

T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI
2021-YL-079

ISIL İŞLEM UYGULAMASININ VERMİKOMPOSTUN
BAZI MİKROBİYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Gülayfer ORDU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Selçuk GÖÇMEZ

AYDIN-2021

T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI
2021-YL-079

ISIL İŞLEM UYGULAMASININ VERMİKOMPOSTUN
BAZI MİKROBİYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Gülayfer ORDU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Selçuk GÖÇMEZ

AYDIN-2021

KABUL VE ONAY

T.C. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Yüksek Lisans Programı öğrencisi Gülayfer ORDU tarafından hazırlanan “ISIL İŞLEM UYGULAMASININ VERMİKOMPOSTUN BAZI MİKROBİYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ” başlıklı tez, aşağıdaki jüri tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 03/09/2021

Üye (T.D) : Dr.Öğr.Üyesi Selçuk GÖÇMEZ ADÜ Ziraat Fakültesi

Üye : Doç.Dr. Saime SEFEROĞLU ADÜ Ziraat Fakültesi

Üye : Doç.Dr. Korkmaz BELLİTÜRK NKÜ Ziraat Fakültesi

ONAY:

Bu tez Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun görülmüş ve Fen Bilimleri Enstitüsünün tarih ve sayılı oturumunda alınan No’lu Yönetim Kurulu kararıyla kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Gönül AYDIN

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitimin öncesi ve sonrası boyunca bana yol gösteren, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan değerli danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Selçuk GÖÇMEZ başta olmak üzere, çalışmamın yürütülmesi aşamasında benden bilgisini tecrübesini ve yardımlarını esirgemeyen kıymetli hocam Arş. Gör. Özlem ÜSTÜNDAĞ'a, süreç boyunca beni motive eden canım ev arkadaşlarım Zir. Müh. Huriye SARI'ya Zir. Yük. Müh. Hava YILMAZ'a laboratuvar çalışmaları içerisinde yardımını esirgemeyen değerli arkadaşlarım Zir. Müh. Melih ÇİL ve Zir. Müh. Arda TOPAÇ'a çok teşekkür ederim.

Tez çalışmam aşamasında solucan gübresi (vermikompost) temininde yardımlarını esirgemeyen Sayın Dr. Cezmi SADAY'a, Sayın Nazan ÖZDOĞAN'a ve Kazova Vasfi Diren Tar.İşl.San.ve Tic.A.Ş. (DİMES)'e teşekkürlerimi borç bilirim.

Öğretim hayatım boyunca yanımda olan maddi manevi desteğini esirgemeyen gizli kahramanım canım babam Halil İbrahim ORDU, meleğim annem İmran ORDU, canım ablam Lütfiye ÖZTÜRK ve kıymetlim kardeşim Nilüfer ORDU'ya sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Gülayfer ORDU

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
TEŞEKKÜR	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
RESİMLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	4
2.1. Vermikompostun Genel Özellikleri	4
2.2. Vermikompost İşleminde Kullanılan Solucan Türleri	7
2.3. Vermikompostta Mikrobiyal Çeşitlilik	9
2.3.1. Enzimler	9
2.3.2. Bakteriler, Funguslar, Aktinomisetler	12
2.4. Vermikompostun Bitki Patojenlerini Baskılama Özellikleri ve Bitki Büyümesi Üzerindeki Etkisi	15
2.5. Yapılan Çalışmalar	17
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	25
3.1. Materyal ve Yöntem	25
3.2. Vermikompost Analiz Yöntemleri	26

3.2.1. Kimyasal Analizler	26
3.2.2. Vermikomposta Yapılan Mikrobiyolojik ve Biyokimyasal Analizler	26
3.2.3. İstatistiki Analizler	28
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	29
4.1. Vermikompost Materyallerinin Kimyasal Özellikleri.....	29
4.2. Vermikompost Örneklerinde CO ₂ Oluşumu	33
4.3. Vermikompost Örneklerinde Dehidrogenaz Enzim Aktivitesi	36
4.4. Vermikompost Örneklerinde Üreaz Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi.....	39
4.5. Vermikompost Örneklerinde Alkalın Fosfataz Enzim Aktivitesi	42
4.6. Vermikompost Örneklerinde β-Glukozidaz Enzim Aktivite Miktarı.....	45
4.7. Toplam Aerob Mezofilik Bakteri Sayısı	48
4.8. Toplam Fungus Sayısı	50
4.9. Aktinomiset Sayısı.....	52
4.10. Toplam Koliform Bakteri Sayısı	54
5. SONUÇ	58
KAYNAKLAR.....	60
BİLİMSEL ETİK BEYANI	73
ÖZGEÇMİŞ.....	74

SİMGELEER ve KISALTMALAR DİZİNİ

%	: Yüzde
μ	: Mikron
μm	: Mikrometre
AAS	: Atomik Absorbsiyon Spektroskopi
As	: Arsenik
°C	: Derece
C:N	: Karbon Azot Oranı
Ca	: Kalsiyum
Cd	: Kadmiyum
Co	: Kobalt
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
DHG	: Dehidrogenaz Enzim Aktivitesi
dS	: Desi Siemens
EC	: Elektriksel İletkenlik
EMS	: En Muhtemel Sayı
Fe	: Demir
h	: Hafta
H₂O	: Su
HClO₄	: Perklorik Asit
HNO₃	: Nitrik Asit
K	: Potasyum

KCl	: Potasyum klorür
KOB	: Koloni Oluşturan Birim
KOH	: Potasyum Hidroksit
KV	: Kuru Vermikompost
LSD	: Least Significant Difference
Mn	: Mangan
N	: Azot
Na	: Sodyum
NaOH	: Sodyum hidroksit
NH₃	: Amonyak
O₂	: Oksijen
P	: Fosfor
Pb	: Kurşun
TPF	: Trifenilformazan
TTC	: Trifenil tetrasolium klorür
Zn	: Çinko
α	: Alfa
β	: Beta

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1. Vermikompost Örneklerinde CO ₂ Oluşum Miktarı	35
Şekil 4.2 Vermikompost Örneklerinde Dehidrogenaz Enzim Aktivitesi Miktarları.....	38
Şekil 4.3 Vermikompost Örneklerinde Üreaz Enzim Aktivitesi Miktarları.....	41
Şekil 4.4 Vermikompost Örneklerinde Alkalın Fosfataz Enzim Aktivite Miktarları	44
Şekil 4.5 Vermikompost Örneklerinde β-Glukosidaz Enzim Aktivite Miktarı.....	47
Şekil 4.6 Vermikompost Örneklerinde Toplam Aerob Mezofilik Bakteri Sayısı.....	50
Şekil 4.7 Vermikompost Örneklerinde Fungus Sayısı	52
Şekil 4.8 Vermikompost Örneklerinde Aktinomiset Sayısı	54
Şekil 4.9 Vermikompost Örneklerinde Toplam Koliform Bakteri Sayısı.....	56

RESİMLER DİZİNİ

Resim 2.1 Vermikompostlamada Kullanılan Solucan Türleri	8
--	---

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Ahır Gübresinden Elde Edilen Geleneksel Kompost ile Vermikompostun N-P-K Değerlerinin Karşılaştırılması	6
Çizelge 2.2. Aynı Besin ve Bahçe Atıklarından Elde Edilen Vermikompost ile Geleneksel Kompostun Önemli Besin Özellikleri	6
Çizelge 2.3. Bazı Toprak Enzimleri ve Bağlı Olduğu Gruplar	11
Çizelge 2.4. Vermikompost Bakterilerinin Biyoçeşitliliği ve Faydalı Özellikleri	14
Çizelge 3.1. Çalışmada Kullanılacak Vermikompost Örneklerinin Gruplandırılması...	25
Çizelge 4.1. A Firmasına Ait Vermikompost Örneklerinin Kimyasal Özellikleri	29
Çizelge 4.2. B Firmasına Ait Vermikompost Örneklerinin Kimyasal Özellikleri	30
Çizelge 4.3. C Firmasına Ait Vermikompost Örneklerinin Kimyasal Özellikleri	31
Çizelge 4.4. A Firması Vermikompost Örneklerinde CO ₂ Oluşum, Kontrole Göre Yüzde Değişim ve Varyans Analiz Tablosu	33
Çizelge 4.5. B Firması Vermikompost Örneklerinde CO ₂ Oluşum Miktarı, Kontrole Göre Yüzde Değişim ve Varyans Analiz Tablosu	34
Çizelge 4.6. C Firması Vermikompost Örneklerinde CO ₂ Oluşum Miktarı, Kontrole Göre Yüzde Değişim ve Varyans Analiz Tablosu	34
Çizelge 4.7. A Firması Vermikompost Örneklerinde Dehidrogenaz Enzim Aktivitesi Miktarı, Kontrole Göre Yüzde Değişim ve Varyans Analiz Tablosu	37
Çizelge 4.8. B Firması Vermikompost Örneklerinde Dehidrogenaz Enzim Aktivitesi Miktarı, Kontrole Göre Yüzde Değişim ve Varyans Analiz Tablosu	37
Çizelge 4.9. C Firması Vermikompost Örneklerinde Dehidrogenaz Enzim Aktivitesi Miktarı, Kontrole Göre Yüzde Değişim ve Varyans Analiz Tablosu	38
Çizelge 4.10. A Firması Vermikompost Örneklerinde Üreaz Enzim Aktivitesi,	

Kontrolle Göre Yüzde Değişim ve Varyans Analiz Tablosu.....	40
Çizelge 4.11. B Firması Vermikompost Örneklerinde Üreaz Enzim Aktivitesi Miktarı, Kontrolle Göre Yüzde Değişim ve Varyans Analiz Tablosu.....	40
Çizelge 4.12. C Firması Vermikompost Örneklerinde Üreaz Enzim Aktivitesi Miktarı, Kontrolle Göre Yüzde Değişim ve Varyans Analiz Tablosu.....	41
Çizelge 4.13. A Firması Vermikompost Örneklerinde Alkalın Fosfataz Enzim Aktivitesi Miktarı, Kontrolle Göre Yüzde Değişim ve Varyans Analiz Tablosu ..	43
Çizelge 4.14. B Firması Vermikompost Örneklerinde Alkalın Fosfataz Enzim Aktivitesi Miktarı, Kontrolle Göre Yüzde Değişim ve Varyans Analiz Tablosu ..	43
Çizelge 4.15. C Firması Vermikompost Örneklerinde Alkalın Fosfataz Enzim Aktivitesi Miktarı, Kontrolle Göre Yüzde Değişim ve Varyans Analiz Tablosu ..	44
Çizelge 4.16. A Firması Vermikompost Örneklerinde Alkalın β -Glukozidaz Enzim Aktivitesi Miktarı, Kontrolle Göre Yüzde Değişim ve Varyans Analiz Tablosu ..	45
Çizelge 4.17. B Firması Vermikompost Örneklerinde β -Glukozidaz Enzim Aktivitesi Miktarı, Kontrolle Göre Yüzde Değişim ve Varyans Analiz Tablosu.....	46
Çizelge 4.18. C Firması Vermikompost Örneklerinde β -Glukozidaz Enzim Aktivitesi Miktarı, Kontrolle Göre Yüzde Değişim ve Varyans Analiz Tablosu.....	46
Çizelge 4.19. A Firması Vermikompost Örneklerinde Toplam Aerob Mezofilik Bakteri Sayısı, Kontrolle Göre Yüzde Değişim ve Varyans Analiz Tablosu	48
Çizelge 4.20. B Firması Vermikompost Örneklerinde Toplam Aerob Mezofilik Bakteri Sayısı, Kontrolle Göre Yüzde Değişim ve Varyans Analiz Tablosu	49
Çizelge 4.21. C firması vermikompost örneklerinde Toplam Aerob Mezofilik Bakteri Sayısı, kontrole göre yüzde değişim ve Varyans Analiz Tablosu.....	49
Çizelge 4.22. A Firması Vermikompost Örneklerinde Toplam Fungus Sayısı, Kontrolle Göre Yüzde Değişim ve Varyans Analiz Tablosu.....	50

Çizelge 4.23. B firması vermikompost örneklerinde Toplam Fungus Sayısı, Kontrolle Göre Yüzde Değişim ve Varyans Analiz Tablosu.....	51
Çizelge 4.24. C firması vermikompost örneklerinde Toplam Fungus Sayısı, Kontrolle Göre Yüzde Değişim ve Varyans Analiz Tablosu.....	51
Çizelge 4.25. A Firması Vermikompost Örneklerinde Aktinomiset Sayısı, Kontrolle Göre Yüzde Değişim ve Varyans Analiz Tablosu.....	52
Çizelge 4.26. B Firması Vermikompost Örneklerinde Aktinomiset Sayısı, Kontrolle Göre Yüzde Değişim ve Varyans Analiz Tablosu.....	53
Çizelge 4.27. C Firması Vermikompost Örneklerinde Aktinomiset Sayısı, Kontrolle Göre Yüzde Değişim ve Varyans Analiz Tablosu.....	53
Çizelge 4.28. A Firması Vermikompost Örneklerinde Toplam Koliform Bakteri Sayısı, Kontrolle Göre Yüzde Değişim ve Varyans Analiz Tablosu.....	55
Çizelge 4.29. B Firması Vermikompost Örneklerinde Toplam Koliform Bakteri Sayısı, Kontrolle Göre Yüzde Değişim ve Varyans Analiz Tablosu.....	55
Çizelge 4.30. C Firması Vermikompost Örneklerinde Toplam Koliform Bakteri Sayısı, Kontrolle Göre Yüzde Değişim ve Varyans Analiz Tablosu.....	56

ÖZET

ISIL İŞLEM UYGULAMASININ VERMİKOMPOSTUN BAZI MİKROBİYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

ORDU G., Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Programı, Yüksek Lisans Tezi, Aydın, 2021.

Amaç: Bu çalışma, ısıl işlem uygulamasının vermikompostun bazı kimyasal, biyokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinde meydana gelebilecek değişikliklerin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

Materyal ve Yöntem: Türkiye’de vermikompost üretim izni alınmış olan 3 adet solucan gübresi (vermikompost) üretim tesisinden çalışmada kullanılmak üzere vermikompost örnekleri temin edilmiştir. Tez içeriğinde firma isimleri saklı tutularak A, B ve C firmaları olarak değerlendirilmiştir. A firmasından ısıl işlem uygulaması görmemiş vermikompost ile ısıl işlem uygulaması gerçekleştirilmiş vermikompost örnekleri alınırken B ve C firmalarından sadece ısıl işlem uygulanmamış vermikompost örneği alınmıştır. Alınan örnekler laboratuvar şartlarında etüv iç sıcaklığı 70°C olacak şekilde 120 dakika boyunca ısıl işleme tabi tutulmuştur. Isıl işlem uygulanmış ve uygulanmamış örneklerde bazı kimyasal, mikrobiyolojik ve biyokimyasal analizler gerçekleştirilmiştir.

Bulgular: Isıl işlem uygulamasının vermikompost örneklerinin bazı kimyasal özellikleri üzerinde etkisi istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Ancak mikrobiyolojik ve biyokimyasal özelliklerinde istatistiki olarak önemli etkiler oluşturmuştur. Vermikompost örneklerine uygulanan ısıl işlem sonrasında CO₂ oluşum miktarları tüm örneklerde artış göstermiş bu artış A firmasına ait vermikompost örneğinde istatistiki olarak önemli bulunmamışken, B ve C firmalarına ait örneklerde istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Vermikompost örneklerine uygulanan ısıl işlem sonucunda Dehidrogenaz, Alkalın Fosfataz, Üreaz, β- Glukozidaz enzim aktiviteleri önemli ölçüde düşmüştür. Bu azalma istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Aynı zamanda Toplam Aerob Mezofilik Bakteri sayısı, Fungus, Aktinomiset ve Toplam Koliform Bakteri sayısında da istatistiki olarak önemli azalmalar tespit edilmiştir.

Sonuç: Isıl işlem uygulaması vermikompostun özellikle mikrobiyolojik aktivitenin belirleyicisi olan enzim aktivitelerinde ve Toplam Aerob Mezofilik Bakteri, Fungus, Aktinomiset sayılarında düşüşler meydana getirmiştir.

Anahtar Kelimeler: Vermikompost, Isıl işlem, Enzim aktivitesi, Aerob Mezofilik Bakteri, Fungus, Aktinomiset

ABSTRACT

EFFECTS OF THERMAL TREATMENT ON SOME MICROBIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PROPERTIES OF VERMICOMPOST

Ordu G., Aydın Adnan Menderes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Soil Science and Plant Nutrition Program, Master Thesis, Aydın, 2021.

Objective: This study was carried out to determine the changes that may occur in some chemical, biochemical and microbiological properties of vermicompost by heat treatment.

Material and Methods: Vermicompost samples to be used in the study were obtained from 3 vermicompost production facilities in Turkey, for which vermicompost production permission was obtained. In the content of the thesis, companies are mentioned as A, B and C companies, keeping the names of the companies confidential. While both untreated vermicompost and heat treated vermicompost samples were taken from company A, only untreated vermicompost samples were taken from companies B and C. The samples were heat treated for 120 minutes at a temperature of 70 °C in the drying oven under laboratory conditions. Some chemical, microbiological and biochemical analyzes were carried out on heat treated and untreated samples.

Results: The effect of heat treatment on the chemical properties of vermicomposts was not found significant. However, it had statistically significant effects on its microbiological and biochemical properties. After the heat treatment applied to the vermicompost samples, the amount of CO₂ formation increased in all samples. As a result of the heat treatment applied to the vermicompost samples, Dehydrogenase, Alkaline Phosphatase, Urease, β -Glucosidase enzyme activities decreased significantly. This decrease was found to be statistically significant. At the same time, statistically significant decreases were determined in the total number of Mesophilic Aerobic Bacteria, Fungi, Actinomycete and Total Coliform Bacteria.

Conclusion: The heat treatment application caused decreases in the enzyme activities, especially on the microbiological activity of vermicompost, and in the numbers of Mesophilic Aerobic Bacteria, Fungi, Actinomycetes.

Key words: Vermicompost, Heat treatment, Enzyme activities, Mesophilic Aerobic Bacteria, Fungus, Actinomycet

1. GİRİŞ

Ülkemizde tarımsal uygulamalarda bilinçsizce gerçekleştirilen gübreleme, toprak işleme vb., işlemler toprak yapısının bozulması, organik madde kaybı, mikroorganizma aktivitesi ve enzim seviyesinin düşmesine neden olmaktadır. Bu sebeplerden dolayı toprakların sürdürülebilirliği azaltmaktadır.

Dünya genelinde organik tarım ve toprakların sürdürülebilirliğine artan talep göz önüne alındığında organik gübrelerin önemi ortaya çıkmaktadır. Organik gübreler tamamen doğal, hiçbir kimyasal işlem görmeden elde edilen gübrelerdir. Gübre içerisinde bulunan organik maddeler; toprakların su tutma kapasitesini artıran, fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştiren, bitkilere besin maddesi sağlayan, agregatlaşmayı teşvik eden ve mikroorganizma faaliyetlerini artırma gibi faydalar sağlamaktadır. Organik maddenin eksikliği toprakların doğal yapısının bozulmasına sebep olmaktadır.

Doğal yapının devamlılığı ve tarımın sürdürülebilirliği için son zamanlarda organik gübrelere olan ihtiyaç artmış çeşitli organik gübreler üzerinde çalışmalar başlamıştır. Kompost ve Solucanlı kompost, çeşitli faaliyetler sonucu ortaya çıkan organik atıkların (endüstriyel atıklar, tarımsal atıklar, agro-endüstriyel atıklar, kentsel atıklar, evsel atıklar gibi) bertaraf edilmesiyle çevresel kirliliğin giderilmesinde etkili olan yöntemler olarak bilinmekte ve üzerinde çalışılmaktadır.

Solucanlı komposttan kastedilen, bitkisel ve hayvansal kökenli atıkların kompostlaştırma işleminin solucanlar tarafından aerobik şartlarda yaptırılması işlemidir. Bu işlem sonucunda elde edilen ürün vermikompost olarak adlandırılmaktadır. Organik atık ve artıklar solucanlar tarafından kompostlaştırılırken mikroorganizmalar tarafından fermentasyona uğramaktadır. Fermente olmuş organik materyaller solucanların sindirim sisteminden geçerken hızlandırılmış humifikasyon ve detoksifikasyon işlemlerine uğramaktadır (Edwards ve Bohlen, 1996).

Vermikompost; içerisinde mikroorganizma, bitki besin elementleri, çeşitli enzimler, organik madde, humik ve fulvik asit bulunduran, toprak düzenleyici bir bitki besleme gübresi olarak da tanımlanmaktadır. Vermikompost ürünü aynı zamanda vermikest (solucan dışkısı) ya da kest olarak da söylene bilmektedir (Edwards ve Bohlen, 1996).

Vermikompostlama terimi ise organik atıkların işlenmesinde solucanları kullanan düşük maliyete sahip bir teknoloji sistemi olarak adlandırılmaktadır. Solucanlar, organik atık maddeleri parçalayarak, mikrobiyal aktiviteyi büyük ölçüde simüle edebilmekte ve mineralizasyon oranlarında artış meydana getirebilmektedir. Aynı zamanda organik atıkların komposttan daha ince bir yapıya sahip olan humus benzeri maddelere dönüştürdüğü bilinmektedir (Elvira, 1996 ve Atiyeh, 2000).

Vermikompost ve kompost içerisinde bulunan bazı zararlı mikroorganizmaların yok edilmesi gerektiği düşünülmektedir. Kompost, bitkisel ve hayvansal atıkların oksijenli ve oksijensiz ortamda parçalanması sonucunda elde edilir. Kompost içerisinde bulunan zararlı bakterilerin yok olması veya önemli oranda azalması için kompostlama da bazı özelliklerin var olması gerekmektedir. Bu özellikler arasında dikkat edilmesi gereken hususlar bulunmaktadır. Bunlar; kompostlama materyalinin yeterli sıcaklık seviyesine ulaşması, bakterilerin uygun yaşam ortamına ve beslenme faaliyetine sahip olmaması, kompost içerisinde zararlı mikroorganizmalar ile beslenen başka tür organizmaların bulunması ve kompostun anaerobik koşullar altında gerçekleşme durumlarıdır. Kompostlamada organik maddeler ayrıştırılırken mikroorganizmalar ortamda bulunan oksijeni tüketmekte ve kompostlama devam ederken fazla miktarda ısı ve karbondioksit (CO₂) meydana gelmektedir. Yığınların karıştırılması sırasında sıcaklık artışı ve 48-60°C'ye kadar yükseldiği belirtilmiştir. Sıcaklığın artmasıyla birlikte parçalanma hızı artış göstermektedir. Ortamdaki mikrobiyal aktiviteye bağlı olarak sıcaklık 60°C'nin üstüne kolaylıkla yükselebilmektedir. Yükselen sıcaklıkta birçok patojen mikroorganizmanın hareketsiz kaldığı veya tamamen yok olduğu bilinmektedir (Öztürk, 2017). Bu durumun aynısı vermikompostlama işlemi sırasında tam anlamıyla gerçekleşmediği için kompost da sıcaklığın etkisi ile yok edilen zararlı patojen mikroorganizmalar, vermikompost da solucanların sindirim sistemleri sayesinde yok edilmektedir. Solucanlar organik atıkları tüketirken, atık ve artık içerisinde bulunan bakteri, zararlı nematodları, yabancı ot tohumlarını aynı zamanda patojenik fungusları da tüketmektedirler. Bakteri ve diğer zararlı maddelerin önemli çoğunluğunu solucanların sindirim sistemleri yok etmektedir. Sindirim sırasında salgıladıkları maddeler, ortamda bulunan zararlı organizmaların yapılarını bozar ve mikroorganizmalar tarafından daha kolay tüketilmesini sağlar (Ingham ve Slaughter, 2005).

Tarım ve Orman Bakanlığı, 2014 yılında Hayvansal Yan Ürün Kullanan Biyogaz ve Kompost Tesislerinin Çalışma Usul ile Esasları'na ilişkin talimatında, hammadde olarak hayvansal yan ürün kullanan kompost tesislerinde, hayvansal yan ürün ve türevleri için

dışarıdan herhangi bir müdahaleye imkân verilmeyecek şekilde bir kapalı bölüm veya kapalı kompost reaktörü bulunması gerektiğini ve kompostlanacak materyalin 1 saat boyunca 70°C'lik ısıya tabi tutulması zorunluluğunu getirmiştir (Anonim 2014).

Yönetmelik dâhilinde yapılan araştırmalar sonucunda solucanların besinle birlikte sindirim kanalına aldıkları zararlı mikroorganizmaların (insan patojenleri; *E.coli*, *Salmonella*, *Shigella* vb.) sayılarından azalma olduğu ve bu durumda vermikomposta insan sağlığına zararlı olabilecek hastalık oluşturan mikroorganizmaların bulunmadığı belirtilmektedir. Bu sebeple ısı işleme tabi tutulan vermikompostun içerisinde bulunan enzimlerin protein yapısı bozmakta bu durumda besin değeri kalitesini olumsuz etkilemekte ve gübrenin çeşitli bitki hastalıklarını da kontrol etme etkisinin tamamen ortadan kalkmasına neden olmaktadır.

Bu amaçla çalışmamızda üç farklı firmalardan temin edilen vermikompost örnekleri ısı işleme tabi tutulmuş ve bunun sonucunda vermikomposta bir takım mikrobiyolojik özellikler, enzim aktivitelerindeki değişimler ve bazı biyolojik özellikler incelenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Vermikompostun Genel Özellikleri

Solucanların organik maddeleri parçalayarak kompost hale getirmesi 1970'lerden sonra fark edilmeye başlanmıştır (Edwards, 1988). Bu zamanlarda vermikomposta gösterilen ilginin artmasıyla vermikompostlama tekniğinde kullanılacak olan solucanlar, kültür ortamında çoğaltılmaya başlanmıştır. Solucanların kültür ortamında çoğaltılmasına vermikültür denilmektedir. Vermikompost üretimi zamanla çeşitli ülkelerde (İngiltere, Japonya, Birleşik Devletler, Küba, Fransa ve Almanya'da) önemli düzeyde iş kolu haline gelmiştir. Küba vermikompostu en çok kullanan ülkeler arasından bulunmaktadır (Cracas, 2012).

Vermikompost ağır metal içermeyen, kokusuz, zararlı mikroorganizma bulundurmeyen bitki gelişimi üzerinde etkili olup herhangi bir sağlık sorunu oluşmasına neden olmamaktadır. Ayrıca verimin artmasında etkili olup homojen bir yapıya sahiptir. Uygulandığında toprakların yapılarını düzenler ve bitki besin elementlerince zenginleşmesini sağlayarak üretimde verim potansiyellerinin artmasında etkili olur. Vermikompost içerisinde ortalama % N, P, K değerleri % 1.5-2, % 2.5-4. ve % 1.4-9.2 olarak bilinen organik bir gübredir (Bellitürk, 2016).

Barley (1961) solucanların bünyesine aldığı besinleri sindirim sisteminde daha ileri seviyede parçalayabildiğini belirtmiştir. Bu parçalanma vermikompost içerisinde var olan bitki besin elementlerinin %97'si (özellikle N, P ve K) bitki tarafından doğrudan alınabilir formda olmasını sağlamaktadır. Bu sebeple vermikompostu, zengin bir üst toprak ile kıyaslandığında topraktaki kullanılabilir formda olan azot miktarından 5 kat, potasyum miktarından 7 katı kalsiyum miktarından ise 3 kat daha fazla olduğunu söylemiştir.

