

## FARKLI HAYVAN GÜBRELERİNİN KOMPOSTLANMASI

*Büşra ÖZBEK* \*  
*Selnur UÇAROĞLU* \*\*

Geliş:13.12.2021, Düzeltme: 09.03.2022, Kabul: 16.03.2022

**Öz:** Bu çalışmada, büyükbaş hayvan gübresi (BHG), at gübresi (AG) ve tavuk gübresinin (TG) kompostlanabilirliği araştırılmıştır. Kompost deneylerinde ayçiçeği sapı (AS), düzenleyici katkı maddesi olarak kullanılmış ve üç farklı reaktör (G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>, G<sub>3</sub>) çalıştırılmıştır. Tüm reaktörlerde %80 oranında hayvan gübresi, %20 oranında AS karıştırılmıştır. G<sub>1</sub> reaktörüne hayvan gübresi olarak BHG, G<sub>2</sub> reaktörüne AG ve G<sub>3</sub> reaktörüne ise TG ilave edilmiştir. Proses 21 gün boyunca devam etmiş olup sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, organik madde, nem, C/N oranı, Toplam Kjeldahl Azotu ve Toplam Fosfor parametreleri izlenmiştir. G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub> ve G<sub>3</sub> reaktörlerinde süreç boyunca en yüksek sıcaklıklar sırasıyla 58,7 °C, 44,6 °C ve 54 °C olarak tespit edilmiştir. G<sub>1</sub> reaktöründe, diğer reaktörlere göre en yüksek C/N oranı azalması (%42,4), en fazla OM kaybı (%57) gerçekleşmiş ve en yüksek sıcaklığa (58,7 °C) ulaşılmıştır. Reaktörler arasında en yüksek mineralizasyonun gerçekleştiği en verimli reaktörün G<sub>1</sub> olduğu belirlenmiştir. Farklı karakteristik özelliklere sahip hayvan gübrelerinin kompostlanabilirlikleri incelendiğinde, en yüksek verimlilik BHG ile çalıştırılan G<sub>1</sub> reaktöründe, onu takiben TG kullanılan G<sub>3</sub> reaktöründe elde edilmiş olup en düşük verim AG'nin kullanıldığı G<sub>2</sub> reaktöründe elde edilmiştir. Farklı katkı maddeleri ve farklı karışım reçetelerinde hayvan gübreleri ile daha yüksek verimde kompost reaktörleri çalıştırılabileceği düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** At gübresi, Büyükbaş hayvan gübresi, Kompostlama, Tavuk gübresi

### Composting of Different Animal Manures

**Abstract:** In this study, the compostability of cattle manure (CAM), horse manure (HM) and chicken manure (CM) was investigated. In the compost experiments, sunflower stalk (SS) was used as a bulking agent and three different reactors (G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>, G<sub>3</sub>) were operated. In all reactors, 80% of animal manure and 20% of SS were mixed. CAM was added to the G<sub>1</sub> reactor, HM to the G<sub>2</sub> reactor and CM to the G<sub>3</sub> reactor as animal manure. Temperature, pH, electrical conductivity, organic matter, moisture, C/N ratio, total kjeldahl nitrogen and total phosphorus were monitored during the 21-day process. The highest temperatures during the composting process were determined as 58.7 °C, 44.6 °C and 54 °C in the G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub> and G<sub>3</sub> reactors, respectively. In the G<sub>1</sub> reactor, the highest C/N ratio decrease (42.4%), the highest OM loss (57%) was occurred and the highest temperature (58.7 °C) was reached compared to other reactors. It was determined that the most efficient reactor with the highest mineralization was found to be G<sub>1</sub> among the reactors. When the compostability of animal manures with different characteristics were examined, the highest efficiency was obtained in the G<sub>1</sub> reactor operated with CAM, followed by the G<sub>3</sub> reactor using CM, and the lowest efficiency was obtained in the G<sub>2</sub> reactor where HM was used. It is thought that higher efficiency compost reactors can be operated with different bulking agents and different mixture recipes.

**Keywords:** Cattle manure, Chicken manure, Composting, Horse manure

\* Yazar 1 Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 16059, Nilüfer/BURSA

\*\* Yazar 2 Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 16059, Nilüfer/BURSA

İletişim Yazarı: Selnur Uçaroglu (selnur@uludag.edu.tr)

## 1. GİRİŞ

Ülkemiz, doğal kaynaklar ve ekolojik koşullar bakımından, tarım ve hayvancılık için oldukça elverişli geniş sahalara içermektedir. Türkiye İstatistik Kurumu 2020 verilerine göre yetiştirilen sığır sayısında %1,6, manda sayısında %4,5 ve tavuk eti üretimi için yetiştirilen tavuk sayısında %1,1 artış gözlemlenmiştir (TÜİK, 2020). Bu artışların ana nedeni ülkemiz nüfusunun artış eğiliminde olması ve bununla birlikte hayvansal üretimde oluşan talebin artmasıdır. Artan talebin karşılanması hususunda görüldüğü üzere talep oranında yetiştirilen hayvan sayıları artmakta, hayvan sayılarındaki bu artışa paralel olarak da oluşan gübre miktarlarında artış gözlenmektedir. Hayvan gübreleri azot, fosfor ve potasyum gibi temel bitki besin elementlerini içerdikleri için toprak sağlığına faydalı birer gübre olarak kabul edilmektedir (Özlü ve diğ., 2019; Zhang ve diğ., 2020; Li ve diğ., 2021a). Gübrelere kontrol edilmeden ve uygun olmayan koşullarda değerlendirilmeden kontrolsüz şekilde çevreye bırakılırsa, olumsuz sonuçlar ortaya çıkacak, yarar getirebilecek bir materyal olmasına rağmen zararlı bir materyal haline gelecektir (Waskom, 1999). Genel kabul görmüş bir döngüsel ekonomi hedefine ulaşmak için de bu organik atıkların uygun şekilde yönetilmesi çok önemlidir (Dietrich ve diğ., 2021). Tüm riskler değerlendirildiğinde gübrelere bertarafı ve geri kazanımı için kompostlama prosesi verimli bir yöntemdir.

Kompostlama, organik katı atıkları, bitki büyümesi ve yeşil tarımın gelişimi için bir substrat ve besin kaynağı olarak kullanılabilir, istikrarlı ve güvenli bir ürüne dönüştürmek için uygulanan bir süreçtir (Chen ve diğ., 2017; Shan ve diğ., 2021). Aerobik kompostlama, kimyasal ve biyolojik tehlikeleri azaltmak için etkili bir katı atık bertaraf işlemi olarak kabul edilmektedir (Wang ve diğ., 2021). Çeşitli organik malzemeleri daha kararlı ve çevre dostu maddelere dönüştürebilen aerobik kompostlama, çoklu kirleticilerin ekolojik riskini azaltmak için umut verici bir yöntemdir (Liao ve diğ., 2019; Liu ve diğ., 2021). Said-Pullicino ve diğ. (2007)'ne göre kompostlama organik atıkları topraklar için değerli organik gübreye dönüştürmenin yararlı bir yoludur. Ayrıca Haouas ve diğ. (2021)'ne göre de kompostlama işlemi, düşük maliyetli organik malzemelere uygulanmak için karmaşık olmayan bir tekniktir. Kompostlama işlemine tabii tutulan atıkların nem içeriğini kontrol etmek, C/N oranını ayarlamak, serbest hava alanı sağlamak ve atıkların etkin bir şekilde bertarafı için prosese düzenleyici katkı maddeleri eklenir (Iqbal ve diğ., 2010). Chung ve diğ. (2021), yapmış oldukları çalışmada, tavuk gübresi, talaş ve pirinç kabuğu ile birlikte çeşitli karışım reçeteleri hazırlamışlardır. 50 günlük kompostlama sürecinin sonunda besin açısından zengin, fitotoksik içermeyen kaliteli bir kompost ürettiklerini belirtmişlerdir. At gübresinin kompostlanması sırasında bünyesinde bulunan patojenlerin kontrolünün sağlanmasını amaçlayan Hebert ve diğ. (2010), yapmış oldukları çalışmada, yüksek sıcaklıkların belirli mikroorganizma gruplarının yumurtalarını inaktive ettiği sonucuna varmışlardır. Afonso ve diğ. (2021), inek gübresi, buğday samanı, şerbetçiotu yaprakları ve yakılan şerbetçiotlarının külleri ile birlikte kompostlama denemeleri gerçekleştirmişlerdir. Denemeler sonucunda şerbetçiotu yaprakları ve inek gübresi ile oluşturulan karışımdan kararlı kompostlar üretildiği sonucuna varılmıştır. Wang ve diğ. (2020), yapmış oldukları çalışmada hammadde olarak tavuk gübresi, tütün tozu ve yerel bir mantar bahçesinden elde edilen taze mantar substratı kullanmışlardır. Süreç sonunda tavuk gübresine mantar substratı ilavesinin kompost olgunluğunu iyileştirdiği sonucuna varılmıştır.

