



**ANADOLU ÜNİVERSİTESİ**



**BİLECİK ŞEYH EDEBALI  
ÜNİVERSİTESİ**

**Fen Bilimleri Enstitüsü  
Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı**

**ÇAY VE YUMURTA KABUĞU İLAVESİNİN KOMPOST  
OLUŞUMUNA ETKİSİ VE KOMPOST KARAKTERİZASYONU;  
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ UYGULAMA ÖRNEĞİ**

**Gözde BUĞDAYCI  
Yüksek Lisans Tezi**

**Tez Danışmanı  
Yrd. Doç. Dr. Alev AKPINAR BORAZAN**

**BİLECİK, 2016**

**Ref.No: 10118959**



**ANADOLU ÜNİVERSİTESİ**



**BİLECİK ŞEYH EDEBALI  
ÜNİVERSİTESİ**

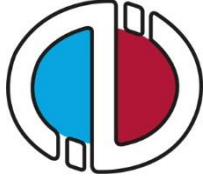
**Fen Bilimleri Enstitüsü  
Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı**

**ÇAY VE YUMURTA KABUĞU İLAVESİNİN KOMPOST  
OLUŞUMUNA ETKİSİ VE KOMPOST KARAKTERİZASYONU;  
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ UYGULAMA ÖRNEĞİ**

**Gözde BUĞDAYCI  
Yüksek Lisans Tezi**

**Tez Danışmanı  
Yrd. Doç. Dr. Alev AKPINAR BORAZAN**

**BİLECİK, 2016**



**ANADOLU UNIVERSITY**



**BILECIK SEYH EDEBALI  
UNIVERSITY**

**Institute of Sciences  
Chemical Engineering Department**

**EFFECT OF TEA, EGGSHELL ADDITION ON COMPOST  
MAKING AND COMPOST CHARACTERIZATION; A  
CASE STUDY FOR BILECIK SEYH EDEBALI  
UNIVERSITY**

**Gözde BUĞDAYCI  
Master's Thesis**

**Thesis Advisor  
Asst. Prof. Dr. Alev AKPINAR BORAZAN**

**BILECIK, 2016**



**BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS  
JÜRİ ONAY FORMU**

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun 22/06/2016 tarih ve 33/3 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 29/06/2016 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Gözde BUĞDAYCI'nın "Çay ve Yumurta Kabuğu İlavesinin Kompost Oluşumuna Etkisi ve Kompost Karakterizasyonu; Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Uygulama Örneği" başlıklı tez çalışması Kimya Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak oy birliği/ oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

**JÜRİ**

**ÜYE**

(TEZ DANIŞMANI) : Yrd. Doç. Dr. Alev AKPINAR BORAZAN

ÜYE: Prof. Dr. Nezihe AYAS

ÜYE: Prof. Dr. Müfide BANAR

**KİMYA MÜHENDİSLİĞİ**

ANABİLİM DALI BAŞKANI: Doç. Dr. Çağlayan AÇIKGÖZ

**ONAY**

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun .../.../..... tarih ve ...../..... sayılı kararı.

İMZA/ MÜHÜR

## TEŞEKKÜR

Bana bu geniş çalışmayı yapma fırsatını tanıyan ve çalışmalarımı büyük bir sabırla değerlendirip destekleyen, tecrübesini, bilgisini ve sevgisini benden hiç bir zaman esirgemeyen, yalnız uzmanlık alanı ile sınırlı kalmayıp yaşama dair her konuda bana doğru yolu göstermeyi hedefleyerek hayatımdaki yerini daima samimiyetle hissettiren değerli danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Alev AKPINAR BORAZAN'a,

Yüksek lisans öğrenimim boyunca bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım ve her ihtiyacım olduğunda bana değerli vaktini ayıran Doç. Dr. Çağlayan AÇIKGÖZ'e, Yrd. Doç. Dr. Selçuk ÖZCAN'a ve üzerimde çok büyük emeği olan bölümümüzdeki tüm Araştırma Görevlisi hocalarıma,

Deneyisel çalışmalarım süresince Anadolu Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü laboratuvarında analizlerime verdiği destek için değerli hocam Prof.Dr. Müfide BANAR'a,

Hem lisans hem de yüksek lisans öğrenimimde, bir adım önümde durup bana yol gösteren, azmini ve başarılarını örnek aldığım, her zaman en büyük destekçilerimden olan çok sevdiğim arkadaşım Nehir ÇABUK'a

Araştırmalarımın her aşamasında bilgi, öneri ve yardımlarıyla bana büyük destek veren, mesleki gelişimime olduğu kadar insani ilişkilerde de engin fikirleriyle yetişmeme büyük katkısı olan abim Enver BUĞDAYCI'ya,

Hayatımın her aşamasında olduğu gibi yüksek lisans çalışmalarım sırasında da beni sabır ve içtenlikle destekleyen daima anlayış ve hoşgörü gösteren, evinin en güzel köşesini çalışmalarım için ayıran annem Maver BUĞDAYCI ve babam Erkan BUĞDAYCI'ya en içten teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, tanıştığımız günden beri, benim bütün aksiliklerimi ve yorgunluklarımı çeken, benimle birlikte yüksek lisans tezim için birçok işime koşturan sevgili yol arkadaşım Süleyman Emre ÇAKAL'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Gözde BUĞDAYCI  
Haziran 2016

## ÖZET

Bu çalışmada; Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Mühendislik Fakültesi çay ocağı atıkları, Üniversite yemekhanesi günlük öğün hazırlama atıkları ve öğrencilerin kuruyemiş atıkları kompost hammaddesi olarak sağlanmıştır. Çalışmada, temel kompost karışımı; atık çay posası, meyve kabuğu, yumurta kabuğu, sebze kabuğu, kuruyemiş kabuğu, atık kâğıt peçete gibi organik katı atıklardan oluşturulmuştur. Kompost reçetelerinde bu hammaddelerden yumurta kabuğu ve çay posası ağırlıkça farklı oranlarda kullanılmıştır. Karışım üniversite bahçesinden alınan bir miktar toprağa eklenmiştir. Kompost kolonlarına beslenen her bir organik atığın nem, pH ve elementel analiz sonuçları belirlenmiştir. Kontrol dönemlerinde kolonlar dikkatle karıştırılmış ve bu kontrollerde alınan numunelere nem analizi ve C/N oranı hesaplamaları uygun formüllerle gerçekleştirilmiş, böylece son kompost eldesine kadar C/N oranı değişimi kaydedilmiştir. Daha sonra oluşan kompost malzemenin pH, nem içeriği ve elementel analizlerinin yanı sıra dolgu fazlarının karakterizasyonu taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve X-ray difraksiyon (XRD) teknikleriyle, yapısal karakterizasyonu FT-IR ile yapılmıştır. Bu araştırmada K1 kodu verilen reçete her iki araştırma hammaddesinin temel reçetesi olarak belirlenmiştir. Komposttaki çay posası % karışım oranı ile reçete kodları 11 (K1); 17 (K2); 23 (K3); 27 (K4) olarak belirlenmiş ve diğer araştırma hammaddesi olan yumurta kabuğunun komposttaki % karışım oranı ile reçete kodları 11 (K1); 23 (K5) ve 27 (K6) olarak hazırlanmıştır. Ayrıca oluşan kompostun bitki verimine olan etkisini belirlemek amacıyla saksılarda 1/4 ve 2/4 oranlarında kompost/torf karışımları oluşturulmuştur. Kompost etkisini belirlemek amacıyla kontrol sadece bitki torfu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tanımlanan ortamlarda roka bitkisi yetiştirilerek bitki büyümesi boy ve ağırlık olarak incelenmiştir. Bitki uygunluk deneyleri iki paralel şekilde yürütülmüştür. Araştırma sonuçlarına göre, hem yumurta kabuğu hem de çay posasının ilave edilmesinin kompost oluşum süresi ve kompost kalitesi üzerine önemli derecede etkilerinin olduğu saptanmıştır. Kompost oluşum sürecinde nem içeriği %34,86'dan %60,66'ya yükselmiş, C/N oranı 7,87'den 25,51'e artmış ve kompostlama sonunda pH minimum 8,02 olarak ölçülmüştür. En iyi kompost oluşum değerine ise K6'da ve en iyi bitki oluşum değerine %50 kompost karışımında ulaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Katı Atık; Kompost; C/N Oranı; Atık Çay; Yumurta Kabuğu

## ABSTRACT

In this study, tea wastes of Bilecik Seyh Edebali University Faculty of Engineering, daily meal preparation wastes of refectory and nutshell were supplied as compost raw materials. In the study; fundamental compost mixture was consisted of organic wastes such as tea waste, fruit peel, eggshell, vegetable peel, nutshell and waste napkins. Eggshell and tea waste raw materials were used in different weight percent in compost prescription. The mixture supplied from garden of university was added to soil. Moisture, pH and elemental analysis results were determined for each organic waste which was feed to column. In the control period, columns were carefully stirred; moisture analyzer, and C/N ratio calculation in accordance with formula of samples were carried out for the samples taken from these columns, conversion of C/N ratio was recorded until the end of the process. Several experimental techniques such as Scanning Electron Microscopy (SEM), X-Ray Diffraction (XRD) and Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) were applied to characterize the samples. In this investigation prescription was named K1 determined as fundamental prescription in both two investigations. Percent of tea waste mixture in compost and code of prescriptions were determined as 11 (K1); 17 (K2); 23 (K3); 27 (K4) and percent of eggshell mixture and code of prescriptions were determined as 11 (K1); 23 (K5) ve 27 (K6). Furthermore compost/peat mixtures were composed in the vases in 1/4 and 2/4 ratio to determine the effect of the formed compost on plant yield. Control was realized by only plant peat to indicate the effect of compost. Arugula crops were grown in defined platform and plant growth was examined as height and weight. Plant suitability tests were run in two parallels. According to the results, addition of both eggshell and tea waste was effected on compost quality and formation time, significantly. In compost formation process, moisture content increased from 34.80% to 60.66%, ratio of C/N increased from 7.87 to 25.51 and minimum pH value was measured as 8.02 at the end of composting. The best value for the formation of compost is K6 and it has been reached to the best plant formation value in 50% compost mixture.

**Keywords:** Solid Waste; Compost; C/N Ratio; Tea Waste; Eggshell

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa No

<b>JÜRİ ONAY SAYFASI</b>	
<b>TEŞEKKÜR</b>	
<b>ÖZET.....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER .....</b>	<b>iii</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....</b>	<b>v</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ .....</b>	<b>vii</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ .....</b>	<b>viii</b>
<b>1.GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1. Kompostun Tanımı ve Tarihçesi .....	2
1.2. Kompostlamanın Bilimsel Temelleri .....	3
1.2.1. Parçacık boyutu.....	3
1.2.2. C/N oranı.....	4
1.2.3. Nem içeriği .....	4
1.2.4. Karıştırma .....	5
1.2.5. Sıcaklık .....	5
1.2.6. Havalandırma.....	5
1.2.7. pH.....	5
1.3. Kompostlamada Kullanılan Atıklar.....	6
1.4. Kompostun Kullanım Alanları .....	7
1.5. Kompostun Bitkiye Uygunluğu.....	8
<b>2. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI .....</b>	<b>10</b>
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>17</b>
3.1. Materyal.....	17
3.2. Yöntem .....	18



3.2.1. Kompostun hazırlanışı .....	18
3.2.2. Parçacık boyutu.....	21
3.2.3. C/N oranı.....	21
3.2.4. Nem içeriği .....	22
3.2.5. pH.....	22
3.2.6. SEM analizi.....	22
3.2.7. FTIR analizi .....	23
3.2.8. XRD analizi .....	23
3.2.9. Bitki yetiştirme deneyleri.....	23
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>24</b>
4.1. Hammadde Analizleri.....	24
4.2. Kompost Analizleri .....	25
4.3. Bitkiye Uygunluk Deneyleri .....	34
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>46</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>48</b>
<b>EK-1.....</b>	<b>53</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

a/a	: Ağırlıkça oran
C	: Karbon
CaCu <sub>3</sub> (Ti <sub>4</sub> O <sub>12</sub> )	: Kalsiyum tribakır titanat
CCaO <sub>3</sub>	: Kalsit
CH <sub>4</sub>	: Metan
cm <sup>-1</sup>	: 1/santimetre
C <sub>n</sub>	: n. Materyalin karbon içeriği (%),
CO	: Karbon monoksit
CO <sub>2</sub>	: Karbon dioksit
CoCu(P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )	: Bakır kobalt pirofosfat
H <sub>2</sub>	: Hidrojen
H <sub>2</sub> O	: Hidrojen dioksit
KBr	: Potasyum bromür
kg	: Kilogram
kmol.kg <sup>-1</sup>	: Kilomol/kilogram
m <sup>2</sup>	: Metre kare
m <sup>3</sup>	: Metre küp
mg.ha <sup>-1</sup>	: miligram/hektar
mm	: Milimetre
mmol.kg <sup>-1</sup>	: Milimol/kilogram
Mn	: n. Materyalin nem içeriği (%)
N	: Azot
N <sub>n</sub>	: n. Materyalin azot içeriği (%)
Q <sub>n</sub>	: n. Materyalin kütlesi
R	: Karışımın C/N oranı
SiO <sub>2</sub>	: Silisyum oksit
t.ha <sup>-1</sup>	: Ton/hektar
t.da <sup>-1</sup>	: Ton/dakar

**Kısaltmalar**

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
C/N Oranı	: Karbon/Azot oranı
CY	: Çay posası
DKİB	: Doğu Karadeniz İhracatçılar Birliği
EKO	: Ekolojik Yapılar ve Yerleşmeler Dergisi
ENVEST	: Environmental Heavy-Cost Investment
FAO	: Food and Agriculture Organization
FTIR	: Fourier Transform Infrared
K1	: Kompost karışımına ait 1. reçete kodu
K2	: Kompost karışımına ait 2. reçete kodu
K3	: Kompost karışımına ait 3. reçete kodu
K4	: Kompost karışımına ait 4. reçete kodu
K5	: Kompost karışımına ait 5. reçete kodu
K6	: Kompost karışımına ait 6. reçete kodu
KT	: Kağıt
KYK	: Kuruyemiş kabuğu
L	: Litre
MK	: Meyve kabuğu
SEM	: Taramalı elektron mikroskobu
SK	: Sebze kabuğu
TK	: Toprak
XRD	: X ışınları spektrumu
YK	: Yumurta kabuğu

**ÇİZELGELER DİZİNİ****Sayfa No**

<b>Çizelge 3.1.</b> Hazırlanan kompost reçeteleri ve % karışım oranları.....	19
<b>Çizelge 4.1.</b> Kompost karışımı hammadde nem analiz ve elementel analiz sonuçları ..	24

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1. Bitki ekiminde kullanılan A)Roka tohumu B)Bitki torfu.....	17
Şekil 3.2. Kompost oluşumunda kullanılan kolonlar.....	18
Şekil 3.3. Kompost hammaddeleri.....	19
Şekil 3.4. Kompost hammaddelerinin kolonlara doldurulması. ....	20
Şekil 3.5. Kompost oluşum sürecinde kolonlar. ....	21
Şekil 4.1. Hammadde boyut analizi. ....	25
Şekil 4.2. Kompost oluşum sürecinde % nem değişimi. ....	25
Şekil 4.3. Kompost oluşum sürecinde C/N değişimi. ....	26
Şekil 4.4. Kompost numuneleri FTIR spektrumları. ....	27
Şekil 4.5. Kompost numuneleri SEM görüntüleri. ....	28
Şekil 4.6. K1 XRD deseni.....	29
Şekil 4.7. K2 XRD deseni.....	30
Şekil 4.8. K3 XRD deseni.....	31
Şekil 4.9. K4 XRD deseni.....	32
Şekil 4.10. K5 XRD deseni.....	33
Şekil 4.11. K6 XRD deseni.....	34
Şekil 4.12. Bitki büyüme deneyi ekim sonrası görüntüleri.....	35
Şekil 4.13. Bitki büyüme deneyi 2.hafta görüntüleri. ....	36
Şekil 4.14. %25 Kompost karışımı I. paralel bitki büyüme % artış miktarı. ....	36
Şekil 4.15. Bitki büyüme deneyi 4.hafta görüntüleri. ....	37
Şekil 4.16. %25 Kompost karışımı II. paralel bitki büyüme % artış miktarı. ....	37
Şekil 4.17. Bitki büyüme deneyi 6.hafta görüntüleri. ....	39
Şekil 4.18. %50 Kompost karışımı I. paralel bitki büyüme % artış miktarı. ....	39
Şekil 4.19. Bitki büyüme deneyi hasat sonrası görüntüleri. ....	40
Şekil 4.20. %50 Kompost karışımı II. paralel bitki büyüme % artış miktarı.....	41
Şekil 4.21. %25 Kompost karışımı bitki ağırlık değerleri. ....	42
Şekil 4.22. %50 Kompost karışımı bitki ağırlık değerleri. ....	42
Şekil 4.23. %25 Kompost karışımı bitki boyu değerleri.....	43
Şekil 4.24.%50 Kompost karışımı bitki boyu değerleri.....	44

<b>Şekil 4.25.</b> Kompost karışımları bitki yaprak boyu değerleri.....	44
<b>Şekil 4.26.</b> Kompost karışımları bitki kök boyu değerleri.....	45

## 1.GİRİŞ

Son yıllarda geri dönüşüm yönünde bir eğilime rağmen, tüketicilerin yarattığı toplum atıkları giderek artan miktarlarda devam etmektedir. Bu atıkların hayatımızı, sağlığımızı ve ekolojik dengeyi tehdit etmesi nedeniyle kontrol altına alınarak azaltılması ulusal ekonomiyi olumlu olarak etkileyecektir. Bu nedenlerle, katı atıkların yönetimi ve minimizasyonu, bugün tüm dünyanın üzerinde durduğu en önemli çevre sorunlarından biridir (Kirk, 1996). Katı atıkların çevre ile uyumlu bir yapıya dönüştürülmesi; bir başka deyişle, atıkların dengeli bir ürüne dönüştürülerek doğada tekrar kullanılması entegre atık yönetiminin öncelikli hedefleri arasında yer almaktadır (Yıldız, vd., 2009). Bu konuda seçilecek yöntem ne havaya, ne toprağa, ne de suya zarar vermemelidir (Vuorinen ve Saharinen, 1998). Her türlü insan faaliyeti sonucunda oluşan katı atıkların uzaklaştırılmasında kullanılmakta olan yöntemlerden en eskisi gelişmiş (vahşi) depolamadır. Vahşi depolama, ülkemizde en yaygın kullanılan yöntemdir. “Gözden uzak olsun” düşüncesi ile genelde çöpler şehir ve kasaba dışında açık alanlara gelişigüzel bir şekilde atılarak insan çevresinden uzaklaştırılır (Saltabaş, vd., 2009). Atıkları değerlendirmek için düşünülen yeni yöntemler ise; düzenli- sağlıklı depolama, termal yöntemler (yakma, gazlaştırma, piroliz) ve kompostlamadır. Düzenli- sağlıklı depolama, katı atıkların toplum ve çevre sağlığını tehlikeye sokmadan belli ölçütlere uygun olarak depolanmasıdır. Termal yöntemler enerji üretimine yöneliktir ve en yaygın olarak kullanılan yöntem yakmadır. Bir diğer yöntem, atığın oksijensiz ortamda bozunması prensibine dayanan piroliz yöntemidir. Temelde aynı prensibe dayanan gazlaştırma yönteminde ise, ortama bir miktar hava verilmektedir. Kompostlama ise çöplerin içerisindeki organik maddelerin mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılması işlemidir (Tolay, 2014). Kompostlaştırma sonucu elde edilen kompost, gübreden farklı olarak toprağı ıslah edici, organik değeri ve su tutma kabiliyeti yüksek bir malzemedir. Toprağın boşluk hacmini arttırıp havalandırılmasını, besin maddelerinin daha iyi kullanılmasını sağlamak ve toprağın işlenebilirliğini kolaylaştırmaktadır (Yıldız, vd., 2009).

Son yıllarda, Amerika Birleşik Devleti topluluklarının da yüzlerce geri dönüşüm programı uygulanmıştır. Bunlardan bir kısmı ailelere atık toplama ve geri dönüşümün önemini vurgulayarak evde kompost yapımı üzerinedir. Ayrıca sanayideki işletmelerden kaynaklanan hammadde, ürün ve üretim atıklarının da en aza indirilmesi için çalışmalar

yapılmıştır. Yine başka topluluklar sıfır atık taşımak ve tesislerinde kompostlama işlemi yapmak için kendi organik malzemelerini aktarmak yerine depolama üzerinde yoğunlaşmışlardır (Rogoff, vd., 1994). Bununla birlikte, özellikle aday ülke olduğumuz Avrupa Birliği (AB)'nin Düzenli Depolama Direktifi'nin getirdiği organik atıkların düzenli depolama alanları yerine farklı alternatif teknolojilerle bertarafı hususu, Avrupa'da olduğu gibi Türkiye'de de kompostlaştırmanın gittikçe önem kazanacağını göstermektedir. Ülkemizde kentsel katı atıkların organik kısmından kompost üreten 4 tesis mevcuttur. Kompostlama, beraber yakma (ko-insinerasyon) ve diğer geri kazanım işlemleri uygulanarak 2012 yılında 10 milyon ton, 2014 yılında ise 20 milyon ton atık geri kazanıldı (TÜİK, 2016).

### **1.1. Kompostun Tanımı ve Tarihi**

Kompostlama, katı atığın içindeki organik nitelikteki atıkların, organizmalar tarafından biyokimyasal reaksiyonlar sonucu daha basit maddelere yani bitkiler için gerekli besin maddelerine dönüştürülmesidir. Kompostlaştırma işleminin katı atık yönetimi açısından önem kazanmasının başlıca nedeni, çevre dostu bir geri dönüşüm yöntemi olmasının yanı sıra tarımsal açıdan faydalı bir ürünün kazanılmış olmasıdır (Diaz, vd., 2003). Kompostlaştırma evsel katı atıkların biyolojik arıtımında yaygın olarak kullanılan bir metottür. Kompostlama genel olarak, katı atıkların; işlenmesi, organik kısımlarının biyolojik olarak parçalanması ve son kompost ürününün hazırlanması ve pazarlanması aşamalarından oluşur (Tchobanoglous, vd., 1993). Kompostlama biyokimyasal bir süreçtir ve organik atığı metabolize eden mikroorganizmalar tarafından meydana getirilmektedir (Diaz, vd., 2003). Elde edilen ürün; toprak bileşeni olan humusa benzer yapıda, kokusuz ve düşük nem içeriklidir (Li, vd., 2013). Tarım, bahçe ve yeşil alanlarda uygulama için satılabilmektedir (Stelmachowski, vd.,2003).

