



FARKLI KOŞULLARDA KOMPOSTLAŞMA SÜRECİNİN İNCELENMESİ VE ÜRÜN KALİTESİNİN BELİRLENMESİ

ZEYNEP EDA OKTAY

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BIYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

DOÇ. DR. HAKAN POLATCI

Temmuz-2023

Her hakkı saklıdır

T.C.
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**FARKLI KOŞULLARDA KOMPOSTLAŞMA SÜRECİNİN
İNCELENMESİ VE ÜRÜN KALİTESİNİN BELİRLENMESİ**

ZEYNEP EDA OKTAY

TOKAT

Temmuz-2023

Her hakkı saklıdır

ETİK SÖZLEŞME

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Doç. Dr. Hakan POLATCI danışmanlığında hazırlamış olduğum “Farklı Koşullarda Kompostlaşma Sürecinin İncelenmesi ve Ürün Kalitesinin Belirlenmesi” adlı yüksek lisans tezinin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

27/07/2023

Zeynep Eda OKTAY

İmza

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğreniminin ilk gününden bu yana desteğini esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Hakan POLATCI' ya, önemli katkı ve yol göstermeleri ile tezime büyük destek veren sayın hocam Prof. Dr. Hilal Bilge ÇADIRCI'ya teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca çalışmalarımda yardım ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen beni maddi, manevi olarak destekleyip bu günlere getiren annem Selma OKTAY ve babam Sinan OKTAY'a, bana daima yol gösteren ablam Seda OKTAY PAÇACI ve eniştem Timur PAÇACI'ya sonsuz teşekkür ve sevgilerimi sunuyorum.

ZEYNEP EDA OKTAY

Temmuz 2023

FARKLI KOŞULLARDA KOMPOSTLAŞMA SÜRECİNİN İNCELENMESİ VE ÜRÜN KALİTESİNİN BELİRLENMESİ

Oktay, Zeynep Eda

Yüksek Lisans, Fen Bilimleri ve Biyosistem Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Hakan POLATCI, Temmuz 2023, xi + 42 sayfa

ÖZET

Yenilenebilir enerji kaynakları bakımından oldukça zengin olan ülkemizdeki kaynaklar yeterince değerlendirilememektedir. Canlı sağlığının korunması, çevre kirliliğinin önlenmesi, enerji ve dış ülkelere bağımlılığın azaltılması bakımından kompost oldukça önemli bir yere sahiptir. Türkiye'de organik atıkların evsel katı atık bünyesindeki payı oldukça fazladır. Biyometanizasyon ve diğer atıklarla beraber arıtımı, Avrupa Birliği'nin düzenli depolama alanlarına gönderilecek organik içerikli atıklara uyguladığı kotaların sağlanması ve yenilenebilir enerji üretimi bakımından uygun bir yöntem olarak görülmesi nedeniyle ekonomiyi olumlu etkileyecektir. Kompost bir toprak düzenleyicisidir, gübre değildir. Kompostun içerdiği maddelerin çözünmesi, kimyasal gübrelerin aksine ancak uzun bir süre içerisinde gerçekleşebilmekte ve alıcı ortama aktarılması farklı koşullarda yapılan çalışmalarda yapılan çeşitli araştırmalarda organik atıkların, bitkilerin verim ve kalite özellikleri üzerine olumlu etkileri belirlenmiştir. Çalışmada, farklı koşullarda yapılan üretim, oluşum ve sıcaklık üzerindeki etkileri kıyaslanarak bazı kriterler açısından uygun dönemde üretilen ürünün kalitesi belirlenmiştir. Çalışmada kimyasal özellikler (Nem, pH) mikrobiyolojik analizleri (PDA, PCA, maya-küf belirlenmiştir. Deneme sonuçlarına göre ürünün daha kaliteli olduğu en uygun dönemin yaz dönemi olduğu (Mayıs-Haziran) sonucuna varılmıştır.

ANAHTAR KELİMELE: Kompost, Organik atık, Kompostlaşma, pH, Patojen Bakteri

INVESTIGATION OF THE COMPOSTING PROCESS IN DIFFERENT CONDITIONS AND DETERMINATION OF PRODUCT QUALITY

Oktay, Zeynep Eda

Master, Natural Sciences, Biosystem Engineering Department

Thesis Advisor: Ass. Prof. Hakan POLATCI July 2023, xi +42 pages

ABSTRACT

The resources in our country, which is very rich in terms of renewable energy resources, cannot be evaluated sufficiently. Compost has a very important place in terms of protecting the health of living things, preventing environmental pollution, reducing dependence on energy and foreign countries. The share of organic wastes in domestic solid waste is quite high in Turkey. Biomethanization and treatment together with other wastes will have a positive impact on the economy, as it is seen as a suitable method in terms of renewable energy production and ensuring the quotas applied by the European Union to organic wastes to be sent to landfills. Compost is a soil conditioner, not fertilizer. The dissolution of the substances contained in the compost, unlike chemical fertilizers, can only take place over a long period of time, and the positive effects of organic wastes on the yield and quality characteristics of plants have been determined in various studies carried out in studies conducted under different conditions. In the study, the quality of the product produced in the appropriate period in terms of some criteria was determined by comparing the effects on production, formation and temperature under different conditions. In the study, chemical properties (Moisture, pH) and microbiological analyzes (PDA, PCA, yeast-mildew) were determined. According to the results of the experiment, it was concluded that the best quality of the product was the summer period (May-June).

KEYWORDS: Compost, Organic waste, Composting, pH, Pathogenic Bacteria

İÇİNDEKİLER

ÖZET	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
TABLolar LİSTESİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
1.GİRİŞ	1
2.GENEL BİLGİLER	5
2.Kompostlaştırma	2
3. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI	9
4. MATERYAL VE YÖNTEM	21
4.1. Deneysel çalışmada kullanılan makina ve cihazlar	21
4.1.1. Çalışmada kullanılan materyaller	21
4.1.2. Kompost üretimi için kullanılan materyaller	21
4.2. Üretim ortamları	22
4.3. Yöntemler	22
4.3.1. Ön hazırlık	22
4.3.2. Kompost üretimi	23
4.3.3. Yapılan analizler	25
4.3.3.1. Toplam pH	25
4.3.3.2 Nem tayini	25
4.3.3.3 toplam mayaküf	26
4.3.3.4. Toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı	27
4.3.3.5. Patojen mikroorganizma ve varlığının tespiti	27
4.3.3.5.1 Hemoliz aktivitesi gösteren bakteri varlığı	29
4.3.3.5.2 Laktoz ve sakkaroz metabolizması gösteren bakteri varlığı	29
4.4 Ölçümlerde kullanılan diğer cihazlar	29

5. BULGULAR VE TARTIŞMA	29
5.1. Ürün nem kayıpları	30
5.2. pH analizi	31
5.3. Toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı	31
5.4. Toplam maya -küf sayımı	31
5.5. Patojen bakteri analizi	32
6. SONUÇ	32



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.Katı atık görsel	2
Şekil 2.1. Kompost oluşum mekanizması gösterimi	2
Şekil 2.2. Kompost temsili resim	3
Şekil 2.3. Kompostlaştırma tesis şeması	7
Şekil 4.1. Pazar atıkları (A), Yemekhane atıkları (B)	23
Şekil 4.2. Terazî	23
Şekil 4.3. Kompost makinesi	24
Şekil 4.4. pHmetre	25
Şekil 4.5. Etüv	26
Şekil 4.6. Karıştırıcı ve seyreltme işlemi	27
Şekil 4.7. PCA besiyeri	27
Şekil 4.8. EMB	28
Şekil 4.9. Drigalski özesi	29
Şekil 5.1. Uluslararası kompost kalite kriterleri nem içeriği yüzdeleri	30
Şekil 5.2. pH analizi	31
Şekil 5.3. Eosin metilen blue agar (EMB)	32

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Atık bertaraf ve geri dönüşüm tesis göstergeleri	8
Tablo 6.1. Tarım ve Orman Bakanlığı Kompost Kalite Kriterleri Tebliği ve denemeler sonucunda elde edilen değerler	34



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler	Açıklama
°C	Santigrat derece
C	Karbon
cfu	Colony Forming Unit
CH ₄	Metan gazı
cm	Santimetre
CO ₂	Karbondiyoksit
gr	Gram
kg	Kilo gram
kJ	Kilo joule
L	Litre
m ³	Metreküp
N	Azot
N ₂ O	Azot dioksit
O ₂	Oksijen
pH	Asitlik ve bazlık derecesi

Kısaltmalar**Açıklama**

ÇKKV

Çok kriterli karar verme yöntemi

EPA

Environmental Protection Agency

FW

Food waste

KKA

Kentsel katı atık

OECD

Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü

vb.

Ve benzeri

yy

Yüzyıl

1.GİRİŞ

Türkiye’de enerji kullanımının yaklaşık olarak %60’ını dış ülkelerden ithal edilmektedir. Enerji kaynağı açısından oldukça zengin olan ülkemiz kaynakları yeterince değerlendirilememektedir. Aynı zamanda projenin ilk yatırım maliyetinin yüksek olması sebebiyle enerji üretimi istenilen düzeyde değildir. Bu nedenle canlı sağlığının korunması, enerji bakımından ve çevre kirliliğinin önlenmesi dış ülkelerle bağlılığın azaltılması bakımından oldukça önemlidir. Ülkemizde evsel katı atık kategorisinde en fazla paya sahip olan doğal atıkların; biyometanizasyonu ve diğer atıklarla beraber arıtımı, Avrupa Birliği’nin düzenli depolama alanlarına gönderilecek organik içerikli atıklara uyguladığı kotaların sağlanması yenilenebilir enerji üretimi açısından uygun bir yöntem olarak görülmesi sebebiyle ekonomiyi olumlu etkileyeceği düşüncesiyle önemlidir (Kaya ve ark. 2009). Yenilenebilir enerji yatırım projeleri; devlet doğrultusunda yerli-yabancı yatırım yapacak kişilerin yatırım imkânları genişletildiği ve enerji maliyetleri yatırım teşviklerinde destek sağlanacağı takdirde ülkenin enerji açığı azaltılarak istihdam sağlanabilir (Yıldız ve ark. 2009).

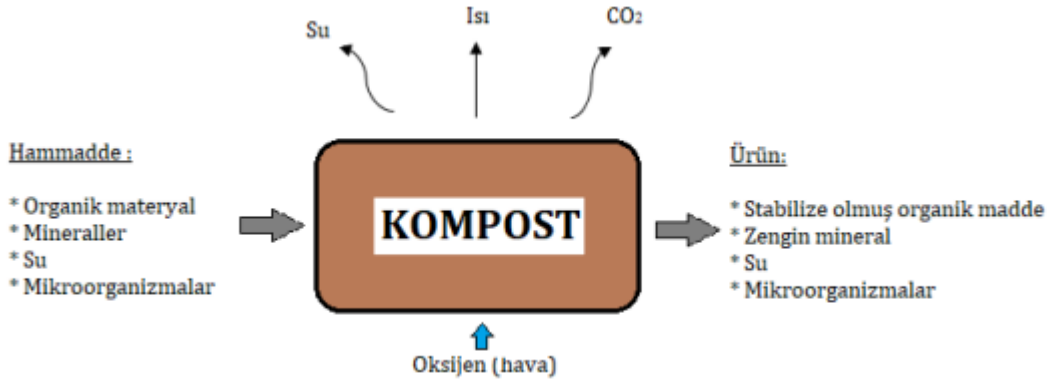
Atık; üretim-tüketim faaliyetleriyle oluşan kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik özellikleriyle alıcı ortamların organiklik açısından ve kullanım potansiyelini değiştirebilecek direkt ya da indirekt hasarlara sorun teşkil eden maddenin halleriyle atık enerji maddeleridir (Ünal ve ark., 1998). Katı atıklar; hanesel ya da endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan, üreticisi ya da tüketici bakımından atılması istenen ancak çevre ve insana faydası gibi sebeplerle düzgün bir biçimde bertaraf edilmesi gereken maddelerdir (Palabıyık ve Altunbaş, 2004). Katı halde bulunan atıklar genelde sert halde oldukları için su arıtma (atık) ve kimyasal maddelerden kaynaklanan çamur kıvamında atıkları da kapsar (Christensen, 2011). Organik atık; park-bahçe atıkları, mutfak-gıda atıkları ve gıda sanayisinden gelen atıklardır (JRC, 2011).



Şekil 1.1. Katı atık (A) ve organik atık (B) temsili resimleri (A) www.enerjigunlugu.net, (B) www.sifiratik.com)

2.KOMPOSTLAŞTIRMA

Kompostlaştırma işlemi biyolojiksel bir işlem olup yaprak, kâğıt ve yiyecek atıkları, biyolojik arıtma tesisi çamuru gibi organik ürünlerin mikroorganizmalar vasıtasıyla kompost olarak adlandırılan toprak gibi bir yapıya dönüştürülme olayıdır. Kompost malzemesinin oluşum mekanizması ayrıntılı olarak Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Kompost oluşum mekanizması gösterimi (Rynk, 1992)

Kompostlaştırma kentsel katı atıkların (KKA) uzaklaştırılmasında hızlı, kolay ve güvenli bir yaklaşım olup toprak şartlandırıcısı ve gübre elde edildiğinden dolayı yaygın olarak kullanılan ve tercih edilen biyolojik oksidasyon prosesidir. Kompost; kompostlaştırma işlemi sonucunda elde edilmiş, toprağın olumlu anlamda düzelmesini sağlayan aynı zamanda da verimini yükselten iyi (faydalı) üründür (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Kompost temsili resmi (Anonim, 2022)

Kompostlaştırma adımları dört aşamada incelenmektedir. İlk aşamada (birinci) ideal karışım oranının hesaplandığı ve hazırlandığı ön işlem bulunmaktadır. Bu aşama kompostlaştırma basamakları içerisinde en önemli aşamasıdır. İkinci aşamada termofilik bakterilerin (40°C üzerinde yaşayabilen) hızlı çalıştığı ve patojen (hastalık oluşturan mikrop) gideriminin yüksek olduğu aktif kompostlaştırma aşamasıdır. Üçüncü aşama kararlı (stabil) ürün oluşumunun gerçekleştiği olgunlaştırma aşaması ve son aşama ise olgun kompostun işlenerek kalite standartlarına uygun hale getirildiği aşamadır. Kompostlaştırma işleminde pH, sıcaklık, karbon/azot oranı, elektriksel iletkenlik, nem içeriği, patojen kontrolü, havalandırma ve karıştırma işlemleri, mikroorganizmalar ve ağır metaller süreç üzerindeki en etkili parametrelerdir (Li ve ark., 2015).