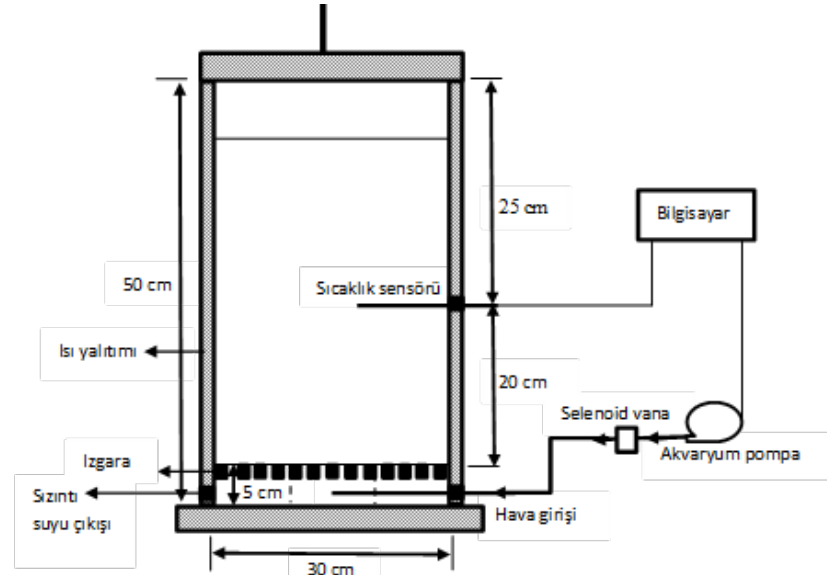
Bu çalışmada, büyükbaş hayvan gübresi (BHG), at gübresi (AG), tavuk gübresi (TG) ve düzenleyici olarak da ayçiçeği sapı (AS) ilavesi ile kompostlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada aynı oranlarda farklı türden hayvan gübrelерinin ve AS'nın ayrı ayrı kompostlanması, verim parametrelerinin karşılaştırılması ve kompostlamada en etkin hayvan gübresinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL ve YÖNTEM

### 2.1. Ham Maddeler ve Deney Düzenegi

Büyükbaş hayvan gübresi, at gübresi, tavuk gübresi ve düzenleyici katkı maddesi olarak ayçiçeği sapı ile birlikte üç ayrı aerobik reaktörde kompostlama denemeleri gerçekleştirilmiştir. Farklı türden hayvan gübrelerinin her biri Bursa Uludağ Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği'nden temin edilmiştir. Düzenleyici katkı maddesi olarak kullanılan ayçiçeği sapı ise Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği'nden alınmıştır. Alınan ayçiçeği sapsarı proste kullanılmak üzere 0,5-1 cm boyutlarında öğütülmüştür.

Aerobik kompostlama, kesikli reaktörlerde gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Hazırlanan karışımların sıcaklığını korumak ve çevre ile olan ısı alışverişini minimum düzeyde tutmak amacıyla da reaktörler ısı yalıtım malzemeleri ile kaplanmışlardır. Paslanmaz çelikten üretilmiş reaktörler 300 mm iç çapa, 10 mm et kalınlığına ve 450 mm yüksekliğe sahiptirler. Faydalı hacimleri ise 30 litredir.



Şekil 1:  
Aerobik Kompost Reaktörü

### 2.2. Yöntem

Kompostlama denemeleri, üç ayrı reaktörde 21 gün boyunca gerçekleştirilmiştir. Her bir reaktörde aynı oranlarda farklı türden hayvan gübreleri kullanılmış olup, reaktörlerde düzenleyici katkı maddesi oranları da aynı miktarlarda tutulmuştur. Tablo 1'de reaktörlere ait karışım reçeteleri verilmiştir. Kompostlama işlemine tabii tutulan ham atık materyallerinin fizikokimyasal özelliklerini göz önünde bulundurarak bu konuda çalışan araştırmacılar farklı karışım reçeteleri hazırlamaktadırlar (Şevik ve diğ., 2018; Dai ve diğ., 2021; Ge ve diğ., 2022). Bu çalışmada da ham materyallerin fizikokimyasal özellikleri göz önünde bulundurularak kompostlama prosesinin gerçekleşebilmesini sağlayacak başlangıç özelliklerine sahip (özellikle uygun nem, C/N oranı ve pH) karışım reçete hesapları yapılmıştır. Bu karışım reçetelerine göre, G<sub>1</sub> reaktörüne toplamda 7,6 kg, G<sub>2</sub> reaktörüne 6,4 kg ve G<sub>3</sub> reaktörüne 7,01 kg kompost karışımı eklenmiş ve homojen olacak şekilde karıştırılarak reaktörler doldurulmuştur.

**Tablo 1. Kompost reaktörleri için karışım reçeteleri**

| Reaktörler     | Büyükbaş Hayvan Gübresi (%) | At Gübresi (%) | Tavuk Gübresi (%) | Ayçiçeği Sapı (%) |
|----------------|-----------------------------|----------------|-------------------|-------------------|
| G <sub>1</sub> | 80                          | -              | -                 | 20                |
| G <sub>2</sub> | -                           | 80             | -                 | 20                |
| G <sub>3</sub> | -                           | -              | 80                | 20                |

Reaktörlere yüklenen kompost karışımlarının sağlıklı bir şekilde havalandırılması ve homojenlik sağlanması amacıyla reaktörler gınaşırı ve örnek alma günlerinde (0, 2, 7, 14 ve 21.gün) elle karıştırılmıştır. Reaktörün merkezine yerleştirilmiş olan bir sıcaklık sensörü (thermocouples, TCR-M06-L180-K04.J) vasıtasıyla atık kütlelerinin sıcaklık verileri tespit edilmiştir. Reaktörlere hava, 8 çıkışlı 1 adet akvaryum pompası vasıtasıyla, rotometreden geçirilip debisi ayarlanarak verilmiştir. Havalandırma, zaman ayarlayıcıya bağlı selenoid vana kullanılmak suretiyle 1 saatte 15 dakika 600–700 ml/dk hava verecek şekilde yapılmıştır. Havanın karışımın içine homojen olarak dağılmasını sağlamak için, reaktör tabanından 5 cm yükseklikte ızgara koyulmuştur. Proses boyunca sıcaklık ve hava debisi değerleri dakikada bir veri olacak şekilde SCADA programı aracılığı ile izlenmiş ve kayıt altına alınmıştır.

### 2.3. Analiz Yöntemleri

Karışımlardan 0, 2, 7, 14 ve 21. günlerde örnekler alınmış ve örneklerin kurutma işlemleri sonucunda deneysel çalışmalar yürütülmüştür. Deneysel çalışmalar 3 tekrarlı olarak yapılmıştır. Proses boyunca sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, organik madde, nem, C/N oranı, toplam kjeldahl azotu ve toplam fosfor parametrelerinin değişimi izlenmiştir. Örneklerdeki katı madde (KM) miktarı 105°C’de kurutulan örneklerdeki ağırlık kaybı, uçucu madde miktarı da 550°C’de yanma kaybı dikkate alınarak hesaplanmıştır (APHA, AWWA, WEF, 1998). Hesaplanan uçucu madde miktarı, organik madde (OM) olarak kabul edilmiştir. Karışımlarda kullanılan ham maddelerin ve kompost karışımlarının kolay okside olabilir organik karbon konsantrasyonları, örneklerin OM içerikleri baz alınarak ve 1,83 faktörü kullanılarak (%C= (100- %kül) / 1,83) hesaplanmıştır (Okalebo ve diğ.,1993; Barrington ve diğ.,2002; Diaz ve diğ., 2007; Khalil ve diğ., 2011). Ham maddelerin pH ve elektriksel iletkenlik (EC) değerleri 1:10 saf su ekstraktında belirlenmiştir (Rhoades, 1982; Mclean, 1982). Toplam azot miktarı belirlenmesi için Kjeldahl yöntemi kullanılarak yakma yapılmış ve toplam kjeldahl azot konsantrasyonu (TKN) su buharı destilasyonu ile belirlenmiştir (Bremner ve Mulvaney, 1982). Toplam fosfor konsantrasyonları askorbik asit yöntemi ile tayin edilmiştir (Olsen ve diğ., 1954).

