

**T.C.  
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI  
2015-YL-061**

**FARKLI ORGANİK MATERYALLERLE  
KARIŞTIRILMIŞ KARASU KEKİNDEN  
VERMİKOMPOST ÜRETİMİ**

**Ali KAÇAR**

**Tez Danışmanı:  
Yrd. Doç. Dr. Selçuk GÖÇMEZ**

**AYDIN**



**T.C.**  
**ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE**  
**AYDIN**

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı öğrencisi Ali KAÇAR tarafından hazırlanan “Farklı Organik Materyallerle Karıştırılmış Karasu Kekinden Vermikompost Üretimi” başlıklı tez, **21.10.2015** tarihinde yapılan savunma sonucunda aşağıda isimleri bulunan jüri üyelerince kabul edilmiştir.

	Ünvanı, Adı Soyadı	Kurumu	İmzası
Başkan :	Yrd. Doç. Dr. Selçuk GÖÇMEZ	ADÜ	
Üye :	Prof. Dr. Nur OKUR	Ege Üniv.	
Üye :	Yrd. Doç. Dr. Saime SEFEROĞLU	ADÜ	

Jüri üyeleri tarafından kabul edilen bu Yüksek Lisans Tezi, Enstitü Yönetim Kurulunun .....Sayılı kararıyla ..... tarihinde onaylanmıştır.

Prof. Dr. Aydın ÜNAY  
Enstitü Müdürü



**T.C.**  
**ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE**  
**AYDIN**

Bu tezde sunulan tüm bilgi ve sonuçların, bilimsel yöntemlerle yürütülen gerçek deney ve gözlemler çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce, sonuç ve bilgilere bilimsel etik kuralların gereği olarak eksiksiz şekilde uygun atıf yaptığımı ve kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

21/ 10 /2015

Ali KAÇAR



## ÖZET

### FARKLI ORGANİK MATERYALLERLE KARIŞTIRILMIŞ KARASU KEKİNDEN VERMİKOMPOST ÜRETİMİ

Ali KAÇAR

Yüksek Lisans Tezi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Selçuk GÖÇMEZ

2015, 61 sayfa

Bu çalışmanın konusu, Aydın ili ve çevresinde yoğun şekilde yetiştiriciliği yapılan zeytin (*Olea europaea*) bitkisinin, zeytinyağı üretimi amacıyla işlenmesi sonucu açığa çıkan zeytin karasu kekinin farklı organik materyallerle vermikompost işlemine tabi tutularak meydana gelen bazı kimyasal ve mikrobiyal aktivite özelliklerini incelemektir. Bu amaçla laboratuvar şartlarında bir vermikompost denemesi kurulmuştur. Karasu keki, diğer organik atıklarla (pamuk çırçır atığı, cibre ve ahır gübresi) kuru ağırlık olarak %15, %30, %45, %60 oranlarında karıştırılarak 90 gün boyunca *Eisenia fetida* türü kompost solucanları ile vermikompostlama işlemine tabi tutulmuştur. Deneme tesadüf parselleri deneme deseninde ve 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Denemenin 30., 60. ve 90. günlerinde alınan örneklerde C ve N mineralizasyonlarının belirlenmesinin yanında humifikasyon indeksi, dehidrogenaz, alkalın fosfataz ve üreaz enzim aktiviteleri belirlenmiştir. 90. gün elde edilen vermikompostlarda 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 içerikleri belirlenmiştir. Ayrıca 90 gün sonunda her polietilen kap içerisindeki solucanlar ayrılarak saf su ile yıkanıp tartımları yapılmış, solucan ve kokon (solucan yumurtası) sayısı belirlenmiştir.

Deneme sonucundan %60 karasu keki miktarında solucanların aktifliğini koruduğu ve vermikompost işleminin gerçekleşebildiği belirlenmiştir. En yüksek enzim aktivitesi ise deneme genelinde %45 karasu keki miktarında saptandığı fakat karasuyun maksimum giderimini sağlamak öncelikli hedef olduğu için %60 karasu keki miktarının incelenen parametreler doğrultusunda vermikompost işleminde kullanılmasında bir sakınca olmadığı sonucuna varılmıştır.

**Anahtar sözcükler:** Vermikompost, *Eisenia fetida*, kompost solucanı, zeytin karasuyu keki, pamuk çırçır atığı, cibre, N-mineralizasyonu, C-mineralizasyonu, toprak enzim aktivitesi, humifikasyon





## ABSTRACT

### PRODUCTION OF VERMICOMPOST FROM OLIVE MILL WASTEWATER CAKE MIXED WITH DIFFERENT ORGANIC MATERIALS

Ali KAÇAR

M.Sc. Thesis, Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Selçuk GÖÇMEZ

2015, 61 pages

The subject of this research is to examine some chemical and microbial activity characteristics of olive mill wastewater cake, to which vermicomposting process with some different organic materials is applied, that has been extracted from olive (*Olea europaea*) plant – which is intensively farmed in Aydın province and around it – in purpose of producing olive oil. In this purpose, a vermicomposting examination is established in laboratory conditions. The olive mill wastewater cake has been mixed with the other organic wastes (cotton gin waste, grape waste and barnyard manure) as dry weight at the ratios of %15, %30, %45, %60 and vermicomposting process has been applied with *Eisenia fetida* kind of compost worms for 90 days. The random test blocks were established in the test order and the number of frequency series was 3. while C and N mineralizations were identified in the samples that had been taken at the days of 30<sup>th</sup>, 60<sup>th</sup>, and 90<sup>th</sup>; humification index, dehydrogenase, alkaline phosphatase, and urease enzyme activities were identified. In the vermicomposts gained on 90<sup>th</sup> day; organic matter, total organic C, C:N ratio, pH, total salt, N, P, K, B, Ca, and Mg substances were identified in addition to C and N mineralizations and enzyme activities. In addition; after 90 days, the earthworms in each polyethylene cup were extracted, washed with pure water, weighed; and the number of worms and worm eggs was determined.

From the result of the test, the fact that earthworms preserves their activity at %60 olive mill wastewater cake and vermicomposting process can be done at that rate has been determined. The highest enzyme activity has been measured at %45 olive mill wastewater cake in the whole test, but; because of the fact that the main purpose is to use the most of the olive mill wastewater cake, it has been concluded that there is no problem to use %60 olive mill wastewater cake during vermicomposting process.

**Keywords:** Vermicompost, *Eisenia fetida*, compost earthworm, olive mill wastewater cake, cotton gin waste, grape waste, N-mineralization, C-mineralization, soil enzyme activity, humification



## ÖNSÖZ

Ülkemizde özellikle Akdeniz ikliminin hâkim olduğu bölgelerde yoğun şekilde üretimi yapılan zeytinyağının üretim aşamalarında ortaya çıkan zeytin karasuyunun akarsulara deşarj edilmesi büyük çevre kirliliği problemlerine neden olmaktadır. Buna karşın karasu her ne kadar buharlaştırma lagünlerinde bekletilerek kek haline getirilse de bölgemizde ve özellikle ilimizde yoğun ve uzun üretim sezonundan dolayı depolama sıkıntısı çekildiğinden karasu keki doğaya bırakılmaktadır. Karasuyun sıvı olarak ve karasu kekinin katı olarak topraklara uygulanması sonucunda içermiş olduğu fitotoksik bileşikler nedeni ile topraklarda ve bitkiler üzerine bazı olumsuz etkiler meydana getirebildiği birçok çalışmada vurgulanmaktadır.

Çevre için potansiyel kirlilik riski oluşturan karasu kekini, farklı organik atıklarla (ahır gübresi, cibre, pamuk çırçır atığı vb. tarımsal olarak değersiz kabul edilebilen artıkları) harmanlayarak solucanlarla vermikompost oluşturmak mümkündür. Elde edilen vermikompostu toprağa uygulamak sureti ile bir taraftan toprağı organik madde ve bitki besin maddeleri bakımından desteklerken, diğer taraftan toprak mikrobiyal faaliyetlerini arttırmak ve atıkların yakılmasını veya su kaynaklarına deşarjını önleyerek bu tür atıkların çevreye olan muhtemel olumsuz etkilerini azaltabilmek bu çalışmanın temelini teşkil etmektedir.

Çalışma konusunun belirlenmesinde, araştırmanın yürütülmesi ve değerlendirilmesi sürecinin her aşamasında yol gösterici olan, bilgi ve deneyimlerini paylaşan tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Selçuk GÖÇMEZ'e, araştırma projesinde kullanılan *Eisenia fetida* türü solucanların teminini sağlayan Sayın Opr. Dr. Cezmi SADAY'a, laboratuvar çalışmalarında büyük katkıları olan laborant Ersin KARADEMİR'e, ziraat mühendisi Duygu COŞAN'a, Ayşen KOCABAŞ'a, ve Burcu AY'a çalışmanın gerçekleşmesi için maddi destek sağlayan ADÜ Bilimsel Araştırma Fonu (Proje No: ZRF-14045)'na ve özellikle hayatım boyunca yanımda olan ve desteklerini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkür ederim.



## İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI.....	iii
BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI.....	v
ÖZET .....	vii
ABSTRACT .....	ix
ÖNSÖZ .....	xi
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ.....	xv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xvii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xix
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ .....	3
2.1. Zeytin Karasuyu .....	3
2.2. Enzimler .....	5
2.2.1. Toprak Enzimleri .....	6
2.3. Vermikompost ve Özellikleri .....	8
2.4. Solucanların Sınıflandırılması.....	12
2.4.1. Taksonomik Özellikler ve Yayılış.....	13
2.4.2. Ekolojik Sınıflandırma .....	13
2.5. Yer Solucanlarının Morfolojik ve Fizyolojik Özellikleri.....	14
2.6. Yer Solucanlarının Anatomisi .....	15
2.7. Vermikompost İşleminde Kullanılan Solucan Türleri.....	17
2.8. Vermikompost İşleminde Uygulanan Metotlar .....	19
2.8.1. Düşük Maliyetli Zemin Yataklar.....	19
2.8.2. Hareketli Besleme-Kapaklı Yataklar .....	19
2.8.3. Kutu veya Kaplar .....	20
2.8.4. Yükseltilmiş Hareketli-Besleme Kapaklı Yataklar .....	20
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	21
3.1. Materyal .....	21
3.2. Yöntem.....	25
3.3. Vermikompost Analiz Yöntemleri.....	27
3.3.1. Fiziksel ve Kimyasal Analizler .....	27

3.3.1.1. pH tayini .....	27
3.3.1.2. Elektriksel geçirgenlik (EC) tayini .....	27
3.3.1.3. Toplam azot (N) tayini .....	27
3.3.1.4. Toplam fosfor (P) tayini .....	27
3.3.1.5. Toplam potasyum (K), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) tayini .....	28
3.3.1.6. Toplam bor (B) tayini .....	28
3.3.1.7. Organik madde tayini .....	28
3.3.2. Mikrobiyolojik ve Biyokimyasal Analizler .....	28
3.3.2.1. Humifikasyon indeksi tayini.....	28
3.3.2.2. Karbondioksit (CO <sub>2</sub> ) oluşumu (Toprak Solunumu).....	28
3.3.2.3. Azot (N) mineralizasyonu .....	28
3.3.2.4. Dehidrogenaz enzim aktivitesi (EC 1.1).....	28
3.3.2.5. Üreaz enzim aktivitesi (EC 3.5.1.5) .....	29
3.3.2.6. Alkalın fosfataz enzim aktivitesi (EC 3.1.3.1) .....	29
3.3.3. Sonuçların Değerlendirilmesi ve İstatistiksel Yöntemler .....	29
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	30
4.1. Kompost Materyallerinin Kimyasal Özellikleri .....	30
4.2. Vermikompostların Deneme Sonunda Saptanan Kimyasal Özellikleri.....	31
4.3. Vermikompostlarda, Solucan Gelişimi İle İlgili Deneme Sonunda Saptanan Özellikler .....	32
4.4. Vermikompost Örneklerinde CO <sub>2</sub> Oluşumu .....	32
4.5. Vermikompost Örneklerinde N-Mineralizasyonu .....	35
4.6. Vermikompost Örneklerinde Dehidrogenaz Enzim Aktivitesi.....	38
4.7. Vermikompost Örneklerinde Üreaz Enzim Aktivitesi .....	41
4.8. Vermikompost Örneklerinde Alkalın Fosfataz Enzim Aktivitesi.....	44
4.9. Vermikompost Örneklerinde Humifikasyon İndeksi.....	47
4.10. Vermikompostların Biyokimyasal Parametreleri Arasındaki Korelasyonlar	51
4.11. Deneme Sonunda Elde Edilen Vermikompostların Biyokimyasal ve Kimyasal Parametreleri Arasındaki Korelasyonlar .....	52
5. SONUÇ.....	54
KAYNAKLAR.....	55
ÖZGEÇMİŞ.....	61

**KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ**

$\mu\text{g}$	Mikrogram
A-FOS	Alkalın-Fosfataz Enzim Aktivitesi
B	Bor
BOİ	Biyolojik Oksijen İhtiyacı
C	Karbon
C:N	Karbon Azot Oranı
Ca	Kalsiyum
cm	Santimetre
C-Min.	Karbon Mineralizasyonu
CO <sub>2</sub>	Karbondioksit
Cu	Bakır
DHG	Dehidrogenaz Enzim Aktivitesi
EC	Elektriksel İletkenlik
g	Gram
H	Hidrojen
h	Hour (Saat)
ha	Hektar
HClO <sub>4</sub>	Perklorik Asit
HI	Humifikasyon İndeksi
HNO <sub>3</sub>	Nitrik Asit
K	Potasyum
KCl	Potasyumklorür
kg	Kilogram
KOİ	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
L	Litre
LSD	Least Significant Difference
m	Metre
M	Molar

xvi

$m^3$	Metreküp
Mg	Magnezyum
mg	Miligram
ml	Mililitre
mm	Milimetre
Mn	Mangan
$mS\ cm^{-1}$	Milisimens santimetre
N	Azot
NaOH	Sodyum hidroksit
$NH_3$	Amonyak
$NH_4$	Amonyum
nm	Nanometre
N-Min.	Azot Mineralizasyonu
$NO_2$	Nitrit
$NO_3$	Nitrat
O	Oksijen
$^{\circ}C$	Santigrat derece
p-NP	Para-nitrofenol
TPF	Trifenilformazan
TTC	Trifenil tetrasolium klorür
$\alpha$	Alfa
$\beta$	Beta



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Yer Solucanı Anatomik Yapısı (Edwards ve Bohlen, 1996) .....	16
Şekil 3.1. Denemede kullanılan organik materyaller, a-ahır gübresi, b-cibre, c- karasu keki, d-pamuk çırçır atığı .....	21
Şekil 3.2. Denemede kullanılan <i>Eisenia fetida</i> türü solucanlara ait görseller .....	22
Şekil 3.3. Üstte denemede kullanılan polietilen kaplar, altta vermikompost işleminin ilk ve son halleri .....	23
Şekil 3.4. Kapların tül ile kapatılması .....	23
Şekil 3.5. Vermikompost işleminin sonrası çıkarılan solucanların tartımları .....	24
Şekil 3.6. Sayım için kokonların ayrılması ve ayrılan kokonlar .....	24
Şekil 3.7. a-Kokondan çıkan yavru solucanlar, b-kokonun mikroskop altındaki görüntüsü .....	25
Şekil 4.1. Tüm inkübasyon sürecindeki CO <sub>2</sub> oluşum miktarları .....	33
Şekil 4.2. Tüm inkübasyon sürecindeki N-mineralizasyonu miktarları .....	36
Şekil 4.3. Tüm inkübasyon sürecindeki dehidrogenaz enzim aktivitesi miktarları	39
Şekil 4.4. Tüm inkübasyon sürecindeki üreaz enzim aktivitesi miktarları.....	42
Şekil 4.5. Tüm inkübasyon sürecindeki alkalın fosfataz enzim aktivitesi miktarları .....	45
Şekil 4.6. Tüm inkübasyon sürecindeki humifikasyon indeksi değerleri.....	48



## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Ege Bölgesi' nde zeytinyağı işletmelerinde proses tipine göre oluşan atık miktarları (Şengül vd., 2003).....	4
Çizelge 2.2. Bazı toprak enzimleri ve bağlı olduğu gruplar (Thornton vd., 1975) ..	7
Çizelge 3.1. Denemede oluşturulan karışım oranları .....	26
Çizelge 4.1. Kompost materyallerinin kimyasal özellikleri .....	30
Çizelge 4.2. Deneme sonunda vermikompostlarda saptanan kimyasal özellikler..	31
Çizelge 4.3. Deneme sonunda vermikompostlarda saptanan solucan verileri .....	32
Çizelge 4.4. Tüm inkübasyon sürecindeki CO <sub>2</sub> oluşum miktarları (mg CO <sub>2</sub> -C 100g <sup>-1</sup> 7 gün <sup>-1</sup> kuru vermikompost) ve LSD <sub>0,05</sub> testi sonuçları* .....	35
Çizelge 4.5. Tüm inkübasyon sürecindeki N-mineralizasyonu miktarları (mg NH <sub>4</sub> -N kg <sup>-1</sup> kuru vermikompost) ve LSD <sub>0,05</sub> testi sonuçları* .....	38
Çizelge 4.6. Tüm inkübasyon sürecindeki dehidrogenaz enzim aktivitesi miktarları (µg TPF g <sup>-1</sup> kuru vermikompost) ve LSD <sub>0,05</sub> testi sonuçları* .....	41
Çizelge 4.7. Tüm inkübasyon sürecindeki üreaz enzim aktivitesi miktarları (mg N g <sup>-1</sup> 2h <sup>-1</sup> kuru vermikompost) ve LSD <sub>0,05</sub> testi sonuçları* .....	44
Çizelge 4.8. Tüm inkübasyon sürecindeki alkalın fosfataz enzim aktivitesi miktarları (µg p-NP g <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> kuru vermikompost) ve LSD <sub>0,05</sub> testi sonuçları* ..	47
Çizelge 4.9. Tüm inkübasyon sürecindeki humifikasyon indeksi değerleri ve LSD <sub>0,05</sub> testi sonuçları* .....	50
Çizelge 4.10. Biyokimyasal parametreler arasındaki korelasyonlar .....	51
Çizelge 4.11. Biyokimyasal ve kimyasal parametreler arasındaki korelasyonlar ..	52



## 1. GİRİŞ

Dünyamızda hızlı artan nüfus ile birlikte temel yaşam ihtiyaçlarımızı karşılamak için kullandığımız organik kaynaklara olan ihtiyacımız da büyük ölçüde artmaktadır. Özellikle tarım ürünlerindeki taleplerin artması sebebiyle yoğun miktarda kimyasal ve fosil kaynaklar kullanılmaktadır. Bunun sonucunda da doğal kaynaklar tahrip edilip çevresel bozulma dediğimiz problem ortaya çıkmaktadır.

Çevresel bozulmaya büyük ölçüde, aşırı fosil yakıtlar kullanılmasının etkisi olduğu gibi tarımda aşırı kimyasal gübre kullanımının da katkısı çok büyüktür. Bu durum toprak ve su kaynaklarının kirlenmesine sebep olarak toprak verimliliğinin kaybına yol açmakta ve dolayısıyla tarımsal verimliliği olumsuz yönde etkilemektedir. Bu küresel verim azalışını düşürebilmek için günümüzde ekolojik ve sürdürülebilir tarım benimsenmeye başlanmıştır (Aveyard, 1988; Wani ve Lee, 1992; Wani vd. 1995).

