T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KOMPOST ÜRETİMİ İÇİN TAMBURLU TİP BİR KURUTUCU MAKİNA GELİŞTİRİLMESİ

Abdullah OCAK

TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2022

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
ÇİZELGELER DİZİNİ v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ vi
1. GİRİŞ 1
1.1. Gübrelemenin Önemi 2
1.2. Kimyasal Gübrelerin Kullanımı 3
1.3. Kompost Gübre Kullanımı 5
1.4. Türkiye'de Kompost Üretimi 6
1.5. Kompostlaştırmada Kullanılan Atıklar 7
1.6. Kompostlaştırmaya Etki Eden Faktörler 8
1.6.1. Karbon azot (C/N) oranı 9
1.6.2.Oksijen ve havalandırma 10
1.6.3. Nem içeriği 11
1.6.4. Sıcaklık 12
1.6.5. pH oranı 13
1.6.6. Kompostta porozite, yapı, kıvamı ve partikül boyutu 14
1.7. Kompost Kalitesi 15
1.7.1. Olgunluk 16
1.7.2. Yabancı maddeler 17
1.7.3. Ağır metaller 17
1.7.4. Patojenik organizmalar 20
1.7.5. Kompostta diğer karakteristikler 20
1.8. Materyalin Hazırlanması 22
1.8.1. Karıştırma 22
1.8.2. Parçalama ve ezme işlemi 23
1.8.3. Ham maddenin depolanması ve işlenmesi 23
1.8.4. Eleme 24
1.8.5. Kurutma 25
1.9. Çalışmanın Amacı 25
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 27
3. MATERYAL ve YÖNTEM 30
3.1. Materyal 30
3.2. Yöntem 30
3.2.1. Çalışmada yapılan analizler 32
3.2.1.1. Karbon-azot(C/N) oranı 32
3.2.1.2. pH ölçümü 32
3.2.1.3. Nem İçeriği 32
3.2.1.4. Organik madde içeriği 33
4. ARAŞTIMA BULGULARI ve TARTIŞMA 34
4.1. Kompost Gübre Üretim Sisteminin Üniteleri 34
4.1.1. Besleme ünitesi 35
4.1.2. Kurutma ve nem alma ünitesi 36
4.1.3. Havalandırma ünitesi 38
4.2. Kompost Gübre Numunelerinin Analiz Sonuçları 40
4.2.1. Organik madde 41
4.4.2. Karbon/Azot (C/N) oranı 41
4.4.3. Nem içeriği 41
4.4.4. pH değeri 42
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 43
5.1. Sonuçlar 43
5.2. Öneriler 46

KAYNAKLAR 47
ÖZGEÇMİŞ .....**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KOMPOST ÜRETİMİ İÇİN TAMBURLU TİP BİR KURUTUCU MAKİNE GELİŞTİRİLMESİ

Abdullah OCAK

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarım Makinaları Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ramazan SAĞLAM
Yıl: 2022, Sayfa: 51

Günümüzde insanlık ürettiğinden daha fazlasını tüketme eğilimindedir. Bunun sonucunda da çevre ve ekolojinin bozulması ile birlikte küresel ısınma artmakta ve tarımsal üretimler özellikle çoğunluğu Türkiye'nin de ve içinde olduğu gelişmekte olan ülkelerde azalmaktadır. Aşırı ve bilinçsiz tüketim gelişmekte olan ülkelerde daha büyük problemlere yol açmaktadır. Bunun önüne geçebilmenin en önemli alternatif yollarından biri de organik kökenli atıklardan kompost üretimidir. Bu şekilde geri dönüşüm yolu ile organik tarıma, ekolojiye ve ekonomiye önemli bir katkı sunulması söz konusudur. Bu çalışmada başlangıç olarak, tarımsal ve evsel organik atıkların değerlendirilmesi ve ekonomiye kazandırılması amacıyla tamburlu bir kurutucunun tasarımı yapılmıştır. Piyasada tamburlu kurutucu adı ile benzer makinalar üretilmekte ve satılmaktadır. Hem gübrelerin kurutulması hem de bölge sanayimize düşük maliyetli bir makina kazandırılmasının mümkün olduğunu ortaya koymak amacıyla bu sistemin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Tamburlu bir kompost üretim tesisi için besleme, havalandırma ve nem alma ünitesi oluşturulmuştur. Bu tamburlu kurutucuya % 45 nemli hayvansal kökenli kompost yüklemesi yapılmıştır. Tambur hızı 20 devir dakika^{-1} devrinde çalışma ile nem oranı %25 oranına düşürülmüştür. Sistem bu işlemi 20 dakikalık süre içinde gerçekleştirmiştir. Sistemin bir saatlik çalışma süresinde 2 100 kg ürün çıktısı saptanmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Tamburlu kurutucu, Kompost üretimi, Kompost, Kompost üretim sistemi

ABSTRACT

MSc Thesis

DEVELOPING A DRUM DRYER TYPE DEVICE MACHINE WHICH IS MAINLY USED IN THE MARKET FOR COMPOST PRODUCTION SYSTEM

Abdullah OCAK

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Agriculture Machinery

Supervisor: Prof.Dr. Ramazan SAĞLAM
Year, 2021 Page: 51

Today's society/countries consume more than they produce. As a result, agricultural production is decreasing in developing countries such as Turkey and Africa as a result of environmental and ecological pollution and global warming. Excessive and unconscious consumption causes bigger problems in developing countries. One of the most important alternative ways to prevent this is to make compost from environmental waste. In this way, it is possible to make an important contribution to organic agriculture and ecology by recycling. In this study, first of all, a drum dryer was designed to evaluate agricultural and domestic organic wastes and to bring them to economy. Similar devices are produced and sold under the name of drum dryer in the market. It is aimed to develop this system in order to show that it is possible to both dry the fertilizers and provide a low-cost device to our regional industry. A feeding, ventilation and dehumidification unit unit has been established for a drum dryer compost production facility. This drum dryer was loaded with animal origin compost with 45% humidity. The humidity rate was reduced to 25% with the tambour speed working at 20 rpm^{-1} revolution.It has been calculated that 2 100 kg of product is produced in a 1 hour period.

KEYWORDS: Drum dryer, Compost production, Compost, Compost production system

TEŞEKKÜR

Öncelikle uzun süredir yaşadığımız pandemi sürecinde çalışmamda bana yardımcı olan herkese teşekkür etmek isterim. Ayrıca, bu zor dönemlerimde desteklerini esirgemeyen aileme, bütün sevenlerime, dostlarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Tezimin proje aşamasından, değerlendirme ve yazım sürecine kadar bilgi birikimi, tecrübesi ve rehberliği ile bana yol gösteren değerli danışman hocam Prof. Dr. Ramazan Sağlam'a çok teşekkür ederim. Ayrıca, ders aşamasından, çalışmamın sonuçlanmasına kadar olan süreçte hayatım boyunca faydalanacağım değerli bilgileri edinmemi sağlayan ve desteklerinini benden esirgemeyen Ferhat KÜP hocama teşekkür ederim.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. 1. Kompostlaşma işlemine giren ve çıkan ürünler 6
Şekil 4. 1. Kompost gübre makinasının tasarımı.....34
Şekil 4. 2. Denemede geliştirilen tanburlu kompost gübre makine düzeneğinin şematik görünümü ...35
Şekil 4. 3. Kompost tesisin besleme ünitesi 36
Şekil 4. 4. Kurutma ve nem alma ünitesi 37
Şekil 4. 5. Tambur içerisinde nemin uzaklaşmasını sağlayan brülör 37
Şekil 4. 6. Silindir hareket, karıştırma ve havalandırma kanatları.....38
Şekil 4. 7. Havalandırma ünitesinin çalışmasınında kullanılan destek kasnak.....39
Şekil 4. 8. Zincir dişli mekanizmanın çalışmasını sağlayan motor 39
Şekil 4. 9. Araştırmada kompost yapımı sonrası elde edilen ürünün çıktısı.....41

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1. 1. Kompost üretiminde kullanılan organik atık maddeler 7
Çizelge 1. 2. Kompostlaştırma için gerekli olan parametreler 8
Çizelge 1. 3. Kompost kalitesinin belirlenmesinde kullanılabilecek parametreler 16
Çizelge 1. 4. Bazı ülkeler için yabancı madde standartları 17
Çizelge 1. 5. Ülkelere göre kaynağında ayrılmış evsel atıktan üretilen kompostun ağır metal konsantrasyon değerleri 18
Çizelge 1. 6. Ülke bazında karışık evsel katı atık kompostunun ağır metal konsantrasyonu değerleri 19
Çizelge 1. 7. Bazı ülkeler için kabul edilebilir patojen değerleri 20
Çizelge 1. 8. Avusturya Ö-NORM kompost kalite standartları için bazı parametreler 21
Çizelge 1. 9. Kirletici seviyelerini düşürmek için geliştirilen yaklaşımlar 22

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

C	Karbon
Cd	Kadmiyum
Cr	Crom
g	gram
K	Potasyum
KM	Katı madde içeriği
MPN	Olası ortalama değer
N	Azot
P	Fosfor
Pb	Kurşun
TMECC	Test methods for the examination of composting and compost

1. GİRİŞ

Ülkemizin en büyük tarım alanlarına sahip bölgemizde, fermente organik gübre üretimi çok düşük seviyededir. Sıcak iklime sahip olan bölgemiz; toprak organik yapısının sindirilmesi ve organizmalar tarafından bitirilmesi sebebiyle organik madde oranının en çok azalmaya yüz tutuğu iklime sahiptir. Bu ise çölleşmenin temel sebeplerinden biridir. Bu sebeple organik gübreleme düzenli ve sürekli yapılması gereken bir tarımsal uygulama olarak karşımıza çıkmaktadır.

Şanlıurfa'da tarımsal üretimde bitkisel ve hayvansal atıkların yanı sıra hal ve pazar atıkları, mutfak atıkları, park ve bahçe atıklarından teşekkül eden organik atık ortaya çıkmaktadır. Bunlar ekonomiye kazandırılamamakta ve atıl halde ve çevre kirliliğine neden olmaktadır. Çoğunlukla da şehirlerde ve yerleşim alanlarında bir çöp yükü olarak karşımıza çıkmaktadır. Çevre kirliliği, görüntü kirliliği ve kötü koku gibi birçok olumsuzluklara sebep olmaktadırlar. Bu atıklar, denetimi ve kontrolü olmayacak biçimde çürümeye terk edilmektedir. Bu koşullarda bu atıkların değerlendirilemeden depolanması sonucu katı atık depolama alanlarına ihtiyaç duyulmakta ve gerekli yer temini ihtiyacında da artış meydana gelmektedir. Bunun sonucunda bir takım çevresel sorunlarda ortaya çıkmaktadır.

Organik gübrelerin kullanımı, teşvik edilmesi gereken ciddi bir ihtiyaçtır. Organik gübrenin faydalarını az veya çok bilen çiftçiler bu ham maddeyi temin etmek için imkanlar el vermediğinden ya fermente etmeden ya da zor, uzun süreli olumsuz fermentasyon koşullarıyla kısmi fermantasyon yapıp ve steril etmeden tarlaya veya bahçeye verebilmektedirler.

Organik gübre üretiminde kullanılan tamburlu kurutucular azami hava kullanımı ve enerji tasarrufunu sağlamak için konsantre hava akışı modeli özelliğine ve yalıtımlı silindir çerçevelere sahiptirler. Tarım, gıda ve eczacılık dahil bir çok alanda kullanılmaktadırlar. Kapsamı çok geniş olmakla birlikte temel amaç adından da anlaşılacağı gibi kurutma işlemi gerçekleştirmektir. Sıcaklık farkları ve karıştırma süreleri ile akış miktarları farklılık göstermektedir. Hububat, baklagiller ve bitkisel

kökenli diğer ham maddelerin kurutulması gibi farklı alanlarda bu sistemler kullanılmaktadır. Çok büyük olması ve kapladığı hacimden ağır olması sebebiyle nakliyesi de çok yüksek maliyetlerle yapılabilmektedir(Öztürk, 2017). Yaptığımız çalışma ile düşük maliyetle üretilecek bir tamburlu kurutucu bu alanda önemli avantajlar sağlayabilecektir.

Gübre konusu çok hassas olduğundan hem organik maddenin yanmaması hem de yüksek sıcaklıklara (80 ^{0}C gibi) dayanıklı faydalı toprak bakterilerinin zarar görmeyeceği bir sistem olmasını gerektirmektedir (Öztürk ve ark., 2015). Bu sebeple gübre karıştırma işlemi gerçekleşirken ürün pastörizasyonu şeklinde bir ısıtma yöntemine tabi tutulmalıdır. Hem karıştırma işlemi hem ısıtma hem de helezonlu ısıtma sistemine sahip, bir taraftan ürün alıp diğer taraftan çıkarabilen sürekli çalışmaya dayalı olması gerekmektedir.

Ham maddenin giriş çıkış süreleri arasında yakmadan tam kurutmaya uygun olarak ayarlanabilir ısıtma sistemi kontrol edilebilir olmalıdır. Bu sebeple bu etkilerin her biri kontrol mekanizmasına bağlı tutulmaktadır. Bu nedenle kademeli çalışma modeli önemli artılarından biridir. Kurutma sisteminde ham madde giriş noktası ile sıcak hava girişi aynı taraftan yapılmaktadır(Öztürk, 2017).

Türkiye'de petrolden sonra en çok dövize bağımlı olan mineral gübreler, tarımsal üretim içerisinde ana girdilerden biri olarak dikkati çekmektedir. Bitkisel üretiminde birim alandaki verimin arttırılmasında mineral gübreler oldukça önemlidir. Çünkü mineral gübreler toprağın gereksinim duyduğu bitki besin elementlerini karşılamayarak tarımsal üretimde verimin iyileştirilmesinde oldukça etkili olmaktadır(Eskicioğlu, 2013).

1.1. Gübrelemenin Önemi

Tarımsal üretimi arrtımak için verimliliği iyileştirmeye ihtiyaç duyulmaktadır. Tarımsal üretimde verimlilik arttırmak için en etkili yol olarak gübreleme uygulamalarıdır. Gübreleme uygulamaları akılcı ve doğru bir şekilde yapıldığında

hem tarımsal üretim hem de çiftçilerin gelirleri artmaktadır. Tarımsal gübrelerin verimlilik açısından etkinliği koşullara bağlı değişkenlik arz etsede ortalama bir değer olarak % 50 civarında etkili olabilmektedir (Berkes ve Kışlalıoğlu, 1993).

Bitkilerin verimini, kalitesini ve büyümesini etkileyen unsurlardan birisi toprakta yer alan mineral besin elementleridir. Eğer toprakta besin elementleri yetersiz olursa bitkilerin gelişimi ve kalitesi olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu gübreler bitkilerin gereksinim duyduğu besin elementlerinin bir ya da birden fazlasını içermektedirler. Netice olarak gübreler bitkilerin kalitesi, büyümesi ve gelişmesinde etkili olmaktadırlar. Ayrıcı mineral gübreler toprak ıslahı içinde kullanılmaktadır (Eskicioğlu, 2013).

