık değişimleri meydana gelmiştir. Fakat kompost tanklarının sıcaklıkları her zaman dış ortam sıcaklığından fazla olmuştur bu da havanın olumsuz etkilerine rağmen kompost bakterilerinin aktif olduklarını göstermektedir. Havanın ısınmasıyla kompost bakterilerinin aktivitelerini optimum şekilde devam ettirebilmesi için uygun ortam oluşmuş ve aktivitelerinin artmasıyla sıcaklık da yükselmiştir. Var olan organik maddenin azalmasıyla mikroorganizma aktivitesi azalmıştır buna bağlı olarak sıcaklık da azalmıştır.

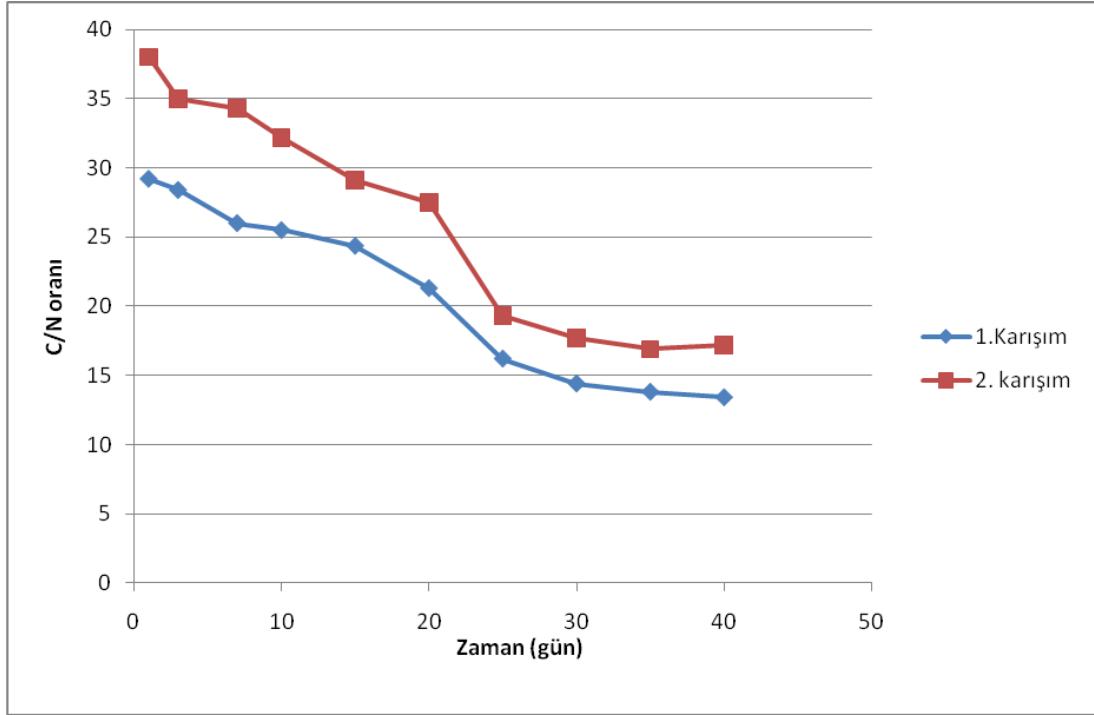
Evsel organik atıkları içeren kompost tankının (2.karışım) başlangıç pH'sı sadece arıtma çamuru içeren kompost (1.karışım) tankından daha düşüktür. Fakat her iki tankta da ilk haftada pH artışı gözlenmiştir. Bunun sebebi ortamda bulunan azotun kompost bakterileri tarafından kullanılmayıp amonyak olarak ortamdan ayrılmasıdır. Karışımlara ait pH- gün grafiği şekil 7.3'de verilmiştir.