Bir tarafta tarım topraklarının gerekli besin madde eksikliğinden kaynaklanan verimde düşüş yaşanırken diğer tarafta ise bu açığı kapatmaya yetecek şehirselle ve kırsal organik atıklar heba edilmektedir. Oysaki doğada bu organik atıkların geri dönüşümünü sağlayacak sayıda organizma (mikro-makro) bulunmaktadır. Özellikle yer solucanları bu döngüyü sağlamak ve çevresel bozulmayı azaltmada çok önemlidir (Wani 2002).

Çeşitli faaliyetler sonucu ortaya çıkan organik atıkların (endüstriyel atıklar, tarımsal atıklar, agro-endüstriyel atıklar, kentsel atıklar, evsel atıklar gibi) bir takım özel solucan türleri ile kompostlaştırma işlemi sonucu oluşan ürüne vermikompost adı verilmektedir. Bu işlemde organik atıklar solucanlar tarafından tüketilip sindirilir ve geriye vermikest dediğimiz yarıyaşlı bitki besin elementlerince ve mikrobiyolojik canlı popülasyonu olarak oldukça zengin, humus içeriği yüksek olan solucan dışkısı meydana gelmektedir. Solucanlar aynı zamanda bu süreç içerisinde vermiremidasyon olarak tanımlanan işlemde, organik madde içinde bulunan, bitkiler ve insanlar için zararlı çeşitli maddeleri parçalayarak ya da bünyelerinde depolayarak zararsız hale getirmektedirler.

Bu çalışmada çevre için potansiyel kirlilik riski oluşturan karasu kekinin, farklı organik atıklarla belli oranlarda (ahır gübresi, cibre, pamuk çırçır atığı) harmanlanarak solucanlarla vermikompost elde edilmiştir. Elde edilen

vermikompostta bir takım kimyasal özellikler, enzim aktivitelerindeki değişimler ve bazı biyolojik özellikler incelenmiştir.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1. Zeytin Karasuyu

Ülkemizde 0,8 milyon hektarlık alan zeytin arazisi olup bu alan 95 milyon zeytin ağacı ile önemli bir tarım, sanayi, ticaret ve istihdam alanıdır. Türkiye bulunduğu coğrafi konum ve sahip olduğu Akdeniz iklimi nedeniyle, özellikle İspanya, İtalya, Yunanistan ve Tunus gibi diğer Akdeniz ülkeleriyle birlikte dünyanın önde gelen zeytinyağı üreticilerindedir. Türkiye Dünya sofralık zeytin üretiminde ikinci, yağlık zeytin üretiminde ise dördüncü büyük üretici konumundadır. Zeytin ve zeytinyağı üretimi daha çok Ege ve Marmara Bölgesinde gerçekleşmektedir. Aydın, İzmir, Muğla, Balıkesir, Manisa, Bursa ve Çanakkale üretiminin gerçekleştiği başlıca illerimizdir (Şengül vd., 2003).

Sıvı atık olarak ortaya çıkan zeytin karasuyunun kirletici konsantrasyonları üretim prosesine ve işletme şartlarına bağlı olarak büyük değişimler göstermektedir. Genellikle zeytinyağı üretimi sırasında çıkan atık su miktarı 0,5-1,5 m<sup>3</sup>/ton zeytin olmaktadır. Karasuyun arıtımında yaşanan en önemli problem; bu suyun yüksek organik madde ve polifenoller gibi toksik maddeleri içermesi, sezonluk üretim yapılması ve bir sezonun 3-4 ay sürmesidir (Rozzi,1997).

Zeytin karasuyunun bileşimini ağırlıklı olarak %83-96'ı su, %3,5-15'ni organik bileşikler ve %0,5-2'sini mineral tuzlar oluşturmaktadır. Organik kısmın %1-8 oranını seker, %0,5-2,4'ünü azotlu bileşikler, %0,5-1,5'ini organik asitli bileşikler, %0.02-1'ini yağlar ve son olarak %1-1,5'ini fenollü bileşikler ve lignin oluşturmaktadır (Greco vd., 1999).

Dokuz Eylül Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde Şengül vd. (2003) tarafından yürütülen Zeytin Karasuyu Arıtım Projesi kapsamında Ege Bölgesi'nde Manisa, İzmir ve Aydın illerini kapsayan zeytinyağı işletmeleri için durum tespiti, karasu karakterizasyonu, karasu arıtılabilirlik çalışmaları ile ilgili yapılan çalışmalar sonucunda bu bölgelerde bulunan 129 zeytinyağı işletmesi ile yapılan anket sonucunda yılda 419.673,5 ton/sezon zeytin işlendiği ve uygulanan proses tipine göre miktarı değişmekle birlikte toplam 420.623,4 m<sup>3</sup>/sezon karasu çıktığı bildirilmiştir (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. Ege Bölgesi' nde zeytinyağı işletmelerinde proses tipine göre oluşan atık miktarları (Şengül vd., 2003)

Proses tipi	İşletme sayısı	Zeytin işletme kapasitesi (ton/sezon)	İlave su miktarı (m <sup>3</sup> /sezon)	Zeytin özsuyu miktarı (m <sup>3</sup> /sezon)	Karasu miktarı (m <sup>3</sup> /sezon)	Toplam atıksu miktarı (m <sup>3</sup> /sezon)
<b>3 faz</b>	70	331062	262149.6	131605.7	393755.3	396203.26
<b>2 faz</b>	11	58600	5860	23440,0	5860,0	29813,0
<b>Pres</b>	48	30011.5	900345	12004.6	21008.5	22305.09
<b>Toplam</b>	129	419673.5	277013.1	167050.3	420623.4	448321.4

Zeytinden yağ elde edilme sürecinde hiçbir kimyasal katkı sağlanmamasına rağmen açığa çıkan karasu, bünyesinde oldukça yüksek seviyelerde organik madde, askıda katı madde, yağ ve gres barındıran bir artıktır. Bu nedenle karasu, doğrudan çevreye (toprak, göl, akarsu vb.) deşarj edildiği takdirde çevresel kirliliğe neden olmaktadır. Bu nedenle karasu, zeytin ve zeytinyağı üretimi gerçekleştiren tüm Akdeniz ülkelerinde olduğu gibi ülkemizde de çevresel açıdan önemli bir sorun olarak kabul edilmektedir (Tunalıoğlu ve Bektaş, 2010).

Karasuyun yüksek oranda potasyum içermesi nedeniyle tarımsal sulamada kullanılması ile ilgili uygulamalarda yüksek asidite ve tuzluluk dolayısıyla önemli problemler yaşanmaktadır. Sığ lagünlerde buharlaştırma yoluyla uzaklaştırma uygulamalarında ise koku ve sivrisinek problemi ile yeraltı suyunun kirletilme riski gibi sakıncalar ortaya çıkmaktadır. Fenolik maddelerin, fitotoksik ve antibakteriyel etkileri de göz önüne alındığında hem toprağa hem de su kaynaklarına yapılacak doğrudan deşarjlarda ciddi problemler yaratacağı saptanmıştır (Saez ve Perez, 1992).

Yunanlı bir grup araştırmacının çalışmasında, dünya sıralamasında zeytinyağı üretiminde 1982 yılında %12,5'lik oranla 3. sırada yer alan Yunanistan'da bir yıllık üretimin sebep olduğu kirliliğin, 2,2 milyon insanın sebep olduğu kirlilik yüküne bir başka deyişle Yunanistan'ın o yılki nüfusunun %25' ine eşdeğer olduğu ifade edilmiştir (Güneysu, 2009).

Ham karasuyun direkt olarak topraklara uygulanmasıyla bitkilerin yapraklarında ve meyvelerinde azalma belirlenmiştir. Karasuyun fitotoksitesi fenolik madde içeriğine ve bazı organik asitlere (asetik asit, formik asit) bağlı olduğu, genellikle



otsu bitkilerden olan domates, mısır ve yeşil çimen üzerinde yapılan çalışmalarla açıklanmıştır (Ouzounidou, 2008).

Karasu toprakta bulunan mikroorganizma, sinek, larva ve solucanların metabolizmasına katkıda bulunmakta, onlara hümik ya da fulvik bileşikler gibi kompleks aromatik moleküller karışımlarını besin olarak sağlamaktadır. Marsilio vd., (1990) gerçekleştirdikleri çalışmalarında karasuyun kontrollü olarak toprağa verilmesinin faydalı etkileri olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışmada, 160 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> karasuyula beslenmiş alanda mikroorganizmalar doğal ortamdakinden 2,5 kat daha fazla olduğu ve 15 gün sonra 2,3 katına düştüğü ve ancak 100 gün sonra toprağın karasuyula beslenmemiş doğal haline döndüğü ifade edilmektedir. Karasuyun toprağa uygulanmasıyla mantar, aktinomiset, azot bağlayan bakteriler ve selülotik bakterilerin sayısında olumlu etkileri olduğu, olumsuz etkinin ise sadece nitrit ve nitrat bakterilerinde uygulamadan 15 gün sonra görüldüğü vurgulanmaktadır (Güneysu, 2009).

## 2.2. Enzimler

Tüm canlı organizmalarda biyolojik ve biyokimyasal olayların gerçekleşmesini sağlayan maddelere enzim denir. Enzimlerin görevi organizmada gerçekleşen tüm bu olayların hızlı bir şekilde gerçekleşmesini sağlamaktadır. Yani enzimler burada katalizör görevindedirler. Bu nedenle enzimlere organik katalizör veya biyokatalizör de denilmektedir. ‘Enzim’ terimini ilk olarak 1878 yılında Kühne kullanmıştır. Enzimler, hücre sitoplazmalarında, mitokondrilerde bulunmakta ve özelliklerini hücre çeşidine göre kromozomlar tayin etmektedir. Yaşayan hayvansal, bitkisel veya mikrobiyal organizmaların hücrelerinde organizmaya göre çeşitli enzimler bulunmakta, hücre veya organizmanın yaşamsal işlevleri için gerekli bütün kimyasal reaksiyonlar enzimler tarafından yürütülmektedir (Haktanır ve Arcaç 1997).

Enzimler bütün madde değişimi reaksiyonlarına katılırlar ve enzimsiz hayat olayları oluşamaz. Özet olarak denilebilir ki enzimler, organizmadan elde edilebilen fakat faaliyet göstermeleri için organizmaya ihtiyaç göstermeyen yüksek moleküllü katalizörlerdir. Enzimlerin başlıca görevi yüksek moleküllü organik maddeleri basit yani hücreye geçebilecek ve neticede organizma tarafından yararlanılabilecek şekle sokmaktır. Ayrıca, enzimler parçalama yaptıkları gibi sentez de yapmaktadırlar yani enzimlerin büyük bir kısmı geri

dönüşümlü etkiye sahiptir. Parçalayabildikleri bileşikler parçalanma ürünlerinden tekrar sentez de edebilirler. Sentez yapan enzimler bilhassa metabolizma bakımından önem taşırlar. Enzim sistemlerinde veya reaksiyon ortamında organizmalar için mutlak gerekli olan iz elementlerin bulunması enzimlerin aktivitelerini artırır. Cıva ve gümüş gibi ağır metallerin bulunması ise aksi tesir yapar. Fakat enzimin aktivite göstermesini engelleyen madde uzaklaştırılınca enzim tekrar etkisini gösterebilir (Haktanır ve Arcak 1997).

Enzimler yaşayan hücreler tarafından oluşturulmakla birlikte yararları bakımından her zaman hücreye bağlı değildirler. Bu nedenle çoğu hücreye bağlı olmakla birlikte bazıları da hücreden ayrılabilir yani ortama salgılanabilirler. Enzimler oluştukları hücrelerin içinde ve dışında görev görmelerine göre endo ve ekto enzimler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadırlar. Oluştukları hücrelerde cereyan eden çeşitli biyokimyasal reaksiyonları katalizleyen enzimlere endo enzim adı verilmektedir. Hücrelerin hücre dışındaki absorbe edemeyecekleri kadar büyük moleküllü besin maddelerini parçalamak için dışarıya saldıkları enzimlere de ekto enzim (ektraselüler) adı verilmektedir. Bu enzimler ortama geçerek tesirlerini gösterip yüksek moleküllü maddeleri parçalayarak bunları hücre membranından içeriye girebilecek şekil ve boyutlara getirirler (Haktanır ve Arcak 1997).

### **2.2.1. Toprak Enzimleri**

Topraktaki enzimlerin çok büyük kısmı canlı toprak mikroorganizmalarının besin maddelerini parçalamak amacıyla dışarıya saldıkları ekto-enzimlerle, mikroorganizmaların ölümünden sonra otoliz ile kısmen veya tamamen serbest hale gelerek toprağa karışmış enzimlerdir. Bu enzimler toprağın inorganik ve organik kolloidleri, örneğin killer ve humin maddeleri tarafından adsorbe edilirler. Adsorbe edilmiş enzimler dış etkilere karşı diğer enzimlerden daha dayanıklıdır. Aktivitelerini uzun süre koruyabilirler. Böylece enzimlerin etkileriyle çoğu bitkisel olan topraktaki organik artıklar bir seri enzimatik reaksiyondan sonra küçük moleküllü basit bileşiklere parçalanırlar. Örneğin karbohidraz enzimleri selüloz, nişasta ve benzeri polisakkaritleri, disakkaritlere ve nihayet monosakkaritlere kadar parçalarlar. Proteazlar, proteinli maddeleri polipeptid, dipeptid, oligopeptid ve nihayet amino asitlerine kadar hidroliz ederler. Pektin parçalayıcı enzimler de pektin maddelerini basit ürünlere kadar ayrıştırırlar. Bitki artıklarından toprağa geçen enzimler ortam şartlarına karşı dayanıksız olduklarından hemen parçalanarak aktivitelerini kaybetmektedirler. Bu sebeple topraktaki bitkisel

enzimlerin herhangi bir nedenle miktarlarının artması toprak enzim aktivitesi üzerine önemli bir etki yapmaktadır. Frenzel' in yaptığı araştırmalara göre de yüksek bitki kökleri enzim salgılamamakta veya çok az salgılamaktadır. Bu nedenle, topraktaki aktif enzimlerin kökeninin mikrobiyal olduğu kabul edilebilir (Haktanır ve Arcak 1997).

Topraktaki organik maddenin parçalanma ve ayrışmasında en önemli rolü enzimler oynamaktadır. Mikroorganizmalar ekstraselüler enzimlerini toprak ortamına salarak organik artıklardaki selüloz, lignin, fosfat esterleri, protein, karbonhidrat, nişasta gibi yüksek polimer bileşikleri bir seri biyokimyasal reaksiyonlardan sonra ortam şartlarının da etkisi ile bileşenlerine çevirme özelliği gösterirler. Böylece bu bileşikler hidroliz, oksidasyon, redüksiyon, dehidrojenasyon, amonifikasyon, nitrifikasyon gibi biyokimyasal reaksiyonlarla daha küçük moleküllü bileşiklere bölünerek besin iyonlarına çevrilirler (Haktanır 1973).

Toprakta bulunan başlıca enzimler ve grupları aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 2.2. Bazı toprak enzimleri ve bağlı olduğu gruplar (Thornton vd., 1975)

<i><b>Oksido redüktazlar</b></i>	<i><b>Katalizlediği Reaksiyon</b></i>
Katalaz	$2 \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$
Dehidrogenaz	$\text{XH}_2 + \text{A} \rightarrow \text{X} + \text{A H}_2$
<i><b>Hidrolazlar</b></i>	<i><b>Katalizlediği Reaksiyon</b></i>
Selülaz	$\beta\text{-1,4}$ glukon bağlarının hidrolizi
$\alpha\text{-}$ ve $\beta\text{-}$ glukosidaz	$\text{Glikozid} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{ROH} + \text{glikoz}$
Fosfataz	$\text{Fosfat esterleri} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{ROH} + \text{fosfat}$
Proteaz	$\text{Proteinler} \rightarrow \text{peptidler ve amino asitler}$
Üreaz	$\text{Üre} \rightarrow 2\text{NH}_3 + \text{CO}_2$

### 2.3. Vermikompost ve Özellikleri

Vermikompost, atık dönüşüm sürecini hızlandırmak ve daha iyi bir son ürün elde etmek için belirli bir solucan türü ile oluşturulan biyoteknolojik bir kompost çeşididir. Buradaki amaç solucanların kompost içerisindeki organik maddeleri sindirmeleri sonucu açığa çıkan organik gübreden faydalanmaktır.

Toprak solucanları çeşitli organik atıkları tüketir ve bunların hacmini %40-60 oranında düşürür. Günde vücut ağırlıklarına eşdeğer bir atık tüketimleri söz konusudur. Bu sindirimde kullandıkları atıkların da yaklaşık %50 si kadar dışkı üretmektedirler. Vermikompost süreci diğer kompost süreçlerine göre oldukça hızlıdır ve ortamda ağır bir koku oluşmaz (Nagavallemma vd., 2004).

Vermikompost son ürünü (vermikest) içindeki bitki besin elementleri, bitkiye yararlılık ve konsantrasyon değeri açısından ticari saksı karışımlarından ve geleneksel metotlarla (aerobik kompost) üretilen kompost ürünlerinden daha üstün özelliklere sahiptir. Oksijenli parçalanmadan sonra solucanın sıvı formda aldığı besinler sindirim sisteminde daha ileri seviyede parçalandığı için; vermikest bitkiye yararlı besin elementleri açısından zengindir (Buchanan vd., 1988).

Vermikest, 10-15 cm' lik üst toprak katmanına oranla 5 kat fazla kullanılabilir azot, 7 kat fazla kullanılabilir potasyum, 3 kat fazla kalsiyum içerir. Vermikompostun içindeki bitki besin elementlerinin %97'si özellikle N, P ve K bitki tarafından büyüme sırasında doğrudan alınabilir formdadır (Barley, 1961).

Vermikestin içindeki bitkiye yararlı bazı besin elementleri konsantrasyonu, aerobik kompost ile elde edilen ürünlerin içerdiği konsantrasyon seviyelerinden daha yüksektir (Dickerson, 2004).

Vermikestin mikrobiyal aktivite seviyesi topraktan 10 ila 20 kat daha fazladır. Bu yüksek mikrobiyal çeşitlilik, bitki gelişimini teşvik eden kimyasalların (hormon ve diğer bileşikler) ve zararlı bitki patojenlerinin gelişimini baskılayan enzim ve çeşitli bileşiklerin üretilmesine neden olur (Anonymous, 1992).

Vermikestin içerdiği, solucan mukusu ile çevrelenmiş besin elementleri yavaş salınır ve bitki tarafından hemen kullanılabilir formdadır. Bu besinler yavaş çözüldüğü için sızıntı sonucu besin elementlerinin kaybı söz konusu olmaz. Ayrıca vermikestin porlu, yüksek havalanma ve su tutma kapasitesi bu maddeyi

mükemmel bir toprak ‐iyileştiricisi‐ yapmaktadır. Bu özelliklere ilaveten bu materyal bitki köklerini ekstrem sıcaklıklardan korur, erozyonu ve yabancı ot gelişimini azaltır. Vermikest kokusuzdur, insan sağlığına zarar verebilecek bir madde içermez ve %100 tekrar kullanılabilir maddeler içermektedir (Anonymous, 1992).

Vermikest en hassas bitkilerde dahi yanma etkisi göstermez ve tüm besin elementleri suda çözünebilir özelliktedir. Malç olarak kullanıldığında sulama ile besin elementleri doğrudan bitki köküne ulaşır. Bitkilerin hızlı ve güçlü şekilde büyümelerini temin eder. Böylece, bitki patojenlerinin bitkiye zarar verebilme olanakları azalır (Anonymous, 1992).