Kompost ilk kez çürüyen hayvan dışkısı ve bitki atıklarının yakınında olan bölgelerde bitkilerin daha iyi büyüdüğünün gözlenmesiyle ortaya çıkmıştır. Doğuda kompost kullanımı ile ilgili ilk bilgiler dünyanın en eski yazıtları olan Akad İmparatorluğundan kalma kil tabletlere dayanmaktadır (Kaçar, 1994). Hayvancılığı fakir olan Çin ve Hindistan'da, yüzlerce yıl önce bile şimdiki amaçlarla yapılan uygulamaların varlığı bilinmektedir. Çin'de hayvan dışkılarının nehir suyuna karışması sonucu vadinin aşağısındaki ovada meydana getirdiği verim artışı üzerine



kompostlaştırma yöntemleri sistematik olarak uygulanmaya başlamıştır ve yollara dökülerek ezilen bitki artıkları toplanıp hayvan dışkısıyla karıştırılarak toprağa geri döndürülmüştür (Topkaya, 2004). Batıda komposta olan ilgi Amerika Tarım Bölümünden Prof. F.H. King'in Uzak Doğu'ya sürekli ziyaretlerinden oluşan birikimini kitaplaştırmasıyla başlamıştır. Modern kompostlama ilk kez 1905-1934 yılları arasında Hindistan'da çalışan Albert Howard tarafından tanımlanmıştır. Kompost materyallerinin tabakaları üzerine deneysel çalışmalar yapmış ve çalıştığı kasaba ile aynı adlı Indore Metodunu keşfetmiştir. İndore yönteminde, iyi bir kompostun tek kaynaktan gelen materyal yerine değişik organik atıkların karışımıyla elde edilebileceği belirtilmiştir. Bu dönemlerde Amerika'da Waksman ve grubu Howard'ın çalışmalarını laboratuvar ölçeğinde gerçekleştirmişlerdir. Aynı dönemlerde İngiltere'de Hutchinson ve Richards kompost yapımına yoğunlaşmışlardır.

Önceleri kırsal organik atıkların toprağa karıştırılarak tarımda kullanılmasıyla başlayan kompostlama, kentleşme hızlandıkça ve kentlerdeki katı atıklar bir sorun haline geldikçe araştırmacılar tarafından ele alınmış, kompostlama teknikleri geliştirilmiştir.

## **1.2. Kompostlamanın Bilimsel Temelleri**

Kompost oluşum sürecinin hızı ve kompost kalitesini etkileyen parametreler parçacık boyutu, C/N oranı, nem içeriği, karıştırma, sıcaklık, havalandırma ve pH'tır. Bu nedenle süreç tasarımında bu parametrelerin belirlenmesi gerekmektedir.

### **1.2.1. Parçacık boyutu**

Mikrobiyal aktivite organik maddelerin yüzeyinde olduğundan, partikül boyutunun küçültülmesi, yüzey alanının artması nedeniyle aerobik kompostlama prosesi boyunca mikrobiyal aktiviteyi ve biyokimyasal reaksiyon hızını arttırmaktadır. Diğer yandan partiküllerin çok küçük olması ise kompostlama yığını içerisindeki hava dolaşımının engelleyerek mikroorganizmaların ihtiyacı olan oksijenin ve mikrobiyal aktivitenin azalmasına neden olur (Topkaya, 2003). Bu nedenlerle, kompostlama prosesinde tercih edilen parça büyüklüğü 5cm'den daha azdır (Tchobanoglous, vd., 1993).

### 1.2.2. C/N oranı

Prosesteki mikroorganizmaların aktivitelerinin gelişimi, C ve N içeriğine bağlıdır. Mikroorganizmalar enerji kaynağı olarak karbonu kullanırlar, buna karşılık azot ise hücre büyümesi ve fonksiyonu için gerekli olan protein, nükleik asit, amino asit ve enzimlerin temel bileşenidir ve mikroorganizmaların büyüme hızını artırır (Topkaya, 2003). Azot miktarı sınırlı ise mikroorganizma popülasyonu azalır ve karbonun ayrışması uzun zaman alır (Tchobanoglous, vd., 1993). Kompostun oluşmasında bitkisel atıkların içinde bulunan azot ve karbonun birbirine oranı ayrışmada aktif rol alan mikroorganizmaların besin maddesi ihtiyaçlarını optimum bir şekilde karşılaması için çok önemlidir. Bunun nedeni istenilen değerlerden (yaklaşık 30/1) daha düşük C/N oranlarında ortamda ihtiyaçtan fazla bulunacak azotun amonyak gazına dönüşerek istenmeyen kokulara sebep olarak ortamdaki ayrılır (Topkaya, 2003). C/N oranındaki artışlar, kompostlama sırasındaki amonyak kaybı ile ilişkilidir. Bu durumda ortamdaki mikrobiyal aktivitenin ihtiyacı olan azot bulunamayacağından parçalanma daha düşük hızda devam eder (Michel ve Reddy, 1998). Optimum C/N oranı 25-30 olmalıdır. Aksi takdirde mikrobiyal aktiviteler yavaşlar. Deneysel çalışmalar sonunda, C/N oranı 15-20 olduğunda iyi kalitede ürün elde edildiği görülmüştür (Sharma, vd., 1996).

### 1.2.3. Nem içeriği

Nem, kompost oluşum sürecinde içinde mikroorganizmaların büyümesi ve çoğalması için gereklidir. Biyokimyasal bozunmayı gerçekleştiren organizmalar, besinlerini ancak suda çözünmüşlerse alabilirler, dolayısıyla ortamda su bulunması gereklidir. Nem içeriği kompostlama prosesi boyunca %40-60 arasında tutulmalıdır (Meenembaal, vd., 2003). Nem içeriği %30'un altında ise, ayrışma oranı hızla azalmaktadır; %70'in üstünde ise mikrobiyal aktivitenin yavaşlaması ile koku oluşmasına ve süzüntü suyuna besin maddesi karışmasına neden olur (Topkaya, 2003). Ayrıca reaktör içindeki atığın nem içeriği, mikrobiyal aktivitenin devamlılığı ve iyi bir kompostlama için önemli bir parametredir (Haug, 1993). Azot içeriği yüksek olan maddeler daha ıslak, karbon içeriği yüksek maddeler daha kurudur. Farklı özellikteki bu maddelerin uygun karışımı ile kolay parçalanan kompost elde edilir (Topkaya, 2003).

#### **1.2.4. Karıştırma**

Besinlerin ve mikroorganizmaların daha düzenli ve homojen dağılımını sağlamak için kompostlama süreci boyunca karıştırma işlemi uygulanmaktadır (Stelmachowski, vd., 2003). Organik katı atıkları karıştırma, nem içeriği, atık karakteristikleri ve hava gereksinimlerini optimum seviyede tutmak için önemlidir. (Tchobanoglous, vd., 1993).

#### **1.2.5. Sıcaklık**

Sıcaklık, kompostlamada mikrobiyal aktiviteyi etkileyen önemli faktörlerden biridir (Avnimelech, vd., 2004). Kompostlama sürecindeki katı atıklarda gözlenen sıcaklık artışı, solunum metabolizmasıyla ilgili olan ekzotermik reaksiyonlar ile meydana gelmektedir (Tchobanoglous, vd., 1993). Yükselen sıcaklıklar protein, yağ ve selüloz gibi karbonhidratların parçalanmasını hızlandırır (Topkaya, 2004). Bununla birlikte, aşırı yüksek sıcaklık değerleri mikroorganizmaların organik maddeyi parçalamasını engeller. Sıcaklık dağılımı, kompost yığını nem içeriği, havalandırma hızı, atmosfer koşulları ve C/N oranından etkilenir (Avnimelech, vd., 2004). Hava akışının bulunduğu sistemler içerisinde gerçekleştirilen kompostlama da sıcaklık, karıştırma ve havalandırma ile düzene sokulabilmektedir (Tchobanoglous, vd., 1993).

#### **1.2.6. Havalandırma**

Kompostlama esnasında havalandırma da önemli bir faktördür. Biyolojik parçalanma için oksijen ihtiyacının sağlanması, ortamdaki fazla nemin uzaklaştırılması ve prosesdeki sıcaklığı kontrol edilmesi amacıyla havalandırma işlemi uygulanır (Meenembaal, vd., 2003). Havalandırma oranı yetersiz olursa kompostlaştırma süresinde oksijen miktarı azalmakta ve ortamdaki canlılar oksijensiz solunum yapmaya başlamaktadır. Diğer taraftan havalandırma oranı fazla olursa kompost yığını ısınmamakta ve kompostlaştırma yapılamamaktadır (Rasapoor, vd., 2008).

#### **1.2.7. pH**

Yapılan literatür çalışmaları kompost oluşum sürecinin aerobik koşullarda gerçekleştirildiği sürece pH kontrol sorunu yaşanmadığını göstermektedir. Bununla birlikte, pH ayrışma sırasında önemli bir süreç değerlendirme (kontrol) parametresidir. Optimum ayrışmayı sağlamak için, pH 7 ve 7,5 civarında kalmalıdır. Amonyak gazı

biçiminde ortamdan ayrılan azotun kaybını en aza indirmek için pH değeri, 8,5'in üstüne çıkmamalıdır (Tchobanoglous, vd., 2002). Kompost bir toprak iyileştirici olarak kullanıldığında, toprak / kompost karışımı pH değerinin 6,5-7,5 arasında olması arzu edilir (CIWMB, 2007).

### **1.3. Kompostlamada Kullanılan Atıklar**

Teknolojinin ilerlemesi, nüfusun ve buna bağlı olarak tüketimin artması nedeniyle günümüzde özellikle büyük şehirlerde kişi başına günlük olarak açığa çıkan katı atık miktarı da artmıştır (Özbaş, vd., 2011). Atıkların kompost yapımında kullanılması hem ekonomiye katkı sağlanması hem de çevre kirliliğinin önlenmesi bakımından büyük önem taşımaktadır (Pekşen ve Günay, 2009). Kompost; organik gübre, toprak iyileştirici ve yetiştirme ortamı gibi isimler altında satılabilen ticari bir değere de sahiptir. Kompost ile elde edilebilecek tüm bu faydalar ise ancak kontrollü ve başarılı bir kompostlaştırma işlemi ile elde edilebilir. Başarılı bir kompostlaştırma için süreçte kullanılacak atığın içerdiği besin maddeleri bakımından büyük önemi vardır. Bu atıklardan biri de çay posasıdır.

Dünyadaki siyah çay üreten ülkelerden biri olan Türkiye'de tonlarca atık, çay üretimi sırasında oluşur. Bu atıklar sanayi sektörü genelinde herhangi bir amaç için kullanılmaz. Bununla birlikte Dünya'da çay tüketimi sürekli olarak arttırmaya devam etmektedir (Gündoğdu, vd., 2013). Dünya çay tüketimi 2013 yılında 4.84 milyon tona ulaşmıştır. Özellikle gelişmekte olan ekonomiye sahip ülkelerdeki çay tüketimi daha yüksektir. FAO tarafından 2013 yılında yapılan çalışmada 228 bin ton çay tüketimi ile Türkiye gelişmekte olan ülkeler arasında Çin ve Hindistan'dan sonra en fazla çay tüketilen üçüncü sırayı almıştır (FAO, 2015). Türkiye'de Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Rize ve çevresinde yetişme olanağı bulan çay, ülke ekonomisine katkısıyla birlikte temel içecek maddesi olarak da önemli bir yere sahiptir. Türkiye'de 100 kişiden 96'sı her gün çay içmektedir. Araştırmalara göre Türkiye'de kişi başına yıllık çay tüketimi 2,8 kilogram civarındadır (DKİB, 2013). Tüketimin yanında çay üretimi sırasında da atık meydana gelmektedir. Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü (Çaykur) fabrikalarında her yıl yaklaşık 20 bin tonun üzerinde atık elde edilmekte, bu miktar özel sektöre ait fabrikalar da dikkate alındığında daha da artmaktadır. Çöp, lif ve toz şeklindeki bu atıklar fabrikaların kullanım sahasında depo edildiğinde büyük sorunlarla karşılaşmakta, çalışma düzeni bozulmakta ve önemli bir çevre sorunu yaratmaktadır

(Kütük, vd., 1995). Ülkemizde çay üretimi ve tüketiminin böyle bir yeri varken çay atığı miktarının da azımsanmayacak derecede olduğu göze çarpmaktadır.

Çayın yanı sıra yumurta da insanların severek tükettiği mükemmel bir besin kaynağıdır. Anne sütünden sonra en yararlı besin maddesi olarak değerlendirilmektedir. Türkiye’de yıllar itibariyle kişi başına düşen ortalama yumurta tüketimi 11,20 kg olarak saptanmıştır (Cevger, vd., 2005). Protein açısından zengin olmasının yanında antioksidanlar ve biyoaktif komponentler içerir. Bu nedenle yumurtanın hemen hemen her gün tüketilmesi önerilmektedir. Tüketim miktarı ile doğru orantıda meydana gelen atık yumurta kabukları kozmetik, eczacılık, tıp gibi alanlarda kullanılmaktadır. Ancak kolaylıkla parçalanma özelliğinden dolayı kompostlama için de idealdir. İçerdiği mineraller toprağı daha sağlıklı hale getirmektedir. Ayrıca içerisinde bulunan kalsiyumun bitkilerin gelişimine olumlu etki etmesi de kompostlamada kullanımının tercih sebebidir.

Ülkemizde atıkların büyük bir kısmını da yemekhane atıkları oluşturmaktadır. Ülkemizde katı atıkların ayrıştırılması ve geri dönüştürülmek üzere toplanması konusunda çalışmalar yapılmaktadır. Ancak yemek ve bahçe atıklarının geri dönüştürülmesi yani kompostlaştırılması konusuna verilen önem oldukça azdır. Her gün tüketilen yemeklerin atıklarının bir kısmı sokak hayvanlarına verilse de birçoğu hala atık olarak doğaya karışmaktadır. Oysa bu atıkları geri dönüştürerek organik madde miktarı yüksek kompost elde edilebilmektedir (Ekoyapı, 2012).

#### **1.4. Kompostun Kullanım Alanları**

Kompost uygulandığı toprağın organik madde içeriğini, killi toprakların geçirgenliğini ve kumlu toprakların su tutma kapasitesini artırır. Ayrıca bitki kök büyümesini teşvik ederek, su ve hava için gerekli ortamı oluşturur. Humus, toprağın organik madde ihtiyacını azaltır. Azotun tutulmasını sağlar ve yer altı suyuna karışmasını önler. Humus açısından zengin topraklar; yetiştirilen bitkilerin daha sağlıklı, hastalıklara ve zararlılara karşı daha dayanıklı olmasına olanak sağlarlar. Böylece ilaçla mücadele ihtiyacı azalır (Uygun ve Dursun, 2012). Bunların yanı sıra kompost toprak yapısını geliştirerek toprağın su geçirgenliğini artırır. Özellikle yağmur ile toprak yüzeyine ulaşan suyun yüzey akışına geçmek yerine daha kolay yeraltına süzülmesini sağlayarak toprak erozyonunu azaltır.

Bu nedenlerle kompost; erozyon kontrolünde, maden çıkarılmış alanların, eski kum/çakıl ocaklarının ve yanmış orman alanlarının iyileştirilmesinde, golf sahaları, peyzaj çalışmaları, çim sahaları, parklar ve oyun alanlarının yapımında, yol kenarları, mezarlıklar ve askeri tesislerde kullanılır. Ayrıca kompostun bitki gelişimine olumlu etkisi nedeniyle tarla, bahçe uygulamaları, seracılık, meyvecilik, fidanlık ve çiçekçilikte yaygın olarak kullanılmaktadır (Öztürk ve Bildik, 2005).

### **1.5. Kompostun Bitkiye Uygunluğu**

Kompost numunelerinde yapılan fiziksel ve kimyasal analizler onun sadece kalite değerleri hakkında bir ön bilgiye sahip olmamıza imkân vermektedir. Bu şekilde elde edilen sonuçlar kompostun bitki yetiştirme özelliği hakkında yeterli bilgi vermemektedir. Bu nedenle, üretilen kompostlarda bu konunun aydınlanması için, bitkiye uygunluk deneyleri de yapılmaktadır (Özbaş, vd., 2011). Bu deneylerden en iyi sonucun elde edilebilmesi kompostun kalitesi kadar deneyde kullanılacak bitki ve toprağın doğru seçimine de bağlıdır.

Roka Brassicaceae familyasının bir üyesidir. Anavatanı Asya ve Kuzey Afrika olan bitki tek yıllık otsu yapıdadır. Yeşil renkli, düzgün ve albenisi olan yaprak yapısına sahiptir. Yapraklar uzun, oval ve kenarları hafif dişlidir. İçerdiği hoş koku ve hafif baharatlı yapısı nedeniyle iştah açıcı olarak salata veya garnitür sebzesi şeklinde kullanılır (Ünsal, vd., 2014). Roka üretimi için genelde erken ilkbaharda ekim yapılır. Uygun koşullarda ekimden 30-40 gün sonra da hasat edilir. Kış aylarında çok düşük sıcaklıklardan zarar görür. Soğuk kış ayları dışında ülkemizin bütün bölgelerinde roka yetiştiriciliği yapılabilir. Özellikle Ege ve Akdeniz gibi kış mevsimi ılık geçen bölgelerde yılın her döneminde ticari boyutta üretilmektedir. Ayrıca bütün bölgelerde, ev bahçelerinde amatör olarak yetiştiriciliği de yapılmaktadır (Açıkgöz ve Altıntaş, 2011).

Toprak seçimi ise bitkinin ihtiyacı olduğu besinleri alması için önemlidir. Kullanılan toprak organik mineraller açısından zengin, su geçirgenliği ve nem tutma yeteneği yüksek ve bitki köklerinin kolayca yayılmasını sağlaması için yumuşak olmalıdır. Bitkiler yumuşak ve kumlu topraklarda daha kolay kök geliştirebildikleri için daha kolay yetişir. Ancak bu topraklar organik madde açısından zengin değildir. Brassicaceae familyası üyesi bitkileri (tere, roka, maydanoz, marul, lahan vb.) toprak istekleri bakımından seçicidir. Besin maddesince zengin torflu topraklar bu bitkilerin

üretimi açısından ideal topraklardır (Vural, vd., 2000). Torflu topraklar, dengeli ve zengin içerikli olduğundan gerek iç mekânlarda gerekse bahçe, balkon ve teraslardaki çiçekli ve yeşil yapraklı bitkilerin dikiminde yıl boyu kullanılabilir ideal içeriğe sahiptir. Torfun havadar dokusu bitkinin kolay köklenmesini sağlar. Dengeli yapısı ise uzun süre nemini koruyarak yeşil kalmasını sağlar. Bitkilerin düzenli ve aktif gelişmesini sağlar.

Bu çalışmada, ülkemizdeki kurumların yemekhane atıklarının, oldukça fazla tükettiğimiz atık çay posalarının ve yumurta kabuğu atıklarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Araştırmada elde edilen sonuçlara göre, çay ve yumurta kabuğu ilavesinin kompost oluşumuna etkisi belirlenmiş ve kompost karakterizasyonu yapılmıştır. Bitki büyüme deneyleri ile kompostun bitki gelişimi ve verimi üzerine etkisi belirlenmiştir.

## 2. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI

Hue vd. (1994), tarafından yapılan çalışmada; asitli bir toprakta test bitkisi olarak mısırın kullanıldığı bir denemede topraklara evsel atıklardan üretilen kompost ilave edilmiş ve kompostun bitki büyümesi üzerine olan etkisi incelenmiştir. Topraklara hacimsel olarak %0, %25, %50, %75 ve %100 olacak şekilde kompost uygulanmış ve sonuçta en yüksek verimin %75 kompost oranında meydana geldiği belirlenmiştir.

Serra vd. (1996), tarafından yapılan çalışmada; belediye çöplerinden sadece organik kısımlar ayrılarak elde edilen kompostun farklı oranlarda tınlı bir toprağa ilavesi ile toprağın fiziksel özelliklerindeki çeşitli değişimler incelenmiştir. Deneme sonucunda kompostun toprağın su tutma kapasitesini artırdığı belirlenmiştir.

Hamoda vd. (1998), tarafından yapılan çalışmada; sıcaklık, nem içeriği, atığın partikül boyutu ve C/N oranı gibi parametrelerin, parçalanma kinetikleri üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Optimum süreç performansını sağlamak için bu parametreler düzenli olarak kontrol edilmiştir. Çalışma sonucunda, uygun bir kinetik model geliştirilmiştir.

Lopez vd. (1998), tarafından yapılan çalışmada; kentsel katı atıklardan elde edilen kompostun sardunya bitkisinde verim ve kalite üzerine etkileri araştırılmıştır. Deneme sonucunda kompostun bitki yapraklarındaki potasyum ve kalsiyum içeriğini istenilen düzeye getirdiği belirlenmiştir.

Ouédraogo vd. (2001), tarafından yapılan çalışmada; deneyler Burkina Faso'da iki bölgede (Mediga ve Yimtenga) bitkisel üretim için toprak özelliklerini iyileştirmek ve kompost etkisini değerlendirmek amacıyla yapılmıştır. İlk deneyde, kompost, Mediga bölgesinde Ferric Lixisol üzerine 0 ile 10 mg.ha<sup>-1</sup> arasında bir oranda ve Yimtenga bölgesine Ferric-gleyic Lixisol üzerine 0 ile 5 mg.ha<sup>-1</sup> arasında bir oranda uygulanmıştır. İkinci deneme, kompostun ekim ve hasat süresini azaltmadaki rolünü değerlendirmek için Yimtenga'da yapılmıştır. 0 ve 5 mg.ha<sup>-1</sup> oranında kompost uygulanan arazilere süpürge darısı ekimi yapılmıştır. Sonuç olarak toprağın organik madde içeriği açısından kompost ile tedavisinde hiçbir kompost arasında anlamlı bir fark ilişkisi saptanmamıştır. Bununla birlikte, 4 ile 6 kmol. kg<sup>-1</sup> arasında kompost uygulaması toprağın katyon değişim kapasitesini artmıştır. Aynı zamanda kompost uygulaması toprağın pH'ını artırmıştır. Süpürge darısı verimi, kompost uygulanmayan araziler ile karşılaştırıldığında, 10 mg.ha<sup>-1</sup> kompost uygulanan araziler üzerinde üç kat



ve 5 mg.ha<sup>-1</sup> kompost uygulanan araziler üzerinde %45 oranında artmıştır. Kompost uygulaması ekim işleminin olumsuz etkilerini hafifletmiştir.