Vermikompost, toprak verimliliği ve bitki büyümesi için gerekli olan yüksek gözeneklilik, iyi havalandırma, drenaj, su tutma kapasitesi, mikrobiyal aktivite, mükemmel besin içeriği ve tamponlama kapasitesi gibi fizikokimyasal özelliklere sahiptir (Atiyeh vd., 2001). Sahip olduğu fiziksel özellikler sayesinde bitki köklerini aşırı sıcaklıklardan korur ve yabancı ot gelişimini azaltır. Ayrıca güçlü emilebilirliği ve besin tutumunu sağlayan geniş

yüzey alanına sahiptir ve bu durum besin elementlerini daha uzun sürelerde ortamda tutmasını sağlamaktadır (Lunt ve Jacobson 1994).

Vermikompostun mikrobiyal aktivite içerikleri topraktan 10 ila 20 kat daha yüksektir. Mikrobiyal çeşitliliğin yüksek olması bitki gelişimini sağlayan kimyasalların (hormon ve diğer bileşikler) ve bitki patojenlerinin çoğalmasını baskılayan enzimleri ve çeşitli bileşiklerin üretilmesine neden olmaktadır (Logsdon, 1994; Erşahin, 2007).

Vermikompost en hassas bitkilerde dahi yanma etkisi göstermez ve tüm besin elementleri suda çözünebilir yapıda bulunmaktadır. Malç olarak kullanıldığında sulama ile içerisinde bulunan besin elementleri doğrudan bitki köküne iletilmektedir. Bitkilerin hızlı ve güçlü şekilde büyümelerini sağlamaktadır ve bu sayede bitki patojenlerinin bitkiye zarar verebilme ihtimallerini düşürmektedir (Anonim, 1992).

Vermikompost, aerobik kompost ürünlerinden farklı olarak kentsel ve endüstriyel organik atıkların geri kazanılmasını sağlamaktadır. Teknik açıdan daha kısa sürede elde edilmektedir. Ürün kalitesi bakımından ise termofilik kompost ürünlerinden fiziksel, kimyasal ve biyolojik açıdan farklılıklar göstermektedir. Önemli bir ürün olan vermikompostun insan sağlığını tehdit eden patojen mikroorganizma barındırmadığı belirtilmiştir. Vermikompost üretiminde kullanılan materyal kanalizasyon atığı olsa dahi elde edilen vermikompost çıplak elle dokunulabilme özelliğine sahip bir gübre olarak bilinmektedir (Dominguez vd., 1997; Erşahin, 2007).

Vermikompost toprağa uygulandığında besin elementlerince toprağın zenginleşmesini sağlar. Bitkilerin sağlıklı bir yapıya sahip olmasına katkıda bulunarak verim oranlarının artmasında etkili olur ve ayrıca yapısında bulunan hümik asit ve büyüme hormonları sayesinde bitkinin gelişimi üzerinde büyük öneme sahiptir. Toprakların mikrobiyal aktivitelerini ve mikrobiyal biyomas düzeylerini yükselterek verimde kalitenin iyileşmesine yardımcı olmaktadır. Vermikompost toprak kaynaklı hastalık ve zararlıların sebep olduğu faktörleride çoğunlukla önlemektedir (Gallego, 1997; Arancon, 2012).

Vermikompostlar, bitki tarafından alınabilir formlarda nitratlar, değiştirilebilir fosfor, çözünen potasyum, kalsiyum ve magnezyum gibi besinleri içerir. Mikrobiyal aktivite ve besinlerin güçlü bir şekilde tutulması için büyük ve özel yüzey alanına sahiptir (Shi-wei ve Fu-zhen 1991; Boran, 2015).

Agarwal (1999), evsel atıkların kompostundan elde edilen vermikompostun bazı sebze bitkilerinin büyümesi üzerine olan etkilerini araştırdığı çalışmada azot (N) fosfor (P)

potasyum (K) değerlerinin solucanlara yedirilen materyalden 3 veya 4 kat fazla olduğunu aynı zamanda mikro besin elementlerinde artış olduğunu da gözlemlemiştir (Çizelge 2.1). Vermikompost, aynı besin stoğunda oksijenli veya oksijensiz besin ve bahçe atıklarıyla yapılan diğer kompostlarla karşılaştırıldığında önemli besin elementleri bakımından daha zengindir (Çizelge 2.2).

Çizelge 2.1 Ahır gübresinden elde edilen geleneksel kompost ile vermikompostun N-P-K değerlerinin karşılaştırılması (Agarwal, 1999; Boran, 2015).

Besinler	Ahır gübresi kompostu	Vermikompost
Azot (%)	0,4-1,0	2,5-3,0
Fosfor(%)	0,4-0,8	1,8-2,9
Potasyum (%)	0,8-1,2	1,4-2,0

Çizelge 2.2 Aynı besin ve bahçe atıklarından elde edilen vermikompost ile geleneksel kompostun önemli besin özellikleri (mg/g) (Agarwal 1999, Boran, 2015)

Besinler	Vermikompost	Aerobik Kompost	Anaerobik Kompost
Azot (N)	9,50	6,00	5,70
Fosfor (P)	0,31	0,03	0,05
Potasyum (K)	0,18	0,15	0,17
Demir (Fe)	19,73	15,45	17,24
Magnezyum (Mg)	4,90	1,68	2,91
Manganez (Mn)	0,16	0,05	0,06
Kalsiyum (Ca)	0,28	0,17	0,12

Organik maddelerin toprak solucanları tarafından kompostlaştırılmasıyla bu maddelere, çeşitli sıvılar, enzimler, vitaminler, proteinler, kokonlar, çeşitli sebeplerle ölen yaşlı ve yavru solucanların da karışmasıyla vermikompost karakteristik yapıya sahip olmaktadır (Prabha vd., 2007).

Organik materyalin solucanın sindirim sistemine giriş aşamasında, solucanların kendilerini korumak amacıyla ürettikleri mukus salgısı bulunmaktadır. Bu sıvı sölom sıvısı

olarak da bilinmektedir. Solucanların sindirim kanalından salgılanan mukus, çeşitli mikrobiyal popülasyonlar arasındaki antagonizmayı ve rekabeti uyarır. Bu durumda bazı antibiyotiklerin ve hormon benzeri biyokimyasalların üretilmesine neden olmakta böylece bitki büyümesinde önemli etki göstermektedir (Edwards ve Bohlen 1996). Mukus aynı zamanda suda çözünen fitohormonal elementleri (Edwards ve Arancon 2004) ve bitkide bulunan besinleri içeren hümik maddeleri oluşturan organik maddenin ayrışmasını hızlandırır ve artırır (Atiyeh vd., 2000). Solucanlar tarafından salgılanan mukus, besin elementlerinin etrafını çevreler ve besin maddelerinin yavaş bir şekilde bitkiler tarafından alınabilecek forma dönüşmesine yardımcı olur (Doube ve Brown 1998).

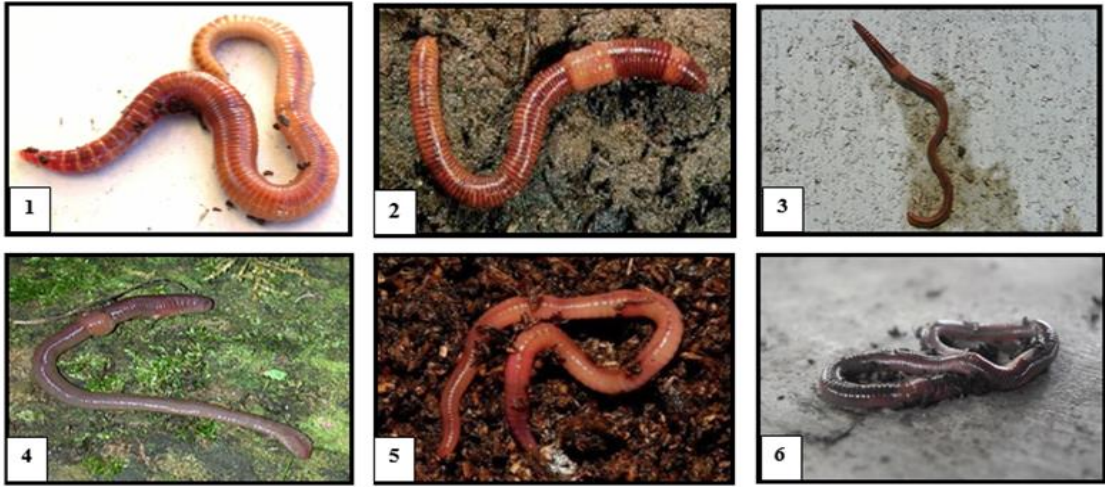
2.2. Vermikompost İşleminde Kullanılan Solucan Türleri

Toprak solucanları çeşitli organik atıklar ile beslenmekte ve bu atıkların hacmini %40-60 oranında düşürmektedir. Solucanların günlük olarak kendi vücut ağırlıklarıyla aynı oranda atık tükettikleri bilinmektedir. Sindirimde kullandıkları atıkların ise yaklaşık olarak %50'si kadar dışkı üretmektedirler. Vermikompostlama süreci diğer kompost sürelerine oranla daha hızlı olmakta, bununla birlikte anaerob kompost yönteminde oluşan ağır koku söz konusu olmamaktadır (Nagavallemma vd., 2004).

Vermikompost eldesi için gerçekleştirilen vermikültür endüstrisi faaliyetlerinde kullanılan ve aerobik kompost veya sığır gübresi yığınlarında sıklıkla rastlanan kompost diğer adıyla gübre solucanı türleri şunlardır:

- ✓ *Eisenia fetida* (tiger worm),
- ✓ *Eisenia andrei* (red tiger worm),
- ✓ *Dendrobaena veneta*,
- ✓ *Lumbricus rubellus* (red worm),
- ✓ *Perionyx excavatus* (Indian blue worm),
- ✓ *Eudrilus eugeniae* (African nightcrawler),
- ✓ *Fletcherodrilus* spp,
- ✓ *Heteroporodrilus* spp, *Pheretima excavatus*.

E. fetida, *E. andrei*, *D. veneta* türleri ılıman iklimsel özelliklere sahip yerlerde ortama daha fazla uyum sağlamaktadır.



Resim 2.1 1: *Eisenia fetida* (Anonim a, 2020), 2: *Eisenia andrei* (Anonim b, 2020), 3: *Dendrobaena veneta* (Anonim c, 2015), 4: *Lumbricus rubellus* (Anonim d, 2020), 5: *Perionyx excavatus* (Anonim e, 2018), 6: *Eudrilus eugeniae* (Anonim f, 2018).

Gübreleme amaçlı kullanılan solucan türleri içerisinde, ticari amaçla kurulan vermikompost tesislerinde en çok *Eisenia fetida* türü tercih edilmekte ve sonrasında *Lumbricus rubellus* gelmektedir (Dickerson, 2004). En çok kullanılan türün *Eisenia fetida*'nın olmasında etkili olan birden fazla neden bulunmaktadır. Bunlar arasında şu özelliklerden bahsedilebilmektedir;

- a. Bu türün diğer türlere kıyasla daha hızlı besin tüketmesi ve daha yüksek üreme ve popülasyon artış oranlarına sahip olması.
- b. Yeterli besin içeriğine sahip çevrelerde yaşama, var olan besini tüketme ve üreme kapasitesi yüksektir,
- c. Çeşitli iklim ve çevre şartlarına uyum gösterebilmektedir.
- d. Çevre koşulları ve ihtiyaç duydukları besin kaynaklarına yeterli miktarda olması ve kolay ulaşım sağlanması sonucunda popülasyon da meydana gelen artış hızlı olmaktadır (Edwards ve Bohlen, 1996).

Bu sebeplerden dolayı *Eisenia fetida*, özellikle ılıman iklim kuşağındaki coğrafyalarda olmak üzere tüm dünyada ticari veya ticari özellikte olmayan vermikompost işletmelerinde en fazla tercih edilen ve en fazla kültürü yapılan solucan türüdür.

2.3. Vermikompostta Mikrobiyal Çeşitlilik

2.3.1. Enzimler

Canlı organizmaların tümünde, biyolojik ve biyokimyasal faaliyetlerin meydana gelmesinde etkili olan maddelere enzim denir. Enzimler, organizmada meydana gelen olayların daha hızlı olarak gerçekleşmesini sağlayarak katalizör görevi görmektedir. Enzimler organizmaların hücrelerinde hayvansal, bitkisel ya da mikrobiyal organizma olma durumlarına göre çeşitli yapılarda bulunmaktadır. Kimyasal reaksiyonlar enzimler tarafından yerine getirilmekte, hücre ve organizmanın yaşamsal işlevlerini sağlamaktadır. Enzimlerin ilk görevleri arasında yüksek moleküllü organik maddeleri basit yani hücre tarafından alınabilecek duruma getirmek ve organizma tarafından kullanılabilir bir forma dönüştürmek vardır. Aynı zamanda parçalanmada etki gösteren enzimler sentez yapma konusunda da başarılı olmaktadır. Bu durum neticesinde enzimlerin büyük bir kısmının geri dönüşümlü etkiye sahip olduğu bilinmektedir (Haktanır ve Arcak 1997).

Enzimler organik maddenin parçalanması ve ayrışmasında büyük bir öneme sahiptir. Mikroorganizmalar ekstraselüler enzimlerini toprak ortamına bırakarak organik artıklardaki selüloz, lignin, fosfat esterleri, protein, karbonhidrat, nişasta gibi yüksek polimer bileşikleri bir seri biyokimyasal reaksiyonlardan sonra ortam şartlarının da uygun olmasıyla bileşenlerine dönüştürme kabiliyetine sahiptirler. Bu bileşikler; hidroliz, oksidasyon, redüksiyon, dehidrogenasyon, amonifikasyon, nitrifikasyon gibi biyokimyasal reaksiyonlarla daha küçük moleküllü bileşiklere parçalanarak besin iyonlarına dönüşürler (Haktanır, 1973).

Her enzim yüksek aktivite gösterebilmek için belli bir sıcaklık derecesine ihtiyaç duymaktadır. Bu sıcaklık derecesi o enzimin optimum sıcaklık derecesi olarak ifade edilmektedir. Enzimler sıcaklığa karşı hassastırlar. Bu nedenle enzimlerin genel olarak optimum çalışma sıcaklığı 20-39°C arasındadır. Bu derecenin yükselmesiyle aktivite azalmaya başlamakta 60-100°C ise tamamen durmaktadır. Bu durumun nedeni enzim proteininin moleküler yapısının bozulması ve yapılarında bir boyut küçülme görülmesiyle birlikte enzimin bozulmasıdır (Tavalı, 2011).

Vermikompostun mikrobiyal aktivite durumunun belirlenmesinde tek bir enzimin varlığı yeterli bulunmamakta mikrobiyal aktivitenin göstergesi olan; Fosfomonoesteraz, Dehidrogenaz, üreaz, β -glukosidaz gibi enzim aktivitelerinin bir bütün içinde değerlendirilmesi gerekmektedir.

Organik substratlardaki fosforu açığa çıkaran enzimler genel anlamıyla fosfotazlar olarak bilinmektedir. Fosfotaz enzimlerinin aktif olarak çalışabilmesi için sıcaklığın 20°C'den 40°C'ye değiştiği ve 37°C'nin en ideal sıcaklık olduğu belirtilmektedir (Tabatabai ve Bremner 1969; Doelman vd., 1989).

Satchel ve Martin (1984), yapmış oldukları çalışmada çeşitli toprak hayvanlarının ve yer solucanlarının fosfataz aktivitesini etkileyebileceğini belirtmişler ve kontrole göre solucanların bulunduğu toprak da enzim aktivitesi açısından artış olduğunu gözlemlemişlerdir. Bu araştırma ile paralellik gösteren Weiss ve Tresendorfer (1993) tarafından da yapılmış bir çalışmada da yer solucanlarının birçok toprak örneğinde kısa zamanda fosfataz, dehidrogenaz, proteaz ve nitrogenaz aktivitesini arttığını belirtmişlerdir.

Enzimlerden bir diğeri olan dehidrogenaz enzim aktivitesi mikroorganizmaların metabolik aktivitelerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır (Pascual vd. 1998; Reddy ve Ohkura 2004). Dehidrogenaz aktivitesini belirlemek için tercih edilen yöntemlerden birisi yapay bir elektron alıcısı olan trifenil tetrazolyum klorid (TTC) kullanımudur (Lenhard, 1956).

Üreaz enzimi, azotlu bileşiklerin ayrıştırılmasının son aşamasında faaliyet gösteren ve azot döngüsünde görev alan önemli bir hücre dışı enzimdir (Chen vd., 2004). Çok sayıda mikroorganizma bu enzimi salgılama özelliğine sahiptir. *Bacillus*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Klebsiella*, *Corynebacterium*, *Clostridium* gibi bakteri türleri, çok çeşitli filamentli fungus ve aktinomisetler üreaz enzimini salgılamaktadır (Tavalı, 2011).

β -Glukosidaz enzimi mikroorganizmalar, bitkiler ve hayvanlarda aktivite gösteren diğeri bir enzimdir. Bu enzim selülozun glikoza dönüştürülmesinde sınırlayıcı bir enzim olarak bilinmektedir (Bahl ve Agrawal 1972; Dey ve Pridham 1972; Wallenfels ve Weil 1972). Aerobik bir bakteri türü olan *Cellulomanas*, *Cellovibrio* ve anaerobik olan *Clostridium* benzeri türler, sadece aerobik şartlarda aktif olan fungus türleri, bazı saprofit protozoa çeşitleri ve aktinomiset türleri selülozun parçalanmasında etkili olan mikroorganizmalardır (Uz, 2009).

Vermikompost içerisinde amilaz, lipaz, selülaz ve kitinaz enzimleri bulunmaktadır. Solucan bağırsağından geçen organik atıklar, mukus ve bağırsağın sahip olduğu mikro flora ile birlikte etki göstererek fizikokimyasal ve biyokimyasal değişikliklere uğramaktadır. Bu durumda enzim aktivitesinin vermikompost içerisinde yüksek olmasını sağlamaktadır (Edwards ve Bohlen 1996, Sharpley ve Syers 1976). Bu enzimler salgılandıktan sonra bile toprakta organik materyalin parçalanmasının sürdürülebilirliğini sağlar. Besinin serbest hale

gelmesini ve bitkinin kökü tarafından alınabilir forma dönüşmesinde etkili olur. Toprağa verilecek vermikompost miktarını belirlemek için yapılan çok yıllık denemeler sonucunda topraktaki üreaz, fosfomonoesteraz, fosfodiesteraz, arilsülfataz enzimlerinin yükseldiği belirtilmiştir (Tiwari vd., 1989).

Çizelge 2.3. Bazı toprak enzimleri ve bağlı olduğu gruplar (Thornton vd. 1975; Tavalı, 2011)

Oksido redüktazlar	Katalizlediği Reaksiyon
Katalaz	$2 \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$
Dehidrogenaz	$\text{XH}_2 + \text{A} \rightarrow \text{X} + \text{A H}_2$

Hidrolazlar	Katalizlediği Reaksiyon
Selülaz	β -1.4 glukon bağlarının hidrolizi
α - ve β - glukosidaz	Glikozid + $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{ROH} + \text{glikoz}$
Fosfataz	Fosfat esterleri + $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{ROH} + \text{fosfat}$
Proteaz	Proteinler \rightarrow peptidler ve aminoasitler
Üreaz	$\text{Üre} \rightarrow 2\text{NH}_3 + \text{CO}_2$

Amilaz ve intervaz selülozun ayrıştırılmasında görev alan enzimlerdir. Bu enzimlerin aktivitesine organik maddenin miktarı büyük oranda etki etmektedir. Bu ayrışma sırasında enzimleri salgılayan mikroorganizmalardan olan *Aspergillus spp.*, *Fusarium spp.*, *Mucor spp.*, *Rhizopus spp.* ve *Bacillus Subtilis*'in selülozca zengin olan hasat artıklarıyla elde edilen vermikomposta çok fazla olduğu belirtilmiştir (Parthasarathi ve Ranganathan 2000). Ayrıca yapılan başka bir çalışmada ayrışmaya dayanıklı organik atıkların solucanlarla vermikompostlanması sonucunda solucan bağırsağında bulunan *Aspergillus Niger*, *Aspergillus flavus* ve *Bacillus Subtilis*'un vermikompostun proteaz aktivitesini arttırdığı gözlenmiştir (Parthasarathi, 2007).

Yapılan çalışmalar sonucunda bazı enzim aktivitelerinin, toplam mikrobiyal aktivite, toprak verimliliği, bitki gelişimi ve bitki hastalıklarına karşı dirençliliği gözlenmiştir. Vermikompostlama sırasında solucanların mikrobiyal orijinli olan intervaz, üreaz ve alkalın fosfataz gibi enzim aktivitelerini zenginleştirdiği görülmüştür.

2.3.2. Bakteriler, Funguslar, Aktinomisetler

Vermikompostlama faaliyetinde çeşitli patojenlerin solucanların besin zincirine girmesi ve atıkların hızlı şekilde dezenfekte edilmesiyle avcı-av ilişkisinin var olduğu çeşitli çalışmalardan anlaşılmaktadır. Solucan mamalarının başlıca besin kaynakları arasında fungus ve protozoa bulunurken, bakterilerin en az düzeyde var olduğu belirtilmektedir (Aira ve Dominguez, 2009). Toprak solucanları, organik atıkları küçük partiküller halinde tüketir, parçalar ve bunları öğüterek mikroorganizmalar için katı besin sağlamaktadır. Solucanlar ve mikroorganizmaların karışık bir ilişkiye sahip oldukları düşünülmektedir. *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Bacillus*, *Azospirillum*, *Azotobacter* gibi rizosfer bölgesindeki bakteri türleri bitki büyümesini desteklemektedir. Solucanlar bu bakterileri bitkinin kök bölgesinden ortamdaki toprak ile birlikte bünyelerine alabilmekte ve bağırsaklarının mikro ortamı sayesinde aktifleştirebilmekte ya da artırabilmektedir. Böylece solucan aktivitesi, bitki büyümesini destekleyen rizobakteri popülasyonunu (PGPR) arttırmaktadır (Sinha vd., 2010). Bu bakteri grubu, büyüme hormonu, 1-aminosiklopropan-1-karboksilat (ACC) deaminaz azot fiksasyonunu besin maddelerinin çözüldürülmesi ve dolaylı olarak fungus patojenlerinin baskılanmasıyla bitki büyümesini doğrudan uyarır (Correa vd., 2004; Han vd. 2005; Ayyadurai vd., 2007). Antibiyotikler, flüoresan pigmentler, sideroforlar ve fungal hücre duvarı bozucu enzimler, yani bakteriler tarafından üretilen kitinazlar ve glukanazlar, fungal büyümenin bastırılmasına aracılık ederler (Pathma vd., 2012). Solucanların bu tür serbest yaşayan toprak bakterileriyle ilişki içinde oldukları ve drilosferi oluşturdukları bildirilmektedir.

Solucanlar bağırsaklarında azot bağlayıcı bakteri ve ayrıştırıcı mikroorganizmalar yani çeşitli bakteri türleri ve funguslar bulundurmaktadır. Bağırsaklarında bulunan bu çeşitli bakteri türlerini dışkılarındaki besin maddeleri ile salgıladığı bilinmektedir (Singleton vd., 2003). Toprak solucanları, toprak mikroorganizmalarının popülasyonunu (Binet vd., 1998), mikrobiyal sayılarını ve biokütleyi artırır (Edwards ve Bohlen 1996), ve oyuklanma hareketleriyle havalandırmayı oluşturarak mikrobiyal aktiviteleri uyarmakta ve hızlandırmaktadırlar. *Aktinobakteriler* ve *Gammaproteobakteriler* (*Enterobacteriaceae*, *Vibrionaceae* ve *Pseudomonadaceae*) vermikompostta çok fazlayken, geleneksel kompostlar da *Alphaproteobacteria* ve *Bacteriodetes* grubuna ait bakterilerin varlığı söz konusudur (Vivas vd., 2009).

Vermikompostun yapısındaki bakteri topluluğu, moleküler ve kültürel analizler sonucunda *a-Proteobacteria*, *β-Proteobacteria*, *γ-Proteobacteria*, *Actinobacteria*, *Planctomycetes*, *Firmicutes* ve *Bacteroidetes* olarak bulunmuştur (Yasir vd., 2009; Pathma vd., 2012). *Ochrobactrum sp.*, *Massilia sp.*, *Leifsonia sp.* ile *Aeromonadaceae*, *Comamonadaceae*, *Enterobacteriaceae*, *Flavobacteriaceae*, *Moraxellaceae*, *Pseudomonadaceae*, *Sphingobacteriaceae*, *Actinobacteria* ve *Microbacteriaceae* familyasına ait bakterilerinde solucanlarının beslenme kanalında olduğu belirtilmiştir (Byzov vd., 2009).

Vermikompostlama özellikle atık su arıtma tesislerinden elde edilen biyomedikal atıkların ve katı atıkların güvenli şekilde yönetilebilmesini sağlar. Enterik bakteri (*E.coli*) popülasyonlarını bulundurmeyen değerli kompostlara dönüşmesinde büyük öneme sahiptir. Vermikompostlama, kullanılan solucan çeşitleri de göz önüne alındığında *Salmonella*, *E. coli*, *Toplam* ve *Fekal koliformlar* ve farklı türlerdeki insan virüslerini ve patojenlerin oranını azalttığı bilinmektedir. Bu tarz atıkların solucanların bağırsaklarından geçişi aşamasında mikrobiyal sayısındaki azalmanın ana sebebi sindirim enzimleri ve mekanik öğütmeden kaynaklanıyorken, dolaylı olarak patojen giderimi, koliformların yükünü azaltabilecek aerobik ko Solucanların sindirim sistemlerinden geçerken bazı zararlı mikroorganizmaların yok olduğu belirlenmiştir. *Lumbricus terrestris* ve *Eisenia fetida* çeşitli solucan türlerinin birkaç maya, protozoa ve *Fusarium oxysporum*, *Alternaria solani* ve mikrofungus gibi belirli fungus grupları sindirdiği gözlenmiş ve *Bacillus cereus* mikoidlerinin bağırsak geçişi sırasında azaldığı bildirilmiştir. *Escherichia coli* ve *Serratia marcescens*'in solucan bağırsağından geçişi sırasında elimine edildiği gözlenmiştir (Edwards ve Fletcher, 1988).şulların sağlanması gelmektedir (Monroy vd. 2009; Pathma vd. 2012).

E.andrei vermistabilizasyon sırasında patojenik içeriklere karşı antibakteriyel özelliklere sahip koelomik sıvı üretmektedir (Valembois vd.). Farklı türlerde *Actinobacteria* tarafından salgılanan antibiyotikler, *Salmonella spp.*, *Vibrio cholerae*, *Pseudomonas spp.* ve *E. coli* gibi solucan bağırsaklarındaki patojenik mikrobiyal çeşitliliğin ortadan kaldırılmasında görev almaktadır (Castillo vd., 2013).

Çizelge 2.4. Vermikompost bakterilerinin biyoçeşitliliği ve faydalı özellikleri (Pathma ve Sakthivel 2012).