Edwards ve ekibi vermikestin, çimlenme öncesinde, sırasında ve sonrasında sebep oldukları enfeksiyonlar sebebiyle büyük ekonomik kayıplardan sorumlu toprak kökenli bitki hastalıklarını baskılama kapasitesini araştırdıkları saksı denemelerinde, vermikestin *Rhizoctonia*, *Fusarium*, *Pythium* ve *Verticillium* gibi toprak kökenli patojenlerin sebep olduğu hastalıkları etkili şekilde kontrol edebildiğini ortaya koymuştur (Edwards ve Arancon, 2004).

Benitez vd. (2002), tarafından zeytinyağı üretiminden elde edilen ve lignoselülotik atık olan kuru zeytin kekinin yalnız başına ve atık su artıma tesislerinden elde edilen arıtma çamurlarıyla farklı oranlarda karıştırılması sonucu elde edilen karışımların *Eisenia andrei* türü solucanlar ile vermikompost üretimi üzerine etkilerini araştırdıkları laboratuvar çalışmasında, solucan sayısı ve biyoması ile enzim aktivitesinde meydana getirdiği değişimleri ara dönemlerde yaptıkları örneklemelemlerde belirlemişlerdir. Karışımlardaki toplam solucan biyomasının başlangıçtaki aşılama yapılan düzeye göre 9 ile 12 kat arasında artış gösterdiğini ve vermikompostlaşma süresince ise hidrolitik enzimlerin ( $\beta$ -Glikosidaz ve fosfataz) aktivitesinde önemli artışların olduğunu saptamışlardır.

Albiach vd. (2000), 5 farklı organik materyalin (kentsel katı atık, hümik asit, vermikompost, arıtma çamuru ve koyun gübresi) bahçe toprağına uygulamasından 4 ve 5 yıl sonra toprakların enzim aktivitelerinde (dehidrogenaz, alkalın fosfomonoesteraz, fosfodiesteraz, arilsülfataz ve üreaz) ve mikrobiyal biyomas içeriğı üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada, genelde bu organik artıkların tamamının toprak enzim aktivitelerinde ve mikrobiyal biyomasta artışa neden olduğu, en yüksek etkinin ise sırasıyla kentsel katı atık, koyun gübresi ve arıtma

çamuru uygulamasından sağlandığı belirlenmiştir. Hümik asit uygulamasının ise toprakların biyolojik özelliklerinde fazla bir değişime neden olmadığı saptanmıştır. Bununla beraber, arıtma çamuru uygulamalarının toprakların biyolojik özellikleri üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmalarda elde edilen bulguların birbirlerinden önemli oranda farklılıklar gösterdiği saptanmıştır. Bu farklılığın temel sebebinin ise, değişen toprak ve çamur özelliklerinden kaynaklandığı yine bu çalışmalarla ortaya konulmuştur.

Karaca ve Arcak (1999), yaptıkları çalışmada organik madde kapsamları yüksek olan tütün tozu, mantar kompostu ve üzüm cibresinin toprağın üreaz enzim aktivitesi, azot mineralizasyonu, organik madde, C:N oranı, EC ve pH değerleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Topraklara 4 değişik dozda üç farklı atık (% 0, 2, 4 ve 8 ) ilave edilmiş ve 28°C' de 60 gün süreyle inkübe edilen topraklar tarla kapasitesinin %70' i düzeyinde tutulmuştur. Tütün tozu ilave edilmiş topraklarda üreaz aktivitesi, diğer iki tarımsal atık ilave edilmiş topraklara göre fazla bulunmuştur. Buna rağmen; inkübasyon süresi boyunca mantar kompostu ilave edilen topraklarda en hızlı amonyum çevrimi belirlenirken, en yavaş nitrifikasyon, tütün tozu ve üzüm cibresi ilave edilen topraklarda belirlenmiştir. En yüksek NO<sub>3</sub>-N' u miktarı tütün tozu ilave edilmiş topraklarda, bunu mantar kompostu ilave edilmiş toprak örnekleri takip etmekte ve en düşük NO<sub>3</sub>-N' u değerleri ise üzüm cibresi ilave edilmiş topraklarda belirlenmiştir. Her üç atık ilave edilmiş toprak örneklerinde artan doza ve zamana bağlı olarak pH değerleri azalma göstermiştir. Mantar ve tütün tozu ilave edilmiş topraklarda doza bağlı olarak bütün inkübasyon sürelerinde EC değerleri önemli artış göstermiş olup, üzüm cibresi ilave edilen topraklarda ise kontrol ve dozlar arasında önemli bir fark belirlenmemiştir. Her üç atık ilave edilmiş toprak örneklerinde de C:N oranı, ilave edilen atık dozuna bağlı olarak azalma göstermiştir. Bu sonuçlara göre, üzüm cibresinin diğer iki atık materyaline göre daha iyi bir organik madde kaynağı olduğu saptanmıştır.

Nagavallema ve arkadaşları tarafından 2004 yılında yürütülen denemede, vermikompostun bitki büyümesine teşvik edici özelliği biyo deneme yöntemiyle test edilmiştir. Mısır fidesi (*Zea mays*) normal su ve vermikompostlu su içinde 48 saat bekletilmiş ve daha sonra gövdesi ölçülmüştür. Mısır gövde uzunluğundaki belirgin farklılık; normal su uygulamasında 16,5 cm'den 16,6 ya uzarken vermikompost uygulamasında 17,6 cm'den 18,6 cm'ye uzamıştır. Bu sonuçlar da vermikompostun büyümeyi teşvik eden maddeler içerdiğini göstermektedir.

Vermikompostun farklı tarla bitkileri, sebze, meyve ve süs bitkilerinde gelişme ve verim artışında büyük rol oynadığı yapılan çalışmalarda belirtilmiştir. *Vigna radiata* isimli bir baklagil türünde vermikompost uygulamasıyla çimlenme yüzdesi %93 iken kontrolde %83 olarak gerçekleştiği tespit edilmiştir. Ayrıca vermikompost uygulamasının ürün verimini ve gelişimini artırdığı belirlenmiştir. Aynı şekilde bir başka saksı deneyinde bir börülce türü olan *Vigna unguiculata*' da vermikompost denemesi yapılmış, taze ve kuru madde verimleri daha yüksek bulunmuştur (Karmegam vd., 1999, Karmegam ve Daniel 2000).

Vermikompost verimliliği Desai ve arkadaşları tarafından 1999 yılında yapmış oldukları bir arazi çalışması olarak değerlendirilmiştir. Azotlu gübre ile birlikte verilen vermikompost gübrelemesi buğdayda (*Triticum aestivum*) tane verimini artırmıştır (Desai vd., 1999). Benzer şekilde, olumlu bir sonuç sorgum (*Sorghum bicolor*) (Patil ve Sheelavantar 2000) ve ayçiçeği (*Helianthus annuus*) gibi diğer tarla bitkilerinde vermikompost uygulamasıyla elde edilmiştir (Devi ve Agarwal 1998, Devi vd. 1998). ABD'de Ohio State Üniversitesi' nde yapılan benzer bir çalışmada, sera çalışmalarında vermikompostun sebze büyüme hızını artırdığı gösterilmiştir. (Edwards ve Arancon, 2004).

Vermikompostun farklı düzeylerde uygulanması ile kasımpatı (*Chrysanthemum chinensis*) gibi çiçeklerin taze ağırlığı arttığının ve önerilen NPK gübreleriyle birlikte verilen vermikompost gübresi ile bitki başına düşen çiçek sayısı, çiçek çapı ve verimin arttığı bildirilmiştir (Nethra vd., 1999).

Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde yapılan bir denemede farklı dozlarda ahır gübresi ve vermikompost uygulamalarının açık tarla koşullarında ıspanak yetiştiriciliğinde kullanım olanakları araştırılmıştır. Düşük dozlarda bile olsa vermikompostlu uygulamaların toprağın Mn ve Cu kapsamlarına olumlu etki gösterdiği dikkat çekmektedir (Çıtak vd., 2011).

Macci vd. (2010) tarafından zeytin karasuyu ve saman 1:3 oranında karıştırılıp plastik kaplarda (25cm X 15cm X 5cm) 30 adet ergin *Eisenia fetida* türü kompost solucanları ile 13 haftalık bir sürede vermikompost işlemi yapılmıştır. Vermikompost işlemi sonunda toplam organik karbonda %35, hidrolitik enzim aktivitesinde %40 ve dehidrogenaz enzim aktivitesinde %23 azalma olduğu saptanmıştır. C:N oranı 31,2 den 12,3 e düşmüştür. Enzim aktiviteleri ( $\beta$  glikozidaz, fosfataz, üreaz ve proteaz) ilk duruma göre genellikle yüksek veya eşit

olduğu, bunun nedeninin hümik maddenin mikroorganizmalara olan direncine ve çevre stresine bağlı olduğu belirtilmiştir. Diğer taraftan zeytin karasuyunun toksik etkisini yitirip çimlenme ve gelişme üzerine olumlu sonuçlar gösterdiği yapılan bitki testleriyle de desteklenmiştir.

Vermikompost işlemleri karasuyun yönetimi için alternatif ve geçerli bir yöntem olabilmektedir. İtalya’da yapılan bir laboratuvar çalışmasında karasu, bir ligno-selülozik katı ortam üzerine absorbe edilmiş ve 30 yetişkin *Eisenia fetida* solucan türü ilave edilmiştir. 13 hafta süren deney sonucunda solucan sayısı artmış ve 2 hafta sonra solucanların yaklaşık %90’ı cinsel olgunluğa ulaşmıştır. Buna göre toplam organik karbondaki %35 azalma, C:N oranında 31,2’ den 12,3’ e doğru bir değişim tespit edilmiştir. Sonuç olarak karasu atığının bitki üzerine olan olumsuz etkisini kaybedip, bitki büyüme ve gelişmesini desteklediği tespit edilmiştir. (Cristina vd., 2010).

İspanya’ da farklı fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellik gösteren organik maddeler toplanarak normal bahçe kompostu ve *Eisenia fetida* türü solucan kullanılarak vermikompost işlemleri gerçekleştirilmiştir. Kullanılan materyaller; et endüstrisi katı atığı, zeytin karasu atığı, elma suyu fabrikası filtresinden alınan perlit, elma suyu fabrikası elma kabuğu atığı ve şarap fabrikası üzüm artıklarıdır. Tınlı kum bünyeli toprakla karıştırılan bu iki kompostlaşma işlemleri sonucu oluşan kompostlar yüksek su tutma kapasitesi gösterirken özellikle elma kabuğu atığı içeren kompostlar çok daha iyi bir strüktürel gelişme göstermiştir. Özellikle bu atıklardan karasu, elma fabrikası filtresinden alınan perlit ve şarap fabrikası üzüm artıkları vermikompost işlemleri sonucu normal kompostta göre çok daha verimli sonuçlar çıkarmıştır (Gispert vd., 2000).

## 2.4. Solucanların Sınıflandırılması

Solucanlar (*Oligochaeta*) sınıfına ait olan familyanın üyeleri gerçek toprak organizmalarıdır. Avrupa’da saptanan toprak solucanlarına ait 2 familya bulunmaktadır. Bunlar *Lumbricidae* veya “gerçek yer solucanları” ve *Enchytraeidae* olarak tanımlanan daha küçük saksı kurtlarıdır. *Lumbricid*ler, ılıman bölge dışında yer solucanlarının diğer familyalarından daha az yaygındırlar (Haktanır ve Arcak, 1997).



### 2.4.1. Taksonomik Özellikler ve Yayılış

Yer solucanlarıyla ilgili literatür, 1758 tarihinde Linnaeus tarafından *Lumbricus terrestris*'in taksonomik sınıflandırmasının yapılmasıyla başlamıştır. Yer solucanları *Annelida* (Halkalı kurtlar) şubesinde *Oligochaeta / Clitellata* (Solucanlar) sınıfında tanımlanan toplam 300 tür ile temsil edilmektedir (Hendrix, 2000).

Yer solucanları termit ve karıncalarla beraber toprak makrofauna grubu içinde insanlarca en fazla tanınan, toprağın yapısı ve işlevi üzerinde en fazla biyolojik etkiye sahip olan gruptur. Ekosistem bileşenleri üzerinde çok yönlü ve derin etki kapasiteleri sebebiyle yer solucanları, termit ve karıncalar gibi ekosistem mühendisleri olarak da isimlendirilir (Lavelle ve Spain, 2001).

Yer solucanları 600 milyon yıl önce karasal ekosistemlerde kolonileşmeye başlamışlardır (Hendrix, 2000) ve bugün dünyanın en kuru ve en soğuk bölgeleri dâhil olmak üzere dünyanın her yerinde bulunmaktadır (Lee, 1985). Çoğu yer solucanı toprakta; döküntü kazıyıcı olarak veya toprak üstünde eğrelti otu ve yosun kaplı kütüklerde, canlı bir ağaç kabuğu altında, gübre yığını içinde veya çöp yığınları içinde bulunur (Lee,1985).

Yer solucanları her iklim bölgesinde bulunmakla beraber, yoğun olarak ılıman iklime sahip coğrafyalarda bulunurlar. Ilıman bölgelerde yaşayan türlerden kırmızı renkli *Lumbricus terrestris* ve açık pembe renkli *Alolobophora caliginosa* Avrupa, doğu ve orta ABD' de oldukça yaygındırlar (Haktanır ve Arcak, 1997).

### 2.4.2. Ekolojik Sınıflandırma

Yer solucanlarının ekolojik sınıflandırması toprakta yaşadıkları katman ve tükettikleri besin türüne göre yapılabilmektedir.

Ekolojik türler;

- Döküntü kazıyıcıları (*epigeic*),
- Üst toprak kazıyıcıları (*anegeic*),
- Alt toprak kazıyıcıları (*endogeic*) olarak isimlendirilmektedir (Lavelle, 1981; Lavelle, 1983; Lavelle ve Spain, 2001).

Döküntü kazıyıcı (*epigeic*) türler, toprak yüzeyindeki döküntü katmanını içinde; O ve A katmanlarında yaşarlar. Bu sebeple, kuraklık, aşırı sıcaklık gibi olumsuz çevre koşullarından en fazla etkilenen gruptur. Küçük veya orta boy uzunluktadırlar. Kısa generasyon süresine ihtiyaç gösterirler, yüksek üreme ve ölüm oranına sahiptirler (Edwards ve Bohlen, 1996).

- *Lumbricus rubellus*,
- *Bimastos spp.*,
- *Denrobaena octaedra*,
- *Denrobaena rubida*,
- *Eisenia fetida* bu grupta yer alan türlerdir.

Üst toprak kazıyıcı türler (*anegeic*) de yüzey döküntüleri ile beslenirler. Başlarını kullanarak kanal açma yetenekleri kuvvetli olup, baş ve sırtları kahverengidir (Lee, 1959; Bouche, 1977). Büyük boyutlarda olup (yetişkinler 200-1100 mm), uzun generasyon zamanına ihtiyaç gösterirler; düşük gelişme ve ölüm oranına sahip oldukları için uzun yaşarlar (Lavelle, 1981; Lavelle, 1983; Lavelle ve Spain, 2001). *Lumbricus terrestris* ve *Alolobophora longa* bu gruba örnek türlerdir.

Alt toprak kazıyıcı (*endogeic*) türler, toprakta yatay olarak hareket ederler. Genellikle besin olarak ayrılmış bitki kökleri ve toprak organik maddesi tüketirler. Genelde toprağın üstten 10 cm' lik bölgesi ile bitki kökleri çevresinde yoğun olarak bulunan, farklı boyutlarda olan, ya hiç ya da çok az pigmentasyon gösteren türlerdir. Örnek türler olarak *Aporrectodea caliginosa*, *Octolasion cyaneum*, *Diplocardia spp.* sayılabilir (Lavelle, 1981; Lavelle, 1983; Lavelle ve Spain, 2001).

## 2.5. Yer Solucanlarının Morfolojik ve Fizyolojik Özellikleri

Yer solucanlarının vücut şekli basittir ve fazla değişkenlik göstermez. Yer solucanları esnek, silindirik, segmentli vücut şekline sahiptirler. Uzunlukları ise yumurtadan yeni çıkmış olanlar için birkaç mm iken, dev Avustralya solucanları (*Megascolides australis*) için bu boyut 50-100 cm arasında değişmektedir (Hendrix, 2000; Lavelle ve Spain, 2001).

Toprak solucanlarının boyu genellikle 5-15 cm arasındadır ve bu ölçüt tek bir tür popülasyonu içerisinde bile oldukça değişken olup en büyük erişkinler yeni yumurtadan çıkmış bireylerden 100 kat daha uzun olabilirler (Lavelle ve Spain, 2001).

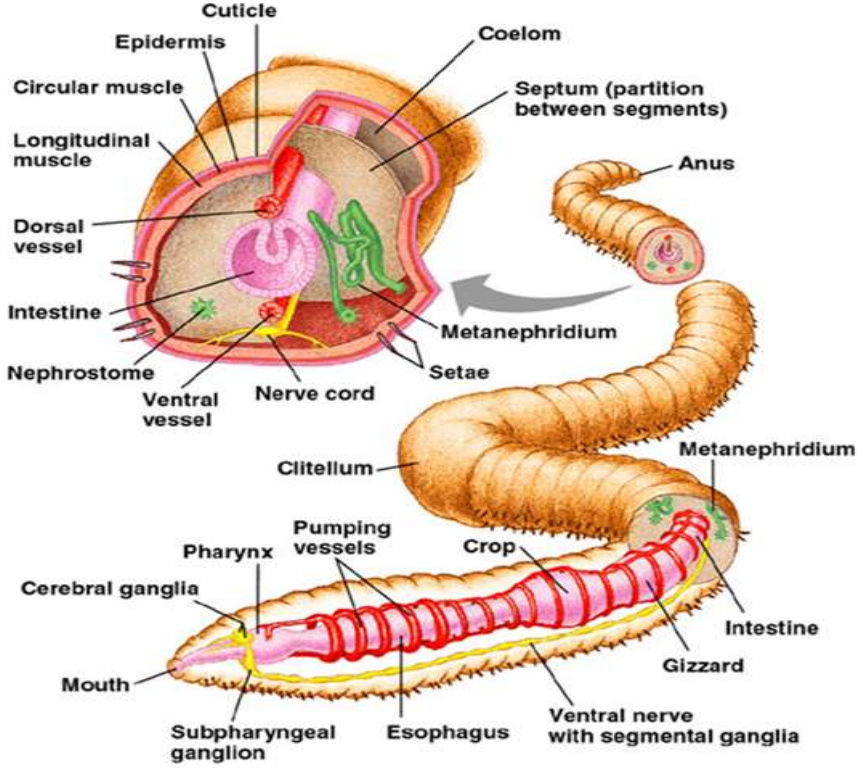
## **2.6. Yer Solucanlarının Anatomisi**

Vücutları esas olarak sölom adı verilen içi sıvı dolu vücut boşluğunun ayırdığı iki tüp, vücut duvarı ve sindirim sisteminden oluşur. Bu sebeple, solucanların morfolojisi kabaca iç içe girmiş 2 boruya benzetilebilir (Hendrix, 2000).

Dış taraftaki boru vücut borusu, içteki ise sindirim borusudur ve buna besin kanalı adı da verilmektedir (Edwards ve Bohlen, 1996; Hendrix, 2000).

Sindirim işlevi içteki bu besin kanalında olmaktadır. Yutak sistemlerinde çene ve öğütücü bir kısım olmadığından, solucanlar yutmuş oldukları taş parçacıkları yardımıyla besin maddelerini sindirirler (Haktanır ve Arcak, 1997).

Sindirim sistemi, iki kas tabakasından oluşmaktadır. Dıştaki lifler uzun kaslardan, içteki tabaka halkalı kaslardan oluşmaktadır (Edwards ve Bohlen, 1996).