## 3. BULGULAR ve TARTIŞMA

### 3.1. Ham Maddelerin ve Başlangıç Kompost Karışımlarının Karakterizasyonu

Reaktörlerin içerisine yerleştirilmiş olan BHG, AG, TG, AS ve başlangıç kompost karışımlarının karakterizasyonu Tablo 2’de verilmiştir. Kullanılan BHG, AG ve TG’nin nem içerikleri yüksek değerlerde olup sırasıyla %81,6, %76,3 ve %76,5’tir. Bu yüksek nem değerlerinde hayvan gübrelere tek başına kompostlanabilmeleri mümkün değildir. Uçaroğlu (2014) tarafından yapılan çalışmada düzenleyici katkı maddesi olarak AS kullanılmış ve kompostlama prosesinde kullanımında verimli sonuçlar elde edilmiştir. Bu çalışmada da yapılan ön denemelerde en başarılı miktar olarak belirlenen %20 oranında AS kullanımına karar verilmiştir. Her bir reaktöre ilave edilen düzenleyici katkı maddesi AS’nın nemi %10,3 olarak

belirlenmiştir. Karışımlara ilave edilen AS'nın etkisi ile birlikte nem içerikleri G<sub>1</sub>'de %68, G<sub>2</sub>'de %61,9 ve G<sub>3</sub>'de %61,7 değerlerine düşmüştür. Kompostlanan malzemelerin yüksek değerlerde nem içeriğine sahip olması kompost karışımlarında oksijen kütle transferini etkileyerek kompost gözenekliliğini azaltacak ve bununla birlikte de ayrışmada yavaşlama ve koku problemi oluşturacağından istenmeyen bir durumdur (Wei ve diğ., 2014; Li ve diğ., 2021b). Bu bağlamda nem değerleri literatürde bulunan değerlere indirilerek daha sağlıklı bir kompostlama aşaması hedeflenmiştir. Yüksek OM içeriğine (%91,6) sahip bir malzeme olan AS, daha düşük OM içeriğine sahip BHG (%82,2), AG (%91,0) ve TG (%77,9) ile karıştırıldığında ham maddelerin OM içeriğine göre reaktörlerin başlangıç OM içeriklerinde artışlar olmuştur. Kompostlama prosesi için önemli olan nem ve C/N oranları değerlendirildiğinde ham maddelerin istenilen seviyeye ulaşması için karışımlara düzenleyici katkı maddesi olarak AS ilavesi yapılması gerekliliği doğmuştur. Ayrıca AS karışımların serbest hava alanının artmasını da sağlayacak olan bir katkı maddesidir.

**Tablo 2. Ham maddeler ve kompost karışımlarının başlangıç özellikleri**

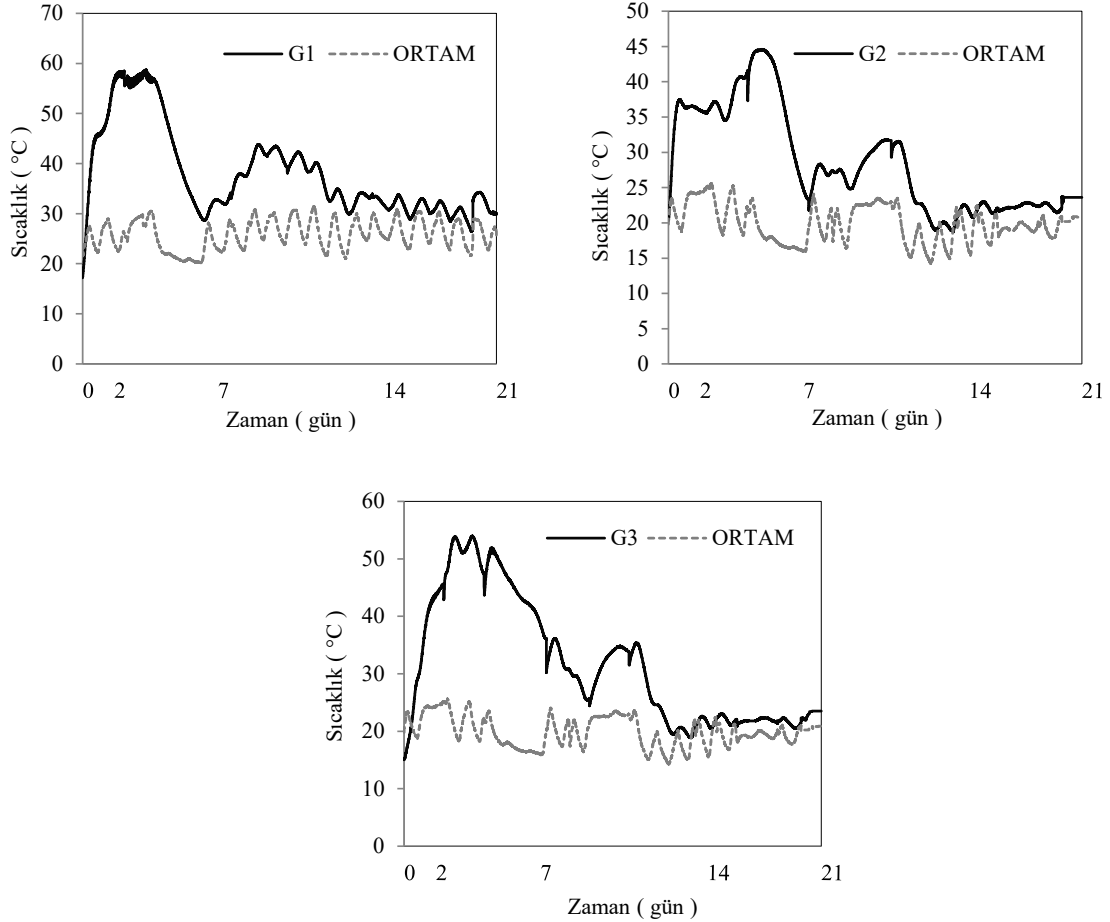
| Parametre                        | Büyükbaş Hayvan Gübresi (BHG) | At Gübresi (AG) | Tavuk Gübresi (TG) | Ayçiçeği Sapı (AS) | Kompost Karışımı (G <sub>1</sub> ) | Kompost Karışımı (G <sub>2</sub> ) | Kompost Karışımı (G <sub>3</sub> ) |
|----------------------------------|-------------------------------|-----------------|--------------------|--------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| pH(1:10,saf su ekstratı)         | 8,18±0,11                     | 7,56±0,02       | 9,16±0,005         | 6,7±0,1            | 7,92±0,02                          | 7,79±0,02                          | 7,72±0,11                          |
| EC, mS/cm (1:10,saf su ekstratı) | 3,56±0,23                     | 2,27±0,06       | 7,55±0,15          | 2,83±0,1           | 6,35±0,16                          | 3,69±0,16                          | 7,35±0,14                          |
| Nem, %                           | 81,6±1,42                     | 76,3±4,1        | 76,5±4,1           | 10,3±0,1           | 68,0±1,05                          | 61,9±0,24                          | 61,7±1,37                          |
| OM, %                            | 82,2±1,33                     | 91,0±1,76       | 77,9±3,25          | 91,6±0,1           | 84,3±0,17                          | 92,2±0,23                          | 84,1±0,32                          |
| TKN, %                           | 2,01±0,29                     | 1,75±0,09       | 2,15±0,29          | 0,50±0,1           | 1,18±0,6                           | 1,14±0,1                           | 1,34±0,21                          |
| TP, %                            | 1,18±0,01                     | 1,05±0,2        | 1,54±0,15          | 0,3±0,1            | 1,14±0,13                          | 0,84±0,07                          | 1,21±0,16                          |
| C/N Oranı                        | 22,3                          | 28,4            | 19,8               | 100                | 39,0                               | 44,2                               | 34,3                               |

### 3.2. Sıcaklık

Reaktörlere ait sıcaklık ve ortam sıcaklığı değişimleri Şekil 2'de verilmiştir. Kompostlama prosesi için sıcaklık parametresi çok önemli bir parametre olup, sürecin verimliliğini gösteren ana etkenlerden biridir. Her üç reaktörde de sıcaklıklar 40°C üzerinde termofilik faz seviyelerine yükselmiştir. Büyükbaş hayvan gübresinin ana materyal olarak kullanıldığı G<sub>1</sub> reaktöründe en yüksek sıcaklık 58,7°C, AG'nin ana materyal olduğu G<sub>2</sub> reaktöründe en yüksek sıcaklık 44,6°C ve TG ile oluşturulan G<sub>3</sub> reaktöründe ise en yüksek sıcaklık 54°C olarak ölçülmüştür. G<sub>1</sub> ve G<sub>3</sub> reaktörleri maksimum değerine 3.gün ulaşırken, G<sub>2</sub> reaktörü maksimum değere 4.günde ulaşmıştır. Kompostlama sürecindeki bu sıcaklık değişimleri, organik maddenin mikrobiyal ayrışmasını göstermekle birlikte patojenlerin ortadan kalkmasına da yardımcı olmaktadır (Manu ve diğ., 2017; Wong ve diğ., 2017; Song ve diğ., 2021). Özellikle kompostlama işlemi sırasındaki yüksek sıcaklıklar bakterilerin inaktivasyonundan sorumludur (Chen ve Jiang, 2014; Thomas ve diğ., 2020). Reaktörler maksimum sıcaklıklara ulaşma aşamasına kadar, içerilerinde barındırdıkları mikroorganizmalar tüketebilecekleri kolay ayrışabilir organik maddeleri tüketmektedir. Bu süreçten sonra prosesin içerisinde kompleks yapıları organik bileşikler kaldığından ve mikroorganizmalar bu besinleri daha zor parçalayabildiklerinden dolayı sıcaklıklar her gün bir miktar düşerek ortam sıcaklığına kadar ulaşmaktadır. Amerika Çevre Koruma Ajansı (EPA) verilerine göre yüksek oranda patojen kontrolü için kullanılan atık materyallerinin reaktörlerde en az 5 gün 40°C'de kalması ve bu süreç içinde 4 saat boyunca da 55 °C'yi aşması gerekmektedir (USEPA, 1993). Her üç reaktörde 40°C üzerine çıkma başarısı göstermiştir. G<sub>1</sub> reaktörü 40 °C üzerinde 8 gün, G<sub>2</sub> reaktörü 2 gün ve G<sub>3</sub> reaktörü 5 gün