Vermikompost solucanı	Bakteri ismi	Faydalı özellikleri	Kaynaklar
<i>Eisenia fetida</i>	<i>Bacillus spp.</i> , <i>Bacillus megaterium</i> , <i>Bacillus pumilus</i> , <i>Bacillus subtilis</i> <i>Proteobakteri</i> , <i>Bacteroidetes</i> , <i>Verrucomicrobia</i> , <i>Aktinobakteri</i> , <i>Firmicutes</i>	<i>Enterococcus faecalis</i> DSM 2570, <i>Staphylococcus aureus</i> DSM 1104 lere karşı antimikrobiyal etki eder <i>Colletotrichum coccodes</i> , <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Pythium ultimum</i> , <i>Phytophthora capsici</i> ve <i>Fusarium verticillioides</i> 'e karşı antifungal etki eder.	Vaz-Moreira vd. 2008 Yasir vd. 2009
<i>Lumbricus terrestris</i>	<i>Bradyrhizobium japonicum</i>	Soya fasulyesi köklerinde nodüllerin dağılımını geliştirir. Kuşkonmazda <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. asparagi ve <i>Fusarium proliferatum</i> 'u; Patlıcanda, <i>Verticillum dahlia</i> 'yı; Domateste <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. Iycopersici Race 1 zararlılarını bastırır.	Rouille, 1983 Emler, 2009
<i>Lumbricus rubellus</i>	<i>Bradyrhizobium japonicum</i> , <i>Pseudomonas putida</i>	Bitki büyümesini teşvik eder.	Madsen ve Alexander, 1982
<i>Pheritima sp.</i>	<i>Pseudomonas oxalaticus</i>	Oksalat degradesyonunu sağlar.	Khambata ve Bhat, 1953.
<i>Aporrectodea trapezoids</i>	<i>Pseudomonas corrugata</i> 214OR	Buğdayda toprak kökenli patojen <i>Gaeumannomyces graminis</i> var. <i>Tritici</i> bastırır.	Doube vd. 1994
<i>Eudrillus sp.</i>	<i>Serbest N₂ fikse edenler</i> , <i>Azospirillum</i> , <i>Azotobakter</i> , <i>Ototrofik Nitrosomonas</i> , <i>Nitrobakter</i> , <i>Amonifikasyon bakterileri</i> , <i>Fosfat çözücü bakteri</i> , <i>Pseudomonads fluerescent</i> .	Nitrifikasyon ve fosfat çözücü bakteriler ile bitki büyümesini teşvik ederler. Bitki hastalıklarını bastırır.	Gopal vd. 2009

Vermistabilizasyon tekniğinin, çeşitli atıkların patojenik varlığını büyük oranda azalttığı, güvenli bertarafı gerçekleştirdiği ve uluslararası patojen standartlarına uyduğu gösterilmiştir. Örneğin, Eastman vd. (2001) Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı (USEPA) A sınıfı değerlerine uygun evsel katı atık elde etmeye çalıştıkları çalışmalarında patojenleri yok etmek için vermikompostlama sürecinin arıtma çamurundaki patojenleri yok edilmesi süresini incelemişlerdir. İki farklı arıtma çamuru (A ve B sınıfı) yığımına fazla miktarda dört ayrı patojen aşlamışlardır. Bunlar; *Salmonella*, *Fekal koliform*, *Enterik virüsler* ve parazit yumurtalarıdır. Yığınlardan birisine ıslak ağırlıkta solucanın biokütlesinin biyo-katı atıklara oranı olan 1:1,5 oranında *E. fetida* bırakılmış ve materyali tüketmeleri için süre tanınmıştır. Uygulamadan 144 saat sonra kontrole göre diğer yığındaki patojen miktarındaki azalmanın fazla olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonucun yapılan farklı çalışma sonuçları ile bağlantılı olduğunu gözlemlemişler ve bu durumun vermikompostun A sınıf biyokatı atıkların stabilizasyonu için alternatif bir yöntem olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

2.4. Vermikompostun Bitki Patojenlerini Baskılama Özellikleri ve Bitki Büyümesi Üzerindeki Etkisi

Toprak yapısının düzenlenmesi, verimliliğin artırılması ve bitki büyümesinde toprak solucanlarının önemli etkisi bulunmaktadır. Hareket halinde olup galeri açma yöntemleri ve beslenmeleri ile toprak dengesini olumlu yönde geliştirebilmektedirler. Yüzeğe uygulanan organik madde, kireç ve gübrelerin toprakla karışmasını hızlandırır ve gözenekliğin artmasını sağlamaktadır. Aynı zamanda bitki kök gelişimini destekledikleri, kök hastalıkları oranını önemli düzeyde azalttıkları, tahıl kalitesinde artış sağladıkları yapılan çeşitli çalışmalarda belirtilmiştir (Mısırlıoğlu, 2011, Tomati ve Gali, 1995).

Vermikompost uygulamaları topraklarda 50-500 µm arasında değişen makro gözenek oranını artırmaktadır. Makro gözenek yapısının artmasıyla toprakta hava-su ilişkisi düzenlenir ve bu durum bitkinin büyümesini ve gelişmesini pozitif yönde etkilemektedir (Marinari vd., 2000). Vermikompost bazı bitki çeşitlerinde organik ve inorganik değişikliklerin değerlendirilmesini sağlayabilmektedir. Bu durum da vermikompostun faydalı tamponlama kapasitesine sahip olduğunu ve fitotoksiteye neden olabilecek aşırı besin maddelerinin neden

olduğu hastalığı iyileştirdiğini ispatlamaktadır (Subler vd., 1998). Bu sebepten vermikompost, toprak dzenleyici ve yavaş salınımlı bir gbre olarak bilinmektedir (Atiyeh vd., 2000).

Solucanlar tarafından tüketlenen organik materyaller bağırsakta öğütölme aşamasında humifikasyon, detoksifikasyon ve sanitizasyon süreçlerine maruz kalmaktadır. Oluşan vermikompost var olan sistem ve yararlı mikroorganizmaların salgıladıkları enzim sayesinde humifikasyon olayı gerçekte böylece yararlı bitki besin elementleri ve bitki gelişim dzenleyicileri artmaktadır. Vermikest solucanın bağırsağında bulunan polisakkaritlerle kaplanmıştır. Aynı zamanda solucan bağırsağında yaşamakta olan antagonistik etkiye sahip mikroorganizmaların salgıları ile bitki hastalıkları baskılayıcı maddeler, bitki patojenlerinin gelişmesi ve bitkiye enfekte olmasını önlemektedir. Solucanların yapısında bulunan bazı mikroorganizma grupları diğer patojenler ile (insan/hayvan patojenleri) beslenmekte ve bu çok hızlı sanitizasyon süresi içerinde son ürün bir sanitizasyon işleminde geçmiş olarak zararlı patojenlerden arınmaktadır (Türkay, 2016).

Solucanlar meydana getirdikleri gbrelerin biyolojik özelliklerindeki iyileşmeyi sindirim sistemlerinde oluşturdukları antibiyotik özellikli maddeleri, aminoasitleri ve vitaminleri dışkılarına karıştırarak sağlamaktadır. Aynı zamanda yapılarında hümik ve fulvik asit gibi bitkilerin beslenmesi için önemli olan büyüme dzenleyici maddeler de var olmaktadır. Birden çok bitki için faydalı bir materyal olan vermikompost, aynı zamanda çok kıymetli bir toprak dzenleyicidir (Demir vd., 2010).

Vermikompost bitkiler üzerinde antibakteriyel ve antifungal etkiye sahip olmaktadır. Bu etkinin sebebi solucanların bedenlerinden ortama bıraktıkları sölom sıvısındanır. Vermikompostlama süreci boyunca sölom sıvısının yapısında bulunan aglütinin, fetidin, lumbricidin ile kitinaz gibi enzimler ve proteinler bazı fungus, bakteri ve yapısında kitin maddesi bulunan zararlı patojenler üzerinde etkili olmakta ve bu sayede birden fazla hastalığın ve çeşitli zararlıların meydana getirdiği olumsuzlukların etkisini azaltmaktadır (Wang vd., 2006). Önemli özelliklerinden biri de solucanların bağırsaklarında yaşayan çok sayıda mikroorganizmanın vermikompostun yapısına dâhil olmasıdır. Çeşitli mikroorganizmaların vermikompostun yapısına katılması sonucunda uygulanan topraklarda kimyasal ve fiziksel özelliklerinde iyileşme ile birlikte toplam mikroorganizma, azot bağlayan bakteriler ile simbiyotik mikorizaların yoğunluğu artış göstermektedir ve böylece toprak patojenlerinin popölasyonların da baskılanma söz konusu olmaktadır (Shobha ve Kale 2012).

2.5. Yapılan Çalışmalar

Vermikompostta giberellik asit, sitokin ve oksin gibi bitki büyüme hormonları ile humatların varlığından söz edilebilmektedir (Kucey, 1988). Bitki gelişim düzenleyicileri, bitkiler tarafından topraktan alınabilmekte olup *Azospirillum brasilense* tarafında üretilen oksinin, otsu bitkiler üzerinde faydalı olduğu belirtilmiştir. Mikroorganizmalar ile üretilen giberelinlerin bitki büyüme ve gelişimi üzerine etkili olurken (Mahmoud vd., 1984, Arshad ve Frankenberger 1993) fidelerin uzun ömürlü olmasında etkili olan ise topraktaki *Arthrobacter* ve *Bacillus spp.* tarafından üretilen sitokin varlığı ile gerçekleştiğini belirtmiştir (Jagnow, 1987).

Murry ve Hinckley (1992), steril hale getirilen at gübresinde var olan *Salmonella* 'nın durumu üzerine bir çalışma yapmış ve vermikompostlama işleminde *Eisenia fetida* türünü kullanmıştır. Solucanlar tarafından işlenmeyen kontrol grubu olan gübrede %2 oranında azaldığını tespit ederken solucanlar tarafından işlenen gübrede ise bu patojenin %8 oranında azaldığı gözlemlenmiştir.

Szczech (1999), yapmış olduğu bir çalışmada domates bitkisinde özellikle enfeksiyona neden olan *Fusarium oxysporum lycopersici* fungusuna karşı toprağa vermikompost uygulanmasının, hastalığın ileri seviyelere ulaşmasında baskılayıcı bir etki gösterdiğini belirtmiştir. Vermikompostun *Fusarium oxysporum* üzerindeki üremeyi engelleyici etkisinin oldukça güçlü olduğunu söylemiştir.

Scullion ve Malik (2000), Güney Galler, Birleşik Krallık'ta açık kömür madeni olarak kullanılan alanın topraklarında meydana gelen fiziksel bozulmanın ıslah edilmesi amacıyla solucanları kullanılarak 9 yıl süren bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Solucanların topraktaki varlığının, agregasyonu ve organik madde miktarlarını artırdığını gözlemlenmiştir. Organik madde miktarındaki bu artışın solucan aktivitesinin yoğun olduğu alt toprak katlarında daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışma sonucunda solucanların bozulmuş alanların ıslahında kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Benitez vd. (2002), *Eisenia andrei* türü solucan kullanarak yapmış oldukları bir laboratuvar çalışmasında bu türün vermikompost üretimi üzerine etkisini incelemişlerdir. Bunun için lignoselülotik atık olan zeytin yağ üretiminden elde edilen kuru zeytin kekinin tek olarak ve atık su artıma tesislerinden elde edilen arıtma çamurları ile farklı oranda karıştırmışlar. Belirli ara dönemlerde yaptıkları örneklemelerde solucan sayısı ve biyomas ile

enzim aktivitesinde meydana gelen değişimleri belirlemişlerdir. Karışımlardaki toplam solucan biyomasının ilk yapılan aşlamaya göre 9 ile 12 kat arasında arttığını ve vermikompostlama süresince ise hidrolitik enzimlerin (β -Glukosidaz ve fosfataz) aktivitesinde önemli yükselmeler belirtmişlerdir.

Solucanlar ve mikroorganizmalar, besinlerin mineralize olmasına yardım eden ve onları alınabilir forma dönüştüren gibberelin, sitokin ve oksin bitki büyüme hormonlarını salgılar. Vermikompost uygulanan toprakların kimyasal ve fiziksel özelliklerinde düzenleyici özelliği ile birlikte toplam mikroorganizma, azot bağlayıcı bakteriler ve simbiyotik mikorizaların sayısında artış sağlayarak toprak patojenlerinin popülasyonlarına baskılama etkisi yaptığı ve böylece toprakların biyolojik özelliklerinin de kalitesinin artmasını sağladığı belirtilmiştir (Shobha ve Kale, 2008).

Lazcano vd. (2008), sığır gübresinin biyolojik stabilizasyonu için kompostlama ve vermikompostlama etkinliğinin karşılaştırılması amacıyla yapmış oldukları çalışmada kompost ve vermikompostun aktif fazının verimliliğini sağlamak aynı zamanda kirletici potansiyelini azaltmak ve kısa vadede sığır gübresini stabilize etmek için kompostlama ve vermikompostik kombinasyonunu değerlendirmişlerdir. Bu nedenle, kompostlama ve vermikompostlamanın aktif fazından sonra ortaya çıkan ürünlerin mikrobiyal aktivitesi, mikrobiyal bilişimi ve ayrışma derecesini de analiz etmişlerdir. İşlemlerin hiçbirisi çözünmüş organik karbonu ve çözünmüş organik azot içeriklerini kontrole göre önemli ölçüde azaltmamıştır, bu sebeple stabilizasyon için daha fazla zamanın gerekli olduğunu düşünmüşlerdir. Mikrobiyal biokütle ve aktivitenin en düşük değerleri, fungus büyümesinin de teşvik edildiği, solucan işlenmiş substratlara karşılık geldiğini ve kombine uygulamanın (kompostlama vermikompostlama) sığır gübresi stabilize etmek açısından en etkili yöntem olduğunu gözlemlemişlerdir.

Haritha vd. (2009), vermikompostlamada ve geleneksel komposta hücre dışı enzim aktiviteleri ve mikrobiyal popülasyondaki değişiklikleri incelemişlerdir. Sebze atığı, meyve posası, yerfıstığı kabuğu ve ahır gübresi ile hem vermikompost hem de kompost materyali oluşturulmuştur. Vermikompostlamada en yüksek enzim aktivite (selülaz, amilaz, invertaz, proteaz ve üreaz) süresi 21-35 gün arasında bulunmuştur. Geleneksel kompostlarda ise bu süre 42-49 gün boyunca aktif olarak belirlenmiştir. Solucanlar, biyokimyasal aktiviteyi ve besin döngüsünü %40-45 oranında uyararak tarımsal atıkların bozulma süresinin azalmasında etkili olduğu belirtilmiş böylece vermikompostun 28 günde olgunlaşmasına neden olmuştur.

Vermikompostun mikroorganizma sayısı ve hücre dışı enzim aktiviteleri, aynı materyallerden elde edilen komposta kıyasla daha yüksek aktiviteye sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Hait ve Tare (2011), arıtma çamurunda stabilizasyonu sağlamak amacıyla bütünleşmiş bir yöntem olarak kompostlama-vermikompostlama tekniğini kullanmışlardır. Arıtma çamurunu hacim artırıcı (kâğıt, talaş vb.) malzemeler ile karıştırmışlar olgunlaşma fazına kadar gerekli şartları sağlayıp kompost materyali elde etmişlerdir. Kompost olarak elde edilen kanalizasyon çamurunu *E. Fetida* solucan türü ile 4 hafta boyunca vermistabilizasyon işlemine tabi tutmuşlardır. Vermikompostlama sonucunda patojenlerde önemli oranda azalmalar gözlemlenmiştir. *Toplam koliform, Fekal koliform %99.99 Entereoccus %99.7 Salmonella %99.95* parazit yumurtalarında %100 oranlarında azalma olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca farklı patojen indikatör organizmalarda da yüksek oranda azalmalar gözlemlenmiştir.

Tavalı (2011), farklı dozlarda uygulanan vermikompostun toprağın enzim aktivitesi ve bakteriyel varlığı üzerine etkisini belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada vermikompost ve çiftlik gübresini karşılaştırmıştır. Çalışma saksı denemesi olarak yürütülmüş ve 16 haftalık inkübasyon süresi olmuştur. Toprağa farklı dozlarda (kontrol, 1 t/da, 2 t/da, 3 t/da, 4 t/da) vermikompost ve aynı dozlarda çiftlik gübresi uygulamıştır. İnkübasyon süresince gübre verilen toprakların enzim aktivitelerinde ve toplam aerobik mezofilik bakteri varlığında artış ve azalmaya bağlı genel bir dalgalanma olduğunu belirlemiştir. Bu dalgalanmanın kontrol değerlerinin üzerinde olduğunu tespit etmiştir. inkübasyon süresi sonunda uygulama yapılan toprakların enzim aktiviteleri ve toplam aerobik mezofilik bakteri sayıları kontrol seviyelerinin üzerinde olduğunu belirtmiştir. Gübre dozlarındaki artışa paralel olarak toplam aerobik mezofilik bakteri sayılarındaki değişimleri gübre tipine göre istatistiksel olarak önemli bulmuştur. En yüksek organik madde artışı çiftlik gübresi uygulanmış topraklarda tespit etmişken, en yüksek toplam azot artışını ise vermikompost uygulanmış topraklarda bulmuştur. En yüksek alınabilir fosfor artışı da yine vermikompost uygulanmış toprakta olduğunu belirtmiştir. Ancak, organik madde, toplam azot ve alınabilir fosfor gibi toprağın besin içeriğini yakından ilgilendiren kimyasal özelliklerinin toprağa uygulanan vermikompost ve çiftlik gübresinin aynı dozları karşılaştırıldığında benzer şekilde değişim görüldüğünü belirtmiştir.

Yadav vd. (2011), insan dışkısının 60 günlük vermikompostlanmasında *E. fetida* solucan türü kullanmışlar ve elde ettikleri sonuçlarda hem toplam ve *Fekal koliformların % 100* uzaklaştırıldığını belirtmişlerdir. Yine başka bir tarihte yaptıkları çalışmada *E. fetida*

kullanılarak insan dışkı kompostunun bütünleşmiş kompostlama-vermikompostlama işleminden sonra toplam ve fekal koliform, Salmonella ve parazit yumurtalarının tamamen ortadan kaldırılması rapor edilmiştir (Yadav vd., 2012).

Tutar (2013), *Eisenia fetida* türü toprak solucanlarının çoğaltılmasıyla elde edilen vermikompostun, çeşitli patojen bakteri ve funguslar üzerindeki antimikrobiyal etki düzeylerini araştırmıştır. Bitki besleme ve toprak düzenleyici olarak kullanılan vermikompostun bitki hastalıklarını baskılama konusunda ne kadar etkili olduğunu belirlemeyi amaçlamıştır. Ahır gübresi ve mutfak atıklarının karışımına 2500 adet *Eisenia fetida* türü solucan bırakılmış ve 120 günlük bir kompostlama süreci gerçekleştirmiştir. Elde edilen vermikomposttan etanol ve kloroform solventleri kullanılarak hazırlanmış ekstralarının, bitkilerde hastalıklara sebep olan toprak kaynaklı patojen 9 adet bakteri ve 9 adet fungusu karşı etkinliklerinin belirlemek amacıyla “disk difüzyon” ve “minimal inhibitör konsantrasyon (MIC)” testleri uygulamıştır. Vermikompostun kloroform ile elde edilen ekstralarının *Pseudomonas syringae*, *Xantomonas carotae*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Fusarium oxysporum*, *Aspergillus humicola* ve *Aspergillus fumigatus*’ a karşı etkileri güçlü olurken; *Erwinia chrysanthemi*, *Pseudomonas fluorescens* ve *Penicillium brevicompactum*’ a karşı etkilerinin daha zayıf olduğunu belirtmiştir. Vermikompostun, etanol ile elde edilen ekstralarında ise *Pseudomonas syringae*, *Xantomonas campestris* ve *Aspergillus fumigatus*’ a karşı etkilerinin kuvvetli olduğu, *Erwinia herbicola*, *Erwinia chrysanthemi* ve *Sclerotinia sclerotiorum*’ a karşı ise daha düşük etkinin oluştuğunu belirtmiştir.

Hınıslı (2014), Vermikompost gübresinin kıvırcık bitkisinin gelişmesi üzerine etkisi ve diğer bazı organik kaynaklı gübrelerin karşılaştırmasını belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada açık tarla koşullarında tesadüf deneme desenine göre yerleştirilen 2500 g’lık saksılar kullanmıştır. Çalışmada vermikompost, inek ve koyun gübrelerinin kıvırcık marul bitkisindeki etkisini belirlemeyi hedeflemiştir. Gübrelerin konsantrasyon değerleri sırasıyla 0, 25, 75, 125 ve 175 g ayarlanmış ve saksılara gübrelerden uygulamıştır. Çalışma sonucunda vermikompostun kıvırcık marulun erkencilikte önemli bir etkiye sahip olduğunu belirtmiştir. Vermikompostun Ca, Cu ve Zn elementlerinin bitki bünyesine alınmasında yararlı olduğunu belirtmiştir.

Boran (2015), yapmış olduğu çalışmada ısıtma işlem uygulamalarının vermikompost üzerinde kimyasal ve biyolojik aktivitesine olan etkisini incelemiştir. Isıtma işlem uygulamasının vermikompostun kimyasal özelliklerinde çok dikkate değer değişiklik yapmazken, mikrobiyal ve biyokimyasal özelliklerinde önemli etki yarattığını gözlemlemiştir. Vermikompostun bir

saat süreyle 70°C'ye tabi tutulması sonucunda enzim aktiviteleri önemli ölçüde düşmüş, toplam bakteri ve fungus sayısı da azalmalar olduğunu tespit etmiş, vermikompostu herhangi bir ısı işleminden geçirmeden ve geçirdikten sonra patojen mikroorganizmaya (*E.coli*, *Salmonella*) rastlanılmadığını belirtmiştir.

Kaçar (2015), farklı organik materyallerle karıştırılmış karasu kekinden vermikompost üretimi yaptığı çalışmasında elde edilen vermikompostun bazı kimyasal ve mikrobiyal aktivite özelliklerini araştırmıştır. Laboratuvar çalışması olarak yürütülen araştırmada 90 gün boyunca *Eisenia fetida* türü kompost solucanları, Karasu keki, diğer organik atıkların (pamuk çırçır atığı, cibre ve ahır gübresi) kuru ağırlık değerleri %15, %30, %45, %60 oranlarında karıştırılarak vermikompostlama işlemine bırakılmıştır. Denemenin 30. 60. 90. günlerinde örneklemeler yapılmış C ve N mineralizasyonu, humifikasyon indeksi, dehidrogenaz, alkalın fosfataz ve üreaz enzim aktiviteleri belirlenmiştir. Vermikompostlama süresi bitiminde örneklerde C ve N mineralizasyonu ile enzim aktivitelerine ek olarak organik madde, toplam organik C, C:N oranı, pH, toplam tuz, N, P, K, B, Ca, Mg değerlerini tespit etmiştir ve toplam solucan sayısı ve kokon miktarını belirtmiştir. Çalışma sonucunda %60 karasu keki miktarında solucanların aktif rollerini koruduğunu ve en yüksek enzim aktivitelerinin ise %45 karasu kekinde meydana geldiğini belirtmiştir. Ayrıca %60 karasu keki miktarının ise vermikompost işleminde kullanılmasında herhangi bir sorun olmayacağını söylemiştir.

Özden (2015), at gübresi, tütün atığı ve ikisinin karışımından *Eisenia fetida* solucan türü kullanarak vermikompost elde ettiği çalışmasında vermikompostun oluşum sürecinde biyokimyasal özellikleri üzerindeki değişimleri incelemiştir. Tarım topraklarında doğrudan kullanımı sakıncalı olan at gübresi ve tütün atığının vermikompost elde edilme olanağını araştırmıştır. 90 günlük bir inkübasyon denemesi olarak yürütülen çalışmada üç ay süre ile vermikompostlama işlemine tabi tutulan atıklarda kimyasal, mikrobiyal ve biyokimyasal parametreler 30. gün, 60. gün ve 90. günde yapılan örneklerde analiz edilmiştir. En yüksek enzim aktiviteleri genelde 60. gün örneklerinde saptanırken, en düşük aktivite 30. gün örneklerinde bulunmuştur. Çalışma sonucunda her iki organik materyalin vermikompost yapımı için uygun materyaller olmadığını belirtmiştir.

Kurt (2016), vermikompost ve biyokömürün mısır bitkisinin kök bölgesindeki enzim aktivitesi üzerine etkisi incelemiştir. Deneme 4 paraleli olmak üzere toplamda 72 saksı sera denemesi şeklinde yürütülmüştür. Çalışmada biokömür ve vermikompost organik materyalleri çeşitli oranlarda karıştırılarak (%100 Biokömür, %100 Vermikompost, %75 Biokömür + %25 Vermikompost, %25 Biokömür + %75 Vermikompost, %50 Biokömür + %50

Vermikompost) inkübasyon ve saksı denemelerine uygulanmıştır. Araştırmada toprakların biyolojik özellikleri; mikrobiyal biyomas, karbondioksit değişimi, dehidrogenaz enzim aktivitesi, üreaz enzim aktivitesi ve arilsülfataz enzim aktiviteleri ile bitki besin elementleri üzerine etkisi sera denemesi ile araştırılmıştır. İnkübasyon denemesinden elde edilen çalışma sonucuna göre arilsülfataz enzim aktivitesi ve mikrobiyal biyomas değerleri topraklarda istatistiksel olarak önemli bir etkiye sebep olmadığı belirlenmiştir. Ancak vermikompost ve biyokömürün birlikte kullanımında ortamda en yüksek değer elde edilmiştir. Benzer şekilde saksı denemesinde üreaz enzim aktivitesi ve mikrobiyal biyomas değerleri topraklarda istatistiksel olarak önemli bir fark meydana getirmemiş fakat diğer özellikler en yüksek değerde bulunmuştur. Genel olarak yapılan çalışma sonucunda mısır bitkisinin kök bölgesindeki enzim aktivitesi üzerine etkisi vermikompost ve biokömürün örtü materyali olarak tek başına kullanılmasının yetersiz olduğu belirlenmiştir. %75 BK + %25 VK, %25 BK + %75 VK, %50 BK + %50 VK oranlarının uygun koşulları sağladığı, vermikompostun örtü materyali olarak hayvan gübresi ile birlikte değerlendirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Doğan vd. (2018), ısıtılmış işlem görmüş ve görmemiş solucan gübresi ile solucanların maması olarak kullanılan çiftlik gübresinin zeytin karasu ile birlikte uygulanmasının toprağın mikrobiyal aktivitelerine etkilerini belirlemek amacıyla çalışmışlardır. İnkübatörde saksı denemesi olarak hazırlanan topraklara %1 vermikompost %1 çiftlik gübresi %1 ile birlikte 500 l/ha zeytin karasu atığı uygulamışlardır. İnkübasyon süresinin 1. 15. ve 30. günlerinde alınan toprak örneklerinde CO₂ üretimi, dehidrogenaz enzim aktivitesi ve mikrobiyal biyomas karbon içeriklerini belirlemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre CO₂ değeri ısıtılmış işlem uygulanmış vermikompost topraklarında ısıtılmayan topraklara göre daha düşük bulunmuşlar ve bu durumla benzer sonuçları dehidrogenaz enzim aktivitesi ve mikrobiyal biyomas karbonda da elde etmişlerdir.

Huang ve Xia (2018), solucanlarda bulunan mukusun vermikompostlamadaki etkisini, nemlendirme ve mikrobiyal aktiviteye bağlı olarak biyolojik bozulmayı tespit etmeye çalışmışlardır. Farklı solucan gübresi substratlarının farklı etkilere neden olabileceği düşünülerek, ham substrat olarak taze meyve ve sebze atıkları, inek gübresi ve susuzlaştırılmış kanalizasyon çamuru dâhil olmak üzere üç yaygın solucan gübresi materyali kullanmışlardır. Mukusu *Eisenia fetida* solucan türünden elde etmişler substrat içeren petri kablarına 20 ml mukus ilavesi ile kontrol için de distile su ilavesi yapmışlardır. Petrilere 25°C kurutma fırınında 20 günlük inkübasyon gerçekleştirmişlerdir. 20 günlük denemeden sonra mukusun mineralizasyonu hızlandırabileceğini belirtmişlerdir. Çözünmüş karbon miktarları

mukus içeren petrilere kontrole göre %9.8 – 37.5 artış göstermiştir. Sebze ve meyve atıklarındaki substratda mukus en yüksek artışı göstererek mikrobiyal aktiviteyi ve bakteri bolluğunu önemli ölçüde uyarılmış ayrıca Proteobacteria'nın büyümesine etki etmiştir. Sonuç olarak solucan mukusunun vermikompostlama malzemelerinin ayrışmasını ve humifikasyonu önemli ölçüde hızlandırdığını, mikrobiyal aktivite ve vermikompostlama sistemlerinde bakteri topluluğu çeşitliliğini artırabileceğini belirtmişlerdir.