Şekil 2.1. Yer Solucanı Anatomik Yapısı (Edwards ve Bohlen, 1996)

Yer solucanları kapalı dolaşım sistemine sahiptir ve solunumları da ıslak deri yoluyla olmaktadır (Lavelle ve Spain, 2001; Hendrix, 2000). Yer solucanları sindirim sisteminin dışında, dolaşım sistemi, solunum sistemi, salgı sistemi, sinir sistemi ve üreme sistemine sahiptirler (Edwards ve Bohlen, 1996). Bu canlıların en önemli özelliklerinden birisi de hermafroid olmalarıdır. Yani, her bir birey hem dişi hem de erkek üreme organını taşır. Üreme sürecinde, spermiler iki birey arasında değiştirilir ve sonra clitellum tarafından kokon salıverilir (Hendrix, 2000). Kokon koza benzeri yapı olup içinde döllenmiş yumurtalar bulunur. Yavrular kokon içerisinde gelişir ve kokonların şekli ve büyüklüğü türlere göre ve beslenme tipine ve yeterliliğine göre farklılık göstermektedir (Edwards ve Bohlen, 1996).

Yer solucanları hem ayrışmakta olan bitki materyali hem de mineral maddeleri sindirim sistemlerine alarak öğütür ve yararlanmadıklarını toprağa bırakırlar. Bu dışkıları yarayışlı besin maddesi ve enzim aktivitesi yönünden zengindir. Mikrobiyal aktivitesi yüksektir.

Tarım toprakları için büyük öneme sahiptirler. Toprağı işlerler, özel salgılarıyla kanal oluştururlar ve bu kanalların çeperleri yarıyışlı N, P, K, ve Ca bakımından zengindir. Bitki kökleri gelişim sırasında bu kanalları takip eder ve bu besin maddelerinden yararlanır. Bu canlıların sindirim sistemi, organik maddenin ayrışması için selülaz ve kitinaz enzimlerini içermektedir (Haktanır ve Arcak, 1997).

Yer solucanları toprak oluşumunda da önemli rol oynamaktadırlar. Wollny (1980)'nin çalışmalarına göre yer solucanları toprak strüktürü, porozite, su iletimi, havalanma, su tutma kapasitesini olumlu etkilemektedir. Bu fiziksel ve kimyasal koşulların iyileştirilmesi nedeniyle toprak verimliliği üzerinde çok önemli etkileri bulunmaktadır.

## 2.7. Vermikompost işleminde Kullanılan Solucan Türleri

Üst toprak kazıyıcı (oyuk açan) türler *Pertima elongata* ve *Pertima asiatica* toprağın derinliklerinde yaşar. Diğer taraftan, döküntü kazıyıcı (oyuk açmayan) türler *Eisenia fetida* ve *Eudrilus eugeniae* toprak yüzeyinin üst katmanında yaşamaktadır.

Oyuk açan türler soluk renklidir ve 20 - 30 cm uzunluğunda ve 15 yıla kadar yaşarlar. Oyuk açmayanlar ise 10 ila 15 cm uzunluğunda, ancak onların ömrü sadece 28 aydır.

Döküntü kazıyıcı solucanlar, % 10 toprak ve % 90 organik atık maddelerini tüketirler ve üst toprak kazıyıcı solucanlara göre daha hızlı vermikompost atıklarını dönüştürürler.

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 iklim kuşağındaki bölgelere iyi adapte olurlar.

Bu sayılan türler içinde, ticari amaçla kurulan vermikompost işletmelerinde en fazla tercih edilen tür *Eisenia fetida* ve ikinci olarak da *Lumbricus rubellus*' tur (Dickerson, 2004).

*Eisenia fetida*'nın en fazla tercih edilen tür olmasında rol oynayan birçok sebep mevcuttur.

Bunlar:

- 1) Bu tür diğer türlerden daha hızlı besin tüketir ve daha yüksek üreme ve populasyon artış oranlarına sahiptir.
- 2) Yeterli besin içeriğine sahip çevrelerde yaşama, mevcut besini tüketme ve çoğalma kapasitesi yüksektir,
- 3) Çok farklı iklim ve çevre koşullarına uyum sağlayabilir.
- 4) Uygun çevre koşulları ve kolay ulaşılan yeterli miktarda besin kaynağı mevcut ise populasyon artışı çok hızlı olur (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.

## **2.8. Vermikompost İşleminde Uygulanan Metotlar**

Vermitekoloji alanında uygulanan yöntemler; basit açık alan yığın sıralarından (windrow), kompleks kapalı sistem (continuous) reaktörlere kadar uzanan geniş bir çeşitliliğe sahiptir (Price, 1987).

Toprak üzerinde açık sıra yığınlar şeklinde yapılan sıra metodunda süreç çok dikkatli takip edilmelidir. Solucan üretiminin, 50 cm' lik derinliğe sahip yataklarda, organik atık veya atıkların düzenli aralıklarla ve ince katmanlar şeklinde yapıldığı sistemler fazla işçilik gerektirmez ve kolay uygulanır.

### **2.8.1. Düşük Maliyetli Zemin Yataklar**

Açık alan sıra yığınları veya basit duvarlarla çevrili yataklar vermikompostlama alanında kullanılan en basit yöntemlerdir. Bu yatakların büyüklükleri konusunda kısıtlama yoktur, fakat enine uzunluğunun 2,4 m' yi geçmemesi, yığının tamamının işlenmesini kolaylaştırır. Yığının uzunluğu çok daha az öneme sahiptir ve tamamen kullanım alanına bağlı olarak belirlenebilir. Vermikompost karışımı doğrudan toprak üzerinde olabilir ve sızma sebebiyle toprağın suya doyması diye bir durum olmaz. Bu metodun uygulamasında yeterli su ilavesi ve fazla suyun serbest şekilde yığını terk etmesi sağlanmalıdır. Bu zemin yataklar/ sıralar organik maddeyi diğer yöntemlere göre daha yavaş (6-12 ayda) işler. Bu süre içinde buharlaşma ve sızıntı sebebiyle bitki besin kayıpları olabilir (Edwards, 1998).

### **2.8.2. Hareketli Besleme-Kapaklı Yataklar**

Vermikompostlama alanında işlem etkinliğini arttırmak için, yatak derinliğinin en fazla 1 m olması ve yiyecek katmanlarınının 1-2 cm olarak sıkça ilave edilmesi önemlidir. Bu amaç yatak kenarları üzerinde yükselen hareketli bir kapak kullanımı ile gerçekleştirilebilir. Az, ama sık besin ilavesi çöp işleme etkinliğini en yüksek seviyeye çıkarır, kompostlaşma sürecinde ısı üretiminin en alt seviyede kalmasını ve solucanların devamlı olarak en taze besinle yüzeye yakın beslenmelerini temin eder (Edwards, 1998).

### **2.8.3. Kutu veya Kaplar**

Büyük-küçük kutu veya kaplar içinde gerçekleştirilen yığın vermikompostlama metodunda çok fazla iş gücü gerektiği için bu malzemelerin, ilave birimlerle geliştirilmesi gerekmektedir. Bu metot daha çok küçük çaplı ev ve yemekhane gibi mekânlar için uygundur (Edwards, 1988).

### **2.8.4. Yükseltmiş Hareketli-Besleme Kapaklı Yataklar**

Solucan faaliyeti genelde üst 10-15 cm' lik organik çöp tabakasında gerçekleştiği için zamanla ilave edilen besin tabakaları içeriği doldurur, bunların boşaltılması gerekir. Çöplerin işlenme etkinlik ve hızını arttırmak için, yatak malzemesine ayak ekleyerek yükseltmek ve böylece çöpleri alttan almak mümkün olur. Eğer yatak delikli bir alt kısma sahipse, buradan solucanlar tarafından işlenen atıklar mekanik araçlarla aşağıya dökülmesi sağlanabilir veya kazıma aletleri ile alt tabakanın alttaki bir hareketli çekmece kısmına dökülerek vermikestin toplanması sağlanabilir. Yiyecek yalıtımlı bir üst kapaktan günlük olarak ince tabakalar halinde ilave edilip, işlenen besin alttan toplanırsa bu şekilde yatak içindeki solucanlar rahatsız edilmeden bu sistem sürekli kullanılabilir. Bu sistem eğer istenirse, tamamen mekanize edilebilir. Böylesi otomatik devamlı-işleyen kaplar (automated continous- processing reactor) 2 yıl boyunca problem yaşamadan ve etkili bir şekilde kullanılabilir (Price ve Phillips, 1990; Edwards, 1995).



### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Araştırma Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü'nde inkübasyon denemesi olarak yürütülmüştür.

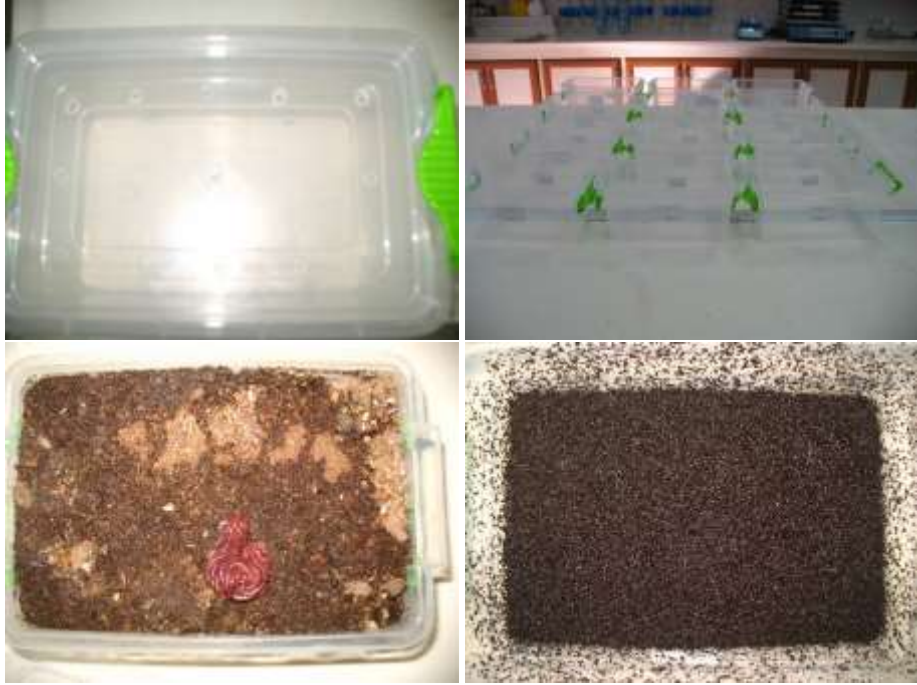
Değişen oranlarda zeytin karasu kekinin, farklı organik materyallerle (pamuk çırçır atığı, cibre ve ahır gübresi) karıştırılarak *Eisenia fetida* türü kompost solucanları yardımı ile vermikompost elde edilmiştir. Elde edilen vermikompostların bazı fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve biyokimyasal özellikleri araştırılmıştır.



Şekil 3.1. Denemede kullanılan organik materyaller, a-ahır gübresi, b-cibre, c-karasu keki, d-pamuk çırçır atığı



Şekil 3.2. Denemede kullanılan *Eisenia fetida* türü solucanlara ait görseller



Şekil 3.3. Üstte denemede kullanılan polietilen kaplar, altta vermikompost işleminin ilk ve son halleri



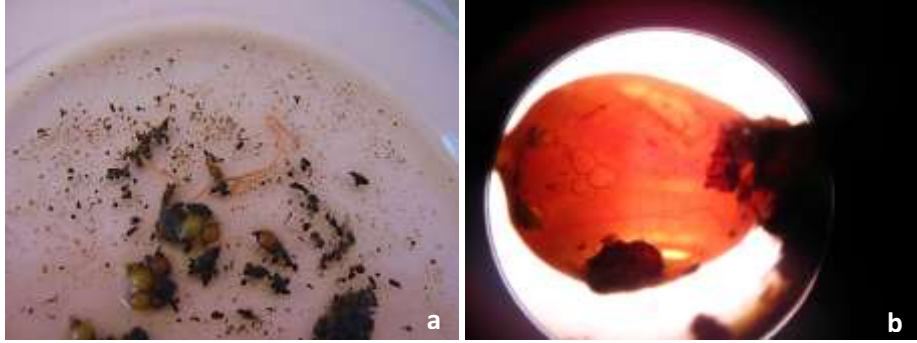
Şekil 3.4. Kapların tül ile kapatılması



Şekil 3.5. Vermikompost işlemi sonrası çıkarılan solucanların tartımları



Şekil 3.6. Sayım için kokonların ayrılması ve ayrılan kokonlar



Şekil 3.7. a-Kokondan çıkan yavru solucanlar, b-kokonun mikroskop altındaki görüntüsü

Araştırmada kullanılan karasu keki Aydın Tariş Zeytinyağı İşleme Tesisi kurutma havuzlarından, cibre Tariş Alaşehir Üzüm İşletmesi'nden, pamuk çırçır atığı Aydın Tariş Pamuk İşleme Tesisi'nden ve ahır gübresi Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi ahırlarından temin edilmiştir.

### 3.2. Yöntem

Karasu keki, pamuk çırçır atığı, cibre ve ahır gübresi 65°C' de sabit ağırlığa gelene kadar kurutularak öğütülmüştür. Karasu kekine karıştırılacak organik materyaller (pamuk çırçır atığı, cibre ve ahır gübresi) 1:1:1 oranında olacak şekilde kuru ağırlıkları üzerinden kendi aralarında eşit olarak karıştırılmıştır. Karasu keki %15, %30, %45, %60 olacak şekilde (Ön çalışmada %80-100 karasu keki miktarında solucanların öldüğü tespit edildiği için üst limit maksimum karasudan faydalanmak amacıyla %60 olarak belirlenmiştir) diğer organik materyaller ile karıştırılarak toplam ağırlıklarının %80' i oranında nemlendirilmiştir. Karışımlar 2 lt' lik kapağı delikli polietilen kaplara toplam 1kg karışım olacak şekilde konulmuştur. Deneme 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Karışım oranları Çizelge 3.1.' de verildiği gibidir.

Çizelge 3.1. Denemede oluşturulan karışım oranları

<b>% ORAN</b>	<b>KARASU KEKİ KARIŞIM ORANLARI</b>	<b>1:1:1 ORGANİK MADDE KARIŞIM ORANLARI</b>
<b>%15</b>	KARASU KEKİ (150 g)	AHIR GÜBRESİ (283,33 g)
		CİBRE (283,3 g)
		PAMUK ÇIRÇIR ATIĞI (283,33 g)
<b>%30</b>	KARASU KEKİ (300 g)	AHIR GÜBRESİ (233,33 g)
		CİBRE (233,33 g)
		PAMUK ÇIRÇIR ATIĞI (233,33 g)
<b>%45</b>	KARASU KEKİ (450 g)	AHIR GÜBRESİ (183,33 g)
		CİBRE (183,33 g)
		PAMUK ÇIRÇIR ATIĞI (183,33 g)
<b>%60</b>	KARASU KEKİ (600 g)	AHIR GÜBRESİ (133,33 g)
		CİBRE (133,33 g)
		PAMUK ÇIRÇIR ATIĞI (133,33 g)

2 lt' lik polietilen kaplara koyulan ve %80 oranında nemlendirilen organik materyaller üzerine her uygulama için yaklaşık aynı ağırlıkta olacak şekilde ve ergin solucanlardan seçilmiş 15 adet *Eisenia fetida* türü kompost solucanı organik karışımın üzerine koyulmuş ve polietilen kapların üzeri havalanmayı engellemek için tül ile kapatılmıştır. Polietilen kaplar 27°C' de iklim odasında karanlıkta vermikompost oluşumu için 90 gün boyunca inkübasyona tabi tutulmuştur. Düzenli olarak nemlendirme yapılmıştır.

Denemenin 30., 60. ve 90. günlerinde alınan örneklerde C ve N mineralizasyonlarının belirlenmesinin yanında humifikasyon indeksi, dehidrogenaz, alkalın fosfataz ve üreaz enzim aktiviteleri belirlenmiştir. 90. gün elde edilen vermikompostlarda 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 içerikleri belirlenmiştir.

90 gün sonunda her polietilen kap içerisindeki solucanlar ayrılarak saf su ile yıkanıp tartımları yapılmıştır. Her kaptaki solucan ve kokon (solucan yumurtası) sayısı belirlenmiştir.

### **3.3. Vermikompost Analiz Yöntemleri**

#### **3.3.1. Fiziksel ve Kimyasal Analizler**

##### **3.3.1.1. pH tayini**

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

##### **3.3.1.2. Elektriksel geçirgenlik (EC) tayini**

1:10 örnek-saf su süspansiyonunda elektriksel geçirgenlik aleti ile belirlenmiştir (DIN 11542, 1978).

##### **3.3.1.3. Toplam azot (N) tayini**

Yaş yakılan örneklerde modifiye kjeldahl yöntemi uygulanarak belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

##### **3.3.1.4. Toplam fosfor (P) tayini**

Nitrik ( $\text{HNO}_3$ )-perklorik ( $\text{HClO}_4$ ) asit (4:1 oranında) karışımı ile yaş yakılan örnekler süzülerek 50 ml'ye tamamlanmış ve spektrofotometrik olarak belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

### **3.3.1.5. Toplam potasyum (K), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) tayini**

Nitrik ( $\text{HNO}_3$ )-perklorik ( $\text{HClO}_4$ ) asit (4:1 oranında) karışımı ile yaş yakılan örnekler süzülerek 50 ml' ye tamamlanmış ve flame-fotometrik olarak belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

### **3.3.1.6. Toplam bor (B) tayini**

Kül fırında  $550^\circ\text{C}$ ' de kuru yakılan örneklerde azometin-H indikatörü kullanılarak kolorimetrik olarak tayin edilmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

### **3.3.1.7. Organik madde tayini**

Kuru yakma yöntemiyle  $550^\circ\text{C}$ ' de yanma kaybından yapılmıştır (Kacar ve İnal, 2008).

## **3.3.2. Mikrobiyolojik ve Biyokimyasal Analizler**

### **3.3.2.1. Humifikasyon indeksi tayini**

Örneklerin 0.5 M NaOH ile ekstraksiyonu sonucu ortaya çıkan ekstraktın 280, 472 ve 664 nm dalga boylarında ölçülmesiyle belirlenmiştir (Sapek ve Sapek, 1999) ve humifikasyon indeksi olarak değerlendirilmiştir (Gieguzyńska vd., 1998).

### **3.3.2.2. Karbondioksit ( $\text{CO}_2$ ) oluşumu (Toprak Solunumu)**

0,1 N KOH çözeltisi kullanılarak ve  $27^\circ\text{C}$ ' de 7 günlük bir inkübasyon süresi sonunda saptanmıştır (Isermeyer, 1952).

### **3.3.2.3. Azot (N) mineralizasyonu**

Su ile doygun hale getirilen örnekler  $40^\circ\text{C}$ ' de 7 gün inkübasyonda bırakıldıktan sonra açığa çıkan  $\text{NH}_4\text{-N}$ ' u modifiye edilmiş Bertholet reaksiyonu ile saptanmıştır (Keeney, 1982).

### **3.3.2.4. Dehidrogenaz enzim aktivitesi (EC 1.1)**

TTC (trifenil tetrasolium klorür) çözeltisi ilave edilen örneklerinin 16 h  $25^\circ\text{C}$ ' de inkübasyonundan sonra oluşan TPF' nin (trifenil formazan) 546 nm' de fotometrik ölçümü ile belirlenmiştir (Thalman, 1968).



### **3.3.2.5. Üreaz enzim aktivitesi (EC 3.5.1.5)**

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 and Gerber, 1988).