Buna göre gübreler bitki gelişiminde önemli rol üstlenselerde ülkenin döviz açığını da arttırabilmekedir. Kimyasal gübrelerin ham maddesi önemli ölçüde yurtdışından ithal edildiğinden dolayı döviz çıkışı olmakta ve cari açığın artışına da neden olmaktadır. Bu nedenle tarımsal üretim amaçlı kullanılan gübreleri, doğru ve akılcı bir şekilde kullanılmalıdır. Bunun için tarımsal üretimin yapıldığı arazilerin bitki besin ihtiyaçları doğru şekilde tespit edilerek buna uygun koşullarda gübreleme uygulamaları yapılmalıdır.

1.2. Kimyasal Gübrelerin Kullanımı

Tarımsal amaçlı kullanılan kimyasal gübreler toprağın fiziksel, biyolojik ve kimyasal yapısını tahribata uğratabilmektedir. Kimyasal gübrelerin uygulanmasıyla verim artışı olması ile birlikte bir takım sorunlarda ortaya çıkabilmektedir. Bunlar kısaca ifade edilecek olursa (Kınacı, 2018):

Toprağın fiziksel, biyolojik ve kimyasal yapısı olumsuz yönde etkilenmektedir. Böylece toprakta yer alan organik madde düzeyi düşmektedir. Toprağın kimyasal ve fiziksel dokusu bozulması ile birlikte toprak pH'sının da arzu edilmeyen değerlerin dışına çıkarak tuz etkisi meydana gelmektedir. Bu koşullar ayrıca şu olumsuzlukları da beraberinde getirmektedir (Eskicioğlu, 2013):

- Bitkilerin iyonik zehirlenmesine yol açmaktadır,
- Toprakta var olan biyolojik çeşitlilik bozulmaktadır,
- Bitkilerin zararlı ve hastalıklara karşı dayanıklılığı azalmaktadır,
- Yer altı su kaynaklarının kirlenmesine neden olmaktadır,
- Ürünlerin besin dengesi bozulmaktadır,
- Toprağa ağır elementlerin karışmasıyle birlikte toprakta ağır metal birikimi meydana gelmektedir.

Kınacı (2018) tarafından Nevşehir'de yürütülen bir çalışmada son 25 yıllık periyotta tek düze azot ağırlıklı gübre uygulaması neticesinde patates ekilişleri yapılan tarımsal arazilerin pH'sında 2 birimlik bir azalış olmuştur. Buna göre bu durum topraktaki asitliğin 100 kat artması anlamına gelmektedir. Topraklarda meydana gelen sert ve ani değişkenlikler toprakların bitkisel üretim performansını oldukça olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bunun sonucunda kırsal kesimde çalışan nüfus, arazilerinden ayrılmak zorunda kalmıştır.

Kimyasal gübre yüksek konsantrasyonlar ihtiva eder, elementler bitkinin alabileceği formda olup, bitki besin elementlerini kısa sürede daha kolay karşılanmasını sağlayan gübrelerdir. Kimyasal gübre kullanımı her geçen yıl artmakta, doğanın dengesi bozulmakta ve bu da toplum sağlığını önemli düzeyde tehdit etmektedir. Kimyasal gübreler, yapısında bitki besin element eksikliğinin en çok olduğu N (azot), P (fosfor) ve K (potasyum) gibi makro elementleri içerir. Kimyasal gübreler organik gübrelere göre besin element içeriği fazla olup çiftçilerin gübre kullanımının başında gelir ; ancak organik gübreler de kimyasal gübrelere göre toprağı iyileştirmede önemli bir özelliğe de sahiptir. Kimyasal gübreler kullanımın verimlilik bakımından artış sağlarken diğer taraftan toprağın içeriğindeki organik madde oranının düşmesine ve toprağın yapısının bozulmasına da sebep olmaktadır. Fazla kimyasal gübreleme uygulaması veya kullanılan gübrenin dozunun doğru olarak ayarlanmaması gibi durumlarda toprağın kimyasal yapısının bozularak olumsuz koşullar doğurmasına da sebep olabilmektedir. Toprağın yapısını bozulmasının yanında su ve toprağın içinde bulunan elementler nedeniyle çevre kirliliği açısından da olumsuz sonuçlar gözlemlenmiştir (Sullivan ve ark., 1998).

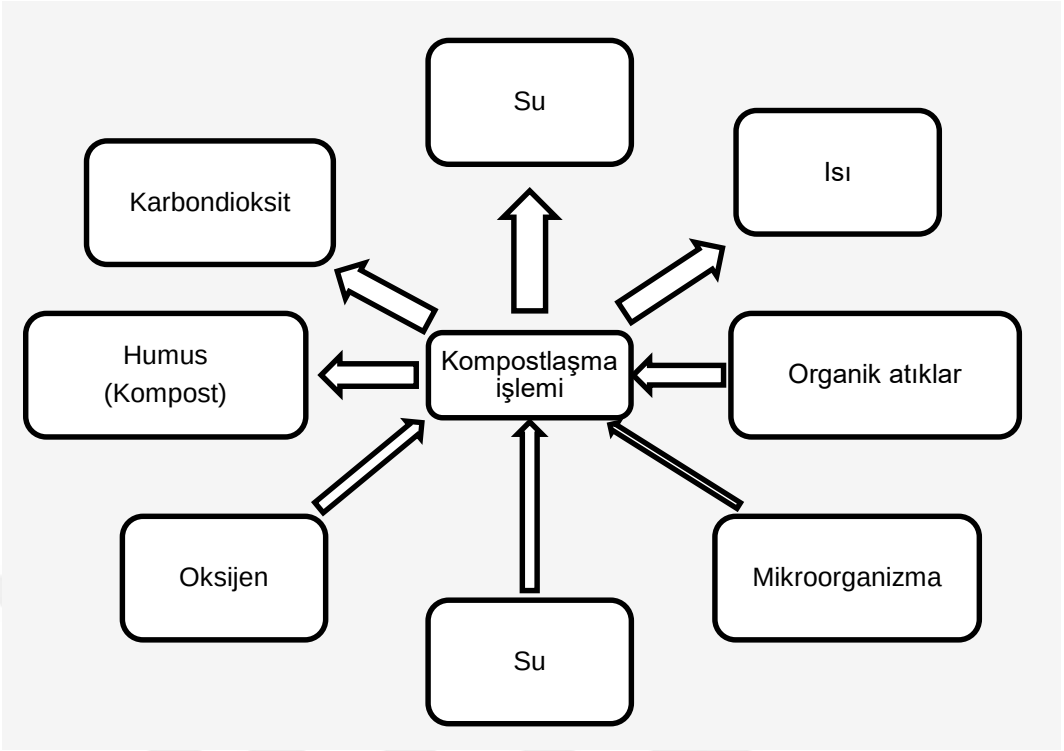
1.3. Kompost Gübre Kullanımı

Kompostlaştırma; ekonomik değeri olmayan organik atıkların tarımda kullanılabilecek şekilde gübreye dönüştürülmesi işlemidir. Katı atıklara, farklı uygulamalar tatbik edilerek kompost elde edilebilmektedir. Kompost uygulaması neticesinde elde edilen ürünler tarımda, ortamcılıkta, meyvecilikte, hobi faaliyetlerinde, çiçekçilikte toprak yapısının ıslahında ve iyileştirmesinde kullanılabilmektedir (Güler ve ark., 2001).

Kompostlaştırmada ana amaçlar; ayrışabilen organik maddeleri biyolojik açıdan daha dengeli bir yapıya dönüşmesini sağlamak, katı atıklarda yer alan böcek yumurtalarını, patojenleri ve diğer arzu edilmeyen yabancı ot tohumlarını ve organizmaları engellemek, potasyum, azot ve fosfor ve benzeri en yüksek besin elementleri içeriğine erişmesini sağlamak, bitkinin büyümesinine katkı sunmak ve toprağı ıslah edici şekilde bir ürün üretmek olarak ifade edilebilir (Tchobanoglous ve ark., 1993).

Çoğunlukla kompostlaştırma, çevre kirliliğinin azaltılması ve son ürün çıktısının en yararlı biçimde değerlendirilmesi ile neticelenen organik atıklar için uygun bir işleme uygulamasıdır (Kim ve ark., 2008). Kompostlaştırma, sürdürülebilir bir kaynak planlamasının bir parçası şeklinde ifade edilmektedir (Pathak ve ark., 2011).

Kompostlama işlemeninde gerçekleşen işlemler Şekil 1.1.'de gösterilmiştir (Öztürk, 2017).



Şekil 1. 1. Kompostlaşma işlemine giren ve çıkan ürünler

1.4. Türkiye'de Kompost Üretimi

Ülkemizde kompost üretimi üç amaca hizmet etmektedir. Bunlar; (I) Tarımsal gübre üretimi, (II) biyolojik atık olarak çöplerin değerlendirilmesi ve (III) mantar yetiştirme yerleri meydana getirmektir. Atıkların hem ortadan kaldırılması hem de fayda sağlayacak şekilde üretime kazandırılması amacı ile kurulmuş kompostlaştırmaya yönelik tesisler çoğunlukla ticari amaçlar ile yapılmazlar. Büyük çoğunluğu belediyeler tarafından yapılmaktadır. Bu nedenle de öncelik atık kütlesel hacminin azaltılmasıdır. Kompostlaşmayla birlikte patojen mikroorganizmaların pastorizarize edilmesi sağlanmaktadır.

Ülkemizde gübre şeklinde kullanmak amacıyla tarımsal üretim amacı ile lisanslı kompost oluşturma işlemlerine 1988 yılında başlamıştır. 2016 yılı verilerine göre 7 tesisin 140 467 ton atık işleme kapasitesi varken, 2018 yılında bu oran 8 tesise çıkmasına rağmen 138 885 ton atık işleme kapasitesi olmuştur. Bu üretim kapasitesi ülkemizin 193 milyon ton yıllık hayvansal atık ile 62 milyon ton yıllık bitkisel atık potansiyelinin yanında çok yetersiz kalmaktadır (Dursun, 2020). Bu atık miktarının

% 1 'ini işleyebilmemiz için mevcut kapasitesiyi 10 kat artırmamız gerekmektedir. Buradan da şunu söylemek mümkündür, organik atıklarımızın binde birini dahi şu anda işleyemiyoruz demektir. Şu anda organik atıklarımızın kompost olarak işlenmesinde henüz sıfır başlangıç noktasındayız. Kompost üretiminde sıfır noktasında olduğumuz açıkça anlaşılmaktadır.

1.5. Kompostlaştırmada Kullanılan Atıklar

Kompost işleme tesislerinde kurallara elverişli, yüksek kaliteli kompost ürünün alınmasının ana kaidesi, kompost ham maddelerinin kaynağında yabancı katı atıklardan güzel bir şekilde temizlenmesidir. Bunu sağlamak için hal pazarından, parklardan, bahçelerden, pazar yerlerinden temiz ve besin ihtivası yüksek ham madeler katı atık işleme tesisine kabul edilmelidir. Çizelge 1.1.'de bahsedildiği gibi komspotlaştırmada kullanılan atık malzemeler sunulmuştur (Yıldız ve ark., 2009).

Çizelge 1. 1. Kompost üretiminde kullanılan organik atık maddeler

Atık Çeşitleri	Açıklama
Yemek Atıkları	Ekmek ve başkaca unlu mamüller, çay atıkları ve poşetleri, süt ve süt ürünleri, yumurtanın kabukları,kahve, bozulmuş/çürümüş kuru yemek atıkları, sebze ve meyveler, meyve ve sebze atıkları/parçaları, hazır yemek ürünleri, çürümüş/bozulmuş deniz ürünleri.
Kağıt Parçaları ve Atıkları	Gazete ve başka kağıt türleri, ezik ve yırtılmış mukavva kutular, kağıt bardak ve tabaklar, meyve suyu ve süt kutuları, hazır yemek kutuları/paketleri, ilaç kutuları, kağıt mendil, ofis kağıtları, kağıt havlu ve peçete, kirli yemek kağıtları,
Kalın Karton/Mukavva	giyim ve ticari mal karton kutuları ve atıkları, karton yemek kutuları (pizza kutuları),
Park ve Bahçe Atıkları	Çalı ve benzeri bahçe atıkları, çim kırpıntıları, süs bitkileri, çamların iğne yaprakları, budama atıkları, yapraklar, yabancı otlar ve küçük dallar,
Çeşitli Organikler	Biyolojik bakımdan ayrışabilen zemin atıkları ve süprüntüleri, pamuk yumakları, mısır kabukları ve mısıra ait diğer atıklar, ev bitkileri, hayvanların alt kısmına serilen ot atıkları vesamanlar, kesilmiş çiçekler, hayvansal atıklar, saman, tekstil ürünleri (pamuklu veya organik kökenli) ve çimen parçaları.

Ayrıca, tarımda bitkisel ve hayvansal üretimde ortaya çıkan anız, sap, saman, yaprak, dal parçaları ve her türlü hayvan gübreleri ile belirli ürünlerde ön işleme sonucu ortaya çıkan kavuz, koçan, çürük materyal gibi birçok atıkta kompost işleme ve üretme tesislerinin bu amaçla kullanılabilen ana materyalleridir.

Kompostlaştırma sonucu alınan kompost ürünler, ürünün kalitesine göre tarımsal üretimde, seralarda ve park bahçelerde yoğun şekilde değerlendirilebilmektedir. Toprağın drenajını, su tutma kapasitesini ve havalanmasını sağlayan kompost ürünleri ayrıyeten besin maddelerini yüksek oranda özümseme yeteneği sebebiyle, toprağın iyon değişim yeteneğini de geliştirmektedir. Bir başka ifade ile kompostlaştırma; tohumun çimlenmesine, ürünün ekonomik değeri ve kalitesine destek sunmaktadır. Bunun yanında toprak nem tutma kapasitesini iyileştirerek kimyevi gübre kullanımını da azaltmaktadır. Kimyevi gübrelerin kullanımın azalması ile başta ülkeden döviz çıkışını engellerek ülke ekonomisine destek sunmaktadır.

Şanlıurfa'da organik gübre ve kompost tesislerinde işlenebilecek atıklar genellikle şu yerlerden elde edilebileceği gözlenmiştir :

-Hal pazarı ve haftanın belirli günlerinde belirli semtlerinde sürekli ve yeri değişen halk pazarlarından kalan sebze, meyve vb. ürünlerden meydana gelen atıklar ile birlikte ev ölçekli organik atıkları,

-Peyzajlardan ve parklardan kesilen çimler, budanan ağaçlar ve dökülen yapraklar şehrin hayvancılık yapılan kenar mahallelerindeki hayvan gübreleri kompost tesisi için büyük bir kaynak olarak karşımıza çıkmaktadır ,

-Tarımsal üretimdeki bitkisel(anız) ve hayvansal atıklar(sap, saman, hayvan gübresi vb.).

1.6. Kompostlaştırmaya Etki Eden Faktörler

Kompostlaştırmaya etki eden en önemli çevresel etmenler Çizelge 1.2.'de bahsedildiği aktarılmıştır (Günay ve Dursun, 2018).