Umut (2019), büyükbaş hayvan gübresi ve evsel kökenli yemek atıkları ile beslenen yerli ve kırmızı kaliforniya solucanlarından elde edilen vermikompostta bazı besin elementlerinin karşılaştırılması amacıyla çalışma yapmıştır. Çalışmasında hem yerli hem de kırmızı Kaliforniya solucanlar için üç atıktan oluşan sekiz farklı besi ortamı hazırlamıştır. Bunlar; inek gübresi (%100), inek gübresi (%50) + evsel yemek atığı (%50), inek gübresi (%40)+ evsel yemek atığı (%40) + demlenmiş çay atığı (%20), İnek Gübresi (%30)+ evsel yemek atığı (%30)+ demlenmiş çay atığı (%30)+ gazete kâğıdı (%10) şeklindedir. Her bir besi ortamına 30'ar solucan bırakmıştır. İki ay süren deneme sonunda en yüksek solucan sayısı ve ağırlığına kırmızı Kaliforniya solucanı bulunan %30 inek gübresi+ %30 evsel yemek atığı + %30 çay posası + %10 gazete kâğıdı besi ortamında belirlemiştir. En yüksek N, P, K, Zn, Ca, Cu, Fe değerlerine yerli solucanla kompostlanan %100 inek gübresi besi ortamında saptamıştır. En yüksek Mn değerine kırmızı kaliforniya solucanı bulunan inek gübresi (%40)+ evsel yemek atığı (%40) + demlenmiş çay atığı (%20) besi ortamında bulunmuştur. En yüksek pH değeri yerli solucan bulunan inek gübresi (%40)+ evsel yemek atığı (%40) + demlenmiş çay atığı (%20) besi ortamında bulunmuştur.

Cui vd. (2019), aktif çamurdaki antibiyotik direnç genlerinin solucanların bağırsak sistemlerine tepkisini araştırmak ve bakteri topluluğunun değişimi açısından olası mekanizmayı belirlemek için çalışma yapmışlardır. Aktif çamurun solucan bağırsağından geçtikten sonra antibiyotik direnç genlerinin önemli ölçüde zayıfladığını gözlemlemişlerdir. Solucanların bağırsak sindirimi aktif çamurdaki bakteri bolluğunu ve alfa çeşitliliğini önemli ölçüde azalttığını belirlemişlerdir.

Hanc vd. (2019), yapmış oldukları çalışmada üç çeşit (evsel biyo atık, tarımsal atıklarla karıştırılmış malt çamuru, üzüm atığı) atığın vermikompostlanması sonucunda enzim aktivitelerini üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Vermikompostlama işlemini solucanların sürekli bir şekilde beslenmesi ile büyük yığın sistemlerinde gerçekleştirmişlerdir. Tüm vermikompostlama yığınlarını tabakaların yaşına bağlı olarak farklı derinliklerde beş ayrı katmana ayırmışlar. Tüm yığınlarda, en fazla sayıda solucan ve biyokütle, en yüksek bakteri

ve mantarın en genç katmanlarda meydana geldiğini ve analiz edilen sekiz farklı enzim aktivitesinde en yüksek olan ev tipi biyolojik atık içeren vermikompostlama işleminde meydana geldiğini gözlemlemişlerdir. Tüm enzimlerin en düşük aktivitesi arilsülfataz da meydana gelirken en yüksek enzim aktivitesi lipaz enziminde tespit edilmiştir.

Göçmez vd. (2019), zeytin ağacı yetiştiriciliğinde vermikompost kullanımının üretim materyalinin mikrobiyolojik ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkisini incelemişlerdir. Çalışmada gemlik zeytin çeşidini kullanmışlar ve çalışmayı 2 sezon olarak laboratuvarında ve kontrollü şartlarda 6 ay süreyle gerçekleştirmişlerdir. Farklı dozlarda (%0,5,10,20,40) vermikompost ve tek doz kimyasal gübre (%100 üretim malzemesi + kimyasal gübre) uygulanarak zeytin ağacı yetiştiriciliği gerçekleştirmişlerdir. Üçüncü ve altıncı aylarda üretim materyallerinden örnekler alınmış ve analiz edilmiştir. 6 aylık deneme süreci sonucunda zeytin fidanı yetiştiriciliğinde kullanılan üretim materyaline vermikompost uygulamasının CO₂ üretimi, Dehidrogenaz ve Alkalın Fosfataz enzim aktivitesi üzerine etkilerini önemli bulmuşlardır. Üretim materyaline uygulanan vermikompost ile enzim aktivitelerinde artışın meydana geldiği bu artışın %40 vermikompost + %60 üretim materyali uygulamasında en olumlu sonucu verdiğini söylemişlerdir. Vermikompost uygulamasının üretim materyalindeki mikrobiyal aktiviteyi ve nispeten enzim aktivitelerini olumlu etkilediğini belirtmişlerdir.

Karwal ve Kaushik (2020), uçucu kül, pres çamuru ve hayvan gübresinin kompostlanması ve vermikompostlanması sonucunda fiziksel, kimyasal, enzim aktiviteleri ve ağır metal konsantrasyonlarında meydana gelebilecek değişimleri belirlemek amacıyla çalışma yapmışlardır. Çalışmada ilk olarak hayvan gübresi ve pres çamuru kuru ağırlık esasına göre 3:1 oranında karıştırmışlar daha sonra bu karışımdan kuru ağırlık bazında kompost ve vermikompost reaktörüne, (karışım: uçucu kül olacak şekilde 1:1, 2:1, 3:1) beslenme stoğu oluşturmuşlardır. Vermikompost reaktörüne her bir substrat beslenme stoğu başına 20 tane *Eisenia fetida* solucanı bırakmışlar ve 90 gün boyunca çalışmaya devam etmişlerdir. 0, 30, 60 ve 90. günlerde reaktörlerden numuneler almış ve analizlerini gerçekleştirmişlerdir. 90 gün boyunca farklı hammadde karışımlarının vermikompostlanmasıyla pH, TOC, C:N oranlarında önemli düşmeler tespit etmişlerdir. Toplam sodyum, potasyum, fosfor ve kalsiyum gibi bitki besin maddelerinde artış olduğunu gözlemlemişlerdir. Dehidrogenaz, üreaz ve fosfataz enzimleri 30. günde yükseldiğini daha sonra 90. güne doğru azaldığını belirlemişlerdir. Ayrıca vermikompostlama ile ağır metallerin (Cu, Zn, Pb, Cr, Co, Cd ve As) önemli ölçüde azaldığını tespit etmişlerdir. Vermikompostun uçucu kül ve pres çamuru yönetimi için ideal bir yaklaşım olabileceğini belirtmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal ve Yöntem

Araştırma, Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Toprak Mikrobiyolojisi ve Biyokimyası laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Türkiye’de vermikompost üretim izni alınmış 3 adet solucan üretim tesisinden çalışmada kullanılacak vermikompost örnekleri temin edilmiştir. A firmasından ısıtma işlemi uygulanmamış vermikompost ile ısıtma işlemi uygulanmış vermikompost temin edilirken, B ve C firmalarından yalnızca ısıtma işlemi uygulanmamış vermikompost örnekleri alınarak tez çalışmasında kullanılmıştır.

Firmalardan temin edilen ısıtma işlemi uygulanmamış vermikompost örneklerinden bir miktar ayrılmış ve ayrılan bu örneklerde etüv iç sıcaklığı 70°C olana kadar yaklaşık 60 dakika ısıya tabi tutulmuştur.

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan vermikompost örneklerinin gruplandırılması

FİRMA	UYGULAMA	Simge
A Firması	Isıtma İşlemi Uygulanmamış	A ₁
	Firmada Isıtma İşlemi Uygulanmış	A ₂
	Lab.’ da Isıtma İşlemi Uygulanmış	A ₃
B Firması	Isıtma İşlemi Uygulanmamış	B ₁
	Lab.’ ta Isıtma İşlemi Uygulanmış	B ₂
C Firması	Isıtma İşlemi Uygulanmamış	C ₁
	Lab.’ da Isıtma İşlemi Uygulanmış	C ₂

Toplam 3 farklı vermikompost örneklerinden 7 çalışma örneği oluşturulmuş (A₁,A₂,A₃,B₁, B₂,C₁,C₂) her bir örnek kendi arasında üç tekerrürlü olacak şekilde toplam 21 örnekle çalışılmıştır.

3.2. Vermikompost Analiz Yöntemleri

3.2.1. Kimyasal Analizler

pH tayini; 1:10 oranında saf su ile sature hale getirilmiş vermikompost örneklerinde, cam elektrotlu pH-metre ile belirlenmiştir (Jackson, 1967).

Elektriksel iletkenlik (EC) tayini; Saf su ile 1:10 sature edilmiş vermikompost örneklerinde elektriksel iletkenlik ölçülerek saptanmıştır (U.S. Soil Survey Staff, 1954).

Toplam azot (N) tayini Modifiye kjeldahl yöntemi uygulanarak belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

Toplam fosfor (P) tayini; HNO₃ + HClO₄ karışımı ile yaş yakılmış örneklerde toplam P, vanadomolibdofosforik sarı renk yöntemi ile belirlenmiştir (Kacar ve Kovancı, 1982).

Toplam makro ve mikro element; HNO₃ + HClO₄ asit karışımı ile yaş yakılmış kompost örneklerinde potasyum (K), kalsiyum (Ca), sodyum (Na) flame fotometrede, demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn), mangan (Mn), magnezyum (Mg) AAS ile belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

Organik madde tayini; Kuru yakma (70°C – 550°C) yöntemine göre yanma kaybından yapılmıştır (AOAC, 1995).

Organik Karbon; Kuru yakma (550°C) yöntemine göre yapılmıştır (AOAC, 1995).

3.2.2. Vermikomposta Yapılan Mikrobiyolojik ve Biyokimyasal Analizler

CO₂ Oluşumu; 0,1 N KOH çözeltisi kullanılarak ve 27°C'de 1 günlük inkübasyon süresi sonunda saptanmıştır (Isermeyer, 1952).

Dehidrogenaz Enzim Aktivitesi; TTC (trifeniltetrasolium klorür) çözeltisi ilave edilen kompost örneklerinin 16 h 25⁰C'de inkübasyonundan sonra oluşan TPF (trifenilformazan)'nın 546 nm'de fotometrik ölçümü ile belirlenmiştir (Thalman, 1968).

Üreaz Enzim Aktivitesi; Substrat olarak ürenin kullanıldığı örnekler 37 °C'de 90 dakika inkübe edildikten sonra ortaya çıkan amonyum 2 M KCl ile ekstrakte edildikten sonra modifiye edilmiş Bertholet reaksiyonu ile tespit edilmiştir (Kandeler ve Gerber, 1988).

Alkalin Fosfotaz Enzim Aktivitesi; Tamponlanmış p-nitrofenil fosfat çözeltisi ilaveli örneklerin 1 h 37°C’de inkübasyonundan sonra ortaya çıkan fosfomonoesterazların NaOH ile renklendirilmesi sonucu 400 nm’de fotometrik olarak ölçülmesi ile saptanmıştır (Tabatabai ve Bremmer, 1969; Eivazi ve Tabatabai, 1977).

β-Glukosidaz Enzim aktivitesi; Substrat olarak β-glucosido-saligenin (salicin)’in kullanıldığı Vermikompostlar 37°C’de 90 dakika inkübe edildikten sonra ortaya çıkan saligenin’in 2,6-dibromchinon-4-chloromide ile renklendirilmesi sonucu 578 nm’de fotometrik olarak ölçülmesi ile saptanmıştır (Hoffman ve Dedekan, 1966).

Toplam Aerob Mezofilik Bakteri, Aktinomiset ve Fungus Sayımları; Etüv iç sıcaklığı 70°C olan ve 60 dk ısı uygulamasına tabi tutulan vermikompost örneklerinden 10’ar gr alınmış ve 90 ml Sodyumpyrofosfatlı steril su kullanılarak 10^{-1} seyreltmesi elde edilmiştir. Elde edilen bu ilk seyreltme 60 dakika yatay çalkalayıcıda çalkalanmış ve 10^{-7} ’ye kadar fizyolojik steril su kullanılarak seyreltme işlemine devam edilmiştir. Robert Koch dökme metodu kullanılarak aşılama işlemi yapılmıştır. Aktinomiset, Toplam Aerob Mezofilik Bakteri ve Fungus sayımı amacıyla uygun seyreltme derecelerinden alınan 1 ml örnek steril petri kaplarına koyulmuş daha sonra besin ortamları dökülmüştür. Sonuçlar Aktinomiset, Toplam Aerob Mezofilik Bakteri ve Fungus sayımında, gram kuru vermikomposta koloni oluşturan birim (KOB), Toplam Koliform bakteri sayısı En Muhtemel Sayı (EMS) olarak değerlendirilmiştir.

Aktinomiset Sayısı; İçerisine Sikloheksimit (%1.25 w/v) ve rifampisin (5 µg/ml) ilave edilmiş Aktinomiset İzolasyon Agar besi yerinde kültürel metod ile yapılmıştır. Petri kutuları 30°C’de 5-7 gün süre ile inkübe edilmiştir (Pepper vd., 1995).

Toplam Aerob Mezofilik Bakteri Sayısı; Toplam canlı bakteri sayısı Plate Count Ağar (PCA) (Difco) besi yerinde Kültürel metod ile 27°C’de 7 günlük inkübasyondan sonra saptanmıştır (Bradshaw, 1992).

Fungus Sayısı; Malt Ekstrakt Agar besin ortamı kullanılarak kültürel metod ile 27°C’de 5 günlük inkübasyondan sonra belirlenmiştir (Johnson vd., 1959).

Toplam Koliform Bakteri Sayısı: EMB Agar (Eosin Methylene Blue Agar) besi ortamı kullanılarak 35°C’de, 24-48 saatteki koloni formlarına göre belirlenmiştir (APHA-AWWA-WPCF, 1995).

3.2.3. İstatistiki Analizler

Analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi ‘‘SPSS 12.0’’ istatistik paket programı kullanılarak yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Vermikompost Materyallerinin Kimyasal Özellikleri

Vermikompost örneklerinde saptanan bazı kimyasal özellikler Çizelge 4.1, 4.2 ve 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. A Firmasına Ait Vermikompost Örneklerinin Kimyasal Özellikleri

PARAMETRELER	A₁	A₂	A₃
pH	7,02	7,20	6,98
EC (dS m⁻¹)	2,99	3,33	3,41
Organik Madde (%)	75,63	75,13	77,00
C:N	14,93	15,09	15,01
N (%)	2,94	2,90	2,98
P (mg kg⁻¹)	4,25	4,51	4,44
K (mg kg⁻¹)	11,24	11,68	10,72
Ca (mg kg⁻¹)	16,12	15,46	16,14
Mg (mg kg⁻¹)	7,92	8,33	8,17
Na (mg kg⁻¹)	2,78	3,19	3,02
Fe (mg kg⁻¹)	2,12	1,95	2,22
Cu (mg kg⁻¹)	421	427	412
Mn (mg kg⁻¹)	204	210	213
Zn (mg kg⁻¹)	187	192	184

A firmasından alınan vermikompost örneklerinde pH değeri 6,98 ile 7,20 arasında bulunmuştur. Elektriksel iletkenlik (EC) değerlerinde en yüksek değer 2,99 ile 3,41 dS m⁻¹ olarak saptanmıştır. Isıl işlem uygulaması sonucunda EC değerlerinde artma gözlemlenmiştir. Organik madde içeriği bakımından en yüksek değer ısıl işlem uygulaması sonucunda A₃ numaralı örnekte %77 olarak bulunmuştur. Karbon azot oranı ısıl işlem uygulaması sonucunda artmış en yüksek 15,09 ile A₂ numaralı örnekte saptanmıştır. Toplam azot içeriği 2,90 ile 2,98 değerleri arasında tespit edilmiştir. A firmasına ait vermikompost örneklerinde en yüksek fosfor içeriği A₂ numaralı örnekte belirlenmiş ve ısıl uygulama sonucunda vermikompostun fosfor değerinde artış görülmüştür. Potasyum içeriği bakımından ısıl işlem uygulaması ile A₂ numaralı örnekte artış görülürken A₃ numaralı örnekte azalma görülmüştür. Kalsiyum içeriklerinde ısıl işlem uygulaması sonucundan A₂ numaralı örnekte azalma görülürken A₃ de artış gözlenmiştir. Magnezyum, sodyum, mangan ve çinko içerikleri ısıl

işlem uygulaması sonucunda ısıtılmış işlem görmemiş olan A₁ örneğine göre artmıştır. Demir ve bakır içerikleri incelendiğinde ısıtılmış işlem uygulaması görmüş olan iki örnekte farklı sonuçlar tespit edilmiş olup en yüksek demir içeriği A₃ numaralı örnekte belirlenmiş en yüksek bakır miktarı ise A₂ numaralı örnekte tespit edilmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.2. B Firmasına Ait Vermikompost Örneklerinin Kimyasal Özellikleri

<i>PARAMETRE</i>	<i>B₁</i>	<i>B₂</i>
pH	7,27	7,44
EC (dS m⁻¹)	2,82	2,80
Organik Madde (%)	49,50	46,17
C:N	15,89	14,14
N (%)	1,81	1,89
P (mg kg⁻¹)	6,27	6,31
K (mg kg⁻¹)	7,56	7,64
Ca (mg kg⁻¹)	14,97	16,79
Mg (mg kg⁻¹)	6,04	6,46
Na (mg kg⁻¹)	2,48	2,34
Fe (mg kg⁻¹)	2,32	2,49
Cu (mg kg⁻¹)	51	55
Mn (mg kg⁻¹)	295	318
Zn (mg kg⁻¹)	198	206

B firmasından alınan vermikomposta pH 7,27 ile 7,44 değerleri arasında bulunmuştur. Elektriksel iletkenlik (EC) değerleri ısıtılmış işlem uygulaması ile 2,80 dS m⁻¹ ile 2,82 dS m⁻¹ arasında tespit edilmiştir. Organik madde içeriği bakımından en yüksek değer ısıtılmış uygulama görmemiş olan örnekte bulunurken ısıtılmış işlem sonucunda bu değer düşerek %46,17 olarak bulunmuştur. Karbon azot oranı tıpkı organik madde içeriğinde olduğu gibi ısıtılmış işlem uygulaması sonucunda azalmış ve 14,14 olarak saptanmıştır. Örneklerin toplam azot içeriğinin de ise durum farklılık göstermiş olup ısıtılmış işleme tabi tutulan örnekte değer artış meydana gelmiş olup %1,89 olarak tespit edilmiştir. Çalışmada araştırılan diğer makro besin elementleri olan fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum içerikleri ısıtılmış işlem uygulaması görmüş olan örnekte artış gösterirken sodyum içeriği azalmıştır. Örneklerin mikro besin elementleri incelendiğinde demir, bakır, mangan ve çinko içerikleri ısıtılmış işlem uygulaması sonucunda artış göstermiştir (Çizelge 4.2).

C firmasından alınan vermikompost örneğinde pH değeri 8,43 ile 8,52 değerleri arasında bulunmuştur. Elektriksel iletkenlik değeri 2,52 dS m⁻¹ C₁ ile 2,56 dS m⁻¹ değerleri arasında belirlenmiştir. Isıtılmış işlem sonucunda EC değeri azalmıştır. Organik madde içeriği bakımından en yüksek değer ısıtılmış işlem uygulaması sonucu C₂ de %47,50 olarak bulunmuştur.

Karbon azot oranı en yüksek C₁ numaralı örnekte görülürken ısıtıl işlem uygulaması sonucunda azalmış ve 11.57 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. C Firmasına Ait Vermikompost Örneklerinin Kimyasal Özellikleri

<i>PARAMETRE</i>	<i>C₁</i>	<i>C₂</i>
pH	8,52	8,43
EC (dS m⁻¹)	2,56	2,52
Organik Madde (%)	46,23	47,50
C:N	15,75	11,57
N (%)	1,98	2,39
P (mg kg⁻¹)	5,43	5,51
K (mg kg⁻¹)	12,21	13,19
Ca (mg kg⁻¹)	20,21	18,65
Mg (mg kg⁻¹)	10,59	10,47
Na (mg kg⁻¹)	3,39	3,77
Fe (mg kg⁻¹)	2,58	2,54
Cu (mg kg⁻¹)	99	99
Mn (mg kg⁻¹)	374	370
Zn (mg kg⁻¹)	224	225

C firmasından temin edilen örneklerin toplam azot içeriğinde ise en yüksek değer ısıtıl işlem uygulaması sonucunda elde edilmiş olup %2,39 olarak bulunmuştur. Makro besin elementleri olan fosfor, potasyum, magnezyum ve sodyum değerleri vermikompostun ısıtıl işleme tabi tutulmasından sonra artış gösterirken kalsiyum miktarında azalma görülmüştür. Mikro besin elementleri olan demir ve mangandan ısıtıl işlem uygulaması sonucunda örneklerde azalma tespit edilirken bakır içeriğinde bir değişim görülmemiş olup çinko da ısıtıl işlem uygulaması sonucunda artış olduğu gözlemlenmiştir (Çizelge 4.3).

Üç farklı firmadan temin edilen vermikompost örneklerinin ısıtıl işlem uygulaması sonucunda elde edilen kimyasal içeriklerinde düzenli bir artış veya azalma göstermemiş örnekler kendi arasında farklılıklar göstermiştir. Çalışmaya benzer şekilde, Boran (2015) iki farklı vermikomposta farklı sıcaklıklarda (0 - 70 - 121°C) ısıtıl işlem uygulaması gerçekleştirmiş ve kimyasal içeriklerini incelemiştir. Her iki vermikompost örneğinde farklı ısıtıl uygulamaların vermikompostların pH kapsamlarının üzerine etkisinin önemli düzeyde olmadığını belirtmiştir. EC değerlerinde ısıtıl işlem uygulaması sonrasında artış görüldüğünü belirtmiş bu artışın birinde önemli olduğunu belirtirken diğer vermikompost örneğinde önemsiz düzeyde olduğunu vurgulamıştır. Her iki vermikompost örneğinde C/N en düşük hiç ısıtıl işlem uygulanmamış ve 70°C ısıtıl işlem uygulanmış örnekte, en yüksek C/N oranı ise

121°C ısıtma işlemi uygulanmış örneklerde olduğunu söylemiştir. Her iki vermicompost örneğinde de farklı ısıtma uygulamalarının vermicompostların %P ve %K kapsamı üzerine etkisinin önemli düzeyde olmadığını belirtmiştir.

Sharma ve Garg (2018), vermicompostlama aşamasında meydana gelen pH'daki azalmanın organik asitler, CO₂ vb. gibi metabolitlerin emisyonuna bağlı olduğunu ve sırayla fosforun ortofosfata ve azotun nitrata dönüştürülmesiyle pH'da azalmaya meydana gelebileceğini belirtmiştir. Vermicompostlama sırasında solucanlar, amonyak ve kalsiyumu bağırsakları tarafından salgılamakta ve böylece humik asit tarafından üretilen pH'yı nötralize etmekte etkili olduğu belirtilmektedir (Pramanik vd., 2006).

Vermicompost örneklerinde A firmasına ait örnekte ısıtma işlemi uygulaması sonrasında EC değerlerinde yükselme gözlemlenirken B ve C firmalarından alınan örneklerde ısıtma işleminin etkisiyle azalma gözlemlenmiştir. Vermicompostlama süreçlerinde EC değerlerinin azalması amonyum benzeri çözülebilir metabolitlerin minör üretimleri ve çözünmüş tuzların çökmesiyle bağlantılı olduğu belirtilmiştir (Holtzclaw ve Sposito 1979; Albanell vd., 1988; Boran, 2015).

A firmasına ait örneklerde C:N oranının da ısıtma işlemi uygulaması sonrasında artma gözlemlenirken B ve C firmasındaki örnekler ısıtma uygulaması ile beraber azalma gözlemlenmiştir. Toplam N değerlerinde A firmasına ait vermicompost örneğinin firmada ısıtma işlemi görmesiyle azot miktarında azalma gözlemlenirken laboratuvar şartlarında ısıtma işlemi uygulaması sonucu artış gözlemlenmiştir. Bu farklılığın homojen şekilde gerçekleşmeyen ısıtma işlemi uygulamasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. B ve C firmasından alınan örneklerde ısıtma işlemi uygulaması ile TN miktarlarında yükselme olmuştur. Karwal ve Kaushik (2020), farklı hammaddelerin vermicompostlanması sırasında elde ettiği sonuçlara göre C:N oranının kademeli olarak azaldığını TN miktarının ise süreç içerisinde arttığını belirtmiştir.

Yapılan daha önceki çalışmalarda, azotlu yapıya sahip içeriğin birikmesinin solucan metabolizması tarafından salınan CO₂'in mikroorganizmaların organik maddenin ayrışmasını artırması vermicompostlama işlemi sırasında C:N oranının azalmasında etkili olan faktörler olarak ileri sürülmüştür (Zhi-wei vd.,2019, Karwal ve Kaushik, 2020)

4.2. Vermikompost Örneklerinde CO₂ Oluşumu

Çalışmada ısıtılmış ve uygulanmamış vermikompost örneklerinde C-mineralizasyonu belirtilen yöntemle göre saptanmıştır. Vermikompost materyalleri içerisindeki organik karbonun heterotrof mikroorganizmalar tarafından karbon ve enerji kaynağı olarak kullanılması sonucunda ortaya çıkan CO₂ oluşumu üzerinden C-mineralizasyonu hakkında fikir edinilmeye çalışılmıştır.

Vermikompost örneklerine ilişkin CO₂ oluşum miktarları, istatistiki değerlendirmesi ile % değişim oranları Çizelge 4.4, 4.5, 4.6 ve Şekil 4.1’ de verilmiştir.

Çizelge 4.4. A firması vermikompost örneklerinde CO₂ oluşum miktarı (*mg CO₂/g KV/ gün*), kontrole göre yüzde değişim ve Varyans Analiz Tablosu

FİRMA	1.Tekerrür	2. Tekerrür	3. Tekerrür	Ortalama	% Değişim
A ₁	155,42	183,97	254,62	198,00	-
A ₂	203,49	200,55	231,68	211,91	7,02
A ₃	195,77	237,71	225,57	219,68	10,95

Varyans Analiz Tablosu				
Kaynak	Ser. Der.	Kareler Top.	F Değeri	Olasılık (%5)
Uygulama	2	723.82	03222	0,7363 (Ö.D.)
Hata	6	6738.61		
Toplam	8	7462.43		

x: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı fark bulundu (** P ≤0.05, *** P ≤0.01, öd. Önemli değil).