### **3.3.2.6. Alkalın fosfataz enzim aktivitesi (EC 3.1.3.1)**

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).

### **3.3.3. Sonuçların Değerlendirilmesi ve İstatistiksel Yöntemler**

Vermikompost ve toprak analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi “IBM SPSS 21.0” istatistik paket programı kullanılarak yapılmıştır.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Kompost Materyallerinin Kimyasal Özellikleri

Vermikompost işleminde kullanılan organik materyallerde saptanan pH, elektriksel iletkenlik (EC), organik madde, karbon-azot oranı (C:N), azot (N), fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg) ve bor (B) değerleri Çizelge 4.1.'deki gibidir.

Çizelge 4.1. Kompost materyallerinin kimyasal özellikleri

PARAMETRE	MATERYAL			
	Ahır Gübreşi	Cibre	Karasu	Pamuk Çırçır Atığı
pH	8,22	4,27	6,10	5,88
EC (mS cm <sup>-1</sup> )	2,61	1,77	2,75	7,05
Organik Madde (%)	43,7	89,6	76,0	83,6
C:N	37,8	21,0	9,2	21,9
N (%)	0,67	2,47	4,81	2,21
P (mg kg <sup>-1</sup> )	4364	1996	1276	3146
K (mg kg <sup>-1</sup> )	12980	20384	27041	23631
Ca (mg kg <sup>-1</sup> )	19602	10516	24649	50896
Mg (mg kg <sup>-1</sup> )	4733	1419	2813	6472
B (mg kg <sup>-1</sup> )	12,76	23,11	33,74	96,80

Kompost materyallerinde en yüksek pH değeri 8,22 ile ahır gübresinde, en düşük pH değeri 4,22 ile cibrede saptanmıştır. Elektriksel iletkenlik değerlerinde (EC) en yüksek değer 7,05 mS cm<sup>-1</sup> ile pamuk çırçır atığında, en düşük 1,77 mS cm<sup>-1</sup> ile cibrede gözlenmiştir.

Organik madde içeriği bakımında kompost materyalleri arasında en yüksek organik madde içeriği %89,6 ile cibrede, en düşük %43,7 ile ahır gübresinde gözlenmiştir.

Kompost materyallerinde toplam azot içeriğinde en düşük değer ahır gübresinde %0,67 oranında tespit edilirken en yüksek karasu kekinde %4,81 oranında tespit edilmiştir.

Karbon azot oranlarında en düşük 1:9,2 ile karasuda tespit edilirken en yüksek oran 1:37,8 ile ahır gübresinde tespit edilmiştir.

Kompost materyalleri arasında en yüksek fosfor içeriği ahır gübresinde saptanırken en düşük fosfor içeriği karasu kekinde saptanmıştır. Diğer yandan potasyum içeriği bakımından en zengin materyal karasu keki olarak tespit edilirken en düşük potasyum içeriğine sahip materyal ahır gübresi olarak tespit edilmiştir. Kalsiyum ve magnezyum içeriği bakımından zengin olan materyal pamuk çırçır atığı olarak ön plana çıkarken bu elementler bakımından en düşük değerler gösteren materyal cibre olmuştur. Son olarak da en yüksek bor içeriği pamuk çırçır atığında, en düşük bor içeriği ise ahır gübresinde tespit edilmiştir.

#### 4.2. Vermikompostların Deneme Sonunda Saptanan Kimyasal Özellikleri

Denemenin sonunda (90. gün) elde edilen vermikompostlarda biyokimyasal parametrelerin dışında ayrıca pH, elektriksel iletkenlik (EC), organik madde, karbon azot oranı (C:N), toplam azot (N), fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg) ve bor (B) içeriklerine ait parametreler de saptanmıştır.

Deneme sonunda vermikompostlara ait kimyasal özellikler Çizelge 4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Deneme sonunda vermikompostlarda saptanan kimyasal özellikler

<i>PARAMETRE</i>	<i>VERMIKOMPOST ÖRNEKLERİ</i>			
	<i>%15 Karasu</i>	<i>%30 Karasu</i>	<i>%45 Karasu</i>	<i>%60 Karasu</i>
<b>pH</b>	8,15	8,61	9,03	9,08
<b>EC (mS cm<sup>-1</sup>)</b>	3,41	2,48	2,13	1,60
<b>Organik Madde (%)</b>	64,6	60,7	70,2	77,5
<b>C:N</b>	28,2	24,6	26,8	25,2
<b>N (%)</b>	1,33	1,43	1,52	1,78
<b>P (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	4685	3810	2880	2472
<b>K (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	22406	25319	23248	16186
<b>Ca (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	36763	39455	35081	29697
<b>Mg (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	6388	5766	5064	3762
<b>B (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	62,39	60,09	60,04	59,89

### 4.3. Vermikompostlarda, Solucan Gelişimi İle İlgili Deneme Sonunda Saptanan Özellikler

Deneme sonunda solucan aktivitesi hakkında fikir edinebilmesi için de vermikompost örneklerinde solucan sayısı, kokon sayısı ve solucan ağırlıkları saptanmıştır.

Deneme sonunda vermikompostlarda saptanan solucan verileri Çizelge 4.3.'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Deneme sonunda vermikompostlarda saptanan solucan verileri

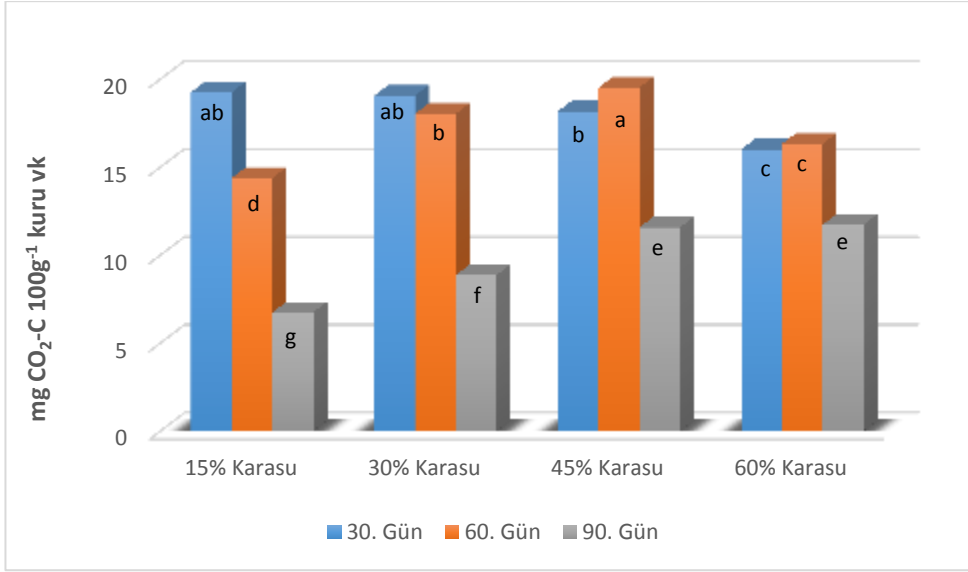
<i>PARAMETRE</i>	<i>VERMIKOMPOST ÖRNEKLERİ</i>			
	<i>%15 Karasu</i>	<i>%30 Karasu</i>	<i>%45 Karasu</i>	<i>%60 Karasu</i>
<b>Solucan Sayısı (adet)</b>	379	745	935	1093
<b>Kokon Sayısı (adet)</b>	238	272	278	331
<b>Solucan Ağırlığı (g)</b>	44,94	82,17	103,11	132,71
<b>Ort. Tek Solucan Ağırlığı (g)</b>	0,118	0,110	0,110	0,121

Deneme sonunda oluşan vermikompost örneklerinde artan karasu keki miktarına bağlı olarak solucan aktivitesinin de arttığı belirlenen parametreler (solucan sayısı, kokon sayısı, solucan ağırlığı) neticesinde gözlenmektedir.

### 4.4. Vermikompost Örneklerinde CO<sub>2</sub> Oluşumu

Denemede vermikompost örneklerindeki C-mineralizasyonunu belirlemek için her bir dönemin (30. gün, 60. gün ve 90. gün) sonunda CO<sub>2</sub> oluşum miktarları saptanmıştır. Yöntemde farklı oranlarda karasu keki içeren vermikompostlar içerisindeki organik karbonun heterotrof mikroorganizmalar tarafından karbon ve enerji kaynağı olarak kullanılması sonucu meydana gelen CO<sub>2</sub> miktarı baz alınarak C- mineralizasyonu hakkında bilgi edinilmeye çalışılmıştır.

Tüm vermikompost örneklerine ilişkin CO<sub>2</sub> oluşum miktarları Şekil 4.1.' de ve istatistiki değerlendirme Çizelge 4.4.'te verilmiştir.



Şekil 4.1. Tüm inkübasyon sürecindeki CO<sub>2</sub> oluşum miktarları

Karasu keki miktarı ve zaman faktörünün incelenecek parametreler üzerine etkisi, yapılan varyans analizi ile belirlenmiştir. Önemli değer taşıyan gruplar ise LSD<sub>0,05</sub> testi uygulanarak saptanmıştır.

Varyans analizi sonuçlarına göre, vermikompost örneklerindeki CO<sub>2</sub>-oluşumu üzerine farklı miktarlarda uygulanan karasu kekinin (uygulama) ve geçirilen kompostlaşma süresinin (zaman) etkisi  $p < 0,05$  seviyesinde önemli bulunmuştur. Öte yandan her iki parametrenin (uygulama x zaman) CO<sub>2</sub>-oluşumu üzerine olan etkilerinin bağımsız olmadığı, aralarında  $p < 0,05$  önem seviyesinde bir interaksiyon bulunduğu belirlenmiştir.

LSD<sub>0,05</sub> testi sonuçlarına göre 30. gün sonunda elde edilen vermikompostlarda en yüksek CO<sub>2</sub>-oluşumu %15 (19,26 mg CO<sub>2</sub>-C 100g<sup>-1</sup> 7 gün<sup>-1</sup> kuru vermikompost) ve %30 (19,07 mg CO<sub>2</sub>-C 100g<sup>-1</sup> 7 gün<sup>-1</sup> kuru vermikompost) oranlarında karasu keki içeren örneklerde rastlanırken karasu keki oranının %60' a doğru artmasıyla beraber CO<sub>2</sub>-oluşumunda önemli bir azalma saptanmıştır.

Devam eden kompostlaşma işleminin 60. gün sonundaki vermikompostlarda bir önceki döneme göre (30. gün) %15 ve %30 miktarlarında karasu keki içeren örneklerde CO<sub>2</sub>-oluşumunda önemli düşüş gözlenirken %45 miktarında karasu keki içeren örneklerde ise önemli bir artış söz konusu olmuştur. Son durumda ise

(90.gün sonunda) tüm karışım oranlarında önceki dönemlere göre CO<sub>2</sub>-oluşumunda önemli düşüşler gözlenmiştir.

Genel durumda tüm karışım oranlarındaki en yüksek CO<sub>2</sub>-oluşumu 60.gün %45 karasu keki içeren örneklerde (19,52 mg CO<sub>2</sub>-C 100g<sup>-1</sup> 7 gün<sup>-1</sup> kuru vermikompost) rastlanırken en düşük değerler 90.gün %30 karasu keki içeren örneklerde (6,75 mg CO<sub>2</sub>-C 100g<sup>-1</sup> 7 gün<sup>-1</sup> kuru vermikompost) saptanmıştır.

CO<sub>2</sub> oluşumu üzerine uygulamaların etkileri ortalama değerlerden incelendiğinde uygulamalar arasındaki fark  $p < 0,05$  önem seviyesinde önemli bulunmuş olup %45 karasu keki uygulaması (16,42 mg CO<sub>2</sub>-C 100g<sup>-1</sup> 7 gün<sup>-1</sup> kuru vermikompost) ilk grubu oluştururken %30 karasu keki uygulaması (15,33 mg CO<sub>2</sub>-C 100g<sup>-1</sup> 7 gün<sup>-1</sup> kuru vermikompost) ve %60 karasu keki uygulaması (14,69 mg CO<sub>2</sub>-C 100g<sup>-1</sup> 7 gün<sup>-1</sup> kuru vermikompost) 2. grubu oluşturmuştur. %15 karasu keki uygulaması ise (13,47 mg CO<sub>2</sub>-C 100g<sup>-1</sup> 7 gün<sup>-1</sup> kuru vermikompost) CO<sub>2</sub> oluşumunda son grubu oluşturmuştur. (Çizelge 4.4.)

Suthar (2008), vermikompostlamada inkübasyon süresinin mikrobiyal solunum üzerine olası etkilerini araştırdığı, 21 günlük bir inkübasyon denemesinde; inkübasyonun 3. gününden sonra mikrobiyal solunumda önemli azalmaların bulunduğunu belirlemiştir.

Çizelge 4.4. Tüm inkübasyon sürecindeki CO<sub>2</sub> oluşum miktarları(mg CO<sub>2</sub>-C 100g<sup>-1</sup> 7 gün<sup>-1</sup> kuru vermikompost) ve LSD<sub>0,05</sub> testi sonuçları\*

<i>Uygulama</i>	<i>Zaman (Gün)</i>			
	<i>30. Gün</i>	<i>60. Gün</i>	<i>90. Gün</i>	<i>Ortalama</i>
<i>15% Karasu</i>	19,26 ab	14,39 d	6,75 g	<b>C 13,47</b>
<i>30% Karasu</i>	19,07 ab	18,04 b	8,87 f	<b>B 15,33</b>
<i>45% Karasu</i>	18,17 b	19,52 a	11,57 e	<b>A 16,42</b>
<i>60% Karasu</i>	16,01 c	16,33 c	11,73 e	<b>B 14,69</b>
<i>Ortalama</i>	<b>18,13<sup>A</sup></b>	<b>17,07<sup>B</sup></b>	<b>9,73<sup>C</sup></b>	<b>14,98</b>

*Varyans Analiz Tablosu*

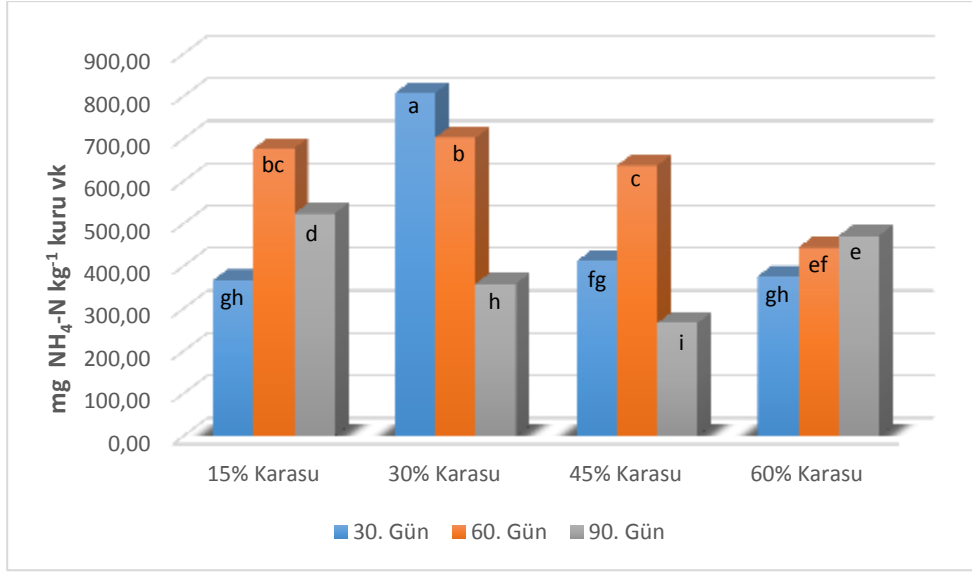
<i>Kaynak</i>	<i>Ser. Der.</i>	<i>Kareler Top.</i>	<i>F Değeri</i>	<i>Olasılık (%5)</i>
<i>Zaman</i>	2	501,96351	411,4174*	<0,0001
<i>Uygulama</i>	3	41,11319	22,4647*	<0,0001
<i>Zaman*Uygulama</i>	6	73,88254	20,1851*	<0,0001
<i>Hata</i>	24	14,641		
<i>Toplam</i>	35	631,60023		

\*Tabloda değerlerin sağ tarafındaki küçük harfler her uygulama ve zamanın sınıflandırmasını, değerlerin sağ üstündeki büyük harfler tüm uygulamaların zaman bazında ortalamaları arasındaki sınıflandırmayı ve değerlerin sol altındaki büyük harfler de tüm zaman boyunca uygulamaların ortalamaları arasındaki sınıflandırmayı belirtmektedir ( $p < 0,05$ ).

#### 4.5. Vermikompost Örneklerinde N-Mineralizasyonu

Denemede vermikompost örneklerindeki N-mineralizasyonunu belirlemek için her bir dönemin (30. gün, 60. gün ve 90. gün) sonunda NH<sub>4</sub>-N' u miktarları saptanmıştır. Yöntemde farklı oranlarda karasu keki içeren vermikompostlar içerisindeki organik azotlu bileşiklerin mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılması sonucu meydana çıkan amonyum miktarı baz alınarak N-mineralizasyonu miktarı hakkında bilgi edinilmeye çalışılmıştır.

Tüm vermikompost örneklerine ilişkin N-mineralizasyonu miktarları Şekil 4.2.' de ve istatistiki değerlendirme Çizelge 4.5.'te verilmiştir.



Şekil 4.2. Tüm inkübasyon sürecindeki N-mineralizasyonu miktarları

Karasu keki miktarı ve zaman faktörünün incelenecek parametreler üzerine etkisi, yapılan varyans analizi ile belirlenmiştir. Önemli değer taşıyan gruplar ise LSD<sub>0,05</sub> testi uygulanarak saptanmıştır.

Varyans analizi sonuçlarına göre, vermikompost örneklerindeki NH<sub>4</sub>-N' u miktarı üzerine farklı miktarlarda uygulanan karasu kekinin (uygulama) ve geçirilen kompostlaşma süresinin (zaman) etkisi  $p < 0,05$  seviyesinde önemli bulunmuştur. Öte yandan her iki parametrenin (uygulama x zaman) NH<sub>4</sub>-N' u miktarı üzerine olan etkilerinin bağımsız olmadığı, aralarında  $p < 0,05$  önem seviyesinde bir interaksiyon bulunduğu belirlenmiştir.

LSD<sub>0,05</sub> testi sonuçlarına göre 30. gün sonunda elde edilen vermikompostlarda en yüksek NH<sub>4</sub>-N' u miktarı %30 karasu keki içeren örneklerde (808,11 mg NH<sub>4</sub>-N kg<sup>-1</sup> kuru vermikompost) tespit edilirken en düşük mineralizasyon %15 karasu keki (368,35 mg NH<sub>4</sub>-N kg<sup>-1</sup> kuru vermikompost) ve %60 karasu keki (377,34 mg NH<sub>4</sub>-N kg<sup>-1</sup> kuru vermikompost) içeren örneklerde belirlenmiştir.

60. gün sonunda %15, %45 ve %60 karasu keki miktarı içeren örneklerde bir önceki döneme göre (30. gün) N-mineralizasyonunda önemli artışlar gözlenirken %30 karasu keki miktarında azalma gözlenmiştir. 60. gün sonunda en yüksek mineralizasyon miktarı %30 karasu keki miktarı içeren örnekler (703,00 mg NH<sub>4</sub>-



N kg<sup>-1</sup> kuru vermikompost) olurken en az mineralizasyon %60 karasu keki miktarında (444,27 mg NH<sub>4</sub>-N kg<sup>-1</sup> kuru vermikompost) gerçekleşmiştir.