Sıcaklık

Kompostlaştırma işleminin en dinamik parametresi sıcaklıktır. Kompost kütlesi içerisindeki organik madde ayrışmasının, mikroorganizma faaliyetlerinin ve patojen gideriminin en önemli göstergelerinden biridir (Liao ve ark., 2018; Chen ve ark., 2020). Kompostlaştırma işlemi sıcaklık değişimine göre termofilik aşama, mezofilik aşama, soğuma aşaması ve olgunlaşma aşaması olmak üzere dört aşamadan oluşur. Mezofilik ve termofilik aşamada ısı üretim hızı yüksektir ve uzun süre boyunca yüksek kalmaktadır. Bu durum mikroorganizmaların bu süreçte enerji içeriği yüksek, kolay ayrışan (nişasta, şeker, yağ) ve yavaş ayrışan (proteinler, hemiselüloz ve selüloz) bileşikleri

parçalamasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca yüksek sıcaklık protein, yağ, hemiselüloz ve selüloz bileşiklerinin parçalanmasını hızlandırmada da etkilidir. Mezofilik ve termofilik aşması uygun koşullarda iki haftadan (gıda atıklarının kompostlaştırılmasında) birkaç aya kadar (lignoselülozik atıkların kompostlaştırılmasında) sürebilmektedir (Fan ark., 2021; Partanen ark., 2010).

Karbon/Azot Oranı

Karbon, hidrojen, oksijen, azot, fosfor ve sülfür bileşenleri bütün organik atıklarda da mevcut olup atıkları ayrıştıran mikroorganizmalar da diğer bütün yaşayan canlılar gibi bu elementlere ihtiyaç duymaktadırlar. Mikroorganizmalar proteinleri sentezlemek için yapıtaşı olarak azotu ve enerji kaynağı olarak karbonu kullanırlar. Ortamdaki mevcut karbon miktarının azot miktarına oranı (C/N) oranı olarak ifade edilmektedir ve C/N oranı kompostlaştırma işleminde ayrışma hızını ve mikrobiyal faaliyeti etkileyen önemli bir parametredir. Anahtar bir değişken olduğu için başlangıçta C/N oranı 25 ila 30 aralığında olması önerilir (Kumar ve ark., 2010). Kompostlaştırma işlemi için C/N oranını belirlenirken N kritik element olmaktadır. Bunun nedeni C hemen hemen her atıkta bulunurken N her atıkta bulunmamaktadır. Bu nedenle kompostlaştırma işleminde C/N oranını belirlemek aslında atık karışımı içerisindeki azot dengesini belirlemek olarak da tanımlanabilmektedir (Haug, 1993).

Asitlik ve Bazlık Derecesi (pH)

Asitlik derecesi (pH) kompostlaştırma işleminde organik maddenin asitlik ve alkalinitesini belirlerken mikroorganizmaların gelişimini etkilemektedir. Örneğin bakterilerin yaşaması için 6-8 pH aralığına ihtiyaç varken mantarlar daha düşük pH aralığında yaşamaktadırlar (Tosun, 2003). Kompostu oluşturan bileşenlerden kaynaklı olarak elde edilen ürünler farklı pH aralıklarında olmasına rağmen kompostlaşma işlemi sonucunda elde edilen ürünün pH aralığı 6.0 ile 7.8 aralığında olması gerekmektedir (Graves ve Hattemer, 2000).

İletkenlik

Çözünebilir tuzların varlığı kompostun iletkenliğini belirlemektedir. Bu kapsamda Ülkemizde T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı 05.03.2015 ve 29286 sayılı “Kompost Kalite

Tebliğine göre kompostun tarımsal faaliyetlerde kullanılabilmesi için kompostun mineral tuz içeriğinin 10 dS/cm değerinden düşük olması gerekmektedir.

Nem İçeriği

Su içeriği, mikroorganizmaların metabolik sürecini, besinlerin çözülme miktarını ve taşınmasını, kompostun fiziksel ve biyolojik olgunluğunu tamamlamasında çok önemlidir. Bu nedenle kompostlaştırılacak atık karışımlarının başlangıç su miktarı mikroorganizmaların ihtiyaçlarına cevap verecek ölçüde (%50-60 arasında) olması önerilmektedir (Öztürk ve Bildik, 2005). Su miktarının fazla olması karışım içerisindeki gözeneklilik ve hava boşluklarını azaltarak oksijen transferini olumsuz yönde etkilemektedir. Karışım içindeki hava akışı engellendiği durumda oksijen transferinin kesilmesi ile ortam anaerobik hale gelerek yoğun koku oluşumuna sebep olmaktadır (Zhang ve Sun, 2016).

Patojenlerin Kontrolü

Sıcaklık; havalandırma sürecini etkileyen bir faktördür. Kompost oluşum süresince patojen organizmaları yok etme önemli bir verimlilik etkenidir. Sıcaklık ve zaman patojenleri yok eder. Örnek olarak; salmonella türü bakteriler 60°C sıcaklıkta kaldığında 15–20 dakikada yok olabilirken kompost yığını tüm bölümlerinde yaklaşık 55°C sıcaklığa ulaştığında çoğu patojenin hızla yok olduğu görülmektedir. Kompost içeriğindeki patojenik canlıların tamamının yok edilmesi için 1-2 saat zaman aralığında 70°C sıcaklık uygulanması gerekmektedir. Environmental Protection Agency (EPA) kompost oluşum sistemlerinde patojen kontrolü için belirli zaman-sıcaklık standartlarına gerek duyulmuştur. Bu şartlar uygun bir şekilde işletilen kompostlama sistemlerinde kolay bir şekilde sağlanmaktadır (Tchobanoglous ve ark., 1993).

Koku Kontrolü

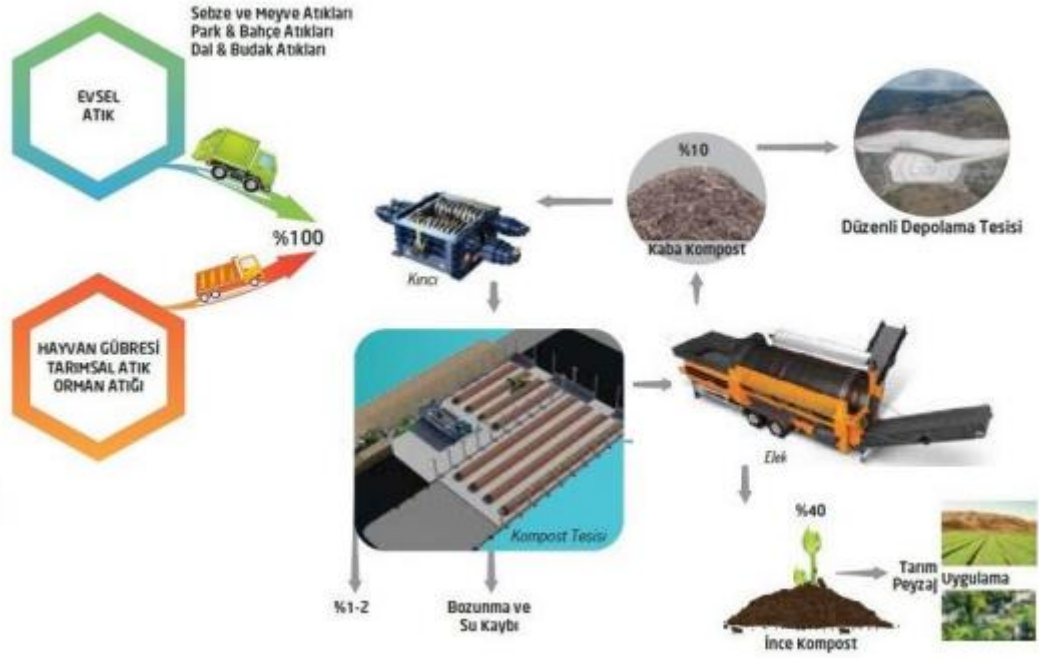
Koku problemi oksijenli kompostlama sürecinde kompost yığını içinde anaerobik koşullarda gelişmesiyle ilişkilendirilmektedir. Oksijenli kompostlama sistemlerinde kompostlanacak organik materyalde kağıt veya plastik vb. maddeler fazla miktarda bulunmaktadır. Bu maddeler kompost yığnında az bir sürede parçalanamadıklarından dolayı ve yeter miktarda oksijen barındıran materyallerin merkezinde sıkça var olmamasından ötürü kompost içerisinde oksijen yeterli miktarda bulunamamaktadır.

Oksijen olmayan ortamda (oksijensiz) çok fazla koku oluşturan organik asitler oluşacağı aşıkardır. Potansiyel koku problemlerini minimum hale getirmek için; parça büyüklüğünü düşürmek, kompost haline getirilecek organik materyalden diğer organik olmayan materyalleri uzaklaştırmak ve plastikleri kaynağında ayırmak ya da bulaşmamış hammadde kullanmak bu noktada önem taşımaktadır (Tchobanoglous ve ark., 1993).

Havalandırma ve Karıştırma

Aerobik kompostlaştırma da havalandırma ve havalandırma oranı en kritik faktördür (Li vd., 2015). Yetersiz havalandırma olması durumunda kompost yığını içerisindeki biyolojik aktivite uzun süre devam etmeyerek kompost olgunluğunu olumsuz olarak etkileyebilecek ve anoksik bir ortama neden olarak koku oluşumuna sebep olacaktır (Shen vd., 2011; Anna, 2021). Bunun yanında aşırı havalandırma yapıldığı zaman da kompost yığınının oksijen varlığının fazla olması ile yığının soğuyarak ısı kaybına ve yüksek enerji tüketimine neden olacaktır (Jiang vd., 2015). Bu sebeple kompost yığını için gerekli O₂ ihtiyacını doğru şekilde karşılamak ve O₂ kullanım verimliliğini artırmak için uygun bir havalandırma stratejisi belirlenmelidir. Havalandırmanın doğru şekilde planlanması ile organik maddenin parçalanması artacak, CH₄, N₂O gibi sera gazı emisyonları azalacak ve işletme maliyetleri düşecektir (de Guardia vd., 2008; Shen vd., 2011., Wang vd., 2019).

Kentsel katı atıkların organiklik açıdan zengin, besin madde açısından orta seviyede bir kaynak olup gelişmekte olan ülke atıklarının yarısından fazlasını oluşturur. Kompost oluşumu için kullanılan katı atıkların iyi bir bitki-besin elementi kaynağı olmasının yanında içeriği yüksek organik madde miktarıyla toprağa kimyasal, fiziksel ve biyolojik anlamda önemli katkılar sağlar (Topçuoğlu ve ark., 2001). ABD’de 18-19. yy’dan bugüne kadar gübre olarak kompost kullanılmaktadır. 20. yy’da maddelerin ve ekipman (mekanik) seçimlerinin ne şekilde yapılması gerektiği farklı türde kompost üretim yöntemleri (yığınlar, kapalı reaktörde vb.) hakkında bilimsel prensipler belirlenmiştir. Atık yönetimi sorun olmaktan çıkıp kompost üretimi önemini yitirmiştir. Günümüze bakıldığında çevre bilinci arttığından dolayı kompost tekrar popülerleşmeye başlamıştır (Öztürk ve ark. 2005). Avrupa Birliği Atıklarla İlgili Kararname’de biyolojik olarak ayrışabilen şehir atıklarının %65 azaltılmasını amaçlanarak kompost yapımını teşvik etmiştir. Kompostlaşma tesis şeması Şekil 2.3.’de gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Kompostlaştırma tesis şeması (Ulusal Atık Yönetimi, 2016)

Türkiye’de hemen hemen her ilde “Atık Bertaraf ve Geri Dönüşüm Tesisi” bulunmaktadır. 2018 ve 2020 yıllarına ait tesis sayısı ve işlem gören atık miktarı verilmiştir. Çizelge 2.1. incelendiğinde geri dönüşüm ve atık bertaraf tesislerinde işlenen 127.4 milyon ton atığın; 78.3 milyon tonu bertaraf edildiği, 49.1 milyon tonu da tekrar kazanıldığı belirlenmiştir. Toplam işlenmiş atık dozajı 2018'e göre %22 artmıştır. Düzenli depolama tesislerinin toplam kapasitesi 1.2 milyar m³ olarak tespit edilmiştir. Toplam 174 düzenli depolama tesisinde 77.8 milyon ton atık (31.9 milyon tonu tehlikeli olmak üzere) yok edilmiştir.

Çizelge 2.1. Atık bertaraf ve geri dönüşüm tesis göstergeleri (TÜİK 2018,2020)

	2018		2020	
	Tesis Sayısı	İşlem Gören Atık Miktarı (ton)	Tesis Sayısı	İşlem Gören Atık Miktarı (ton)
Atık Bertaraf ve Geri Dönüşüm Tesisleri	2223	104 452 603	2752	127 401 232
Atık Bertaraf Tesisleri	166	56 372 769	184	78 333 403
Düzenli Depolama Tesisleri	159	55 878 883	174	77 762 423
Yakma Tesisleri	7	493 885	10	570 980
Atık Geri Dönüşüm Tesisleri	2057	48 079 834	2568	49 067 829
Kompost Tesisleri	8	138 054	9	127 046
Beraber Yakma (ko-insinerasyon) Tesisleri	40	1 069 360	50	1 298 579
Diğer Geri Kazanım Tesisleri	2 009	46 872 420	2 509	47 642 204

Kompost kullanımı bitkilere ve toprağa birçok fayda sağlar. Kompost yapımı yeni bir teknoloji değildir. Kompost elde edilen ham maddeleri bünyesinde farklı özelliklerle barındırır. Koku oluşturmadağı gibi işlenmesi de kolaydır. Uzun süre depolanabilir. Kompost üretiminde çeşitli ürünler kullanılır. Bunlar yeşil ve kahverengi renkli organik ürünlerdir. Yeşil organik ürünler; çim biçim atıkları, taze sebze-meyve atıkları, yaş taze otlar, mutfak atıkları gibi materyallerdir. Kahverengi organik ürünler ise; dal parçacıkları, ağaç kabukları, testere tozu, talaş, saman ve sap gibi materyallerdir. Tüm bu kompostlaştırma materyallerinin organik madde içeriğı zengindir. Organik atıkların kullanılarak doğaya tekrar geri kazanımı, kompost tesislerine her gün giren tonlarca atık, gübre olarak tekrar dönüşür. Bitkisel atıklardan elde edilmiş kompostla tarım sektöründe humus olarak bilinen toprak iyileştirici madde ya da gübre şeklinde tamamen organik

ürün oluşması sağlanmakta olup bu sayede doğadan alınan tekrar doğaya kazandırılmaktadır (Yaman, 2012).