Çizelge 1. 2. Kompostlaştırma için gerekli olan parametreler

Parametre	Uygulanan Değerler Aralığı	Tavsiye edilen
Karbon/Azot (C/N) oranı(%)	25:1-50:1	25:1-30:1

Nem içeriği(%)	30-75	50-60
Oksijen konsantrasyonu(%)	5	>> 5
Partikül boyutu-çapı (cm)	0.32-1.27	Değişebilir
pH değeri	5.5-9.0	6.5-8.0
Sıcaklık (°C)	44-66	55-60

Kompostlaştırmada ihtiyaç duyulan unsurların dağılımı şu şekildedir(Günay ve Dursun, 2018);

- Karbon/Azot(C/N) oranı 25:1-50:1 aralığında ve tavsiye edilen oran ise 25:1-30:1 aralığında olması gerekmektedir.
- Nem oranı dağılımı %30-75 arasında iken tavsiye edilen oranın %50-60 aralığında olması istenmektedir.
- Oksijen ihtivasının %5'in üzerinde olması beklenmektedir.
- Partikül boyutu dağılımının 0.32-1.27 cm çapında olması tavsiye edilmektedir.
- pH değeri aralığının 5.5-9.0 aralığında ve tavsiye edilen pH değeri aralığının ise 6.5-8 arasında olması arzu edilmektedir.
- Kompost işlemi 44-66 °C aralığında gerçekleşirken elverişli sıcaklığın da 55-60 °C civarında olması tavsiye edilmektedir.

1.6.1. Karbon azot (C/N) oranı

Kompostlaştırma işleminde Karbon/Azot(C/N) oranı en önemli faktörlerden biri olarak ön plana çıkmaktadır. Buna göre azot miktarının karbon miktarına oranı C/N oranı olarak adlandırılır. Karbon, mikro düzeyli organizmaların gelişimi ve onların enerji gereksinimini karşılamasında kullanılmaktadır. Azot elementi ise mikro düzeyli organizmaların protein sentezinde kullanılmaktadır. Kompostlaştırma işleminin etkili bir şekilde gerçekleşmesi için başlangıçta C/N değerinin 20-30 aralığında olması gerekmektedir (Bıtrak, 2013).

Mikro düzeyli organizmalar çoğalabilmek amacıyla azota (N) enerji gereksinimleri karşılamak amacıyla karbona (C) gereksinim duymaktadırlar. Kompostlaştırmada besinin stabilesi için C/N oranına bakılmaktadır ve ve bu orana göre tespit edilmektedir. Bu değerin (C/N) 25- 30 arasında olmalısı gerekir (Günay

ve Dursun, 2018). Organizmalarda olması gereken altı ana besin elementleri; oksijen (O), azot (N), fosfor (F), hidrojen (H), karbon (C) ve sülfür (S)'dur. Bunlar bütün organik kökenli atıklarda yer almaktadır. Atıkları ayrıştırabilen mikro düzeyli organizmalar da bu elementlere gereksinim duymaktadırlar. Bununla birlikte yığın içeriğindeki karbon miktarı gereğinden fazla olması durumunda biyolojik aktivite düşmektedir. İyi ve akılcı yönetilen kompost işleminde C/N oranı süreç içerisinde giderek azalmalıdır (Öztürk ve ark., 2015).

Hümik maddeler doğal açıdan meydana gelen, heterojen ve biyogenetik yapılıdır. Siyahtan sarıya evrilen renkleri vasıtasıyla kolayca anlaşılabilen, parçalanmaya karşı oldukça dayanıklı ve yüksek değerli moleküler ağırlığa sahip olan öğelerdir (Sparks, 2003). Bu maddeler hümin, fulvik asit ve hümik asit şeklinde isimlendirilir. Fulvik asitlerde, hümik asitlere nazaran daha yüksek C/N değeri vardır (Anderson ve Hepburn, 1986). Hümik özelliği taşımayan organik öğeler mikroorganizmalar tarafından kolayca parçalanarak topraktan ayrılırlar (Schnitzer ve Kahn, 1972; Sparks, 2003).

1.6.2.Oksijen ve havalandırma

Aerobik kompostlaştırma işleminde en çok oksijen tüketimi gerçekleşir. Kompostlaştırma işleminin ilk günlerinde ham yapılı organik öğelerin kolayca çözülebilen karışımları hızlı şekilde metabolize olmaktadır. Bundan dolayı, oksijen veya hava gereksinimi ve ısı üretimi en çok ilk evrelerde olmaktadır. Komplaştırmada oksijen miktarı düşmektedir. Ayrıca sistem içerisindeki oksijen veya hava miktarının az olması durumunda kompost süreci yavaşlamaktadır. Kompost yığınınında yer alan gözenek boşluklarında olması gereken oksijen konsantrasyonu en az %5 olmalıdır (havada %21 O_2) (Öztürk, 2017).

Oksijen ve havalandırma unsuru kompostlaştırma işlemine etki eden unsurlardandır. Oksijenin değeri artarsa kompostlaştırma süreci kısalmaktadır. Bundan dolayı kompost yığını sürekli belli aralıklarla karıştırılma işlemiyle havalandırılmalıdır. Kompostlaştırma sonucu elde edilen materyalın rahatsız edecek seviyede koku yapmaması amacıyla yığının iyice karıştırılması ehemmiyetlidir (Luis ve ark., 2002).

Havalandırma işlemiyle yığının ihtiyaç duyduğu oksijen elde edilmekte ve bunun yanında yığın içerisindeki su buharı, ısı ve diğer gazlar dışarı atılmaktadır. Esasen, istenmeyen ısının dışarı atılması amacıyla ihtiyaç duyulan havalandırma oranı, oksijen elde etmek amacıyla ihtiyaç duyulan havalandırma miktarından 10 kat seviyesinde daha fazla olabilir. Bundan dolayı havalandırmanın miktarı ve sıklığı sıcaklığa göre tespit edilmelidir. Yığın içerisinde varolan nemin uzaklaştırılması amacıyla yapılan havanladırma oranı ısının uzaklaştırılması için ihtiyaç duyulan havalandırmadan daha az iken oksijen elde etmek için ihtiyaç duylan havalandıma oranından daha çoktur (Öztürk, 2017).

Havalandırma, aerobik kompostlaştırma işlemini etkileyen bir faktördür. Kompostlaştırma işlemininde sıcaklığın denetim altında tutulması ve aerobik koşullarından bertaraf edilmesi için yığın içerisinde %12-20 arasında hava ihtivası olmalıdır (Yıldız ve ark., 2009).

1.6.3. Nem içeriği

Mikro düzeyde organizmaların hem fizyolojik hem de metabolik etkinlikleri için ihtiyaç duyulan çözünmüş besinlerin taşınımı amacıyla uygun bir zemin meydana getirmeyi sağlayan nem ihtivası kompostlaştırmada ehemmiyetli bir unsur olarak dikkati çekmektedir. Kompost sürecinin ilk evrelerinde nem oranın %60-70 aralığında olması tavsiye edilmektedir. Bundan sonraki süreçlerde nem oranın %50-60 aralığında olmasında bir sakınca yoktur (Gajalakshmi ve Abbasi, 2008).

Su bilindiği üzeri etkili çözücü olması ile tanınır. Ayrıyeten kompost oluşum süreçlerinde yığının sıcaklığını düzenlemede etkili bir unsurdur (Öztürk ve ark., 2015). Çeşitli bilimsel araştırmalarda oldukça farklı aralıklarda bulgular tespit edilmesine rağmen bu araştırmaların birçoğunda yığın nem oranı %70'i aştığında ve bu oranın %25 seviyesinin altına indiğinde ise organizmaların çürüme faaliyeti durmaktadır (Berger ve Lorenz-Ladener, 2017). Buna göre farklı atık materyaller, değişik oranlarda nem içeriği kapasiteleri barındırdığından başlangıçta en elverişli nem ihtivasına ilişkin net bir bulgu yoktur (Diaz ve Savage, 2007).

Yığının nem düzeyi % 30'un altına indiğinde ve % 70'in üzerine çıktığında kompostlaştırma faaliyeti durmaktadır (Vanlalmawii ve Awasthı, 2016). Yığının nem düzeyi düştüğünde kompostlaştırma işleminin sürmesi için sık sık yığına su eklenmelidir (Işık, 2009). Yığının su oranı düzeyi istenilen seviyenin altına inmesi durumunda yığının biyolojik aktivitesi bozularak organizmaların çüremesi sekteye uğrar. Gereğinden fazla nem düzeyide yığının gözeneklerinde tıkanmaya neden olmaktadır. Böylece yığının havalandırılması da engellenmiş olmaktadır (Diaz ve Savage, 2007).

Kompost sürecinde bir çok organik atık malzemeler ile çalışmada genel olarak tavsiye edilen nem ihtiva oranının %40-65 arasında olması istenmektedir. Nem düzeyinde en üst değer katı atık materyalerin emicilik ve porozite değerlerine göre belirlenmektedir. Çok gözenekli organik atıkların nem düzeyi yoğun şekilde şıkıştırılmış olan organik maddelerin nem düzeyinden fazla olabilmektedir. Emicilik durumu fazla olan organik madde karışımlarının hızlı şekilde kompostlaştırılması için nem düzeyinin % 40'dan daha yüksek olması istenir (Öztürk, 2017).

1.6.4. Sıcaklık

Mikro düzeyli organizmaların faaliyetleri, devam ettirebilecekleri sıcaklık değerlerinin dışına çıktığında sekteye uğramaktadır. Kompost yığınlarının oksijen düzeyini takip etmede kullanılan elektronik cihazların pahalı olması sebebiyle yığın sıcaklıkları ancak kolay ve ucuz olan termometre cihazları ile takip edilmektedir. Yığına ait sıcaklık düzeyi uygun havalandırmanın ve biyolojik açıdan çürümenin işaretidir (Öztürk ve ark., 2015).

Ilıman iklim koşullarında en elverişli kompostlaştırma faaliyetleri yürütülmektedir. Benzer şekilde soğuk iklime sahip bölgeler haricince her yerde kompost gübre üretimi yapmak imkan dâhilindedir (Rona ve Labriga, 2016).

Organik materyallerin biyolojik açıdan çürüme işleminin gerçekleşmesi sırasında yığın sıcağlığı 70 ile 90 °C derece arasındaki değerlere ulaşabilir. Yığın sıcaklığın 70°*C* düzeyine çıktığı koşullarda organizmaların biyolojik aktivitesi sekteye uğramaktadır (Diaz ve Savage, 2007).

Düşük sıcaklıklarda da biyolojik aktivite yavaşlamakta ya da tamamen durmaktadır. Buna göre 20 °*C* düzeyinden daha düşük sıcaklık koşullarında ise organizmaların biyolojik aktivitesi sekteye uğramaktadır. Kompostlaştırma sürecinde en elverişli sıcaklık değerleri 55°C ile 60°C arasında değişkenlik sergilemektedir. Yığının sıcaklığı fazla olması koşulunda da organizmaların biyolojik çüreme aktiviteleri durmakta ya da yavaşlamaktadır. Yalnızca birkaç bakteri türü haricinde sıcaklık 70 °C'den fazla olması koşulunda organizmaların biyoloji aktiviteleri durmaktadır (Işık, 2009). Kompostlaştırma üretimi sırasında ortaya çıkan ısının bir miktarı sıcak su üretiminde bir kısmıda ev ısıtma sistemlerinde değerlendirilebilmektedir (Jaccard ve ark., 2013).

1.6.5. pH oranı

Amerika Birleşik Devletleri(ABD) Doğal Kaynak, Tarım ve Mühendislik Servisi'ne göre pH değerinin 5.5 ile 8 arasında olması gerekmektedir. Aynı ülkede faaliyet gösteren Kompostlaştırma Konseyi Kompost Kullanımı Tarla Yönetmeliğine göre, komposta ait pH değerinin 5 ile 8 arasında olması gerekmektedir. (Arslan, 2011). Avustralya'da yönetmeliklerde ise kompostlaştırmada pH değerinin 5 ile 7.5 arasında olması gerekmektedir (Australian Government, 2003; Arslan, 2011). Avrupa Birliği'nde kompost üretiminde eko-etiketleme yöntemi kullanılmaktadır. Burada anılan yöntemde; ürün etiketinde ürünün pH değerinin olması istenir. Bununla birlikte pH değerine ilişkin kesin bir değer yada değer aralığı telaffuz edilmememektedir (Lasaridi ve ark., 2006).

Kompostlaştırma sürecinin başlangıç evresinde alkali özelliği taşıyan pH değeri gitgide azalmaktadır. Sonraki süreçte ise pH değeri tekrar artışa geçerek kompostun çürüme evresinde ise pH değeri 7 de sabitlenir (Berger and Lorenz Ladener, 2017). Kompostlaştırmada bakterilerin aktivitesinde uygun pH değerinin 6.0 ile 7.5 arasında olması gerekmektedir. Mantarların aktiviestesinde en uygun pH değerinin 5.5 ile 8.0 arasında olması gerekir(Luis ve ark., 2002). Komposta ait pH değerinin 7.5'in üzerine çıkması durumunda kompost alkali duruma geçerek azot eksikliğine yol açmaktadır. Genellikle mikro düzeyli organizmaların aktivitesinde 6.5< pH <7.5 aralığında kompostlaştırmanın daha elverişli olduğu görülmektedir. pH değerinin

5'in altına inmesi durumunda yığının biyo-kontrolünü sekteye uğratmaktadır. Uygun, iyi ve yeterli şekilde havalandırılan kompost yığınları, genel olarak daha iyi bir pH değerine sahiptir. Bununla birlikte anaerobik şartların olduğu yığınlarda ise daha düşük düzeyli pH değerleri meydana gelmektedir (Vanlalmawii ve Awasthi, 2016).

1.6.6. Kompostta porozite, yapı, kıvamı ve partikül boyutu

Komposta ait porozite, kıvam ve yapı unsuru yığının parça boyutu, yoğunluğu ve formu ile alakalıdır. Burada anılan faktörler kompostlaştırma sürecinde havalandırmaya tesir ederler. Buradaki faktörlerin ayarlanması karıştıma, parçalama ve ham maddeyle yapılır. Kompost yığını içerisinde yer alan boşluklar porozite şeklinde tanımlanır ve hava akımına karşı gösterilen direnci ortaya çıkarır. Porozite faktörü dane çapı, hava boşluğunun devamlılığı ve dane çapı dağılımıyla tespit edilir. Yığına ait poroziteyi, daha uniform ve geniş ölçekli partiküller arttırmaktadır. Yığın partikülü küçük olursa su ile dolu gözenekleri tıkayacağından dolayı oksijenin dağılımı sekteye uğrayacaktır. Partikül yığının yapısı, şekli, boyutu yığının ne şekilde çökeceğini ortaya koyar. Sıkışık şekillerde yapılan paketleme ham yoğunluğu arttırmasından dolayı hava boşluğu azalmaktadır (Öztürk, 2017).

Aerobik kompostlaştıma sürecinde uygun miktarda oksijen temin edilmelidir. Aerobik kompostlaştırmada oksijenin yoğunluğu %5-15 arasında olmalıdır. Kompostlaştırma sürecinde verim ve kaliteyi yüksek düzeye ulaştırabilmek için havalandırmanın yeterli ve uygun olması gerekir. Bu koşulu meydana getirebilecek pek çok olanak bulunmaktadır. Yığının partikül boyutunun küçük ve ufak olması durumunda gözeneklerden içeriye yeterli miktarda hava giremeyeceğinden dolayı kötü bir koku meydana gelir (Işık, 2009).

Kompostlaştırma sürecinde yığının gözenekliliğine danelerin boyutu oldukça ehemmiyetlidir. Mikro düzeyli organizmaların çürümeye daha iyi ve etkili şekilde tesir etmesi için parçacık boyunun küçük düzeyli olmasında yarar vardır (Yıldız ve ark., 2009). Bundan dolayı yığının parçacı boyutunun azaltılması ile birlikte çürüme süreci hızlanacaktır. Bu durum aynı zamanda yığının çok geniş alan kaplamasına da engel olacaktır (IFOAM, 2019).