kalmıştır. Çalışmada bakteri ve patojenler için mikrobiyolojik bir analiz gerçekleştirilmemiş olmasına karşın G<sub>2</sub> ve G<sub>3</sub> reaktörleri, EPA kriterlerine göre süreç boyunca 55°C üzerine çıkmadığı için yeterli patojen gideriminin sağlanmadığı düşünülmektedir. Bununla birlikte G<sub>1</sub> reaktöründe sıcaklığın hem 40°C üzerinde 8 gün kalması hem de süreç içerisinde 55°C üzerinde 2 gün seyretmesi sebebi ile yeterli hijyenizasyon şartlarının sağlanmış olabileceği ve önemli oranda da patojen gideriminin gerçekleştiği düşünülmektedir. Reaktörler arasında bu sıcaklık farklılıklarının olmasının temel sebebi kullanılan gübrelерin içerisinde bulunan organik bileşiklerin mikrobik toplulukların tüketebileceği nitelikte olmasıyla yakından ilişkilidir.

Ülkemiz standartları baz alındığında ise Kompost Tebliği'ne (KT) göre; atıkların kesintisiz olarak 55°C'de 2 hafta, 60°C'de 1 hafta, 65°C'de 5 gün ya da 70°C'de 1 saat kalması gerekmektedir (KT, 2015). Fakat istenilen koşulların sağlanması için yeterli besin maddesinin bulunduğu yüksek miktarlarda atıkların karıştırıldığı ortamlar gerekmektedir. Reaktör tipi laboratuvar ölçekli kısıtlı substratın olduğu çalışmalarda bu sıcaklıklara bu sürelerde ulaşmak yetersiz substrat nedeniyle mümkün değildir. Yeterli substratın olduğu büyük kompost tesislerinde G<sub>1</sub> reaktöründe uygulanan reçetenin uygulanması durumunda KT'de ki sıcaklık şartlarının sağlanabileceği açıktır.



**Şekil 2:**  
*Reaktörlerde sıcaklık değişimleri*

### 3.3. pH ve EC

Kompostlama prosesinin başarısı genel olarak hammaddelerin başlangıç aşamasındaki fiziko-kimyasal özellikleri ile ilgilidir. Nem içeriği ile birlikte pH parametresi de verimli bir kompostlama için kritik bir öneme sahiptir (Khan ve diğ., 2009; Ge ve diğ., 2022). Reaktörlere

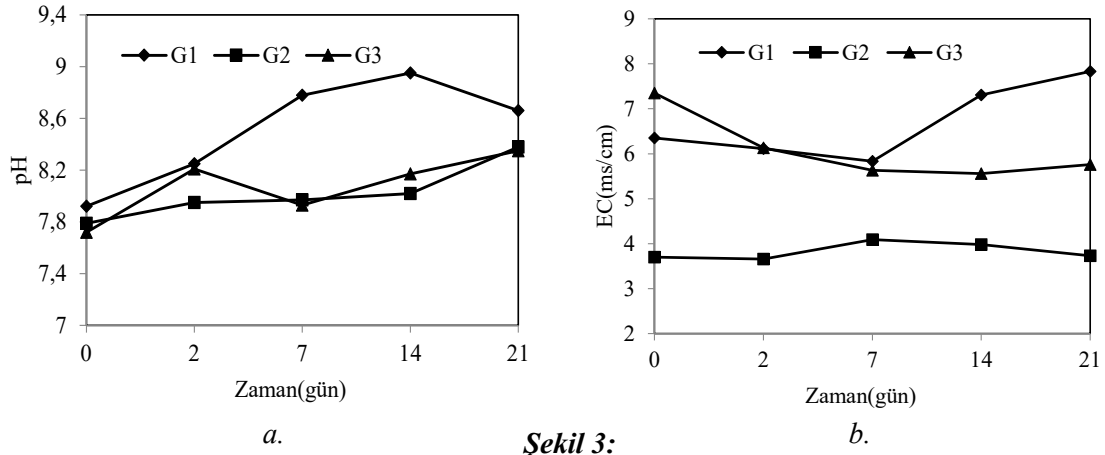
ait pH değişimleri Şekil 3(a)'da gösterilmiştir. G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub> ve G<sub>3</sub> reaktörlerinde başlangıçta pH değerleri sırasıyla 7,92, 7,79, 7,72 olarak tayin edilmiştir. G<sub>1</sub> reaktöründe yoğun mikrobiyal aktivitenin etkisiyle sıcaklık değişimlerinin diğer reaktörlerden daha hızlı gerçekleşmesinden dolayı süreç boyunca pH değerleri sürekli artış eğilimindedir. G<sub>2</sub> ve G<sub>3</sub> reaktörlerinde ise ilk günlerdeki mikrobiyal aktivitenin göstergesi olarak pH değerleri artış göstermiş olup, sıcaklıkların G<sub>1</sub> reaktörüne göre nispeten daha az yükselmesinden kaynaklı belirli günlerde pH değerlerinde azalışlar da gözlemlenmiştir. Yoğun mikrobiyal aktivitenin olduğu günlerde organik azotun ayrışmasıyla amonyak oluşumu gerçekleşmiştir. Amonyakın ayrışmasıyla ortaya çıkan amonyum, pH değerlerinin artmasına sebep olmuştur (Sanchez-Monedero ve diğ., 2001). Gigliotti ve diğ. (2012)'ne göre, mekanik olarak karıştırılmış veya havalandırılmış kompostta pH artışı organik asitlerin ayrışmasına veya fenolik bileşiklerin oksitlenmesine de bağlıdır. Sonraki günlerde gerçekleşen düşüşler ise mikrobiyal nitrifikasyon sırasında ortaya çıkan hidrojen iyonlarından kaynaklanmaktadır (Dai ve diğ., 2021). Lalremruati ve Devi (2021) yapmış oldukları çalışmada, aerobik kompostlamada normal olarak pH değerinde, ilk olarak yükselme daha sonra ise bir düşüş eğilimi olacağını belirtmişlerdir.

Proses boyunca pH verilerinin bir diğer önemi de karışımlar içerisinde bulunan mikroorganizma topluluklarının kendilerine rahat bir ortam yaratabilmeleridir. Kompostlama prosesi boyunca sıcaklığa bağlı olarak mezofilik ve termofilik bakteriler başta olmak üzere protozoalar, aktinomisetler ve mantarlar gibi birçok mikroorganizma grupları görev alır. Her mikroorganizma topluluğu için optimum bir pH aralığı bulunmaktadır. Mikrobiyal aktivite için optimum pH aralığı genellikle 6-9 aralığındadır (Zorpas ve diğ., 2003; Chen ve diğ., 2019). Her üç reaktör için bitiş verileri değerlendirildiğinde G<sub>1</sub> reaktörü 8,66, G<sub>2</sub> reaktörü 8,38 ve G<sub>3</sub> reaktörü 8,35 pH değerlerine ulaşmıştır. Başarılı ve tam gelişmiş kompostlama sırasında pH genellikle 8-9 civarına yükselmektedir (Sundberg ve diğ., 2004).

EC, kompostlama boyunca çözünür tuz içeriğinin değişimini gösteren bir parametredir (Dhyani ve diğ., 2018; Wei ve diğ., 2022). Reaktörlere ait EC değişimleri Şekil 3(b)'de gösterilmiştir. Tüm reaktörlerde EC değerleri 3,66 ile 7,83 ms/cm arasında değişmiştir. Kompostlama sırasında, karmaşık organik bileşiklerin parçalanması ve tüketilmesi nedeniyle çözünür tuzların konsantrasyonunun artması olağan bir sonuçtur (Chan ve diğ., 2016). Sıcaklığın en yüksek olduğu ve mineralizasyon seviyesinin yüksek olduğu G<sub>1</sub> reaktöründe EC değerinde yükselme olmuştur. Ancak diğer reaktörlerde yeterli organik madde parçalanması gerçekleşmemesi nedeniyle EC değerlerinde artış gerçekleşmemiştir.