Her geçen gün artan katı atıkların, doğaya ekonomik olarak katma değer yaratacak şekilde geri kazandırılması, özellikle Türkiye gibi katı atık miktarı Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) ülkeleri içinde en çok paya sahip olan bir ülke olarak ekonomik açıdan da oldukça büyük bir önem taşımaktadır (OECD Temel Çevresel Göstergeler, 2007). Gelişmekte olan ülkeler ise öteki bir katı atık bertaraf yöntemi olan arazide depolamaya göre daha pahalı olan kompostlaştırma işlemini gerçekleştirmesi süre ve maliyet açısından bir sorun teşkil etmektedir. Bu nedenle kompostlaştıma veriminin artırılması ve sürenin kısaltılması amacıyla birçok araştırma yürütülmektedir (Yavuz Ersan, 2010).

Bu çalışmanın amacı; karışık kentsel atık kompostlaştırma tesisinde detaylı bir atık profili çıkararak mevsimsel farklılıkların tesisteki farklı ünitelerdeki akışını belirlemek ve bunun kompost ürünü üretimindeki etkilerini araştırmaktır. Kompostun başta gelen faydası toprak strüktürünü ve özelliğini (nem, su geçirgenliği, gözeneklilik vb.) iyileştirmesidir. Kompostlama için kullanılan atık malzemeler, bitkiler için mükemmel besin kaynakları olmanın yanı sıra, yüksek organik madde içerikleri nedeniyle toprak üzerinde önemli fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkilere de sahiptir.

3. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI

Akgül ve Aksoy (1980); Çıtak ve ark. (2006); Iwaia ve ark. (2013); farklı yıllarda yapmış oldukları çalışmada kompost üretiminde ağaç kabuğunun kullanımı Amerika ve Avrupa'da son yıllarda yaygın hale geldiğini fakat kompost oluşum esnasında saf ağaç kabuğu materyali kullanımı yerine farklı organik ürünlerle karıştırılarak kullanımı önerilmektedir. Araştırmalar, kabuğun içindeki tanelerin kompost oluşumunu ve su tutma kapasitesini olumsuz etkilediğini, yaprak döken ağaç kabuğundaki fenolik bileşiklerin yapısının ve miktarının yumuşak ağaç kabuğuna göre daha fazla olduğu düşünüldüğünde kompostlanabilir yumuşak ağaç kabuğu malzemesinin tercih edildiğini belirttiler.

Hakerler (1980); Kacar (1984); Kütük ve ark. (1995); Sanchez ve arkadaşları (1997) Uyanöz ve ark. (2000) farklı yıllarda yapmış oldukları farklı çalışmalarda organik atıkların bitkiler üzerinde verim ve kalite özelliklerinin olumlu etkilerinin olmasının yanı

sıra topraktaki bitki besin maddelerinin faydalarını da artırdıkları ve ayrıca toprağa ilave edilen kompostun toprağın birçok özellikleri üzerine olumlu etki ettiklerini belirlemişlerdir.

Bahtiyar (1981), yaptığı kompost deneyinde kullanılan bitkilerin kontrol parsellerinde daha erken büyüdüğünü ve kompostun dozu arttıkça paralel olarak büyümeyi bir haftaya kadar ötelediğini (toprağa fazla miktarda N, P, K elementi eklenmesinden dolayı) %25 ile 50 oranında kompost miktarının toplam bitki gelişimini ve bitki-kök gelişimini, kontrol ve diğer yüksek kompost miktarlarına oran ile önemli düzeyde desteklediğini açıklamıştır. Aynı zamanda ürün miktarını artırdığını ifade etmiştir. Çimlenme ve uzamayı geciktirmesinin yanında kök gelişimini de önemli boyutta sınırlandırdığını, kullanılan kompostun %25'lik miktarının araştırmaya konu olan bütün hususlarda en sağlıklı etkiyi gösterdiğini ve ürünü maksimum seviyede arttırdığı belirlenmiştir.

Chen ve ark. ise (1988), topraktaki bitkinin gelişim ihtiyacı için gerekli olan azot, fosfor elementlerin büyük bir kısmını komposttan sağladığını açıklamıştır. Bunların yanında birçok mikro-besin elementinin faydalı oluşunda büyük oranda olumlu etkisi ortaya konmuştur. Özellikle düşük moleküllü bileşikler örneğin; bakır, çinko ve demir gibi birçok yüksek değerli katyonlarla stabil kompleksler oluşturarak bu iyonları çeşitli reaksiyonlardan korumaktadır. Bitkilerin bunlardan kolaylıkla faydalanmalarına katkı sağlamaktadır.

Hanay (1990), toprağa kentsel katı atık kompost, 4-8-12 ton/dekar uygulandığında, artan kompost miktarının toprağın hacim ağırlığı ve dane birim ağırlığı olarak sayısal değerleri düşürdüğü belirtmişlerdir. Su tutma kapasitesi, infiltrasyon hızı, toplam porozite, organik madde ve hidrolik iletkenlik değerlerini yükselttiğini ifade etmiştir.

Erdin (1992)'de katı atıkların bertarafı için depolama ve yakma işlemlerinin yanı sıra özellikle organik katı atıklar (biyoatık) için önerilen kompostlaştırma işlemi ekonomik ve ekolojik açıdan en uygun işlem olarak kabul edildiğini ifade etmiştir. Organik atıklardaki organik maddelerin ayrıştırılması için en ekonomik, ekolojik açıdan en mantıklı ve en doğal yöntem olan kompostlama, humus arıtma önerildiğini belirtmiştir. Bakteri, mantar ve aktinomisetlerin yardımıyla bu organik bileşikler parçalanarak humusa dönüşerek doğaya dönüş ve ekolojik dengeyi güzelleştirdiğini, kolayca parçalanabilen meyve kabuğu atıkları, sebze atıkları, ot atıkları, yaprak atıkları ve dal atıkları, yeterli oksijen

içeriği ve yeterli geçirgenlik ile ayrıştırılarak karbondioksit ve su formları açığa çıkar ve proste ısı açığa çıkacağını açıklamıştır.

Kayhanian ve Rich (1996)'da birlikte yapmış oldukları çalışmalarda bu besin eksikliğini gidermek için katı atığın arıtma çamuruyla karıştırılması önerilmektedir. Özellikle Polonya'da yaptıkları incelemelerde, anaerobik olarak çürütülmüş çamurunun evsel atıklarla beraber depolanmasının sonucunda mikroorganizmaların ihtiyacı için gerekli olan azot ve fosforu yeterli miktarda sisteme verildiği görülmüştür.

Olayinka ve ark. (1998)'de yaptıkları çalışmada bezelye yetiştirilen tarlalara tahıl atığı, yemek atığı kompostu ve gübre uygulamışlardır. Sonucunda kompost ve çiftlik gübresi uygulanmış alanlardaki bitkilerde kuru madde miktarında artış olduğu gözlemlenmiştir. Organik madde miktarı az olan topraklarda organik gübre uygulamalarının tespit edilen azot miktarını artırdığını, içlerinde de bir sıralama yapılacak olursa hayvan gübresi> çöp gübresi> tahıl atıkları sıralamasını yapılabileceğini ifade etmişlerdir.

Topçuoğlu ve ark. (2001), yapmış oldukları çalışmada kentsel katı atığın büyük bir organik madde ve orta düzeyde besin kaynağı olduğunu, gelişmekte olan ülkelerdeki atıkların yarısından fazlasını oluşturduğunu ifade etmişlerdir. Doğaya biyolojik anlamda önemli katkılarda bulunduklarını desteklemişlerdir.

Özbaş ve ark. (2002), pelet gübrelerin özellikleri; besin ve içerik bakımından zengin, az bütçeyle ve teknolojiyle üretiminin sağlanması ve tarımsal endüstriyel atıklar üzerinde üretilebilir olmaları nedeniyle üretebildiğini açıklamışlardır. Kompost; Azot, fosfor ve potasyum gibi ana bitki besinlerini içermesi, bakır, demir ve çinko gibi mikro bitki elementleri içermesi toprağa oldukça faydalı olduğunu ifade etmişlerdir. Toprağın daha iyi havalanması, su tutma kapasitesini arttırması gibi özelliklerinden ötürü uygun bir toprak şartlandırıcısı olarak kullanılabilirliğini ifade etmişlerdir.

Akkoyun ve ark. (2002) ve Kara (2002) aynı yıllarda yapılan farklı çalışmalarda kompostun, organik atıkların ayrışması sonucu toprağa benzer bir ürüne dönüşmesi sonucu oluşan ürün olarak tanımlamışlardır. Kompost yapımının ise organik atıkların biyolojik olarak parçalanabilen bölümünün doğaya geri kazanılması ve yeniden değerlendirilip, bir dönüşüm işlemi olduğunu açıklamışlardır. Kompost oluşum

sonucunda toprağı iyileştiren ve gübrenin içindeki besin element değeri yüksek olan bir ürün elde edildiğini ifade etmişlerdir.

Külcü (2003)'de yapmış olduğı kompost çalışmasında; katı atıkların ayrışması için gereken havalandırma oranını belirlemek amacıyla çok sayıda araştırma yapılmış olmasına rağmen deneysel bir değeri ortaya çıkmadığını ifade etmiştir. Kendi yaptığı çalışmada ise havalandırma oranının bazı tarımsal atıkların kompostlaşmasına etkisi ve en uygun havalandırma oranları da belirlemiştir. Çalışmada tarımsal atık olarak çim atıkları, domates, biber, patlıcan atıklarını karıştırarak kompost karışımı elde etmiştir. Elde ettiğı kompost için proses gösterge değeri kullanarak geliştirilen kinetik modellerle tahmin edilen günlük bozunma hızlarını belirtmiştir. Bu sayede kompostlaştırma sürecinin planlanması ve yönetilmesinde nihai ürün özellikleri tahmin edilebilir değeri ortaya koymuştur.

Özenç, (2006) ve Benito (2005, 2006)'ya göre ülkemizde çiftlik gübreleri açık ve örtü altı sebze-meyve yetiştiriciliğinde, seralarda topraktaki organik madde miktarını artırmak ve bitkileri kışın soğuktan korumak amacıyla kullanıldığını açıklamışlardır. Zirai gübrelerin maliyetinin yüksek olması, zararlarının fazla olması nedeniyle kullanımı giderek azalmakta ve çevre kirliliğini önlemenin yanı sıra atığı değerlendirmek amacıyla tarımsal üretimden kaynaklanan bitki artıklarının veya tarımsal ürünlerle birlikte birçok endüstriyel atığın tarımsal üretimde girdi olarak hammadde olarak kullanılması artık yaygın bir uygulama olduğunu ifade etmişlerdir. Birçok çalışma ile bitki atıklarının veya tarımsal endüstriyel atıkların tarımda sağlıklı bir şekilde kullanılabileceğini, bu atık ürünlerin doğrudan toprağı uygulanarak organik madde ve bitki besin kaynağı olarak kullanılabileceğı tespit etmişlerdir. Belli oranlarda karışım içeren yetiştirme ortamı olarak da kullanılabileceğı saptanmıştır.

Bildik ve ark. (2005); kompost oluşumunda sadece şartlar kontrol altına alınarak organik maddelerin daha hızlı çürüme gerçekleşmesini sağlanacağı ifade etmiştir.

De Vega ve ark. (2008); Baja California Özerk Üniversitesi'nde atıkları azaltma ve geri dönüşüm aşamalarını düzenli şekilde kullanan bir atık yönetimi programı uygulamak için bir atık karakterizasyon çalışması tasarlamışlardır. Kampüs alanından üç temsili alan seçilmiş ve bunlar için art arda 12 gün atık toplanmıştır. Üniversite kampüsünde oluşan atıklarla ilgili daha önce herhangi bir bilgi bulunmadığı dikkate alındığında yapılan

alışmalar sonucunda oluşan atıkların büyük bir kısmının geri dönüştürülebilir olduğu tespit edilmiştir. Her bölgenin durumu birbirinden ayrı değerlendirilerek, gıda atıklarının büyükbaş hayvan yetiştiricilerine teslim edilmesi diğer organik atıkların ise kompost üretiminde kullanılması planlamışlardır.

Ayral ve ark. (2008); dünyanın çoğu bölgesinde her gün binlerce ton tarımsal atıklar, kentsel atıklar (organik atık) oluşmakta, atılan bu atıklar komposta dönüştürülerek başta tarım-orman alanlarının iyileştirilmesi olmak üzere birçok amaç için kullanıldığını belirtilmiştir. Kompost, çiftlik gübresine benzer ya da üstünde değer göstermekte, ortalama değerlerle tarla denemelerinde dekara 10 ton civarında verilebilir. Bu miktar 150 ila 200 kg arasında kompoze gübreye denk geleceğini ifade etmişlerdir.

Yıldız ve ark. (2010), Türkiye’de üretilen atıklar, atık profili bakımından fazlaca bir bölümünün kompostlaştırmaya uygun nitelikte olduğu düşünöldüğünde (tarımsal atık); uygulama sonucunda elde edilen kompost ürününün tarımda kullanım amacıyla verimli ve kaliteli bir ürün olacağını ifade etmişlerdir.