Genel olarak kompostlaştırma sürecinde nem oranı %65'in altına indiğinde kompostun gözenekliği, yapısı ve partikül boyutu da daha elverişli olmaktadır. Durağan ve dinamik olmayan kompostlaştırma yöntemlerinde yığının tortulaşmasını engel olmak için partikül boyunun küçük olmasından sakınılmalıdır. Yığının porozitesini arttırma yoluyla uygun bir hava akımı meydana getirebilmek için rijit materyallerin içerisine keskin esanslı materyaller karıştırılabilir (Öztürk, 2017).

Aynı işlem mısır için ayrıca yapılmış ve mısır tohumunda denenmiştir. 1000 kg Tohum aynı hızda 1 saat işletme alınmış ve nem kaybı %10'u geçmemiştir. %25'ten %15'e düşürülebilmiştir. Böylece aynı ısı ve zamanda ve hızda 1 saatte 100 lt su buharı 1000 kg mısır tohumundan uzaklaştırılmıştır.

1.7. Kompost Kalitesi

En kritik kompost kalite unsurları kompostun planlanan son kullanımına bağlıdır. Uygulamaların çoğu için kompost kalitesinin en önemli göstergesi bitki büyümesi üzerindeki etkisidir. Diğer besin elemenleri kaynaklarının yerini alması için kompostun uygulandığı tarım alanlarında kompost besin elementi içeriği en önemli unsurdur. Kompostun pH ve çözünebilir tuz içeriği kompostun yüksek oranlarda kullanıldığı ortamlar için anahtar özellik niteliğindedir (Sullivan ve Miller, 2001).

Çözülebilir tuz seviyesinin 2.5 mmho/cm'den daha küçük olması, partikül çapının 1.27 cm'den daha az olması, düşük seviyeli solunum oranı, zararlı ot bulunmayan ve bileşen konsantrasyonları, pH değeriin 6-7.8 arasında olması, ABD bulunan Çevre Koruma Kurumu (Environmental Protection Agency-EPA)'nun ve ülke standartlarının altında olsa da kompostların pek çok alanda değerlendirildiği görülmektedir. Yığına ait solunum yüzdesi oksijen kullanımına göre tespit edilir ve yığının stabil olması ile alakalıdır. Komposta ait nitelikleri bu şartları sağlamadığı koşullarda bu çeşit kompostların üretim alanı oldukça sınırlandırılır. Mesela, çözülebilir tuz seviyesi 2.5 mmhos (mmho: milimho) kavramında bir mho'nun binde biri olarak açıklanır. Buna göre mho çözünebilir tuz yoğunluğunu ölçerken elektrik iletkenliğini ifade etmek için kullanılır. pH değeri 7.8'den yüksek kompostlar ancak

yüksek asidik niteliği taşıyan topraklarda ya da materyallerde değerlendirilebilmektedir. Bununla birlikte olgunlaştırılmış kompostlar kompostun kalitesine doğrudan tesir eder. 3 ile 4 aylık bir kompostun pH değeri düşük iken ince yapılı formu ve nitrat-azot yoğunluğu daha çoktur. Ayrıyeten yığının pH değeri, ham maddelerin içerisine kireç ilavesi yapılarak değiştirilebilir (Öztürk ve Bildik, 2005).

Kompost kalitesinin belirlenmesinde kullanılabilecek parametreler Çizelge 1.3.'te bahsedildiği gibi sunulmuştur (Diaz ve ark. 1993).

Çizelge 1. 3. Kompost kalitesinin belirlenmesinde kullanılabilecek parametreler

Kategori	Parametre	Amaç
Fiziksel	Kütle yoğunluğu	Taşıma,depolama
	Renk	Estetik
	Nem içeriği	İşleme
	Koku	Sağlık, çevre,estetik,talep
	Organik madde bileşimi	Toprak kalitesi
	pH	Toprak kalitesi
	Partikül büyüklüğü	İşleme, toprak kalitesi, estetik
	Su tutma kapasitesi	Toprak kalitesi, su tutma
	İnert maddeler	İnsan ve hayvan sağlığı, toprak kalitesi, Çevre, estetik
	Olgunluk	Toprak kalitesi, stabilite, ekin üretimi
Kimyasal	Makro ve mikro besin elementleri	Toprak kalitesi, ekin üretimi
	Ağır metaller	Toprak kalitesi, sağlık, çevre
	Çözünebilir tuzlar	Toprak kalitesi, ekin üretimi, çevre
Organik	Toksik bileşenler	Sağlık, çevre
Biyolojik	Patojenler	Sağlık, çevre
	Tohum büyümesi	Toprak kalitesi
	Yabani tohumlar	Toprak kalitesi, ekin üretimi

1.7.1. Olgunluk

Olgunluk kompost kalite ve stabilitesinin değerlendirilmesinde kullanılan en önemli göstergedir, çünkü olgunlaşmamış ürün, toprak ve bitkiler üzerinde olumsuz yönde etki eder. Kanada Çevre Bakanlığı Konseyi'ne göre kompost aşağıda yer alan kriter gruplarının ikisini bir arada bulundurması halinde olgun kabul edilebileceği belirtilmiştir. Bunlar (Bayer, 2008);

- C/N oranı < 25
- Oksijen alımı < 150 mg O_2 /(kg uçucu katı* saat)

• Turp tohumlarıyla yapılan sürgün ve bitki büyüme testlerinde herhangi bir fitotoksik etkinin bulunmaması

veya;

• Kompost sıcaklığı ısınma testleri sonucunda 20 ^{o}C'nin üzerine çıkmaması

• Termofilik faz tamamlandıktan sonra en az 21 gün için olgunlaşmaya bırakılmalı

veya;

• Organik madde azalımı ağırlık bazında %60 oranında olmalı

• Termofilik faz tamamlandıktan sonra en az 21 gün için olgunlaşmaya bırakılmalı

1.7.2. Yabancı maddeler

Yabancı madde; büyüklüğü 3 mm'yi aşan her çeşit maddeleri kapsar. Bunlar insanlara ve hayvanlara zarar verebilen; cam, metal, sentetik polimer gibi inorganik veya organik olabilen maddelerdir. Çeşitli ülkelerde yabancı maddelerin kompost ürünündeki kabul edilebilir değerleri Çizelge 1.4.'te görüldüğü gibi yer almaktadır (Bayer, 2008).

Çizelge 1. 4. Bazı ülkeler için yabancı madde standartları

Ülkeler	Yabancı madde	Kabul Edilebilir Değer(%)
Avustralya	Cam,metal,sert plastikler> 2 mm	< 0.5
	Hafif, esnek plastikler > 5 mm	< 0.5
	Taşlar ve kil parçaları	< 0.5
İtalya	İnert madde	< 3
	Cam > 3 mm	< 0.3
	Plastikler	< 1
	Metaller	< 0.5
İsveç	Gözle görülür büyüklükte cam, metal ve plastikler	< 0.5
Kanada	3 mm civarında yabancı madde parçaları	0
	25 mm'den büyük herhangibir yabancı madde	0

1.7.3. Ağır metaller

Ham madde kaynağına bağlı olarak kompost ağır metal içeriği yüksek konsantrasyonlarda olabilir. Kompostlaştırma sırasında eğer evsel-endüstiriyel

nitelikli çamur kullanılmışsa kompostun kurşun, çinko ve nikel konsantrasyonları yüksek olabilmektedir (Bayer, 2008).

Bazı ülkelerde muhtelif zamanlarda yapılan çalışmalarda, kaynağında ayrılmış evsel katı atık kompostuna ilişkin belirlenen ağır metal içerikleri Çizelge 1.5.'de bahsedildiği yer verilmiştir (Pollak, 2004).

Çizelge 1. 5. Ülkelere göre kaynağında ayrılmış evsel atıktan üretilen kompostun ağır metal konsantrasyon değerleri

Kayanağında ayrılmış evsel katı atık kompostu	Referans	Kadm. (Cd)	Krom (Cr)	Bakır (Cu)	Civa (Hg)	Nikel (Ni)	Kurşun (Pb)	Çinko (Zn)
		Kuru Madde (mg/kg)						
Avusturya	Amlinger ve Peyr, 2001	0.38	24	47	0.16	19	37	174
	Zethner ve ark., 2001	0.74	31	70	0.20	23	67.5	236.5
Belçika	Devliegher, 2002	0.82	22	45	0.15	12	69	229
Danimarka	Petersen 2001	0.48	11	60	0.11	9.3	41	150
Finlandiya	Vuorinnen, 2002	0.60	-	-	0.09	9.67	30.00	-
Fransa	Hogg ve ark. 2002	0.90	29	96	0.60	24	86	289
	Charonnat ve ark., 2001	0.86	30.2	89	0.50	20.2	92.95	241.7
Almanya	Reinhold, 1998	0.53	25	49	0.18	16	57	196
	ZAS, 2002	0.50	23	45	0.14	14	49	183
	Marb ve ark. 2001	0.45	27.2	67.9	0.23	18.5	42.7	196
	Stock ve ark., 2002	0.46	-	42.5	0.13	-	42.5	180
İrlanda	Ni Chualain, 2004	0.60	15.3	46	0.40	19	31.7	138.5
İtalya	Centemero,2002	1.08	23.1	74.9	-	26.2	70.7	180
Lüksemburg	Mathieu, 2002	0.41	32	38.6	0.12	15.8	48.7	218.6
Hollanda	Hogg ve ark., 2002	0.30	17	29	0.12	7	57	157
	Driessen&Roos, 1996	0.47	16	27	0.13	10	78	204
	Brethouwer, 2002	0.52	20.82	36.41	0.14	10.79	63.42	189.48
İspanya	Giro, 2002	<1.5	27	88	0.20	23	56	202
İsveç	Lundeberg,2002	0.33	9.7	27	0.05	7.9	18	93.7
İngiltere	Hogg ve ark., 2002	0.51	16	50	0.20	18	102	186
Norveç	Lystad, 2002	0.54	25.5	69	0.11	11.25	23.9	264
İsviçre	Candina, 1999	0.36	22.3	57.7	0.128	16.3	49.3	183.5

Bazı ülkelerin karışık evsel katı atık kompostuna ilişkin belirlenen ağır metal içerikleri ise Çizelge 1.6.'da bahsedildiği gibi sunulmuştur (Pollak, 2004).

Çizelge 1. 6. Ülke bazında karışık evsel katı atık kompostunun ağır metal konsantrasyonu değerleri

Karışık evsel katı atık kompostu	Referans	Kad. (Cd)	Krom (Cr)	Bakır (Cu)	Civa (Hg)	Nikel (Ni)	Kurşun (Pb)	Çinko (Zn)
		Kuru Madde (mg/kg)						
Avusturya	Amlinger ve ark., 2000	2.7	209	247	1.3	149	224	769
Fransa	Hogg ve ark., 2002	4.5	122	162	1.6	60	319	542
	Charonnat ve ark., 2001	1.66	109.82	153	1.5	44.35	313.75	559.50
Almanya	Ulken, ve ark., 1987	3	164	330	2.3	87.6	588	915
	LAGA ve ark., 1985	5.5	71	274	2.4	45	513	1570
İrlanda	Ni Chualain ve ark., 2004	2.5	106	454	0.4	102	274	775
İtalya	Centemero ve ark., 2002	2.9	72.7	114	-	35.8	385	703
İspanya	Canet ve ark., 2002	1.66	198	400	1.5	61	326	820
İngiltere	Andersen ve ark., 2002	0.265	9.74	58.15	0.105	21.28	121	199.2

Merkezi bir tesiste yapılan ön ayırmanın, bitmiş kompost ürününün basitçe elenmesi yöntemine nazaran test edilen tüm metal miktarlarında önemli azalmalarla birlikte daha fazla avantaja sahip olduğunu kanıtlamışlardır. En kapsamlı çalışma Roosmalen ve arkadaşları tarafından 1987'de yapılmıştır. Ayırma alternatiflerini geniş kapsamlı bir şekilde değerlendirmişlerdir. Alternatifler son ürünün elenmesi, merkezi ayırma, muhtelif kompostlaştırılamayan geri dönüştürülebilir malzemelerin ıslak/kuru toplanması ve kompostlanabilir malzemelerin kaynağında ayrılmasıdır. Merkezi ayırma ve geri dönüştürülebilenlerin toplanması yaklaşık olarak benzer neticeler vermiştir. Elde edilen neticeler son ürünün elenmesinden daha iyi fakat kaynağında ayırmaya göre oldukça kötü sonuçlar vermiştir. Örneğin kurşun için verilere bakıldığında son ürün elendiğinde kurşun miktarı 830 pg/g'dır. Hareket noktası olarak bu değer alındığında merkezi ön ayırma % 40 azalmayla (530 - 670 pg/g), ıslak/kuru toplama % 50 azalmayla (400 - 680 pg/g), kompostlanabilir malzemenin kaynağında ayrılması % 80'e varan (130 pg/g) bir azalmayla sonuçlanmıştır. De Baere bir tane ıslak/kuru, bir tane karışık toplanan atıklar ve iki tane kaynağında ayrılmış atıkların kompostlaştırılmasına yönelik çalışmasında; kaynağında ayrılmış atık kompost değerlerinin kısmen benzer olduğunu belirlemiştir.

Kritik element olan kurşun için ortalama azalma değeri karışık kompost değerinin üstünde ve %88 olarak ölçülmüştür (Richard ve Woodbury, 1992).

1.7.4. Patojenik organizmalar

Patojenik organizmalar bakteriler, virüsler veya diğer hastalık yapıcı organizmalar olabilir. Sağlık açısından fekal koliform ve salmonella büyük risk teşkil etmektedir. Fekal kolifromlar şeklinde bilinen bakteriler bilhassa E.coli'dir. Bilindiği üzere doğada sıcak kanlı hayvanların(kanatlılar ve memeliler) bağırsak sisteminde bulunurlar. Böylece bunların dışkılarında E.coli yer alır. Bunun sonucunda insanların hatta hayvanların kullanımına sunulan içme sularında ve gıda maddesinde bu bakteriye rastlanılabilir. Enterobacteriaceae familyası içerisinde bulunan Salmonella, çubuk şekilli bir bakteri olup yaklaşık bu türe ait 2000'i insanlarda çeşitli hastalıklara sebep olmaktadır. Salmonella paratyphi (paratifo) ve Salmonella typhi (tifo) insanlarda enterik ateş (tifo, paratifo) şeklinde ifade edilen hastalığa sebep olmaktadır. Bu türler bazen salgınlara evrilebilmektedir (Bekar, 1991).

Bazı ülkelerde yapılan çalışmalar sonucu saptanan sınır değerler Çizelge 1.7.'de bahsedildiği gibi aktarılmıştır (Bayer, 2008).