A firmasına ait vermikomposta ısıtılmış uygulanmasının CO₂ oluşum miktarına etkisi yapılan Varyans analiz ve % değişimler ile belirlenmiştir. Varyans analiz sonucuna göre ısıtılmış uygulamasının A firmasına ait vermikompost örneklerinde CO₂ oluşum miktarına etkisi istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Öte yandan istatistiki olarak önemli bulunmamasına rağmen, ısıtılmış görmemiş (A₁) örneğin CO₂ oluşum miktarı (198 mg CO₂/g KV/gün) vermikompostun firmada ısıtılmış (A₂) görmesiyle CO₂ oluşumunda %7,02 oranında bir artış olduğu belirlenmiştir (211,91 mg CO₂/g KV/ gün). Vermikomposta laboratuvarında ısıtılmış (A₃) uygulaması ile CO₂ oluşumunda %10,95 oranında bir yükselme olduğu tespit edilmiştir (219,68 mg CO₂/g KV/gün) (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.5. B firması vermikompost örneklerinde CO₂ oluşum miktarı (*mg CO₂/g KV/ gün*), kontrole göre yüzde değişim ve Varyans Analiz Tablosu

FİRMA	1.Tekerrür	2. Tekerrür	3. Tekerrür	Ortalama	% Değişim
B₁	164,88	162,65	159,50	162,34 B	-
B₂	216,87	242,38	257,70	238,98 A	47,21
Varyans Analiz Tablosu					
Kaynak	Ser. Der.	Kareler Top.	F Değeri	Olasılık (%5)	
Uygulama	1	8810.90	40.7206	0,0031 ***	
Hata	4	865.50			
Toplam	5	9676.40			

X: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı fark bulundu (** P ≤0.05, *** P ≤0.01, öd. Önemli değil).

B firmasına ait vermikomposta ısıl işlem uygulamasının CO₂ oluşumu üzerine etkisi istatistiki olarak P≤0.01 seviyesinde önemli bulunmuştur.

Vermikomposta ısıl işlem uygulamasıyla CO₂ oluşum miktarlarında kontrole göre artış olduğu belirlenmiştir. Uygulanan ısıl işlem sonrasında (B₂) CO₂ oluşumu miktarı (238,98 mg CO₂/g KV/ gün) kontrole göre %47,21 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.5).

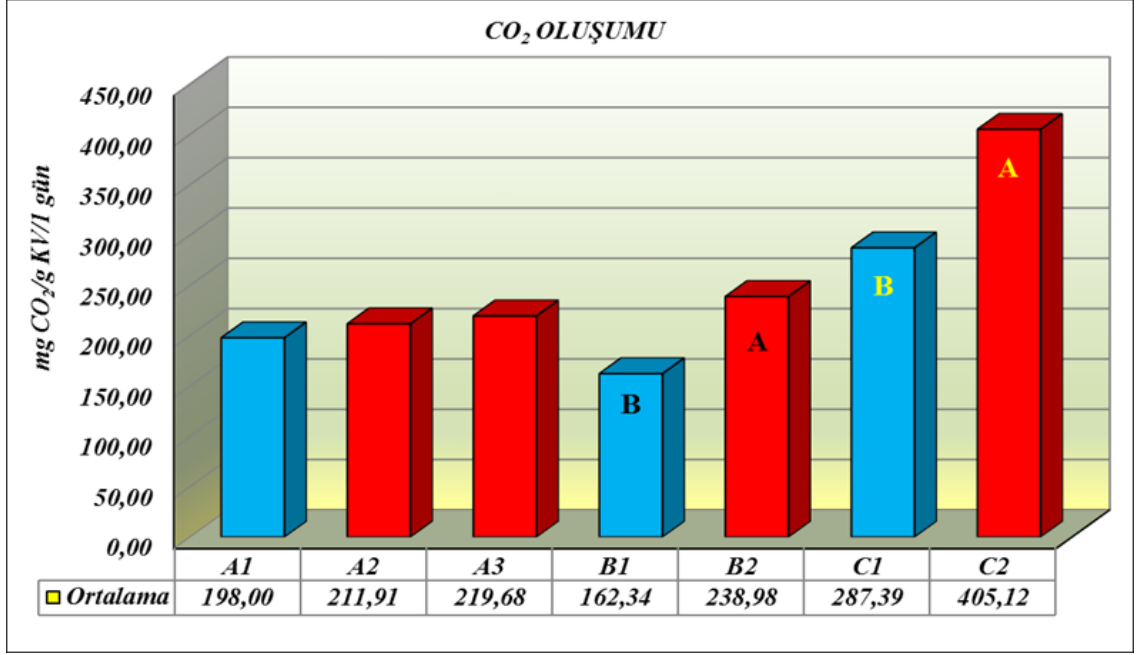
Çizelge 4.6. C firması vermikompost örneklerinde CO₂ oluşum miktarı (*mg CO₂/g KV/ gün*), kontrole göre yüzde değişim ve Varyans Analiz Tablosu

FİRMA	1.Tekerrür	2. Tekerrür	3. Tekerrür	Ortalama	% Değişim
C₁	277,18	288,70	296,30	287,39 B	-
C₂	397,49	400,24	417,64	405,12 A	40,96
Varyans Analiz Tablosu					
Kaynak	Ser. Der.	Kareler Top.	F Değeri	Olasılık (%5)	
Uygulama	1	20790,72	196,19	0,0002***	
Hata	4	423,90			
Toplam	5	21214,62			

X: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı fark bulundu (** P ≤0.05, *** P ≤0.01, öd. Önemli değil).

C firmasına ait vermikomposta ısıl işlem uygulamasının CO₂ oluşumu üzerine etkisi istatistiki olarak P≤0.01 seviyesinde önemli bulunmuştur.

Vermikompost örneğinin ısıl işlem görmesiyle kontrole göre CO₂ oluşumunda %40,96 oranında yükselme görülmüştür (405,12 mg CO₂/g KV/gün) (Çizelge 4.6).



Şekil 4.1. Vermikompost örneklerinde CO₂ oluşum miktarı

Üç farklı firmadan temin edilen vermikompost örneklerinin hepsine 70°C etüvde 60 dakika uygulama yapıldığı halde CO₂ oluşumundaki % değişim miktarları arasındaki farklılıklar görünmektedir. Bu durum vermikompostların oluşumu sırasında solucanların beslendikleri mamaların besin içeriklerinin farklılıklarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Isıl işlem uygulaması sonucunda vermikompost örneklerinin CO₂ oluşum miktarının arttığı görülmüştür. Çalışma sonuçlarımız Doğan vd. (2018) yaptıkları çalışma ile uyuşmamaktadır. Çalışmada ısıl işlem görmemiş ve görmüş vermikompostun laboratuvar şartlarında toprağa uygulayarak 30 günlük inkübasyon denemesi oluşturmuşlar ve deneme sonucunda CO₂ üretimi incelemişlerdir. Isıl işlem görmüş vermikompostun toprağa uygulanması sonucunda CO₂ oluşum miktarını azalttığını ısıl işlemin mikrobiyal aktiviteyi olumsuz etkilediğini belirtmişlerdir. Çalışmalar arasındaki çelişki şu şekilde açıklanabilmektedir. Isıl işlem uygulaması ile 70°C özellikle vejetatif organizmalar (*Escherichia coli*, *Salmonella vb.*) ölmektedir. Endospor oluşturan organizmalar (*Bacillus sp. vb.*) sıcaklığa dirençli olduğu için uygulanan sıcaklığa daha fazla dayanıklılık göstermektedir. Vermikomposta uygulanan sıcaklık sonrasında vejetatif organizmalar öldüğü zaman diğer endospor oluşturan organizmalar tarafından ölü olan hücre dokuları daha hızlı değerlendirildiğinden dolayı ısıl işlem görülen uygulamalarda ilk etapta CO₂ oluşumu hızlı şekilde artmaktadır. Çünkü

mikroorganizmalar kendilerine en hızlı karbon kaynağını karşılayacak olan ya da değerlendirilebilir karbon kaynağını hızlı şekilde değerlendirmektedir. Bunun sonucunda ise ısıtma işlem uygulaması ile ısıtma işlem görmemiş vermicomposta göre ilk etapta artışı düşünülmektedir.

4.3. Vermikompost Örneklerinde Dehidrogenaz Enzim Aktivitesi

Hücre içinde sentezlenen ve metabolizma olayları için hücrede alıkoşulan intraselüler bir enzim olan dehidrogenaz enzim aktivitesi tüm mikrobiyal popülasyonunun değerlendirilmesinde kullanılan önemli bir kriterdir (Garcia vd., 1997). Organik bileşiklerin (karbonhidrat, aminoasit, vitamin vb.) biyolojik oksidasyonu şeklinde gerçekleşen dehidrogenaz bir hidrojen giderme işlemi olup mikrobiyal aktivite için önemli bir yere sahiptir (Benitez vd., 1999). Aynı zamanda Dehidrogenaz bir solunum enzimidir. Aerob ve fakültatif anaerob organizmaların varlığı ile organik bileşiklerden hidrojenin serbest kalmasını sağlayarak onu hidrojen tutucu maddeye taşıyabilen organizmaların göstergesi olup mikrobiyal yaşamı doğrudan etkilemektedir (Çengel, 1995).

Dehidrogenaz enzimi, yalnızca toprak bakterileri içinde oluşur (örneğin, *Pseudomonas* cinsi, en çok *Pseudomonas entomophila* ile birlikte). Bakteriyel bir konukçuya sahip olmadan tek başlarına hareket etmezler, bu sebepten toprakta dehidrogenaz mevcut olduğunda, bu çerçevede bakterilerin var olduğu sonucuna varılabileceğini belirtmiştir (Walls-Thumma, 2000).

Vermikompost örneklerine ait dehidrogenaz enzim aktivite miktarları, istatistiksel değerlendirme % değişim oranları Çizelge 4.7, 4.8, 4.9 ile Şekil 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. A firması vermikompost örneklerinde dehidrogenaz enzim aktivitesi miktarı ($\mu\text{g TPF g}^{-1} \text{K.V.}$), kontrole göre yüzde değişim ve Varyans Analiz Tablosu

FİRMA	1.Tekerrür	2. Tekerrür	3. Tekerrür	Ortalama	% Değişim
A₁	2367,25	2357,70	2528,58	2417,85 A	-
A₂	918,35	823,63	1052,11	931,36 B	-61,48
A₃	639,36	914,66	921,62	825,21 B	-65,87
Varyans Analiz Tablosu					
Kaynak	Ser. Der.	Kareler Top.	F Değeri	Olasılık (%5)	
Uygulama	2	4757375,5	147,69449	<0,0001***	
Hata	6	96632,8			
Toplam	8	4854008,3			

x: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı fark bulundu
(** P ≤0.05, *** P ≤0.01, ö.d. önemli değil).

A firmasına ait vermikomposta uygulanan ısı işlemin dehidrogenaz enzim aktivite miktarı üzerine etkisi istatistiki olarak P≤0.01 seviyesinde önemli bulunmuştur.

Firmadan temin edilen vermikompostun dehidrogenaz enzim aktivite miktarı (2417,85 $\mu\text{g TPF g}^{-1} \text{KV}$) firma tarafından ısı işlem (A₂) uygulandığında (931,36 $\mu\text{g TPF g}^{-1} \text{KV}$) %61,48 oranında azalmıştır, Aynı örneğe laboratuvar da ısı işlem (A₃) uygulanmasıyla dehidrogenaz enzim miktarı %65.87 oranında azaldığı görülmüştür (825.21 $\mu\text{g TPF g}^{-1} \text{KV}$) (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.8. B firması vermikompost örneklerinde dehidrogenaz enzim aktivitesi miktarı ($\mu\text{g TPF g}^{-1} \text{K.V.}$), kontrole göre yüzde değişim ve Varyans Analiz Tablosu

FİRMA	1.Tekerrür	2. Tekerrür	3. Tekerrür	Ortalama	% Değişim
B₁	2816,07	2726,96	2654,85	2732,63 A	-
B₂	1017,59	1252,31	1217,69	1162,53 B	-57,46
Varyans Analiz Tablosu					
Kaynak	Ser. Der.	Kareler Top.	F Değeri	Olasılık (%5)	
Uygulama	1	3697805,29	327,57	<0,0001***	
Hata	4	45154,06			
Toplam	5	3742959,34			

x: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı fark bulundu
(** P <0.05, *** P <0.01, ö.d. önemli değil).

B firmasına ait vermikomposta ısı işlem uygulamasının dehidrogenaz enzim aktivite miktarı üzerine etkisi istatistiki olarak P<0.01 seviyesinde önemli bulunmuştur.

B₁ numaralı ısı işlem görmemiş vermikompost örneğinin dehidrogenaz enzim aktivite miktarı (2732,63 $\mu\text{g TPF g}^{-1} \text{KV}$) vermikomposta ısı işlem uygulanmasıyla %57,46 oranında azaldığı görülmüştür (1162,53 $\mu\text{g TPF g}^{-1} \text{KV}$) (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.9. C firması vermikompost örneklerinde dehidrogenaz enzim aktivitesi miktarı ($\mu\text{g TPF g}^{-1}$ K.V.), kontrole göre yüzde değişim ve Varyans Analiz Tablosu

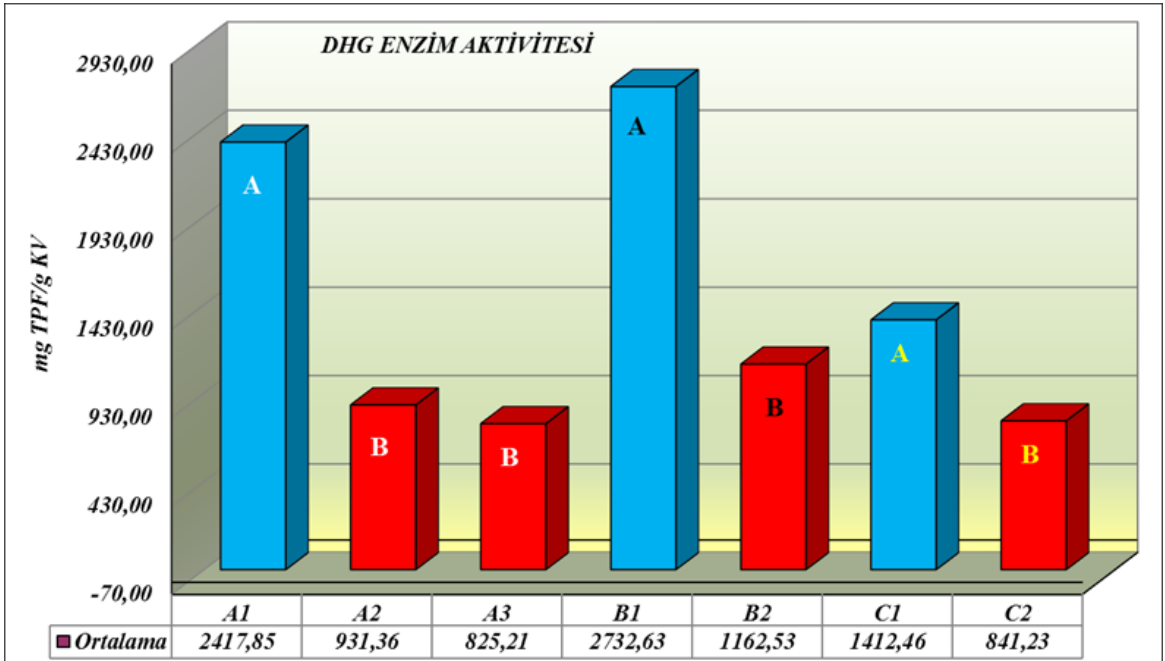
FİRMA	1.Tekerrür	2. Tekerrür	3. Tekerrür	Ortalama	% Değişim
C ₁	1381,44	1386,73	1469,21	1412,46 A	-
C ₂	835,08	769,81	918,80	841,23 B	-40,44

Varyans Analiz Tablosu				
Kaynak	Ser. Der.	Kareler Top.	F Değeri	Olasılık (%5)
Uygulama	1	489459,76	122,37	0,0004***
Hata	4	15999,69		
Toplam	5	505459,45		

x: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı fark bulundu
 (** P ≤0.05, *** P ≤0.01, ö.d. önemli değil).

C firmasına ait vermikompostta ısıl işlem uygulamasının dehidrogenaz enzim aktivite miktarı üzerine etkisi istatistiki olarak $P \leq 0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur.

C firmasından alınan vermikompostta uygulanan ısıl işlem (C₂) ($841,23 \mu\text{g TPF g}^{-1}$ KV) dehidrogenaz enzim aktivite miktarını kontrole göre (C₁) %40,44 oranında azaltmıştır ($1412.46 \mu\text{g TPF g}^{-1}$ KV) (Çizelge 4.9).



Şekil 4.2. Vermikompost örneklerinde dehidrogenaz enzim aktivitesi miktarları

Genel bir değerlendirme yapıldığında üç firmadan da temin edilen vermikompost örneklerine ısıtma işlemi uygulanması sonucunda Dehidrogenaz Enzim Aktivitesinde kontrole göre istatistik olarak $P \leq 0.01$ önem seviyesinde düşüşler olduğu belirlenmiştir.

Tütün atığı ve at gübresinden elde edilen farklı bir vermikompost çalışmasında dehidrogenaz enzim aktivite değerleri $841,83 - 7.237,18 \mu\text{g TPF g}^{-1}$ arasında bulunmuştur (Özden, 2015).

Kaçar (2015), farklı organik materyallerle karıştırılmış karasu kekinden elde ettiği vermikompost çalışmasında en yüksek dehidrogenaz enzim aktivitesi 30.günde yapılan analiz sonucunda %45 karasu kekinden oluşan vermikompost örneğinde $4.186,50 \mu\text{g TPF g}^{-1}$ KV bulunmuştur. En düşük DGH enzim aktivitesi 90.gün sonrasında %15 karasu kekinden elde edilen vermikompost örneğinde $848,08 \mu\text{g TPF g}^{-1}$ KV tespit etmiştir.

4.4. Vermikompost Örneklerinde Üreaz Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi

Üreaz, ürenin hidrolizini sağlayarak azot dönüşümünde aktif rol üstlenen çoğunlukla topraktaki toplam aktivitenin %63'ünü temsil eden hücre dışı bir enzimdir (Bremner ve Mulvaney, 1982; Martinez-Salgado vd., 2010).

Üreaz enzim aktivitesi bitki yetiştirme ortamı, organik madde içeriği, toprak derinliği, ağır metaller, sıcaklık, pH gibi çevresel faktörler ve toprak faktörlerinden etkilendiği için toprakların biyolojik göstergesi olarak kullanılır (Yang vd., 2006). Üreaz aktivitesinin vermikompostun mikrobiyal aktivite ile yakından ilişkili olduğu ve aynı zamanda vermikompostlamada kullanılan organik atıkların besin içeriği tarafından da etkilendiği bildirilmiştir (Pramanik vd., 2006).

Vermikompost örneklerinde mikrobiyal aktiviteyi tespit etmek ve ısıtma işlemi uygulamasından sonra mikrobiyal aktivitede meydana gelen değişimi belirleyebilmek amacıyla üreaz enzim aktiviteleri saptanmıştır.

Vermikompost örneklerine ait üreaz enzim aktivite miktarları, istatistiksel değerlendirme % değişim oranları Çizelge 4.10, 4.11, 4.12 ile Şekil 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.10. A firması vermikompost örneklerinde üreaz enzim aktivitesi miktarı ($\mu\text{g N} / \text{g VK./2h}$), kontrole göre yüzde değişim ve Varyans Analiz Tablosu

FİRMA	1.Tekerrür	2. Tekerrür	3. Tekerrür	Ortalama	% Değişim
<i>A₁</i>	135,21	132,04	126,66	131,30 A	-
<i>A₂</i>	70,03	75,76	85,27	77,02 B	-41,34
<i>A₃</i>	13,07	15,71	26,55	18,44 C	-85,95
Varyans Analiz Tablosu					
Kaynak	Ser. Der.	Kareler Top.	F Değeri	Olasılık (%5)	
<i>Uygulama</i>	2	19115,31	222,38630	<0,0001***	
<i>Hata</i>	6	257,87			
<i>Toplam</i>	8	19373,17			

x: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı fark bulundu
(** P ≤0.05, *** P ≤0.01, ö.d. önemli değil).

A firmasına ait vermikomposta uygulanan ısı işlem ve firmada uygulanan ısı işlemin üreaz enzim aktivite miktarı üzerine etkisi istatistiki olarak P≤0.01 seviyesinde önemli bulunmuştur.

Firmada ısı işlem görmüş olan vermikompostun üreaz enzim aktivite miktarı (77,02 $\mu\text{g N} / \text{g VK. /2h}$) hiç ısı işlem görmemiş vermikomposta göre (131,30 $\mu\text{g N/g VK./2h}$) %41,34 oranında azalmıştır. Aynı örneğin laboratuvarda ısı işlem görmesiyle üreaz enzim miktarı %85,95 oranında azalmıştır (18,44 $\mu\text{g N/g VK /2h}$) (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.11. B firması vermikompost örneklerinde üreaz enzim aktivitesi miktarı ($\mu\text{g N} / \text{g VK. /2h}$), kontrole göre yüzde değişim ve Varyans Analiz Tablosu

FİRMA	1.Tekerrür	2. Tekerrür	3. Tekerrür	Ortalama	% Değişim
<i>B₁</i>	295,59	254,45	223,34	257,79 A	-
<i>B₂</i>	84,12	113,39	128,68	108,73 B	-57,82
Varyans Analiz Tablosu					
Kaynak	Ser. Der.	Kareler Top.	F Değeri	Olasılık (%5)	
<i>Uygulama</i>	1	33329,16	36,5035	0,0038**	
<i>Hata</i>	4	3652,16			
<i>Toplam</i>	5	36981,33			

x: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı fark bulundu
(** P ≤0.05, *** P ≤0.01, ö.d. önemli değil).

B firmasına ait vermikomposta ısı işlem uygulamasının üreaz enzim aktivite miktarı üzerine etkisi istatistiki olarak P≤0.05 seviyesinde önemli bulunmuştur.

B firmasından alınan vermikomposta uygulanan ısı işlem üreaz enzim aktivitesi miktarını kontrole göre düşürmüştür. Temin edilen vermikompostun üreaz enzim aktivite miktarı (257,79 $\mu\text{g N} / \text{g VK./2h}$) ısı işlem uygulamasından sonra %57.82 oranında azalmıştır (108,73 $\mu\text{g N} / \text{g VK./2h}$) (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.12. C firması vermicompost örneklerinde üreaz enzim aktivitesi miktarı ($\mu\text{g N} / \text{g VK./2h.}$), kontrole göre yüzde değişim ve Varyans Analiz Tablosu

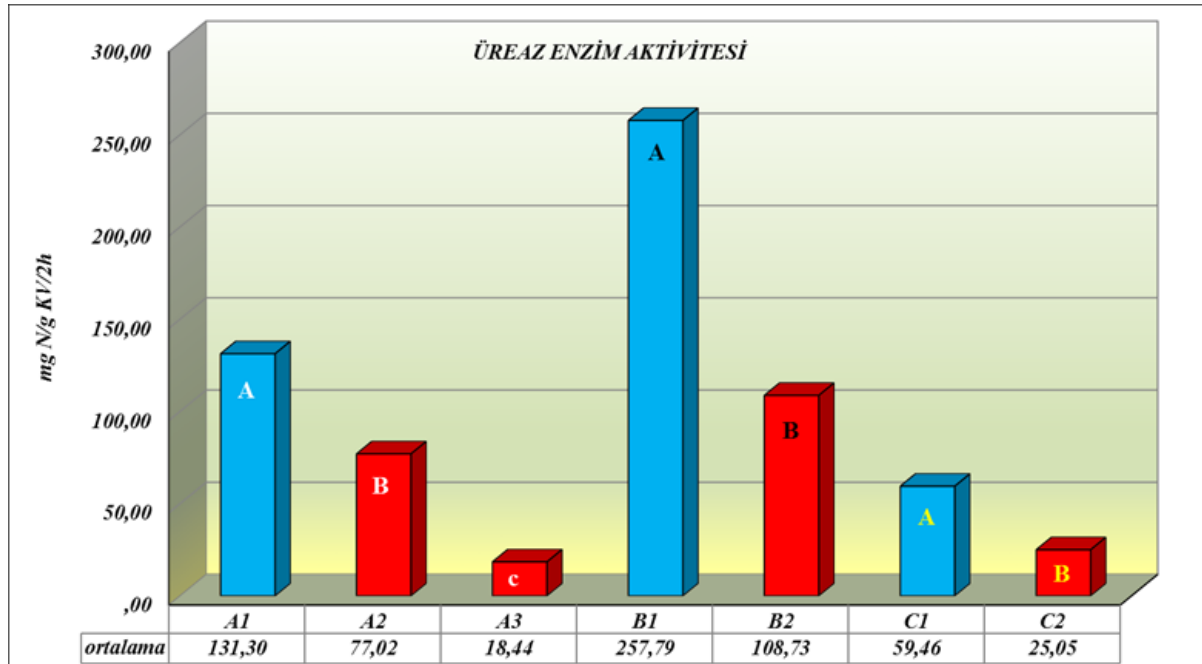
FİRMA	1.Tekerrür	2. Tekerrür	3. Tekerrür	Ortalama	% Değişim
C_1	62,36	58,96	57,06	59,46 A	-
C_2	20,62	28,92	25,60	25,05 B	-57,88

Varyans Analiz Tablosu				
Kaynak	Ser. Der.	Kareler Top.	F Değeri	Olasılık (%5)
Uygulama	1	1776,55	143,98	0,0003***
Hata	4	49,36		
Toplam	5	1825,90		

x: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı fark bulundu (** $P \leq 0.05$, *** $P \leq 0.01$, ö.d. önemli değil).

C firmasına ait vermicomposta ısıl işlem uygulamasının üreaz enzim aktivite miktarı üzerine etkisi istatistiki olarak $P \leq 0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur.

C firmasına ait vermicompost örneğinde üreaz enzim miktarının ($59,46 \mu\text{g N} / \text{g VK./2h}$) vermicomposta uygulanan ısıl işlemin etkisiyle %57,88 oranında azaldığı belirlenmiştir ($25,05 \mu\text{g N} / \text{g VK./2h}$) (Çizelge 4.12).



Şekil 4.3. Vermicompost örneklerinde üreaz enzim aktivitesi miktarları

Vermikompost örneklerine ısıtıl işlem uygulanması sonucunda üreaz enzim aktivite miktarlarında azalma saptanmıştır ve bu azalma istatistiksel olarak A ve C firmalarında $P \leq 0.01$ seviyesinde önemli bulunmuş B firmasında ise $P \leq 0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur.

Boran (2015) yapmış olduğu çalışmada iki farklı vermikompost örneğine iki ayrı sıcaklıkta ısıtıl işlem (70°C - 121°C) uygulaması sonucunda üreaz enzim aktivite miktarındaki değişimi gözlemlemiştir. Isıtıl işlem uygulanmasıyla vermikompost örneklerinde üreaz enzim miktarlarının her iki sıcaklıkta da azaldığını belirtmiştir.

4.5. Vermikompost Örneklerinde Alkalin Fosfataz Enzim Aktivitesi

Fosfomonoesterazlar (asit ve alkalin fosfatazlar) organik fosfor bileşiklerinin ortofosfataz mineralizasyonunu gerçekleştirerek bitkiler tarafından alınmasını sağlamaktadır. Bu enzim bitki kökleri ve mikroorganizmalar tarafından salgınır (Tabatabai, 1982). Fosfataz üreten mikroorganizmalar arasında toprak funguslarında özellikle *Aspergillus* ve *Penicillium* cinsine ait olanlar bulunurken, nötr fosfataz üretenlerde ise *Pseudomonas* ve *Bacillus* bakterileri türlerini bulundurur. Actinomycetes ise az miktarda fosfataz ürettiği belirtilmiştir (Taraftar ve Chhonkar, 1979).