Yalçın ve ark. (2010)’da yapmış oldukları çalışmada; geçmişse bakılarak süs bitkileri sebzecilik, bodur meyve yetiştiriciliğinde hatta fidancılıkta topraksız ya da gübre ve toprak karışımı gelişim için farklı ortamların kullanılmasının arttığını belirtmişlerdir. Kompostun ekonomik olması, doğa dostu ve verim artıran özelliğiyle kompostun çoğu gelişim ortamında destek olabilecek bir materyal ya da alternatif olarak zamanla öneminin artacağını belirtmişlerdir. Önemli olan diğer bir yönü tarım üretiminin sık yapıldığı çoğu ölkede çok ve az maliyetle sağlanabilen pek çok tarımsal atık, kompost haline getirildikten sonra pelet gübre olarak kullanıldığını açıklamışlardır.

Yaman (2012), yapmış olduğu bir araştırma da organik olan atıkların değerlendirilerek doğaya tekrar kazandırılacağını geri dönüşüm ve kompost tesislerine her gün gelen atıklar gübre olarak tekrar kazanıldığını açıklamıştır. Bitki kökenli atıklardan elde edilmiş kompostla tarım sektöründe humus; toprağı iyileştiren yapısıyla ya da gübre gibi tamamen organik ürün oluşması sağlanmakta olup bu sayede doğadan alınan yeniden doğaya kazandırıldığını ifade etmiştir.

Rahman ve ark. (2013), Bangladeş'teki Chittagong Üniversitesi kampüste bulunan katı atık yönetimini incelemek amacıyla çöp toplama ve katı atık üretim hızını aynı zamanda

karakterizasyonunu belirlemek için 5 gün boyunca ağırlıkları kaydedilmiştir. Sonrasında toplanan atıklar elle temizlenerek (tekstil, ambalaj, organik atık, plastik kağıt, metal, cam, ahşap ve diğerleri) 9 farklı gruba ayrılarak, madde gruplarının analizi sonucunda en çok organik atık toplandığı görülmüştür. Toplanan organik atıkla kompost üretimi gerçekleştirmiştir.

Thais Lleó ve ark. 2013 yılında yaptıkları çalışmada, 8 ay gibi bir sürede vermikompost-kompost üretimlerini karşılaştırmışlardır. Vermikompost sistem litre başına 50 gram biyoatık işleme kapasitesine sahip olduğu, evsel kompost sisteminin litre başına 16 gram biyo-atık işleme kapasitesine sahip olduğunu gözlemlemiştir. Son ürünün kompost kalitesi her iki durumda da benzerlik göstermiş, her bir kompost grubu düşük metal içeriğine ve yüksek bir stabilite derecesine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Öztürk (2015); kaliteli bir kompost için, Karbon-Azot oranı 25-30/1, pH değeri 6.5- 8, nem içeriği %50-60 aralığında, sıcaklık değeri 54-60°C, partikül boyutu 0.32-1.27 cm ve oksijen konsantrasyonu %5'den büyük olması gerektiğini açıklamıştır. Bu değerlerin kompost için ideal ölçüyü ifade ettiğini belirtmiştir.

Erdin (2015), bitkiler için hastalık ve zararlılara karşı kullanılan zararlı kimyasalların (pestisid, akarisid, inzektisid, herbisid) olduğunu, ilaveten toprağa fazla miktarda uygulanan gübrenin suları kirletmesine sebep olduğunu açıklamıştır. Elde edilmiş olan kompostun tarım-ormancılık alanında kullanılacağı sürece toprağın su tutma kapasitesinin artıracaklarını, toprakta bulunan toksinlerin nötralize olacağını, toprağın pH dengesini düzelterek, büyümeyi hızlandıracağını ve bitkileri güçlendireceğini ifade etmiştir. Kompostlaştırma sayesinde tesise gönderilecek olan çöp miktarını önemli derecede azaltacağını belirtmiştir. Kompost ve suni gübre birbirinin tamamlayıcısı olduğu sonucuna varmıştır.

Kim ve arkadaşlarının 2015 yılında yaptıkları ve içerik olarak havalandırılmış kompost çayının (ACT) marul, soya fasulyesi ve tatlı mısırın büyümesi üzerine etkileri incelenmiştir. Doğuya özgü şifalı otlar ve pirinç samanı kompost çayı hariç tüm kompost çayları, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 'den daha fazla $\text{NO}_3^-\text{-N}$ içerdiğini ifade etmişlerdir. ACT'de bakteri ve mantar sayısı, ilk komposttan önemli ölçüde daha yüksek olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca tüm ACT'lerin mikrobiyal yapıları ağırlıklı olarak bakteriler olduğunu belirtmişlerdir. Baskın bakteri cinsleri 16S rDNA analizi ile *Bacillus* (%63.0), *Ochrobactrum* (%13.0),

Spingomonas (%6.0) ve kültürlenmemiş bakteri (%4.0) olarak analiz edildi. %0,1, %0,2, %0,4 ve %0,8 üç kompost karışımı olmak üzere dört konsantrasyonun kırmızı yapraklı marul, soya fasulyesi ve tatlı mısırın büyümesi üzerindeki etkisi de serada incelenmiştir. %0.4 MOVR içeren kırmızı yapraklı marul, yaprak kısmındaki büyüme parametreleri üzerinde en etkili konsantrasyona sahip olduğu gözlenmiştir.

Richnau ve arkadaşlarının 2016 yılında yaptıkları kompost etkisinin araştırıldığı çalışmada; kentsel, ormanlık alanlara, gölgeye dayanıklı bitkiler dikildikten sonra kompostun bitki büyümesi, çiçeklenme ve hayatta kalma üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada İsveç'in güneyindeki Malmö şehrinin hemen dışındaki tarım sonrası arazide kurulan 11 yıllık bir meşe ağaçlık bölgesinde bir ağaçlandırma deneyinde, bu çalışma kompost ilavesinin ve yabancı ot kontrolünün dikim sonrası hayatta kalma, büyüme ve çiçeklenme üzerindeki etkileri araştırmışlardır. Gölgeye dayanıklı ormanlık bitki türleri (*Galium odoratum*, *Lamiastrum galeobdolon* ve *Stellaria holostea*) içerisindeki yabancı ot bitki örtüsünün çıkarılması bitki performansını etkilememiştir. Ancak kompost ilavesi, ilk iki büyüme mevsimi boyunca üç türün de büyümesini ve çiçeklenmesini önemli ölçüde artırıp ayrıca *S. holostea* türünün hayatta kalma oranını artırmıştır. Bu olumlu etki muhtemelen kompost muamelesinde daha uygun bir üst toprak yapısından ve daha yüksek bir toprak neminden kaynaklanmaktadır. Dikim ve kompostlaştırmanın birlikte kullanımının, son on yıllarda Kuzeybatı Avrupa'daki şehirlerde ve çevresinde kurulan birçok ormanlık alanda önemli derecede pozitif değer sağlayabilen, yeşil orman bitkilerinin hızlı bir şekilde elde edilmesi için etkili bir yöntem olduğu sonucuna varmışlardır.

Aranyos ve ark. (2016), kompost ile mineral-organik bakımdan fakir-kumlu toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerini iyileştirdiğini tespit etmişlerdir.

Öztürk (2017), kompost oluşum işlemi için uygun özellikte organik türdeki maddelerin karıştırılması sonucunda başlayacağını ifade etmiştir. Karıştırılan bitkisel, evsel vb. hammaddenin ilk aşamasında kompost oluşumunun gerçekleşmesini sağlayacak ortamda karıştırılarak oluşuma girmesi için yeter miktarda oksijen alması sağlanmıştır. Mikroorganizmalar alınan oksijeni anında tükettiğinden dolayı çökeltme oluşturarak boşluklardan dışarıya atılması sağlandığını açıklamıştır.

Tian ve arkadaşlarının 2017 yılında yaptıkları kompostlaştırma çalışmasında Çin şifalı bitki kalıntılarının kompostlaştırma sürecindeki mantar topluluğu ve selülozu parçalayan genler üzerine araştırma yapmışlardır. Çalışmada kompostlama ilerledikçe Ascomycota bakteri türünün baskın olduğu, Aspergillus en baskın cins olduğu ve Aspergillus fumigatus bu cinsin %99.65'ini oluşturduğu rapor edilmiştir. Selülitik mantarların olgunlaşma aşamasında aşılama nedeniyle, aşılama gruplarında selüloz bozunma hızının daha hızlı olduğu ve Aspergillus ve glikozit hidrolaz ailesi gen miktarlarının kontrol gruplarındakilerden önemli ölçüde daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Ayrıca mantar aşılamanın selülozun bozunmasını kolaylaştırdığını, selülitik mantarları arttırdığını ve topluluk yapısını optimize ettiğini belirtmişlerdir.

Dudu ve Nazilli (2018), yapmış oldukları derleme çalışmalarında katı olan organik atığın organik gübre (kompost) olarak kullanılması yakın zamanda gündeme geldiğini belirtmişlerdir. Çalışma sonucunda kompost olarak değerlendirilen organik atıkların çok faydalı bir işlem olduğunu ortaya koymuşlardır. Kompostun faydaları ise; toprakların yeterli miktarda poroziteye sahip olması, toprağın havalanmasını kolaylaştırma ve beraberinde işlemesi zor olan toprakların daha kolay şekilde işlendiğini ifade etmişlerdir. Toprağın su tutma hacmini artırdığını, topraktaki sağlıklı maddelerin daha iyi kullanılmasını sağlayıp toprağa bol miktarda bakteri verdiğini tespit etmişlerdir. Topraktaki besin maddelerinin artışı sağlama, humus üretimine katkıda bulunma ve erozyonu engellediği sonucuna varmışlardır.

Zhou ve arkadaşlarının 2018 yılında yaptıkları yiyecek artıklarından (FW) kompost eldesinde Çin medikal bitkisel artıkları kullanılmıştır. Odun talaşı ve yiyecek artıkları ile elde edilen karışımlar 56 gün boyunca 20 L'lik kap içerisinde kompostlanmıştır. 1:1:1 karışım oranı ile 8 hafta içerisinde maksimum %67.2 oranında organik ayrışma sağlanmıştır. Tohum çimlenme indeksi 1:1:1 karışım oranında %157.2 olurken, diğer oranlar <%130.0 ve kireçsiz muamele %40,3 göstermiştir. Bu nedenle, FW-CMHR kompostlama için 1:1:1 kuru ağırlık oranında (FW: SD: CMHR) gıda atıklarını kompostlamak için hacim arttırıcı madde olarak CMHR'lerin kullanılması tavsiye edilmiştir. Sonuç olarak %2.25 ile 1:1:1 (FW:SD:CMHR) kompostlama karışım oranı, %157.2 tohum çimlenme indeksi ve 16.0 C/N oranı ile daha stabilize bir ürünle sonuçlandığı ve bu nedenle besleyici kompost üretmek için FW kompostlamada CMHR'lerin eklenmesi çalışmada önerilmiştir.

Shukor ve arkadaşlarının (2018) yılında yaptığı kompostlaştırma çalışmasında organik atık yönetimi için kompostlaştırma teknolojileri değerlendirilmiştir. Bu kapsamda düzenli depolama alanlarındaki organik atık bertarafı, sera gazı emisyonları ve sızıntı suyu gibi çeşitli çevresel sorunlar yarattığı belirtilmiş ve bu konunun farkındalığı, çöp sahasının komposta yönlendirilmesiyle sonuçlanmıştır. Bu nedenle, en iyi kompostlama teknolojisini seçmek için analitik bir araç geliştirmeye ihtiyacın olduğu rapor etmişlerdir. Bu çalışmada en uygun kompostlaştırma teknolojisini seçmek için organik atık yönetimine yönelik belirli sürdürülebilirlik kriterlerini (çevresel, sosyal, ekonomik ve teknik) değerlendirmek üzere tasarlanmış bir dizi değerlendirme adımı gözden geçirilmiştir. Kompostlama teknolojisindeki çelişen kriterlerin ve alternatiflerin karmaşıklığından dolayı, karar verme sürecinin kalitesini sağlamak için birçok karar verme (ÇKKV) tekniği önerilmektedir. Ek bir fayda olarak, ÇKKV aracılığıyla sentez sonuçları, paydaşlar tarafından doğrulama aranırken daha güvenilir olacağı belirtilmiştir.

Sönmez ve Erdem (2019), yapmış oldukları çalışmada bitkinin yetişeceği toprağın fiziksel özellikleri bitkinin daha iyi bir gelişim sağlayabilmesinin açısından oldukça önemli olduğunu ifade etmişlerdir. Araştırmacılar, toprağı iyileştirme yönünde fiziksel açıdan ve devamlılığını sağlama konusunda organik ve biyolojik kökenli materyallerin kullanımının ön planda olduğunu ispatlamaya çalışmışlardır.

Rodzi ve ark. (2019), Malezya'daki TVET kampüsündeki evsel atığı ve bileşimini keşfetmek amacıyla atık yönetim sistemi ve atık noktaları olmayan bir kafede çalışmalar yapılmıştır. Çalışma da hafta sonu hariç 10 gün üst üste atık tartımı yapılmış ve atıklar belirli (organik, kağıt, plastik, cam, metal ve diğer atık) kategorilerine ayrılmıştır. Yapılan analizler sonucunda en fazla organik atık ve en az cam atığı bulunmuştur. Proje kapsamında; organik atıklar için kompostlama uygulaması önerilmiştir.

Cherif ve arkadaşlarının 2009 yılında yaptıkları bir araştırmada farklı türde arıtma çamurunun 221 kentsel katı atıklarla birlikte depolandığında stabilite hızını ve çıkan gaz miktarını arttığı tespit edilmiştir. Organik evsel katı atıklardaki besin maddesi eksikliğinin aerobik ve anaerobik kompostlaştırma proses performansını önemli ölçüde azalttığı yapılan çalışmalarda ortaya koymuşlardır.

Jia ve arkadaşlarının (2021)'de yaptıkları kompostlaştırma çalışmasında mantar kalıntısının ve talaşların düşük sıcaklıkta aerobik kompost haline getirilmesini başlatmak için mikrobiyal ajanlarla aşılama işlemi yapmışlardır. Çalışmada düşük sıcaklıklarda selülozik biyokütlenin aerobik kompostlaştırılmayı başlamasının zor olduğu ve mikrobiyal aşılama ajanlarının düşük sıcaklıkta selülozik malzemenin aerobik kompostlaşmasının başlatılması ve mikrobiyal topluluğun devamı üzerindeki etkisi hala tam olarak tanımlanmadığı belirtilmiştir. Bu çalışmada ise selüloz bozunması ve düşük sıcaklık adaptasyonu için mikrobiyal ajanların (bakteriler ve mantarlar dahil) aşılama ile mantar kalıntısı ve talaşların aerobik kompostlaştırılması 3–11°C'de başarılı bir şekilde başlatılmış ve ayrıca aşılamanın kompost yığınının ısıtılmasında, aerobik kompostlaştırma işleminin başlamasında ve selülozun parçalanmasında faydalı olduğu görüldüğü rapor edilmiştir.