Çizelge 1. 7. Bazı ülkeler için kabul edilebilir patojen değerleri

Ülkeler	Maksimum patojen miktarı	
	Salmonella	Fekal koliform
İspanya	25 g'lık kompostta yok	1000 $MPNg^{-1}$
İtalya	25 g'lık kompostta yok	1000 $MPNg^{-1}$
Kanada	25 g'lık kompostta yok	1000 $MPNg^{-1}$
Amerika	3MPN/4 g (olası ortalama değer)	1000 $MPNg^{-1}$

MPN: Olası ortalama değer

1.7.5. Kompostta diğer karakteristikler

Yabancı maddeler, olgunluk, patojenik organizmalar ve ağır metallere ek olarak organik madde, nem içeriği, besin elemntleri ve pH gibi diğer karakteristiklerde kompost kalitesini etkilemektedir. Örneğin Avustralya'da kompost

pH'sının 5 - 7.5 arasında olması ve amonyum konsantrasyonunun 300 mg/litre'nin altında olması gerektiği açıklanmıştır. İspanya, Kanada ve İsveç gibi bazı ülkelerde ise bunlara ve diğer karakteristiklere ilişkin kesin değerler bulunmamakta, bunun yerine kompost pazara verilmeden önce gereken limitler ilan edilmektedir. Belirtilen değerler belirli zaman aralıklarında da güncellenmektedir (Bayer, 2008).

Avusturya'da kompost kalitesi için Ö-NORM S 2200 standartı geliştirilmiştir. Çizelge 1.8.'de bahsedildiği gibi bazı karakteristiklerle ilgili olarak Avusturya için belirlenmiş kompost standartları yer almaktadır(Bayer, 2008).

Çizelge 1. 8. Avusturya Ö-NORM kompost kalite standartları için bazı parametreler

Parametreler	Ö-NORM S 2200 limitleri
Uçucu katı maddeler	>20
Karbon/azot oranı C/N (-)	Üretici tarafından tayin edilir
Fosfor (toplam P_2O_5)	Üretici tarafından belirlenir
Toplam karbon	>12
Toplam azot (%KM*)	<0.2
Toplam amonyak (N-NH_4) (%KM)	Üretici tarafından belirlenir
Toplam nitrat (N-NO_3) (%KM)	<0.1
Kalsiyum (toplam CaO)	Üretici tarafından tespit edilir
Manganez (toplam MgO) (%KM)	Üretici belirler
Bor (mg/kg KM)	<10
Potasyum (toplam K_2O) (%KM)	Üretici belirler.
Parametreler	Ö-NORM S 2200 limitleri
Germinasyon sayısı (%)	100
Bitki biyo kütle (% referans kütlesi)	100
Toplam fiziksel kontaminasyon (%KM)	<0.5
Nem içeriği (% ham ağırlık)	25-50
Nem kapasitesi (%KM)	>100
Ham yoğunluk (kg l ham ağırlık)	<0.85
Plastikleride içererek > 2 mm (%KM)	0.2
Tanecik boyutu > 25 mm (%KM)	<3
pH(H_2O) (-)	Kompost üreticisi tayin eder.
EC (pS/cm)	<2.0
Bitki tolerans payı, 15% kompost	
Plastikleride içererek > 20 mm (%KM)	0
Germinasyon gecikmesi (gün)	0

KM: Ortalama katı madde içeriği

Metaller ve diğer inert kirletciler indirgenemezler. Metaller biyolojik olarak birikme eğilimindedirler ve organizmalar üzerinde kısa veya uzun süreli toksik etkileri mevcuttur. Metal kirleticilerin önemli bir kaynağını piller oluşturmaktadır. Elektronik, seramik ve bazı cam ürünler metallerin başlıca kaynakları olabilmektedir. En yaygın yasal düzenlemeler kadmiyum, bakır, krom, civa, kurşun, nikel ve çinko ile ilgili olarak yapılmıştır (Richard and Woodbury, 1992).

Kompost üreticileri kirletici seviyelerini düşürmek için farklı yaklaşımlar geliştirmişlerdir. Aşağıdaki çizelge 1.9.'da bahsedildiği gibi bu alternatiflerin bir özeti yer almaktadır (Richard and Woodbury,1992).

Çizelge 1. 9. Kirletici seviyelerini düşürmek için geliştirilen yaklaşımlar

1	Evsel katı atıkları ayırarak üründeki kirletici seviyelerini azaltmak veya ortadan kaldırmak(elimine etmek)
2	Ayrı toplama veya kompostlaştırma için kaynağında ayrı toplanmış temiz organik malzeme kullanımı
3	Ayrı toplama veya bertaraf için kirleticilerin kaynağında ayrılması
4	Kompostlaştırmadan önce merkezi tesislerde evsel katı atıklardan kirleticilerin ayrılması
5	Kompostlaştırmadan sonra tesislerde evsel katı atık kompostundan kirleticilerin ayrılması.

1.8. Materyalin Hazırlanması

Kompostun hazırlanma süreçlerinin bütünü, namlu içerisinde bulunan mikro düzeyli organizmaların uygun ve yeterli bir yaşama ve çalışma şartlarının sunulması hedefine yöneliktir.

1.8.1. Karıştırma

Elverişli bir parçalama işleminde temel şart, parçalanacak ham maddelerin dengeli bir şekilde karıştırılmasıdır. Ham maddeler düşük maliyetli, elverişli, zahmetsiz şekilde karıştırılmasında farklı organik ham maddeler sınıflandırılarak yığın haline getirilmelidir. Burada yapılan yığınlarda sınıflama yapılması önemli bir unsurdur. Bu şekilde başlangıç evresinde karıştırma eylemi yapılmış olmaktadır İkinci karıştırma işlemi parçalama makinasının yardımıyla gerçekleştirilir. Kompost tesisin materyal deposu daha evvelden tespit edilen oranlara göre farklı bitkisel materyallerle doldurularak fiziksel olarak makine ile parçalanır. Burada gerçekleştirilen parçalama faaliyeti ile uygun ve verimli bir karışım ortaya çıkar. Parçalama makinasının karıştırıcı motorunun devrinin yüksek olması, materyalin karıştırılmasına pozitif katkı sunar. Kompost yapım alanlarında üçgen (delta)ve trapez namlular ile çalışmada, parçalanan materyaller tekerlekli yükleyiciler

vasıtasıyla 3 m yüksekliğe kadar yığılabilmektdir. Böylece bu şekilde de farklı bir karıştırma işlemi yapılmış olur.

1.8.2. Parçalama ve ezme işlemi

Kompostlaştırmada kullanılan maddelerin birçoğunda parçalama ve ezme işlemi gerektirmemektedir. Karton, gazete kağıtları, başka bağ ve bahçe atıklarında ezme işlemi uygulanır. Ağaç kabuğu ve başkaca büyük cisimlerinde ise kompostlaştırma öncesinde boyutları küçültülür. Parçalama ile birlikte gazete ve benzeri maddelerin kompostlartırma öncesinde boyutları küçültürlür daha sonrada altlık malzemesi şeklinde kullanılabilmektedir. Bununla birlikte parçalama ve ezme uygulamaları sırasında toz ve gürültü sorunları ortaya çıkabilmektedir.

Başlıça parçalama makinaları şunlardır; kağıt parçalayıcılar, çim biçme makinalar, dal parçalama makinalar ve saman yapma makinalarıdır. Parçalama makinaların iş başarılarına, materyallerin yükleme oranına ve fizikomekanik özellikleri ve benzeri bazı koşulları belirleyicidir. Makinanın maliyeti, teknik nitelikler ve güç gereksinimine göre belirlenir. Kompostlaştırma işleminde kullanılan makine sadece bir çok az kullanılacaksa kiralama yöntemini tercih etmek daha yararlı olmaktadır (Öztürk ve Bildik, 2005).

1.8.3. Ham maddenin depolanması ve işlenmesi

Bu aşamda başlangıçta kompost için kullanılacak atık maddeler toplanarak kompost yerine taşınmaktadır. Düzenleyiciler, çoğunlukla periyodik şekilde gübreye veya diğer ana unsurlara ekleme yapılmak için arazide yığılmaktadırlar. Hayvansal atıklar gibi ana unsurların, anaerobik şartlarının hızlıca meydana gelebilmesi ve rahatsız edici kokuları etrafa yayabileceklerinden dolayı dikkatlice takip edilmesi gerekmektedir. Sığır gübresi ve benzeri materyaller hemen depolanmalı ya da kısa süreliğine depolanmalıdır. Sera atıkları, talaş, saman, yaprak ve tahta kırpıntıları ve benzeri düzenleyicilerin karbon muhtiveyatları fazla ve nem mühtiyatları az olduğundan dolayı mikrobiyal aktiviteleri daha yavaş olaktadır. Böyle atık maddeler, çözülmeden evvel uzunca süreliğine depolanır. Bununla birlikte düzenleyicilerin nem

içerikleri yükselirse azot eksikliği ile birlikte kompost işleme yavaşlamaktadır. Kompostlaştırma faaliyetlerinden evvel materyallerin sınıflandırılması veya ayrılmasına ihtiyaç duyulabilmektedir. Mesela; at ahırı atıklarının içinden çeşitli plastik ve çöpler çıkabilmektedir. Temizleme ve ayırma işleminin ilk evrelerinde kompostun içinden yabancı maddelerin ayrılarak kompostlaştırma süresincede bu faaliyetin devamlı şekilde tekrarlanması gerekir. Bununla birlikte kompostta kullanılacak ana unsurların içerisinde fazla miktarda yapancı madde var ise bunun için mekanik bir ayırıcı kullanılmalıdır (Öztürk ve Bildik, 2005).

1.8.4. Eleme

Eleme işleminde çeşitli şekil ve boyutta olan malzemeler ayrılır. Eleme vasıtasıyla :

• Kompost içindeki hacimleştirici madde geri kazanılarak yeniden kullanılır.

• Kompostlaştırılan maddeler kompostlaştırılmayan maddelerden ayrılmaktadır.

• Metal, şişe ve diğer çöpler gibi arzu edilmeyen malzeme/maddelerin bir çoğu giderilmektedir.

• Kompost tortuları ayrılma yolu ile kullanılmaya yada satışa elverişli hale gelir.

Elek seçiminde dikkat edilmesi gerekli en önemli özellikler şunlardır: elek delik çap ölçüleri, performansı, maliyeti ve tıkanmaya karşı dirençtir. Tıkanma durumu, elek açıklıklarının partiküllerle kapanması neticesinde meydana gelmektedir. Eleklerin birçoğunda bu sorunu ortadan kaldırmak için için fırçalar kullanılır. Kompostlaştırmada işleminde kullanılan elek açıklığı, ayrılacak materyallere ve kompostun kullanımına göre 0.60-1.30 cm arasında değişir. Küçük açıklıkların ayrıma kalitesi daha iyi olmasına rağmen tıkanmaya yol açmaktadır. Eleğin performansı, materyallerin istenilen şekilde ayrılıp ayrılmamasına göre tespit edilir. Elekten ayrılan materyallerin ebatları arzulanandan büyükse yada elekten

geçmesi hedeflenen materyaller elekte kalıyorsa performans düşmektedir. Performans ve kapasiteye elek açıklığına ek olarak beslenen maddenin nitelikleri de etki etmektedir. Elekler, nem muhtevası az olan materyallerle daha iyi çalışırlar. Çoğunlukla materyallerin olgunlaşma ve kurumasından bu materyallerin elekten geçirilmesi tavsiye edilir. Tıkanma ve benzeri sorunlar olmadan kompostu elemek için nem muhteviyatının % 45-50'den daha az olmasına gereksinim duyulur (Öztürk ve Bildik, 2005).

1.8.5. Kurutma

Kompostlaştırmada, kurutma için en fazla zaman havalandırmaya gider. Eğer kurutmaya gereksinim duyulursa kompostlaştırmanın son evresinde sıralı yığın, günde bir kez alt üst edilerek havalandırılmalıdır. Olgunlaşmış kompost; yağmur suyunu kompostlaştırma için yeteri kadar ısı üretemez. Bu durumda kurutma da solar buharlaşmanın önemi daha da artar. Sıcak ve kuru hava koşullarında alternatif uygulama ise kompostu ince tabakalar halinde sererek doğal olarak kurutmaktır. Yağmur yağma ihtimali varsa kompost materyal yeniden yığılmalıdır. Büyük koni şekilli yığınlar su geçirmeyerek yağmurla absorbe edilen nem azaltır.

Eğer kompost materyali arzu edilen durumdan daha nemli ise kuruma sadece sistemde var olan diğer problemleri ortadan kaldırır. Kompost karışımının nemli olmasının sebepleri şunlardır:

- İlk nem muhtevasının fazla yüksek olması,
- Ham maddelerin enerji üretememesi,
- Seyrek karıştırma ve döndürme,
- Kompost arazisinde drenaj sorunlarının olması,
- Soğuk ya da nemli hava şartlarıdır (Öztürk ve Bildik, 2005).

1.9. Çalışmanın Amacı

İlk olarak Türkiye'de her yıl doğaya ve çevreye bırakılan milyonlarca ton tarımsal üretimdeki hayvansal ve bitkisel atıklarla, evsel ve diğer atıkların ekonomiye kazandırılması ve değerlendirilmesi bu çalışmada amaçlanmıştır. İkinci olarakta kimyasal gübrelerin insan sağlığını, çevre, toprak ve su kaynaklarını tehdit etmesinden dolayı doğaya dost, ekonomik ve kullanımı kolay bir kompost üretim sisteminin tasarlanması hedeflenmiştir.

Tarımsal arazilerin korunması ve ekonomik anlamda sürdürülebilirliğinin sağlanması, tarımsal, evsel ve diğer atıkların değerlendirilmesi ile çevre ve atmosfer kirliliğinin engellenmesi, atıklara ekonomik açıdan değer kazandırılarak üretim sektöründe istihdam oluşturulması ve tarımsal bölgelerde yaşan insanlar için bir gelir kaynağı meydana getirmek suretiyle organik atıkların yakılmasının engellemesi bu çalışmanın önemli hedefleri arasında sayılabilir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Conde (1997), tarafından kapalı sistemde çevrimli kurutucularda enerji performansının iyileştirilmesine ilişkin bir bilimsel araştırma yürütülmüştür.

Külcü (2002), farklı tarımsal atıkların kompostlaştırılması işleminde en uygun çevresel koşulların belirlenmesine yönelik bir çalışma yapmıştır.

Berghel (2004), ahşap yakıtlar için akışkan yataklı kurutucu geliştirme üzerinde çalışmalar yapmıştır.

Haghi (2004), nem içeriğine sabit kurutma hızı boyunca sıcaklık etkisini incelemiştir.

Külcü (2007), tarımsal atıkların kompostlaştırılması işleminde alternatif sistemlerin iş başarısına ve uygulama yerlerinin tespit edilmesine yönelik bilimsel bir araştırma gerçekleştirmiştir. Araştırmacı tarafından organik atıklardan kompost üretimi için kullanılabilecek alternatif ve yeni sistem tasarımlarını kapsayan deneysel bir araştırama yürütülmüştür. Bilimsel çalışma, geliştirilen alternatif uygulamanın geleneksel sistemlerle deneysel şartlarda karşılaştırılmasına yönelik olarak hazırlanmıştır.

Külcü ve ark. (2008), tavuk gübreleri ile üzüm bağlarının budanması neticesinde ortaya çıkan organik atıkları farklı oranlarda karıştırarak kompost gübresi elde etmiştir. Karbon muhtevası fazla olan üzüm bağı atığı değerlendirilerek kompostlaştırılacak atık karışımına ait C/N oranının, en uygun seviyeye erişmesi amaçlanmıştır. Çalışmada dört farklı reaktöre sırasıyla yüzde 20, 25, 30 ve 50 oranlarında ilave edilen üzüm bağı atıklarının tavuk gübreleri ile kompostlaştırılması neticesinde en yüksek sıcaklık değeri ve organik madde bozunumu %50'lik karışımın olduğu reaktörde tespit edilmiştir.