Topraklarda iki ayrı fosfataz bulunmaktadır. Bunlar için en uygun pH değeri aralığı 9–11 arasında olanlar alkalin fosfatazlar olarak bilinirken ve 4-6 pH seviyeleri arasında en uygun olarak aktive edilen asit fosfatazlardır (Stevenson ve Cole, 1999). Alkalin fosfatazlar, yalnızca mikroorganizmalar tarafından çoğaldıkları için kompost oluşumunda yakından ilişkisi bulunmaktadır (Cayuela vd., 2008).

Vermikompost örneklerine ait alkalin fosfataz enzim aktivite miktarları, istatistiki değerlendirme % değişim oranları Çizelge 4.13, 4.14, 4.15 ile Şekil 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.13. A firması vermikompost örneklerinde alkalın fosfataz enzim aktivitesi miktarı ($\mu\text{g N / g VK./2h}$), kontrole göre yüzde değişim ve Varyans Analiz Tablosu

FİRMA	1.Tekerrür	2. Tekerrür	3. Tekerrür	Ortalama	% Değişim
<i>A₁</i>	1979,74	944,98	1682,62	1535,78 A	-
<i>A₂</i>	451,42	388,59	603,87	481,29 B	-68,66
<i>A₃</i>	385,91	415,91	391,04	397,62 B	-74,11

Varyans Analiz Tablosu				
Kaynak	Ser. Der.	Kareler Top.	F Değeri	Olasılık (%5)
<i>Uygulama</i>	2	2414351,5	12,22	0,0077***
<i>Hata</i>	6	592733,4		
<i>Toplam</i>	8	3007085,0		

x: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı fark bulundu
(** P \leq 0.05, *** P \leq 0.01, ö.d. önemli değil).

A firmasına ait vermikomposta uygulanan ısı işlem ve firmada uygulanan ısı işlemin alkalın fosfataz enzim aktivite miktarı üzerine etkisi istatistiki olarak P<0.01 seviyesinde önemli bulunmuştur.

Firmada ısı işlem görmüş olan vermikompostun alkalın fosfataz enzim aktivite miktarı (481,29 $\mu\text{g N/g VK. /2h}$) hiç ısı işlem görmemiş vermikomposta göre %68,66 oranında azalmıştır (1535,78 $\mu\text{g N/g VK./2h}$). Aynı örneğin laboratuvarında ısı işlem görmesiyle alkalın fosfataz enzim miktarında kontrole göre %77,11 oranında azaldığı belirlenmiştir (397,62 ($\mu\text{g N / g VK. /2h}$) (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.14. B firması vermikompost örneklerinde alkalın fosfataz enzim aktivitesi miktarı ($\mu\text{g N / g VK./2h}$), kontrole göre yüzde değişim ve Varyans Analiz Tablosu

FİRMA	1.Tekerrür	2. Tekerrür	3. Tekerrür	Ortalama	% Değişim
<i>B₁</i>	1797,16	1930,58	1633,16	1786,97 A	-
<i>B₂</i>	1377,47	1404,17	1527,88	1436,51 B	-19,61

Varyans Analiz Tablosu				
Kaynak	Ser. Der.	Kareler Top.	F Değeri	Olasılık (%5)
<i>Uygulama</i>	1	184233,32	12,87	0,023**
<i>Hata</i>	4	57265,26		
<i>Toplam</i>	5	241498,58		

x: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı fark bulundu
(** P \leq 0.05, *** P \leq 0.01, ö.d. önemli değil).

B firmasına ait vermikomposta ısı işlem uygulamasının alkalın fosfataz enzim aktivitesi üzerine etkisi istatistiki olarak P \leq 0.05 seviyesinde önemli bulunmuştur.

Firmadan alınan vermikompost örneğinde var olan alkalın fosfataz enzim aktivite miktarı (1786,97 µg N/g VK. /2h) vermikompostun ısıtılmasıyla %19,61 oranında azalma görülmüştür (1436,51 µg N/g VK./2h) (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.15. C firması vermikompost örneklerinde alkalın fosfataz enzim aktivitesi miktarı (µg N / g VK. /2h.), kontrole göre yüzde değişim ve Varyans Analiz Tablosu

FİRMA	1.Tekerrür	2. Tekerrür	3. Tekerrür	Ortalama	% Değişim
C ₁	1280,48	1120,96	1170,50	1190,65 A	-
C ₂	827,91	762,98	920,71	837,20 B	-29,69

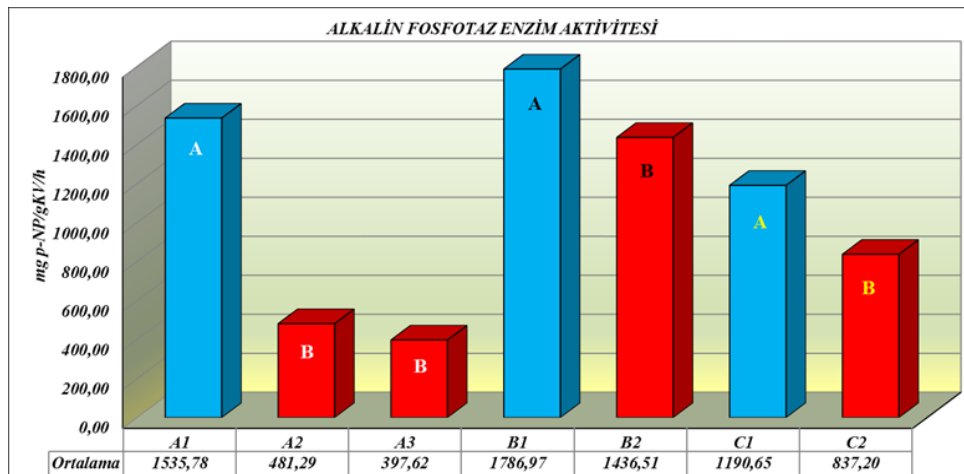
Varyans Analiz Tablosu				
Kaynak	Ser. Der.	Kareler Top.	F Değeri	Olasılık (%5)
Uygulama	1	187386,82	28,94	0,0058***
Hata	4	25900,98		
Toplam	5	213287,80		

x: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı fark bulundu (** P ≤0.05, *** P ≤0.01, ö.d. önemli değil).

C firmasına ait vermikomposta ısıtılmasıyla alkalın fosfataz enzim aktivitesi üzerine etkisi istatistik olarak P≤0.01 seviyesinde önemli bulunmuştur.

C firmasına ait vermikompost örneğinde alkalın fosfataz enzim miktarı (1190,65 µg/g VK. /2h) vermikomposta uygulanan ısıtılması sonrasında %29,69 oranında azaldığı belirlenmiştir (837,20 µg N / g VK. /2h) (Çizelge 4.15).

Sonuç olarak tüm vermikompost örneklerinde ısıtılmasıyla mikroorganizma faaliyetinin düşmesiyle birlikte alkalın fosfataz enzimlerinde de azalma görülmüştür.



Şekil 4.4. Vermikompost örneklerinde alkalın fosfataz enzim aktivite miktarları

Çalışma sonuçlarımız Boran (2015) yapmış olduğu çalışmasıyla benzerlik göstermektedir. Farklı ısıl teknikler ile vermikompostun kalite parametreleri üzerine yaptığı çalışmada alkalın fosfataz enzim aktivitesini incelemiş ve 70°C de ısıl işleme tabi tutulan örneklerin alkalın fosfataz enzim miktarında azalma olduğunu belirtmiştir.

4.6. Vermikompost Örneklerinde β -Glukozidaz Enzim Aktivite Miktarı

β -Glukozidaz oligosakkaritlerdeki veya diğer glukoz bileşiklerindeki β -glukozid bağlarını hidroliz edebilen enzimlerdir (Esen vd., 2010). β -Glukozidazların mikroorganizmalar, hayvanlar ve bitkilerde yaygın olarak bulunmakta ve önemli görevleri üstlenmektedir (Esen, 1993). Bakteri ve funguslarda bulunan β -glukozidazların selülozun glikoza mikrobiyal olarak ayrıştırılmasında sınırlayıcı enzimdir (Bahl ve Agrawal 1972).

Vermikompost örneklerine ait β -glukosidaz enzim aktivite miktarları, istatistiki değerlendirme % değişim oranları Çizelge 4.16, 4.17, 4.18 ile Şekil 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.16. A firması vermikompost örneklerinde alkalın β -Glukozidaz enzim aktivitesi miktarı ($\mu\text{g Saligenin/g KV/3h}$), kontrole göre yüzde değişim ve Varyans Analiz Tablosu

FİRMA	1. Tekerrür	2. Tekerrür	3. Tekerrür	Ortalama	% Değişim
<i>A₁</i>	155,42	183,97	254,62	191,74 A	-
<i>A₂</i>	203,49	200,55	231,68	142,46 B	-25,7
<i>A₃</i>	195,77	309,31	225,57	128,97 B	-32,7

Varyans Analiz Tablosu				
Kaynak	Ser. Der.	Kareler Top.	F Değeri	Olasılık (%5)
<i>Uygulama</i>	2	6550,42	22,18	0,0017***
<i>Hata</i>	6	885,99		
<i>Toplam</i>	8	7436,41		

x: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı fark bulundu (** P \leq 0.05, *** P \leq 0.01, ö.d. önemli değil).

A firmasına ait vermikomposta uygulanan ısıl işlem ve firmada uygulanan ısıl işlemin β -glukosidaz enzim aktivite miktarı üzerine etkisi istatistiki olarak P \leq 0.01 seviyesinde önemli bulunmuştur.

Firmada ısıl işlem görmüş olan vermikompostun β -glukosidaz enzim aktivitesi miktarı (191,74 $\mu\text{g Saligenin/g KV/3h}$) hiç ısıl işlem görmemiş vermikomposta göre %25,7 oranında azalmıştır (142,46 $\mu\text{g Saligenin/g KV/3h}$). Aynı örneğin laboratuvarında ısıl işlem görmesiyle

β -glukosidaz enzim miktarında kontrole göre %32,7 oranında azaldığı tespit edilmiştir (128,97 μ g Saligenin/g KV/3h) (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.17. B firması vermikompost örneklerinde β -Glukozidaz enzim aktivitesi miktarı (μ g Saligenin/g KV/3h), kontrole göre yüzde değişim ve Varyans Analiz Tablosu

FİRMA	1.Tekerrür	2. Tekerrür	3. Tekerrür	Ortalama	% Değişim
B₁	116,38	162,65	159,50	160,73 A	-
B₂	172,06	242,38	257,70	96,43 B	-40,0
Varyans Analiz Tablosu					
Kaynak	Ser. Der.	Kareler Top.	F Değeri	Olasılık (%5)	
Uygulama	1	6201,80	13,45	0,021**	
Hata	4	1843,97			
Toplam	5	8045,78			

x: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı fark bulundu (** P \leq 0.05, *** P \leq 0.01, ö.d. önemli değil).

B firmasına ait vermikomposta ısıtma işlem uygulamasının β -glukosidaz enzim aktivitesi üzerine etkisi istatistiksel olarak P \leq 0.05 seviyesinde önemli bulunmuştur.

Isıtma işlem uygulaması ile vermikompostun β -glukosidaz enzim aktivite miktarı kontrole göre azalmıştır. Isıtma işlem görmemiş vermikompostta β -glukosidaz enzim aktivite miktarı (160,73 μ g Saligenin/g KV/3h) ısıtma işleminden sonra %40 oranında azalmıştır (96,43 μ g Saligenin/g KV/3h) (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.18. C firması vermikompost örneklerinde β -Glukozidaz enzim aktivitesi miktarı (μ g Saligenin/g KV/3h), kontrole göre yüzde değişim ve Varyans Analiz Tablosu

FİRMA	1.Tekerrür	2. Tekerrür	3. Tekerrür	Ortalama	% Değişim
C₁	277,18	288,70	296,30	87,89 A	-
C₂	397,49	400,24	417,64	54,10 B	-38,5
Varyans Analiz Tablosu					
Kaynak	Ser. Der.	Kareler Top.	F Değeri	Olasılık (%5)	
Uygulama	1	1713,16	12,63	0,024**	
Hata	4	542,68			
Toplam	5	2255,84			

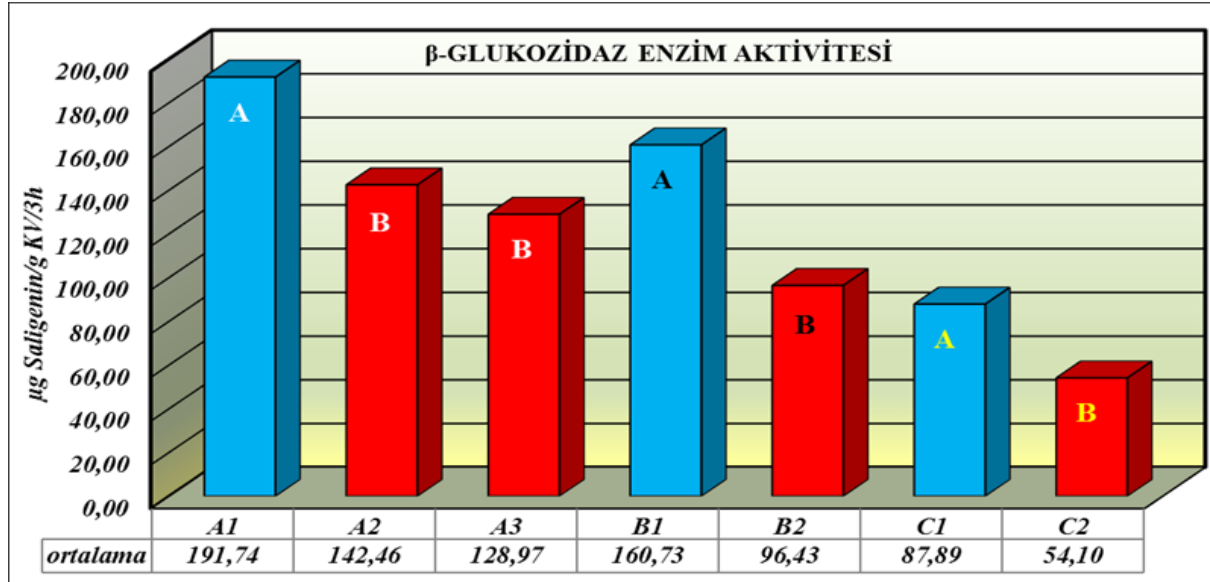
x: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı fark bulundu (** P \leq 0.05, *** P \leq 0.01, ö.d. önemli değil).

C firmasına ait vermikomposta ısıtma işlem uygulamasının β -glukosidaz enzim aktivitesi üzerine etkisi istatistiksel olarak P \leq 0.05 seviyesinde önemli bulunmuştur.

Isıtma işlem uygulaması C firmasından temin edilen vermikompostun β -glukosidaz enzim aktivite miktarının azalmasına neden olmuştur. Isıtma işlem görmemiş örneğin β -glukosidaz

enzim aktivite miktarı (87,89 µg Saligenin/g KV/3h) ısıtıl işlem görmesi sonucunda %38,5 oranında azalmıştır (54,10 µg Saligenin/g KV/3h) (Çizelge 4.18).

Tüm örneklerde β-Glukosidaz enzim aktivite miktarı vermikompostun 70°C de ısıtıl işleme tabi tutulması sonrasında azalma tespit edilmiştir.



Şekil 4.5. Vermikompost örneklerinde β-Glukosidaz enzim aktivite miktarı

Çalışmamıza paralel olarak yapılan bir çalışmada iki farklı ısıtıl teknikler (70°C -121°C) uygulanmış iki çeşit vermikompost örneğinin β-Glukosidaz enzim aktivite miktarı belirlenmiş olup vermikompost örneklerinde her iki ısıtıl uygulama sonrasında azalma tespit edilmiştir (Boran, 2015)

Lazcano ve Dominguez (2011), vermikompostun toprak verimliliği ve bitki büyümesi üzerindeki etkisini araştırdıkları bir çalışmada toprağa vermikompost, gübre ve geleneksel gübre uyguladıktan sonra topraktaki enzim içeriğini belirlemişler ve deney sonucunda β-glukosidaz içeriğinin vermikompostlu varyantta (120.000 µg p-nitrofenol. g⁻¹.h⁻¹) geleneksel gübre (100.000 µg p-nitrofenol. g⁻¹.h⁻¹) varyantındakinden anlamlı derecede yüksek olduğunu gözlemlemişlerdir.

Hanc vd. (2019), Mikroorganizmaların (funguslar ve bakteriler) ve solucanların bireysel enzimler üzerindeki etkisinin korelasyon ve çoklu regresyon analizini yapmışlardır. Korelasyon analiziyle desteklenen bağımlılık seyrine dayanarak, β-glukosidaz aktivitesinin fungusların ve bakterilerin aktivitesinden ve ayrıca solucan sayısından önemli ölçüde etkilendiğini belirtmişlerdir. Vermikompostlama sürecinde daha fazla fungus ve solucan

varsa, β -glukozidaz aktivitesinin daha yüksek olacağını ifade etmişlerdir. Ayrıca, β -glukozidaz ve bakteri aktivitesi arasında dolaylı olarak bağımlılığın varlığının söz konusu olabileceğini söylemişlerdir.

4.7. Toplam Aerob Mezofilik Bakteri Sayısı

Vermikompost, mezofilik bakteri ve funguslar tarafından meydana gelen mezofilik bir süreçtir (Benitez vd., 1999). Solucanların topraktaki mikroorganizma sayısını beş katına kadar, yutulmuş materyalin içerisindeki bakteri ve aktinomisetleri 1000 katına kadar artırdığı bilinmektedir (Edwards ve Fletcher 1988). Vermikompostta Aktinobakteriler ve Gammaproteobakterilerin bol miktarda bulunduğu belirtilmiştir (Vivas vd., 2009).

Vermikompost örneklerine ait Toplam Aerob Mezofilik Bakteri sayısı, istatistiki değerlendirme % değişim oranları Çizelge 4.19, 4.20, 4.21 ile Şekil 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.19. A firması vermikompost örneklerinde Toplam Aerob Mezofilik Bakteri Sayısı (KOB/g KV.) ($\times 10^6$), kontrole göre yüzde değişim ve Varyans Analiz Tablosu

FİRMA	1. Tekerrür	2. Tekerrür	3. Tekerrür	Ortalama	% Değişim
<i>A₁</i>	114,82	124,35	118,95	119,38 A	-
<i>A₂</i>	53,83	55,72	52,64	54,06 B	-54,7
<i>A₃</i>	38,35	23,70	32,63	31,56 C	-73,6

Varyans Analiz Tablosu				
Kaynak	Ser. Der.	Kareler Top.	F Değeri	Olasılık (%5)
<i>Uygulama</i>	2	12483.83	234.68	<0,0001 ***
<i>Hata</i>	6	159.58		
<i>Toplam</i>	8	12643.42		

x: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı fark bulundu (** P \leq 0.05, *** P \leq 0.01, ö.d. önemli değil).

A firmasına ait vermikompostta uygulanan ısı işlem ve firmada uygulanan ısı işleminin Toplam Aerob Mezofilik Bakteri sayısı üzerine etkisi istatistiki olarak P \leq 0.01 seviyesinde önemli bulunmuştur.

A firmasına ait vermikompostta Toplam Aerob Mezofilik Bakteri sayısı ($119,38 \times 10^6$ KOB/g KV.) firmada ısı işleme tabi tutulmasıyla %54,7 oranında azalmıştır ($54,06 \times 10^6$ KOB/g KV.). Vermikompostta laboratuvar şartlarında ısı işlem uygulanmasıyla Toplam Aerob Mezofilik Bakteri sayısı kontrole göre %73,6 oranında azaldığı gözlemlenmiştir ($31,56 \times 10^6$ KOB/g KV.) (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.20. B firması vermicompost örneklerinde Toplam Aerob Mezofilik Bakteri Sayısı (KOB/g KV.) ($\times 10^6$), kontrole göre yüzde değişim ve Varyans Analiz Tablosu

FİRMA	1.Tekerrür	2. Tekerrür	3. Tekerrür	Ortalama	% Değişim
<i>B₁</i>	60,82	67,41	63,72	63,98 A	-
<i>B₂</i>	18,61	21,44	21,01	20,35 B	-68,2
Varyans Analiz Tablosu					
Kaynak	Ser. Der.	Kareler Top.	F Değeri	Olasılık (%5)	
<i>Uygulama</i>	1	2855,38	431,94	<0,0001***	
<i>Hata</i>	4	26,44			
<i>Toplam</i>	5	2881,83			

x: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı fark bulundu (** P ≤0.05, *** P ≤0.01, ö.d. önemli değil).

B firmasına ait vermicomposta uygulanan ısıtılma işleminin Toplam Aerob Mezofilik Bakteri sayısı üzerine etkisi istatistiksel olarak P≤0.01 seviyesinde önemli bulunmuştur.

Firmadan temin edilen vermicompost örneğinde bulunan Toplam Aerob Mezofilik Bakteri sayısı ($63,98 \times 10^6$ KOB/g KV.) ısıtılma işlemi uygulanmasıyla %68,2 oranında azalmıştır ($20,35 \times 10^6$ KOB/g KV.) (Çizelge 4.20).

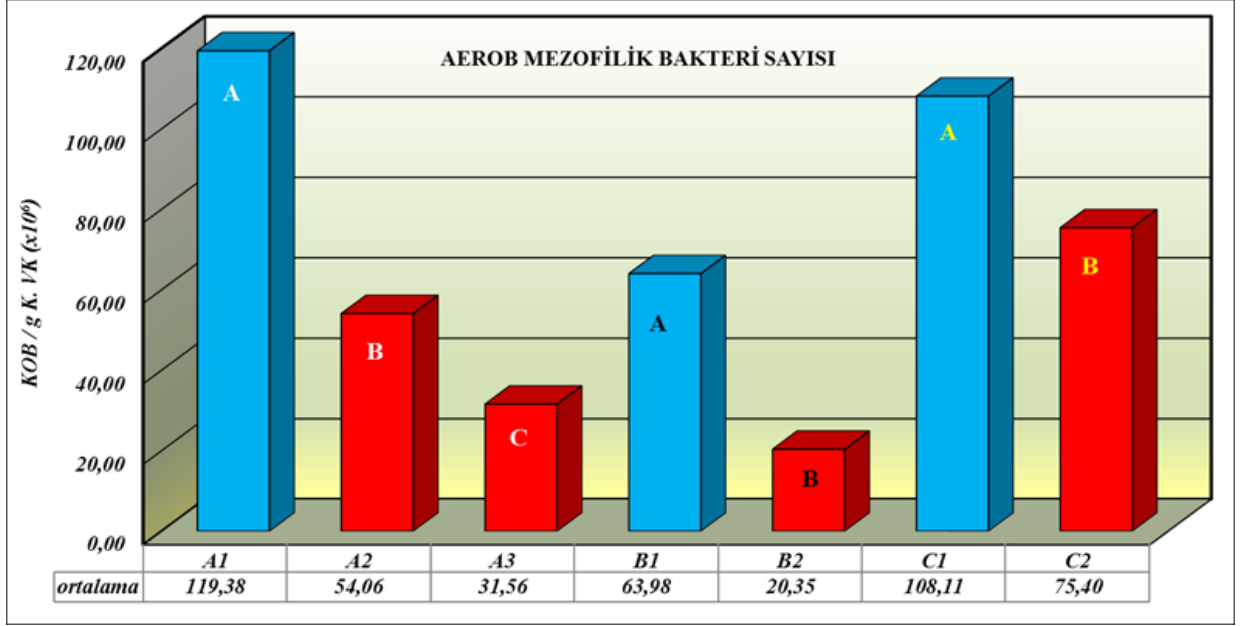
Çizelge 4.21. C firması vermicompost örneklerinde Toplam Aerob Mezofilik Bakteri Sayısı (KOB/g KV.) ($\times 10^6$), kontrole göre yüzde değişim ve Varyans Analiz Tablosu

FİRMA	1.Tekerrür	2. Tekerrür	3. Tekerrür	Ortalama	% Değişim
<i>C₁</i>	102,66	113,16	108,50	108,11 A	-
<i>C₂</i>	80,43	70,30	75,46	75,40 B	-30,3
Varyans Analiz Tablosu					
Kaynak	Ser. Der.	Kareler Top.	F Değeri	Olasılık (%5)	
<i>Uygulama</i>	1	1605,23	60,23	0,0015***	
<i>Hata</i>	4	106,61			
<i>Toplam</i>	5	1711,84			

x: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı fark bulundu (** P ≤0.05, *** P ≤0.01, ö.d. önemli değil).

C firmasına ait vermicomposta uygulanan ısıtılma işleminin Toplam Aerob Mezofilik Bakteri sayısı üzerine etkisi istatistiksel olarak P≤0.01 seviyesinde önemli bulunmuştur.

Vermicompostta ısıtılma işlemi uygulanmasıyla Toplam Aerob Mezofilik Bakteri sayısı kontrole göre %30.3 oranında azalmıştır (Çizelge 4.21).



Şekil 4.6. Vermikompost örneklerinde Toplam Aerob Mezofilik Bakteri sayısı

4.8. Toplam Fungus Sayısı

Vermikompost örneklerine ait toplam fungus sayısı, istatistiki değerlendirme % değişim oranları Çizelge 4.22, 4.23, 4.24' ile Şekil 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.22. A firması vermicompost örneklerinde Toplam Fungus Sayısı (KOB/g KV.) ($\times 10^3$), kontrole göre yüzde değişim ve Varyans Analiz Tablosu

FİRMA	1.Tekerrür	2. Tekerrür	3. Tekerrür	Ortalama	% Değişim
A ₁	160,41	144,79	135,95	147,05 B	-
A ₂	260,73	270,15	152,82	227,90 A	55,0
A ₃	33,84	50,78	60,10	48,24 C	-67,2

Varyans Analiz Tablosu				
Kaynak	Ser. Der.	Kareler Top.	F Değeri	Olasılık (%5)
Uygulama	2	48578.51	15.91	0,004***
Hata	6	9161.20		
Toplam	8	57739.71		

x: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı fark bulundu (** P \leq 0.05, *** P \leq 0.01, ö.d. önemli değil).

A firmasına ait vermicomposta uygulanan ısı işlem ve firmada uygulanan ısı işlemin toplam fungus sayısı üzerine etkisi istatistiki olarak P \leq 0.01 seviyesinde önemli bulunmuştur.

A firmasına ait vermikompostta toplam fungus sayısı ($147,05 \times 10^3$ KOB/g KV.) firmada ısıl işleme tabi tutulmasıyla %55 oranında artış göstermiştir ($227,90 \times 10^3$ KOB/g KV.). Vermikomposta laboratuvar şartlarında ısıl işlem uygulanmasıyla toplam fungus sayısının kontrole göre %67,2 oranında azaldığı gözlemlenmiştir ($48,24 \times 10^3$ KOB/g KV.) (Çizelge 4.22).

Çizelge 4.23. B firması vermikompost örneklerinde Toplam Fungus Sayısı (KOB/g KV.) ($\times 10^3$), kontrole göre yüzde değişim ve Varyans Analiz Tablosu

FİRMA	1.Tekerrür	2. Tekerrür	3. Tekerrür	Ortalama	% Değişim
B₁	14,43	21,45	17,70	17,86 A	-
B₂	4,02	3,06	3,59	3,56 B	-80,1

Varyans Analiz Tablosu				
Kaynak	Ser. Der.	Kareler Top.	F Değeri	Olasılık (%5)
Uygulama	1	306,84	48,88	0,0022***
Hata	4	25,11		
Toplam	5	331,95		

x: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı fark bulundu (** P ≤0.05, *** P ≤0.01, ö.d. önemli değil).