Wong vd. (2001), tarafından yapılan çalışmada; soya fasulyesi atıkları ve yapraklarının kompostlaştırılması ve kompostlaştırmada karıştırma sıklığının kompost kalitesine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla soya fasulyesi atıkları ile yaprakları talaş ile karıştırılmış ve C/N oranı yaklaşık 30 olan karışım elde edilmiştir. Çalışma yığın A, yığın B ve yığın C olmak üzere 3 yığın olarak yürütülmüştür. Yığın A her gün, yığın B üç günde bir ve yığın C haftada bir karıştırılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre farklı zamanlı karıştırma işlemi kompostlaştırma da pH değerlerini etkilememiştir. Karıştırma işleminin en sık uygulandığı yığın A'da termofilik faz daha kısa sürmüş ve elektriksel iletkenlik düşmüştür. Karıştırma işleminin üç günde bir uygulandığı yığın B'de ise %4'lük değer ile en yüksek karbon ayrışması meydana gelmiştir. Farklı karıştırma sıklığına sahip tüm yığınlar da optimum suda çözünebilir organik karbon, C/N oranı ve çimlenme değerlerine 63. günde ulaşılmıştır. Sonuç olarak en uygun karıştırma sıklığını bu materyal için üç günde bir olarak belirlenmişlerdir.

Briski vd. (2003), tarafından yapılan çalışmada; tütün katı atığının aerobik kompostlaştırması araştırılmıştır. Deneysel izole edilmiş kapalı ısıtıcı 1L ve 25L hacmindeki reaktörlerde 16 günden fazla sürede yapılmıştır. Reaktörlerdeki sıcaklık değişimleri, CO<sub>2</sub> üretimi, mezofilik ve termofilik bakteri popülasyonu bilgisayar bağlantısıyla takip edilmiştir. Çalışma süresince sıcaklık en fazla 64°C, pH 7,85–9,25 arasında ve nem içeriği % 65,8–76,5 olarak bulunmuştur. Tütün atığının aerobik kompostlaştırma işlemi için uygun olduğu ve açığa çıkan ısının biyolojik bozunma işlemiyle orantılı olduğu doğrulanmıştır.

Meenembal vd. (2003), tarafından yapılan çalışmada; aerobik kompostlaştırma yöntemi ile meyve atıklarının biyolojik olarak parçalanabilirliği araştırılmıştır. Alınan örnekler, 4 günde bir analiz edilerek farklı fiziksel, kimyasal ve biyolojik karakteristikler belirlenmiştir. İstenilen kalitede kompost 26. günün sonunda elde edilmiştir. Çalışma sonunda meyve atıklarının iyi derecede kompostlaştırma özelliğine sahip olduğu belirlenmiş ve aerobik kompostlama yöntemi ile hızlı şekilde kaliteli bir kompost üretilbildiği anlaşılmıştır.

Soumare vd. (2003), tarafından yapılan çalışmada; İngiliz çimine, artan dozlarda (25, 50 ve 100 t.ha<sup>-1</sup>) kompost uygulaması yapılmış ve kompostun iyi bir çim dokusu

oluşturduğu, kuru madde verimini arttırdığı ve toprakta herhangi bir ağır metal birikiminin olmadığı bulunmuştur.

Dresbøll vd. (2004), tarafından yapılan çalışmada; bozunmuş bitki kalıntılarının kompostlaştırılması sırasında ortama ilave edilen besin maddesinin mineralizasyon hızına etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, tüm malzemelerin kullanımı ile hazırlanan kompostlar, saman ve kurumuş yoncalar ile hazırlanan kompostlarla azot salınımı bakımından karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, besin açısından zengin saman ve kurumuş yoncaların ilave edildiği çalışmada diğer çalışmaya göre neredeyse iki katı kadar daha fazla azotun mineralize olduğu ve kompost oluşum sürecinin  $7\frac{1}{2}$  hafta kadar kısaldığı bulunmuştur.

Banegas vd. (2007), tarafından yapılan çalışmada; iki farklı talaş oranlarında atık su çamurlarının aerobik ve anaerobik kompostlaştırılması araştırılmıştır. Çalışmada iki farklı atık su çamuru (aerobik ve anaerobik), ağırlıkça 1/1 ve 1/3 (çamur/talaş) oranında iki farklı talaş ile kompostlaştırılmış ve karşılaştırmalar yapılmıştır. Aerobik çamur yığınlarının daha yüksek miktarda mikrobiyal aktivite gösterdiği görülmüştür.

Bouzaiane vd. (2007), tarafından yapılan çalışmada; toprağa  $40 \text{ t.ha}^{-1}$  ve  $80 \text{ t.ha}^{-1}$  düzeyinde kentsel katı atık kompostu uygulanmıştır.  $40 \text{ t.ha}^{-1}$  düzeyinde mikrobiyal biyokütlenin arttığını, buna karşılık  $80 \text{ t.ha}^{-1}$  düzeyinde mikrobiyal biyokütlenin C ve N değerlerinin azaldığı saptanmıştır.

Casado-Vela vd. (2007), tarafından yapılan çalışmada; 3 farklı miktarda kompost (3, 6, 9 kg kompost/m<sup>2</sup> arıtma çamuru kompostu) uygulaması yapılarak kalkerli toprakta yeşilbiber bitkisinin yetişmesine kompost ilavesinin etkisi incelenmiştir. Deneylerde, bitkiler açık havada ve serada olmak üzere iki farklı ortamda yetiştirilmiştir. 9 kg kompost/m<sup>2</sup> uygulamasının toprakta olumsuz etkilere (tuzlanma, elektrik iletkenliğinde artış ve ağır metallere artış) neden olduğu belirlenmiştir. 6 kg kompost/m<sup>2</sup> uygulamasında ise bitki gelişiminin oldukça iyi olduğu görülmüştür. Serada büyüyen bitkilerin meyvelerinin, açık havada büyüyenlere oranla %60 daha fazla kütleye sahip oldukları belirlenmiştir.

Verlinden ve McDonald (2007), tarafından yapılan çalışmada; farklı kompost miktarlarında (0; 6,2; 12,4; 24,7; 49,4 ve  $98,8 \text{ t.ha}^{-1}$ ) deniz lavantası ve horoz ibiği bitkilerinin verim ve kalite özellikleri araştırılmıştır. Araştırmada en yüksek verim ve ağırlık değerlerinin  $98,8 \text{ t.ha}^{-1}$  kompost uygulamasında elde edildiği belirlenmiştir.

Aydınsakir vd. (2009), kentsel katı atık kompostunun (20, 40 ve 80 t.ha<sup>-1</sup>) anemon yetiştiriciliğinde etkilerini inceledikleri çalışmalarında verim, sap uzunluğu ve sap kalınlığı değerlerinin kompost dozu yükseltildikçe arttığını, en iyi sonuçların 80 t.ha<sup>-1</sup> uygulamasından elde edildiğini saptamışlardır.

Sezer vd. (2011), tarafından yapılan çalışmada; Avrupa'da olduğu gibi önümüzdeki yıllarda Türkiye'de kompostlaştırmanın gittikçe önem kazanacağı düşüncesiyle, karışık kentsel atık kompostlaştırma tesisi ünitelerinde atık profili incelenmiştir. Bu amaçla, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Kemerburgaz Geri Kazanım ve Kompostlaştırma Tesisi'nde 12 aylık detaylı bir atık profili çıkarılmış, tesise gelen atık özellikleri ile bu atıkların tesisin farklı ünitelerindeki akışı belirlenmiş ve bunun kompost ürününe etkisi ortaya konmuştur.

Walker vd. (2009), tarafından yapılan çalışmada; kentsel katı atıkların organik kısmının aerobik, termofilik anaerobik ve bu iki prosesin birleşmesiyle oluşan süreçlerdeki bozunma oranlarını karşılaştırılmıştır. Anaerobik prosesin daha hızlı olduğu bulunmuştur. Daha hızlı olmasının yanı sıra organik maddelerin gaz (CO<sub>2</sub> ve CH<sub>4</sub>) dönüşümü fazla oranda olmuştur. Ayrıca son ürünün stabilitesi ve olgunlaşması iyileşmiştir. Anaerobik süreci takiben aerobik prosesin uygulanması hidroliz, oksidasyon oranı ve ürün stabilitesini iyileştirdiği tespit edilmiştir. Sonuç olarak da iki prosesin birlikte uygulanmasıyla biyogaza ve az kokulu stabil son ürüne 19 gün içinde ulaşılmıştır.

Karaal (2010), bitki yetiştirme ortamı olarak fındık kabuğu atığı kompostunu kullandığı çalışmada; değişen oranlarda organik gübre ilavesinin roka ve terede sonbahar ve ilkbahar yetiştirme dönemlerinde verim ve bazı kalite özelliklerine etkisi incelenmiştir. Rokada en yüksek verim %15 kompost dozunda elde edilmiş, yetiştirme dönemi açısından ise sonbahar dönemi daha yüksek verim değerlerini vermiştir. Terede %10 kompost katkısı ve ilkbahar yetiştirme dönemi en yüksek verimi vermiştir. Araştırmacı fındikkabuğu atığı kompostunun benzer şekilde farklı katkı ile zenginleştirildikten sonra kıvrıcık marul, taze soğan vb. gibi yeşilliklerde denenmesinin yararlı olacağını belirtmiştir.

Aydınsakir vd. (2011), tarafından yapılan çalışmada; kentsel katı atıklardan elde edilen kompostun, Akdeniz koşullarında plastik seralarda yetiştirilen düğün çiçeği (*Ranunculus asiaticus* L., Orange)'nde verim ve bazı kalite özellikleri ile toprak

özellikleri üzerine etkisini belirlenmiştir. Çalışmada 4 farklı kompost düzeyi (0 “kontrol”, 2, 4 ve 8 t.da<sup>-1</sup>) sera toprağına karıştırılmıştır. Deneme sonunda, kompost uygulamasının sap uzunluğu, sap kalınlığı ve verim gibi özellikler üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, söz konusu kompostun farklı dozlarının verim ve kalite özellikleri üzerinde kontrole göre artış gösterdiği ve 8 ton da-1 uygulama dozunun toprağına zarar vermeden örtüaltı düğün çiçeğı yetiştiriciliğinde başarıyla kullanılabilceğı saptanmıştır. Yüksek düzeyde organik madde içeren kentsel katı atık kompostunun zengin mineral bileşimi nedeniyle toprağın fiziksel kimyasal özelliklerini olumlu yönde etkilediğı ve artan dozları oranında verimi ve kaliteyi artırdığı saptanmıştır.

Sundberg vd. (2011), tarafından yapılan çalışmada; dört kompost tesisine gelen biyolojik atıklar, fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik olarak karakterize edilmiştir. Gıda atıklarının pH'ı 4,7 ile 6,1 ve organik asit konsantrasyonu 24 ile 81 mmol.kg<sup>-1</sup> arasında değışmiştir. Atık örneklerinde bakteri çeşitliliğı yüksek ancak tüm örneklerde özellikle Gammaproteobacteria, Pseudomonas ve Enterobakteri türleri hakim olmuştur. Laktik asit bakterileri de sayısal olarak önemlidir çünkü ürettikleri laktik asit pH'ı düşürür ve diğerk bakterileri önleyerek olumsuz kompostlama sürecini etkilediğı bilinmektedir. Bu nedenle laktik asit bakterileri özel olarak incelenmiştir. Verimli kompost için gerekli bakteriyel grupları, yani Bacillales ve Actinobacteria'lar, istenilen miktarda gözlenmiştir. Sonuç olarak verimli kompostlama için, pH'ın 6 üzerinde bir değere sahip olması ve kompost oluşumu sırasında atıkların sık sık karıştırılması tavsiye edilmiştir.

Yakupoğlu vd. (2011), tarafından yapılan çalışmada, meşe ağaç türüne ait odun yongası ve hızar tozları ile farklı oranlarda çay atığı ilave edilen ortamların kontrollü üretim odası koşullarında *G. Lucidum* mantarının gelişim, verim ve morfolojik özellikleri üzerine etkileri belirlenmiştir. Ayrıca yetiştirme ortamlarının pH, nem, karbon, azot ve karbon/azot oranları belirlenmiştir. Denemede meşe odun yongası ile çay atıklarından hazırlanan ortamların *G. lucidum* üretiminde kullanılabilceğı sonucuna varılmıştır.

Abdulghani (2012), siyah çay atığının toprak özellikleri ve bitki gelişimi üzerine etkilerini incelediğı çalışmada; çay atığının toprak EC ve pH değeri ve hacim ağırlığını düşürdüğünü, poröziteyi artırdığını bildirmiştir. Ayrıca araştırmacı arpa bitkisinin 1000

dane ağırlığı ve kuru ağırlığı üzerine % 4 ve %6 oranında çay atığı uygulamaların olumlu etki yaptığını bildirmiştir.

Aşık vd. (2012), tarafından yapılan çalışmada; çay atığı kompostu (ÇAK), ahır gübresi (AG) ve peat (P) çim alan oluşturulmasında kullanım olanağı araştırılmıştır. Çalışma deneme alanındaki tesadüfi olarak çekilen bloklarda Ankara koşullarında yürütülmüştür. Sonuç olarak çay atığı kompostu ve diğer organik materyallerin çim alan oluşturmada etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Çay atığı kullanılan kompost; kuru ot verimini, fide kuru ağırlığını, desimetre karedeki kardeş sayısını, köklenmeyi, yenilenme kabiliyetini artırmıştır. Çim bitkisinin yaprak rengi tüm uygulamalarda donuk yeşil olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar ÇAK'ın çim alanların oluşturulmasında üst kapak materyali olarak kullanılabilmesinin göstermiştir. Bu atığın mevcut özelliklerinin daha da iyileştirilmesine yönelik kompostlama çalışmalarının yapılması bazı besin maddeleri yönünden zenginleştirilmesi ile daha da olumlu sonuçların alınabileceği görülmüştür. Söz konusu materyal bu şekilde değerlendirilerek doğaya geri dönüşümünün sağlanması ekonomik açıdan olduğu kadar çevre ve doğanın korunması açısından da büyük yararlar sağlayacaktır.

Pant vd. (2012), tarafından yapılan çalışmada; deneyler yoluyla kompost kalitesi, çay ekstraktlarının kompostun biyokimyasal özelliklerine etkisi ve bitki büyüme değişkenlikleri araştırılmıştır. Ticari olarak üretilen beş farklı kompost, kalite değerlendirmesi için seçilmiştir. Bunlar: (i) tavuk gübresi tabanlı termofilik kompost (ii) yeşil atık (çürümüş bitki kalıntıları) termofilik kompost (iii) yemek atıkları vermicompost; (iv) tavuk gübresi tabanlı vermicompost (yıllanmış); ve (v) tavuk gübresi tabanlı vermicompost (taze) şeklindedir. Kompost çay oranı 1/10 (a/a) olarak seçilmiş ve havalandırılmalı ekstraksiyon yöntemi kullanılarak her bir kompost hazırlanmıştır. Dört hafta süreyle turba perlit ortamı içinde Pak Choi büyütülmüştür. Sonuçlar, kompost kalitesinin besin ekstraksiyon verimi, mikrobiyal aktivite, fitohormonlar (bitkisel hormonlar) ve ekstraktların toplam besin içeriğini etkilediğini göstermiştir. Ayrıca kompost kalitesinin pak choi de mineral besin durumunu ve büyümeyi etkilediği gözlenmiştir. Kompostlaştırmada çay ilavesi ile pak choi büyümesi ve mineral besin içeriği artmıştır. Kompostun, bitki büyümesi üzerine olumlu etkisinin büyük ölçüde çaydaki mevcut N minerali ve gibberellin hormonu ile ilişkili olduğu bulunmuştur. Çaylardan ölçülen benzer gibberellin hormonu konsantrasyonları ile

laboratuarda yapılan pak choi yetiştiriciliğinde doğrudan giberellin hormonu'un büyüme üzerindeki olumlu etkisi doğrulanmıştır. Bu bulgular, çayın vermicompost veya termofilik kompost ya da kompost üretimi için kullanılabilir olduğunu düşündürmüştür ancak çayın kalitesinin kompost kalitesine ve bitki üzerindeki etkisine göre tahmin edilebileceği söylenmiştir.

Belda vd. (2014), tarafından yapılan çalışmada; kompost ve iki farklı tür vermikompost kullanılarak saksılara biberiye bitkisi ekilmiş ve bu üç tür malzemenin biberiye bitkisi büyümesini ve köklenmesini nasıl etkilediği araştırılmıştır. Kompost (C) ve vermikompostlar ( $V_1$  ve  $V_2$ ) domates atıklarından elde edilmiştir. Her bir malzeme çeşitli oranlarda torf ile karıştırılmıştır. Bitki deneyleri iki şekilde fidanlık koşullarında gerçekleştirilmiştir. İlk deneyde, biberiye bitkisi hazırlanan karışımlara tohum olarak ekilmiş, büyütülmüş ve köklenme tespit edilmiştir. İkinci deneyde, köklü fideler (altı ay fide nakli sonrası) her karışımı içinde büyütülmüştür. Her iki deneyinde fiziksel, kimyasal ve fizikokimyasal özellikleri belirlenmiştir. Sonuç olarak, fiziksel özelliklerin istenilen düzeyde olduğu belirtilmiştir. pH ve tuzluluk özellikle kompost bazlı karışımlarda yüksek ve oldukça alkaline olmuştur. Kompostun çözünür mineral içerikleri, vermikompost 1, vermikompost 2 ve torfa göre çok daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ancak her iki vermikompost da köklenme ve büyüme açısından kompostu ve torfu geride bırakmıştır.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Kompost üretimi amacıyla araştırma kapsamında altı katı atık kullanılmıştır. Bu atıklar çay posası, meyve kabuğu, sebze kabuğu, kuruyemiş kabuğu, yumurta kabuğu ve kâğıttır.

Çalışmada, atık çay posası Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Mühendislik Fakültesi çay ocağından, sebze kabukları Üniversite yemekhanesi günlük öğün hazırlama atıklarından, toprak Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Gülümbe Kampüsü bahçesinden, kuruyemiş, meyve, yumurta kabukları ve atık kağıt peçete Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Kimya ve Süreç Mühendisliği Bölümü öğrencilerinden kompost hammaddesi olarak temin edilmiştir. Karışım üniversite bahçesinden alınan bir miktar toprağa eklenmiştir.

Çalışmada mevsim uygunluğu, ev ortamında yetiştiriciliğinin kolaylığı ve az miktardaki topraklarda da rahatlıkla kök geliştirebilme özelliğinden dolayı roka bitkisi tercih edilmiştir. Brassicaceae familyasından *Eruca sativa* (roka) tohumu; Paşa Tohumculuk San. ve Tic. Ltd. Şti. tarafından 01/2015 tarihinde üretimi yapılmış, Bilecik Merkez ilçesi tarım ofisinden temin edilmiştir. Ekim işlemi için kullanılan roka tohumu ve bitki torfu Şekil 3.1’de verilmiştir.



**Şekil 3.1.** Bitki ekiminde kullanılan A)Roka tohumu B)Bitki torfu.

### 3.2.Yöntem

#### 3.2.1.Kompostun hazırlanışı

Araştırmada kompost üretimi, ucuz ve tasarımının pratik olması nedeniyle atık meşrubat şişelerinden laboratuvar koşullarında yapılan kolonlarda gerçekleştirilmiştir. Atık meşrubat şişeleri kullanılarak yapılan kolonlar Şekil 3.2’de verilmiştir.



**Şekil 3.2.** Kompost oluşumunda kullanılan kolonlar.

Kompost karışımında; çay, meyve kabuğu, yumurta kabuğu, yaprak/sebze kabuğu, kuruyemiş kabuğu, atık kâğıt peçete ve matriks olarak, üniversite bahçesinden alınan bir miktar toprak kullanılmıştır. Karışımlarda toplamda ortalama; 1000-1500 gr organik atık, 750 gr atık çay posası, 700 gr atık yumurta kabuğu ve 1500-2000 gr toprak kullanılmıştır. Çalışmada kompostlama hızını arttırmak amacıyla kompost hammaddeleri bilyalı değirmende (Fore Test Cihazları, Bilyalı Değirmen, Türkiye) öğütülmüş ve elek (Yüksel Kaya Makina, Standard Testing Sieve, Türkiye) analizi yapılmıştır.

Kompost hammaddelerinin analiz öncesi ve sonrası görüntüleri Şekil 3.3’de verilmiştir.





Şekil 3.3. Kompost hammaddeleri.

Tüketim miktarıyla birlikte atık miktarının da artması ve bu konuya yönelik yapılmış çok fazla çalışma olmaması nedeniyle çalışmada atık çay posasının ve yumurta kabuğunun kullanılması uygun görülmüştür. Kompost hammaddelerinden atık çay posasının ve yumurta kabuğunun artan oranlarda ilave edilmesinin kompost oluşum sürecine etkisini belirlemek üzere hazırlanan reçeteler ve % karışım oranları Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Hazırlanan kompost reçeteleri ve % karışım oranları.

*Kompost Hammaddeleri/ *Kompost Karışımları	K1	K2	K3	K4	K5	K6
<b>CY</b>	11	17	23	27	10	9
<b>MK</b>	15	14	13	12	13	12
<b>SK</b>	4	3	3	3	3	3
<b>KYK</b>	11	10	10	9	10	9
<b>YK</b>	11	10	10	9	23	27
<b>KT</b>	4	3	3	3	3	3
<b>TK</b>	44	41	39	36	39	36
<b>TOPLAM</b>	100	100	100	100	100	100

\*Kompost Hammaddeleri: CY: Çay posası, MK: Meyve kabuğu, SK: Sebze kabuğu, KYK: Kuruymiş kabuğu, YK: Yumurta kabuğu, KT: Kağıt, TK: Toprak

\*Kompost Karışımları: K1: Kompost karışımına ait 1. reçete kodu, K2: Kompost karışımına ait 2. reçete kodu, K3: Kompost karışımına ait 3. reçete kodu, K4: Kompost karışımına ait 4. reçete kodu, K5: Kompost karışımına ait 5. reçete kodu, K6: Kompost karışımına ait 6. reçete kodu

Oluşturulan reçeteler doğrultusunda kompost hammaddeleri homojen olarak karıştırılmış ve kolonlara doldurulmuştur. Kompost karışımlarının kolonlara doldurulma işlemi Şekil 3.4’de gösterilmiştir.