Sözer (2008), farklı bitkisel atıkların kofermentasyon uygulamasıyla metan üretiminde değerlendirilmesine ve karışım oranlarının belirlenmesine yönelik bilimsel araştırma yürütmüştür.

Külcü ve Çaylak (2014), çalışmalarında kompostlaştırma yönteminde havalandırma ve sıcaklık oranı arasındaki ilişkilerin belirlenmesini incelemişlerdir. Çalışmalarında, tavuk gübresi ile birlikte saman karışımları neticesinde meydana getirilen kompostlastlaştırma işleminde optimum karışım oranları tespit edilmiştir. Ayrıca kompostlaştırma işleminde havalandırma ve sıcaklık oranı arasındaki ilişki incelenmiştir. Laboratuvar ortamındaki kompostlaştırma sisteminde yürütülen denemeler neticesinde tavuk gübresi ve samandan meydana gelen karışımlar için en elverişli oran; %15 saman ve %85 tavuk gübresi saman şeklinde tespit edilmiştir. Havalandırma oranı(y) ve sıcaklık(x) arasındaki ilişkiyi ortaya koyan y=0.075x-2.1667 eşitliği tespit edilmiştir.

Kenar (2020), tarafından yürütülen çalışmada, Sakarya ili merkez ilçelerinden biri olan Serdivan'da, kompost potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bunun için araştırmacı tarafından TUİK'ten alınan veriler ile sahanın kentsel atık verileri derlenmiştirtir. Çalışmada organik atık miktarının yüksek olduğu toplu yemek yenilen okul ve hastane yemekhanelerinin kompost gübre potansiyeli belirlenmiştir. İlerleyen yılarda kurulması planlanan entegre katı atık değerlendirme tesisileri için temel veriler oluşturulmuştur.

Ayhan (2020), araştırmasında Mardin ili Kızıltepe ilçesinde kimyasal ve organomineral (Kompost ve Leonardit) gübrelerin farklı azot dozlarının (0, 8, 16, 24 N kg da^{-1}) Burgos makarnalık buğday çeşidinin verim ve kalite özellikleri tespit etmek amacıyla araştırma yürütmüştür. Araştırmacı, bin tane ağırlığı için 16 N kg da^{-1}, protein içeriği için 24 N kg da^{-1} ve yaş glüten için N 16 kg da^{-1} kimyasal gübre uygulamasında en yüksek değerlere sahip olduğunu saptamıştır. Bununla birlikte araştırmacı, kuru koşullarda yürütülen bu çalışmada, organomineral gübre uygulamaları ile kimyasal gübre uygulamalar arasında incelenen özellikler bakımından önemli bir farklılık olmadığını saptamıştır.

Cemaloğlu (2021), tarafından yapılan araştırmada, insan ve çevre sağlığına dost uygulamalardan biri olan vermikompost(solucan gübresi) vasıtasıyla mikrobiyal gübreye dönüştürülme süreci incelenmiştir. Bu sebeple araştırmacı tarafından mikrobiyal gübre uygulamaların, kimyasal gübreler ve pestisitler ile bozulan toprağın organik ve humus yapısını düzelten etkili bir çözüm yolu olduğu ifade edilerek iki firmanın bu çevre ve insan sağlığına dost uygulama yöntemleri literatür çalışmaları ile değerlendirilmiştir. Çevreye dost bu uygulama yöntemlerinden biri olan Vermikompost kullanımının yaygınlaştırılması üzerinde durularak doğru tecrübelere ve temellere dayalı üretim yapan Yeşil Vadi Üretim Tesislerinde (Tekirdağ-Kapaklı) ve Sivas Cumhuriyet Üniversitesindeki iyi uygulamalar üzerinde durulmuştur. Araştırmacı tarafından verilen bu örnekler literatür verileri ile desteklenmiştir.

Eskicioğlu (2013), tarafından hasat sonrası tarlada kalan tarımsal atıkların, tasarlanan bir sistem vasıtasıyla çeşitli uygulamalara maruz bırakılarak, farklı katkı maddelerinin ilave edilmesiyle toprağın verimini arttırmak için bir çalışma gerçekleştirmiştir. Araştırmada, ülkemizde çevresel sorunlar ortaya çıkaran organik atıkların ekonomik açıdan değerlendirilebileceği ifade edilmiştir. Ayrıca ithal kimyasal gübreye alternatif olabilecek bir kompost gübre üretibileceği de vurgulanmıştır.

.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Araştırmada buğday ve arpanın sap ve samanı büyükbaş hayvan gübresi ile karıştırılarak kompastlaştırma için kullanılmıştır. Sap ve saman ile hayvan gübresi eşit miktarlarda karıştırılmıştır.

Kompastlaştırma sisteminin tasarımında tambur ve tambur kanatlarının imalatında çeşitli demir ve çelik malzeme kullanılmıştır. Sistemin çalıştırılmasında ve besleme ünitesinde kullanılması için elektrik motoru kullanılmıştır. Karışımın granülleşerek birleşmesini sağlamak ve nemini almak için brülör kullanılmıştır.

Bu çalışmada, 800 cm uzunluğunda 80 cm çapında iç kısmı helezonik yapılı yaprak saç parçaları ile karıştırma sağlayabilecek şekilde döşenmiş silindirik metal boru temel yapı olarak kullanılmıştır. Metal silindir sürekli hareket ettirebilecek hareketli bir zemin için 3 noktadan sabit çift yönlü makara kullanılmıştır. Ham madde giriş ve çıkış noktaları için yaklaşık 5" çapında hububat makara elemanları kullanılmıştır. Ham madde giriş noktasının altından sıcak hava üfleme işlemi yapacak gaz yakıtlı brüler tipi ısıtıcı kullanılmıştır. Metal silindire tam orta noktasından bir çark ile 10 hp gücünde 10-30 rpm hızında dinamo ile hareket verilecek şekilde düzenlenmiştir. Sıcaklık, ısı ve nem kontrolü için pt 100 cihazı kullanılmıştır. Kompost karışımının nemi, nem ölçer ile takip edilmiştir.

3.2. Yöntem

İlk olarak sistemin tasarımı yapılmıştır. Daha sonra da bu tasarım planına göre makine imalatı yapılmıştır. Bu sistemin dönme hareketi, altına yerleştirilen 10 hp elektrikli bir dinamodan sağlanmıştır. Sürtünme katsayısını azaltmak için büyük metal silindir 3 noktada çift taraflı yarı esnek makara sistemlerinin üzerine oturtulmuştur. Böylece çift yönlü dönme hareketine göre ayarlanmıştır. Sabit ana ağızdan karışım sisteme verilmiş ve eğim ile dönerli silindirin içerisinde akması

sağlanarak, içeriye sıcak kuru hava verilmiş ve aynı zamanda silindirin dönmesi sağlanmıştır.

Silindir dönerken helezonik yapı sayesinde ham madde ilerlerken silindir içindeki ek yapraklar doldur boşalt işlemi ile karıştırma yapmıştır. Silindirin ağzından giren sıcak hava boşalma noktasının üstündeki bacadan buhar ile beraber dış ortama akıp kısmi kurutma işlemini gerçekleştirmiştir. Çıkan son ürün huni yapılı girişe sahip helezon ile paketleme noktasına taşınmıştır. Silindir içindeki havanın sıcaklığı ayrı bir pt 100 aparatı ile ölçülerek takip edilmiştir.

Üretim işlemi sırasında üretilen nemli ürün, kurutma tamburuna bir oluk yardımıyla taşınmıştır. Sıcak hava akımı ve ürün, tambur içinde aynı yöne doğru hareket etmektedir. Ürünün tamburda sıcak hava akımıyla karıştırılması, tamburun iç yüzeyine yerleştirilen edilmiş kanatlar yardımıyla gerçekleştirlmektedir. Dakikada 10-30 devir dönen tamburun kanatlarına dolan ürün, tamburun üst seveiyesine yakın bir noktada raflardan boşalmaktadır. Tambur ekseni doğrultusunda hareket eden sıcak hava akımı ile harmanlanmaktadır.

Atığın tambur içinde yol alması, tamburun yatay düzlemine göre sahip olduğu eğim ile sağlanmaktadır. Saatte normalde 0.5 $tonh^{-1}$, maksimum kapasitede ise 1.5 $tonh^{-1}$ ürünün kurutulması planlanmıştır. Döner tamburda, ürünün tamburda kalma süresi 10-30 dakika olacak şekilde ayarlanmıştır. Yanma odasında üretilen sıcak havanın işlem sırasındaki en yüksek sıcaklık değeri 90 °C olmuştur. Çeşitli hububat ürünlerinin kurutulması ve başka amaçlar için de kullanılabilir olması için bu sıcaklık 150 ^{0}C'ye kadar ayarlanabilmektedir. Bu sıcaklık değeri, normal şartlar altında tambur malzemesinin dayanımını düşürebilecek seviyenin altında tutulmuştur.

Kompost üretim sisteminden alınan ürünlerden örnekler alınmıştır. Bu örneklerin, nem içeriği, pH, organik madde (OM) ve C/N ölçülmüştür. Katı örnekler üzerinden yürütülen deneysel çalışmadaki parametreler "Test Methods for the Examination of Composting and Compost (TMECC)" a göre ölçülmüştür.

3.2.1. Çalışmada yapılan analizler

3.2.1.1. Karbon-azot(C/N) oranı

C/N oranı 70±5°C'de kurutulmuş örnekler önce kaba öğütücüde daha sonra ince öğütücüde öğütülürek ortaya çıkan üründen yaklaşık 0.2 mg civarında tartılmıştır. Daha sonra özel kalay folyo kapsüllere konularak ölçüm cihazına koyulmuştur. En sonunda numuneler cihaz içide 950 ºC'de yakılmakta ve çıkan C ve N gazları otomatik olarak ölçülmüştür. Numuneler Test Methods for the Examination of Composting and Compost (TMECC)" tarafından belirtilen yöntemlere göre gerçekleştirilmiştir. (TMECC, 2001).

3.2.1.2. pH ölçümü

Reaktörlerden alınan katı numuneler öğütüldükten sonra distile su ile 1:5 (kuru numune:su) oranında karıştırılarak 20 dakika oda sıcaklığında 180 rpm'de çalkalanmıştır. pH ölçümü için hazırlanan sulu çözeltide doğrudan pH metre ile ölçülmüştür (TMECC, 2001).

3.2.1.3. Nem İçeriği

Nem içeriği, numune öğütülmeden doğrudan ölçülmüştür. Numune darası alınan kaba belirli miktarda koyulmuş ve 105±5 ºC'lik etüvde 24 saat bekletilerek kurutulmuştur. 24 saatin sonunda numune sabit tartıma geldiğinde son kütlede tartılmış, numunenin su ve kuru madde içeriği belirlenmiştir (TMECC, 2001).

$$SM=\frac{Kyaş-Kkuru}{Kyaş-Kdara}100 \qquad KM=\frac{Kkuru-Kdara}{Kyaş-Kdara}100 \qquad (1)$$

Burada:

SM: Nem içeriği (%)

KM: Katı Madde Muhtevası(%)

K_{dara}: Porselen Krozenin Darası (g)

$K_{yaş}$: Numunenin Yaş Ağırlığı + K_{dara} (g)

K_{kuru}: Kurutulmuş Numunenin Ağırlığı + K_{dara} (g)

3.2.1.4. Organik madde içeriği

Kompost numunelerin organik madde (OM) miktarları, 70±5°C'de kurutulup tekrar öğütülen numunenin 18 ml'lik krozede 550 °C'de 2 saat kül fırınında yakılmasıyla tespit edilmiştir (TMECC, 2001).

$$OM(\%) = \frac{a-b}{a-c} \quad (2)$$

Burada;

a= Yakmadan önce numunenin kapla birlikte ağırlığı (g)

b= Yakmadan sonra numunenin kapla birlikte ağırlığı (g)

c= kabın ağırlığı (g) dır.

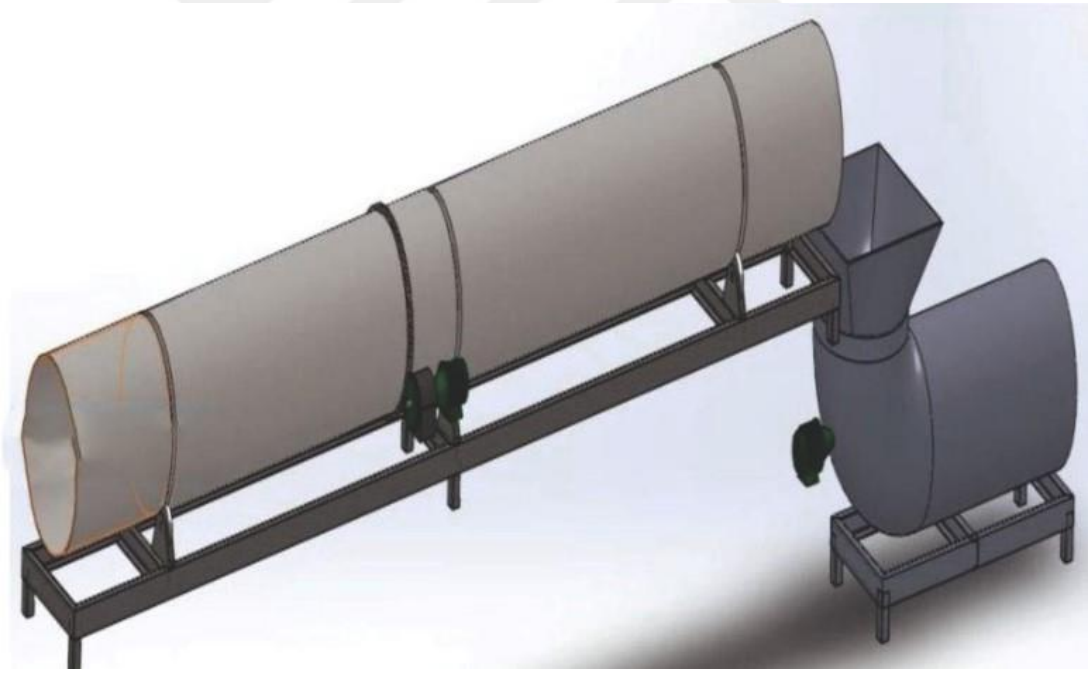
4. ARAŞTIMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Araştırmanın bu aşamasında araştırmada elde edilen sonuçların ayrıntıları aktarılmıştır.