B firmasına ait vermikompostta uygulanan ısıl işlemin toplam fungus sayısı üzerine etkisi istatistiki olarak P≤0.01 seviyesinde önemli bulunmuştur.

B firmasına ait vermikompost örneğinin toplam fungus sayısı ($17,86 \times 10^3$ KOB/g KV.) ısıl işlem gördükten sonra %80 oranında azalmıştır ($3,56 \times 10^3$ KOB/g KV.) (Çizelge 4.23).

Çizelge 4.24. C firması vermikompost örneklerinde Toplam Fungus Sayısı (KOB/g KV.) ($\times 10^3$), kontrole göre yüzde değişim ve Varyans Analiz Tablosu

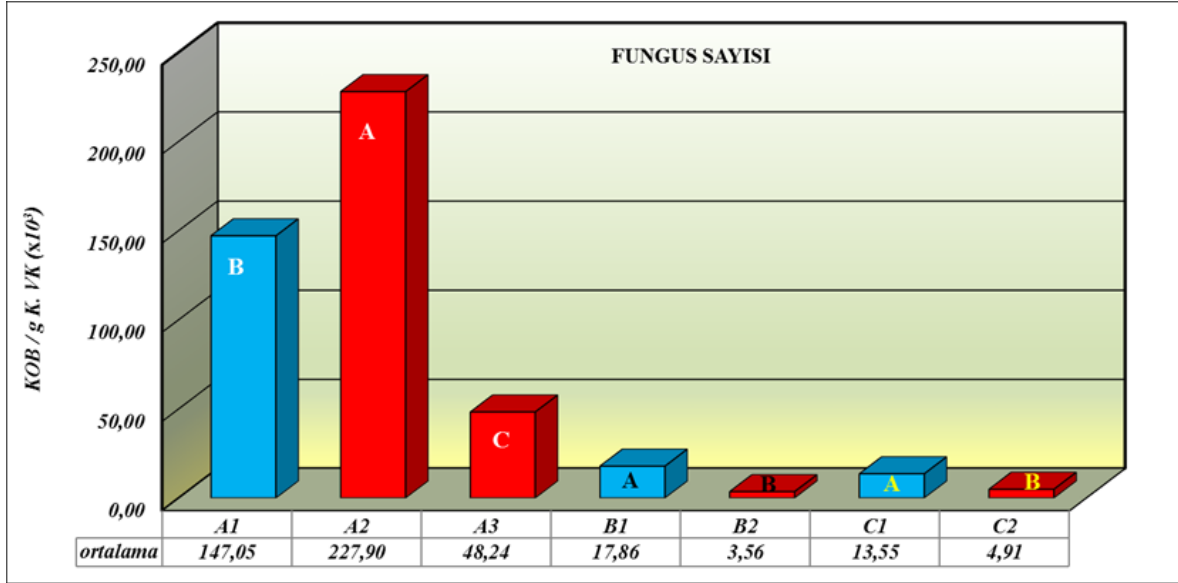
FİRMA	1.Tekerrür	2. Tekerrür	3. Tekerrür	Ortalama	% Değişim
C₁	13,94	13,15	13,56	13,55 A	-
C₂	3,81	5,70	5,22	4,91 B	-63,8

Varyans Analiz Tablosu				
Kaynak	Ser. Der.	Kareler Top.	F Değeri	Olasılık (%5)
Uygulama	1	111,96	199,21	0,0001***
Hata	4	2,25		
Toplam	5	114,21		

x: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı fark bulundu (** P ≤0.05, *** P ≤0.01, ö.d. önemli değil).

C firmasına ait vermikompostta uygulanan ısıl işlemin toplam fungus sayısı üzerine etkisi istatistiki olarak P≤0.01 seviyesinde önemli bulunmuştur.

C firmasına ait vermikompost örneğinin toplam fungus sayısı ($13,55 \times 10^3$ KOB/g KV.) ısıtma işlem uygulamasından sonra %63,8 oranında azalmıştır ($4,91 \times 10^3$ KOB/g KV.) (Çizelge 4.24).



Şekil 4.7. Vermikompost örneklerinde fungus sayısı

4.9. Aktinomiset Sayısı

Vermikompost örneklerine ait aktinomiset sayısı, istatistiki değerlendirme % değişim oranları Çizelge 4.25, 4.26, 4.27 ile Şekil 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.25. A firması vermikompost örneklerinde Aktinomiset Sayısı (KOB/gr K. VK) ($\times 10^5$), kontrole göre yüzde değişim ve Varyans Analiz Tablosu

FİRMA	1.Tekerrür	2. Tekerrür	3. Tekerrür	Ortalama	% Değişim
A ₁	99,63	68,71	107,06	91,80 A	-
A ₂	31,40	32,08	27,17	30,22 B	-67,1
A ₃	25,38	28,21	21,75	25,11 B	-72,6

Varyans Analiz Tablosu				
Kaynak	Ser. Der.	Kareler Top.	F Değeri	Olasılık (%5)
Uygulama	2	8264,48	28,75	0,0008***
Hata	6	862,54		
Toplam	8	9127,02		

x: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı fark bulundu (** P ≤ 0.05, *** P ≤ 0.01, ö.d. önemli değil).

A firmasına ait vermikomposta uygulanan ısı işlem ve firmada uygulanan ısı işlemin aktinomiset sayısı üzerine etkisi istatistiki olarak $P \leq 0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur.

A firmasına ait vermikomposta aktinomiset sayısı ($91,80 \times 10^5$ KOB/gr K. VK.) firmada ısı işlem uygulaması görmüş olan örnekte %67,1 oranında azalma görülmüştür ($30,22 \times 10^5$ KOB/gr K. VK.). Vermikomposta laboratuvar şartlarında ısı işlem uygulanmasıyla aktinomiset sayısı kontrole göre %72,6 oranında azalmıştır ($25,11 \times 10^5$ KOB/gr K. VK.) (Çizelge 4.25).

Çizelge 4.26. B firması vermikompost örneklerinde Aktinomiset Sayısı (KOB/gr K. VK) ($\times 10^5$), kontrole göre yüzde değişim ve Varyans Analiz Tablosu

FİRMA	1. Tekerrür	2. Tekerrür	3. Tekerrür	Ortalama	% Değişim
B₁	311,84	266,57	285,24	287,88 A	-
B₂	104,12	90,37	98,90	97,80 B	-66,0

Varyans Analiz Tablosu				
Kaynak	Ser. Der.	Kareler Top.	F Değeri	Olasılık (%5)
Uygulama	1	54200,11	191,5578	0,00016***
Hata	4	1131,78		
Toplam	5	55331,88		

x: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı fark bulundu (** $P \leq 0.05$, *** $P \leq 0.01$, ö.d. önemli değil).

B firmasına ait vermikomposta uygulanan ısı işlemin aktinomiset sayısı üzerine etkisi istatistiki olarak $P \leq 0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur.

B firmasına ait vermikompost örneğinde bulunan aktinomiset sayısı (287.88×10^5 KOB/gr K. VK) ısı işlem uygulamasından sonra %66 oranında azaldığı belirlenmiştir (97.80×10^5 KOB/gr K. VK) (Çizelge 4.26).

Çizelge 4.27. C firması vermikompost örneklerinde Aktinomiset Sayısı (KOB/gr K. VK) ($\times 10^5$), kontrole göre yüzde değişim ve Varyans Analiz Tablosu

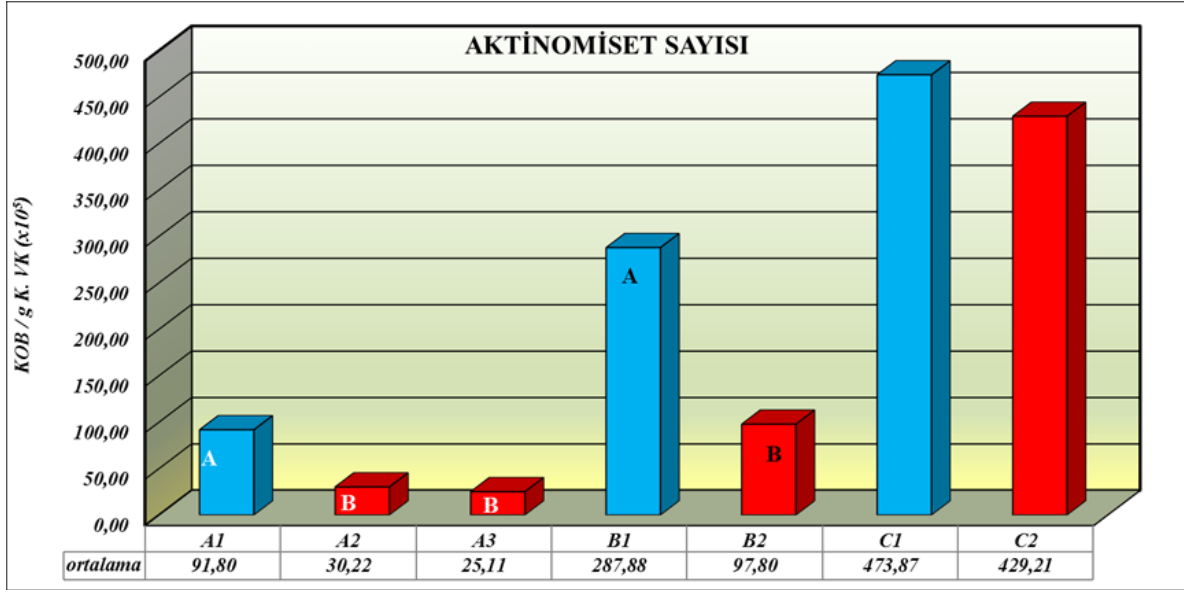
FİRMA	1. Tekerrür	2. Tekerrür	3. Tekerrür	Ortalama	% Değişim
C₁	495,20	451,71	474,69	473,87	-
C₂	393,10	465,52	429,01	429,21	-9,4

Varyans Analiz Tablosu				
Kaynak	Ser. Der.	Kareler Top.	F Değeri	Olasılık (%5)
Uygulama	1	2991,60	3,35	0,1410 (Ö.D.)
Hata	4	3568,99		
Toplam	5	6560,59		

x: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı fark bulundu (** $P \leq 0.05$, *** $P \leq 0.01$, ö.d. önemli değil).

C firmasına ait vermikomposta uygulanan ısıt işlemin aktinomiset sayısı üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmamıştır.

İstatiksel olarak önemli bulunmamasına rağmen C firmasına ait vermikompost örneğinin aktinomiset sayısı ($473,87 \times 10^5$ KOB/gr K. VK) ısıt işlem uygulamasından sonra %9,4 oranında azalmıştır ($429,21 \times 10^5$ KOB/gr K. VK) (Çizelge 4.27).



Şekil 4.8. Vermikompost örneklerinde aktinomiset sayısı

4.10. Toplam Koliform Bakteri Sayısı

Vermikompost örneklerine ait toplam koliform bakteri sayısı, istatistiki değerlendirme % değişim oranları Çizelge 4.28, 4.29, 4.30 ile Şekil 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.28. A firması vermicompost örneklerinde Toplam Koliform Bakteri Sayısı ($EMS / gr K. VK$) ($\times 10^2$), kontrole göre yüzde değişim ve Varyans Analiz Tablosu

FİRMA	1.Tekerrür	2. Tekerrür	3. Tekerrür	Ortalama	% Değişim
A_1	11.24	8,43	9,31	9.66 A	-
A_2	3,46	3,85	3,23	3,51 B	-63.6
A_3	2,27	1,46	2,12	1,95 B	-79.8

Varyans Analiz Tablosu				
Kaynak	Ser. Der.	Kareler Top.	F Değeri	Olasılık (%5)
<i>Uygulama</i>	2	99.62	63.66	<0,0001***
<i>Hata</i>	6	4.69		
<i>Toplam</i>	8	104.31		

x: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı fark bulundu
(** P ≤0.05, *** P ≤0.01, ö.d. önemli değil).

A firmasına ait vermicomposta uygulanan ısı işlem ve firmada uygulanan ısı işlemin toplam koliform bakteri sayısı üzerine etkisi istatistiki olarak $P \leq 0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur.

A firmasına ait vermicomposta toplam koliform bakteri sayısı ($9,66 \times 10^2$ EMS/gr K. VK) firmada ısı işlem uygulaması görmüş örnekte %63,6 oranında azalma belirlenmiştir ($3,51 \times 10^2$ EMS/gr K. VK). Vermicomposta laboratuvar şartlarında ısı işlem uygulanmasıyla toplam koliform bakteri sayısı kontrole göre %79,8 oranında azalmıştır ($1,95 \times 10^2$ EMS/gr K. VK) (Çizelge 4.28).

Çizelge 4.29. B firması vermicompost örneklerinde Toplam Koliform Bakteri Sayısı ($EMS / gr K. VK$) ($\times 10^2$), kontrole göre yüzde değişim ve Varyans Analiz Tablosu

FİRMA	1.Tekerrür	2. Tekerrür	3. Tekerrür	Ortalama	% Değişim
B_1	24,25	15,38	13,98	17,87 A	-
B_2	1,93	1,71	1,51	1,72 B	-90,4

Varyans Analiz Tablosu				
Kaynak	Ser. Der.	Kareler Top.	F Değeri	Olasılık (%5)
<i>Uygulama</i>	1	391.35	25.23	0,0074***
<i>Hata</i>	4	62.04		
<i>Toplam</i>	5	453.39		

x: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı fark bulundu
(** P ≤0.05, *** P ≤0.01, ö.d. önemli değil).

B firmasına ait vermicomposta uygulanan ısı işlemin toplam koliform bakteri sayısı üzerine etkisi istatistiki olarak $P \leq 0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur.

B firmasına ait vermikompost örneğinde bulunan toplam koliform bakteri sayısı ($17,87 \times 10^2$ EMS/gr K. VK) ısıtma işlem uygulamasından sonra %90,4 oranında azalmıştır ($1,72 \times 10^2$ EMS/gr K. VK) (Çizelge 4.29).

Çizelge 4.30. C firması vermikompost örneklerinde Toplam Koliform Bakteri Sayısı (EMS / gr K. VK) ($\times 10^2$), kontrole göre yüzde değişim ve Varyans Analiz Tablosu

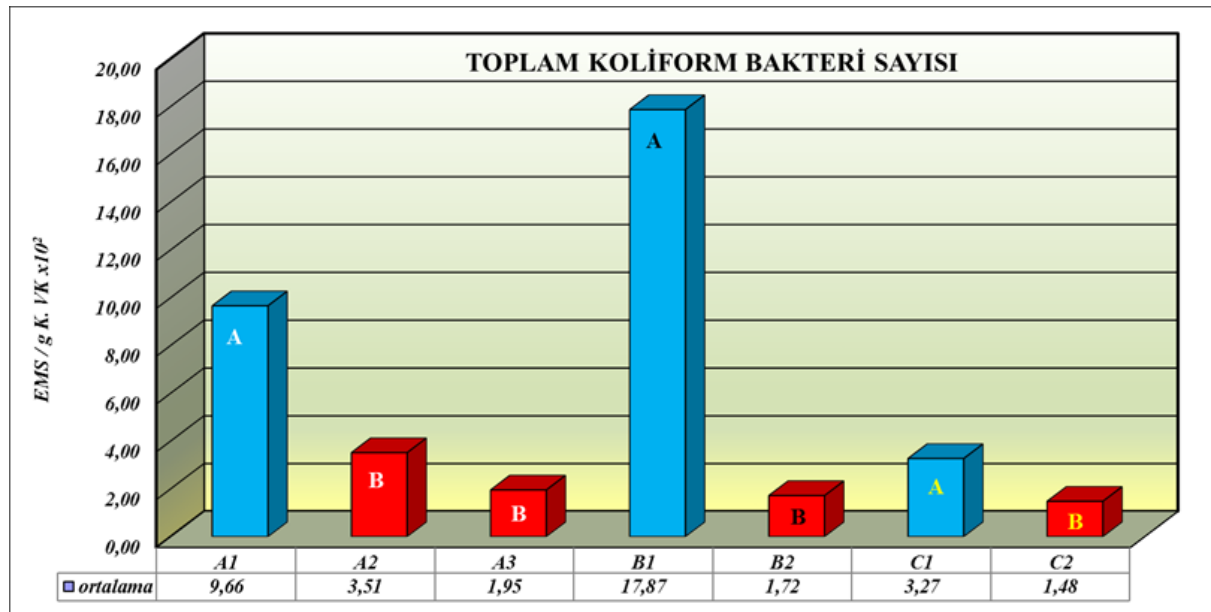
FİRMA	1. Tekerrür	2. Tekerrür	3. Tekerrür	Ortalama	% Değişim
C ₁	4,12	3,38	2,30	3,27 A	-
C ₂	1,66	1,30	1,47	1,48 B	-54,7

Varyans Analiz Tablosu				
Kaynak	Ser. Der.	Kareler Top.	F Değeri	Olasılık (%5)
Uygulama	1	4,80	11,06	0,03**
Hata	4	1,74		
Toplam	5	6,54		

x: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı fark bulundu (** P ≤ 0,05, *** P ≤ 0,01, ö.d. önemli değil).

C firmasına ait vermikomposta uygulanan ısıtma işleminin toplam koliform bakteri sayısı üzerine etkisi istatistiksel olarak P ≤ 0,05 seviyesinde önemli bulunmuştur.

C firmasına ait vermikompost örneğinde bulunan toplam koliform bakteri sayısı ($3,27 \times 10^2$ EMS/gr K. VK) ısıtma işlem uygulamasından sonra %54,7 oranında azalmıştır ($1,48 \times 10^2$ EMS/gr K. VK) (Çizelge 4.30).



Şekil 4.9. Vermikompost örneklerinde toplam koliform bakteri sayısı

Genel bir değerlendirme yapılacak olursa, vermikompost örneklerine yapılan 70°C ısııl işlem uygulaması neticesinde aerob mezofilik bakteri sayısı, toplam fungus sayısı, aktinomiset ve toplam koliform bakteri sayısında düşüş görülmüş ve bu azalmalar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Boran (2015), yapmış olduğu çalışmada en yüksek aerob mezofilik bakteri sayısını hiç ısııl işlem görmemiş örneklerde belirlemiş 70°C de uygulanan ısııl işlemde bu sayı düşmüş 121°C ısııl işlem uygulamasında ise aerob mezofilik bakteri saptanmadığını belirtmiştir. Fungus ve toplam koliform bakteri sayısı içeriklerine de bakmışlar ve uygulanan 70°C sıcaklıktaki ısııl işlemin iki farklı vermikompost örneğinde kontrole göre azalma meydana getirdiğini tespit etmiştir.

Tavalı (2011), farklı dozlarda uygulanan vermikompostun toprağın enzim aktivitesi ve bakteriyel varlığı üzerine etkini araştırdığı çalışmasında on altı haftalık inkübasyon denemesi gerçekleştirmiştir. Çalışma sonucunda toprağa 1, 2, 3 ve 4 t/da vermikompost uygulaması için elde edilen toplam aerobik mezofilik bakteri sayılarını sırasıyla 6.45×10^6 , 10.95×10^6 , 7.70×10^6 ve 10.57×10^6 kob/g olarak bulunmuştur. Farklı dozlarda uygulanan vermikompost, toprak verimliliğinde önemli bir etken olan toplam aerobik mezofilik bakteri sayısının aynı dozlarda uygulanan çiftlik gübresine kıyasla daha yüksek olduğunu belirtmiş ve toplam aerobik mezofilik bakteri sayısının yüksek çıkmasının nedenini vermikompostun mikrobiyal varlık ve çeşitliliğin yüksek olmasından kaynaklandığını ifade etmiştir.

5. SONUÇ

İnsanların yaşamsal faaliyetlerini devam ettirebilmesi için ihtiyaç duyulan en önemli sektörün tarım olduğu bilinmektedir. Tarımda toprakların verimliliğinin korunması ve geliştirilmesi için organik maddeye olan ihtiyaçlarının giderilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda organik gübrelerin kullanımı artırılmalı, mikroorganizmaların tarımda yer alması sağlanmalı ve organik tarım sistemlerinin kullanımı yaygınlaştırılmalıdır. Tüm dünyada tarımsal üretimde sürdürülebilirliğin en önemli kriter olduğu bilinmektedir. Organik atık ve artıkların solucanlar tarafından işlenmesi sonucu oluşan vermikompost bugün için tarımda sürdürülebilirlik özelliğini destekleyen, yüksek ekonomik fayda sağlayabilen bir gübredir.

Son yıllarda vermikompost üretimi hızla artmıştır. Ancak ısıtma işlem uygulaması vermikompost üreten tesislerin ruhsatlandırılması aşamasındaki sıkıntılar ve vermikompostun bazı biyolojik özellikleri üzerine olumsuz etkiler meydana getirebileceği düşünülerek bu tez hazırlanmıştır.

Vermikompostun bir saat 70°C sıcaklıkta ısıya tutulması mevzuat gereği yapılması gereken bir işlemdir. Bu kapsamda üç farklı firmadan temin edilen, ısıtma işlem uygulanmış (firmada ve laboratuvarında) ve uygulanmamış vermikompost örneklerinde ısıtma işlem uygulama öncesi ve sonrasında vermikompostun kimyasal, mikrobiyolojik ve biyokimyasal özellikleri incelenmiştir.

Vermikompost örneklerine uygulanan ısıtma işlem sonrasında CO₂ oluşum miktarları tüm örneklerde artış göstermiştir. Bu artış A firmasına ait vermikompost örneğinde istatistiki olarak önemli bulunmamışken B ve C firmalarına ait örneklerde istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Vermikompost örneklerine uygulanan ısıtma işlem sonucunda Dehidrogenaz, Alkalın Fosfataz, Üreaz, β- Glukosidaz enzim aktiviteleri önemli ölçüde düşmüştür. Bu azalma istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Aynı zamanda Toplam Aerob Mezofilik Bakteri sayısı, Fungus, Aktinomiset ve Toplam Koliform Bakteri sayısında da istatistiki olarak önemli azalmalar tespit edilmiştir.

Isıtma işlem uygulamasının vermikompostların kimyasal özellikleri üzerinde etkisi önemli bulunmamıştır. Ancak mikrobiyolojik ve biyokimyasal özelliklerinde istatistiki olarak önemli etkiler oluşturmuştur. Her ne kadar patojen organizmalar hedeflendiği gibi ortamdan

azaltılmış olsa dahi, ısıtma işlem uygulaması özellikle mikrobiyolojik aktivite üzerinde etkili olan enzim aktivitelerinde önemli düşümelere sebep olmaktadır. Bu düşüşler vermikompost içerisinde bulunan ve özellikle toprakta birçok biyokimyasal döngüden sorumlu olan ve özellikle vermikompost kullanımının olumlu yanlarını oluşturan Toplam Aerob Mezofilik Bakteri, Fungus, Aktinomiset sayılarında da düşüşler meydana getirmiştir. Bu da vermikompostun topraklara uygulanması ile beklenen faydalı mikrobiyolojik ve biyokimyasal özelliklerinin düşmesine neden olacaktır.

Elde edilen veriler neticesinde vermikomposta son ürüne ısıtma işlem uygulanmasının mikrobiyolojik ve biyokimyasal aktivite yönünden uygun olmadığı, ısıtma işlem uygulamasının üreticiler arasında mama olarak ifade edilen ham organik maddenin solucanlara yedirilmeden önce uygulanmasının daha doğru bir yaklaşım olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Agarwal, S. (1999). Study of Vermicomposting of Domestic Waste and the Effects of Vermicompost on Growth of Some Vegetable Crops. Ph. D Thesis Awarded by University of Rajasthan, Jaipur, India. (Supervisor: Rajiv K. Sinha)
- Aira, M., J. Domínguez. (2009). Microbial and Nutrient Stabilization of Two Animal Manures After the Transit Through the Gut of The Earthworm *Eisenia Fetida* (Savigny, 1826). *J. Hazard. Mater.* 161:1234–1238. doi:10.1016/j.jhazmat.2008.04.073
- Albanell, E., Plaixats, J., Cabrero, T. (1988). Chemical changes during vermicomposting (*Eisenia fetida*) of sheep manure mixed with cotton industrial wastes. *Biology and Fertility of Soils*, 6:266-269.
- Anonim a,b. (2020). <https://solanacompost.wordpress.com/tag/eisenia-andrei/>
- Anonim c, (2015). https://en.wikipedia.org/wiki/Dendrobaena_veneta#/media/File:Eisenia-hortensis-european-nightcrawler.jpg
- Anonim d, (2020). https://en.wikipedia.org/wiki/Lumbricus_terrestris.
- Anonim e, (2018). <https://alchetron.com/Perionyx-excavatus>.
- Anonim f, (2018). https://en.wikipedia.org/wiki/Eudrilus_eugeniae
- Anonim, (1992). “Vermigro” Premium Earthworm Soil Product, sold by Canyon Recycling, San Diego, Ca. Worm watch, Education Department of South Australia.
- Anonim, (2014). Hayvansal Yan Ürün Kullanan Biyogaz Ve Kompost Tesislerinin Çalışma Usul İle Esaslarına İlişkin Talimat. Ankara.
- AOAC, (1990). Official methods of analysis. In: Helrich K (ed) Association of official analytical chemists. AOAC, Washington, DC.
- APHA-AWWA-WPCF, (1995). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th Edition, Washington.
- Arancon, N., Edwards, C.A. (2012). Effects of vermicomposts on plant growth. InternationalSymposium Workshop on Vermitechnology.

Adres:<http://www.slocountyworms.com/wpcontent/uploads/2010/12/effects-of-vermicomposton-plant-growth.pdf>. Retrieved June 12, 2012.