Şekil 7.3. 1 ve 2. Karışıma ait pH değişimlerinin günlere göre dağılımı

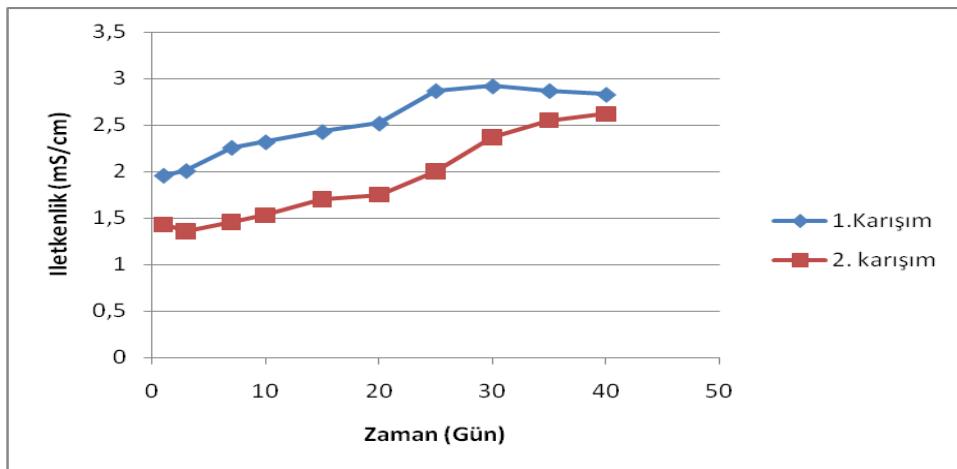
Hava sıcaklıklarının artmasıyla kompost oluşumu da hızlanmıştır. Kompost oluşumunda ilk haftada pH'nin artmasına rağmen kompost oluşumu hızlandıkça pH'in azaldığı gözlemlenmiştir. Kompostlaştırma işlemi sırasında organik maddelerin ayrışmadan kaynaklı asetik asit oluşumu pH'nin azalmasında rol almaktadır. Her iki tanktada maksimum pH düşüşü 20 günden sonra gerçekleşmiştir. Şekil 7.1 ve şekil 7.2 ye baktığımızda havaların ısınmasıyla kompost tanklarının 25.günde maksimum sıcaklığa yükseldiği görülmektedir.

Evsel atıkların bulunduğu tankta C/N oranı başlangıçta 38,02 iken 40.gün sonunda 17,52'ye düştüğü gözlemlenmiştir. Sadece arıtma çamurunun olduğu tanktaki C/N oranı başlangıçta 29,21 iken 40. gün ölçülen C/N oranı 13,4 gibi bir değere ulaştığı görülmüştür. Her iki karışımda da mikroorganizma faaliyetleri sonucunda C/N oranları azalmıştır. Optimum sıcaklık değerine ulaşıldığında maksimum C/N azalması gözlenmiştir.



Şekil 7.4. 1 ve 2. Karışıma ait C/N değişimlerinin günlere göre dağılımı

Evsel atıkların bulunduğu karışımın elektrik iletkenliği başlangıçta sadece arıtma çamurlarının olduğu kompost tankına oranla daha düşüktür. Fakat kompostlaştırma işlemi süresi sonunda elektriksel iletkenlikleri birbirlerine yaklaşmıştır. Her iki kompost materyalinin ayrışmasıyla ortaya çıkan tuzların elektriksel iletkenliği artırdığı düşünülmektedir.



Şekil 7.5. 1 ve 2. Karışıma ait iletkenliklerindeki değişimlerin günlere göre dağılımı

Tablo 7.1. Oluşturulan kompostların karakteristikleri

Parametre	1.Karışım (mg/l)	2.Karışım (mg/l)
Sodyum	10,11	11,34
Potasyum	845,5	824,1
Kalsiyum	1,86	3,7
Sülfat	543	454
Nitrit	1,44	0,61
Nitrat	80,1	41,8
Karbon	18,86	16,64
Azot	1,11	0,95
Karbon/Azot	13,4	17,52
ph	7,58	7,26
%nem	25	31
Bakir(mg/kg)	0,21	0,32
Çinko(mg/kg)	0,13	0,71
Demir(mg/kg)	0,76	0,86
Civa(mg/kg)	0,01>	0,01>
Mangan(mg/kg)	0,01>	0,01>

Sıcaklık, prosesin bir fonksiyonu olup, kompostlaştırmada önemli rol oynamaktadır. Biyolojik aktivite sonucu ısı açığa çıkması nedeniyle reaktördeki sıcaklıklarda hızlı bir artış görülmektedir. Fakat dış ortam sıcaklığı kompost tanklarını doğrudan etkilemektedir. Yapmış olduğumuz çalışma sonbahar aylarına denk geldiğinden sıcaklık artışı normal zamanlamadan ileri bir tarihte olmuştur. Çünkü her ne kadar kompost tanklarının içinde aktivite devam etse de dış ortamın soğukluğunu kıramamaktadır. Yani termofilik bakterilerin yaşaması için gerekli eşik sıcaklık seviyesini geçememektedir. Bunun için sonbahar ve kış aylarında yapılacak olan kompost çalışmaları sıcaklığı koruyabilmek için ya kapalı bir ortamda yapılmalıdır ya da kompost düzeneklerine dışarıdan kontrollü ısı müdahalesi ile yapılmalıdır ki olumlu kompost sonuçlarına ulaşılabilir.