#### 3.4. Organik Madde ve C/N Oranı

Kompostlamada kullanılan hammaddeler büyük miktarda organik madde içerir. Bu bileşenlerin çoğu da kararsızdır ve kolayca ayrışır (Wu ve diğ., 2021). Reaktörlere ait organik madde değişimleri Şekil 4(a)'da verilmiştir. Mikroorganizmaların faaliyetleri sonucu reaktörlerde bir miktar organik madde kayıpları meydana gelmiştir. Reaktörlerde gerçekleşen organik madde kayıpları, reaktörlerden analizler için alınan örnek miktarları hariç tutularak meydana gelen kümülatif organik madde kayıpları olarak hesaplanmış ve G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub> ve G<sub>3</sub> reaktörlerinde sırasıyla %57, %41 ve %53 olarak bulunmuştur. Sıcaklık yükselmesinin en az olduğu, başka bir deyişle mikrobiyal aktivitenin alt sınırlarda olduğu G<sub>2</sub> reaktöründe organik madde kayıplarının en az olduğu görülmektedir. G<sub>1</sub> reaktöründe ise sıcaklığın 55 °C üzerine çıkması ve C/N oranıyla da ilişkili olarak mikrobiyal aktivitenin fazla olması ile birlikte organik madde bozunması diğer iki reaktöre oranla daha yüksektir. Şevik ve diğ. (2018) arıtma çamuru, BHG ve domates sapları karışımıyla yaptıkları kompostlama çalışmasında en yüksek sıcaklık elde ettikleri kompost reçetesinde, benzer şekilde en yüksek değer olan %57,9 OM kaybı elde etmişlerdir.

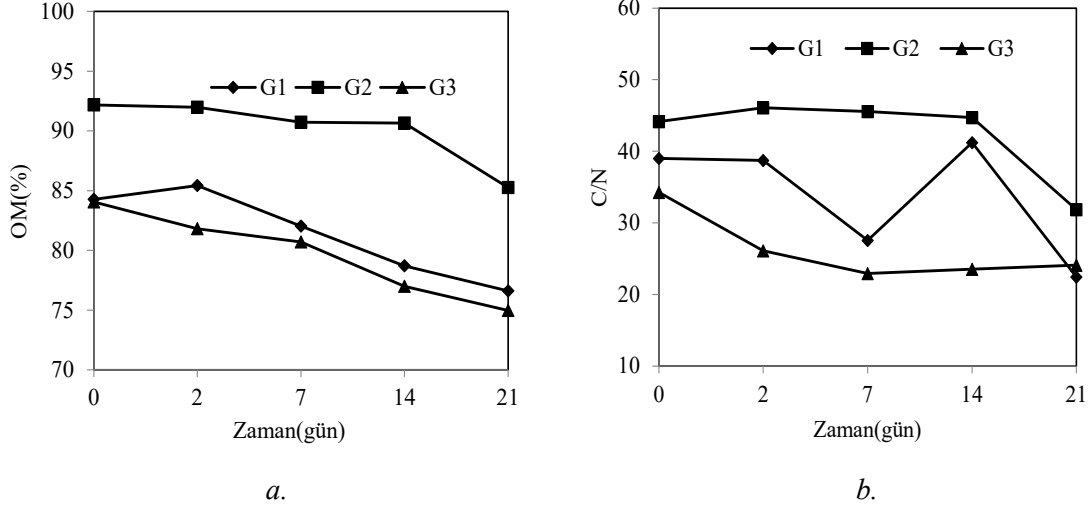


**Şekil 3:**  
a. Reaktörlere ait pH değişimleri b. Reaktörlere ait EC değişimleri

Reaktörlere ait C/N oranı değişimleri Şekil 4(b)'de verilmiştir. C/N oranı kompostlama sürecinin işleyişini etkileyen ana kriterlerden biridir. C ve N mikroorganizmalar için temel besinlerdir ve içerikleri farklı beslenme tercihleriyle kompostlamada görev alan organizmaların zenginleşmesini yani büyüüp gelişmesini sağlarlar (Zhu ve diğ., 2021). Ayrıca C ve N bu özelliklerinden dolayı kompost ürününün kalitesini doğrudan etkilemektedir. Farklı başlangıç C/N oranları çeşitli organik madde bozunma süreçlerine yol açarak komposttaki biyokimyasal süreçleri etkilerler (Wang ve diğ., 2019). Uygun olmayan C/N oranları, reaktörlerde yüksek oranlarda amonyak azotu salınımına veya uçucu yağ asitleri birikmesine neden olabilir (Yan ve diğ., 2015). Şekil 4(b)'de görüldüğü üzere bu çalışmadaki başlangıç C/N oranı değerleri, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub> ve G<sub>3</sub> reaktöründe sırasıyla 39,0, 44,2 ve 34,3'tür. Yan ve diğ. (2015) göre optimum C/N oranı, kullanılan atığın türüne göre değişiklik göstermektedir. Sun ve diğ. (2011)'ne göre C/N oranının değişimi kompostlama prosesi sırasında birçok durum değişkenine bağlıdır. G<sub>1</sub> reaktöründe maksimum sıcaklığa ulaşıldıktan sonraki günleri takiben sıcaklıklar 2. ve 7.gün arasında keskin bir düşme yaşamıştır. 7.günden sonra sıcaklıklar 14.güne kadar tekrar yükselme eğilimi göstermiştir. Tüm bunlar göz önüne alındığında mikrobiyal aktiviteler sonucunda OM bozunma hızlarına ve buna paralel olarak karbon azalması ve azot artışına bağlı olarak G<sub>1</sub> reaktöründe C/N oranında 7.günde bir düşme gerçekleşirken, 14.günde de reaktördeki azot azalmasıyla C/N oranında keskin bir yükselme gözlemlenmiştir. Kompostlama prosesi boyunca organik maddelerde meydana gelen biyobozunma sonucunda karbon içeriğinde azalma, azot içeriğinde artma gerçekleşmekte ve proses C/N oranı azalması ile sonuçlanmaktadır (Raj ve Antil, 2011).

Reaktörler arasından en yüksek C/N azalması (%42,4) G<sub>1</sub> reaktöründe gerçekleşmiştir. G<sub>2</sub> ve G<sub>3</sub> reaktöründe sırasıyla %27,9 ve %29,7 C/N kaybı oluşmuştur. KT'ye göre biten süreç sonucunda elde edilen kompostun C/N oranı 10-30 aralığında olmalıdır. Buna göre G<sub>1</sub> ve G<sub>3</sub> reaktörleri bu şartı sağlarken G<sub>2</sub> reaktörü bu aralığın içerisinde yer almamaktadır.





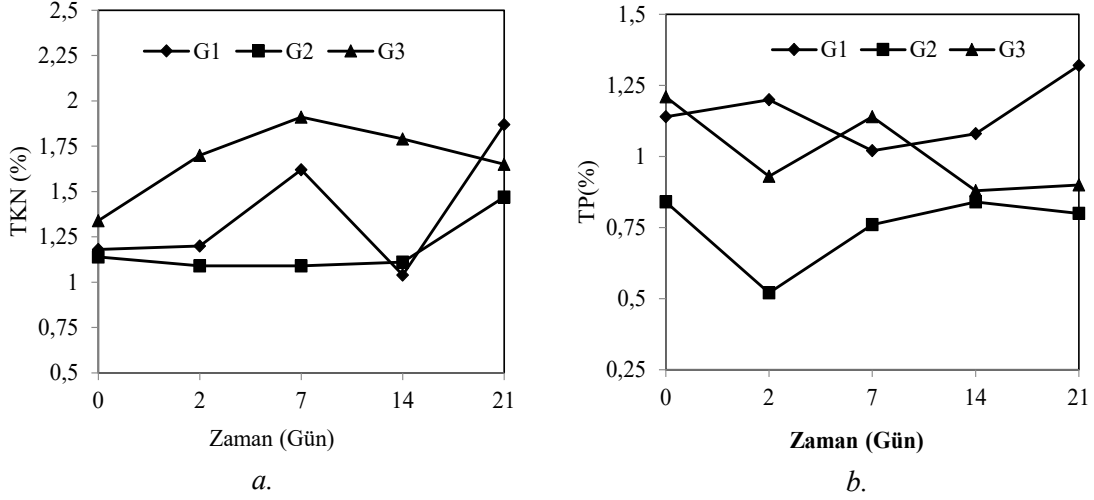
**Şekil 4:**  
*a. Reaktörlere ait OM değişimleri b. Reaktörlere ait C/N oranı değişimleri*

### 3.5. TKN ve Toplam Fosfor

TKN kompost olgunluğunun bir göstergesidir. G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub> ve G<sub>3</sub> reaktörlerine ait TKN değişimleri Şekil 5(a)'da verilmiştir. Tüm reaktörlerde başlangıç TKN değerleri proses boyunca artmıştır. Bu artışların sebebi başlangıç fazında yüksek miktarda kolay ayrışabilir organik maddenin mikroorganizmalar tarafından tüketilmesiyle reaktörlerde oluşan kuru madde ve organik madde kayıplarıdır. Bernal ve diğ. (2009)'ne göre, kompostlama sırasında kullanılan malzemenin kuru ağırlık kaybının bir sonucu olarak mineral elementlerin konsantrasyonu da artmaktadır. G<sub>1</sub> ve G<sub>3</sub> reaktörlerindeki maksimum sıcaklık değerlerinin G<sub>2</sub> reaktöründen daha yüksek olmasına bağlı olarak OM bozunma hızlarının da etkisiyle proses boyunca TKN miktarlarında belirli günlerde gözle görülür artışlar saptanmıştır. G<sub>2</sub> reaktöründe ise prosesin sonlarına doğru OM kayıplarının gözlemlenmesinden dolayı TKN değerinde bir artış olmuştur. Uçaroğlu (2014) tarafından yapılan kompostlama çalışmasında da benzer şekilde organik madde kayıplarına paralel olarak başlangıç TKN konsantrasyonlarında proses sonunda artış tespit edilmiştir.