Devam eden sürede 90. gün sonunda N-mineralizasyonunda sadece %60 karasu keki miktarı içeren örneklerde bir miktar artış gözlenirken diğer tüm karasu keki miktarlarında önemli düşüşler gözlenmiştir.

Genel durumda tüm karışım oranlarında en yüksek N-mineralizasyonu 30. gün %30 karasu keki içeren örneklerde (808,11 mg NH<sub>4</sub>-N kg<sup>-1</sup> kuru vermikompost) saptanırken en düşük mineralizasyon değerine ise 90. gün %45 karasu keki miktarı içeren örneklerde (266,22 mg NH<sub>4</sub>-N kg<sup>-1</sup> kuru vermikompost) saptanmıştır.

N-mineralizasyonu üzerine uygulamaların etkileri ortalama değerlerden incelendiğinde istatistiki olarak uygulamalar arasındaki fark  $p < 0,05$  seviyesinde önemli bulunmuş olup %30 karasu keki uygulaması (623,48 mg NH<sub>4</sub>-N kg<sup>-1</sup> kuru vermikompost) ilk grubu oluştururken %15 karasu keki uygulaması (523,42 mg NH<sub>4</sub>-N kg<sup>-1</sup> kuru vermikompost) 2. grubu oluşturmuştur. %45 karasu keki (438,42 mg NH<sub>4</sub>-N kg<sup>-1</sup> kuru vermikompost) ve %60 karasu keki (431,26 mg NH<sub>4</sub>-N kg<sup>-1</sup> kuru vermikompost) uygulamaları ise son grubu oluşturmuştur. (Çizelge 4.5.)

Çizelge 4.5. Tüm inkübasyon sürecindeki N-mineralizasyonu miktarları (mg NH<sub>4</sub>-N kg<sup>-1</sup> kuru vermikompost) ve LSD<sub>0,05</sub> testi sonuçları\*

<i>Uygulama</i>	<i>Zaman (Gün)</i>			
	<i>30. Gün</i>	<i>60. Gün</i>	<i>90. Gün</i>	<i>Ortalama</i>
<i>15% Karasu</i>	368,35 gh	677,85 bc	524,07 d	<b><sub>B</sub> 523,42</b>
<i>30% Karasu</i>	808,11 a	703,00 b	359,33 h	<b><sub>A</sub> 623,48</b>
<i>45% Karasu</i>	411,89 fg	637,15 c	266,22 i	<b><sub>C</sub> 438,42</b>
<i>60% Karasu</i>	377,34 gh	444,27 ef	472,16 e	<b><sub>C</sub> 431,26</b>
<i>Ortalama</i>	<b>491,42<sup>B</sup></b>	<b>615,57<sup>A</sup></b>	<b>405,45<sup>C</sup></b>	<b>504,15</b>

*Varyans Analiz Tablosu*

<i>Kaynak</i>	<i>Ser. Der.</i>	<i>Kareler Top.</i>	<i>F Değeri</i>	<i>Olasılık (%5)</i>
<i>Zaman</i>	2	267824,79	170,5805*	<0,0001
<i>Uygulama</i>	3	218204,30	92,6511*	<0,0001
<i>Zaman*Uygulama</i>	6	430228,16	91,3390*	<0,0001
<i>Hata</i>	24	18840,94		
<i>Toplam</i>	35	935098,19		

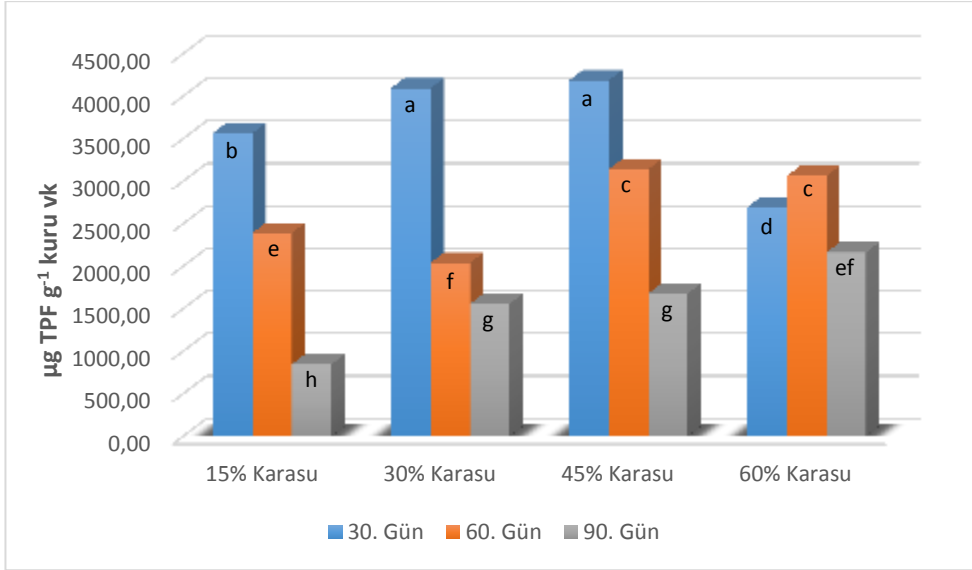
\*Tabloda değerlerin sağ tarafındaki küçük harfler her uygulama ve zamanın sınıflandırmasını, değerlerin sağ üstündeki büyük harfler tüm uygulamaların zaman bazında ortalamaları arasındaki sınıflandırmayı ve değerlerin sol altındaki büyük harfler de tüm zaman boyunca uygulamaların ortalamaları arasındaki sınıflandırmayı belirtmektedir ( $p<0,05$ ).

#### 4.6. Vermikompost Örneklerinde Dehidrogenaz Enzim Aktivitesi

Dehidrogenaz, organik bileşiklerin biyolojik oksidasyonu şeklinde gerçekleşmekte olduğu için vermikompost işleminde önemli bir enzimdir (Benitez vd., 1999). Toprakta ve diğer biyolojik sistemlerde, dehidrogenaz enzim aktivitesi intrasellüler bir enzimdir ve tüm mikrobiyal popülasyonunun değerlendirilmesinde kullanılan önemli bir parametredir (Garcia vd., 1997).

Denemede vermikompost örneklerindeki mikrobiyal aktiviteyi belirlemek için her bir dönemin (30. gün, 60. gün ve 90. gün) sonunda bir solunum enzimi olan dehidrogenaz enzim aktiviteleri saptanmıştır.

Tüm vermikompost örneklerine ilişkin dehidrogenaz enzim aktivitesi miktarları Şekil 4.3.' te ve istatistiki değerlendirme Çizelge 4.6.' da verilmiştir.



Şekil 4.3. Tüm inkübasyon sürecindeki dehidrogenaz enzim aktivitesi miktarları

Karasu keki miktarı ve zaman faktörünün incelenecek parametreler üzerine etkisi, yapılan varyans analizi ile belirlenmiştir. Önemli değer taşıyan gruplar ise  $LSD_{0,05}$  testi uygulanarak saptanmıştır.

Varyans analizi sonuçlarına göre, vermikompost örneklerindeki dehidrogenaz enzim aktivitesi üzerine farklı miktarlarda uygulanan karasu kekinin (uygulama) ve geçirilen kompostlaşma süresinin (zaman) etkisi  $p < 0,05$  seviyesinde önemli bulunmuştur. Öte yandan her iki parametrenin (uygulama x zaman) dehidrogenaz enzim aktivitesi üzerine olan etkilerinin bağımsız olmadığı, aralarında  $p < 0,05$  önem seviyesinde bir etkileşim bulunduğuna belirlenmiştir.

$LSD_{0,05}$  testi sonuçlarına göre 30. gün sonunda elde edilen vermikompostlarda en yüksek dehidrogenaz enzim aktivitesi %45 karasu keki ( $4186,50 \mu\text{g TPF g}^{-1}$  kuru vermikompost) ve %30 karasu keki ( $4093,88 \mu\text{g TPF g}^{-1}$  kuru vermikompost) miktarlarında saptanırken en düşük aktivite %60 karasu keki içeren örneklerde ( $2694,84 \mu\text{g TPF g}^{-1}$  kuru vermikompost) saptanmıştır. Devam eden inkübasyon süresinin 60. gün sonunda sadece %60 miktarında karasu keki içeren örneklerde dehidrogenaz enzim aktivitesinde artış rastlanmıştır, diğer tüm karasu keki dozlarında ciddi düşüşler gözlenmiştir. 60. gün sonunda en yüksek dehidrogenaz enzim aktivitesi %45 karasu keki ( $3141,13 \mu\text{g TPF g}^{-1}$  kuru vermikompost) ve %60 karasu keki ( $3061,96 \mu\text{g TPF g}^{-1}$  kuru vermikompost) içeren örneklerde

gözlenirken en düşük aktivite %30 karasu keki (2392,84  $\mu\text{g TPF g}^{-1}$  kuru vermikompost) miktarı içeren örneklerde gözlenmiştir.

İnkübasyonun son basamağı olan 90. gün sonunda ise tüm karışım miktarlarında bir önceki dönem ve ilk döneme göre dehidrogenaz enzim aktivitesinde önemli azalmalar saptanmıştır. 90. gün sonunda en yüksek dehidrogenaz enzim aktivitesi %60 karasu keki (2162,41  $\mu\text{g TPF g}^{-1}$  kuru vermikompost) içeren örneklerde saptanırken en düşük aktivite %15 karasu keki (848,08  $\mu\text{g TPF g}^{-1}$  kuru vermikompost) içeren örneklerde saptanmıştır.

Genel durumda tüm karışım oranlarında en yüksek dehidrogenaz enzim aktivitesi 30.gün %45 karasu keki (4186,50  $\mu\text{g TPF g}^{-1}$  kuru vermikompost) ve %30 karasu keki (4093,88  $\mu\text{g TPF g}^{-1}$  kuru vermikompost) içeren örneklerde, en düşük aktivite ise 90.gün %15 karasu keki (848,08  $\mu\text{g TPF g}^{-1}$  kuru vermikompost) içeren örneklerde saptanmıştır.

Dehidrogenaz enzim aktivitesi üzerine uygulamaların etkileri ortalama değerlerden incelendiğinde uygulamalar arasındaki fark  $p < 0,05$  seviyesinde önemli bulunmuş olup dehidrogenaz enzim aktivitesinde %45 karasu keki uygulaması (3002,17  $\mu\text{g TPF g}^{-1}$  kuru vermikompost) ilk grubu oluştururken %30 karasu keki uygulaması (2564,59  $\mu\text{g TPF g}^{-1}$  kuru vermikompost) ve %60 karasu keki uygulaması (2639,73  $\mu\text{g TPF g}^{-1}$  kuru vermikompost) 2. grubu oluşturmuştur. %15 karasu keki uygulaması (2268,99  $\mu\text{g TPF g}^{-1}$  kuru vermikompost) ise son grubu oluşturmuştur. (Çizelge 4.6.)

Lai vd. (1999) tarafından yapılan bir inkübasyon çalışmasında kompostlardaki dehidrogenaz enzim aktivitesindeki ani düşüşlerin nitrifikasyon sonucu açığı çıkan yüksek miktarlardaki  $\text{NO}_2^-$  ve  $\text{NO}_3^-$  birikiminden kaynaklanabileceği bildirilmiştir.

Yine benzer olarak, Benitez vd. (1999) tarafından yapılan bir inkübasyon çalışmasında dehidrogenaz enzim aktivitesinin substrat varlığına bağlı olduğu ve vermikompost sürecinin 90. günden önce mevcut organik maddenin büyük kısmının kolayca ayrılmış olmasından dolayı dehidrogenaz enzim aktivitesinin düştüğü bildirilmiştir.

Başka bir çalışmada ise Kaushik ve Garg (2003), vermikompost uygulanmış alanlarda ilk 75. günde mikrobiyal aktivitede önemli artışlar saptanırken 90. günde düşüş olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 4.6. Tüm inkübasyon sürecindeki dehidrogenaz enzim aktivitesi miktarları ( $\mu\text{g TPF g}^{-1}$  kuru vermikompost) ve  $\text{LSD}_{0,05}$  testi sonuçları\*

<i>Uygulama</i>	<i>Zaman (Gün)</i>			
	<i>30. Gün</i>	<i>60. Gün</i>	<i>90. Gün</i>	<i>Ortalama</i>
<i>15% Karasu</i>	3566,05 b	2392,84 e	848,08 h	<b>C 2268,99</b>
<i>30% Karasu</i>	4093,88 a	2041,16 f	1558,73 g	<b>B 2564,59</b>
<i>45% Karasu</i>	4186,50 a	3141,13 c	1678,87 g	<b>A 3002,17</b>
<i>60% Karasu</i>	2694,84 d	3061,96 c	2162,41 ef	<b>B 2639,73</b>
<i>Ortalama</i>	<b>3635,32<sup>A</sup></b>	<b>2659,27<sup>B</sup></b>	<b>1562,02<sup>C</sup></b>	<b>2618,87</b>

*Varyans Analiz Tablosu*

<i>Kaynak</i>	<i>Ser. Der.</i>	<i>Kareler Top.</i>	<i>F Değeri</i>	<i>Olasılık (%5)</i>
<i>Zaman</i>	2	25820713	458,6834*	<0,0001
<i>Uygulama</i>	3	2454420	29,0672*	<0,0001
<i>Zaman*Uygulama</i>	6	6949428	41,1503*	<0,0001
<i>Hata</i>	24	675517		
<i>Toplam</i>	35	935098,19		

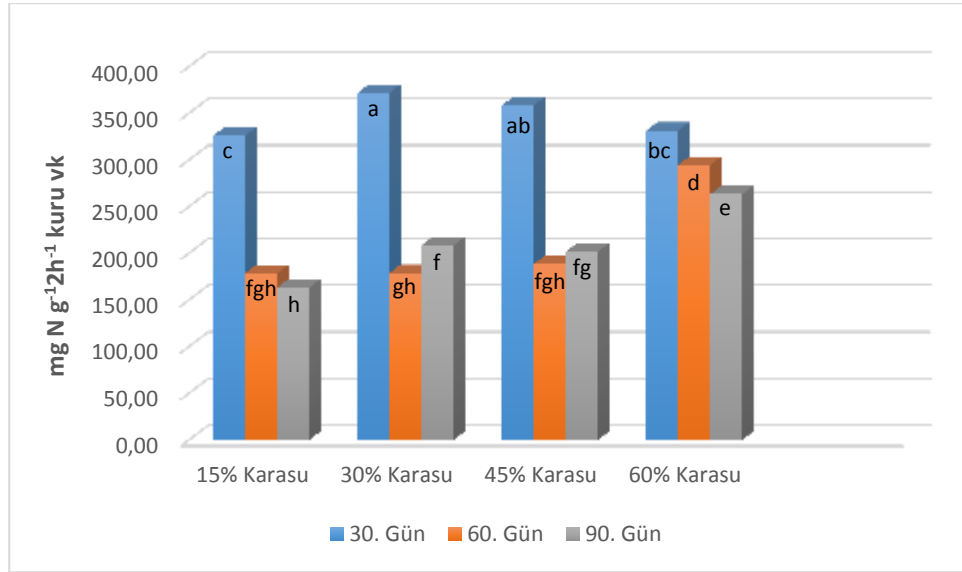
\*Tabloda değerlerin sağ tarafındaki küçük harfler her uygulama ve zamanın sınıflandırmasını, değerlerin sağ üstündeki büyük harfler tüm uygulamaların zaman bazında ortalamaları arasındaki sınıflandırmayı ve değerlerin sol altındaki büyük harfler de tüm zaman boyunca uygulamaların ortalamaları arasındaki sınıflandırmayı belirtmektedir ( $p < 0,05$ ).

#### 4.7. Vermikompost Örneklerinde Üreaz Enzim Aktivitesi

Üreaz, ürenin hidrolizi sırasında N dönüşümünde aktif rol oynayan önemli bir hücre dışı enzimdir (Bremner ve Mulvaney, 1982). Aynı zamanda organik maddenin mineralizasyonunda görev almasından ötürü mikrobiyal aktivite hakkında fikir edinilmesinde önemli bir ölçüttür.

Denemede vermikompost örneklerindeki mikrobiyal aktiviteye belirlemek için her bir dönemin (30. gün, 60. gün ve 90. gün) sonunda üreaz enzim aktiviteleri saptanmıştır.

Tüm vermikompost örneklerine ilişkin üreaz enzim aktivitesi miktarları Şekil 4.4.'te ve istatistiki değerlendirme Çizelge 4.7.'de verilmiştir.



Şekil 4.4. Tüm inkübasyon sürecindeki üreaz enzim aktivitesi miktarları

Karasu keki miktarı ve zaman faktörünün incelenecek parametreler üzerine etkisi, yapılan varyans analizi ile belirlenmiştir. Önemli değer taşıyan gruplar ise  $LSD_{0,05}$  testi uygulanarak saptanmıştır.

Varyans analizi sonuçlarına göre, vermikompost örneklerindeki üreaz enzim aktivitesi üzerine farklı miktarlarda uygulanan karasu kekinin (uygulama) ve geçirilen kompostlaşma süresinin (zaman) etkisi  $p < 0,05$  seviyesinde önemli bulunmuştur. Öte yandan her iki parametrenin (uygulama x zaman) üreaz enzim aktivitesi üzerine olan etkilerinin bağımsız olmadığı, aralarında  $p < 0,05$  önem seviyesinde bir interaksiyon bulunduğu belirlenmiştir.

$LSD_{0,05}$  testi sonuçlarına göre 30. gün sonunda elde edilen vermikompostlarda en yüksek üreaz enzim aktivitesi %30 karasu keki içeren örneklerde ( $371,82 \text{ mg N g}^{-1} 2\text{h}^{-1}$  kuru vermikompost) gözlenirken en düşük aktivite %15 karasu keki içeren örneklerde ( $325,97 \text{ mg N g}^{-1} 2\text{h}^{-1}$  kuru vermikompost) gözlenmiştir.

Devam eden inkübasyon süresinin 60. gün sonunda tüm karışım oranlarında üreaz enzim aktivitesinin azaldığı saptanmıştır. Bu dönem sonunda en yüksek üreaz enzim aktivitesi %60 karışım oranında karasu keki içeren örneklerde ( $294,59 \text{ mg N g}^{-1} 2\text{h}^{-1}$  kuru vermikompost) gözlenmiştir. Diğer karışım oranları birbirine yakın değerler göstermiştir.

90. gün sonunda %15 ve %60 karasu keki karışım oranlarında üreaz enzim aktivitesinde azalmalar saptanırken %30 ve %45 karasu keki karışım oranlarında enzim aktivitesinde artışın devam ettiği gözlenmiştir. Son durumda en yüksek üreaz enzim aktivitesi %60 karasu keki içeren örneklerde ( $263,19 \text{ mg N g}^{-1} 2\text{h}^{-1}$  kuru vermikompost) saptanırken en düşük enzim aktivitesi ise %15 karasu keki içeren örneklerde ( $163,35 \text{ mg N g}^{-1} 2\text{h}^{-1}$  kuru vermikompost) saptanmıştır.

Genel durumda ise en yüksek üreaz enzim aktivitesi 30.gün %30 karasu keki içeren örneklerde ( $371,82 \text{ mg N g}^{-1} 2\text{h}^{-1}$  kuru vermikompost), en düşük üreaz enzim aktivitesi de 90.gün %15 karasu keki içeren örneklerde ( $163,35 \text{ mg N g}^{-1} 2\text{h}^{-1}$  kuru vermikompost) saptanmıştır.