- Arshad, M., Frankenberger, W.T. Jr. (1993). Microbial Production of Plant Growth Regulators. In *Soil Microbial Ecology: Applications in Agricultural and Environmental Management*. Ed. F. B. Metting Jr. Marcell Dekker, New York, Basel, Hong Kong 307.
- Atiyeh, R. M., Dominguez J. (2000). Changes in Biochemical Properties of Cow Manure During Processing by Earthworms and the Effect on Seeding Growth. *Pedobiologia*, 44:709-724.
- Atiyeh, R. M., Edwards, C. A., Subler, S., Metzger, J. D. (2001). Pig Manure Vermicomposts as a Component of a Horticultural Bedding Plant Medium: Effects on Physicochemical Properties and Plant Growth. *Bioresource Technology*, 78: 11- 20.
- Ayyadurai, N., Ravindra, N.P., Sakthivel, N. (2007). Functional Characterization of Antagonistic Fluorescent Pseudomonads Associated With Rhizospheric Soil of Rice (*Oryza Sativa* L.). *J Microbiol Biotechnol* 17:919–927
- Bahl, O.P., Agrawal, K.M.L. (1972). Alfa-Galactosidase, β -glucosidase and β N-acetylglucosaminidase from *Aspergillus niger*. In: *Methods in Enzymology*, vol 28. Gingsburg
- Barley, K. P. (1961). Plant Nutrition Levels of Vermicast. *Advances in Agronomy*. 13, 251.
- Bellitürk, K. (2016). Sürdürülebilir Tarımsal Üretimde Katı Atık Yönetimi İçin Vermikompost Teknoloji, *Çukurova Tarım Gıda Bilimleri Dergisi*, 31(3):1-5
- Benitez, E., Nogales, R., Elvira, C., Masciandaro, G., Ceccanti, B. (1999). Enzyme Activities As Indicators of the Stabilization of Sewage Sludges Composting With *Eisenia Fetida*. *Bioresource Technology* 67 (3), 297-303.
- Benitez, E., Sainz, H., Melgar, R., Nogales, R. (2002). Vermicomposting of A Lignocellulosic Waste From Olive Oil Industry: A Pilot Scale Study. *Waste Management and Research* 20,134-142.
- Binet, F., Fayolle, L., Pussard, M. (1998). Significance of Earthworms in Stimulating Soil Microbial Activity. *Biol Fertil Soils* 27:79–84

- Boran, D. (2015). *Farklı ısı teknikleri uygulanmış solucan gübresinin kalite parametrelerinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bradshaw LJ (1992): Laboratory Microbiology, Emeritus California State University Fullerton, Fourth Ed. 382-384, Copyright by Saunders College Publishing.
- Bremner, J.M., Mulvaney, C.S. (1982). Nitrogen-Total. Methods of Soil Analysis, part 2. Chemical and Microbiological Properties. Agronomy Monograph No:9 (2nd ed.) ASA-SSSA. Madison, Wisconsin. USA, p. 595-622.
- Byzov, B.A., Nechitaylo, T.Y., Bumazhkin, B.K., Kurakov, A.V., Golyshin, P.N., Zvyagintsev, D.G. (2009). Culturable Microorganisms From the Earthworm Digestive Tract. *Microbiology* 78:360–368
- Castillo, J.M., Romero, E., Nogales, R. (2013). Dynamics of Microbial Communities Related To Biochemical Parameters During Vermicomposting and Maturation of Agroindustrial Lignocellulose Wastes. *Bioresour Technol.* 146:345–354. doi:10.1016/j.biortech.2013.07.093
- Cayuela, M. L., Mondini, C., Sánchez-Monedero, M.A., Roig, A. (2008). Chemical Properties and Hydrolytic Enzyme Activities For the Characterisation of Two-Phase Olive Mill Wastes Composting. *Bioresour Technol* 99:4255–4262
- Chen, M.M., Sinsabaugh, R.L., Repert, D.A., Pankhurst, D.F. (2004). Microbial Enzyme Shifts Explain Litter Decay Responses to Simulated Nitrogen Deposition. *Ecology*, 81: 2359–2365.
- Correa, J.D., Barrios M.L., Galdona R.P. (2004). Screening For Plant Growth Promoting Rhizobacteria In *Chamaecytisus Proliferus* (Tagasaste), A Forage Tree-Shrub Legume Endemic to the Canary Islands. *Plant Soil* 266:75–84
- Cracas, P. (2012). Vermicomposting Cuban Style 2012. Adres:
http://www.wormdigest.org/index.php?option=com_search&Itemid=5&searchword=Cuban&searchphrase=any&ordering=newest. Retrieved April 11.
- Cui, G., Bhat, S.A., Li, W., Wei, Y., Kui, H., Fu, X., Gui, H., Wei, C., Li, F. (2019). Intestinal Digestion of Worms Affects Bacterial Profiles, Significantly Attenuating Cell-Free and Associated Antibiotic Resistance Genes in Overactive Sludge. *Science of The Total Environment* Pages 644-653.

- Çengel, M., 2004. Toprak Mikrobiyolojisi ve Biyokimyası, Ders Kitabı, E.Ü. Ziraat Fak. Yayınları No.558, İzmir, 166ss.
- Demir H., Polat E., Sönmez. İ. (2010). Ülkemiz İçin Yeni Bir Organik Gübre: Solucan Gübresi. *Tarım Aktüel*, 14, 54-60.
- Dey, P.M., Pridham, J.B. (1972). Biochemistry of Alfa-Galactosidases. In: Advances in Enzymology, vol 36. Meister A (ed.). Willey, New York, pp. 91-130.
- Dickerson, G.W. (2004). Vermicomposting Cooperative Extension Service. College Of Agricultureand Home Economics. New MexicoStateUniversity.
- Doelman, P.L., Haanstra, H., Loonen, H., Vos, A. (1989). Decomposition of Alpha-Hexachlorocyclohexane and Beta-Hexachlorocyclohexane in Soil Under Field Conditions in A Temperate Climate. *Soil Biol. Biochem.*22: 629-639.
- Doğan K., Sarioğlu A., Şakar E., Karanlık S. (2018). Zeytin Karasuyu, Isıl İşlem Görmüş Solucan Gübresi ve Çiftlik Gübresi Uygulamalarının Toprak Mikrobiyal Aktivite Değişimlerine Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 1. *Uluslararası Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Özel Sayısı*:151-159, ISSN 1304-9984, Araştırma Makalesi
- Dominguez, J., Edwards, C.A., Subtler, S. (1997). A Comparison of Vermicomposting and Composting. *Bio Cycle*: 38, No. 4: 57-59.
- Doube, B.M., Brown, G.G., (1998). Life in A Complex Community: Functional Interactions Between Earthworms, Organic Matter, Microorganisms, and Plants. *In Earthworm Ecology*. Ed. Clive Edwards, St Lucie Press, 179-211.
- Doube, B.M., Stephens, P.M., Davorena, C.W., Ryderb, M.H. (1994). Interactions Between Earthworms, Beneficial Soil Microorganisms and Root Pathogens. *Appl Soil Ecol* 1:3–10.
- Eastman, B.R., Kane, P.N., Edwards, C.A., Trytek L., Gunadi, B., Stermer, A.L., Mobley, J.R. (2001). The Effectiveness of Vermiculture in Human Pathogen Reduction For USEPA Biosolids Stabilization. *Compost Sci. Util.* 9:38–49. DOI:10.1080/1065657X.2001.10702015
- Ecology: From Darwin to Vermiculture. Chapman and Hall, New York, pp 375– 381.

- Edwards, C. A., Bohlen, P. J. (1996). *Biology and Ecology of Earthworms*. Chapman and Hall, London, UK Edwards and E.F. Neuhauser (Eds.), SPB Acad. Publ., the Netherlands, 231239 pp.
- Edwards, C.A. (1988). Breakdown of Animal, Vegetable and Industrial Organic Wastes by Earthworms, SPB Academic Publ. Co, 21-31.
- Edwards, C.A., Arancon, N.Q. (2004). The Use of Earthworms in the Breakdown of Organic Wastes to Produce Vermicomposts and Animal Feed Protein. In *Earthworm Ecology* (2nd edition) Editor C.A. Edwards. CRC Press, Boca Raton, FL, London, New York, Washington. 345-438 pp.
- Edwards, C.A., Fletcher, K.E. (1988). Interaction Between Earthworms and Microorganisms In Organic Matter Breakdown. *Agric Ecosyst Environ* 20:235–249
- Eivazi, F., Tabatabai, M.A. (1977). Phosphatases in Soils, *Soil Biol. Biochem.*, 9:167-172.
- Elmer, W.H. (2009). Influence of Earthworm Activity on Soil Microbes and Soilborne Diseases of Vegetables. *Plant Dis* 93:175–179.
- Elvira, C., Goicoechea, M. (1996). Bioconversion of Solid Paper Pulp Mill Sludge Earthworms. *Bioresearch technology*, 57:173-177.
- Erşahin-Şimşek, Y. (2007). Vermikompost Ürünlerinin Eldesi ve Tarımsal Üretimde Kullanım Alternatifleri. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24 (2), 99-107.
- Esen, A.(1993). β -Glucosidases Glucosidase: Biochemistry and Molecular Biology. American Chemical Society, Washington, DC, pp. 1-13.
- Galleger, A.V., Wollenhaupt N.C. 1997. Surface Alfalfa Residue Removal by Earthworms L. *Terrestris. Soil Biology and Biochemistry*, 29, 419-471.
- Garcia, C., Hernandez, T., Costa, F. (1997). Potential use of Dehydrogenase Activity as an Index of Microbial Activity in Degraded Soils. *Communication in Soil Science Plant Analysis* 28, 123-134.
- Gopal, M., Gupta, A., Sunil, E. and Thomas, V.G. (2009). Amplification of Plant Beneficial Microbial Communities During Conversion of Coconut Leaf Substrate to Vermicompost by *Eudrilus Sp.* *Curr Microbiol* 59:15–20.
- Göçmez, S., Bellitürk, K., Görres, H. J., Turan, H.S., Üstündağ, Ö., Solmaz, Y., Adiloğlu, A., (2019). “The Effects of the Use of Vermicompost in Olive Tree Farming On

Microbiological and Biochemical Characteristics of the Production Material”, Erwerbs-Obstbau, Springer Berlin Heidelberg, pp:1-8., Print ISSN:0014-0309, Online ISSN:1439-0302. <https://doi.org/10.1007/s10341-019-00437-1>

Hait, S., Tare, V. (2011). Optimizing Vermistabilization of Waste Activated Sludge Using Vermicompost as Bulking Material. *Waste Manage.* 31:502– 511. doi:10.1016/j.wasman.2010.11.004

Haktanır, K. (1973). Ankara Şartlarında Nadas ve Buğday-Baklagil Ekim Nöbetinin Önemli Toprak Enzimlerinin Aktiviteleri Üzerindeki Etkileri. Ankara Üniversitesi

Haktanır, K., Arcak, S. (1997). Toprak Biyolojisi: Toprak Ekosistemine Giriş. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı* No. 447, Ankara.

Han, J., Sun, L., Dong, X., Cai, Z., Yang, H., Wang, Y., Song, W. (2005). Characterization of a Novel Plant Growth-Promoting Bacteria Strain Delftia Tsuruhensis HR4 Both as a Diazotroph and a Potential Biocontrol Agent Against Various Pathogens. *Syst Appl Microbiol* 28:66–76.

Hanc, A., Hrebeckova, T., Wiesnerova, L., (2019). Changes of Enzymatic Activity During a Large-Scale Vermicomposting Process With Continuous Feding. *Journal of Cleaner Production* Volume 239, 1 December 2019, 118127 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118127>.

Haritha, Devi S., Vijayalakshmi, K., Pavana, Jyotsna K., Shaheen, S.K., Jyothi, K., Surekha Rani M. (2009). Comparative Assessment in Enzyme Activities and Microbial Populations During Normal and Vermicomposting. *Environ Biol* 30:1013–1017.

Hınıslı, N. (2014). *Vermikompost gübresinin kıvrıkcık bitkisinin gelişmesi üzerine etkisinin belirlenmesi ve diğer bazı organik kaynaklı gübrelerle karşılaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Tekirdağ.

Hoffman, G., Dedekan, M. (1966). Eine methode zur kolorimetrischen bestimmung der &-Glucosidaseaktivitat in böden. *Zpflanzenernaehr Bodenkd*, 108: 195-201.

Holtzclaw, K.M., Sposito, G. (1979). Analytical properties of the soluble metalcomplexing fractions in sludge-soil mixtures. IV. Determination of carboxyl groups in fulvic acid. *Soil Sci Soc Am J* 43:318–323.

- Huang, K., Xia, H. (2018). Role of Worm Mucus in the Vermicomposting System Biodegradationtests Based on Moistening and Microbial Activity. *Science Of The Total Environment*. Volumes 610-611, January 1, 2018. Pages 703-708.
- Ingham, E.R., Slaughter, M.D. (2005). The Soil Food Web in Soil and Composts As Living Ecosystems. International SoilACE Conference in Soil and Compost Eco-Biology. *Leon, Spain*. 1: 127-139.
- Isermeyer, H. (1952). Eine Einfache Methode zur Bestimmung der Karbonate im Boden, *Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde* 56 (1-3): 26–38.
- Jackson, M.L. (1967). Soil Chemical Analysis, Prentice Hall of India Private Limited, New Delhi.
- Jagnow, G. (1987). Inoculation of Cereal Crops and Forage Grasses With Nitrogen-Fixing Rhizosphere Bacteria. Possible Causes of Success and Failure With Regard To Yield Response--A Review. *Z. Pflanzenerähr. Bodenkol* 150: 361-368.
- Johnson L.F., Curl E.A., Bond J.H., Fribourg H.A., (1959). Methods For Studying Soil Microflora-Plant Disease Relationships. Burgess Publishing Company, Minneapolis, P: 87-89.
- Kacar, B. ve İnal, A.(2008).Bitki Analizleri, Nobel Yayın No:1241, ISBN 978605-395-036-3, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Kacar, B. ve Kovancı, İ. (1982). Bitki, Toprak ve Gübrelerde Kimyasal Fosfor Analizleri ve Sonuçlarının Değerlendirilmesi. Ege Üniv. Ziraat Fak. Yayınları, No: 354, İzmir.
- Kaçar, A. (2015). *Farklı organik materyallerle karıştırılmış karasu kekinden vermikompost üretimi*. Yüksek Lisans Tezi. Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Aydın.
- Kandeler, E., Gerber, H. (1988). Short-Term Assay of Soil Urease Activity Using Colorimetric Determination of Ammonium. *Biology and Fertility of Soils* 16, 249-254.
- Karwal, M., Kaushik, A. (2020). Co-Composting of Coal Fly Ash With Press Sludge and Fertilization With Vermicompost: Changes in Nutrients, Micronutrients and Enzyme Activities. *Environmental Technology & Innovation*, 18, May 2020,100708.
- Khambata, S.R., Bhat, J.V. (1953). Studies on a new oxalate-decomposing bacterium, *Pseudomonas oxalaticus*. *J Bacteriol* 66:505–507.

- Kucey, R.M.N. (1988). Plant growth-altering effects of *Azospirillum brasilense* and *Bacillus C-11-25* on two wheat cultivars. *J. Appl. Bacteriol* 64: 187-196.
- Kurt, S. (2016). *Biyokömür ve vermicompostun mısır bitkisinin(zea mays l.) kök bölgesindeki enzim aktiviteleri üzerine etkisi*. Yüksek Lisans Tezi. Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 45s, Ordu.
- Lazcano, C., Domínguez, J. (2011). The Use of Vermicompost in Suitable Agriculture: Impact on Plant Growth and Soil Fertility. Nova Science Publishers, Inc., New York, ISBN 978-1-61324-785-3.
- Lazcano, C., Gomez, M., Domínguez, J. (2008). Comparison of the Effectiveness of Composting and Vermicomposting For the Biological Stabilization Of Cattle Manure. *Chemosphere*,72:1013-1019.
- Lenhard, G. (1956). The Dehydrogenase Activity in Soil as a Measure of the Activity of Soil Microorganisms. 73: 1-11.
- Logsdon, G. (1994). Worldwide progress in vermicomposting. *Biocycle*, 35(10):63-65
- Lunt, H.A., Jacobson, H.G. (1994). The Chemical Composition of earthworm casts. *Soil Science*, 58: 367-75.
- Madsen, E.L., Alexander, M. (1982). Transport of *Rhizobium* and *Pseudomonas* Through soil. *Soil Sci Soc Am J* 46:557–560.
- Mahmoud, S.A.Z., Ramadam, E.M., Thabet, F.M., Khater, T. (1984). Production of Plant Growth Promoting Substance by Rhizosphere Organisms. *Zeutrbl Mikrobiol* 139: 227-232.
- Marinari, S., Masciandora, G., Ceccanti, B., Grego, S. (2000). Influence of Organic and Mineral Fertilisers on Soil Biological and Physical Properties. *Bioresource Technology*, 72: 9-17.
- Martinez-Salgado, M.M., Gutiérrez-Romero, V., Janssens, M., Ortega-Blu, R. (2010). Biological Soil Quality Indicators: A Review. - In: Mendez-Vilas, A. (ed.) Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology. © Formatex.
- Mısırlıoğlu, M. (2011). Toprak Solucanları Biyolojileri, Ekolojileri ve Türkiye Türleri. Ankara: *Nobel Yayınları*, No: 1636, s 20-92.

- Monroy, F., Aira, M., Domínguez, J. (2009). Reduction of Total Coliform Numbers During Vermicomposting Is Caused By Short-Term Direct Effects of Earthworms on Microorganisms and Depends on the Dose of Application of Pig Slurry. *Sci Tot Environ* 407:5411–5416
- Murry, A.C.Jr., Hinckley, L.S. (1992). Vermiculture Produces EQ Class A Biosolids at Wastewater. *Plant Biocycle* 47(2): p.42.
- Nagavallemma, K.P., Wani, S.P., Stephane, L., Padmaja, V.V., Vineela, C., Babu Rao, M., Sahrawat, K.L. (2004). Vermicomposting: Recycling Wastes Into Valuable Organic Fertilizer. Global Theme on Agrecosystems Report no. 8. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. 20 pp.
- Özden, S. (2015). *Tütün Atığı Ve At Gübresinden Vermikompost Eldesi*. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Öztürk, M. (2017). Hayvan Gübresinden Ve Atıklardan Kompost Üretimi. Çevre Ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- Parthasarathi, K. (2007). Aging of Pressmud Vermicasts of *Lampito Mauritii* (Kinberg) and *Eudrilus Eugeniae* (Kinberg) Reduction in Microbial Population and Activity. *J. Environ. Biol.* 27: 221-224.
- Parthasarathi, K., Ranganathan, L.S. (2000). Aging Effect on Enzyme Activities in Pressmud Vermicasts of *Lampito Mauritii* (Kinberg) and *Eudrilus Eugeniae* (Kinberg). *Biol. Fertil. Soils*, 30: 347–350.
- Pascual, J.A., Hernandez, T., Garcia, C., Ayuso M., (1998). Enzymatic Activities in an Arid Soil Amended With Urban Organic Wastes: Laboratory Experiment. *Bioresource Technology*, 64: 131-138.
- Pathma, J., Sakthivel, N. (2012). Microbial Diversity of Vermicompost Bacteria That Exhibit Useful Agricultural Traits and Waste Management Potential. *Springer Plus* 2012, 1:26.
- Pepper, I. L., Gerba, C. P., Brendecke, J. W.(1995). Brendecke: Environmental Microbiology, A Laboratory Manual, Academic Press, New York,
- Prabha, M.L., Jayaraaj, I.A., Rao, S. (2007). Comparative Studies on the Digestive Enzymes in the Gut of Earthworms, *E. eugeniae*, *E. fetida*. *Indian Journal of Biotechnology*, 6: 567-569.

- Pramanik, P., Ghosh, G.K., Ghosal, P.K., Banik, P. (2006). Changes in Organic –C, N, P and K and Enzyme Activities in Vermicompost of Biodegradable Organic Wastes Under Liming and Microbial Inoculants. *Bioresource Technology*, 98: 2485–2494.
- Reddy, M.V., Ohkura, K. (2004). Vermicomposting of Rice-Straw and Its Effects on Sorghum Growth. *Tropical Ecology*, 45 (2): 327-331.
- Rouelle, J. (1983). Introduction of an amoeba and Rhizobium Japonicum into the gut of *Eisenia fetida* (Sav.) and *Lumbricus terrestris* L. In: Satchell JE (ed) Earthworm
- Satchell, J.E., Martin, K. (1984). Phosphatase Activity in Earthworm Faeces. *Soil Biology and Biochemistry* 16(2): 191-194.
- Scullion, J., Malik, A. (2000). Earthworm Activity Affecting Organic Matter, Aggregation and Microbial Activity in Soils Restored After Opencast Mining For Coal. *Soil Biology and Biochemistry* 32,119-126.
- Sharma, K., Garg, V. (2018). Comparative Analysis of Vermicompost Quality Produced From Rice Straw and Paper Waste Employing Earthworm *Eisenia fetida* (Sav.). *Bioresour Technol.* 250, 708–715.
- Sharpley, A.N., Syers, J.K. (1976). Potential Role of Earthworm Casts For the Phosphorous Enrichment of Run off Waters. *Soil Biol. Biochem* 8: 341-346.
- Shi-wei, Z., Fu-zhen, H. (1991). The nitrogen uptake efficiency from ¹⁵N labelled chemical fertilizer in the presence of earthworm manure (cast). In: Veeresh, G.K., D. Rajagopal and C.A. Viraktamath (eds) *Advances in Management and Conservation of Soil Fauna*. Oxford and IBH publishing Co., New Delhi, Bombay, pp. 539-542.
- Shobha, S.V., Kale, R.D. (2008). Invitro Studies on Control of Soil- Borne Plant Pathogens by Earthworm *E. eugeniae* exudates. <http://www.eco web.com/edi/080106.html>. (14.07.2012).
- Shobha, S.V., Kale, R.D. (2012). Invitro Studies on Control of Soil- Borne Plant Pathogens by Earthworm *E. eugeniae* exudates. Adres:<http://www.eco-web.com/edi/080106.html>. Retrieved July 08.
- Singleton, D.R., Hendrix, P.F., Coleman, D.C., Whitman, W.B. (2003). Identification of Uncultured Bacteria Tightly Associated With the Intestine of the Earthworm *Lumbricus Rubellus* (Lumbricidae; Oligochaeta). *Soil Biol Biochem* 35:1547–1555.

- Sinha, R.K., Agarwal, S., Chauhan, K., Valani, D. (2010). The Wonders of Earthworms and Its Vermicompost in Farm Production: Charles Darwin's 'Friends of Farmers', With Potential to Replace Destructive Chemical Fertilizers From Agriculture. *Agricultural sciences* 1:76–94.
- Stevenson, F.J, Cole, M.A.(1999). Cycles of soil. John Wiley & Sons Inc, New York, p 318. ISBN 0-471-32071-4.
- Subler, S., Edwards, C.A., Metzger, P.J. (1998). Comparing Vermicomposts and Composts. *Biocycle* 39:63–66.
- Szczecz, M.M. (1999). Suppresiveness of Vermicompost Against Fusarium Wilt of Tomato. *J. of Phytopathology*, 147, 155.
- Tabatabai, M.A.(1982). Soil enzymes. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (Eds.). *Methods of Soil Analyses, Part 2, Chemical and Microbiological Properties*, 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA, pp. 903–947.
- Tabatabai, M.A., Bremmer., J.M. (1969).Use of p-nitrophely Phosphate for Assay of Soil Phosphatase Activity. *Soil Biol. Biochem*, 1: 301-307.
- Tarafdar, J.C., Chhonkar, P.K. (1979). Phosphatase Production by Microorganisms Isolated from Diverse types of Soils. *Zentralbl Bakteriol Naturwiss* 134(2):119-24.
- Tavali, İ. E. (2011). *Farklı dozlarda uygulanan vermikompostun toprağın enzim aktivitesi ve bakteriyel varlığı üzerine etkisi*, Yüksek Lisans Tezi. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 127.
- Thalman, A. (1968). Zur methodik der bistimmung der dehydrogenase aktivitaet im boden mittels triphenyltetrozoliumchlorid (TTC). *Landwirtsch. FORSCH* 21:249-258.
- Thornton, I., Watling, H., Darracott, A. (1975). Geochemical studies in several rivers and estuaries used for oyster rearing. *Sci. Total Environ* 4: 325-345.
- Tiwari, S.C., Tiwari, B.K., Mishra, R.R. (1989). Microbial Populations, Enzyme Activities and Nitrogen, Phosphorous, Potassium Enrichment in Earthworm Casts and In The Surrounding Soil of Pine Apple Plantation. *Biol Fertil Soils* 8:178–182.
- Tomati, U., Gali, E. (1995). Earthworms, Soil Fertility and Plant Productivity. *Acta Zoologica Fennica*, 196: 11-14.

- Tutar, U. (2013). Toprak Solucanlarından Elde Edilen Vermikompostun Bazı Bitki Patojenleri Üzerindeki Antimikrobiyal Aktivitelerinin Araştırılması. Cumhuriyet University Faculty of Science. ISSN: 1300-1949 *Science Journal (CSJ)*, 34 (2).
- Türkan-Hepşen, F.Ş. (2016) Vermikompost Kalite Parametreleri. Vermikompost Çalıştay El Kitabı. Sümer Ofset Matbacılık. Editörler; Namlı, A., Bekyürek, Y., Topaç, E. Kayseri Sayfa: 50-51. kayseri @tarim.gov.tr.
- U.S. Salinity Laboratory Staff., (1954). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils Agriculture Handbook No 60.
- Umut, H. (2019). *Büyükbaş Hayvan Gübresi ve Eysel Kökenli Yemek Artıkları ile Beslenen Yerli ve Kırmızı Kalifornia Solucanlarından Elde Edilen Katı Solucan Gübresindeki Bazı Besin Elementlerinin Karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Uz, İ. (2009). Toprak biyolojisi. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Ders Notu, 6: 16-21.
- Valembois, P., J. Seymour, P. Roch. (1991). Evidence and cellular localization of an oxidative activity in the coelomic fluid of the earthworm *Eisenia andrei*. *J. Invertebr. Pathol.* 57:177–183. doi:10.1016/0022-2011(91)90114-6 Vaz-Moreira, I., M.E. Silva, C.M. Manaia, and O.C. Nunes. 2008. Diversity of bacterial isolates from commercial and homemade composts. *Microb. Ecol.* 55:714–722. doi:10.1007/s00248-007-9314-2
- Vaz-Moreira, I., Maria, E., Silva, C.M., Manaia, Olga C., Nunes. (2008). Diversity of Bacterial Isolates from Commercial and Homemade Composts. *Microbial Ecol* 55: 714-722.
- Vivas, A., Moreno, B., Garcia-Rodriguez, S., Benitez, E. (2009). Assessing the Impact of Composting And Vermicomposting on Bacterial Community size and Structure, and Functional Diversity of An Olive-Mill Waste. *Bioresour Technol* 100:1319–1326.
- Wallenfels, K., Weil, R. (1972). β -Galactosidase. In: *The Enzymes*, vol 7, 3rd edn. Boyer PD (ed.). Academic Press, New York, pp. 617-663.
- Walls-Thumma, D. (2000). Dehydrogenase Activity in Soil Bacteria. - <http://www.gardenguides.com/130633-dehydrogenase-activity-soil-bacteria.html>.
- Wang, C., Sun, Z.J., Zheng D. (2006). Research Advance in Antibacterial Immunity Ecology of Earthworm. *The Journal of Applied Ecology*, 17(3), 525.

- Weiss, B., Tresendorfer, I. (1993). Einfluss Von Regenwürmern Auf Mikrobielle Aktivitäten-Labor-Und Freilandexperimente. *Mitteilungen Der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*, 69: 155-158.
- Yadav, K.D., Tare, V., Ahammed, M.M. (2011). Vermicomposting of Source-separated Human Faeces by *Eisenia Fetida*: Effect of Stocking Density on Feed Consumption Rate, Growth Characteristics and Vermicompost Production. *Waste Manage* 31:1162–1168. doi:10.1016/j.wasman.2011.02.008
- Yadav, K.D., Tare, V., Ahammed, M.M. (2012). Integrated composting–vermicomposting process for stabilization of human faecal slurry. *Ecol. Eng.* 47:24–29. doi:10.1016/j.ecoleng.2012.06.039.
- Yang, Y.Z., Liu, S., Zheng, D., Feng, S. (2006). Effects of Cadmium, Zinc and Lead on Soil Enzyme Activities. - *Journal of Environmental Science* 18 (6): 1135-41.
- Yasir, M., Aslam, Z., Kim, S.W., Lee, S.W., Jeon, C.O., Chung, Y.R. (2009). Bacterial Community Composition and Chitinase Gene Diversity of Vermicompost With Antifungal Activity. *Bioresour Technol* 100:4396–4403.
- Zhi-wei, S., Tao, S., Wen-jing, D., Jing, W. (2019). Investigation of Rice Straw and Kitchen Waste Degradation Through Vermicomposting. *J. Environ. Manag.* 243, 269–272.

T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLİMSEL ETİK BEYANI

“ISIL İŞLEM UYGULAMASININ VERMİKOMPOSTUN BAZI MİKROBİYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ” başlıklı Yüksek Lisans tezindeki bütün bilgileri etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiz atıf yaptığımı bildiririm. İfade ettiklerimin aksi ortaya çıktığında ise her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Gülayfer ORDU

...../09/2021

ÖZGEÇMİŞ

Soyadı, Adı :ORDU, Gülayfer

Uyruk : T.C.

Yabancı Dil : İngilizce

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Y. Lisans	ADÜ Fen Bilimleri Enstitüsü	2021
Lisans	Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi	2017