Mandpe ve ark. (2021)'de bitkinin büyümesi için uygulama yapılan son ürünleri oluşturan tarım-ormancılık kalıntıları, kanalizasyon çamuru ve hayvan gübreleri dahil olmak üzere organik katı atıkları arıtmak amacıyla temel bir teknik olduğu için kompostlaştırmanın yıllar içinde daha fazla ilgi gördüğünü ifade etmiştir.

Lu ve arkadaşlarının 2021 yılında yaptıkları çalışmada çok fazlı aşılama ile şifalı bitki artıklarında oluşan komposttaki mantar oluşumunun geliştirilmesi üzerine çalışmışlardır. Sonuç olarak çok fazlı aşılama işleminin en yüksek termofilik sıcaklığa (68.2°C) ve çimlenme indeksine (%102.68) sahip olduğunu, mevcut fosfor içeriğini, hümkik asit ve hümkik madde konsantrasyonunu önemli ölçüde iyileştirdiğini, selüloz ve lignin bozunmasını hızlandırdığını, selülaz, ksilanaz, manganez peroksidaz aktivitelerini ve fenolik bileşiklerin kullanımını arttırmıştır. Ayrıca, çok boyutlu ölçeklendirmede kompostlama işleminin ve aşılamanın mantar topluluğu kompozisyonunu önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir. Çok fazlı aşılama işleminde, mezofilik, termofilik ve olgun fazdaki Thermomyces, Sordariales ve olgun fazdaki Coprinopsis, lignoselülozu parçalamak ve medikal bitkisel artıkların kompostlaştırma sürecini iyileştirmek için uygun olduğu belirtilmiştir.

Topal Arslan ve Topal Murat'ın 2013'de yaptıkları çalışma da kompostu tarımda kullanılabilirlik amacıyla hijyenik bakımdan uygun olması, bütün canlıların sağlığını tehdit etmiyor olması, Karbon ve Azot oranının 35'den fazla olması mevcut dahilinde

kompostun oluşum tepkimesinde optimum koşullarda oluşması bakımından reaktördeki komposta azot elementinin eklenmesi(besleme yapılması), toprağa uygulanacak kompostun organik maddenin en az %35 oranında olması, piyasada kullanılan kompostun nem oranının %50'yi geçmemesi, üretilen kompostun parçacık boyutuna göre sınıflandırılması, piyasaya sürülen kompost içinde seçilebilir yabancı (cam, cüruf, metal, plastik, lastik, deri vb.) maddelerin toplam ağırlığın %2' sini geçmemesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Chen ve ark. (2022); çeşitli katkı maddelerinin kompostlaştırmayı nemlendirmeyi teşvik etmedeki avantajları ve dezavantajları tartışılmış, bileşik katkı maddelerinin kompostlaştırmayı nemlendirmeyi teşvik etmede en umut verici yöntem olduğu belirtilmiştir. Son olarak, uzun vadedeki kararlılık, çevresel etki ve büyük ölçekli kompostlama uygulamasında katkı maddesinin ekonomik fizibilitesi gibi nemlendirme teşviki üzerine gelecekteki araştırmalar önerilmiştir.

Mahapatra ve arkadaşlarının 2022 yılında yaptıkları araştırmada kompost üzerine yapılan kompost olgunluk-stabilite indeksleri değerlendirilmiştir. Araştırmada kompostlaştırma sürecinin çeşitli kararlılık ve olgunluk indekslerine odaklanmakta ve olgunlaşmış kompostun avantajlarına ve kullanımlarına vurgu yapılmaktadır. Ayrıca kompostlama kutuları, organik atıkları belediye düzeyinde veya evde yararlı komposta dönüştürmede kullanışlı olduğu ve yemek artıkları, yemek hazırlama artıkları gibi mutfak atıkları gibi organik atıklar ile yapraklar, ağaç dalları, çim kırpıntıları vb. bahçe atıkları bu çöp bidonlarının kullanımıyla kolayca komposta dönüştürülebilir olduğu rapor etmişlerdir.

Peng ve arkadaşlarının 2022 yılında yaptıkları mutfak artıkları üzerine kompostlaştırma çalışmasında %20 tamamlayıcı malzemelerle (tarım ve orman atığı) karıştırılan mutfak artığı (KW), hipertermofilik sıcaklıklara (82°C) ulaşmış ve endüstriyel ölçekte daha iyi kompostlama performansına sahip olmuştur. %20 tamamlayıcı ilavesi, nihai kompostta daha yüksek bir çimlenme indeksi (%91) ile sonuçlanmıştır. CK ve %10 tamamlayıcı malzeme ıslah işlemlerinden elde edilen kompost, <%10'luk çimlenme indeksi ile olgunlaşmamıştır. Bu durum kompostlaştırmanın ham maddelerdeki yüksek elektriksel iletkenlik ve NH_4^+N içeriğinden etkilendiğini göstermiştir. Nihai kompost, farklı parçacık boyutu aralıklarına elendi ve her boyut aralığı farklı özelliklere sahip olduğu ifade edilmiştir. Küçük parçacık boyutlu kompost (≤ 45 mm) daha yüksek homojenliğe,

olgunluğa ve nemlendirme derecesine sahip ve gübre olarak kullanılmaya uygun olduğu belirtilmiştir. Daha büyük partikül boyutlu kompost (>45 mm) daha yüksek kalorifik değere (8000–10.000 kJ·kg⁻¹) sahip ve atıktan üretilmiş yakıt olarak olarak kullanılabilir olduğu rapor edilmiştir.

Ravindran ve arkadaşlarının 2022 yılında yaptıkları kompost çalışmasında gıda atıkları ve kümes hayvanı gübresinin birlikte kompostlanması için uygulanabilir bir yöntem ortaya konmuştur. Biyokömür ve tuzların birlikte değiştirilmesinin, birlikte kompostlama işlemi üzerinde sinerjistik olarak etki edebileceği açıktır. Tuzlarla birlikte maksimum dozda biyokömür iyileştirmesi, yem karışımlarını etkili bir şekilde bozmuştur, gaz emisyonunu azaltmıştır. Nitrojen içeriğinin korunmasına yardımcı olarak nihai kompostun besin içeriğini iyileştirmişlerdir. Bu nedenle, biyokömür-tuz birlikte değişikliği, gıda atığının ve kümes hayvanı gübresinin birlikte kompost haline getirilmesine ve ayrıca kompostun eklendiği toprak niteliklerinin geliştirilmesine yardımcı olabileceği belirtilmiştir.

Sadeghi ve arkadaşlarının 2022 yılında yaptıkları çalışmada halka açık yerlerde düzenleyici olarak kullanılan belediye katı atık (MSW) kompost örneklerinin yüksek orandaki yüzdesinin Salmonella ve E. coli değerlerinin kabul edilebilir seviyelerde olduğunu göstermektedir. Ancak bu göstergeler, patojenik mikroorganizmaların ve ilgili sağlık risklerinin yokluğu için yeterli görülmemiş ve bunların izlenmesi, MSW kompostunun patojen içermediğini doğrulamamıştır. Genel olarak, MSW kompostunun patojenlerine bir kez maruz kalmayla ilişkili enfeksiyon riskinin hem çocuk grupları hem de çiftçiler için nispeten düşük olduğu görülmektedir.

Wang ve arkadaşlarının 2022 yılında yaptıkları kompost zenginleştirme çalışmasında olgun kompost ilavesi, organik maddenin bozulmasını arttırmış ve kompostlama süresini kısaltmıştır. Mikrobiyal dinamik analizi, olgun kompost ilavesinin başlangıç aşamasında olgunluğa bağlı bakterileri arttırdığını ve bu bakterilerin (esas olarak SBR1031 ve Actinomarinales) soğuma aşamasında tekrar büyümelerinin daha kolay olduğunu ve dolayısıyla kompostlama süresini kısalttığını ortaya koymuştur. Ayrıca olgun kompost ilavesi, amino asit ve karbonhidrat metabolizması işlevini destekleyen uygun bir sıcaklık ortamı sağlayarak organik madde bozulmasıyla ilgili bakteri bolluğunu da artırdığı rapor edilmiştir.

Zhou ve arkadaşlarının 2023 yılında yaptıkları çalışmada deneyler, %2, %5 ve %10 Çin medikal bitkisel atıkları (CMHRC) (kuru ağırlık) ile birlikte %5 gıda atığı kompostunun tedavi olarak kullanıldığı, yerel olarak toplanan asidik toprak kullanılarak sera koşullarında gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, kontrol için sadece toprak ve fitopatojen içeren toprak kullanılmıştır. Sonuçlar, kompostun asidik toprağa dönüştürülmesinin, besin alımının artmasıyla birlikte pH'ı nötr bir seviyeye önemli ölçüde artırdığını gösterdi. Tüm işlemler arasında, %5 CMHR kompost ilavesi, domates bitkisi biyokütle üretimini, kontrol ortamındaki 2.2 gr/saksı ile karşılaştırıldığında 4.9 gr/saksı (kuru ağırlık) oranında arttırdığı kaydedilmiştir. Çin lahanası bitkilerinde de benzer bir eğilim gözlemlendi ve iyileştirilmiş bitki biyokütle üretimi, sağlıklı kökler tarafından güçlü besin emme yeteneğinin ve gelişmiş besin kaynağının birleşik etkisine bağlanabildiği belirtilmiştir. %5 CMHRC uygulama oranında, domates ve Çin lahanası bitkilerinin azot alımı sırasıyla %78 ve %62 artarken, fosfor alımı sırasıyla %75 ve %25 arttığı da gözlemlenmiştir.

4.MATERYAL ve YÖNTEM

4.1. Deneysel Çalışmada Kullanılan Makina ve Cihazlar

4.1.1. Çalışmada Kullanılan Makinalar

Kompost makinesi (BAİS marka CM-35 modeli), çalkalamalı inkübatör (NEW BRUNSWICK SCIENTIFIC INCUBATOR SHAKER marka), karıştırıcı (SCIOGEX marka MX-S), pH metre (INOLAB marka pH7110 model), hassas terazi (RADWAG marka AS 220.R2 model), terazi (BOZYEL marka TCS-K2 model), etüv (OVEN marka ST 055 model) gibi cihazlar kullanılmıştır.

4.1.2. Kompost Üretimi için Kullanılan Materyaller

Deneme kapsamında çalışmalar üretim gerçekleşene kadar Tokat Mesleki Teknik Anadolu Lisesi Kompost Tesisi'nde yürütülmüştür. Kimyasal analizler ise Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Biyomühendislik Bölümü Endüstriyel Mikrobiyoloji ve Biyoteknoloji Laboratuvarı'nda yürütülmüştür. Toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı için 27 Plate Count Agar (20.5 gr) distile su (1000 ml) ile çözündürüldükten sonra 121°C'de 15 dk. otoklavlanmış ve 45-50°C'ye soğutulup steril petri kaplarına dökülerek hazır hale getirilmiştir (Efe ve Gümüşsoy, 2005; Akar, 2017). Toplam maya küf sayımı için Potato Dextrose Agar (39 gr) distile su (1000 ml) ile

4.2.Üretim Ortamları

4.3.Yöntemler

Atık olarak kullanılacak meyve ve sebzeler iklim ve üretim desenine göre sınıflandırılmış ve ayrı ayrı tartılmıştır. Terazisi BOZYEL markadır. Modeli ise TCS-K2'dir. Tartının ölçüm kapasitesi max 300 kg'dır.



Şekil 4.1. Pazar atıkları (A), Yemekhane atıkları (B)



Şekil 4.2. Terazı

4.3.2. Kompost Üretimi

Çalışmada kullanılan makina BAİS marka olup CM-35 tip modelidir. Kompost üretim için gerekli kontrol denetleyiciler kullanılarak kontrol edilmektedir. Kullanılan makina 5 kısımdan oluşmaktadır. Bunlar; parçalayıcı hazne, kompostlaştırma haznesi, olgunlaştırma haznesi, kontrol paneli ve boşaltma bölümüdür. Havalandırma sistemi 2 motorludur. Hazneler arası geçiş otomatiktir. Otomasyon sistemi PLC (Programlanabilir Mantıksal Denetleyici)'dir. Sıcaklık sensörü ve iç aydınlatma ise opsiyoneldir.



Şekil 4.3. Kompost Makinesi (A, B)

Ön hazırlığa tabi tutulan pazar atıkları kompost makinasının yükleme ünitesi bölümünden yüklenmiştir. Sistem sürekli akış halindedir. Yükleme yapılan ürünler sürekli karışım halindedir. Makinanın parçalama ünitesine günde 500 kg pazar atığı yüklenecek ve bu işlem 7 gün boyunca tekrarlanacaktır. İşlem sonucunda 3.5 ton kompost elde edilecektir. Ortam sıcaklığına ve üründen çıkan su miktarına göre talaş ilavesi yapılacaktır. Makina bıçakları karşılıklı olarak dönmektedir. Bıçaklardan birinin devir sayısı 40, diğerinin devir sayısı ise 30'dur. Bıçak malzemesi paslanmaz çeliktir. Bıçak kalınlığı 6 mm'dir. İdeal kompost yığınının girmesi gereken organik maddenin C/N dengesi, ortalama 25:1 ya da 30:1 olarak ayarlanarak uygulama yapılacaktır. 25 veya 30 kg karbon içeren malzeme ile 1 kg azot içeren malzeme homojen olarak karıştırılacaktır. Bu hacimsel değil, ağırlığa göre belirlenen bir orandır. Karbon içeriği yüksek olan saman ve talaş gibi malzemeler genelde kuru ve hafiftir. Azot içeriği yüksek olan biçilmiş otlar ıslak, ağır ve yoğundur. (Ürünler mevsimlere göre farklılık gösterse de genelde kompostun içine konulan azot ve karbon içeren malzemelerin birbirine hacimsel oranı 1:1'dir, hacimsel olarak eş miktarlardadır) (Anonim, 2022).