Hayvan gübreleri ile oluşturulan komposttaki fosfor, bitkisel üretimde kullanılabilir en önemli fosfor kaynaklarından biridir. Ayrıca bu tip kompostlarda, fosfor hayvan türü, yem, katkı maddesi ve kompostlama yönteminden ciddi şekilde etkilenir (Komiya ve Ito, 2019). Reaktörlerin zamana bağlı toplam fosfor değişimleri Şekil 5(b)'de verilmiştir. Tüm fosfor formlarının konsantrasyonu, organik maddenin parçalanmasına ve kompostlama sırasında kütle kayıplarına bağlı olarak artmaktadır (Dui-an ve diğ., 2013). Proses boyunca en yüksek azalma oranlarına ise kararsız fosfor fraksiyonlarında rastlanır. Bu azalmanın ana nedenleri ise; organik madde ile C/N oranlarının azalması ve pH değerlerinin artmasıdır (Forbes ve diğ., 2005; Li ve diğ., 2012). Tüm reaktörlerde, başlangıç fosfor konsantrasyonları yaklaşık %0,8-%1,2 aralığındadır. G<sub>1</sub> reaktöründe 2. günde sıcaklığın yükselmesi, organik madde ve C/N azalması ile pH yükselmesine bağlı olarak fosfor konsantrasyonunda artış gerçekleşirken, diğer reaktörlerde yeterli sıcaklık yükselmesi olmaması nedeni ile bu artış gerçekleşmemiştir. G<sub>1</sub> reaktörü prosesin ilk 2 gününde maksimum sıcaklığa ulaşmış olup OM bozunması da paralel olarak daha yüksek oranlarda meydana gelmiş ve TP konsantrasyonları ilk günlerde artmaya başlamıştır. G<sub>2</sub> ve G<sub>3</sub> reaktörlerinde ise maksimum sıcaklıklara 3.gün ve daha sonrasında ulaşıldığı için OM bozunması ilk günlerde daha az gerçekleşmiş ve buna bağlı olarak kuru madde kayıpları az olduğu için TP konsantrasyonları ilk günlerde azalmış ve daha sonraki

günlerde artmaya başlamıştır. G<sub>1</sub> reaktöründe gerçekleşen TP konsantrasyonu artışı, kütle kaybı sebebi ile gerçekleşmiştir. Şevik ve diğ. (2018) yaptıkları çalışmada, benzer şekilde kompost prosesi sonunda belirlenen TP konsantrasyonlarının kütle kaybı sebebiyle artış gösterdiğini belirlemiştir.



**Şekil 5:**

**a.** Reaktörlerde zamana bağlı meydana gelen TKN değişimleri **b.** Reaktörlerin zamana bağlı toplam fosfor değişimleri

Literatür araştırmaları ile kıyaslama yapılacak olursa, bu çalışmaya benzer olarak, Ge ve diğ. (2022), sığır gübresi ve buğday samanı ile yapmış oldukları kompostlama denemelerinde oluşturulan tüm kompost karışımlarında sıcaklıkların ilk günlerde artmaya başladığını ve ardından süreç sonunda, oda sıcaklığına kadar düştüğünü dile getirmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar farklı başlangıç koşullarının (nem ve pH) kompostlamanın başarısında çok önemli bir payının olduğunu vurgulamışlardır. Aynı şekilde Ezemagu ve diğ. (2021) yapmış oldukları çalışmada benzer olarak, kompost karışımında kolay parçalanabilen bileşenlerin tükenmesiyle birlikte sıcaklıkların proses sonunda ortam sıcaklığına düştüğünü dile getirmişlerdir. Laboratuvar ölçekli yapılan kompostlama çalışmalarında, substrat kısıtlı olduğu için Kompost Tebliği'nde hijyenizasyon için gereken sıcaklık sürelerine ulaşmak mümkün olmamaktadır. Nakasaki ve diğ. (2019), gıda atıkları, ticari tavşan yemi ve pişmiş pirinç karışımı ile birlikte yaptıkları kompostlama denemelerinde, bu çalışmaya benzer olarak OM'nin termofilik faz sırasında termofilik bakteriler tarafından hızlıca bozunduğunu ve OM kayıplarının gerçekleştiğini tespit etmiştir. Zhen ve diğ. (2021), farklı türden hayvan gübreleri (sığır, domuz, tavuk) ve mısır sapı ile gerçekleştirmiş oldukları kompostlama denemelerinde, bu çalışmaya benzer olarak organik maddenin ayrışması ve mineralize olması sonucu kompost yığınlarındaki kuru madde içeriğinin azaldığını ve bunun bir sonucu olarak süreç sonunda TP konsantrasyonlarının arttığını dile getirmişlerdir.

Tablo 3'de tüm reaktörlerde incelenen parametrelerin Kompost Tebliği'ndeki değerler ile karşılaştırılması yapılmıştır.

**Tablo 3. Tüm reaktörlerde incelen parametrelerin kompost tebliği ile karşılaştırılması**

| Parametre                        | G <sub>1</sub><br>Kompost<br>Karışımı | G <sub>2</sub><br>Kompost<br>Karışımı | G <sub>3</sub><br>Kompost<br>Karışımı | Kompost Tebliği<br>(EK2)   |
|----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--|
| Sıcaklık (°C)                    | 58,7°C                                | 44,6°C                                | 54°C                                  | Kesintisiz olarak<br>55°C'de 2 hafta,<br>60°C'de 1 hafta,<br>65°C'de 5 gün,<br>70°C'de 1 saat,<br>işlem görmüş<br>olacaktır. |
| pH(1:10,saf su ekstratı)         | 8,66±0,39                             | 8,38±0,01                             | 8,35±0,01                             | 5,5-8,5  |
| EC, mS/cm (1:10,saf su ekstratı) | 7,83±0,59                             | 3,73±0,14                             | 5,76±0,16                             | < 10dS/cm  |
| C/N Oranı                        | 22,4                                  | 31,9                                  | 24,1                                  | 10-30  |

#### 4. SONUÇ

Kompostlama hayvan gübrelerinin yönetimi için sürdürülebilir bir yöntemdir. Bu çalışmada, farklı türden hayvan gübrelerinin (BHG, AG, TG) düzenleyici katkı maddesi olan ayçiçeği sapı ilavesi ile kompostlanabilirliği araştırılmıştır. Aerobik kompost reaktörlerinde gerçekleştirilen çalışmada, düzenleyici katkı maddesi ve gübre oranları her reaktörde sabit tutularak farklı hayvan gübrelerinin prosetteki verimliliği incelenmiştir. At gübresi ile çalıştırılan G<sub>2</sub> reaktöründe C/N oranında %27,9 gibi bir azalma, %41 OM kaybı sağlanmış olsa da sıcaklık (44,6°C) stabilizasyon için yeterli seviyelere ulaşamamıştır. Tavuk gübresi ilave edilen G<sub>3</sub> reaktöründe, G<sub>2</sub>'ye oranla daha fazla mikrobiyal aktivite saptanmış olup sıcaklık 54°C'ye kadar yükselmiş ve OM kayıpları (%53) elde edilmiştir. Büyükbaş hayvan gübresinin kullanıldığı G<sub>1</sub> reaktöründe ise kompost verimliliği yüksek seviyelerde olup diğer iki reaktöre oranla daha yüksek bir sıcaklık (58,7°C), daha fazla OM kaybı (%57) ve C/N azalması (%42,4) gerçekleşmiştir. G<sub>1</sub> reaktöründe en iyi kompost verimi elde edilmiş, önemli oranda patojen kontrolü sağlanmış ve uygun hijyenizasyon kriterlerine ulaşılmıştır. Her hayvanın beslenme alışkanlıklarının farklı olmasıyla birlikte oluşan gübrelerin içerikleri de değişmektedir ve bunun sonucunda kompostlama reçeteleri de farklılık gösterebilmektedir. Hayvan gübrelerinin ayçiçeği sapı ile kompostlanması için farklı karışım reçeteleri ve farklı düzenleyici katkı malzemeleri ilavesiyle hazırlanan kompost reçeteleri uygulanarak farklı hayvan gübreleriyle de yönetmelik standartlarına ulaşmak mümkün olabilecektir. Hayvan gübreleri yönetmeliklerde belirtilen tüm kriterleri sağlamaları durumunda uygun reçetelerle kompostlanarak tarımda kullanımı mümkün olan organik atıklardır.

#### ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazar(lar), bilinen herhangi bir çıkar çatışması veya herhangi bir kurum/kuruluş ya da kişi ile ortak çıkar bulunmadığını onaylamaktadırlar.

## YAZAR KATKISI

Büşra Özbek veri toplama, veri analizi ve yorumlama, Selnur Uçaroğlu veri analizi ve yorumlama yapmıştır.