**Şekil 3.4.** Kompost hammaddelerinin kolonlara doldurulması.

Kompost oluşumu sırasında mikroorganizmaların kullanacağı oksijenin ortama girişi ve ortamdan hava çıkışı sağlanması amacıyla kolonların yan yüzeylerine çok sayıda yapılan deliklerle aerobik ortam sağlanmıştır. Proses sürecinde, hızlı kompost üretimi ve kontrollü bir ortam yaratmak amacıyla kolonlar üzerlerine şeffaf çoraplar geçirilerek çalkalamalı inkübatörde (Lab-Line, Orbital Shaking Incubator, ABD) 45°C’de muhafaza edilmiştir. Kompost oluşum süreci boyunca kolonlar 5 gün aralıklarla karıştırılmıştır. Her karıştırma işlemi sonrası 5 gr numune alınarak nem içeriği analizi yapılmış ve kolonlara nem miktarlarına bağlı olarak su ilave edilmiştir. Kolonların süreç içerisindeki görselleri Şekil 3.5’de verilmiştir.



**Şekil 3.5.** Kompost oluşum sürecinde kolonlar.

### 3.2.2. Parçacık boyutu

Kompostlama sürecinde tercih edilen parça büyüklüğü 5 cm'den daha azdır. Bu nedenle sürecin başlangıcında kompostlama hızını arttırmak amacıyla kompost hammaddeleri bilyalı değirmende (Fore Test Cihazları, Bilyalı Değirmen, Türkiye) öğütülmüş ve elek (Yüksel Kaya Makina, Standard Testing Sieve, Türkiye) analizi yapılarak partikül boyutları belirlenmiştir.

### 3.2.3. C/N oranı

Hammaddelerin ve 65. günde oluşan kompost malzemenin C, N değerlerini belirlemek amacı ile elemental analiz cihazı (Leco TruSpec, CHN-S 628, ABD) kullanılmıştır.

5., 20., 35., ve 50. günlerde alınan numunelerin C/N oranının belirlenmesinde Rynk (1992) tarafından geliştirilen matematiksel eşitlik kullanılmıştır.

Homojen dağılmış 0,10-0,12g numune alüminyum numune kabı içerisinde tartılıp hazırlandıktan sonra cihaz haznesine yerleştirilmiştir. Cihaz içerisinde gerçekleşen yüksek sıcaklıklarda (950-1300°C) yakma işlemi ile numuneler saf oksijenli ortamda parçalanarak gaz halindeki bileşiklere dönüşmüş ve bu oluşan gazlar üzerinden numunedeki C ve N değerleri belirlenmiştir.

$$R = \frac{Q1(C1 * (100 - M1)) + Q2(C2 * (100 - M2)) + Q3(C3 * (100 - M3)) + \dots}{Q1(N1 * (100 - M1)) + Q2(N2 * (100 - M2)) + Q3(N3 * (100 - M3)) + \dots} \quad (3.1)$$

Burada, R karışımın C:N oranı, Qn (n=1,2,3...) n. Materyalin kütlesi (yaş ağırlık, olduğu gibi), Cn (n=1,2,3...), n. Materyalin karbon içeriği (%), Nn (n=1,2,3...) n. Materyalin azot içeriği (%), Mn (n=1,2,3...) n. Materyalin nem içeriği (%) dir (Rynk, 1992). Formüle ait örnek hesaplama Ek-1'de verilmiştir.

### 3.2.4. Nem içeriği

Kompost oluşum süreci boyunca aralıklarla yapılan karıştırma işlemi sonucu numuneler alınarak bu numunelere nem analizi yapılmıştır. Alınan numunelerin ve oluşan kompost malzemenin nem içeriği nem tayin cihazı (Sartorius, MA 45, Almanya) ile belirlenmiştir. Kompost numunelerinin her birinden 5gr alınmıştır. Cihazın numune kabı içerisine spatül yardımı ile homojen şekilde dağıtıldıktan sonra 105°C'de ölçüm başlatılarak sonuçlar kaydedilmiştir. Nem içeriği kompostlama prosesi boyunca % 40-60 arasında tutulmuştur.

### 3.2.5. pH

Kompost malzemelerin pH'sının belirlenmesi için, oda sıcaklığında numuneler üzerine 2/5 oranında distile su eklenmiştir. 10 dakika magnetik karıştırıcıda karıştırıldıktan sonra, pH metre (Mettler Toledo, Seven Easy, Switzerland) ile kompost numunesinin pH değeri ölçülmüştür.

### 3.2.6. SEM analizi

SEM çok küçük bir alana odaklanan yüksek enerjili elektronlarla yüzeyin taranması ile bu küçük alandan yüksek çözünürlüklü görüntü alma tekniğidir (Gündoğdu vd., 2013). Bu teknik sayesinde oluşturulan kompost malzemenin yapısı hakkında bilgiler alınmıştır. SEM (Zeiss, Supra 40 VP, Almanya) analizinde kaplama yöntemi olarak altına göre iletkenliği daha iyi olması nedeniyle platin kaplama (Quorum, Q 150R ES, ABD) kullanılmıştır. WD (çalışma uzaklığı) 10,1 mm olarak ayarlanmış ve 15 kV'da çalışılmıştır. Numuneler gözenekli mikro yapının daha iyi gözlemlenebildiği 10000 büyütme uygulanmıştır.

### 3.2.7. FTIR analizi

FTIR Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi, bir tür titreşim spektroskopisidir. IR ışınları molekülün titreşim hareketleri tarafından soğurulur ve yüksek çözünürlükte spektrumlar elde edilir (Gündoğdu vd., 2013). Bu yöntem ile, moleküler bağ karakterizasyonu yapılarak; organik bileşiklerden oluşan kompost malzemenin yapısındaki fonksiyonel gruplar, yapıdaki bağların durumu ve bağlanma yerleri belirlenmiştir. FTIR (Perkin Elmer, Spectrum 100, ABD) analizinde önceden öğütülen numuneler KBr ile karıştırılarak 13mm'lik peletler şeklinde preslenerek 380-4000cm<sup>-1</sup> dalga boyu aralığında gerçekleştirilmiştir.

### 3.2.8. XRD analizi

X ışını kırınım yöntemi (XRD), her bir kristalin fazın kendine özgü atomik dizilimlerine bağlı olarak X ışınlarını karakteristik düzen içerisinde kırması esasına dayanır. Her bir kristalin faz için bu kırınım profilleri bir nevi parmak izi gibi o kristali tanımlar (Özbaş vd., 2011). XRD analizi ile oluşan kompost malzemenin dolgu fazları ve numunelerin içerisindeki kristal yapılar hakkında bilgi alınmıştır. XRD (PANalytical, Empyrean, Pennsylvania) analizinde numuneler 2θ aralığı, 10-80 derecede çekilmiştir.

### 3.2.9. Bitki yetiştirme deneyleri

Kompost oluşumu için 6 farklı reçete belirlenmiş (K1, K2, K3, K4, K5, K6) ve kompost üretimi gerçekleştirilmiştir. Bitki yetiştirme denemeleri oluşturulan her bir kompost ile ¼ kompost + ¾ bitki torfu, ½ kompost + ½ bitki torfu oranlarında ve kompost etkisini belirlemek amacıyla sadece bitki torfu, ağırlıkça (a/a) hesaplanarak saksılara uygulanmıştır. Deneme 26 saksıdan oluşmuş (2 farklı kompost miktarı x 6 farklı kompost reçetesi x 2 paralel + bitki torfu x 2 paralel = 26 saksı) olup saksılar 22°C sabit sıcaklıkta ev ortamında tutulmuştur. Kompost uygulanan saksılara 120gr, sadece bitki torfu uygulanan saksılara 180gr karışım konulmuştur.

Çalışmada kompost karışım oranının bitki verimine etkisini belirlemek amacıyla farklı oranlarda kompost ilave edilen ortamlarda bitki ağırlığı, toplam boy uzunluğu, yaprak boyu uzunluğu ve kök boyu uzunluğu değerleri incelenmiştir. İki hafta aralıklar ile yapılan ölçümlerde ağırlık ölçümü hassas terazi (Precisa, XB 220 A SCS, İsviçre) ile toplam boy, kök ve yaprak boyları ise metre ile ölçülmüştür.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Hammadde Analizleri

Çalışmada kompost oluşumu için kullandığımız hammaddelerin nem tayini ve C, N değerlerini belirlemek amacı ile elementel analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

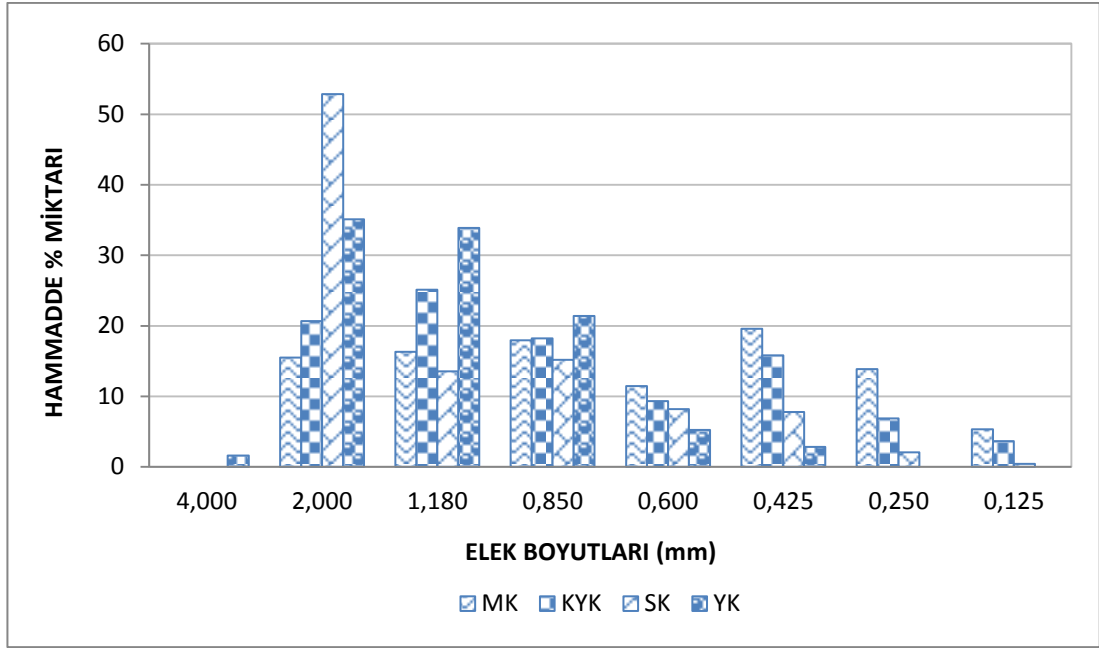
**Çizelge 4.1.** Kompost karışımı hammadde nem analiz ve elementel analiz sonuçları.

Kompost Hammaddeleri	%N	%C	%H	C/N Oranı	%Nem İçeriği
CY	3,85	49,71	5,69	12,91	3,77
MK	0,42	40,94	5,47	97,48	7,65
SK	1,24	35,55	5,91	28,67	23,91
KYK	0,09	45,19	5,02	502,11	5,91
YK	0,01	13,93	0,01	1393,00	0,93
KT	0,01	41,30	5,39	4130,00	6,61

\*Kompost Hammaddeleri; CY: Çay posası, MK: Meyve kabuğu, SK: Sebze kabuğu, KYK: Kuruyemiş kabuğu, YK: Yumurta kabuğu, KT: Kağıt

Kompost hammaddelerine ait elementel analiz sonuçları incelendiğinde çay posası, meyve kabuğu ve sebze kabuğu C/N oranı değerlerinin kuruyemiş kabuğu, yumurta kabuğu ve kağıttaki C/N oranı değerlerinden oldukça düşük olduğu görülmektedir. Hammaddelerin elementel analizleri sonucu C/N oranı değerleri incelendiğinde kompost oluşumunda; çay posası, meyve kabuğu ve sebze kabuğunun azot kaynağı, kuruyemiş kabuğu, yumurta kabuğu ve kağıdın ise karbon kaynağı olduğu söylenebilir.

Bu çalışmada kompostlama işlemi öncesi gerçekleştirilen hammaddelere ait boyut analizi Şekil 4.1’de verilmiştir.

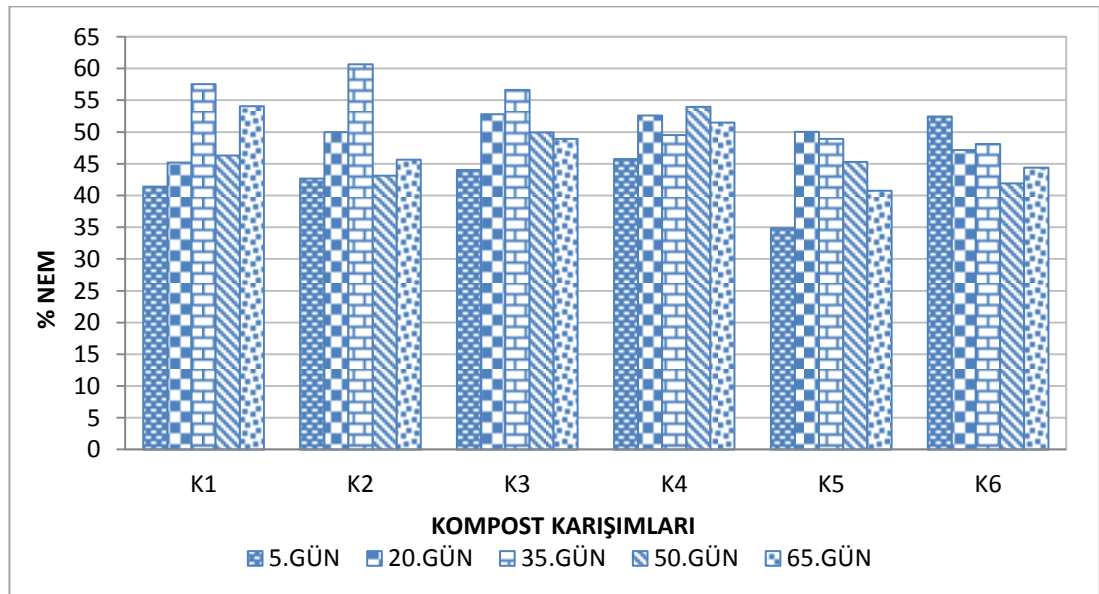


Şekil 4.1. Hammadde boyut analizi.

Şekil 4.1'e bakıldığında kompost karışımını oluşturan hammaddelerin 4mm'den daha küçük olduğu görülmektedir. Bu hammadde karışımlarının kompostlama için tercih edilen parça büyüklüğüne sahip olduğunu göstermiştir (Technobanoglous, vd., 1993).

#### 4.2. Kompost Analizleri

Kompostlama sırasında materyalin nem içeriklerinin zamanla değişimi Şekil 4.2'de verilmiştir.



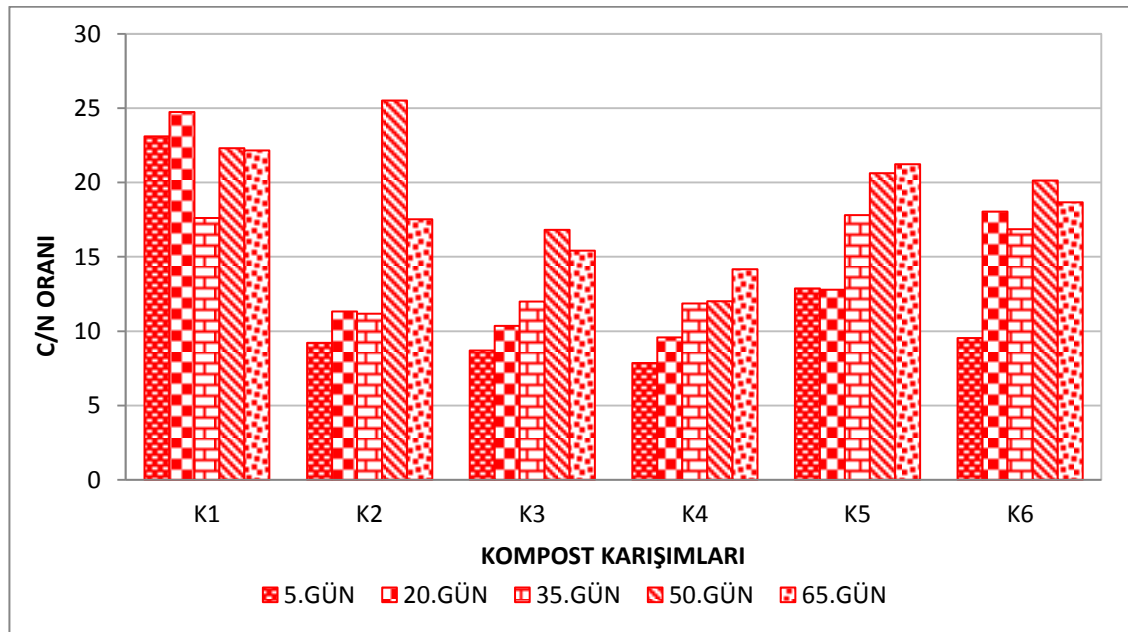
Şekil 4.2. Kompost oluşum sürecinde % nem değişimi.

Çalışmalar boyunca nem içeriği en düşük K1 kompost karışımında 5. günde %34,86 ve en yüksek K2 kompost karışımında 20. günde %60,66 olarak ölçülmüştür.

Meenembal, vd. (2003), kompostlaştırma işlemi boyunca en uygun nem içeriğinin %40-60 arasında olduğunu belirtmiştir. Kompost karışımlarının nem içeriklerinde artış ve azalışlar olsa da Şekil 4.2.'de nem içeriklerinin istenilen değerlere yakın olduğu ve bu değerlerde en uygun kompost karışımının K4 olduğu görülmektedir.

Topkaya (2003), tarafından yapılan çalışmalardan elde edilen bilgiye göre; materyalin azot içeriği ne kadar yüksek ise o kadar nemli, karbon içeriği ne kadar yüksek ise materyal o kadar kuru olmaktadır. Bu nedenle nem içeriğindeki artışlar kompost karışımlarında azot içeriğinin arttığını, azalışlar ise karbon içeriğinin arttığını göstermektedir.

Bu çalışmadaki kompost karışımlarının C/N oranlarının zamanla değişimi Şekil 4.3'de gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Kompost oluşum sürecinde C/N değişimi.

Şekil 4.3.'de C/N oranının en düşük K4 kompost karışımında 5. günde 7,87 ve en yüksek K2 kompost karışımında 65. günde 25,51 olduğu görülmektedir. Çalışma süresince K1 kompost karışımı dışında bütün karışımlarda C/N oranı artış göstermiş yalnız K1 kompost karışımında 35. günde azalma meydana gelmiş daha sonra yeniden bir artış göstermiştir.

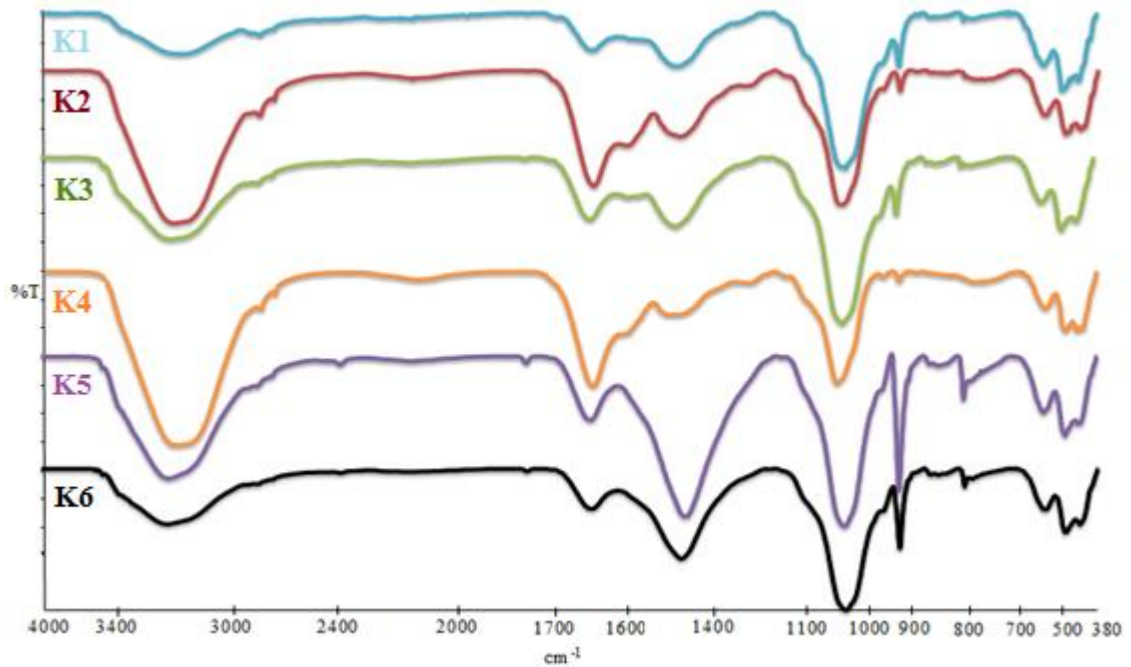
Michel ve Reddy (1998), tarafından verilen bilgiye göre; C/N oranındaki artışlar, kompostlama sırasındaki amonyak kaybı ile ilişkilidir. Amonyak kaybı ile ortamdan



uzaklaşan azot mikrobiyal aktiviteyi ve kompost oluşum sürecini yavaşlatmaktadır. Bu nedenle optimum C/N oranı 15-20 arasında olmalı ve 25-30 değerlerinden daha yüksek olmamalıdır.

Bu değerlere göre çalışma boyunca C/N oranı istenilen aralıklara uygun olarak sürdürülmüştür. Çalışmada elde edilen kompostların C/N oranı bakımından uygun değerlerde olması organik madde açısından zengin olduklarını göstermektedir. İstenilen en uygun C/N oranı değerleri ise K6 kompost karışımında elde edilmiştir.