4.3.3. Yapılan Analizler

Kompost üretimi sonucunda elde edilen ürünün özellikleri belirlenmiştir. Örneğin pH ve nem içeriği ile toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı ve toplam maya-küf sayıları saptanmıştır.

4.3.3.1 Toplam pH

Distile su ile karıştırılıp süspanse edilen kompost materyalinin pH'sı, direkt cam elektrot daldırılma yöntemi kullanılarak ölçülmüştür. Çalışmada inoLab marka, pH 7110 modeli pH-metre kullanılmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 4.4. pHmetre

4.3.3.2 Nem Tayini

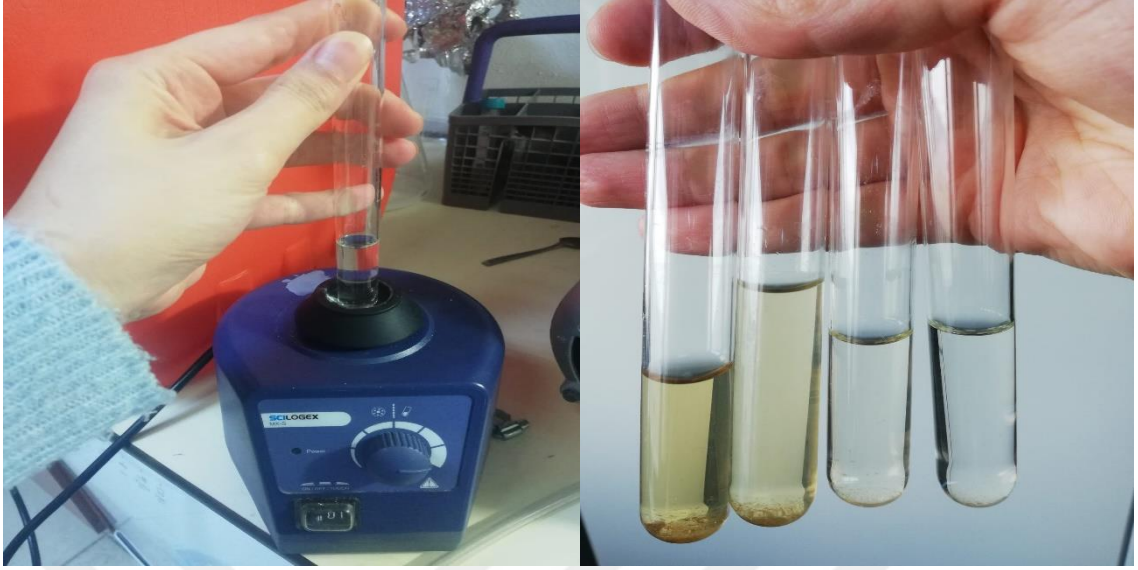
Kompost materyalinin nem içeriği, 70°C fırında 24 saat boyunca meydana gelen kütledeki azalma hesaplanarak ölçülmüştür. İnkübasyonun 0. ve 24. saatindeki ölçümleri tartılarak kayıt altına alınmıştır. Çalışmada ST 055 OVEN marka etüv kullanılarak kurutma yapılmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 4.5. Etüv

4.3.3.3 Toplam Maya-küf

10 gram kompost örneği 90 mL %0.1 peptonlu su ile 30-60 sn süreyle karıştırıcı ile karıştırılarak homojenize edilmiştir. Karıştırıcı SCILOGEX marka MX-S modeldir. Daha sonra bu karışımdan 1 mL örnek, 9 mL %0.1 peptonlu su içeren tüplere aktararak desimal seyreltme yapılmıştır. Seyreltme işlemine 10^{-6} dilüsyona kadar devam edilmiştir. Kullanılan örneğin mikrobiyolojik yüküne bağlı olarak daha az ya da daha fazla seyreltme yapılabilir. Daha sonra uygun seyreltmelerden steril petri kaplarına 1'er mL örnek aktarıldıktan sonra uygun sıcaklıktaki Potato Dekstroz Agar (PDA) besiyeri petri kaplarına dökülmüş ve soğuduktan sonra, ters çevrilerek 30°C'de 5 gün boyunca inkübasyona bırakılmıştır. Canlı sayımda desimal seyreltmeye takiben dökme plaka yönteminde kullanılan PDA besiyerinin pH'ı, % 10'luk laktik asit ya da tartarik asit kullanılarak pH'sı 3.5'e ayarlanmıştır. Süre sonunda oluşan koloniler sayılarak kompostta bulunan toplam canlı maya-küf sayısı belirlenmiştir ($\frac{cfu}{gr}$ kompost).



Şekil 4.6. Karıştırıcı (A), Seyreltme işlemi (B)

4.3.3.4 Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Sayısı

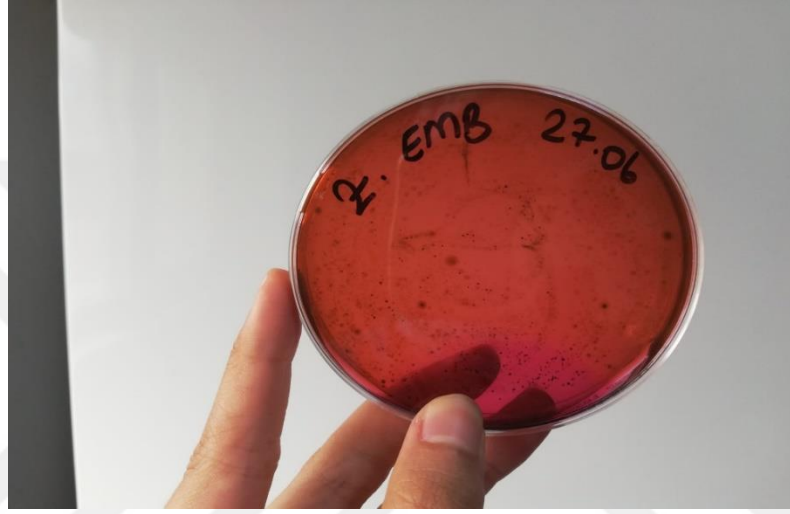
10 gram kompost örneği 90 mL %0.1 peptonlu su ile 30-60 sn süreyle karıştırıcı ile karıştırılarak homojenize edilmiş ve %0.1 peptonlu su içeren tüplere aktarılarak desimal seyreltme yapılmıştır. Daha sonra uygun seyreltmelerden steril petri kaplarına 1'er mL örnek aktarılmış ve sonra uygun sıcaklıktaki Plate Count Agar (PCA) besiyeri petri kaplarına dökülmüş ve soğuduktan sonra, ters çevrilerek 37°C'de 2 gün boyunca inkübasyona bırakılmıştır. Süre sonunda oluşan koloniler sayılarak kompostta bulunan toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı belirlenmiştir (cfu/gr kompost).



Şekil 4.7. PCA besiyeri (A,B)

4.3.3.5. Patojen Mikroorganizma Varlığının Tespiti

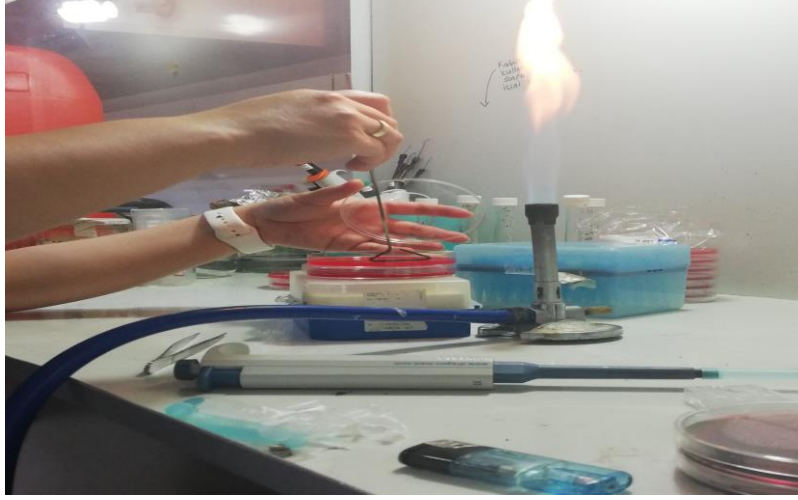
Yönetmelik gereği, kompostta patojen mikroorganizma olmaması gerekmektedir. Patojen mikroorganizmaların en önemli özelliklerinden birisi, kanda bulunan hemoglobini hidroliz etme yetenekleridir. Diğer bir özellik ise Eosin Metilen Blue (EMB) besiyerinde metalik yeşil renk oluşturmalarıdır. Bu özellikler araştırılarak kompostta patojen mikroorganizma varlığı araştırılmıştır.



Şekil 4.8. EMB

4.3.3.5.1. Hemoliz Aktivitesi Gösteren Bakteri Varlığı

Desimal seyreltme sisteminde 10^{-1} seyreltmeden 100 mikrolitre kompost süspansiyonu kanlı agar besiyeri yüzeyine drigalski özesi yardımı ile yayılmıştır. 48 saat 30 derecede inkübasyon sonrası üreyen kolonilerin etrafında oluşabilecek, hemoglobinin hidrolizine bağlı açılma zonları araştırılmıştır.



Şekil 4.9. Drigalski özesi

4.3.3.5.2. Laktoz ve Sakkaroz Metabolizması Gösteren Bakteri Varlığı

EMB besiyerindeki Eosin Y ve Metilen blue boyaları, başta Gram pozitif bakteriler olmak üzere refakatçi floranın gelişimini baskılar. Bu besiyeri, bileşimindeki laktoz ve sakkaroz nedeni ile asıl olarak her iki karbohidrat bakımından da negatif olan *Salmonella* ve *Shigella* 'nın ayrımı için geliştirilmiş olmakla beraber, yaygın olarak koliform grup bakteri sayımında ve *E. coli* tanımlanmasında kullanılmaktadır. 35-37°C'da 24 saat inkübasyon sonunda saydam, amber renkli koloniler *Salmonella* ve *Shigella* gibi laktoz ve sakkaroz negatif bakterileri, menekşe renkli ve yansıyan ışıkla yeşilimsi metalik parlak görülen koloniler *E. coli* 'yi, pembe-menekşe renkli, mukoid, gri kahverengi merkezli koloniler *Enterobacter*, *Klebsiella* ve diğer koliformları gösterir. Metalik parlaklığın izlenebilmesi için sürme ya da yayma yöntemi ile ekim yapılmıştır.

4.4. Ölçümlerde Kullanılan Diğer Cihazlar

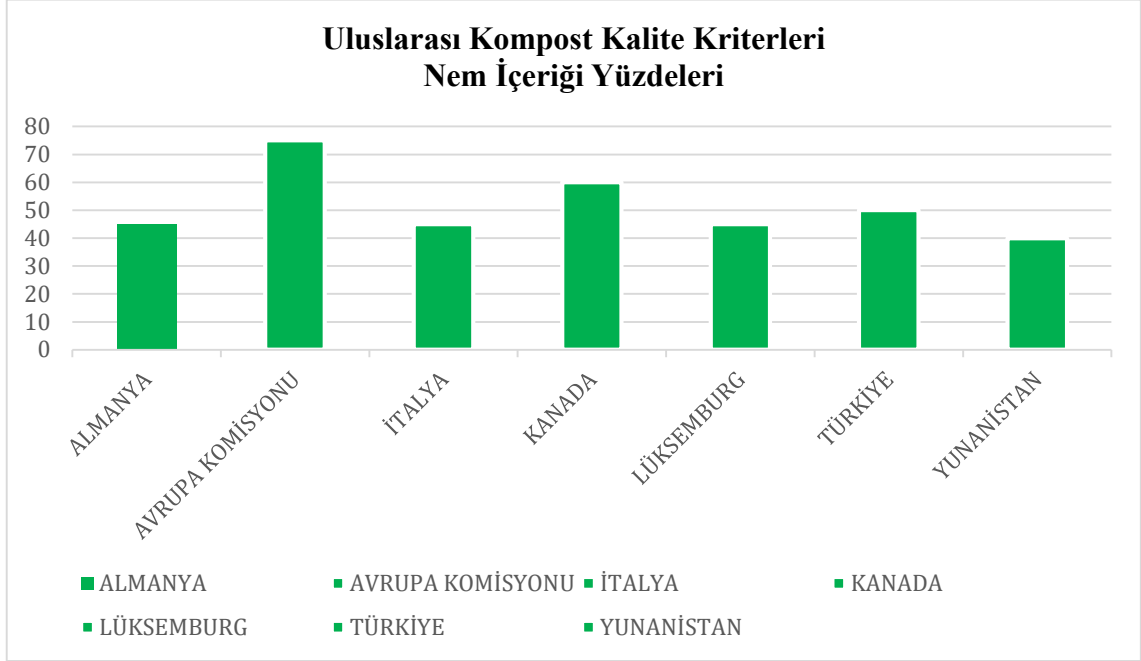
Laboratuvar koşullarında ölçümlerin yapılması sırasında ağırlık kaybı 0.001 g duyarlılıkta ANDGF300 model terazi ile ölçülmüştür. Ürünler karıştırıcı kullanılarak homojen hale getirilmiştir. Otoklav, etüv, sterilizasyon, UV ışınları kullanılmıştır.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

5.1. Ürün Nem Kayıpları

Denemeler sonucunda, nem kayıpları; ilk denemeler (Nisan-Mayıs) için ortalama 0. saatte 32.95 gr, 24. Saat ortalaması 14.53 gr olarak tespit edilmiştir. İkinci denemeler (Temmuz-

Ağustos) için 0. Saat ortalaması 32.36 gr, 24. Saat ortalaması ise 14.78 gr olarak belirlenmiştir (Şekil 5.1).