Üreaz enzim aktivitesi üzerine uygulamaların etkileri ortalama değerlerden incelendiğinde uygulamalar arası fark  $p < 0,05$  önem seviyesinde önemli bulunmuş olup üreaz enzim aktivitesinde %60 karasu keki uygulaması ( $296,38 \text{ mg N g}^{-1} 2\text{h}^{-1}$  kuru vermikompost) ilk grubu oluştururken %30 karasu keki uygulaması ( $252,11 \text{ mg N g}^{-1} 2\text{h}^{-1}$  kuru vermikompost) ve %45 karasu keki uygulaması ( $249,62 \text{ mg N g}^{-1} 2\text{h}^{-1}$  kuru vermikompost) 2. grubu , %15 karasu keki uygulaması ( $222,64 \text{ mg N g}^{-1} 2\text{h}^{-1}$  kuru vermikompost) ise son grubu oluşturmuştur. (Çizelge 4.7.)

Üreaz enzim aktivitesini fenolik bileşikler gibi toksik maddeler engellemektedirler. Bu bileşiklerin parçalanması, vermikompost işlemi süresince enzim aktivitesinde düşüslere sebep olabilmektedir. Bu nedenle vermikompost işleminin ilk dönemlerinde artış saptanmıştır (Edwards ve Arancon 2004).

Çizelge 4.7. Tüm inkübasyon sürecindeki üreaz enzim aktivitesi miktarları (mg N g<sup>-1</sup>2h<sup>-1</sup> kuru vermikompost) ve LSD<sub>0,05</sub> testi sonuçları\*

<i>Uygulama</i>	<i>Zaman (Gün)</i>			
	<i>30. Gün</i>	<i>60. Gün</i>	<i>90. Gün</i>	<i>Ortalama</i>
<i>15% Karasu</i>	325,97 c	178,61 fgh	163,35 h	<b>C 222,64</b>
<i>30% Karasu</i>	371,82 a	178,81 gh	208,69 f	<b>B 252,11</b>
<i>45% Karasu</i>	358,42 ab	188,61 fgh	201,84 fg	<b>B 249,62</b>
<i>60% Karasu</i>	331,37 bc	294,59 d	263,19 e	<b>A 296,38</b>
<i>Ortalama</i>	<b>346,89<sup>A</sup></b>	<b>209,40<sup>B</sup></b>	<b>209,27<sup>B</sup></b>	<b>255,19</b>

*Varyans Analiz Tablosu*

<i>Kaynak</i>	<i>Ser. Der.</i>	<i>Kareler Top.</i>	<i>F Değeri</i>	<i>Olasılık (%5)</i>
<i>Zaman</i>	2	151382,14	237,2445*	<0,0001
<i>Uygulama</i>	3	25171,45	26,2990*	<0,0001
<i>Zaman*Uygulama</i>	6	23639,54	12,3492*	<0,0001
<i>Hata</i>	24	7657,02		
<i>Toplam</i>	35	207850,15		

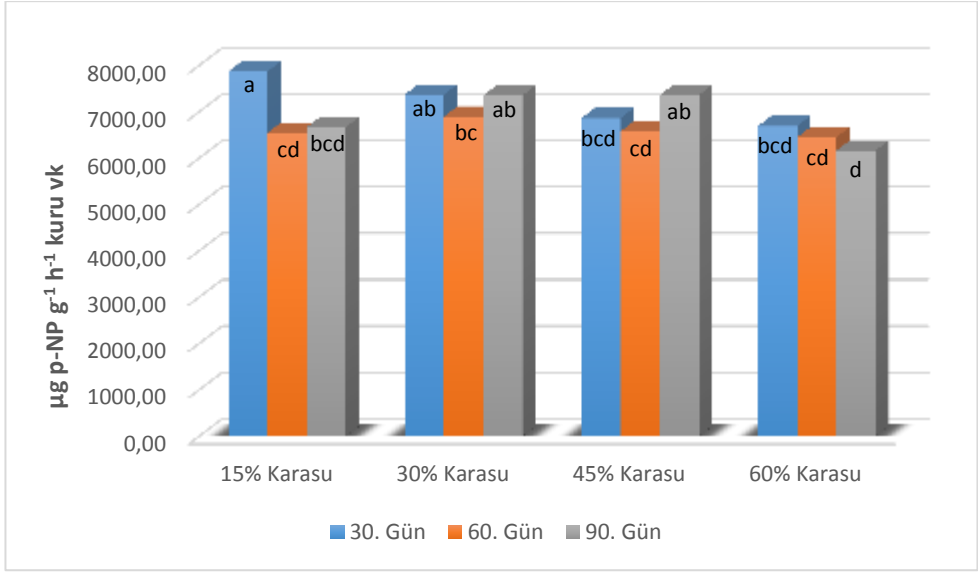
\*Tabloda değerlerin sağ tarafındaki küçük harfler her uygulama ve zamanın sınıflandırmasını, değerlerin sağ üstündeki büyük harfler tüm uygulamaların zaman bazında ortalamaları arasındaki sınıflandırmayı ve değerlerin sol altındaki büyük harfler de tüm zaman boyunca uygulamaların ortalamaları arasındaki sınıflandırmayı belirtmektedir ( $p<0,05$ ).

#### 4.8. Vermikompost Örneklerinde Alkalın Fosfataz Enzim Aktivitesi

Denemede vermikompost örneklerindeki mikrobiyal aktiviteye belirlemek için her bir dönemin (30. gün, 60. gün ve 90. gün) sonunda alkalın fosfataz enzim aktiviteleri saptanmıştır.

Tüm vermikompost örneklerine ilişkin alkalın fosfataz enzim aktivitesi miktarları Şekil 4.5.' te ve istatistiki değerlendirme Çizelge 4.8.' de verilmiştir.





Şekil 4.5. Tüm inkübasyon sürecindeki alkalın fosfataz enzim aktivitesi miktarları

Karasu keki miktarı ve zaman faktörünün incelenecek parametreler üzerine etkisi, yapılan varyans analizi ile belirlenmiştir. Önemli değer taşıyan gruplar ise  $LSD_{0,05}$  testi uygulanarak saptanmıştır.

Varyans analizi sonuçlarına göre, vermikompost örneklerindeki alkalın fosfataz enzim aktivitesi üzerine farklı miktarlarda uygulanan karasu kekinin (uygulama) ve geçirilen kompostlaşma süresinin (zaman) etkisi  $p < 0,05$  seviyesinde önemli bulunmuştur. Öte yandan her iki parametrenin (uygulama x zaman) alkalın fosfataz enzim aktivitesi üzerine olan etkilerinin bağımsız olmadığı, aralarında  $p < 0,05$  önem seviyesinde bir interaksiyon bulunduğu belirlenmiştir.

$LSD_{0,05}$  testi sonuçlarına göre 30. gün sonunda elde edilen vermikompostlarda en yüksek alkalın fosfataz enzim aktivitesi % 15 karasu keki miktarı içeren örneklerde ( $7873,78 \mu\text{g p-NP g}^{-1} \text{h}^{-1}$  kuru vermikompost) saptanırken en düşük aktivite %45 karasu keki ( $6865,07 \mu\text{g p-NP g}^{-1} \text{h}^{-1}$  kuru vermikompost) ve %60 karasu keki miktarı içeren ( $6693,47 \mu\text{g p-NP g}^{-1} \text{h}^{-1}$  kuru vermikompost) örneklerde saptanmıştır.

Devam eden inkübasyon süresinin 60. gün sonunda tüm karışım oranlarında alkalın fosfataz enzim aktivitesinin azaldığı saptanmıştır. Bu dönemde en yüksek alkalın fosfataz enzim aktivitesi %30 karasu keki içeren örneklerde

(6902,32  $\mu\text{g p-NP g}^{-1} \text{ h}^{-1}$  kuru vermikompost) gözlenirken diğer karışım oranlarında enzim aktivitesinde önemli farklılıkların olmadığı saptanmıştır.

İnkübasyonun son basamağı olan 90. gün sonunda %60 karasu keki miktarı içeren örneklerde alkalın fosfataz enzim aktivitesinde azalma olduğu diğer tüm karışım oranlarında ise enzim aktivitesinde tekrar bir artış olduğu tespit edilmiştir. Son durumda en yüksek alkalın fosfataz enzim aktivitesi %30 karasu keki (7356,29  $\mu\text{g p-NP g}^{-1} \text{ h}^{-1}$  kuru vermikompost) ve %45 karasu keki (7365,15  $\mu\text{g p-NP g}^{-1} \text{ h}^{-1}$  kuru vermikompost) miktarı içeren örneklerde gözlenirken en düşük enzim aktivitesi %60 karasu keki (6163,65  $\mu\text{g p-NP g}^{-1} \text{ h}^{-1}$  kuru vermikompost) miktarı içeren örneklerde gözlenmiştir.

Denemenin genel durumunda ise en yüksek alkalın fosfataz enzim aktivitesi 30. gün %15 karasu keki (7873,78  $\mu\text{g p-NP g}^{-1} \text{ h}^{-1}$  kuru vermikompost) miktarı içeren örneklerde saptanırken en düşük enzim aktivitesi 90. gün %60 karasu keki (6163,65  $\mu\text{g p-NP g}^{-1} \text{ h}^{-1}$  kuru vermikompost) miktarı içeren örneklerde saptanmıştır.

Alkalın fosfataz enzim aktivitesi üzerine uygulamaların etkileri ortalama değerlerde incelendiğinde uygulamalar arası fark  $p < 0,05$  önem seviyesinde önemli bulunmuş olup alkalın fosfataz enzim aktivitesinde %15 karasu keki (7033,77  $\mu\text{g p-NP g}^{-1} \text{ h}^{-1}$  kuru vermikompost), %30 karasu keki (7211,88  $\mu\text{g p-NP g}^{-1} \text{ h}^{-1}$  kuru vermikompost) ve %45 karasu keki (6936,91  $\mu\text{g p-NP g}^{-1} \text{ h}^{-1}$  kuru vermikompost) uygulamaları ilk grubu oluştururken %60 karasu keki uygulaması (7365,15  $\mu\text{g p-NP g}^{-1} \text{ h}^{-1}$  kuru vermikompost) son grubu oluşturmuştur.

Benitez vd. (2002), zeytinyağı üretiminden elde edilen ve lignoselülotik atık olan kuru zeytin ezmesinin yalnız başına ve atık su artıma tesislerinden elde edilen arıtma çamurlarıyla farklı oranlarda karıştırılması sonucu elde edilen karışımların *Eisenia andrei* türü solucanlar ile vermikompost üretimi üzerine etkilerini araştırdıkları laboratuvar çalışmalarında, vermikompost işlemi süresince alkalın fosfataz enzim aktivitesinde önemli artışların olduğunu saptamışlardır. Yine Benitez vd. (1999) tarafından yürütülen ve arıtma çamurlarının *Eisenia fetida* solucanları tarafından kompostlanması süreçlerinde enzim aktivitelerinde meydana gelen değişimleri araştırıldığı 18 haftalık bir inkübasyon çalışmasında inkübasyonun sonlarına doğru alkalın fosfataz enzim aktivitesinde, ortamdaki

yarayışlı organik karbon miktarındaki azalmaya bağlı olarak düşüşlerin meydana geldiği saptanmıştır.

Çizelge 4.8. Tüm inkübasyon sürecindeki alkalın fosfataz enzim aktivitesi miktarları ( $\mu\text{g p-NP g}^{-1} \text{ h}^{-1}$  kuru vermikompost) ve  $\text{LSD}_{0,05}$  testi sonuçları\*

Uygulama	Zaman (Gün)			
	30. Gün	60. Gün	90. Gün	Ortalama
15% Karasu	7873,78 a	6552,39 cd	6675,13 bcd	<sup>A</sup> 7033,77
30% Karasu	7377,02 ab	6902,32 bc	7356,29 ab	<sup>A</sup> 7211,88
45% Karasu	6865,07 bcd	6580,51 cd	7365,15 ab	<sup>A</sup> 6936,91
60% Karasu	6693,47 bcd	6451,09 cd	6163,65 d	<sup>B</sup> 6436,07
Ortalama	7202,33 <sup>A</sup>	6621,58 <sup>B</sup>	6890,05 <sup>AB</sup>	6904,65

*Varyans Analiz Tablosu*

Kaynak	Ser. Der.	Kareler Top.	F Değeri	Olasılık (%5)
Zaman	2	2027495,4	5,2968*	0,0124
Uygulama	3	2985005,4	5,1988*	0,0066
Zaman*Uygulama	6	2971042,7	2,5872*	0,0446
Hata	24	4593370		
Toplam	35	12576914		

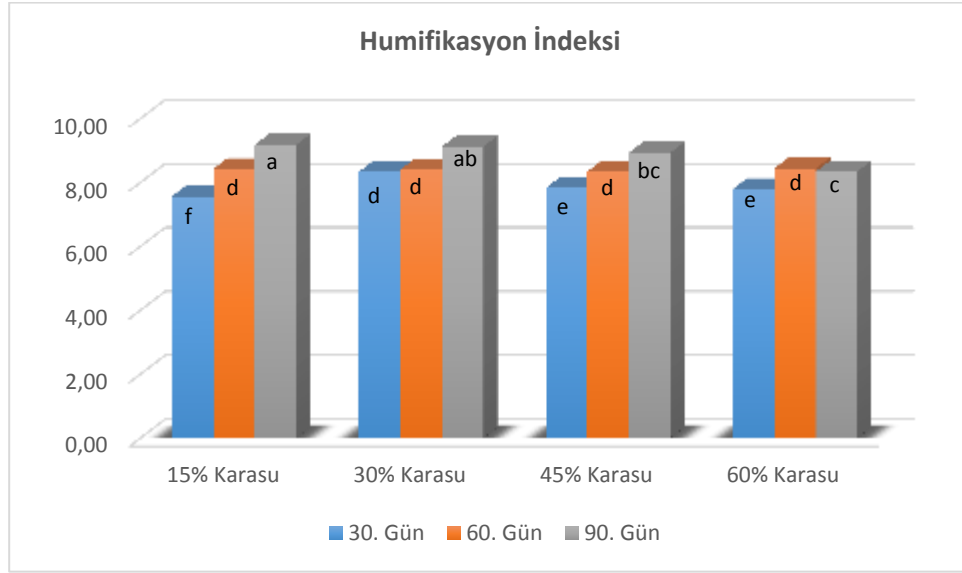
\*Tabloda değerlerin sağ tarafındaki küçük harfler her uygulama ve zamanın sınıflandırmasını, değerlerin sağ üstündeki büyük harfler tüm uygulamaların zaman bazında ortalamaları arasındaki sınıflandırmayı ve değerlerin sol altındaki büyük harfler de tüm zaman boyunca uygulamaların ortalamaları arasındaki sınıflandırmayı belirtmektedir ( $p < 0,05$ ).

#### 4.9. Vermikompost Örneklerinde Humifikasyon İndeksi

Humifikasyon indeksi kompostların stabilitesini yani mikrobiyolojik açıdan kararlılığını belirtir. Aktif olarak ayrışmaya devam eden ile tam olarak ayrışmış maddeler arasındaki oranı gösterir. Humifiye olmuş materyallerin humifikasyon indeksi değeri genellikle  $\text{HI} < 5$  olmalıdır (Gieguzynska vd., 1998).

Denemede vermikompost örneklerindeki mikrobiyal kararlılığı belirlemek için her bir dönemin (30. gün, 60. gün ve 90. gün) sonunda humifikasyon indeksi değerleri saptanmıştır.

Tüm vermikompost örneklerine ilişkin humifikasyon indeksi değerleri Şekil 4.6.'da ve istatistiki değerlendirme Çizelge 4.9.'da verilmiştir.



Şekil 4.6. Tüm inkübasyon sürecindeki humifikasyon indeksi değerleri

Karasu keki miktarı ve zaman faktörünün incelenecek parametreler üzerine etkisi, yapılan varyans analizi ile belirlenmiştir. Önemli değer taşıyan gruplar ise  $LSD_{0,05}$  testi uygulanarak saptanmıştır.

Varyans analizi sonuçlarına göre, vermikompost örneklerindeki humifikasyon indeksi üzerine farklı dozlarda uygulanan karasu kekinin (uygulama) ve geçirilen kompostlaşma süresinin (zaman) etkisi  $p < 0,05$  seviyesinde önemli bulunmuştur. Öte yandan her iki parametrenin (uygulama x zaman) humifikasyon indeksi üzerine olan etkilerinin bağımsız olmadığı, aralarında  $p < 0,05$  önem seviyesinde bir interaksiyon bulunduğu belirlenmiştir.

$LSD_{0,05}$  testi sonuçlarına göre 30. gün sonunda elde edilen vermikompostlarda en yüksek humifikasyon indeksi değeri %30 karasu keki (HI=8,33) miktarı içeren örneklerde saptanırken en düşük değerler %15 karasu keki (HI=7,56) miktarı içeren örneklerde saptanmıştır.

Devam eden inkübasyon süresinin 60. gün sonunda %30 karasu keki miktarı içeren örnekler hariç tüm karışım oranlarında humifikasyon indeksi değerlerinde

önemli artışlar saptanmıştır. Bu dönem sonunda humifikasyon indeksi değeri üzerine uygulamalar arasında önemli bir fark bulunmamıştır.

İnkübasyonun son basamağı olan 90.gün sonunda tüm karasu keki karışım miktarlarında humifikasyon indeksi değerleri artmıştır. Son durumda en yüksek humifikasyon indeksi değeri %15 karasu keki miktarı içeren örneklerde (HI=9,18), en düşük değerler ise %60 karasu keki miktarı içeren örneklerde (HI=8,34) saptanmıştır.

Denemenin genel durumunda ise en düşük humifikasyon indeksi değeri 30.gün %15 karasu keki miktarı içeren örneklerde (HI=7,56) gözlenirken en yüksek değer 90.gün %15 karasu keki miktarı içeren örneklerde (HI=9,18) gözlenmiştir.

Humifikasyon indeksi üzerine uygulamaların etkileri ortalama değerlerden incelendiğinde uygulamalar arası fark  $p<0,05$  önem seviyesinde önemli bulunmuş olup humifikasyon indeksi %30 karasu keki uygulaması (HI=8,61) ilk grubu oluştururken %15 karasu keki uygulaması (HI=8,39), %45 karasu keki uygulaması (HI=8,37) ve %60 karasu keki uygulaması (HI=8,36) 2. grubu oluşturmuştur. (Çizelge 4.9.)

Analiz neticesinde tüm vermikompost örneklerinde ilerleyen süre zarfında aktif olarak ayrışmaya devam eden kısmın arttığı açıkça görülmektedir.

Çizelge 4.9. Tüm inkübasyon sürecindeki humifikasyon indeksi değerleri ve  $LSD_{0,05}$  testi sonuçları\*

<i>Uygulama</i>	<i>Zaman (Gün)</i>			
	<i>30. Gün</i>	<i>60. Gün</i>	<i>90. Gün</i>	<i>Ortalama</i>
<i>15% Karasu</i>	7,56 f	8,42 d	9,18 a	<b>B 8,39</b>
<i>30% Karasu</i>	8,33 d	8,40 d	9,12 ab	<b>A 8,61</b>
<i>45% Karasu</i>	7,83 e	8,34 d	8,93 bc	<b>B 8,37</b>
<i>60% Karasu</i>	7,79 e	8,44 d	8,34 c	<b>B 8,36</b>
<i>Ortalama</i>	<b>7,88<sup>C</sup></b>	<b>8,40<sup>B</sup></b>	<b>9,02<sup>A</sup></b>	<b>8,43</b>

*Varyans Analiz Tablosu*

<i>Kaynak</i>	<i>Ser. Der.</i>	<i>Kareler Top.</i>	<i>F Değeri</i>	<i>Olasılık (%5)</i>
<i>Zaman</i>	2	7,8279741	216,1657*	<0,0001
<i>Uygulama</i>	3	0,4064047	7,4821*	0,0011
<i>Zaman*Uygulama</i>	6	0,7832308	7,2098*	0,0002
<i>Hata</i>	24	0,4345340		
<i>Toplam</i>	35	9,4521436		

\*Tabloda değerlerin sağ tarafındaki küçük harfler her uygulama ve zamanın sınıflandırmasını, değerlerin sağ üstündeki büyük harfler tüm uygulamaların zaman bazında ortalamaları arasındaki sınıflandırmayı ve değerlerin sol altındaki büyük harfler de tüm zaman boyunca uygulamaların ortalamaları arasındaki sınıflandırmayı belirtmektedir ( $p<0,05$ ).