Şekil 4.4.'te kompost numuneleri yapısal karakterizasyonuna ait FTIR analizi sonuçları verilmiştir.

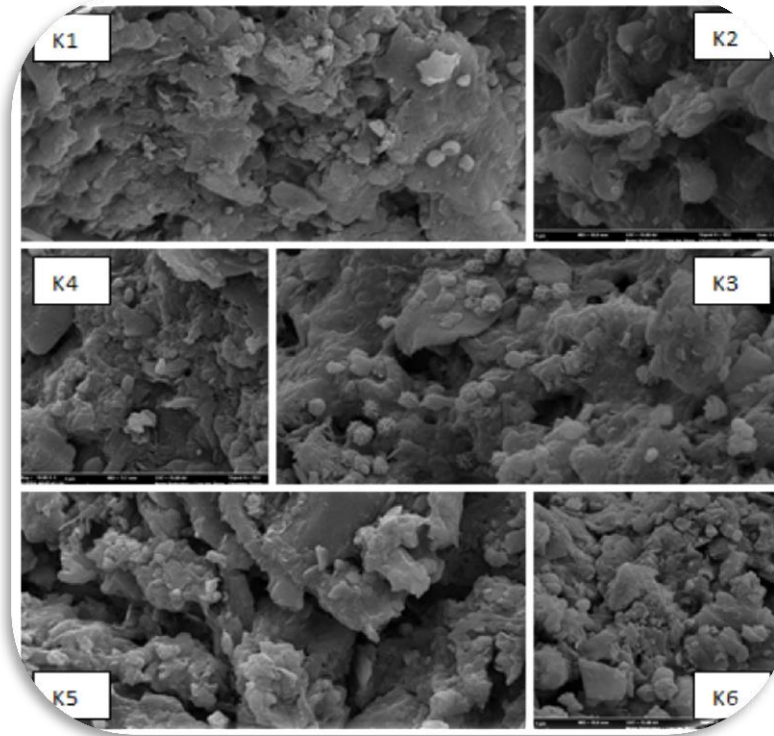


Şekil 4.4. 65. Gün kompost numuneleri FTIR spektrumları.

Şekil 4.4 incelendiğinde; 65. günde kompost numunelerinin yapısında bulunan  $\text{CO}_3^{2-}$  grubuna ait 2 adet pik, 1419,83 ve 872,17  $\text{cm}^{-1}$ , sırasıyla  $\text{CO}_3$  asimetrik gerilme ve  $\text{CO}_3$  düzlem dışı eğilme hareketlerinden kaynaklanmaktadır (Komadel vd., 1996). Yine kompost yapısında bulunan  $\text{NO}_3$  gruplarına ait titreşimler, 1635,53  $\text{cm}^{-1}$ 'de  $\text{NO}_2$  asimetrik gerilme, 794,68 $\text{cm}^{-1}$ 'de N-O gerilmesi ve 679,89  $\text{cm}^{-1}$ 'de  $\text{NO}_2$  gerilmesi şeklindedir. 1003,68  $\text{cm}^{-1}$ 'deki pikler ise organik kökenli bileşenlerdeki  $\text{CH}_2$  gruplarının düzlem içi eğilme ve C-O gerilmelerinden kaynaklanmaktadır (Bellamy, 1975). K4 numunesinde görülen 1365-1280  $\text{cm}^{-1}$ 'deki pikler ise nitrat bileşiklerine aittir. K3 ve K4 numunelerinde gözlemlenen 2919  $\text{cm}^{-1}$  ve 2847  $\text{cm}^{-1}$ 'deki pikler  $\text{NH}^+$  titreşimlerine

aittir. K5 ve K6 numunelerinde gözlemlenen  $778\text{ cm}^{-1}$ 'deki pikler  $\text{SiO}_2$  gruplarının titreşimlerine,  $1735\text{ cm}^{-1}$ 'deki pikler ise  $\text{C}=\text{O}$  gruplarının titreşim hareketlerine aittir (Yohannan vd., 2006). Kompost yapısındaki diğer pikler incelendiğinde,  $710\text{ cm}^{-1}$ 'deki pik ise  $\text{ZnO}$  moleküllerinin titreşimlerine ait olduğu düşünülmektedir (Bentley vd., 1968).  $600\text{ cm}^{-1}$ 'deki pik ise  $\text{Cu}_2\text{O}$  moleküllerine aittir (Erdik, 1993).

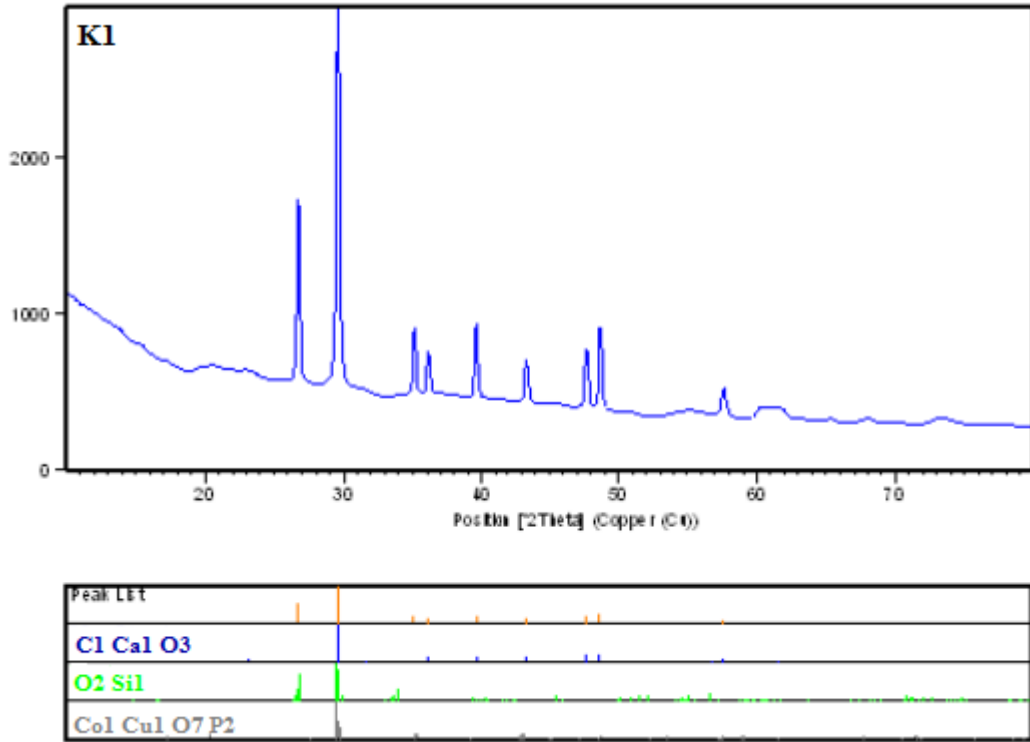
Şekil 4.5.'te kompost numuneleri dolgu fazlarının karakterizasyonuna ait SEM analizi sonuçları verilmiştir



**Şekil 4.5.** Kompost numuneleri SEM görüntüleri.

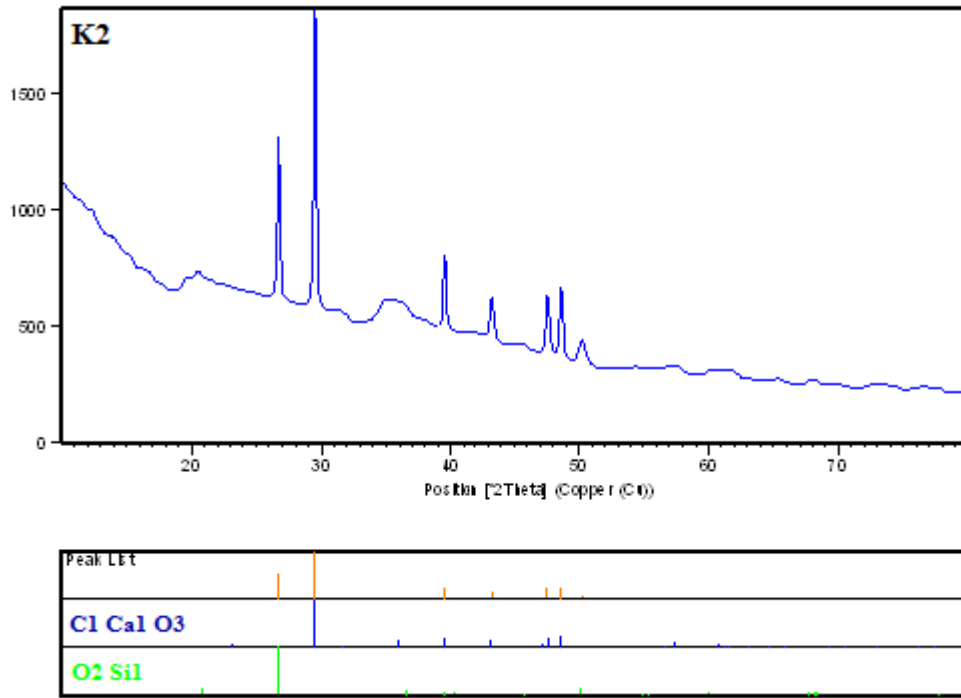
Kompost numunelerinin SEM görüntüleri incelendiğinde bozulmuş homojen organik madde (kompost) için çok gözenekli mikroyapı görülmektedir. Organik malzeme bir toprak iyileştirici olarak kullanılacağı zaman, bu gözenekli yapı değerlidir. Çünkü gözenekli organik madde toprak ve su tutma kabiliyeti yapısını geliştirir (Lleó vd., 2013).

Kompost numunelerine uygulanan XRD desenleri Şekil 4.6 - 4.11'de verilmiştir. Bu grafiklere ait analiz sonuçları ise Çizelge 4.2'de gösterilmiştir.



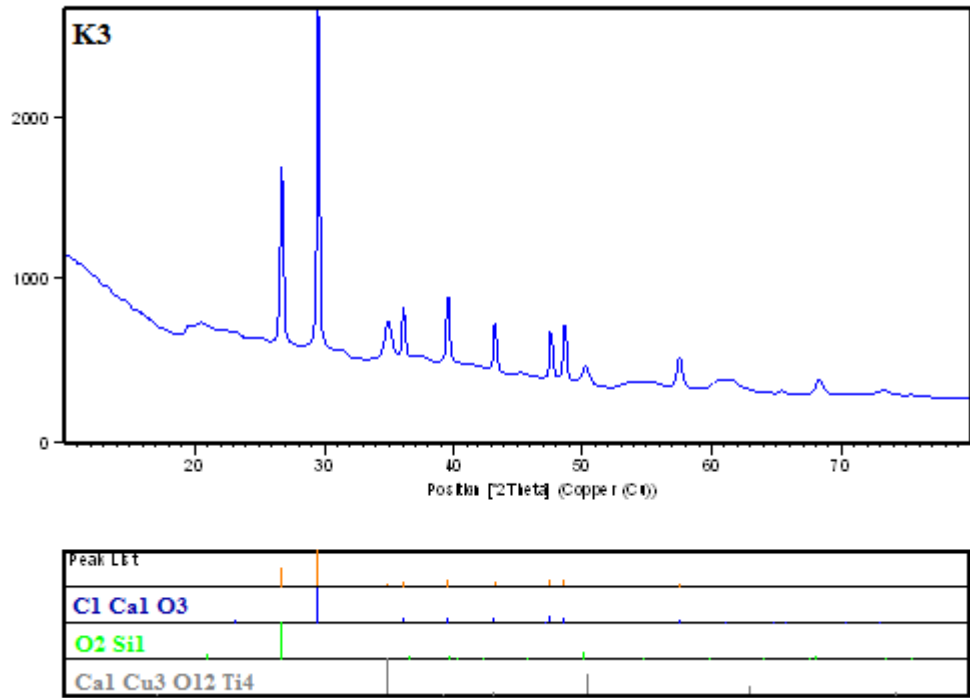
Şekil 4.6. K1 XRD deseni.

Şekil 4.6 incelendiğinde;  $2\theta$  derecesi  $26,7283$  olan pikin %50,88 çakışma yoğunluğu ile monoklinik yapıda  $\text{SiO}_2$  bileşiğine ait olduğu,  $2\theta$  derecesi  $29,5716$  olan pikin %100 çakışma yoğunluğu ile hegzagonal yapıda  $\text{CCaO}_3$  bileşiğine ait olduğu,  $2\theta$  derecesi  $35,1070$  olan pikin %18,39 çakışma yoğunluğu ile anortik yapıda  $\text{CoCu}(\text{P}_2\text{O}_7)$  bileşiğine ait olduğu ve  $2\theta$  derecesi  $36,1038$ - $57,5812$  aralığında olan piklerin düşük yoğunluklarda  $\text{CCaO}_3$  bileşiğine ait olduğu gözlenmiştir. Kompostun yapısında gözlenen  $\text{CoCu}(\text{P}_2\text{O}_7)$  bileşiğinin ortamda bulunan safsızlıklardan kaynaklandığı tahmin edilmektedir.



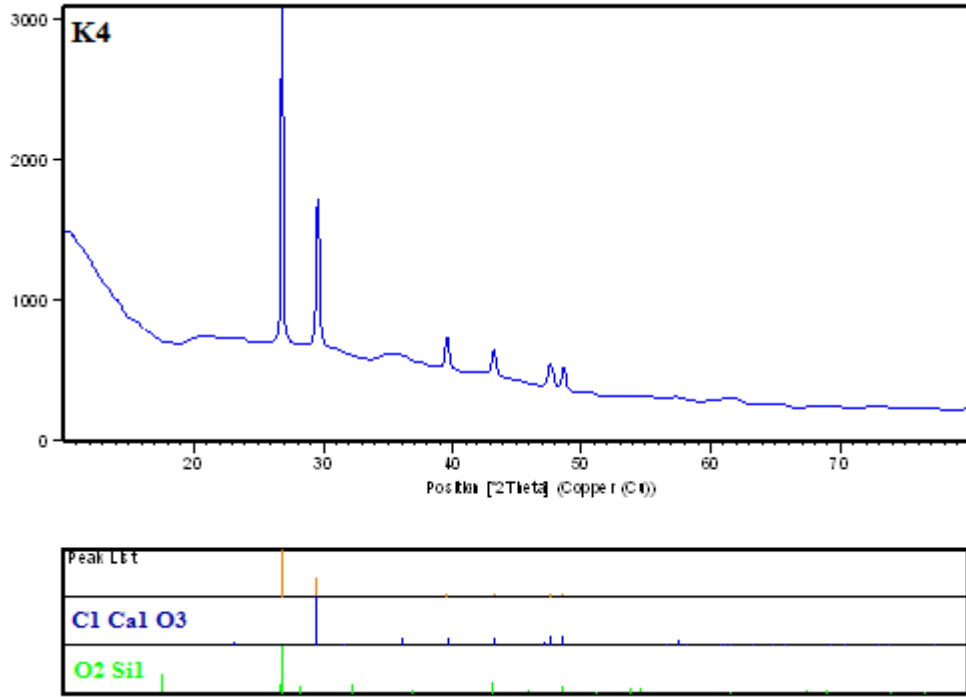
Şekil 4.7. K2 XRD deseni.

Şekil 4.7 incelendiğinde;  $2\theta$  derecesi  $26,7028$  olan pikin %52,35 çakışma yoğunluğu ile hegzagonal yapıda  $\text{SiO}_2$  bileşiğine ait olduğu,  $2\theta$  derecesi  $29,4821$  olan pikin %100 çakışma yoğunluğu ile hegzagonal yapıda  $\text{CCaO}_3$  bileşiğine ait olduğu,  $2\theta$  derecesi  $39,4761$ - $48,5941$  aralığında olan piklerin düşük yoğunluklarda  $\text{CCaO}_3$  bileşiğine ait olduğu ve  $2\theta$  derecesi  $50,2367$  olan pikin düşük yoğunlukta  $\text{SiO}_2$  bileşiğine ait olduğu gözlenmiştir.



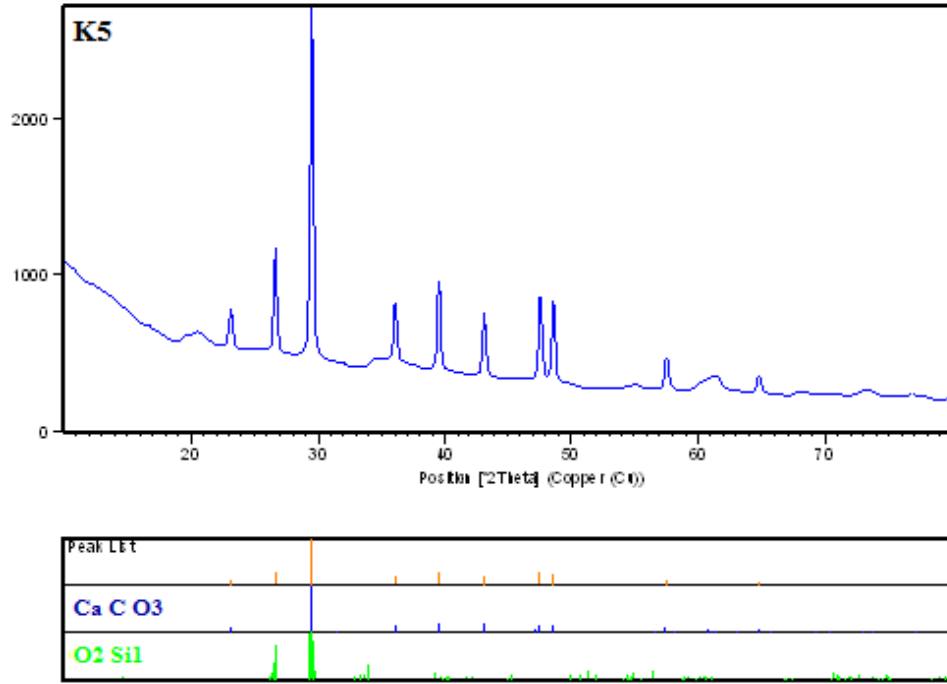
Şekil 4.8. K3 XRD deseni.

Şekil 4.8 incelendiğinde;  $2\theta$  derecesi  $26,7135$  olan pikin %51,45 çakışma yoğunluğu ile hegzagonal yapıda  $\text{SiO}_2$  bileşiğine ait olduğu,  $2\theta$  derecesi  $29,4986$  olan pikin %100 çakışma yoğunluğu ile hegzagonal yapıda  $\text{CCaO}_3$  bileşiğine ait olduğu,  $2\theta$  derecesi  $34,8962$  olan pikin %10,05 çakışma yoğunluğu ile hegzagonal yapıda  $\text{CaCu}_3(\text{Ti}_4\text{O}_{12})$  bileşiğine ait olduğu ve  $2\theta$  derecesi  $36,0858$ - $68,2274$  aralığında olan piklerin düşük yoğunluklarda  $\text{CCaO}_3$  bileşiğine ait olduğu gözlenmiştir. Kompostun yapısında gözlenen  $\text{CaCu}_3(\text{Ti}_4\text{O}_{12})$  bileşiğinin ortamda bulunan safsızlıklardan kaynaklandığı tahmin edilmektedir.



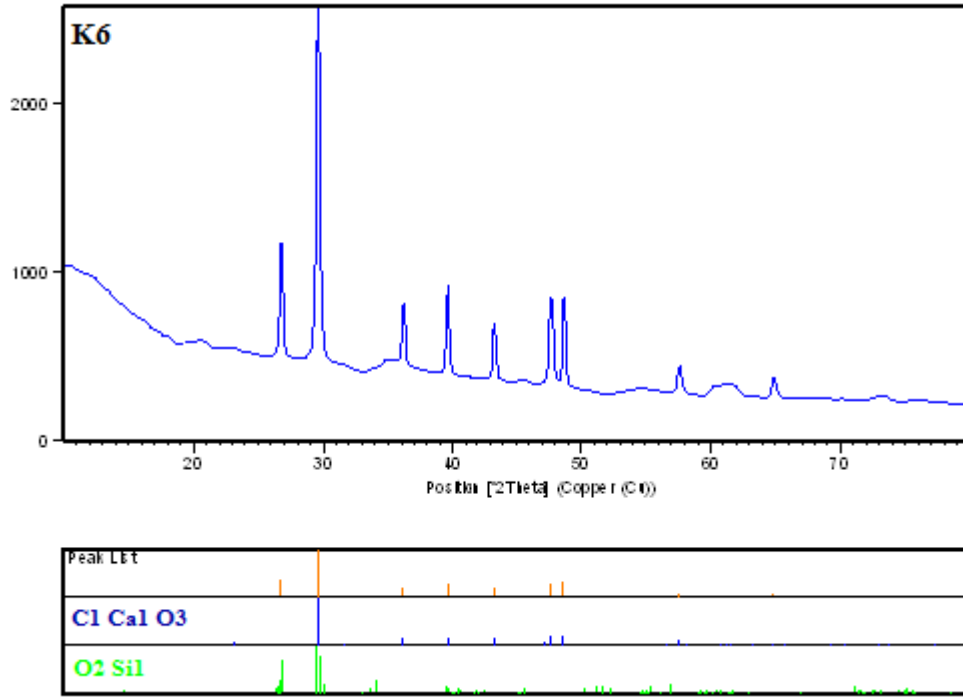
Şekil 4.9. K4 XRD deseni.

Şekil 4.9 incelendiğinde;  $2\theta$  derecesi  $26,8170$  olan pikin %100 çakışma yoğunluğu ile hegzagonal yapıda  $\text{SiO}_2$  bileşiğine ait olduğu,  $2\theta$  derecesi  $29,5496$  olan pikin %39,23 çakışma yoğunluğu ile tetragonal yapıda  $\text{CCaO}_3$  bileşiğine ait olduğu ve  $2\theta$  derecesi  $39,5119$ - $48,6364$  aralığında olan piklerin düşük yoğunluklarda  $\text{CCaO}_3$  bileşiğine ait olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.10. K5 XRD deseni.