C/N oranı uzun yıllardır stabilite ve olgunluğun belirtisi olarak kullanılmıştır. Keller (1961) tarafından, C/N oranı 20' nin altındaki oranlar, stabil kompost olarak ifade edilmiştir. Aydın ve Kocasoy (2002), Tosun (2003) yapmış oldukları çalışmalarda kompost kararlılık göstergesi olarak $(C/N)_{son}/(C/N)_{başlangıç}$ parametresini kullanmışlardır. Aydın ve Kocasoy tarafından yapılan çalışmada

$(C/N)_{\text{son}}/(C/N)_{\text{başlangıç}}$ oranı 0.55-0.7 iken Tosun tarafından 0.45-0.6 aralığında olması gerektiği belirtilmiştir. Sadece arıtma çamurlarından oluşan kompost tankının sonuç C/N oranı 13,4 iken arıtma çamurları ve evsel atıklarla beraber yapılan kompost tankının sonuç C/N oranı 17,52 dir. Yapmış olduğumuz her iki kompost denemesinde de Keller tarafından gerekli sayılan C/N oranının altındaki değerlerdedir. Sadece arıtma çamurlarından oluşan kompost tankının $(C/N)_{\text{son}}/(C/N)_{\text{başlangıç}}$ oranı 0,46 iken arıtma çamurları ve evsel atıklarla beraber yapılan kompost tankının $(C/N)_{\text{son}}/(C/N)_{\text{başlangıç}}$ oranı 0,45'dir. Aydın ve Kocasoy tarafından yapılan çalışmada bulunan değerlerin altında yer alırken Tosun tarafından yapılan çalışmada bulunan değerlerin arasında olduğu görülmüştür. Daha önceki çalışmalardan yola çıkarak C/N oranlarına bakılarak yapmış olduğumuz her iki kompost çalışması da 40. günün sonunda olgun kompost özelliği gösterdiğini söyleyebiliriz.

Kompost tanklarından elde edilen kompostların toprakta kullanılabilmesi için 31.05.2005 tarih ve 25831 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği (TKKY) 14. Madde de verilen sınırlamaları sağlaması gerekmektedir. Sadece arıtma çamurlarından oluşan kompost tankının Su muhtevası %25 iken arıtma çamurları ve evsel atıklarla beraber yapılan kompost tankının su muhtevası %31'dir. TKKY madde 14'de piyasaya sürülen kompostun su muhtevası oranının %50'yi geçmemesi istenmektedir. Dolayısıyla, reaktörlerdeki kompost son ürününün su muhtevasının uygun olduğu görülmektedir.

TKKY'de C/N oranının 35 den daha büyük olması halinde kompost reaksiyonunun optimum şartlarla cereyan edebilmesi için kompostta azot beslemesinin yapılması istenmektedir. Bu çalışmada her iki kompost tankında da elde edilen kompostlarda C/N oranı 35'den küçük olduğundan azot ilavesine gerek yoktur. Ayrıca TKKY Ek I-C'de verilen topraktaki ağır metal sınır değerleri, kompostlar toprağa uygulanırken uyulması gerekmektedir. TKKY Ek 1-C, tablo 7-2'de verilmiştir.

Tablo 7.2. Toprak kirliliğinin kontrolü yönetmeliği Ek 1-C, toprakta on yıllık ortalama esas alınarak bir yılda verilmesine müsaade edilecek ağır metal yükü sınır değerleri

Ağır Metal (Toplam)	Sınır Yük Değeri (gr/da/yıl, kuru maddede) *
Kurşun	1500
Kadmiyum	15
Krom	1500
Bakır	1200
Nikel	300
Çinko	3000
Civa	10

* Yem bitkileri yetiştirilen alanlarda çevre ve insan sağlığına zararlı olmadığı bilimsel çalışmalarla kanıtlandığı durumlarda, bu sınır değerlerin aşılmasına izin verilebilir.