## KAYNAKLAR

1. Afonso, S., Arrobas, M., Pereira, E.L. ve Rodrigues, M.A. (2021) Recycling nutrient-rich hop leaves by composting with wheat straw and farmyard manure in suitable mixtures, *Journal of Environmental Management*, 284, 112105. doi:10.1016/j.jenvman.2021.112105
2. APHA, AWWA, WEF, (1998) Standard methods for the examination of water and wastewater, Washington, D.C.
3. Barrington, S., Choiniere, D., Trigui, M. ve Knight W. (2002) Effect of carbon source on compost nitrogen and carbon losses, *Bioresource Technology*, 83(3),189-194. doi: 10.1016/S0960-8524(01)00229-2
4. Bernal, M.P., Alburquerque, J.A. ve Moral, R. (2009) Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review, *Bioresource Technology*, 5444-5453. doi:10.1016/j.biortech.2008.11.027
5. Bremner, J.M. ve Mulvaney, C.S. (1982) *Methods of soil analysis, part 2 chemical and microbiological properties*, 594-624.
6. Chan, M.T., Selvam, A. ve Wong, J.W.C. (2016) Reducing nitrogen loss and salinity during 'struvite' food waste composting by zeolite amendment, *Bioresource Technology*, 200, 838-844. doi:10.1016/j.biortech.2015.10.093
7. Chen, Z. ve Jiang, X. (2014) Microbiological safety of chicken litter or chicken litter-based organic fertilizers: A Review, *Agriculture*, 4(1), 1-29. doi:10.3390/agriculture4010001
8. Chen, W., Liao, X., Wu, Y., Liang, J.B., Mi, J., Huang, J., Zhang, H., Wu, Y., Qiao, Z., Li, X. ve Wang, Y. (2017) Effects of different types of biochar on methane and ammonia mitigation during layer manure composting, *Waste Management*, 61, 506-515. doi: 10.1016/j.wasman.2017.01.014
9. Chen, Y., Chen, Y., Li, Y., Wu, Y., Zeng, Z., Xu, R., Wang, S., Li, H. ve Zhang, J. (2019) Changes of heavy metal fractions during co-composting of agricultural waste and river sediment with inoculation of phanerochaete chrysosporium, *Journal of Hazardous Materials*, 378, 120757. doi:10.1016/j.jhazmat.2019.120757
10. Chung, W.J., Chang, S.W., Chaudhary, D.K., Shin, J., Kim, H., Karmegam, N., Govarthanam, M., Chandrasekaran, M. ve Ravindran, B. (2021) Effect of biochar amendment on compost quality, gaseous emissions and pathogen reduction during in-vessel composting of chicken manure, *Chemosphere*, 283, 131129. doi:10.1016/j.chemosphere.2021.131129
11. Dai, X., Wang, X., Gu, J., Bao, J., Wang, J., Guo, H., Yu, J., Zhao, W. ve Lei, L. (2021) Responses of bacterial communities and antibiotic resistance genes to nano-cellulose addition during pig manure composting, *Journal of Environmental Management*, 300, 113734. doi:10.1016/j.jenvman.2021.113734
12. Dhyani, V., Awasthi, M.K., Wang, Q., Kumar, J., Ren, X., Zhao, J., Chen, H., Wang, M., Bhaskar, T. ve Zhang, Z. (2018) Effect of composting on the thermal decomposition behavior and kinetic parameters of pig manure-derived solid waste, *Bioresource Technology*, 252, 59-65. doi:10.1016/j.biortech.2017.12.083

13. Diaz, L.F., Bertoldi, M., Bidlingmaier, W. ve Stentiford, E. (2007) *Compost Science and Technology*, Elsevier Publishers.
14. Dietrich, M., Fongen, M. ve Foereid B. (2021) Anaerobic digestion affecting nitrous oxide and methane emissions from the composting process, *Bioresource Technology Reports*, 15(6), 100752. doi: 10.1016/j.biteb.2021.100752
15. Dui-an, L.Ü., Yan, B., Wang, L., Deng, Z. ve Zhang, Y. (2013) Changes in phosphorus fractions and nitrogen forms during composting of pig manure with rice straw, *Journal of Integrative Agriculture*, 12(10), 1855-1864. doi:10.1016/S2095-3119(13)60400-1
16. Ezemagu, I. G., Ejimofor, M. I., Mekiti, M. C., ve Diyoke, C. (2021) Biofertilizer production via composting of digestate obtained from anaerobic digestion of post biocoagulation sludge blended with saw dust: physiochemical characterization and kinetic study, *Environmental Challenges*, 5, 100288. doi: 10.1016/j.envc.2021.100288
17. Forbes, M.G., Dickson, K.L., Saleh, F., Waller, W.T., Doyle, R.D. ve Hudak, P. (2005) Recovery and fractionation of phosphorus retained by lightweight expanded shale and masonry sand used as media in subsurface flow treatment wetlands, *Environmental Science & Technology*, 39(12), 4621-4627. doi:10.1021/es048149o
18. Ge, M., Shen, Y., Ding, J., Meng, H., Zhou, H., Zhou, J., Cheng, H., Zhang, X., Wang, J., Wang, H., Cheng, Q., Li, R. ve Liu, J. (2022) New insight into the impact of moisture content and pH on dissolved organic matter and microbial dynamics during cattle manure composting, *Bioresource Technology*, 344, 126236. doi:10.1016/j.biortech.2021.126236
19. Gigliotti, G., Proietti, P., Said-Pullicino, D., Nasini, L., Pezzolla, D., Rosati, L. Ve Porceddu, P.R. (2012) Co-composting of olive husks with high moisture contents: organic matter dynamics and compost quality, *International Biodeterioration & Biodegradation*, 67, 8-14. doi:10.1016/j.ibiod.2011.11.009
20. Haouas, A., Modafar, C.E., Douira, A., Ibsouda-Koraichi, S., Filali-Maltouf, A., Moukhli, A. ve Amir, S. (2021) Evaluation of the nutrients cycle, humification process, and agronomic efficiency of organic wastes composting enriched with phosphate sludge, *Journal of Cleaner Production*, 302, 127051. doi:10.1016/j.jclepro.2021.127051
21. Hebert, L., Cauchard, J., Doligez, P., Quitard, L., Laugier, C. ve Petry, S. (2010) Viability of *Rhodococcus equi* and *Parascaris equorum* eggs exposed to high temperatures, *Current Microbiology*, 60, 38-41. doi:10.1007/s00284-009-9497-5
22. Iqbal, M.K., Shafiq, T. ve Ahmed, K. (2010) Characterization of bulking agents and its effects on physical properties of compost, *Bioresource Technology*, 101(6), 1913-1919. doi: 10.1016/j.biortech.2009.10.030
23. Khalil, A.I, Hassouna, M.S., El-Ashqar, H.M.A. ve Fawzi, M. (2011) Changes in physical, chemical and microbial parameters during the composting of municipal sewage sludge, *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 27(10), 2359–2369. doi: 10.1007/s11274-011- 07048
24. Khan, E., Khaodhir, S. ve Ruangrote, D. (2009) Effects of moisture content and initial pH in composting process on heavy metal removal characteristics of grass clipping compost used for stormwater filtration, *Bioresource Technology*, 100(19), 4454-4461. doi:10.1016/j.biortech.2008.12.062
25. Komiyama, T. ve Ito, T. (2019) The characteristics of phosphorus in animal manure composts, *Soil Science and Plant Nutrition*, 65(3), 281-288. doi:10.1080/00380768.2019.1615384