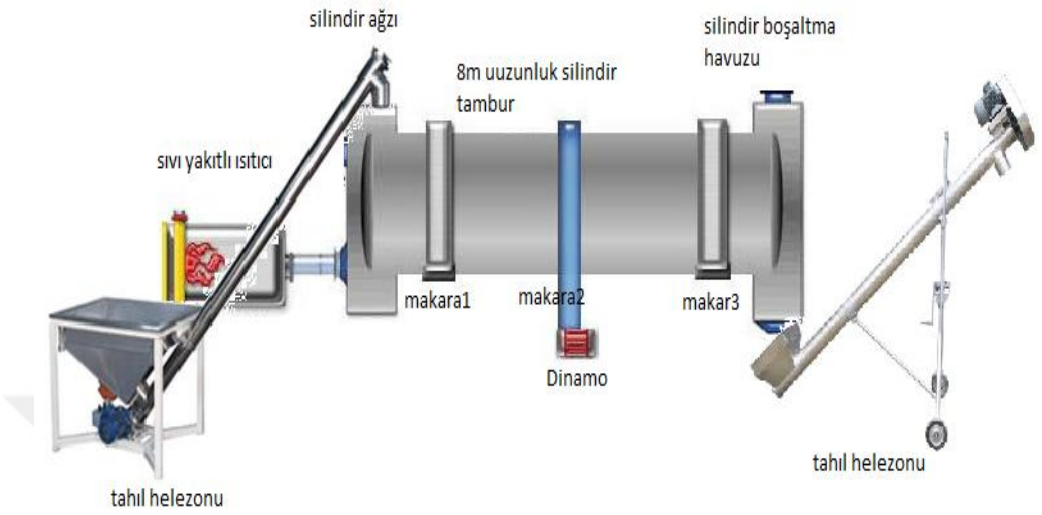
4.1. Kompost Gübre Üretim Sisteminin Üniteleri

Çalışmada tasarlanan kompost makinası Şekil 4.1. ve Şekil 4.2.'de bahsedildiği sunulmuştur. Bu tasarlanan makina ile hububat anızı ve atıkları, hayvan gübresi ile işlenerek kompost gübreye dönüştürülmektedir.

Bu sistemde, havalandırma, taşıma, ısıtma ve bekletme düzenleri mevcuttur.



Şekil 4. 1. Kompost gübre makinasının tasarımı



Şekil 4. 2. Denemede geliştirilen tanburlu kompost gübre makine düzeneğinin şematik görünümü

Tarımsal atıklar ile hayvan gübresi elle beslemeli kompost tesisine iletilmiştir. Daha önceden fermente olmuş gübre ve atıklar karıştırma ünitesinden kurutma ve nem alma düzeneğine gönderilerek nem düzeyi istenilen seviyeye kadar düşürülmüştür.

4.1.1. Besleme ünitesi

Tarımsal atıkların kompostlaştırılması için tasarlanan kompost sisteminin besleme ünitesi Şekil 4.3.'de bahsedildiği aktarılmıştır. Besleme düzeni elektrik motorundan tahrik olarak çalışmaktadır. Besleme ünitesinin elektrik motoru 10 watt'tır. Besleme düzeni elle beslemeli olarak taşınması sağlanmaktadır.



Şekil 4. 3. Kompost tesisin besleme ünitesi

4.1.2. Kurutma ve nem alma ünitesi

Şekil 4.4.'te bahsedildiği gibi kurutma ve nem alma ünitesine yer verilmiştir. Daha önce fermente edilmiş atıkların istenilen nem düzeyine ulaşması için kurutma ve nem alma ünitesinden yararlanılmaktadır. Nem alma ve kurutma ünitesine atık ürünler doğrudan aktarılmamaktadır. Burada maliyetleri düşürmek amacıyla atık ürünlerin dışarıda bekletilmektedir. Aynı zamanda atık ürünlerinin fazla neminin bir miktar düşmesi sağlanmaktadır.



Şekil 4. 4. Kurutma ve nem alma ünitesi

Tambur içerisinde, kompostlaştırma için gereksinim duyulan yüksek sıcaklığı sağlamak için ısıtma sistemleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada ısı kaynağı olarak brülör kullanılmıştır. Şekil 4.5'te bahsedildiği kompostlaştırma tesisinde kullanılan brülör aktarılmıştır.

Kurutma ve nem alma ünitesinde ünitesinde kompost atıklarınn 50 °C ve % 20 nemde kurutulması sağlanmaktadır. Yine bu sistem vasıtasıyla atıkların doğal yolla sterilizasyonu sağlanmaktadır. Gereksinim duyulan özel ısıtma bölgelerinde atık ürünlerin arzu edilen düzeye gelmesini sağlayan ekipmandır. Bu ekipman atıklarda bulunan nisbi nemi cihaz içerisine alarak buhar yolu ile nemin uzaklaştırılması sağlanmaktadır.



Şekil 4. 5. Tambur içerisinde nemin uzaklaşmasını sağlayan brülör

4.1.3. Havalandırma ünitesi

Şekil 4.6.'da bahsedildiği gibi tasarlanan kompost ünitesinin silindiri içindeki hareketlendirme ve havalandırmayı sağlayan kanatların dizilimi sunulmuştur.



Şekil 4. 6. Silindir hareket, karıştırma ve havalandırma kanatları

Bu ünite atık ürünlerin neminin düşürülmesine katkı sunmaktadır. Şekil 4.6'da bahsedildiği gibi kompost ünitesinin iç bölgesine farklı şekillerde kanatlar yapılmıştır. Bu şekiller kompost ünitesi boyunca, enine ve boyuna yapılmıştır. Silindirik hareket ve havalandırma ünitesinin çalışması Şekil 4.7.'de bahsedildiği gibi gösterilen çelik malzemeden yapılan küçük destek kasnak vasıtasıyla sağlanmaktadır. Kasnağın güvenli ve düzgün hareket etmesi için kasnak yuvası imal edilmiştir. Destek kasnak vasıtasıyla konmpost ünitesinin gövdesi sonsuz şekilde sürekli dönerek hareket etmektedir.



Şekil 4. 7. Havalandırma ünitesinin çalışmasınında kullanılan destek kasnak

Tanburlu gövdenin sürekli dönüşünü sağlayan elektrikli bir motorla çalışan zincir dişli mekanizmaŞekir 4.8.'da bahsedildiği aktarılmıştır.



Şekil 4. 8. Zincir dişli mekanizmanın çalışmasını sağlayan motor

4.2. Kompost Gübre Numunelerinin Analiz Sonuçları

Ele alınan kompost sisteminde hububat anız, sap ve samanları ile hayvan gübresinin kullanılmıştır. Ayrıca, bu sistemde organik ev bahçe atıkları, apartmanların çöpleri, mahalle pazarının sebze ve meyve atıkları, küçük ve orta ölçekli çiftliklerin diğer atıkları da kullanılarak kompost üretimi yapılması da söz konusudur. Bu konuda da daha sonra çalışmalar yapılması düşünülmektedir. Bu yerlerden elde edilen organik atıkların ise besin elementleri içeriğinde önemli bir kayıp olmadan hatta bazen azot bakımından zenginleştirilerek te kompost yapılması mümkündür ve bunlar tarımsal üretim amaçlı, süs bitkileri ve peyzaj alanlarında da kullanılabilir. Bu atıkların küçük bir bölümünün dahi katı atık depolama yerlerine ya da boşa gitmesini engelleyerek komposta dönüşmesi, çevrenin korunması ve küresel iklim değişikliği üzerinde etkisi büyük olacaktır. Atıkların probleminin çözümü, insanoğlunun tahrip olan çevre koşullarının iyileştirilmesine ilişkin sorumluluğunun çözüme kavuşturulması ile dünyanın karşılaştığı sorunların azaltılmasına önemli bir katkı sunacağı da düşünülmektedir.

Tamburlu Kurutucu, hız sürücü ile 0-60 rpm hız arasında ayarlamabilecek şekilde monte edilmiştir. %45 nemli hayvansal atıklar ile saman karışımı kompost yapılması için sisteme yüklemesi yapılmıştır. Hız 20 rpm geldiğinde nem oranı %25 oranına düşürülmüş olduğu tespit edilmiştir. Yüklenen ürünün giriş çıkış arasındaki süresi takip edilmiş ve bu sürenin ortalama 20 dakika olduğu saptanmıştır. 1 saat boyunca işlenen ham maddenin miktarı ölçülmüştür. Bu süreç içerisinde 2.100 kg/h ürün çıktığı hesaplanmıştır. Denemede kompostlaştırma süreci neticesinde elde edilen ürünün çıktısı Şekil 4.9.'da bahsedildiği sunulmuştur.



Şekil 4. 9. Araştırmada kompost yapımı sonrası elde edilen ürünün çıktısı

4.2.1. Organik madde

Ayrışabilen organik madde başlangıçta organik madde içeriği %61'dir. Organik madde miktarı madde, başlangıçtaki kuru maddeye göre %58.5 şeklinde tespit edilmiştir.

4.4.2. Karbon/Azot (C/N) oranı

Başlangıçtaki C/N oranı 16 şeklinde tespit edilmiştir. En sonda ise C/N değeri 13'tür. Stofella ve Kahn (2001), tarafındangenelde bu değerin 15 - 20 arasında olması gerektiği ifade edilirken Inbar ve ark., (1990) tarafından ise kompost ürününe ait C/N değerinin 18'in altında olması gerekti ifade edilmiştir. TMECC (2001) yönetmeliğine göre bu değerin 21'in altında olması gerektiği vurgulanmıştır. Bu bulgular araştırmanın bulguları ile örtüşmektedir.

4.4.3. Nem içeriği

Başlangıçtaki nem içeriği %57 iken en sonda %20 olarak tespit edilmiştir. Su kimyasal reaksiyonlarda elverişli bir ortam oluşmasını sağlayarak mikroorganizmaların hareket kabiliyetini arttırmaktadır. Bunun sonucunda besi maddelerinin taşınmasını sağlamaktadır. Teorik olarak, maddeler doygun hale

geldiğinde biyolojik aktivite en elverişli seviyededir. Organik maddenin içeriğinde yer alan nem muhtevası %15 seviyesinin altına geldiğinde biyolojik aktivite bütünüyle durma noktasına gelir (Öztürk ve Bildik, 2005).

4.4.4. pH değeri

Başlangıçtaki pH değerinin 6.1 iken bu değerin 6.5 olduğu tespit edilmiştir. Tamamlanmış kompostların çoğu için pH aralığı 6 ile 8 arasında değişmektedir. Kompostlaştırmanın başında genel olarak pH düşer ve sonra 6.5 ila 7.5 aralığında bir değer alır (Sullivan ve ark., 2001; Bayer, 2008). Daha önceki çalışmalardan elde edilen sonuçlar ile bu çalışmanın pH sonuçları benzerlik göstermektedir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Belediyelerin park ve bahçelerinde kullandığı kompost ve gübreler, çiftçilerimizin toprakların fiziksel özelliklerini düzenlemede kullandıkları hayvansal kaynaklı organik kompost ve solucan gübreleri zararlı larva, yabancı ot tohumu ve bakteriler ile diğer zararlı mikroorganizmalardan arındırılma işleminden geçirilmeden kullanılmaktadır. Bunun sonucunda daha büyük zararlılar ile mücadele ortamı oluşmakta veya ekstra kimyasal ilaç ve gübre kullanımı gibi ek yüksek maliyetler ortaya çıkabilmektedir. Ayrıca, Organik gübre yönetmeliğinde 80 ^{0}C sterilizasyon şartı da aranmaktadır. Bu nedenle organik kökenli atıkların tarımsal üretimde ya da park ve bahçelerde kullanılmasında güvenli şekle getirilmiş olması önemlidir. Bu çalışma ile bölgesel kullanıma uygun düşük maliyetli bir kompost üretimi ve tamburlu kompost kurutma sistemi geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Piyasada tamburlu kurutucu adı ile benzer cihazlar üretilmekle ve satılmaktadır ; ancak bu kurutucuların fiyatı oldukça pahalıdır. Hem gübrelerin kurutulması hem de bölge sanayimize düşük maliyetli bir cihaz kazandırılmasının mümkün olduğunu göstermek amacıyla bu sistemin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, bu sitem farklı ısı ve hız ayarları ile gıdaların kurutulmasında ya da tarım ve sanayide başka amaçlarla da kurutucu olarak kullanılabilir.

Şanlıurfa ilinde çevresel atıkların değerlendirilerek kompost elde edilmesi için kompost işleme sistemi geliştirilmiştir. Bu sistem vasıtasıyla tarımda bitkisel ve hayvansal üretimde ortaya çıkan ekonomik değeri düşük atıklar kullanılarak, bitki besin elementleri ve ekonomik değeri daha yüksek olan kompost üretimi sağlanmıştır. Ayrıca, çarşı pazarda bulunan sebze meyve atıkları, tarımsal işleme sonucu oluşan atıklar ve park, bağ ve bahçe atıkları bu sistemde dönüştürülerek organik tarıma katkı sunulması da hedeflenmiştir. Günümüzde yoğun tüketim alışkanlarından dolayı küresel ısınma ve çevre kirliliği gibi birçok problem ortaya çıkmıştır. Bu çalışma ile tüketimden ziyade organik ve inorganikçe zengin çevresel

atıkların bu geliştirilen sistem vasıtasıyla değerlendirilmesi ve tekrar kullanılması söz konusudur. Böylece tarımsal üretimde daha yararlı, sağlıklı ve kaliteli çevre koşulları sağlanmasına katkı sunulmuş olacaktır. Özellikle bu çalışmada ortaya konulan kompost üretim sistemi ile küresel ısınma, organik tarım ve çevre kirliliği konularına da bir katkı sağlanması amaçlanmıştır.

Türkiye'de tarımda bitkisel ve hayvansal üretimden oluşan üretim sonrası atıkları, çarşı/pazarın sebze ve meyve atıkları, bahçe ve ormanların yaprak, çalı ve çim atıkları, belediyelerin çöp atıkları, kompost yapımı için oldukça önemlidir. Bu atıklar geri dönüşüm vasıtasıyla ekonomiye ya da insanların yararı için kullanımı sağlandığında çevre ve ekonomi için önemli bir kazanım olacaktır. Bu çevresel atıklar tekrar kullanıldığında;

- Ülke kaynaklarının verimli kullanılması,
- Daha sağlıklı ve kalite üretim olan organik tarıma destek sağlanması,
- Küresel ısınmanın önüne geçmeye yardımcı olması,
- Çevresel atıkların değerlendirilmesi ile ekonomiye katkı sağlanması,
- İş gücüne destek sunulması,
- Tarımsal ürünlerden yararlanma oranının daha arttırılması,
- Ekolojik kirliliğin azalması,
- Daha sağlıklı, kaliteli ve ucuz gübre üretimi,
- Kimyasal gübrelerin kullanımı azaldığından toprağın organik madde miktarının daha da arttırılması,
- Tarımsal üretime önemli bir katkı sunması ile birlikte tarım kesiminde işgücünün arttırılması,
- Tarımsal üretimde ucuz, uygun, kaliteli ve sağlıklı gübre temin edilmesi,
- Topraktaki biyolojik çeşitlilik gelişmektedir. Buna bağlı olarakta topraktaki mikroorganizma faaliyetleri arttırılması,

- Toprağın bitki besin elemenleri değerinin ve su tutma yeteneğinin iyileştirilmesi,
- Toprağın yıkanması, sürüklenmesi ve erozyonunun engellemesi,
- Kompost gübrelerinin toprağa insan iş gücü veya tarım makinaları ile dağıtılmasının oldukça kolay olması ve
- Organik tarımın gelişmesine katkı sağlanması söz konusudur.

Sağlıklı, verimli ve kaliteli kompost üretimi için, organik atıkların, kaynağından itibaren besin değeri yüksek olan atıklardan, toplanması gerekmektedir. Bu şekilde kompost üretimin devamlılığı sağlanmış olacaktır.