Yapılmış olan çalışma gıda endüstrisi arıtma çamurları ve evsel organik atıklardan kaynaklandığı için ağır metal konsantrasyonları tablo 7.1’de de görüleceği üzere istenen konsantrasyonların çok çok altında bulunmakla beraber toprak kirliliğinin kontrolü yönetmeliğine göre de rahatlıkla uygulanabileceği belirlenmiştir.

Her iki kompost mekanizmasında da 20.günden sonra sıcaklıklar 60°C’nin üzerinde çıkmıştır bu sıcaklıklarda en az 2 gün kalmıştır. Kompostun 60-70°C sıcaklığa ulaşan kısmında, birkaç sporun dışında temel olarak bütün patojenik organizmalar 2-3 gün içinde ölür (Williams,2005). Yapılmış her iki çalışmada da kompost ürünlerinin stabil olduğu insan sağlığına zararsız olduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak bu çalışmada gıda endüstrisi arıtma çamurlarının yalnız ve evsel organik atıklarla birlikte aerobik olarak kompostlaştırabildiğinin uygulanabilirliğini ortaya koymuştur. Yapılan kompostların analiz sonuçları TKKY’ye uygun olduğunu ve toprakta olarak rahatlıkla kullanılabileceğini göstermektedir. Kentsel katı atık problemlerine pilot ölçekli yaklaşımda bulunularak çözüm üretilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] ABAD, M., National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: case study in Spain, *Bioresource Technology* 77,pp: 197-200, 2001.
- [2] AKINCI, G., İzmir'de Günümüzdeki Kompost Üretimi ve Kompostlama Atıklarının Değerlendirebilirliği, *Türk-Alman Katı Atık Günleri TAKAG*, sf:307-321, İzmir, 2008 .
- [3] ALPASLAN, N., Katı Atıkların Yönetimi, Bölüm :7 sf:1-24, *TMMOB CMO Yayınları*, İzmir, 2005.
- [4] ARIKAN, O., Arıtma Çamuru Kompostlaştırılmasında Organik Eysel Katı Atık İlavesinin Etkisi, *ITU Dergisi Mühendislik Cilt:4, Sayı:1*, 15-24, İstanbul, 2005.
- [5] AYDIN, G. G., ve KOCASOY, G., Investigation of appropriate initial composting and aeration method for co-composting of yard waste and market wastes, *Proceedings, Appropriate environmental and solid waste management and technologies for developing countries, ISWA' 2002 Dünya Çevre Kongre ve Fuarı*, 1277-1284, İstanbul, 2002.
- [6] BÖCEK, N., Eysel Nitelikli Katı Atık Kompostunun Verimsiz Topraklarda Yetiştirilen Nohut Bitkisine Etkisi, *Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2005 .
- [7] DUYUSEN, G., Menemen Kompostlaştırma Tesisi Teknik Özellikleri ve Proses Akışı, *Türk-Alman Katı Atık Günleri TAKAG*, sf:389-399, İzmir 2008.
- [8] EPA, *Innovative Uses of Compost*, EPA/530/F-97/042-043-044-045-046, ABD, 1997.
- [9] ERDİN, E., Kırsal Alanlarda Oluşan Organik Atıklar ve Bunlardan Biyogaz Üretimi, *Enerji ve Çevre*, Mersin, 1994 .
- [10] ERDİN, E., Frankfurt ve Bölgesinde A'dan Z' ye Katı Atık Yönetimi, *Ulusal Katı Atık Yönetimi Kongresi UKAY*, Eskişehir, 2009.
- [11] ERDİN, E., Katı Atık Teknolojisinde Analiz Yöntemleri, *DEU MMF/CEV Yayınları*, İzmir, 1996.