Şekil 4.10 incelendiğinde;  $2\theta$  derecesi 23,1188 olan pikin %10,81 çakışma yoğunluğu ile rombohedral yapıda  $\text{CCaO}_3$  bileşiğine ait olduğu,  $2\theta$  derecesi 26,6279 olan pikin %28,73 çakışma yoğunluğu ile monoklinik yapıda  $\text{SiO}_2$  bileşiğine ait olduğu,  $2\theta$  derecesi 29,4638 olan pikin %100 çakışma yoğunluğu ile rombohedral yapıda  $\text{CCaO}_3$  bileşiğine ait olduğu ve  $2\theta$  derecesi 36,0313-64,7496 aralığında olan piklerin düşük yoğunluklarda  $\text{CCaO}_3$  bileşiğine ait olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.11. K6 XRD deseni.

Şekil 4.11 incelendiğinde;  $2\theta$  derecesi 26,7579 olan pikin %32,65 çakışma yoğunluğu ile monoklinik yapıda  $\text{SiO}_2$  bileşiğine ait olduğu,  $2\theta$  derecesi 29,5740 olan pikin %100 çakışma yoğunluğu ile hegzagonal yapıda  $\text{CCaO}_3$  bileşiğine ait olduğu ve  $2\theta$  derecesi 36,1662-65,8514 aralığında olan piklerin düşük yoğunluklarda  $\text{CCaO}_3$  bileşiğine ait olduğu gözlenmiştir.

### 4.3. Bitkiye Uygunluk Deneyleri

Vural vd. (2000), tarafından verilen bilgilere göre; bitkiler besin maddesi olarak topraktaki organik maddeleri kullanırlar. Toprak ne kadar yumuşak ve organik madde bakımından zengin ise bitki o kadar kolay köklenip gelişmektedir. Bu nedenle bitkinin ağırlık ve boy uzunluğu değerleri toprağın yapısı ile doğru orantılıdır.

Büyüme süreci boyunca bitkilerin ekim sonrası görüntüsü Şekil 4.12, 2.haftaya ait görüntü Şekil 4.13, 4.haftaya ait görüntü Şekil 4.15, 6.haftaya ait görüntü Şekil 4.17 ve hasat sonrası görüntü Şekil 4.19'da verilmiştir.

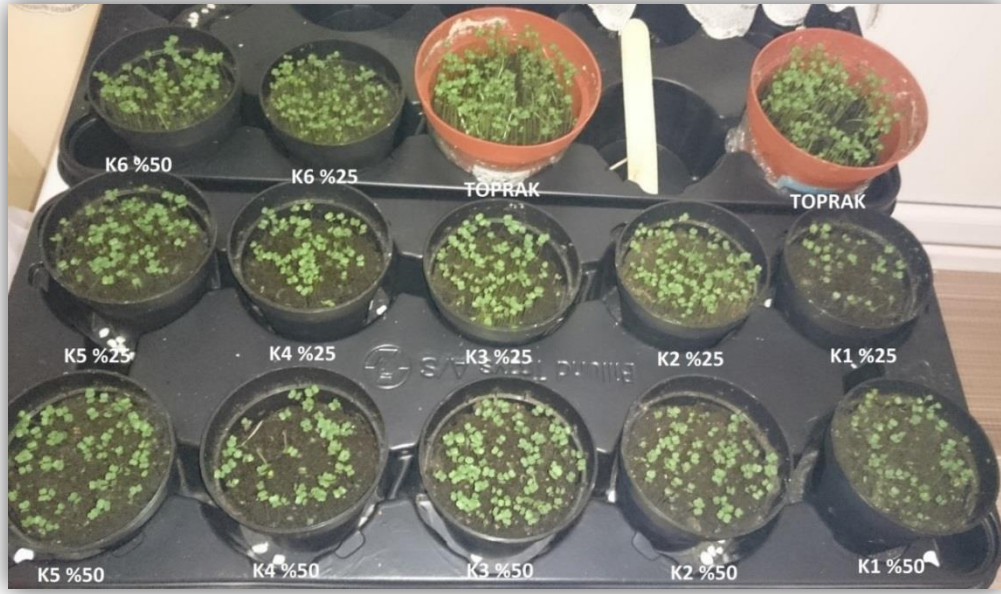




**Şekil 4.12.** Bitki büyüme deneyi ekim sonrası görüntüleri.

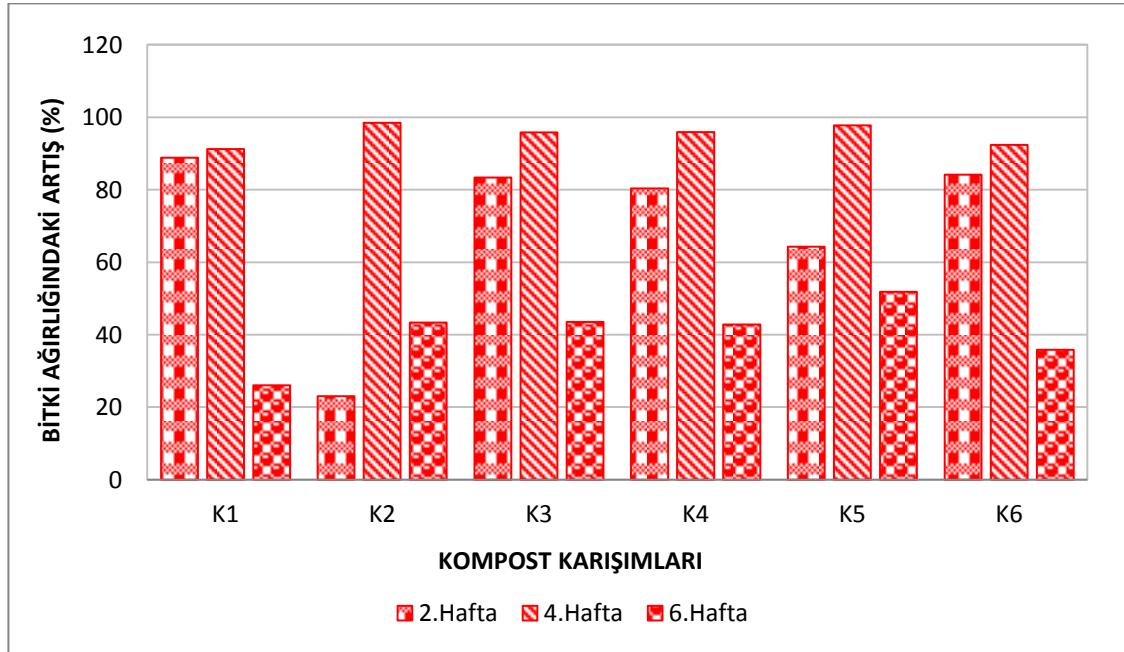
Bitki büyüme deneyi ekim işlemleri için oluşturulan saksılara roka tohumu yaklaşık 0,1gr (50 adet) ve 0,5cm derinlikte ekilmiştir. Ekim işlemi sonrası ilk çimlenme ekim gününden 5 gün sonra gözlenmiştir. İlk aşamada çimlenme çok sayıda ve birbirine yakın olmuştur. Bu durum köklenmeyi olumsuz etkileyeceği için 2. hafta sonrasında çok yakın mesafede bulunan filizlere seyreltme işlemi uygulanmıştır.

Çalışma sonucunda elde edilen kompostların bitki verimine etkisinin belirlendiği bitki ağırlığındaki artış (%) miktarları değerlendirilmiştir. Değerlendirme ile ilgili çalışmalar; %25 kompost karışımı I. paralel bitki büyüme artış (%) miktarı Şekil 4.14’de, %25 kompost karışımı II. paralel bitki büyüme % artış miktarı Şekil 4.16’da, %50 kompost karışımı I. paralel bitki büyüme % artış miktarı Şekil 4.18’de ve %50 kompost karışımı II. paralel bitki büyüme % artış miktarı Şekil 4.20’de gösterilmiştir.



Şekil 4.13. Bitki büyüme deneyi 2.hafta görüntüleri.

Şekil 4.14'de %25 kompost karışımı I. paralel olarak ekilen roka bitkisinin 2.hafta, 4.hafta ve 6.hafta'da gerçekleştirilen ağırlık ölçümlerindeki artış miktarı % olarak belirtilmiştir.



Şekil 4.14. %25 Kompost karışımı I. paralel bitki büyüme % artış miktarı.

2.haftadan 4.haftaya doğru bitki ağırlığında; K1'de %2,31; K2'de %75,41; K3'de %12,49; K4'de %15,55; K5'de %33,50 ve K6'da %8,29 oranında artış olduğu ancak 4.haftadan 6.haftaya doğru ise bitki ağırlığında K1'de %65,12; K2'de %55,11;

K3'de %52,33; K4'de %53,08; K5'de %45,91 ve K6'da %56,59 oranında azalış olduğu gözlenmektedir.

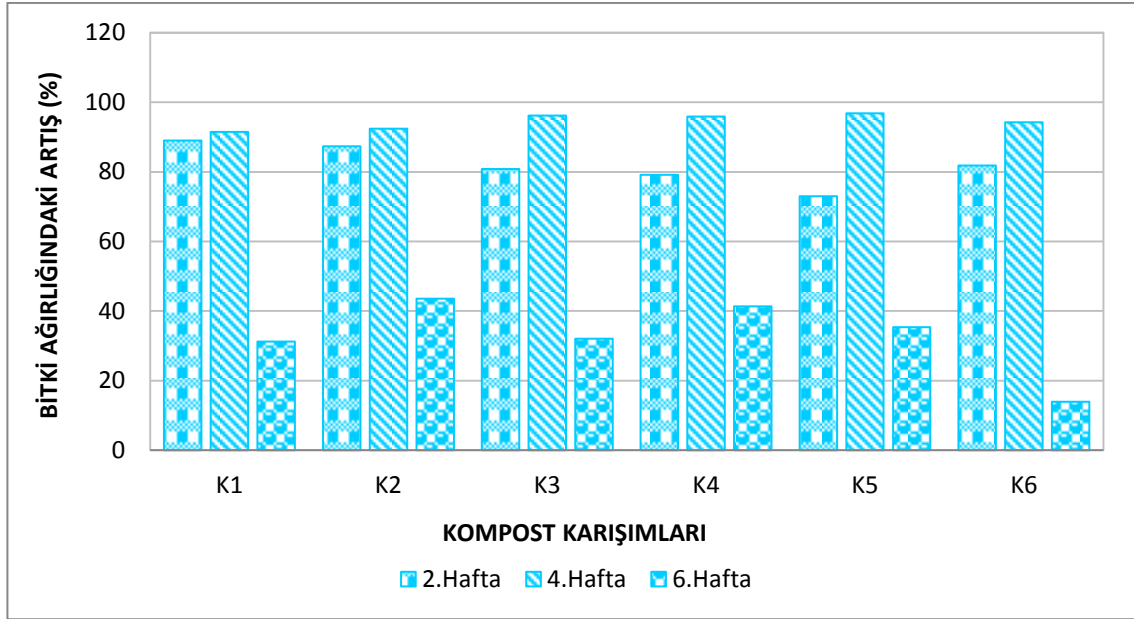
Bitkinin ekiminden 4.haftaya doğru meydana gelen ağırlık artışından yola çıkarak bitkinin 4.haftaya kadar geliştiği söylenebilir. Bunun yanı sıra 4.haftadan sonra meydana gelen azalma bize bitkinin 4.haftada gelişimini tamamladığını ve 6.haftaya doğru solmaya başlayarak ağırlık kaybı yaşadığını göstermektedir.

Grafikteki değerlerden yola çıkarak bir karşılaştırma yapıldığında, 4.haftadan 6.haftaya doğru azalışın en az olduğu yani bitkinin gelişimini 4.haftadan sonra da devam ettirdiği kompost karışımı K5 olarak belirlenmiştir.



**Şekil 4.15.** Bitki büyüme deneyi 4.hafta görüntüleri.

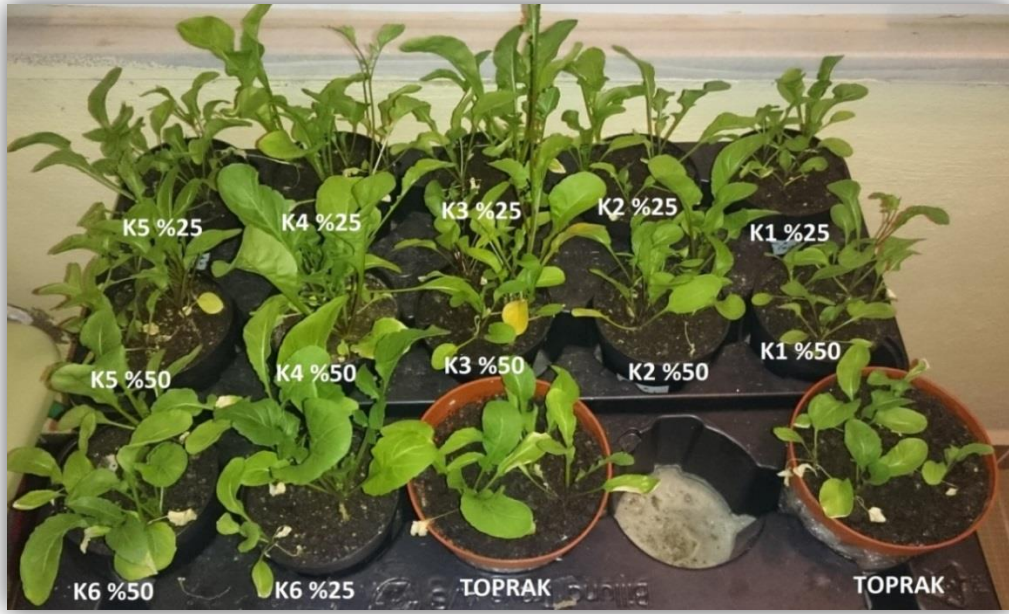
Şekil 4.16'da %25 kompost karışımı II. paralel olarak ekilen roka bitkisinin 2.hafta, 4.hafta ve 6.hafta'da gerçekleştirilen ağırlık ölçümlerindeki artış miktarı % olarak belirtilmiştir.



**Şekil 4.16.** %25 Kompost karışımı II. paralel bitki büyüme % artış miktarı.

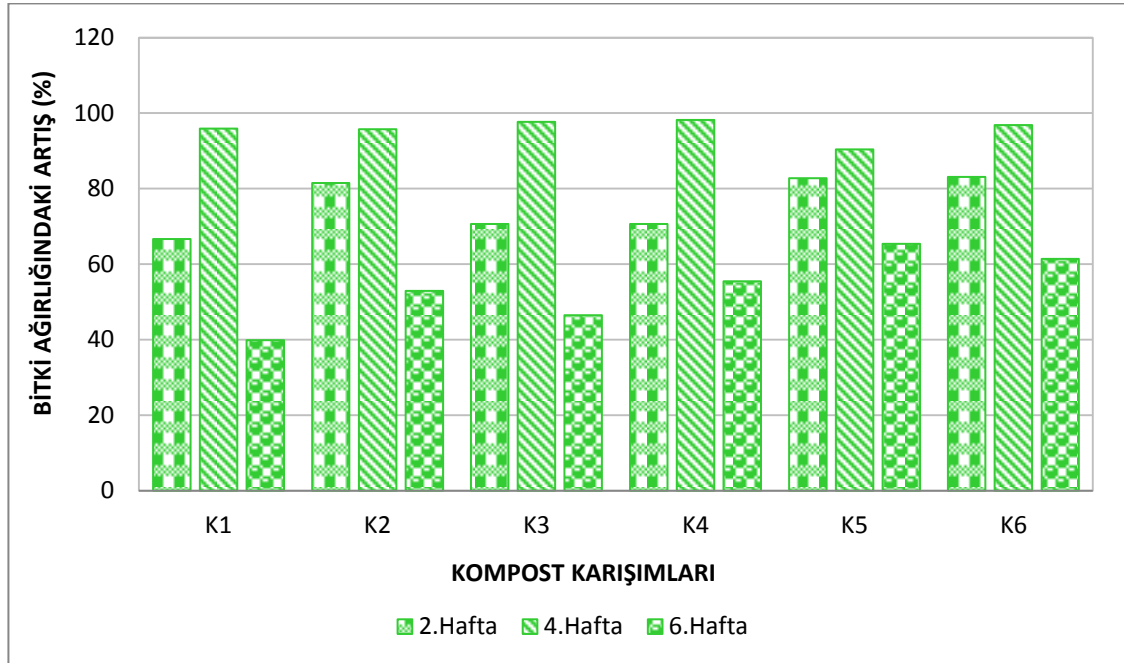
I.paralel de olduğu gibi 2.haftadan 4.haftaya doğru bitki ağırlığında; 2.haftadan 4.haftaya doğru bitki ağırlığında; K1’de %2,48; K2’de %5,00; K3’de %15,37; K4’de %16,72; K5’de %23,85 ve K6’da %12,43 oranında artış olduğu ve 4.haftadan 6.haftaya doğru ise bitki ağırlığında K1’de %60,28; K2’de %48,80; K3’de %64,09; K4’de %54,52; K5’de %61,49 ve K6’da %80,30 oranında azalış olduğu gözlenmektedir. Burada da bitkinin ilk 4 haftada gelişimini tamamladığı, 6.haftaya doğru solmaya başlayarak ağırlık kaybı yaşadığı söylenebilir.

Grafikteki değerlerden yola çıkarak bir karşılaştırma yapıldığında, 4.haftadan 6.haftaya doğru azalışın en az olduğu yani bitkinin gelişimini 4.haftadan sonra da devam ettirdiği kompost karışımı K4 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.17. Bitki büyüme deneyi 6.hafta görüntüleri.

Şekil 4.18’de %50 kompost karışımı I. paralel olarak ekilen roka bitkisinin 2.hafta, 4.hafta ve 6.hafta’da gerçekleştirilen ağırlık ölçümlerindeki artış miktarı % olarak belirtilmiştir.



Şekil 4.18. %50 Kompost karışımı I. paralel bitki büyüme % artış miktarı.

%25 kompost karışımında olduğu gibi 2.haftadan 4.haftaya doğru bitki ağırlığında K1’de %29,21; K2’de %14,23; K3’de %27,05; K4’de %27,62; K5’de %7,62

ve K6'da %13,79 oranında artış meydana gelmiş ancak 4.haftadan 6.haftaya doğru meydana gelen K1'de %55,99; K2'de %42,81; K3'de %51,21; K4'de %42,77; K5'de %25,04 ve K6'da %35,47 oranındaki azalma %25 kompost karışımındaki gibi değildir. Bu da %50 kompost karışımında gelişmenin daha uzun süre devam ettiğini bitkinin ilk 4 haftadan sonra da geliştiğini fakat 6.haftaya doğru yine de ağırlık kaybı yaşadığı göstermektedir.

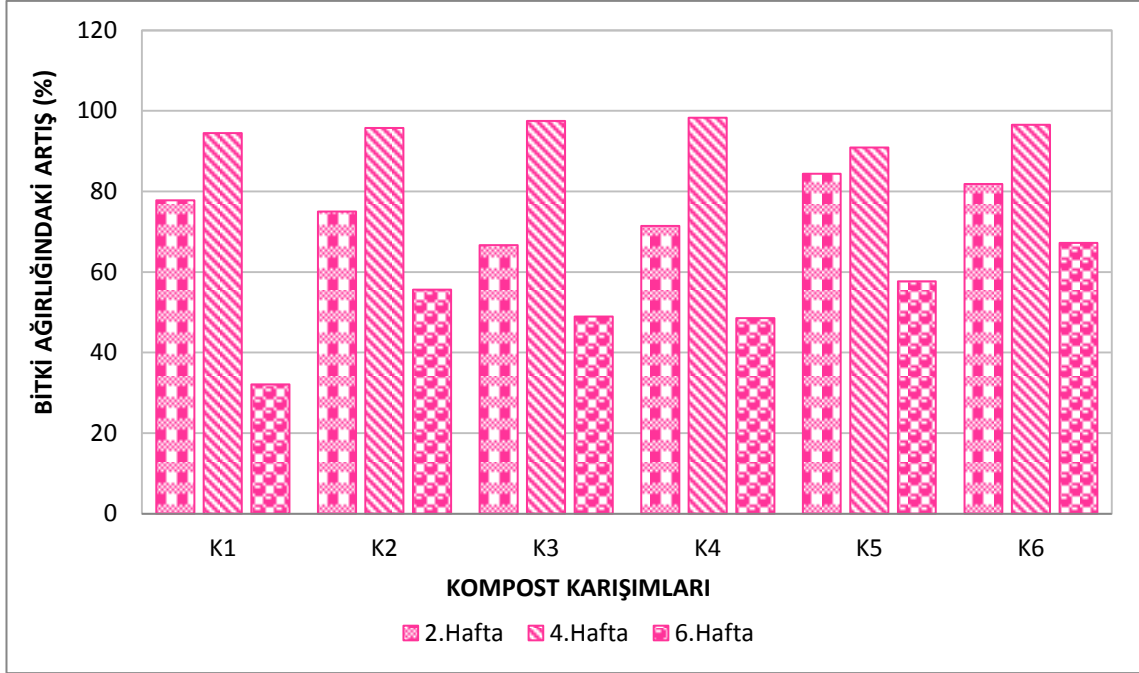
Grafikteki değerlerden yola çıkarak bir karşılaştırma yapıldığında, 4.haftadan 6.haftaya doğru azalışın en az olduğu yani bitkinin gelişimini 4.haftadan sonra da devam ettirdiği kompost karışımı K6 olarak belirlenmiştir.



**Şekil 4.19.** Bitki büyüme deneyi hasat sonrası görüntüleri.

Hasat işleminde görsel olarak gelişimini en iyi tamamlamış olan roka seçilerek ağırlık, toplam boy, yaprak boyu ve kök boyu ölçümleri yapılmıştır.

Şekil 4.20'de %50 kompost karışımı II. paralel olarak ekilen roka bitkisinin 2.hafta, 4.hafta ve 6.hafta'da gerçekleştirilen ağırlık ölçümlerindeki artış miktarı % olarak belirtilmiştir.



Şekil 4.20. %50 Kompost/Bitki torfu karışımı II. paralel bitki büyüme % artış miktarı.