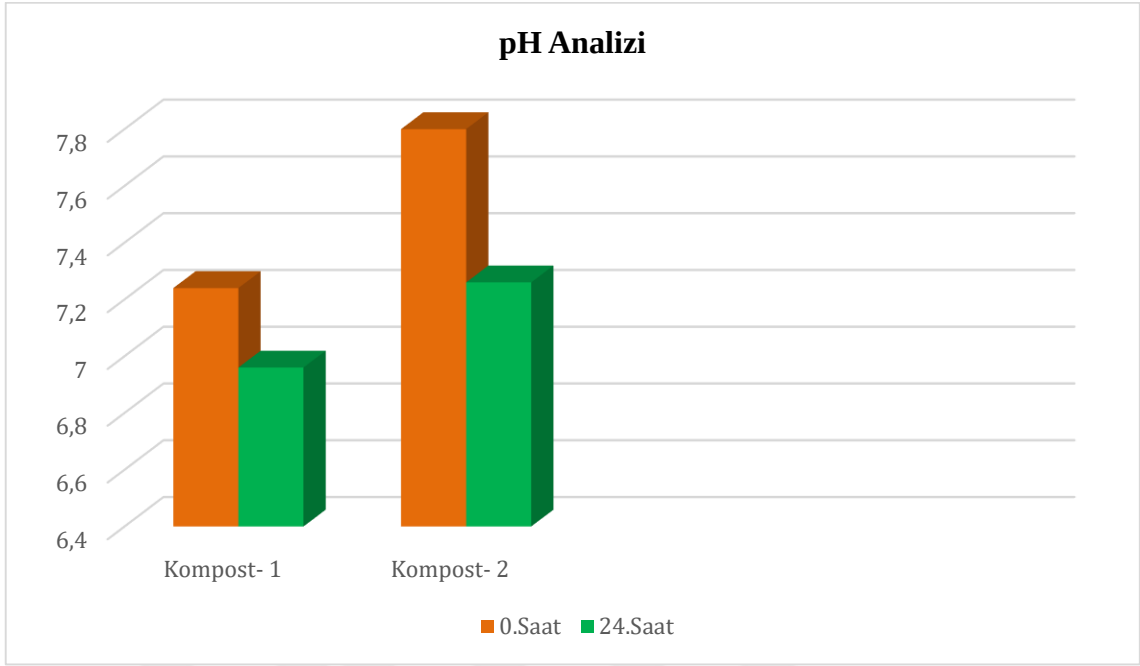


Şekil 5 .1 Uluslararası kompost kalite kriterleri nem içeriği yüzdeleri

Elde edilen veriler “Tarım ve Orman Bakanlığı Kompost Kalite Kriterleri” açısından uygun olarak belirlenmiştir. Nemin muhafaza edilmesi için kompostun üzerine bir plastik örtü ya da nemi koruyacak başka bir materyal örtülebileceği bilgisine ulaşılmıştır.

5.2. pH Analizi

Denemelerde kullanılan kompost materyalinin 2 farklı koşuldaki pH değerleri 0. ve 24. saatteki değerleri ölçülmüş ve bu ölçüm sonucunda elde edilen değerler kıyaslanarak ürünün asit veya alkali değeri belirlenmiştir.



Şekil 5.2 pH analizi

pH değerleri incelendiğinde 0. saat ve 24. saat kıyaslandığında denemeler arasında istatistiki açıdan fark bulunmuştur. Elde edilen veriler “Tarım ve Orman Bakanlığı Kompost Kalite Kriterleri” açısından uygun olarak belirlenmiştir. Tebliğe göre uygun pH aralığı 6.0-7.8 aralığındadır. İlk denemeler (Nisan-Mayıs) için 0. saatte 7.2, 24. saatte ise 6.8 değeri elde edilmiştir. İkinci denemeler (Temmuz-Ağustos) için 0. saat değeri 7.8, 24. saat değeri ise 7.2 şeklinde ölçülmüştür.

5.3. Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısı

Toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı için Plate Count Agar (PCA) besiyeri kullanılmıştır. İlk deneme (Nisan-Mayıs) için bakteri sayım sonucundaki değerler $3.9 \times 10^6 cfu/grkompost$, ikinci denemeler (Temmuz-Ağustos) sonucu elde edilen değerler ise $3.99 \times 10^6 cfu/kompost$ olarak elde edilmiştir.

5.4. Toplam Maya- Küf Sayımı

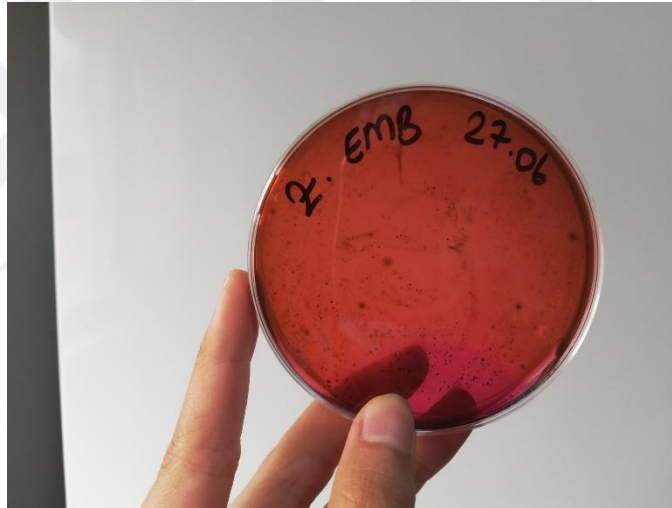
Toplam maya-küf sayımı için Potato Dextrose Agar (PDA) besiyeri kullanılmıştır. İlk deneme (Nisan-Mayıs) bakteri sayım sonucu $3.98 \times 10^6 cfu/grkompost$, ikinci denemeler (Temmuz-Ağustos) sayım sonucu $3.91 \times 10^6 cfu/grkompost$ olarak elde edilmiştir.

5.5. Patojen Bakteri Analizi

Eosin Metilen Blue Agar (EMB)

Enterobacteriaceae familyasına ait bakterilerin sayımı ve izolasyonu için seçici bir besiyeri olan Eosin Metilen Blue (EMB) Agar kullanılmıştır. Eosin Metilen Blue Agar (37.46 gr) distile su (1000 ml) ile çözündürüldükten sonra 121°C’de 15 dk. otoklavlanmıştır ve 45-50°C’ ye soğutulup steril petri kaplarına dökülerek hazır hale getirilmiştir (Seyrekbasan, 2000)

Maya-küf sayımı için hazırlanan dilüsyonlardan yayma plak yöntemiyle Potato Dextrose Agar (PDA) besiyerine ekimler yapılmış ve petriler 27°C’de 24-48 saat inkübe edilmiştir. Gelişim gösteren tüm koloniler toplam maya-küf olarak sayılmıştır (Şahin, 1999).



Şekil 5.3. Eosin Metilen Blue Agar (EMB)

6.SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, organik olan evsel veya pazar atıklarıyla iki farklı koşulda kompost üretimi gerçekleştirilmiştir. Kullanılan ürünlerle üretilen kompost eldesinin sağlanması ve kompostlaşma periyodu boyunca bazı özelliklerdeki değişimin izlenmesi amaçlanmıştır. Kompostların laboratuvar ortamında etüvde ürünün nem oranına, nem sonrasında ürünlerdeki ağırlık kayıpları kıyaslanmıştır. Aynı zamanda ürünün etüve konulmadan öncesi ve sonrasında kimyasal analizler (Nem, pH) ve mikrobiyolojik analizleri (PDA, PCA, mayaküf) yapılmıştır.

Yapılan bu çalışmadan hareketle, evsel veya pazar atıkları sonucunda açığa çıkan artık ve atıklarının mikrobiyal inokülasyon ile makine yardımıyla (kompost makinesi) kompostlanabildiği ve elde edilen nihai kompostun ise, mikroorganizmalar, pH gibi özelliklerinin tarım topraklarında güvenle kullanılabilir bir seviyeye geldiği belirlenmiştir. Özellikle yoğun tarımsal faaliyetler sonucunda ülkemizdeki tarım topraklarının organik madde miktarının önemli miktarlarda azaldığı, azalan organik madde miktarını artırmak için ise ülkemizdeki kontrolsüz kimyasal gübre kullanımını kontrolsüz olarak doğaya terkedildiği göz önüne alındığında bu atıkların kompostlanarak tekrar toprağa kazandırılabilceği sonucuna varılmıştır. Sürdürülebilir atık yönetiminde bitkisel atıklarının topraklara kompost olarak geri dönüşümü sağlanarak hem organik madde içeriği fakir olan topraklarımızın organik madde içeriği hem de bitki besin maddesi içeriği arttırılmış olacak ve böylece daha az ticari gübre kullanımı ile tarımda verim artışları sağlanabilecektir. Organik atıklarının değerlendirilmesinde kullanılacak olan bitkisel atığın özelliğinin de bilinmesi tarımsal üretimde başarı oranını yükseltecek ve bu özelliklere göre toprağa uygulanacak uygulama dozlarının belirlenmesi mümkün olabilecektir. Organik atıklardan elde edilen kompostlar, içerdikleri yüksek besin maddesi ve iyi fiziksel özelliklerinden dolayı yetiştirme ortamı veya toprak düzenleyicisi olarak kullanılabilecektir. Çevreye gelişi güzel atılan veya yakılarak bertaraf edilmeye çalışılan büyük bir potansiyele sahip atıklarımızın alternatif bir bertaraf yöntemi olan kompostlama ile tarımsal üretimde faydalarının değerlendirilmesi ülke ekonomisine katkı sağlayacak ve çevre kirliliği önlenmiş olacaktır.

Kompost üretim esnasında oluşum yönünden en uygun şartlar ikinci deneme olan Temmuz-Ağustos ayı denemeleridir. Hava şartları, ortam şartları ve atıkların farklılık göstermesi kompost oluşum sürecini hızlandırmıştır. İlk denemeler için Nisan-Mayıs ayında yeterli hava sıcaklığının olmamasından dolayı kompost oluşum süreci uzamıştır.

Etüve nem oranını incelemek için konulan örnekler her iki deneme için de (Nisan-Mayıs ve Temmuz-Ağustos denemeleri) 0. ve 24. Saat değerleri ölçülmüş, elde edilen değerler birbiriyle kıyaslandığında iki denemede de birbirine yakın değerler çıkmıştır. pH değerleri Temmuz-Ağustos denemelerinde Tarım ve Orman Bakanlığı kriterlerince yayınlanan Kompost Kalite Tebliği'ne göre uygun olduğu belirlenmiştir.

Tarım ve Orman Bakanlığı Kompost Kalite Kriterleri Tebliğine Göre Değerler		Deneme-1 Nisan-Mayıs	Deneme-2 Temmuz-Ağustos
C/N oranı	30/1 (optimum oran)	30/1	30/1
Nem içeriği	%50-60	%57	%54.5
pH	6.0-7.8	0. saat:7.2 24.saat:6.8	0. saat: 7.8 24.saat:7.2
Sıcaklık (°C)	Mezofilik bakteriler: 10-45°C Termofilik bakteriler: 45-70°C	Optimum sıcaklık:26°C	Optimum sıcaklık:37°C

Tablo 6.1. Tarım ve Orman Bakanlığı Kompost Kalite Kriterleri Tebliği ve denemeler sonucunda elde edilen değerler

Yapılan analizler sonucunda elde edilen değerler kompost tebliğine göre kıyaslandığında kaliteli bir kompost olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Patojen analiz sonuçları her iki deneme içinde hemoliz bakılmıştır ve sonuç negatif çıkmıştır. Kompost, EMB, laktoz ve sakkaroz analizleri (insan kanında denenmiştir) sonucunda herhangi bir hastalık yapıcı canlının bulunmadığı tespit edilmiştir. Çalışmada mevsimsel farklılıklardan dolayı kompost oluşum hızı değişmiştir. Mevsim sıcaklığı arttıkça oluşum süresi azalmıştır. Kalite bakımından iki farklı koşulda da analiz sonucunda elde edilen değerler benzerlik göstermiştir.

Özenç'in 2006, Benito'nun 2005 ve 2006 yılında yapmış olduğu çalışmada atık değerlendirilmesi yapılarak bitki artıklarının tarımsal üretimde kullanılabileceği ve ürün kalitesini artıracaklarını ifadesini bu çalışma doğrulamıştır. Aynı zamanda Kim ve arkadaşlarının 2015 yılında üretmiş olduğu kompostu marul, soya fasülyesi ve tatlı mısırın büyümesi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Verimi olumlu yönde etkilediğini rapor etmişlerdir. Bu çalışma (farklı koşullarda kompost üretiminin gerçekleştirilmesi ve ürün kalitesinin belirlenmesi) sonucunda da kompost küçük bir alanda salatalık bitkisinde denenmiştir. Bitkinin boyunda uzama, veriminde artış görülmüştür. Bu sayede kompost kullanımı kimyasal gübre kullanımını azaltarak verim ve kaliteyi artıracaktır.

Toplam mayaküf ve bakteri sayım sonucu TSI standartlarına göre yüksek çıkmıştır. TSI standartları değer aralığı 30-300 *cfu/mL* olmalıdır. Yüksek çıkan mayaküf ve bakteri değerleri uv ışınlarıyla ya da 80  C sıcaklığa bir süre maruz bırakılarak bakteri sayısı düşürülebilir. Bu şekilde piyasaya satışı yapılabilir.



KAYNAKLAR

- Akgül, E., Aksoy, C. 1980. Akdeniz yöresinde Kızılçam ve Karaçam Kabuklarından Kompost Yapımı, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten Serisi, 48, 55.
- Akkoyun, M., Satırlı, S., Özdemir, S., Çelebi, Y., 2002. Organik Atıkların Değerlendirilmesi; Kompost, Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi.
- Ayral, D., Öztürk, I., Altınbaş, M., Arıkan, O.A., Demir, I., Yıldız, S., Hoğlu, F., 2008. İstanbul Kemerburgaz Geri Dönüşüm ve Kompost Tesisinde işletme Koşullarının ve Kompost Kalitesinin Değerlendirilmesi. Kent Yönetimi, İnsan ve Çevre Sorunları Sempozyumu, 699-706, İstanbul.
- Bahtiyar, M., 1981. Çöp Kompostu Miktar ve Çeşitlerinin Orta Ağır ve Hafif Toprakların Bazı Fiziksel Özelliklerine Etkileri Üzerine Bir Araştırma, Atatürk Üniv. Zir.Fak. Toprak İlmi., Erzurum. 20-109, (Yayınlanmamış).
- Benito, M., Masaguer, A., De Antonio, R. and Moliner, A., 2005. Use of pruning waste compost as a component in soilless growing media. Bioresource Technology, 96, 597-603.
- Benito, M., Masaguer, A., Moliner, A. and De Antonio, R. 2006. Chemical and physical properties of pruning waste compost and their seasonal variability. Bioresource Technology, 97, 20171-2076.
- Chen, H.Y., Awasthi, S.K., Liu, T., Duan, Y.M., Ren, X.N., Zhang, Z.Q., Pandey, A., Awasthi, M.K., 2020. Effects of microbial culture and chicken manure biochar on compost maturity and greenhouse gas emissions during chicken manure composting. J. Hazard Mater. 389, 121908.
- Cherif, H., Ayari, F., Ouzari, H., Marzorati, M., Brusetti, L., Jedidi, N., Hassen, A., Daffonchio, D., 2009. Effects of municipal solid waste compost farmyard manure and chemical fertilizers on wheat growth soil composition and soil bacterial characteristics under Tunisian arid climate, Eur. J. Soil Biol. 45, 138-145.