- [12] ERDİN, E., Katı Atıklar Laboratuvar El Kitabı, DEU MMF/CEV Yayınları, İzmir, 1980.
- [13] ERDİN, E., Kentlerimizdeki Biyoçöpün ve Yeşilçöpün Kompostlaştırılması, İzmir, 1989.
- [14] ERGÜN, O. N., Katı Atık Ders Notları, Samsun, 2001.
- [15] GENÇ, N., Arıtma Çamurlarının Aerobik Kompostlama ve Çürütme Prosesleri, Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1999.
- [16] HADRICH, G., AB Ülkelerinde Organik Atık İşlemleri İçin Stratejiler, Türk-Alman Katı Atık Günleri TAKAG, sf:29-56, İzmir, 2008.
- [17] Haliç Çevre Teknolojileri, Bolu Belediyesi Düzenli Katı Atık Depolama Sahası Seçme Eleme Kriterleri, İSTANBUL, 2005.
- [18] İLERİ, R., Çevre Biyoteknolojisi, değişim yayınları, sy:554,614, Sakarya , 2000.
- [19] KILINÇ, Z. B. , Ankara ilinde Tıbbi Atıkların Yönetimi Kaynaklarına Göre Sınıflandırılması ve Kompozisyonu, 2002, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2002.
- [20] MCDUGALL, F., Integrated Solid Waste Management: a Life Cycle Inventory, sy:371-379, Blackwell Science Ltd, a Blackwell Publishing Company, ABD, 2001.
- [21] MUSDAL, H. , Tıbbi Atıkları İşleme ve Bertaraf Etme Teknolojisi Seçme Problemine Bulanık Analitik Hiyerarşi ve Bulanık Analitik Ağ Prosesi Yaklaşımı, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.
- [22] NUHOGLU, N., Arıtma Çamuru ve Kentsel Katı Atık Kompostunun Süs Bitkileri Yetiştiriciliğinde Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2005.
- [23] ÖZBAŞ, E., Kompost Kullanımı ve Kullanımını Sınırlayıcı Faktörler, 7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, Yasam Çevre Teknoloji, sy:820-824, İzmir, 2007.
- [24] ÖZTÜRK, M., Hayvan Gübresinden ve Atıklardan Kompost Üretimi, Ankara, 2008.
- [25] PICHTEL, J., Waste management practices municipal, hazardous, and industrial, sy:13-18 1792-1822, CRC Press Taylor & Francis Group FL, ABD, 2005.

- [26] Resmi Gazete, 31.05.2005 tarih ve 25831 Sayılı Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği.
- [27] Resmi Gazete, 05.04.2005 tarih ve 25777 Sayılı Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği.
- [28] SAMSUNU, A., İstanbul Kompost Tesisi, Kompostunun Kalitesi ve Değerlendirilmesi, Türk-Alman Katı Atık Günleri TAKAG, sf:157-173, İzmir, 2008.
- [29] SENGÜL, F., TÜRKMAN A, Su ve Atıksu Analizleri, sf:77-144, DEU MMF/CEV Yayınları, İzmir, 1991.
- [30] STAEB, J., Kirchheim Kompost Tesisi Kompostu ve Tarımda Kullanılması, Türk-Alman Katı Atık Günleri TAKAG, sf:381-388, İzmir, 2008.
- [31] STRATTON, M. L., The Effect Of Nitrogen Source And Concentration On The Growth And Mineral Composition Of Privet, Journal Of Plant Nutrition, 24(11), pp:1745–1772, 2001 .
- [32] SWITZENBAUM, M. S., Wastewater Treatment, 7.55 Composting, CRC Press LLC, 1999.
- [33] TOPKAYA, B., Kompostlama, Katı Atık ve Çevre, sy:9-36, Katı Atık Türk Milli Komitesi Yayınları, İstanbul, 2002.
- [34] TOSUN, İ., Gül işleme posasının evsel katı atıklarla birlikte kompostlaşabilirliği, Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 2003.
- [35] TURAN, G., Samsun Kentsel Katı Atıklarının Kompostlaştırılmasında Genleştirilmiş Perlit ve Doğal Zeolitlin Etkilerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2003.
- [36] WILLIAMS, P., Waste Treatment and Disposal, sy:326-366 John Wiley & Sons Ltd, İngiltere, 2005.
- [37] www.epa.gov/osw/conservation/rrr/composting/basic.htm 13/10/2009 .
- [38] YILMAN, S., Waiblingen Rems Murr Kreises Mİ Konteyner Kompost Tesisi ve Ürün Kalitesi, Türk-Alman Katı Atık Günleri TAKAG, sf:401-410, İzmir, 2008.

ÖZGEÇMİŞ

1985 Ankara doğumlu. İlk ve orta öğrenimini Ankara'da tamamladı. 2004 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Çevre Mühendisliğinde lisans eğitimine başladı. 2008 yılı haziran ayında mezun oldu. 2008 yılı eylül ayında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2009 yılında Balıkesir Edremit'te bulunan Dönüşüm Havuz Arıtma Danışmanlık İnşaat LTD.ŞTİ' de işe başladı. Halen aynı şirkette çalışmalarını devam ettirmekte.