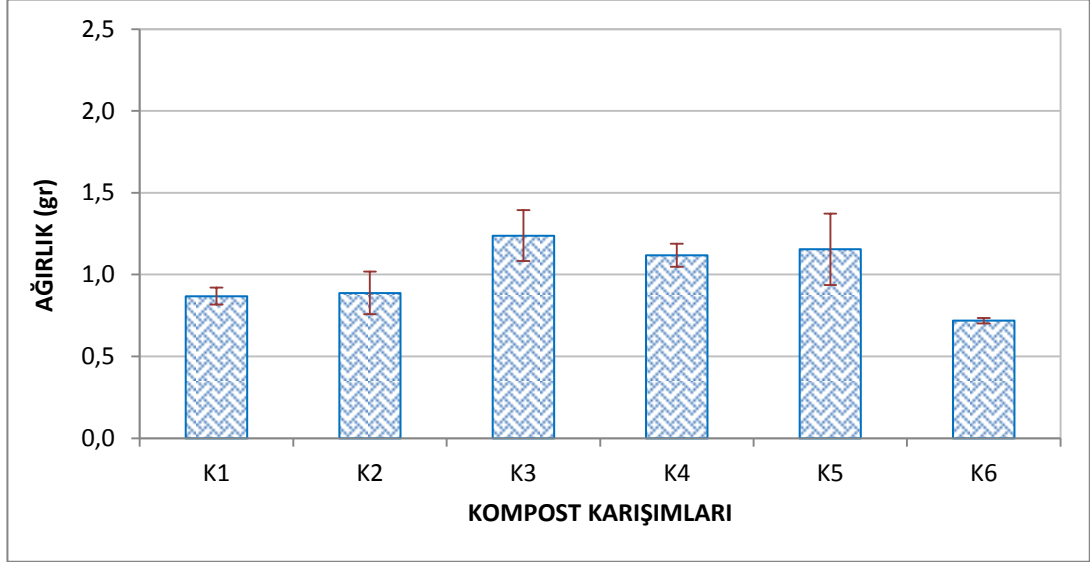
I.paralel de olduğu gibi, 2.haftadan 4.haftaya doğru bitki ağırlığında K1'de %16,70; K2'de %20,73; K3'de %30,84; K4'de %26,85; K5'de %6,51 ve K6'da %14,68 oranında artış meydana gelmiş ve 4.haftadan 6.haftaya doğru K1'de %62,40; K2'de %40,12; K3'de %48,57; K4'de %49,77; K5'de %33,20 ve K6'da %29,27 oranında azalma olmuştur. Burada da gelişmenin daha uzun süre devam ettiğini bitkinin ilk 4 haftadan sonra da geliştiğini fakat 6.haftaya doğru yine de ağırlık kaybı yaşadığı söylenebilir.

Grafikteki değerlerden yola çıkarak bir karşılaştırma yapıldığında, 4.haftadan 6.haftaya doğru azalışın en az olduğu yani bitkini gelişimini 4.haftadan sonra da devam ettirdiği kompost karışımı K6 olarak belirlenmiştir.

%25 ve %50 kompost karışımı I.paralel ve II.paralel ortalama ağırlık değerleri ile hata değerleri Şekil 4.21 ve Şekil 4.22'de, %25 ve %50 kompost karışımı I.paralel ve II.paralel ortalama toplam bitki boyu değerleri ile hata değerleri Şekil 4.23 ve Şekil 4.24'de, %25 ve %50 kompost karışımı I.paralel ve II.paralel değerleri, bitki yaprak boyu değerleri ve bitki kök boyu değerleri ise Şekil 4.25 ve Şekil 4.26'da gösterilmiştir.

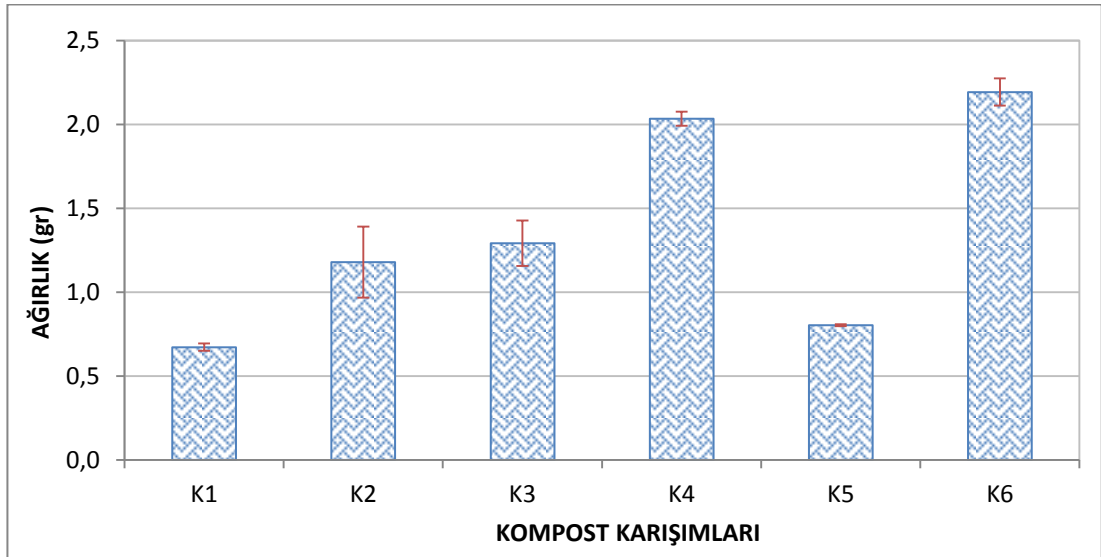
Hata değerlerinin küçük olması değerlerin birbirine yakın olduğunu, hata değerlerinin büyük olması ise değerlerin birbirine uzak olduğunu göstermektedir. Hata değerlerinin küçük olduğu kompost karışımları bitki torfu ile daha kararlı bir yapı oluşturarak bitkinin ihtiyacı olan besinleri almasını ve verim değerlerinin birbirine

yakın olmasını sağlamıştır. Ancak hata değerleri kompost karışımlarının organik madde içeriği bakımından zenginliği konusunda bilgi sahibi olunması için yeterli olmamaktadır.



**Şekil 4.21.** %25 Kompost karışımı bitki ağırlık değerleri.

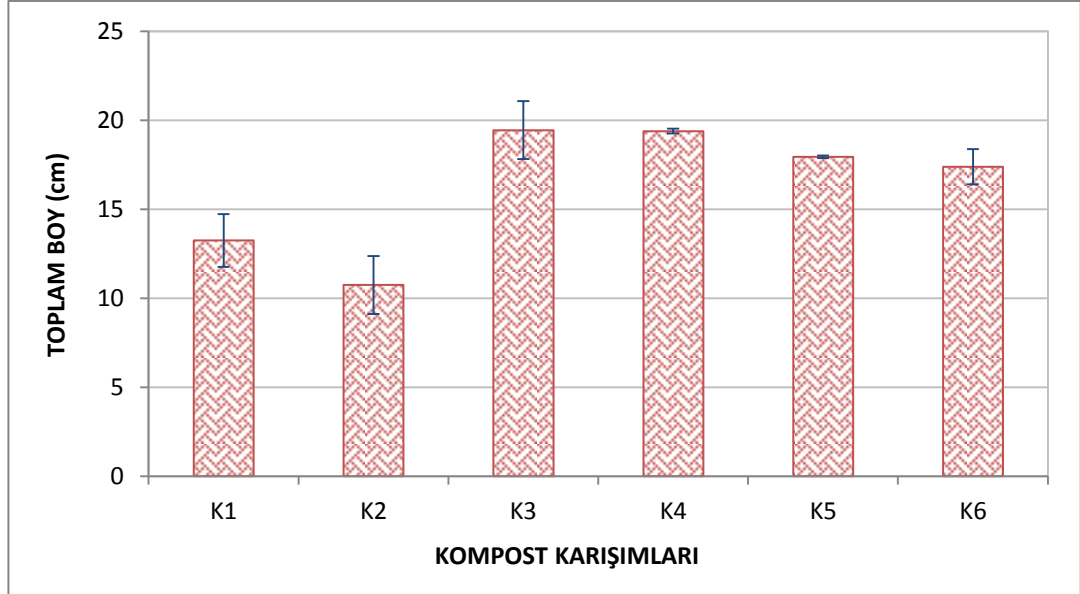
Şekil 4.21’de hata değeri en düşük K6 kompost karışımında 0,052 ve en yüksek K5 kompost karışımında 0,218’dir. Bu verilere göre, %25 kompost, %75 bitki torfu karışımında; I.paralel ve II.paralel bitki ağırlık değerlerinin K6 kompost karışımında birbirine daha yakın olduğu ve K6’nın bitki torfu ile daha kararlı bir yapı oluşturduğu söylenebilir.



**Şekil 4.22.** %50 Kompost karışımı bitki ağırlık değerleri.

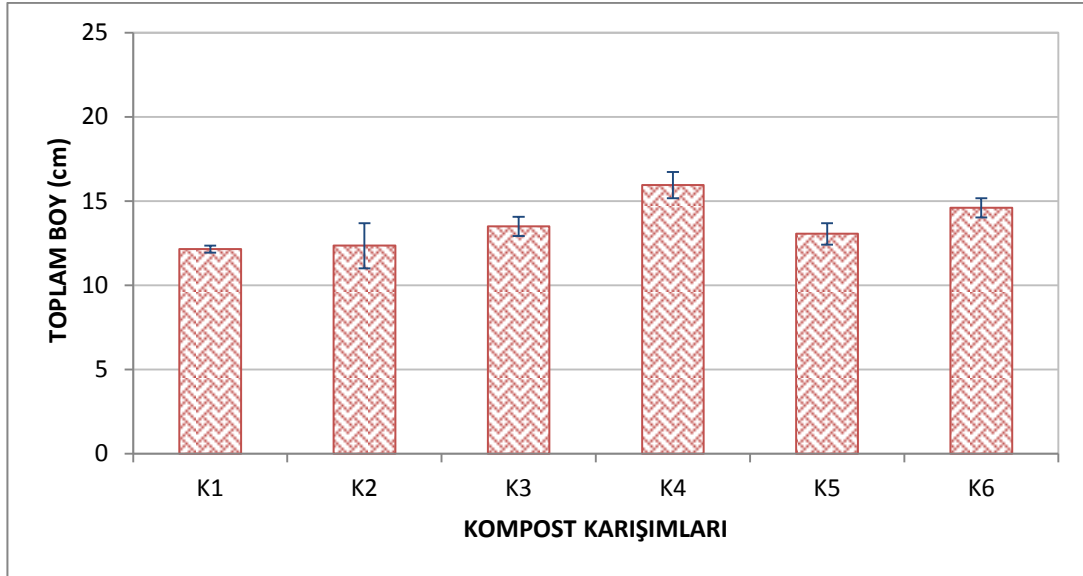


Şekil 4.22’de hata değeri en düşük K5 kompost karışımında 0,006 ve en yüksek K2 kompost karışımında 0,212’dir. Bu verilere göre, %50 kompost, %50 bitki torfu karışımında; I.paralel ve II.paralel bitki ağırlık değerlerinin K5 kompost karışımında birbirine daha yakın olduğu ve K5’in bitki tofu ile daha kararlı bir yapı oluşturduğu söylenebilir.



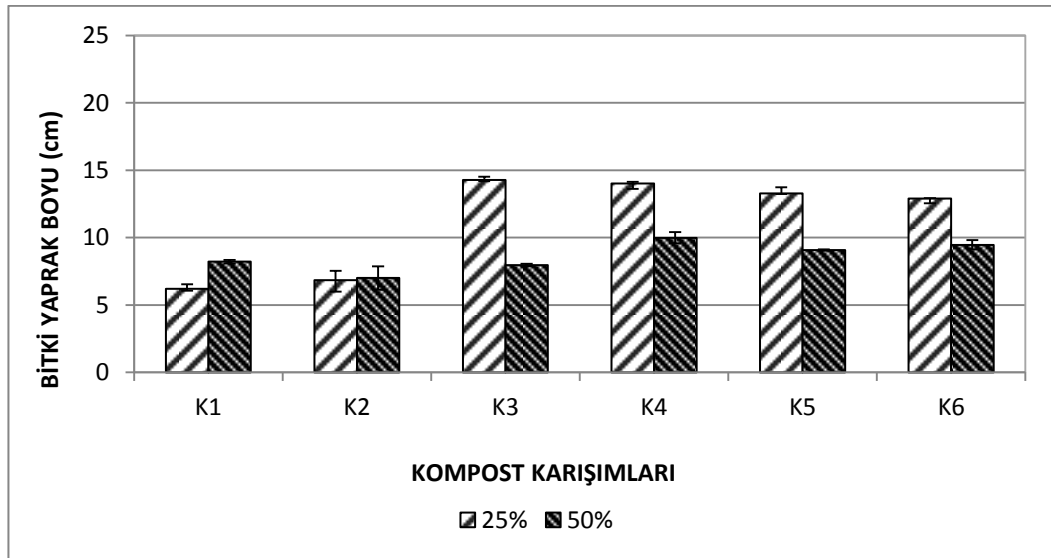
Şekil 4.23. %25 Kompost karışımı bitki boyu değerleri.

Şekil 4.23’de hata değeri en düşük K5 kompost karışımında 0,071 ve en yüksek K2 ve K3 kompost karışımlarında 1,626’dır. Bu verilere göre, %25 kompost, %75 bitki torfu karışımında; I.paralel ve II.paralel bitki toplam boyu değerlerinin K5 kompost karışımında birbirine daha yakın olduğu ve K5’in bitki torfu ile daha kararlı bir yapı oluşturduğu söylenebilir.



**Şekil 4.24.** %50 Kompost karışımı bitki boyu değerleri.

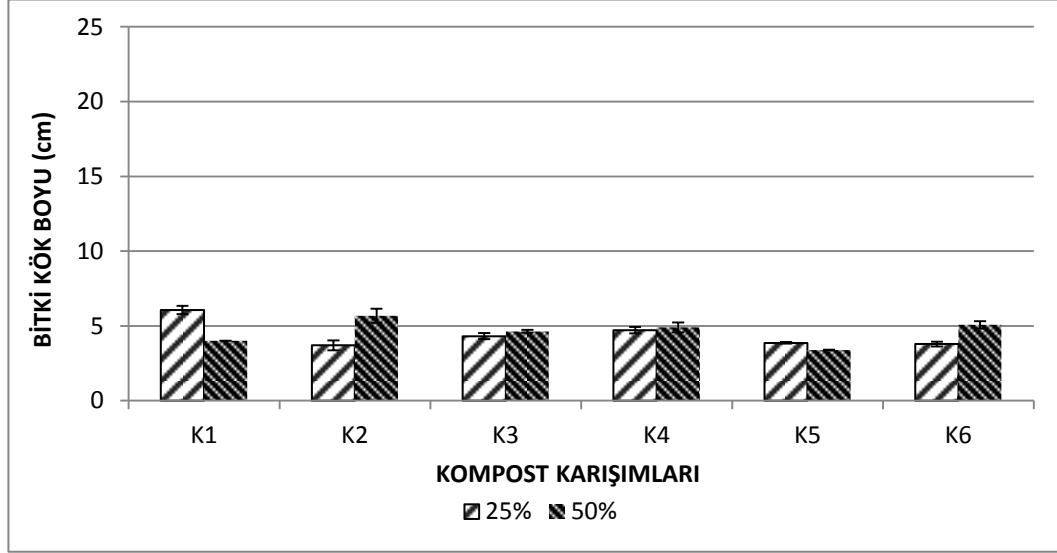
Şekil 4.24’de hata değeri en düşük K1 kompost karışımında 0,212 ve en yüksek K2 kompost karışımında 1,344’dür. Bu verilere göre, %50 kompost, %50 bitki torfu karışımında; I.paralel ve II.paralel bitki toplam boyu değerlerinin K1 kompost karışımında birbirine daha yakın olduğu ve K1’in bitki torfu ile daha kararlı bir yapı oluşturduğu söylenebilir.



**Şekil 4.25.** Kompost karışimleri bitki yaprak boyu değerleri.

Şekil 4.25’de %25 ve %50 kompost karışım oranları ve hata değerleri birlikte değerlendirilmiştir. %25 kompost karışımı hata değerleri en düşük K6 kompost karışımında 0,024 ve en yüksek K2 kompost karışımında 0,672’dir. %50 kompost karışımı hata değerleri en düşük K5 kompost karışımında 0,047 ve en yüksek K2

kompost karışımında 0,872'dir. Bu iki karışım birlikte değerlendirildiğine; bitki yaprak boyu değerlerinin K6 kompost karışımında birbirine daha yakın olduğu ve K6'nın bitki torfu ile daha kararlı bir yapı oluşturduğu söylenebilir.



Şekil 4.25. Kompost karışımları bitki kök boyu değerleri.

Şekil 4.25'de %25 ve %50 kompost karışım oranları ve hata değerleri birlikte değerlendirilmiştir. %25 kompost karışımı hata değerleri en düşük K5 kompost karışımında 0,047 ve en yüksek K2 kompost karışımında 0,330'dur. %50 kompost karışımlarından K1 kompost karışımında hata gözlenmemiştir. Hata değeri en yüksek kompost karışımı ise K4 0,330'dur. Bu iki karışım birlikte değerlendirildiğine; bitki kök boyu değerlerinin K1 kompost karışımında birbirine daha yakın olduğu ve K1'in bitki torfu ile daha kararlı bir yapı oluşturduğu söylenebilir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Evsel atıkların kompostlanması esnasında kompost nem içeriği (Şekil 4.2) % 34,86'dan % 60,66'ya yükselmiş, C/N oranı (Şekil 4.3) 7,87'den 25,51'e artmış ve kompostlama sonunda pH minimum 8,02 olarak ölçülmüştür.

Çalışmada, hem yumurta kabuğu hem de atık çay posası ilavesinin kompost oluşum süresi ve kompost kalitesi üzerine önemli derecede etkilerinin olduğu saptanmıştır.

Belirtilen parametrelerde artan oranlarda atık çay posası ilave edilen kompost karışımları tek başına incelendiğinde; nem içeriğinde K4 (Şekil 4.2), C/N oranında ve pH değerlerinde K2 (Şekil 4.3), SEM, FTIR, XRD (Şekil 4.4-4.11) analizlerinde K3 ve bitki büyüme, ağırlık değerlerinde K4 (Şekil 4.14-4.22), boy uzunluğu değerlerinde (Şekil 4.23-4.26) K3 kompost karışımı en iyi değerleri vermiştir. Buradan; atık çay posası ilavesinde en iyi oluşumun K3'de meydana geldiği ve kompost karışımına ağırlıkça %22,58 oranında atık çay posası ilave edildiğinde iyi bir kompost elde edildiği söylenebilir.

Artan oranlarda yumurta kabuğu ilave edilen kompost değerleri incelendiğinde ise; nem içeriğinde, C/N oranında (Şekil 4.3) ve pH değerlerinde K6, SEM ve FTIR analizlerinde (Şekil 4.4-4.5) K5, XRD analizinde (Şekil 4.6-4.11) K6 ve bitki büyüme, ağırlık değerlerinde (Şekil 4.14-4.22) ve boy uzunluğu değerlerinde (Şekil 4.23-4.26) K6 kompost karışımı en iyi değerleri vermiştir. Buradan; yumurta kabuğu ilavesinde en iyi oluşumun K6'da meydana geldiği ve kompost karışımına ağırlıkça %27,27 oranında yumurta kabuğu ilave edildiğinde iyi bir kompost elde edildiği söylenebilir.

İnkübasyon periyodu esnasında kompostlanmış örneklerdeki maksimum C mineralizasyonunun, inkübasyonun ilk günlerinde meydana geldiği tespit edilmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre nem içeriği değerleri (Şekil 4.2) en iyi K4, C/N oranı değerleri (Şekil 4.3) en iyi K6 ve pH değerleri üretilen bütün kompostlarda istenilen değerlerde ölçülmüş ancak istenilene en yakın değer K2'ye ait olduğu belirlenmiştir.

SEM analizlerinde (Şekil 4.5) görülen gözenekli yapı ve FTIR analizlerindeki pikler (Şekil 4.4) incelendiğinde tüm reçeteler için uygun kompost oluşumunun elde edildiği görülmüştür. XRD analizlerinde (Şekil 4.6-4.11) en fazla gözlenen  $CCaO_3$  ve  $SiO_2$  bileşikleridir.  $CCaO_3$  bileşiğinin varlığı yumurta kabuğunda bol miktarda kalsiyum

bulunmasından, SiO<sub>2</sub> bileşiğinin varlığı ise çay posasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir. XRD analizinde CCaO<sub>3</sub> ve SiO<sub>2</sub> bileşiklerinin farklı kristal yapılarda gözlenmesinin sebebi; kompost reçetelerine çay posası ve yumurta kabuğunun artan oranlarda ilave edilmesidir.

SEM görüntüleri incelendiğinde (Şekil 4.5) en iyi gözenekli yapının K3, FTIR analizleri incelendiğinde (Şekil 4.4) en uygun piklerin K5 ve XRD analizleri incelendiğinde (Şekil 4.6-4.11) en iyi kristal yapının K3'e ait olduğu belirlenmiştir.

Kompostun bitki verimi üzerine etkisi incelendiğinde; bitki torfu ile karıştırıldığında kararlı bir yapı oluşturarak bitki verim değerlerinde hatanın en az meydana geldiği (Şekil 4.21-4.26) %50 kompost karışımı K5'dir. Bununla birlikte bitki ağırlığı yönünden (Şekil 4.14-4.22) en iyi %50 kompost karışımı I.paralel K6 ve boy uzunluğu yönünden (Şekil 4.23-4.26) en iyi %25 kompost karışımı I.paralel K3 olarak belirlenmiştir.

Tüm bu parametreler birlikte değerlendirildiğinde ise bitki veriminde en uygun değerler I.paralel %50 kompost karışımında elde edilmiştir. En iyi kompost oluşum değerine ise K6'da ulaşılmıştır.

Bitkiler besin kaynağı olarak bitki torfundaki organik maddeleri kullanılır. Üretilen kompostun uygunluğu C/N oranı değerlerinden ve bitki verimliliğine olan etkisinden faydalanılarak tespit edilmektedir. Bu çalışmada en iyi kompost oluşum değerinin K6'da elde edilmiş olması, aynı zamanda istenilen C/N oranı değerlerine en yakın aralıkta ve bitki verimliliği değerlendirmesinde bitki ağırlığı yönünden en iyi ürünün K6 kompost karışımında elde edilmiş olmasından kaynaklanmaktadır.

Bu çalışma sonucunda Bilecik Şeyh Edebalı Üniversitesi yemekhane atıkları, atık çay posası ve yumurta kabuklarından, uygun ortam ve gerekli olgunlaşma süresi ayarlanarak, çevre düzenlemesinde bitki büyümesine uygun kompost elde edilmiştir.