Bu çalışmada uygun ve kullanılabilir bir kompost gübre kurutucusu geliştirilmiştir. Bu geliştirilen sistem vasıtasıyla doğal yollardan çevreci, doğal ve ekonomik olarak gübre üretimi söz konusudur. Gübre üretmek için bağ ve bahçe atıkları, hasat sonrası bitki sapları ve kökleri, pazar atıkları gibi materyaller gübre üretiminde kullanılabilmektedir. Burada gübre üretiminin temiz, hijyen ve verimli olması için bazı kriterlere dikkat edilmesi önem arz etmektedir. Gübre üretiminin öncesinde ve sonrasında C/N oranı, pH değeri, organik madde içeriği, nem içeriği, patojenler ve ağır materyaller gibi unsurlara dikkat edilmesi gerekmektedir.

Bu sistemden elde edilen gübrelerin tarımsal uygulamaların gübreleme alanında yaygın olarak kullanılması, kimyasal gübrelemenin önüne geçip toprak erozyonuna engel olacak, su tutma ve dolayısıyla mineral madde kaybına engel olacağından, aşırı mineral gübre kullanım mecburiyetini ortadan kaldıracak, çiftçilerimizin giderlerini azaltıp karını artıracaktır. Daha modern ve çevreci uygulamalar ve daha fazla ve kaliteli verim için, toprakları korumak ve tarımda sürdürülebilirliğin devam etmesi için bu doğrultuda uygulama ve yöntemler gelecek dönemlerde kaçınılmaz görünmektedir.

Bu çalışmada söz konusu edilen makine için özel eğitimli operatör gerekmemektedir. Kısa bir tanıtım ile sistem kolay ve güvenli bir şekilde teknik eleman özelliklerini taşıyan biri tarafından kolayca çalıştırılabilecektir. Fiyat-

performans ve fiyat- fonksiyonellik açılarından oldukça önemli avantajları yüzünden çiftçiler tarafından tercih edilme olasılığı yüksektir. Gelişime açık platformu başka tip kurutucuların tasarımına da yön verecektir. Yerli teknoloji ile yapılacak bu makinanın yurt dışında da talep görebileceği ve ihracat imkanlarının varlığı da öngörülmektedir.

5.2. Öneriler

Başta büyükşehir belediyeleri olmak üzere birçok belediye apartman ve işletmelerin atık malzemelerini ekonomiye kazandırmak ya da değerlendirmek amacıyla katı atık işleme sistemleri kurmuşlardır. Burada kağıt, karton, cam, pil ve benzeri malzemeler ayrıştırılarak ekonomiye kazandırılmaktadır. Ayrıca, metan gazı yüksek olan atık malzemelerde enerji üretim amaçlı da kullanılabilmektedir.

Belediyelerin katı atık tesislerinde atıklar daha çok ayrıştırma yolu ile işlenerek ihtiyaç duyulan yerlere sevki sözkonusudur. Bu katı atık tesislerinden daha çok orta ve büyük işlemler faydalanmaktadır. Çarşı pazarda bulunan sebze ve meyve atıkları, tarımsal hasat sonrası atıklar, evsel atıklar , bağ, bahçe ve park atıkları yeterince değerlendirilememektedir. Bu atıkların değerlendirilmesi için katı atık tesislerin yakınına kompost işleme tesisleri kurulmalıdır. Buralardan elde edilen organik gübreler uygun koşullarda ihtiyaç duyan çiftçilere satılmalı ya da verdikleri atık karşılığında belirli oranlarda hibe edilebilir.

KAYNAKLAR

AL-BAHKALI, E., 2007. Mechanical Engineering Design Lecture Note(Third Edition). King Saud University, Saudi Arabia.

ANDERSON, H. and HEPBURN, A. 1986. Variation Of Humic Substances Within Peat Profile. In: Peat and water (Ed. C. H. Fuchsman), N.Y.: Academic Press, 177–194.

AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2003. AL On-Farm Composting Of Municipal and Commercial Organics As An Environmentally and Socially Sustainable Resource Recovery Scheme For Rural Communities Environment Australia http://www.environment.gov.au/archive/settlements/publications/waste/composting/quality.html] June 2003, (Erişim Tarihi: 21.05.2022).

ARSLAN E.I., ÜNLÜ A. and TOPAL M. 2011. Determination Of The Effect Of Aeration Rate On Composting Of Vegetablefruit Wastes. Clean-Soil Air Water , 39(11), 1014-1021.

AYHAN, M. 2020. Organomineral ve Kimyasal Gübre Uygulamasının Makarnalık Buğdayda Tane Verimi ve Kalite Üzerine Etkisi. Mardin Artuklu Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Mardin, 76 s.

BAYER, Y. 2008. Ayrı Toplamanın Kompostlaştırma Üzerindeki Etkisi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 124 s.

BEKAR, M. 1991. Salmonella. Genel Karakterleri ve Tanı Yöntemleri. Salmonella Semineri Notları. Etlik Hayvan Hastalıkları Araştırma Enstitüsü Ankara. 26 s

BERGER, W. and LORENZ-LADENER, C. 2017. Kompost tuvaletler. (B. Yılmaz, Çev.) İstanbul: Yeni İnsan Yayın Evi.

BERGHEL, J. 2004. Improved Fluidized Bed Drying Technology For Wood Fuels. Karlstad University Studies.

BERKES, F. ve KIŞLALIOĞLU, M.B. 1993. Çevre ve Ekoloji. Remzi Yayınları, 120s, İstanbul.

BITRAK, N. B. 2013. Evsel kullanıma Yönelik Kompostlaştırıcıların Performanslarının Araştırılması. 8. Isparta.

BOARDMAN, B. 1990. Fatigue Resistance Of Steels. ASM Handbook, Volume 1, pp. 673-688.

CEMALOĞLU, N. 2021. İş Sağlığı ve Güvenliği Bakımından Geri Dönüşüm Yaklaşımları: Pestisit Ve Kimyasal Gübre Zararını En Aza İndirmede Kompost Gübre Ve Solucan Gübresi Üretiminde İyi Örnekler. İstanbul Rumeli Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 86 s.

CONDE, M.R. 1997. Kapalı Çevrimli Kurutuculardа Enerji Verimliliğinin Geliştirilmesi. Applied Thermal Engineering, 17-12, 1163-1172.

DIAZ, L.F., SAVAGE G.M., EGGERTH L.L. and GOLUEKE, C.G., 1993. Composting And Recycling Municipal Solid Waste. Lewis Publishers.

DIAZ, L. and SAVAGE, G. 2007. Factors That Affect The Process. L. Diaz, M. de Bertoldi, W. Bidlingmaier, & E. lan Stentiford içinde, Compost Sscience and Technology, 8, 49-65.

DURSUN, N. 2020. Hayvansal ve Bitkisel Atıklar Kaynaklı Biyokökür Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi: Malatya İli Örneği. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 8(3), 720-727.

ESKİCİOĞLU, A.V. 2013. Bitkisel Atıklardan Kompost Gübre Üretim Sisteminin Tasarımı. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ, 55 s.

ENGİN, K. 2018. Organomineral Gübre Çalıştayı Bildiriler. Yönetici özeti, İstanbul: Sena Ofset.

GAJALAKSHMİ, S. and ABBASI, S. A. 2008. Solid Waste Management By Composting: State Of The Art. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 38(5), 311-400. doi:10.1080/10643380701413633.

GÜNAY, Ü. ve DURSUN, Ş. 2018. Arıtma Çamuru ve Zirai Atıkların Kompostlanarak Tarım Arazilerinde Kullanımı. Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi, 1(1), 14-19. http://dergipark.gov.tr/ucbad/issue/38456/446051

FOUST, A.S., WENZEL, L.A., CLUMP, C.W., MAUS, L. and ANDERSEN, L.B. 1980. Principles Of Unit Operations. John Wiley and Sons, 1980.

GEANKOPLIS, C.J. 2003. Transport Processes And Seperation Process Principles. 4th Ed., Prentice Hall, 2003.

GÜLER, B. A., ATLI, A., ALICA, S., GÜZEL, G., DALGIÇ, D., GÖKTÜRK, A. and DOĞAN, A. E. 2001. Çöp Hizmetleri Yönetimi (1. b.). (B. A. Güler, Dü.) Ankara: Türkiye ve Orta Doğu Amme İdaresi Ensititüsü Yayını.

HAGHI, A.K., 2004. Nem Içeriğine Sabit Kurutma Hızı Boyunca Sıcaklık Etkisi. Transport Phenomena in Porous Media: A Review.

HIMMELBLAU, D.M. 2004. Basic Principles And Calculations In Chemical engineering. 7th ed., Prentice Hall.

IFOAM. 2019. Compost Making Made Easy. https://www.ifoam.bio, (Erişim tarihi: 03.02.2022)

IMAOKA, S., 2008, Using New Meshing Features In ANSYS Workbench Simulation. Ansys advantage. 2(2).

IŞIK, T. 2009. Comperative Evaluation Of Different Composting Technologies For Municipal Solid Wastes İn Istanbul.

INBAR, Y., Y. CHEN, Y. HADAR and H.A.J. HOITINK. 1990. New Approaches To Compost Maturity. Biocycle, 31:64-69.

JACCARD, L., LEHMANN, P., CIVILINI, M. and BERTOLD, M. D. 2013.. Yard Waste Composting With Heat Recovery. *Compost Science & Utilization,* 1(3), 10-14. doi:10.1080/1065657X.1993.10757882.

KENAR, F. 2020. Yerleşmelerin Kompost Gübre Potansiyelinin Belirlenmesi (Sakarya Serdivan Örneği). Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya, 135 s.

KİM, J.-D., PARK, J.-S., IN, B.-H., KIM, D. and NAMKOONG, W. 2008. Evaluation of Pilot-Scale in-Vessel Composting For Food Waste Treatment. *Journal of Hazardous Materials,* 154(1-3), 272-277. doi:10.1016/j.jhazmat.2007.10.023

KÜLCÜ, R. 2002. Bazı Tarımsal Atıkların Kompostlaştırılmasında Optimum Çevresel Şartların Belirlenmesi. Akdeniz Üniversites, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisan Tezi, Antalya, 124 s.

KÜLCÜ, R., YALDIZ, O., ÖZMERZİ, A., KÜRKLÜ, A. ve ERTEKİN, C. 2008. Ekim-dikim, bakım ve gübreleme mekanizasyonu. Tarım Makinaları için Mühendislik El Kitabı, Ed: K.R. Antalya, 105-106.

KÜLCÜ, R. 2007. Tarımsal Atıkların Kompostlaştırılmasında Kullanılabilecek Alternatif Sistemlerin Işlem Başarısı Ve Uygulama Alanlarının Belirlenmesi. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi. Antalya, 170 s.

KÜLCÜ, R. ÇAYLAK, R. 2014. Kompostlaştırma Prosesinde Sıcaklık ve Havalandırma Oranı Arasındaki Ilişkilerin Belirlenmesi. SDÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 9 (1), 118-126.

LASARIDI K., PROTOPAPA I., KOTSOU M., PILIDIS G., MANIOS T. and KYRIACOU A. 2006. Quality Assessment Of Composts In The Greek Market: The Need For Standards And Quality Assurance. Journal of Environmental Management ,80, 1, 58-65.

LUIS, D., SAVAGE, G. and GOLUEKE, C. 2002. Composting Of Municipal Soil Wastes. F. Kreith, & G. Tchobanoglous içinde, *Handbook of Soild Waste Management* (2. b., s. 425-492). McGraw-Hill Education. doi:10.1036/0071356231.

MARUDACHALAM, D., KANTHAVEL, K. AND KRISHNARAJ, R., 2011. Optimization of Shaft Design Under Fatigue Loading Using Goodman Method. International Journal of Scientific & Engineering Research, 2(8).

MC CABE, W.L., SMITH, J.C. and HARRIOTT, P. 2001. UNIT Operations Of Chemical Engineering, 6th Ed., McGraw-Hill Inc.

ÖZTÜRK, İ., DEMİR, İ., ALTINBAŞ, M., ARIKAN, O. A., ÇİFÇİ, T., ÇAKMAK, İ., KİRİŞ, A. 2015. Kompost El Kitabı (2. b.). İstanbul: İSTAÇ A.Ş. Teknik Kitaplar Serisi.

ÖZTÜRK, M. ve BİLDİK, B. 2005. Hayvan Çiftliklerinde Kompost Üretimi. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.

ÖZTÜRK, M. 2017. Hayvan Gübresinden ve Atıklardan Kompost Üretimi. Ankara: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.

PATHAK, A. K., SİNGH, M. and KUMAR, V. 2011. Composting Of Municipal Solid Waste: A Sustainable Waste Management Technique İn Indian Cities. A Review. International Journal of Current Research, 3(12), 339-346.

POLLAK, M. 2004. List Of Heavy Metals In Compost Derived From Literature And Personal Communication Wıth Experts From The Mst. Heavy Metals And Organic Compounds From Wastes Used As Organic Fertilisers. Technical Report for the Directorate-General for the Environment of the European Commission.
(https://ec.europa.eu/environment/pdf/waste/compost/hm_annex5.pdf)

RICHARD, T. L. and WOODBURY P. B. 1992. The İmpact Of Separation On Heavy Metal Contaminants in Municipal Solid Waste Composts. Biomass and Bioenergy, l3:195-211.

RONA, E. ve LABRIGA, L. 2016. Aralık). Türkiye Çöpünü Dönüşütürüyor! Belediyeler İçin Kompost Rehberi. İstanbul: Buğday Ekolojik Yaşamı Destekleme Derneği.

SCHNITZER, M. and KHAN, S. U. 1972. Humic Substances In The Environment. Marcel Dekker, Inc., New York, NY

SÖZER, S. 2008. Bazı Bitkisel Atıkların Kofermentasyon Yöntemiyle Metan Üretiminde Kullanılması Ve Karışım Oranlarının Saptanması. Akdeniz Üniversitesi, Doktora tezi, Antalya, 180 s.

SPARKS. D. L. 2003. Environmental Soil Chemistry 2nd Ed., Academic Press, Amsterdam, The Netherlands.

STOFELLA, P.J. and KAHN, B.A. 2001. Compost Utilization in Horticultural Cropping Systems. CRC Pres LLC.

SULLIVAN, M., KHALILIAN, A., MUELLER, J., WOLAK, F., WILLIANSON, R. And LIPPERT, R. 1998. Composted Municipal Solid Waste Application İmpacts On Cotton Yield And Soil Properties. In Composting in the Southeast 1998 Conference Proceedings. Memphis, Eylül.

SULLIVAN, D.M. and MILLER, R.O. 2001. Compost Quality Attributes, Measurements And Variability. Compost Utilization in Horticultural Cropping Systems.

SULLIVAN, D.M. and MILLER, R.O. 2001. Compost Quality Attributes, Measurements And Variability. Compost Utilization in Horticultural Cropping Systems.

TCHOBANOGLOUS, G., THEISEN, H. and VIGIL, S. 1993. Integrated Solid Waste Management. Innovative Technical And Environmental Aspects In Planning, Constructing And Operating The Sanitary Landfill Of Larissa. 872-885, Geece.

TMECC, 2001. The US Composting Council Research And Education Foundation, And The United States Department Of Agriculture “Test Methods For The Examination Of Composting And Compost”.

VANLALMAWII, E. and AWASTHI, M. 2016. Municipal Solid Waste Composting - A Review. International Journal of Advances in Science Engineering and Technology, 8(2), 13-16.

YILDIZ, Ş., ÖLMEZ, E. ve KIRIŞ, A. 2009. Kompost Teknolojileri Ve İstanbul’daki Uygulamaları. (s. 1-12). İstanbul.