Christensen, T. H., 2011. Introduction to waste management. In: Christensen, Solid Waste Technology & Management. Blackwell Publishing Ltd, 2-16.

Çıtak, S., Sönmez, S., Öktüren, F., 2006. Bitkisel Kökenli Atıkların Tarımda Kullanılabilme Olanakları, Derim, 23, 41-53.

Erdin, E., 1992. Biyoçöp ve Kompost Nedir / Nerede Kullanılır? Ekoloji Çevre Dergisi, 2, 9-13.

Fan, H., Liao, J., Abass, O.K., Liu, L., Huang, X., Li, J., Tian, S., Liu, X., Xu, K., Liu, C. 2021. Concomitant management of solid and liquid swine manure via controlled co-composting: towards nutrients enrichment and wastewater recycling. Resources, Conservation & Recycling. 168, 105308.

Graves, R.E., Hattermer, G.M., 2000. Environmental Engineering National Engineering Handbook. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, USA, 9-10.

Hakerler, H., 1980. Kentsel atıkların gübre olarak değerlendirilmeleri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 17, 113-131.

Hanay, A., 1990. Çöp Kompostu ve Ahır Gübresinin Toprakların Bazı Yapısal Özellikleri ile Toprak-Su ilişkilerine Etkisi Üzerine Bir Araştırma. Atatürk Üni. Zir.Fak. Kültürteknik Bölümü, Erzurum, 1-137.

Haug, R.T., 1993. The Practical Handbook of Compost Engineering. Lewis, Boca Raton.

Ingelmo, F., Molina, M.J., Soriano, M.D., Gallardo, A., Lapeña, L., 2012. Influence of organic matter transformations on the bioavailability of heavy metals in a sludge based compost. Journal of Environmental Management 95, 104- 109.

Jia, X., Qin, X., Tian, X., Zhao, Y., Yang, T., Huang, J., 2021. Inoculating with the microbial agents to start up the aerobic composting of mushroom residue and wood chips at low temperature, Journal of Environmental Chemical Engineering, 9, 105294.

Jia, Y., Chen, O., Xiao, Z., Xiao, J., Bian, J., Jia, H., 2021. Nurses' ethical challenges caring for people with COVID19: A qualitative study. Nurs Ethics. 28, 33- 45.

Kacar, B., 1984. Bitki Besleme. Ankara Üniversitesi. Ziraat Fak. Yayınları No: 899, Ankara.

KARADAĞ, Adil, 2005, Otoklav Ėle sterilizasyon, 4. Ulusal Sterilizasyon Dezenfeksiyon Kongresi, 20-24 Nisan 2005 Samsun, Kongre Kitabı, Ankara: Bilimsel Tıp Yayınevi, 78-86.

Karagözoğlu, M.B., Özyonar, F., Yılmaz, A., Atmaca, E., 2009. Katı Atıkların Yeniden Kazanımı ve Önemi, tam metin bildiri, İstanbul, 1-8.

Kayhanian, M. And Rich, D., 1996. Sludge management using the biodegradable organic fraction of municipal solid waste as a primary substrate, Water environment Research, 68, 240-252.

Kim, M.J., Shim, C.K., Kim, Y.K., Hong, S.J., Park, J.H., Han, E.J., Kim, J.H., Kim, S.C., 2015. Effect of Aerated Compost Tea on the Growth Promotion of Lettuce, Soybean, and Sweet Corn in Organic Cultivation. Plant Pathol J., 31, 259-68.

Kumar, R., Sharma, S., Sood, S., Kaundal, M., Agnihotri, V.K., 2017. Effect of manures and inorganic fertilizers on growth, yield, and essential oil of damask rose (*Rosa damascena* Mill.) and chemical properties of soil in western Himalayas. Journal of Plant Nutrition. 40, 1604-1615.

Kütük, C.A., Çaycı, G., Baran, A., 1995. Çay atıklarının bitki yetiştirme ortamı olarak kullanılabilme olanakları. Tarım Bilimleri Dergisi 1, 35-40.

Li, Z., Huang, G., Yu, H., Zhou, Y., Huang, W., 2015. Critical factors and their effects on product maturity in food waste composting. Environ. Monit. Assess., 187, 187-217.

Liao, H.P., Lu, X.M., Rensing, C., Friman, V.P., Geisen, S., Chen, Z., Yu, Z., Wei, Z., Zhou, S.G., Zhu, Y.G., 2018. Hyperthermophilic composting accelerates the removal of antibiotic resistance genes and mobile genetic elements in sewage sludge. Environ. Sci. Technol. 52, 266–276.

Lu, X.L., Wu, H., Song, S.L. Bai H.Y., Tang M.J., Xu F.J., Ma Y., Dai C.C., Jia Y., 2021. Effects of multi-phase inoculation on the fungal community related with the improvement of medicinal herbal residues composting. Environ Sci Pollut Res 28, 27998-28013.

Lu, X.L., Wu, H., Song, S.L. Bai H.Y., Tang M.J., Xu F.J., Ma Y., Dai C.C., Jia Y., 2021. Effects of multi-phase inoculation on the fungal community related with the improvement of medicinal herbal residues composting. *Environ Sci Pollut Res* 28, 27998-28013.

Mahapatra, S., Ali, M, H., Samal, K., 2022. Assessment of compost maturity-stability indices and recent development of composting bin, *Energy Nexus*, 6, 100062.

Mahapatra, S., Ali, M. H., Samal, K., 2022. Assessment of compost maturity-stability indices and recent development of composting bin, *Energy Nexus*, 6, 100062.

Mandpe, A., Tyagi, L., Paliya, S., Chaudhry, S., Motghare, A., Kumar, S., 2021. Rapid-in-house composting of organic solid wastes with fly ash supplementation: Performance evaluation at thermophilic exposures, *Bioresource Technology*, 337, 125386.

OECD Temel Çevresel Göstergeler, 2007. Yayın No 41-1.

Olayinka, A., Adetunji, A., Adebayo, A., 1998. Effect of Organic Amendment and Nitrogen Fixation By Cowpea. *J-Plant-Nutr.* Monticello, N. Y: Marcel Dekker Inc., 21, 2455-2464.

Özenç, N., Bender Özenç, D., Çaycı, G., 2006. Effects of hazelnut husk compost, peat, farmyard and chicken manure on soil organic matter and N nutrition and hazelnut yield. 18th International Soil Meeting (ISM) on “Soil Sustaining Life on Earth, Managing Soil and Technology”, *Proceedings* 2, 937-945.

Öztürk, M., Bildik, B., 2005. Hayvan Çiftliklerinde Kompost Üretimi, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara, Türkiye, 151-153.

Palabıyık, H. ve Altınbaş, D., 2004. Kentsel Katı Atıklar ve Yönetimi (Ed. C. Marin ve U. Yıldırım), Çevre Sorunlarına Çağdaş Yaklaşımlar: Ekolojik, Ekonomik, Politik ve Yönetimsel Perspektifler, İstanbul: Beta Yayıncılık.

Partanen, P., Hultman, J., Paulin, L., Auvinen, P., Romantschuk, M. 2010. Bacterial diversity at different stages of the composting process. *BMC Microbiol*, 10, 94.

Peng, L., Ma, R., Jiang, S., Luo, W., Li, Y., Wang, G., Xu, Z., Wang, Y., Qi, C., Li, Y., Li, G., Yuan, J., 2022. Co-composting of kitchen waste with agriculture and forestry

residues and characteristics of compost with different particle size: An industrial scale case study, *Waste Management*, 149, 313-322.

Peng, L., Ma, R., Jiang, S., Luo, W., Li, Y. , Wang, G., Xu, Z., Wang, Y., Qi, C., Li, Y., Li, G., Yuan, J., 2022. Co-composting of kitchen waste with agriculture and forestry residues and characteristics of compost with different particle size: An industrial scale case study, *Waste Management*, 149, 313-322.

Ravindran, B., Karmegam, N., Awasthi, N.K., Chang, S.W., P.K. Selvi, Balachandar, R., Chinnappan, S., Izyan N., Azelee, W., Munuswamy-Ramanujam, G., 2022. Valorization of food waste and poultry manure through co-composting amending saw dust, biochar and mineral salts for value-added compost production, *Bioresource Technology*, 346, 126442.

Ravindran, B., Karmegam, N., Awasthi, N.K., Chang, S.W., P.K. Selvi, Balachandar, R., Chinnappan, S., Izyan N., Azelee, W., Munuswamy-Ramanujam, G., 2022. Valorization of food waste and poultry manure through co-composting amending saw dust, biochar and mineral salts for value-added compost production, *Bioresource Technology*, 346, 126442.

Richnau, G., Brunet, J., Nielsen, A.B., Wiström, B., 2016. Planting clonal shade-tolerant herbs in young urban woodlands—Effects of compost on plant growth, flowering and survival, *Urban Forestry & Urban Greening*, 17, 158-165.

Rynk, R., 1992. On farm composting handbook. NRAES-54, Cooperative Extension Service, Northeast Regional Agricultural Engineering Services, Ithaca NY, USA.

Sadeghi, S., Nikaeen, M., Mohammadi, F., Nafez, A.H., Gholipour, S., Shamsizadeh, Z., Hadi, M., 2022. Microbial characteristics of municipal solid waste compost: Occupational and public health risks from surface applied compost, *Waste Management*, 144, 98-105.

Sadeghi, S., Nikaeen, M., Mohammadi, F., Nafez, A.H., Gholipour, S., Shamsizadeh, Z., Hadi, M., 2022. Microbial characteristics of municipal solid waste compost: Occupational and public health risks from surface applied compost, *Waste Management*, 144, 98-105.

- Sánchez, L., Díez J.A., Polo, A., Román, R., 1997. Effect of timing of application of municipal solid waste compost on N availability for crops in central Spain. *Biology and Fertility of Soils* 25, 136-141.
- Shukor, J.A., Omar, M.F., Kasim, M.M., Jamaludin, M.H., Naim, M.A., 2018. Assessment of Composting Technologies for Organic Waste Management. *International Journal of Technology*. Volume 9, 1579-1587.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, S.A., 1993. *Integrated Solid Waste Management* Mc-Graw-Hill, International Editions, Civil Engineering Series.
- Tian, X., Yang, T., He, J., Qian Chu, Q., Jia, X., Huang, J., 2017. Fungal community and cellulose-degrading genes in the composting process of Chinese medicinal herbal residues, *Bioresource Technology*, 241, 374-383.
- Topcuoğlu ve ark., 2001. Azotlu Gübrelerin Turp Bitkisinde (*Raphanus sativus* L.) Bazı Ürün Ölçütleri ve Koflaşma ile Nitrat Birikimi Üzerine Etkileri, 2, 9-15.
- Topkaya, B. 2004. Kompost. Ders notu (basılmamış). Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 17.
- Tosun, İ., 2003. Gül İşleme Posasının Evsel Katı Atıklarla Kompostlaşabilirliği. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, İstanbul.
- Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı, 2016. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara, Türkiye.
- Uyanöz, R., Zengin, M., Şeker, C., Çetin, Ü., 2000. Toprağın üreaz, katalaz ve biyolojik aktivitesine bazı organik materyallerin etkisi. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 14, 85-92.
- Ünal, E., Duygulu, F. ve Bolat, E. Z., 1998. İmar Terimleri. Türkiye ve Orta Doğu Amme İdaresi Enstitüsü: 288, Yerel Yönetimler Araştırma ve Eğitim Merkezi: 3, Kentsel Hizmetler Dizisi: 3, Yorum Matbaası, Ankara.
- Wang, Y., Tang, Y., Yuan, Z., 2022. Improving food waste composting efficiency with mature compost addition, *Bioresource Technology*, 349, 126830.

Wang, Y.,Tang, Y., Yuan, Z., 2022. Improving food waste composting efficiency with mature compost addition, Bioresource Technology, 349, 126830.

Yavuz Ersan H., 2010. Kompost ortamında bulunan mikroorganizmalara manyetik alan uygulanarak kompost verimliliğinin artırılması.

Zhao, L., Luo, J., Wang, H., Song, G., Tang, G., 2016b. Self-assembly fabrication of microencapsulated n-octadecane with natural silk fibroin shell for thermal-regulating textiles, Applied Thermal Engineering, 99, 495-501.

Zhou, Y., Manu, M.K., Li, D., Johnravindar, D., Selvam, A., Varjani, S., Wong, J., 2023. Effect of Chinese medicinal herbal residues compost on tomato and Chinese cabbage plants: Assessment on phytopathogenic effect and nutrients uptake, Environmental Research, 216, 4,114747.

Zhou, Y., Manu, M.K., Li, D., Johnravindar, D., Selvam, A., Varjani, S., Wong, J.,2023. Effect of Chinese medicinal herbal residues compost on tomato and Chinese cabbage plants: Assessment on phytopathogenic effect and nutrients uptake, Environmental Research, 216, 4,114747.

<https://www.enerjigunlugu.net/konyada-kati-atik-tesisi-yapilacak-10100h.htm>

<https://sifiratik.co/2018/08/31/organik-atik-hakkinda-bilmeniz-gerekenler/>

<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Atik-Bertaraf-ve-Geri-Kazanim-Tesisleri-Istatistikleri-2018-30665>