Bu çalışma, atıkların çevreye ve canlı sağlığına zarar vermeden, geri dönüştürülerek katma değerli ürün olarak ekonomiye kazandırılması bakımından önem taşımaktadır. Özellikle daha fazla yemekhane atığı oluşturan kurumların sürdürülebilir bir çevre için atıklarını kompostlaması ülke yararına düşünülebilecek bir yöntemdir.

## KAYNAKLAR

- Abdulghani E.T. "Effect of Black Tea Wastes on some of soil Properties and Barley (*Hordium vulgare* L.) Growth and Yield", *Journal Tikrit Univ. For Agri. Sci.*, 12 (3): 186-189 (2012).
- Acikgoz E.F. ve Altintas S., "Seasonal Variations in Vitamin C and Mineral Contents and Some Yield and Quality Parameters in Komatsuna", *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 9(2): 289-291 (2011).
- Aşık B.B. and Kütük C., "Çay Atığı Kompostunun Çim Alanların Oluşturulmasında Kullanım Olanağı", *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(2): 47-57 (2012).
- Avnimelech, Y., Eilat, R., Porat, Y., and Kottas, P. A., "Factors Affecting The Rate Of Windrow Composting In Field Studies", *Compost Science & Utilization*, 12(2): 114-118 (2004).
- Aydinşakir K., Ünlü A., Yılmaz S., Arı N., "The Effects of Compost Applications on Yield and Quality Characteristics of Anemone Coronaria", *Acta Horticulturae*, 807:359-364 (2009).
- Aydinşakir K., Ünlü A., Yılmaz S., Arı N., "Kentsel Katı Atık Kompost Uygulamalarının Toprak Özellikleri ve Düğün Çiçeği (*Ranunculus Asiaticus* 'Orange')'nin Verim ve Kalitesi Üzerine Etkileri", *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(1): 55-60 (2011).
- Banegas V., Moreno L.J., Moreno I.J., Garcia C., Leon G., Hernandez T., "Composting Anaerobic and Aerobic Sewage Sludges Using Two Proportions of Sawdust", *Science Direct, Waste Management*, 27: 1317-1327 (2007).
- Belda R.M., Hernández M.D., Fornes F., "Compost and Vermicompost of Horticultural Waste as Substrates Forcutting Rooting and Growth of Rosemary", *Instituto Agroforestal Mediterráneo, Universitat Politècnica de València*, Valencia/Spain, 192-202 (2014).
- Bellamy, L.J., "The Infrared Spectra of Complex Molecules", *Chapman and Hall*, London 2: 433 (1975).
- Bentley F.F., Smithson L.D., Rozek A.L., "Infrared Spectra and Characteristic Frequencies ~700-300 cm<sup>-1</sup>", *John Wiley & Sons*, Newyork/USA (1968).
- Bouzaiane O., Cherif H., Saidi N., Jedidi N., Hassen A., "Effects of Municipal Solid Waste Compost Application on The Microbial Biomass of Cultivated and Non-Cultivated Soil in a Semi-Arid Zone", *Waste Management and Research*, 25: 334-342 (2007).
- Briski F., Gomzi Z., Horgas N., Vukovic M., "Aerobic Composting of Tobacco Solid Waste", *Acta Chim Slov.*, 50: 715-729 (2003).

### KAYNAKLAR (Devam Ediyor)

- California Integrated Waste Management Board, “Compost Use for Landscape and Environmental Enhancement”, *CIWMB*, Sacramento, CA, (2007).
- Casado-Vela J., Sellés S., Díaz-Crespo C., Navarro-Pedreño J., Mataýx-Beneyto G.I., “Effect of Composted Sewage Sludge Application to Soil on Sweet Pepper Crop Grown Under Two Exploitation Regimes”, *Waste Management*, 27: 1509-1518 (2007).
- Cevger Y., Yalçın C., Aral Y., “Türkiye’de Hayvansal Üretimde Gıda Güvencesi ve Hayvancılık Politikaları” *Gıda Güvenliği ve Güvenirliği Sempozyumu*, Biyologlar Derneği, 272- 284 (2005).
- Diaz M.J., Eugenio, M.E., Jimenez L., Madejon E., and Cabrera F., “Modelling Vinasse/Cotton Waste Ratio Incubation for Optimum Composting”, *Chemical Engineering Journal*, 93: 233- 240 (2003).
- Doğan K., “Antakya Şehir Çöplerinden Elde Edilen Kompostun Toprakların Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri ile Domateste Verime Etkisi”, Doktora Tezi, *Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Hatay (2000).
- Doğu Karadeniz İhracatçılar Birliği, “Dünya’da ve Türkiye’de Çay Sektörü & Dünya’da Çay Sektöründeki Son Gelişmeler”, *DKİB*, Trabzon, (2013).
- Dresbøll D.B., Thorup-Kristensen K., “Delayed Nutrient Application Affect Mineralisation Rate During Composting of Plant Residues”, *Bioresource Technology*, 96: 1093-1101 (2004).
- Ekolojik Yapılar ve Yerleşimler Dergisi, “Yemek Atıklarının Kompostlaştırılması ve Konut Alanlarındaki Uygulamaları”, *EKO*, İstanbul, (2012).
- Erdik E., “Organik Kimyada Spektroskopik Yöntemler”, *Gazi Büro Kitabevi*, Ankara (1993).
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, “World Tea Production and Trade Current and Future Development”, *FAO*, Rome, (2015).
- Gündoğdu A., Duran C., Şentürk H. B., Soylak M., İmamoğlu M., Önal Y., “Physicochemical Characteristics of a Novel Activated Carbon Produced from Tea Industry Waste”, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 104: 249–259 (2013).
- Hamoda M.F., Abu Qdais H.A., Newham J., “Evaluation of Municipal Solid Waste Composting Kinetics”, *Resources, Conservation and Recycling*, 23: 209-223 (1998).
- Haug, R.T., “The Practical Handbook of Compost Engineering”, *Lewis Publishers*, London (1993).

### KAYNAKLAR (Devam Ediyor)

- Hue N. V., Ikawa. H. ve Silva, J. A., “Increasing Plant-Available Phosphorus in an Ultisol With a Yard-Waste Compost”, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 25: 19-20 (1994).
- Kaçar B., “Gübre Bilgisi”, *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, 198: 397 Ankara (1994).
- Karaal, G., “Organik Gübre Katkılı Fındık Züraf Kompostunda Roka (*Eruca Sativa* L.) ve Tere (*Lepidium Sativum* L.) Yetiştiriciliği”, Yüksek Lisans Tezi, *Ordu Üniversitesi, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı*, Ordu (2010).
- Kirk, D., “Materials And Waste Management”, Environmental Management for Hotels a Student’s Handbook, *Butterworth-Heinemann*, 102-127 (1996).
- Kütük C.A., Çaycı G., Baran A., “Çay Atıklarının Bitki Yetiştirme Ortamı Olarak Kullanılabilme Olanakları”, *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 1: 35-40 (1995).
- Li Z., Lu H., Ren L., He L., “Sino-Canada Resources and Environmental Research Academy”, *North China Electric Power University*, Beijing, 102-206 (2013).
- Lleó, T., Albacete, E., Barrena, R., Font, X., Artola A., Sánchez A, “Home and Vermicomposting as Sustainable Options for Biowaste Management”, *Journal of Cleaner Production*, 47: 70-76 (2013).
- Lopez R, Duran C, Murillo JM., Cabrera F., “Geranium's Response to Compost Based Substrates”, *Acta Horticulturae*, 469: 255-262 (1998).
- Meenambal T., Uma R.N., Saravannan S., “Study on Biodegradation of Fruit Waste Aerobic Composting”, *Proceedings of the Third International Conference on Environment and Health*, Chennai/India, 441-450 (2003).
- Michel F.C., Reddy C.A., “Effect of Oxygenation Level on Yard Trimmings Composting Rate, Odor Production and Compost Quality in Bench-Scale Reactors”, *Compost Sci. Util.*, 6 (4): 6-14 (1998).
- Ouédraogo E., Mando A., Zombré N.P., “Use of Compost to Improve Soil Properties and Crop Productivity Under Low Input Agricultural System in West Africa”, Agriculture, *Ecosystems and Environment*, 84: 259–266 (2001).
- Özbaş E.E., Balkaya N., Emik S., “Ham Kompost ve Ekstraksiyon İşlemine Tabi Tutulmuş Kompost Numunelerinin Karakterizasyonları ve Bitkiye Yararlılıkları Açısından Karşılaştırılması”, *Ekoloji* 20, 79: 45-56 (2011).
- Öztürk M. ve Bildik B., “Hayvan Çiftliklerinde Kompost Üretimi”, *Çevre ve Orman Bakanlığı*, Ankara, 160, (2005).
- Pant A.P., Radovich Theodore JK., Hue N.V., Paull R.E., “Biochemical Properties of Compost Tea Associated With Compost Quality and Effects on Pak Choi Growth”, *Scientia Horticulturae* 148: 138–146 (2012).



### KAYNAKLAR (Devam Ediyor)

- Pekşen A., Günay A., “Kültür Mantarı (*Agaricus Bisporus* (L.) Sing) Yetiştiriciliğinde Çay Atığı ve Buğday Sapı Karışımında Hazırlanan Kompostların Kullanımı”, *Ekoloji* **19**, 73: 48-54 (2009).
- Rasapoor, M., Nasrabadi, T., Kamali, M., Hoveidi, H., “The Effects of Aeration Rate on Generated Compost Quality, Using Aerated Static Pile Method”, *Waste Management*, **29**: 570–573 (2008).
- Rogoff, M.J. and Williams, J.F., “Case Studies”, Approaches to Implementing Solid Waste Recycling Facilities, *Noyes Publication*, New Jersey, 184-199 (1994).
- Saltabaş F., Soysal Y., Yıldız Ş., Balahorli V., “Evsel Katı Atık Termal Bertaraf Yöntemleri ve İstanbul'a Uygulanabilirliği”, *Türkiye’de Katı Atık Yönetimi Sempozyumu*, İstanbul (2009).
- Serra Wittling C., Houot S. ve Barriuso E., “Modification of Soil Water Retention and Biological Properties by Municipal Solid Waste Compost”, *Compost Science and Utilization*, 44-52 (1996).
- Sezer, K., Arıkan A.O., Yıldız Ş., “Examination of Solid Waste Profile at Mixed Municipal Solid Waste Composting Facility’s Units”, *Journal of Engineering and Natural Sciences Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, **3**: 185-192 (2011).
- Sharma V.K., Caudatelli M., Fortuna F., Cornacchia G., “Processing of Urban and Agroindustrial Residues by Aerobic Composting”, *ENEA Research Centre*, Department of Environment, Resource, Conservation and Recycling, Trisaia, **23**: 209-223 (1996).
- Soumare M, Tack FMG, Verloo MG., “Effects of a Municipal Solid Waste Compost and Mineral Fertilization on Plant Growth in Two Tropical Agricultural Soils of Mali”, *Bioresource Technology*, **86**: 15-20 (2003).
- Stelmachowski M., Jastrzebska M., and Zarzycki R., “In-Vessel Composting for Utilizing of Municipal Sewage-Sludge”, *Applied Energy*, **75**: 249-256 (2003).
- Sundberg C., Ingrid H. Whittle F., Kauppi S., Yu D., Romantschuk M., Insam H., Jönsson H., “Characterisation of Source-Separated Household Waste Intended for Composting”, *Bioresource Technology*, **102**: 2859–2867 (2011).
- Tchobanoglous G., Theisen H., Vıgıl S.A., “Integrated Solid Waste Management”, *McGraw-Hill*, USA, (1993).
- Tchobanoglous, G. and Kreith, F., “Handbook of Solid Waste Management”, *McGraw Hill Press*, USA, ( 2002).
- Tolay, M., “Katı Atıklardan ve Biyokütleden Enerji Üretimi Teknolojileri ve Entegre Katı Atık Yönetiminde Yatırım Fizibilite Çalışmaları (Taslak)” *Tolay Energy*, İstanbul, (2014).

### KAYNAKLAR (Devam Ediyor)

- Topkaya, B., “Katı Atık Kirlenmesi Araştırma ve Denetimi Türk Milli Komitesi”, **KAKAD**, Eskişehir, (2003).
- Topkaya, B., “Kompost. Ders notu (basılmamış)”. **Akdeniz Üniversitesi**, Antalya, (2004).
- Türkiye İstatistik Kurumu, “2016 Atık Bertaraf ve Geri Kazanım Tesisleri İstatistikleri” <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=18776>., (2014).
- Uygun S., ve Dursun İ., “Türkiye’ de Kompost Üretimi Yapan Bazı Tesislerin Mekanizasyon Özelliklerinin Belirlenmesi”, **27. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı**, Samsun, 93-104 (2012).
- Ünsal V., Toroğlu S., Kurutaş E.B., Taner S.Ş., Atalay F., Bahar G., “Dereotu, Semizotu ve Roka’da Antioksidan ve Antimikrobiyal Aktivitenin Araştırılması”, **Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi**, 3(2): 25-32 (2014).
- Verlinden S., McDonald L., “Productivity and Quality of Statice (*limonium sinuatum* cv. soiree mix) and Cockscomb (*celosia argentea* cv. chief mix) Under Organic and İnorganic Fertilization Regiments”, **Scientia Horticulturae**, 114: 199-206 (2007).
- Vuorinen A.H., Saharinen M.H., “Effects of Conditions on Composting Efficiency and Nitrogen İmmobilization During Composting of Manure in a Drum Composting”, **Hortic.** 469: 89-95 (1998).
- Vural H., Eşiyok D., Duman İ., “Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme)”, **Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü**, İzmir, (2000).
- Walker L., Charles W., Cord-Ruwisch R., “ Comparison of Static, In-Vessel Composting of MSW With Thermophilic Anaerobic Digestion and Combinations of the Two Processes”, **Bioresource Technology**, 100: 3799-3807 (2009).
- Wong, J. W.C., Mak, K.F., Chan, N. W., Lam. A., Fang, M., Zhou, L.X., Wu, Q. T., Liao, X. D., “Co-composting of soybean residues and leaves in Hong Kong” **Bioresource Technology** 76: 99-106 (2001).
- Yakupoğlu G. ve Pekşen A., “Çay Atığından Hazırlanan Farklı Kompost ve Partikül Büyüklüğünün *Ganoderma lucidum* Mantarının Verimi ve Bazı Morfolojik Özellikleri Üzerine Etkisi”, **Ekoloji** 20, 78: 41-47 (2011).
- Yıldız Ş., Ölmez E. ve Kiriş A., “Kompost Teknolojileri ve İstanbul’daki Uygulamaları”, **Kompostlaştırma Sistemleri ve Kompostun Kullanım Alanları Çalıştayı**, İstanbul (2009).
- Yohannan P.C., Varghese H.T., Philip D., “FT-IR, FT-Raman and SERS Spectra of Vitamin C”, **Spectrochimica Acta Part A**, 65 : 802-804 (2006).

**EK-1: C/N Oranı Örnek Hesaplama**

$$R = \frac{Q1(C1 * (100 - M1)) + Q2(C2 * (100 - M2)) + Q3(C3 * (100 - M3)) + \dots}{Q1(N1 * (100 - M1)) + Q2(N2 * (100 - M2)) + Q3(N3 * (100 - M3)) + \dots}$$

Burada;

R : Karışımın C/N oranı,

Qn : (n=1,2,3...) n. Materyalin kütlesi (yaş ağırlık, olduğu gibi),

Cn : (n=1,2,3...) n. Materyalin karbon içeriği (%),

Nn : (n=1,2,3...) n. Materyalin azot içeriği (%),

Mn : (n=1,2,3...) n. Materyalin nem içeriği (%) 'dir (Rynk, 1992).

J4																	
= (B4*(B18*(100-B11)))+(C4*(C18*(100-C11)))+(D4*(D18*(100-D11)))+(E4*(E18*(100-E11)))+(F4*(F18*(100-F11)))+(G4*(G18*(100-G11)))																	
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
<b>K1 KOMPOST KARIŞIMI</b>																	
	CY	MK	SK	KYK	YK	KT			%C	%N	C/N						
	75	100	25	75	75	25											
4	5.gün	101,00	134,67	33,67	101,00	101,00	33,67	5.gün	847.138,16	36.650,07	23,11						
5	20.gün	110,89	147,85	36,96	110,89	110,89	36,96	20.gün	588.263,55	23.779,58	24,74						
6	35.gün	103,44	137,93	34,48	103,44	103,44	34,48	35.gün	308.408,35	17.517,96	17,61						
7	50.gün	95,78	127,70	31,93	95,78	95,78	31,93	50.gün	282.730,23	12.676,74	22,30						
8	65.gün	84,00	112,00	28,00	84,00	84,00	28,00	65.gün	189.278,71	8.538,80	22,17						
9																	
10	Nem	3,77	7,65	0,93	23,91	5,91	6,61	%N	3,85	1,90	1,29	1,22	0,29	0,01			
11	Nem	41,41	41,41	41,41	41,41	41,41	41,41	%N	2,86	1,41	0,96	0,91	0,22	0,01			
12	Nem	45,21	45,21	45,21	45,21	45,21	45,21	%N	1,93	0,95	0,65	0,61	0,15	0,01			
13	Nem	57,53	57,53	57,53	57,53	57,53	57,53	%N	1,40	0,69	0,47	0,44	0,11	0,01			
14	Nem	46,30	46,30	46,30	46,30	46,30	46,30	%N	1,10	0,54	0,37	0,35	0,08	0,01			
15	Nem	54,09	54,09	54,09	54,09	54,09	54,09	%N	0,98	0,48	0,33	0,31	0,07	0,01			
16																	
17	%C	50,55	42,02	36,62	45,89	14,21	41,70										
18	%C	37,54	31,20	27,19	34,08	10,55	30,97										
19	%C	25,39	21,10	18,39	23,05	7,14	20,94										
20	%C	18,41	15,30	13,33	16,71	5,17	15,18										
21	%C	14,41	11,98	10,44	13,09	4,05	11,89										
22	%C	12,87	10,70	9,32	11,68	3,62	10,62										

K1 kompost karışımı 5. günde alınan numunenin C/N oranı hesaplamasında her bir komponent için kütle değerleri (Qn), nem değerleri (Mn), karbon değerleri (Cn) ve azot değerleri (Nn), Rynk (1992) tarafından geliştirilen matematiksel eşitlikte yerine koyulursa;

$$R = \frac{(101,00 * (37,54 * (100 - 41,41))) + (134,67 * (31,20 * (100 - 41,41))) + (33,67 * (27,19 * (100 - 41,41))) + (101,00 * (34,08 * (100 - 41,41))) + (101,00 * (10,55 * (100 - 41,41))) + (33,67 * (30,97 * (100 - 41,41)))}{(101,00 * (2,86 * (100 - 41,41))) + (134,67 * (1,41 * (100 - 41,41))) + (33,67 * (0,96 * (100 - 41,41))) + (101,00 * (0,91 * (100 - 41,41))) + (101,00 * (0,22 * (100 - 41,41))) + (33,67 * (0,01 * (100 - 41,41)))}$$

$$R = \frac{(222146,33 + 246177,84 + 53638,40 + 201671,47 + 62430,57 + 61095,30)}{(16924,31 + 11125,34 + 1893,82 + 5385,01 + 1301,87 + 19,73)}$$

$$R = \frac{847159,91}{36650,08} = 23,11$$

Kontrol günlerinde alınan numunelerin Sayfa 26, Şekil 4.3'deki C/N oranı değerleri bu yöntem ile hesaplanmıştır. Burada; 5. günde alınan numunenin C/N oranı değerinin hesabı yapılarak doğruluğu kontrol edilmiştir.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : GÖZDE BUĞDAYCI  
Doğum Yeri ve Tarihi : POLATLI 20.08.1992



### Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik  
Fakültesi, Kimya ve Süreç Mühendisliği Bölümü, 2010

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

Bilimsel Faaliyetleri : HPLC Eğitimi, XRD Eğitimi, ISO 19011-2011 İç  
Denetçi Eğitimi, ISO 22000-2005 HACCP Gıda Güvenliği Eğitimi, ISO 9001-2008  
Temel Kalite Yönetimi Eğitimi, ISO 14001-2004 Çevre Yönetimi Sistemi Eğitimi, ISO  
18001-2007 İş Sağlığı Ve Güvenliği Yönetimi Eğitimi, Risk Analizi Eğitimi

### İş Deneyimi

Stajlar : KYK Yapı Kimyasalları San. Tic. Ltd. Şti.  
OSB/ESKİŞEHİR (Ağustos 2013), Eti Maden İşletmeleri Kırka Bor İşletme Müdürlüğü  
Seyitgazi/ESKİŞEHİR (Haziran/Temmuz 2012)

Çalıştığı Kurumlar : Mey Alkollü İçkiler San. Tic. A.Ş. Nevşehir İçki  
Fabrikası (Haziran/Kasım 2015), Billas Lastik ve Kauçuk San. Tic. A.Ş.  
Merkez/BİLECİK (Ağustos/Aralık 2014)

### İletişim

Adres : Cumhuriyet Mahallesi Turan Sokak Konuk Apt. No: 5/5  
Merkez/BİLECİK

Tel : +90 (553) 499 75 61

E-Posta Adresi : gzd.bgdyc92@gmail.com

### Akademik Çalışmaları

- G. Bugdaycı, S. Özcan, “Kabuklu Deniz Ürünleri Atıklarından Kitosan Üretimi”  
*5.Ulusal Kimya Öğrenci Kongresi*, İstanbul, (2014).
- G. Bugdaycı, A.Akpınar Borazan, C.Acıkgöz, “Yumurta Kabuğu İlavesinin  
Kompost Oluşumuna Etkisi ve Kompost Karakterizasyonu; Bilecik Şeyh

Edebali Üniversitesi Uygulama Örneği” *Uluslararası Katılımlı Türkiye Doğal Beslenme ve Yaşam Boyu Sağlık Zirvesi*, Bilecik, (2015).

- G. Bugdaycı, A.Akpınar Borazan, “Effect Of Increasing Amount Of Compost Tea Formation; Bilecik University Campus Example” *1<sup>st</sup> International Black Sea Congress On Environmental Sciences (IBCESS)*, Giresun, (2016).

#### **Yabancı Dil Bilgisi**

	<b>OKUMA</b>	<b>YAZMA</b>	<b>KONUŞMA</b>
<b>İngilizce</b>	Çok iyi	Çok iyi	İyi

**Tarih:25/07/2016**