26. KT, 05.03.2015 tarihli ve 29286 sayılı Resmi Gazete, Kompost Tebliği.
27. Lalremruati, M. ve Devi, A.S. (2021) Changes in physico-chemical properties during composting of three common household organic solid wastes amended with garden soil, *Bioresource Technology Reports*, 15, 100727. doi:10.1016/j.biteb.2021.100727
28. Li, H., Wang, Y., Shi, L.Q., Mi, J., Song, D. ve Pan, X.J. (2012) Distribution and fractions of phosphorus and nitrogen in surface sediments from Dianchi Lake, China, *International Journal of Environmental Research*, 6(1), 195-208. doi:10.22059/IJER.2011.486
29. Li, J., Akdeniz, N., Kim., H.H.M., Gates, R.S., Wang, X. ve Wang, K. (2021a) Quantification of sustainable animal manure utilization strategies in Hangzhou, China, *Agricultural Systems*, 191, 103150. doi:10.1016/j.agsy.2021.103150
30. Li, M.X., He, X.S., Tang, J., Li, X., Zhao, R., Tao, Y.Q., Wang, C. ve Qiu, Z.P. (2021b) Influence of moisture content on chicken manure stabilization during microbial agent enhanced composting, *Chemosphere*, 364, 128549. doi: 10.1016/j.chemosphere.2020.128549
31. Liao, H., Zhao, Q., Cui, P., Chen, Z., Yu, Z., Geisen, S., Friman, V.P. ve Zhou, S. (2019) Efficient reduction of antibiotic residues and associated resistance genes in tylosin antibiotic fermentation waste using hyperthermophilic composting, *Environment International*, 133(B), 105203. doi: 10.1016/j.envint.2019.105203
32. Liu, B., Yu, K., Ahmed, I., Gin, K., Xi, B., Wei, Z., He, Y. ve Zhang, B. (2021) Key factors driving the fate of antibiotic resistance genes and controlling strategies during aerobic composting of animal manure: A review, *Science of The Total Environment*, 791, 148372. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.148372
33. Manu, M.K., Kumar, R. ve Garg, A. (2017) Performance assessment of improved composting system for food waste with varying aeration and use of microbial inoculum, *Bioresource Technology*, 234, 167-17. doi:10.1016/j.biortech.2017.03.023
34. Mclean, E.O. (1982) *Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties*, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America.
35. Nakasaki, K., Hirai, H., Mimoto, H., Quyen, T. N. M., Koyama, M., ve Takeda, K. (2019) Succession of microbial community during vigorous organic matter degradation in the primary fermentation stage of food waste composting, *Science of The Total Environment*, 671, 1237-1244. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.03.341
36. Okalebo, J.R., Gathua, K.W. ve Woomer, P.L. (1993) *Laboratory Methods of Soil and Plant Analysis : A Working Manual*, Tropical Soil Biology and Fertility Programme, Nairobi.
37. Olsen, S.R., Cole, C.V. ve Watanabe, F.S. (1954) Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate, *Colorado Agricultural Experiment Station Scientific Journal Series*, 418, 18-19.
38. Özlü, E., Sandhu, S.S., Kumar, S. ve Arriaga, F.J. (2019) Soil health indicators impacted by long-term cattle manure and inorganic fertilizer application in a corn-soybean rotation of South Dakota, *Scientific Reports* 9, 11776. doi:10.1038/s41598-019-48207-z
39. Raj D. ve Antil, R. S. (2011) Evulation of maturity and stability parameters of composts prepared from agro-industrial wastes, *Bioresource Technology*, 102(3), 2868-2873. doi:10.106/j.biortech.2010.1.077
40. Rhoades, J.D. (1982) *Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties*, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America.

41. Said-Pullicino, D., Erriquens, F.G. ve Gigliotti, G. (2007) Changes in the chemical characteristics of water-extractable organic matter during composting and their influence on compost stability and maturity, *Bioresource Technology*, 98, 1822-1831. doi:10.1016/j.biortech.2006.06.018
42. Sanchez-Monedero, M.A., Roig, A., Paredes, C. ve Bernal, M.P. (2001) Nitrogen transformation during organic waste composting by the Rutgers system and its effects on pH, EC and maturity of the composting mixtures, *Bioresource Technology*, 78(3), 301-308. doi:10.1016/S0960-8524(01)00031-1
43. Shan, G., Li, W., Gao, Y., Tan, W. ve Xi, B. (2021) Additives for reducing nitrogen loss during composting: A review, *Journal of Cleaner Production*, 307(10), 127308. doi: 10.1016/j.jclepro.2021.127308
44. Song, B., Manu, M.K., Li, D., Wang, C., Varjani, S., Ladumor, N., Michael, L., Xu, Y. ve Wong, J.W.C. (2021) Food waste digestate composting: feedstock optimization with sawdust and mature compost, *Bioresource Technology*, 341, 125759. doi: 10.1016/j.biortech.2021.125759
45. Sun, W., Huang, G.H., Zeng, G., Qin, X. ve Yu, H. (2011) Quantitative effects of composting state variables on C/N ratio through GA-aided multivariate analysis, *Science of The Total Environment*, 409(7), 1243-1254. doi:10.1016/j.scitotenv.2010.12.023
46. Sundberg, C., Smars, S. ve Jönsson, H. (2004) Low pH as an inhibiting factor in the transition from mesophilic to thermophilic phase in composting, *Bioresource Technology*, 95(2), 145-150. doi:10.1016/j.biortech.2004.01.016
47. Şevik, F., Tosun, İ. Ve Ekinçi, K. (2018) The effect of FAS and C/N ratios on co-composting of sewage sludge, dairy manure and tomato stalks, *Waste Management*, 80, 450-456. doi:10.1016/j.wasman.2018.07.051
48. Thomas, C., Idler, C., Ammon, C. ve Amon T. (2020) Effects of the C/N ratio and moisture content on the survival of ESBL-producing *Escherichia coli* during chicken manure composting, *Waste Management*, 105, 110-118. doi: 10.1016/j.wasman.2020.01.031
49. TÜİK (2020) Hayvansal Üretim İstatistikleri, Türkiye İstatistik Kurumu, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hayvansal-Uretim-Istatistikleri-Aralik-2020-37207>
50. Uçaroğlu, S. (2014) Use of sunflower stalks as a bulking agent in sewage sludge composting, *Fresenius Environmental Bulletin*, 23(6), 1302-1308. doi:10.3291/F-2013-546pj2014
51. USEPA. (1993) Standards for the use and Disposal of Sewage, 40 CFR Parts 257, 403, and 503 (FRO-4203-3), Final Rule, Fed. Register, 58, 9248, US Government Printing Office, Washington, DC.
52. Wang, L., Li, Y., Prasher, S.O., Yan, B., Ou, Y., Cui, H. ve Cui, Y. (2019) Organic matter, a critical factor to immobilize phosphorus, copper, and zinc during composting under various initial C/N ratios, *Bioresource Technology*, 289, 121745. doi:10.1016/j.biortech.2019.121745
53. Wang, G., Kong, Y., Liu, Y., Li, D., Zhang, X., Yuan, J. ve Li, G. (2020) Evolution of phytotoxicity during the active phase of co-composting of chicken manure, tobacco powder and mushroom substrate, *Waste Management*, 114, 25-32. doi:10.1016/j.wasman.2020.06.034

54. Wang, L., Zheng, J. ve Huang, X. (2021) Co-composting materials can further affect the attenuation of antibiotic resistome in soil application, *Waste Management*, 135, 329-337. doi:10.1016/j.wasman.2021.09.016
55. Waskom, R.M. (1999) Best management practices for manure utilization, 568A, Colorado State University Cooperative Extension, Fort Collins
56. Wei, L., Shutao, W., Jin, Z. ve Tong, X. (2014) Biochar influences the microbial community structure during tomato stalk composting with chicken manure, *Bioresource Technology*, 154, 148-154. doi:10.1016/j.biortech.2013.12.022
57. Wei, Y., Liang Z. ve Zhang Y. (2022) Evolution of physicochemical properties and bacterial community in aerobic composting of swine manure based on a patent compost tray, *Bioresource Technology*, 343, 126136. doi:10.1016/j.biortech.2021.126136
58. Wong, J.W.C., Karthikeyan, O.P. ve Selvam, A. (2017) Biological nutrient transformation during composting of pig manure and paper waste, *Environmental Technology*, 38(6), 745-761. doi: 10.1080/09593330.2016.1211747
59. Wu, X., Wang, J., Shen, L., Wu, X., Amanze, C. ve Zeng, W. (2021) ) Effect of bamboo sphere amendment on the organic matter decomposition and humification of food waste composting, *Waste Management*, 133, 19-27. doi:10.1016/J.wasman.2021.07.030
60. Yan, Z., Song, Z., Li, D., Yuan, Y., Liu, X. Ve Zheng, T. (2015) The effects of initial substrate concentration, C/N ratio, and temperature on solid-state anaerobic digestion from composting rice straw, *Bioresource Technology*, 177, 266-273. doi:10.1016/j.biortech.2014.11.089
61. Yu, H., Xie, B., Khan, R. ve Shen, G. (2019) The changes in carbon, nitrogen components and humic substances during organic-inorganic aerobic co-composting, *Bioresource Technology*, 271, 228-235. doi:10.1016/j.biortech.2018.09.088
62. Zhang, X., Fang, Q., Zhang, T., Ma, W., Velthof, G.L., Hou, Y., Oenema, O. ve Zhang, F. (2020) Benefits and trade-offs of replacing synthetic fertilizers by animal manures in crop production in China: A meta-analysis, *Global Change Biology*, 26(2), 888-900. doi:10.1111/gcb.14826
63. Zhen, X. F., Luo, M., Dong, H. Y., Li, S. B., Li, M. C., ve Kang, J. (2021) Variations of N-P-K contents in livestock and livestock manure composting. *Applied Ecology And Environmental Research*, 19(1), 249-261. doi:10.15666/aeer/1901\_249261
64. Zhu, P., Qin, H., Zhang, H., Luo, Y., Ru, Y., Li, J., San, K.W., Wang, L., Yu, X. ve Guo, W. (2021) Variations in antibiotic resistance genes and removal mechanisms induced by C/N ratio of substrate during composting, *Science of The Total Environment*, 798, 149288. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.149288
65. Zorpas, A.A., Arapoglou, D. ve Panagiotis, K. (2003) Waste paper and clinoptilolite as a bulking material with dewatered anaerobically stabilized primary sewage sludge (DASPSS) for compost production, *Waste Management*, 23(1), 27-35. doi:10.1016/S0956-053X(02)00042-9