#### 4.10. Vermikompostların Biyokimyasal Parametreleri Arasındaki Korelasyonlar

Vermikompost örneklerinde yapılan biyokimyasal analizler neticesinde bir takım korelasyonlar tespit edilmiştir. İlgili korelasyon tablosu Çizelge 4.10.'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Biyokimyasal parametreler arasındaki korelasyonlar

DEĞİŞKENLER	C-Min.	N-Min.	DHG	ÜREAZ	A-FOS	HI
<b>C-Min.</b>	<b>1</b>					
<b>N-Min.</b>	0,3567*	<b>1</b>				
<b>DHG</b>	0,8372**	öd	<b>1</b>			
<b>ÜREAZ</b>	0,5048**	öd	0,7809**	<b>1</b>		
<b>A-FOS</b>	öd	öd	öd	öd	<b>1</b>	
<b>HI</b>	-0,7976**	öd	-0,7627**	-0,6358**	öd	<b>1</b>

\*\*  $p < 0,01$ ; \*  $p < 0,05$ ; öd: Önemli değil

Yapılan korelasyon analizi sonucunda deneme süresi boyunca vermikompost örneklerinde karbon mineralizasyonu ile azot mineralizasyonu arasında ( $r=0,3567$ )  $p < 0,05$  önem seviyesinde pozitif bir ilişki olduğu saptanmıştır. Aynı şekilde karbon mineralizasyonu ile dehidrogenaz ve üreaz enzim aktiviteleri arasında sırası ile ( $r=0,8372$ ,  $r=0,5048$ )  $p < 0,01$  önem seviyesinde de pozitif ilişkinin olduğu saptanmıştır.

Vermikompost örneklerinde dehidrogenaz enzim aktivitesi ile üreaz enzim aktivitesinin birbirinden bağımsız olmadığı ve aralarında ( $r=0,7809$ )  $p < 0,01$  önem seviyesinde pozitif bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir.

Son olarak ise karbon mineralizasyonu, dehidrogenaz ve üreaz enzim aktivitelerinin humifikasyon indeksiyle olan ilişkileri sırası ile ( $r=-0,7976$ ,  $r=-0,7627$ ,  $r=-0,6358$ )  $p<0,01$  önem seviyesinde negatif olarak saptanmıştır.

#### 4.11. Deneme Sonunda Elde Edilen Vermikompostların Biyokimyasal ve Kimyasal Parametreleri Arasındaki Korelasyonlar

Deneme sonunda elde edilen vermikompost örneklerinde bir takım biyokimyasal ve kimyasal parametreler arasındaki korelasyonlar tespit edilmiştir. İlgili korelasyon tablosu Çizelge 4.11.'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Biyokimyasal ve kimyasal parametreler arasındaki korelasyonlar

DEĞİŞKENLER	C-Min.	N-Min.	DHG	ÜREAZ	A-FOS	HI
<b>pH</b>	0,9461**	öd	0,8165**	0,5946*	öd	öd
<b>EC</b>	-0,9309**	öd	-0,9735**	-0,8109**	öd	0,7833**
<b>Organik Madde</b>	0,6611*	öd	0,6015*	öd	öd	öd
<b>Toplam N</b>	0,8156**	öd	0,8987**	0,8388**	öd	-0,8034**
<b>Toplam P</b>	-0,9768**	öd	-0,9300**	-0,7536**	öd	0,6744*
<b>Toplam K</b>	öd	öd	öd	-0,6036*	0,7642**	0,6194*
<b>Toplam Ca</b>	-0,6211*	öd	-0,6340*	-0,5896*	0,5901*	öd
<b>Toplam Mg</b>	-0,8664**	öd	-0,9205**	-0,8258**	öd	0,8086**
<b>Toplam B</b>	-0,7870**	öd	-0,8279**	-0,5982*	öd	0,6919*

\*\*  $p < 0,01$ ; \*  $p < 0,05$ ; öd: Önemli değil

Yapılan korelasyon analizi sonucunda deneme sonundaki vermikompost örneklerinde C-Min. ile pH ( $r=0,9461$ ) ve C-Min. ile toplam N ( $r=0,8156$ ) arasında  $p<0,01$  önem seviyesinde pozitif bir ilişki saptanırken C-Min. ile organik madde



arasında ( $r=0,6611$ )  $p<0,05$  önem seviyesinde pozitif bir ilişkinin olduğu saptanmıştır. Yine C-Min. ile EC, C-Min. ile toplam P, Mg, B arasında  $p<0,01$  önem seviyesinde negatif bir ilişki saptanırken C-Min. ile toplam Ca arasında ( $r=-0,6211$ )  $p<0,05$  önem seviyesinde negatif bir ilişkinin olduğu saptanmıştır. Benzer ilişkiler DHG'de de görülmektedir.

Üreaz enzim aktivitesi için değerlendirildiğinde ise Üreaz ile toplam N arasında ( $r=0,8388$ )  $p<0,01$  önem seviyesinde, Üreaz ile pH arasında ( $r=0,5946$ )  $p<0,05$  önem seviyesinde pozitif bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Yine Üreaz ile EC, Üreaz ile toplam P, Mg arasında  $p<0,01$  önem seviyesinde negatif bir ilişki tespit edilirken, Üreaz ile toplam K, Ca, B arasında  $p<0,05$  önem seviyesinde negatif bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir.

Alkalın fosfataz enzim aktivitesi için değerlendirildiğinde ise A-Fos. ile toplam K arasında ( $r=0,7642$ )  $p<0,01$  önem seviyesinde, A-Fos. ile toplam Ca arasında ( $r=0,5901$ )  $p<0,05$  önem seviyesinde pozitif bir ilişkinin olduğu saptanmıştır.

Humifikasyon indeksi için değerlendirildiğinde ise HI ile EC arasında ve HI ile toplam Mg arasında  $p<0,01$  önem seviyesinde pozitif bir ilişki tespit edilirken HI ile toplam P, K, B arasında  $p<0,05$  önem seviyesinde pozitif bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. Diğer taraftan HI ile toplam N arasında  $p<0,01$  önem seviyesinde negatif bir ilişkinin olduğu saptanmıştır.

## 5. SONUÇ

CO<sub>2</sub> oluşumu, dehidrogenaz ve alkalın fosfataz enzim aktivitesinde %45 miktarında karasu keki uygulaması en yüksek değeri oluştururken, N-mineralizasyonunda %30 miktarında karasu keki uygulaması, üreaz enzim aktivitesinde ise %60 miktarında karasu keki uygulaması ilk grubu oluşturmuştur. Bununla beraber %15 miktarında karasu keki uygulamasının alkalın fosfataz enzim aktivitesi ve N-mineralizasyonu haricinde, CO<sub>2</sub> oluşumu, dehidrogenaz ve üreaz enzim aktivitesinde en düşük değerler aldığı saptanmıştır. Solucan ve kokon sayısı ise %60 miktarında karasu keki uygulamasında en yüksek olarak belirlenmiştir.

Deneme, humifikasyon indeksi açısından değerlendirildiğinde ise en düşük humifikasyon indeksi %60 miktarında karasu keki uygulamasında olduğu ve karasu keki uygulamasının miktarının artmasıyla beraber humifikasyon hızının arttığı görülebilmektedir.

Bu bağlamda projemizin esas amacı özellikle belirli dönemlerde toprak ve su kirliliğine yol açması nedeniyle yüksek miktarda oluşan, organik madde içeriği bakımından zengin zeytin kara karasuyunun bertarafı ve geri dönüşümüdür. Yapılan çalışma neticesinde mikrobiyolojik ve biyokimyasal analizler göz önüne alındığında vermikompost üretimi için %45 miktarında karasu keki uygulaması önerilebilir. Ancak karasu kekinin solucan ve kokon sayısı üzerindeki önemli etkileri dikkate alındığında ise %60 miktarında karasu kekinin pratik açıdan farklı organik materyallerle karıştırılmak suretiyle uygulanmasının solucanlar üzerine olumsuz etkilerinin olmadığı bulgularımız doğrultusunda söylenebilir. Ancak bu oranda hazırlanmış vermikompostların bitki gelişimi üzerine olabilecek muhtemel etkileri başka araştırmalarda incelenebilir.

## KAYNAKLAR

- Albiach, R., Canet, R., Pomares, F., Ingelmo, F. 2000. Microbial biomass content and enzymatic activities after the application of organic amendments to a horticultural soil. **Bioresource Technology** 75, 43- 48.
- Anonymous, 1992. "Vermigro" Premium Earthworm Soil Product, sold by Canyon Recycling, San Diego, Ca. Worm watch, Education Department of South Australia
- Aveyard, J. 1988. Land degradation: Changing attitudes - why? **Journal of Soil Conservation**, New South Wales44:46-51.
- Barley, K. P. 1961. **Plant nutrition levels of vermicast. Advances in Agronomy.** 13, 251 pp.
- 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.
- Bouche, M.B. 1977. Strategies lombricennes in soil organisms as components of ecosystems. **Biol. Bull.** 25:122-123 pp.
- 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.
- Buchanan, M.A., Russell, E., Block, S.D. 1988. Chemical characterization and nitrogen earth worms in environmental and waste management In C.A. Edwards and E.F. Neuhauser (Eds.), SPB Acad. Publ.,the Netherlands, 231-239 pp.
- Cristina, M., Grazia, M., Brunello, C. 2010,Vermicomposting of olive oil mill waste waters, ISSN 0734–242X **Waste Management &Research** 2010: 28: 738–747 DOI: 10.1177/0734242X09345278
- Çıtak, S., Sönmez, S., Koçak, F., Yaşın, F. 2011. Vermikompost ve Ahır Gübresi Uygulamalarının Ispanak (*Spinaciaoleracea* var. L.) Bitkisinin Gelişimi ve Toprak Verimliliği Üzerine Etkileri. Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Antalya Doktora Tezi. **Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi**, 28(1):56-69

- Desai, V.R., Sabale R.N., Raundal, P.V. 1999. Integrated nitrogen management in wheat-coriander cropping system. **Journal of Maharashtra Agricultural Universities** 24(3):273–275 pp.
- Devi, D, Agarwal, S.K, Dayal D. 1998. Response of sunflower [*Helianthus annuus* (L.)] to organic manures and fertilizers. **Indian J. Agron.**, 43(3): 469-473 pp.
- Devi, D, Agarwal, S.K. 1998. Performance of sunflower hybrids as influenced by organic manure and fertilizer. **J. Oilseeds Res.**, 15(2): 272-279 pp.
- DIN 11542, 1978, Torf für Gartenbau und Landwirtschaft. Edwards, C.A., 1988. Breakdown of animal, vegetable and industrial organic wastes by earthworms. **Agriculture Ecosystems and Environment**, 24:21-31 pp.
- Dickerson, G.W. 2004. Vermicomposting. Cooperative Extension Service. College of Agriculture and Home Economics. New Mexico State University.
- 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. 1995. Commercial and environmental potential of vermicomposting: A historical overview. **Bio Cycle**, June, 62-63 pp.
- Edwards, C.A. 1998. Preface. In: C.A. Edwards (ed.) **Earthworm Ecology**. CRC Press, Florida, USA.
- Edwards, C.A., Bohlen, P. 1996. **Biology and Ecology of Earthworms** (3rd Edition) Chapman and Hall, London 426 pp
- Eivazi, F., Tabatabai, M.A. 1977, Phosphatases in Soils, **Soil Biol. Biochem.**, 9:167-172.
- 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.
- Gieguzyńska, E., Koćmit, A, Gołęzbiewska, D. 1998, Studies on humic acids in eroded soils of Western Pomerania, In: Zaujec, A., Bielek, P., Gonet, S.S. (Eds.), **Humic Substances in Ecosystems**, Slovak Agricultural University, Nitra, pp. 35 – 41.

- Gispert, M., Barrena, R., Dunjo, G., Pardini, G. 2000. The contribution of composted and vermicomposted meat industry biosolids, olive mill, apple and winery residues to improve soil fertility and structure. Man and soil at the Third Millennium. **Proceedings International Congress of the European Society for Soil Conservation**, Valencia, Spain. pp 977-987.
- Greco, Jr., G. Toscano, G., Cioffi, M., Gianfreda, L., Sannino, F. 1999. Dephenolisation of olive mill waste-waters by olive husk, **Water Res.**33 (1999) 3046-3050.
- Güneysu, S. 2009. Zeytinyağı Endüstrisi Atıksularının Farklı Yöntemlerle Arıtılmasının Araştırılması. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 101s., İstanbul.
- Haktanır, K. 1973. Ankara şartlarında nadas ve buğday-baklagil ekim nöbetinin önemli toprak enzimlerinin aktiviteleri üzerindeki etkileri. **Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları**, 613, 82s.
- Haktanır, K., Arcak, S. 1997. Toprak biyolojisi: Toprak ekosistemine giriş. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No. 447, Ankara.
- Hendrix, P.F. 2000. Earthworms. pp. 77-94. In: M.E. Sumner editor in chief. *Handbook of Soil Science*. CRS Press.
- Isermeyer, H. 1952. Eine Einfache Methode zur Bestimmung der Karbonate im Boden, *Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde* Volume 56, Issue 1-3, pages 26–38.
- Jackson, M.L. 1967. *Soil Chemical Analysis*, Prentice Hall of India Private Limited, New Delhi.
- Kacar, B., İnal, A. 2008. *Bitki Analizleri*, Nobel Yayın No:1241, ISBN 978-605-395-036-3, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- 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.
- Karaca, A., Arcak, S. 1999. Bazı Tarımsal Atıkların Üreaz Enzim Aktivitesi, Azot Mineralizasyonu ve Bazı Toprak Özellikleri Üzerine Etkileri. **Selçuk Üniv. Ziraat Fak. Dergisi**, 20:13, 94-107.
- Karmegam, N, Alagermalai, K., Daniel, T. 1999. Effect of vermicompost on the growt hand yield of green gram (*Phaseolusaureus* Rob.). **Tropical Agriculture** 76(2):143-146.

- Karmegam, N, Daniel, T. 2000. Effect of biodigested slurry and vermicompost on the growth and yield of cow pea [*Vigna unguiculata*(L.)]. **Environ. Ecol.**, 18(2): 367-370 pp.
- Kaushik, P., Garg, V.K., 2003. Vermicomposting of mixed solid textile mill sludge and cow dung with epigeic earthworm *Eisenia fetida*, **Bioresource Technology**, 90, 311-316.
- Keeney, D.R. 1982. Nitrogen-availability indices. In: Pagei A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (eds), **Methods of Soil Analysis**, Part 2, Am. Soc. **Agron. Soil Sci.** Soc. Am., Madison, Wisconsin, pp 711
- Lai, K.M., Ye, D.Y., Wong, J.W.C. 1999. Enzyme activities in a sandy soil amended with sewage sludge and coal fly ash. **Water Air and Soil Pollution**, 113:261-272
- Lavelle, P.1981. Strategies de re Production chez les vers de terre. **Acta Ecologica. Ecologica Generalis** 2. 117-33 pp.
- Lavelle, P.1983. The structure of earthworm communities. 449-446 pp. In J.E. Satchell (ed.) **Earthworm ecology: from Darwin to vermiculture**. Chapman and Hall, London, UK.
- Lavelle, P., Spain, A.V. 2001. Soil Ecology. **Kluwer Academic Publishers**, New York, 285-294 pp.
- Lee, K. E. 1985. Earthworms: Their Ecology and Relationships with Soils and Land Use, Academic Press, Sydney.
- Lee, K.E. 1959. The earthworm fauna for New Zealand, Wellington: DZ. **Dept.Sci. Ind.Res.** Bull. 130 pp.
- Macci, C., Masciandaro, G., Ceccanti, B. 2010. Vermicomposting of olive oil mill waste waters. **Waste Management & Research** 2010: 28: 738–747 ISSN 0734–242X.
- Marsilio, V., Di Giovacchino, L., Solinas, M., Lombardo, N., Briccoli-Bati, C. 1990. First observations on the disposal effects on olive oil mills vegetation waters on cultivated soil, **Proc. Int. Symp. Olive Growing**, 26–29 September 1989, Cordoba, Spain, (eds. Ralio, L., Caballero, J.M., & Fernandez-Escobar, R.). *Acta Horticulturae*, 286, ISBN:90-6605-354-2, 493–496.

- Nagavallema, 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.
- Nethra, N.N., Jayaprasad, K.V., Kale, R.D. 1999. China aster [*Callistephus chinensis* (L)] cultivation using vermicompost as organic amendment. **Crop Res. Hisar.**, 17(2): 209-215 pp.
- Ouzounidoua, G. 2008. Olive Mill Wastewater Triggered Changes in Physiology and Nutritional Quality of Tomato (*Lycopersicon Esculentum* Mill.) Depending On Growth Substrate, **J. of Hazardous Materials**, 158(2-3): 523 – 530.
- Patil, S.L., Sheelavantar, M.N. 2000. Effect of moisture conservation practices, organic sources and nitrogen levels on yield, water use and root development of rabisorghum [*Sorghumbicolor* (L.)] in the vertisols of semiarid tropics. **Annals of Agricultural Research** 21(21):32–36 pp.
- Price, J.S., Phillips, V.R. 1990. An improved mechanical separator for removing live worms from worm-worked organic wastes. **Biological Wastes**, 33: 25-37 pp
- Price, J.S. 1987. Development of vermcomposyting system. **Proceedings of the 4'the International CIEC Symposium on Agricultural Wasteand Management Enviromental Protection**, 1: 294-300 pp.
- Rozzi, A. Malpei, F. 1997. "Treatment and Disposal of Olive Mill Effluents", **International Biodeterioration & Biodegradation**, pp. 135-144.
- Saez, L., Perez, J. 1992. Molecular Weight Phenolic Attenuation During Simulated Treatment on Wastewaters from Olive Oil Mills in Evaporation Ponds, *J. Wat. Res.*, 26(9): 1261 – 1266.
- Sapek, B., Sapek, A. 1999. Determination of optical properties in weakly humified samples, In: Dziadowiec, H., Gonet, S.S. (Eds.), R. Zbytniewski, B. Buszewski / *Bioresource Technology* 96 (2005) 471–478 **The Study of Soil Organic Matter—the Methodical Guide**. Warszawa, Poland (in polish).
- Suthar, S. 2008. Microbial and decomposition efficiencies of monoculture and polyculture vermireactors, based on epigeic and anecic earthworms. **World Journal Microbiology Biotechnology** 24,1471-1479.

- Şengül, F., Özer, A., Çatalkaya, E.Ç., Oktav, E., Evcil, H., Çolak, O., Sağer, Y. 2003. Zeytin Karasuyu Arıtım Projesi: EBSO Projesi Kapsamında Zeytinyağı İşletmeleri İçin Durum Tespiti, Karasu Karakterizasyonu, Karasu Arıtılabilirlik Çalışmaları ve Sonuçları. D.E.Ü. Çevre Müh. Böl. İzmir.
- Tabatabai, M.A., Bremner, J.M. 1969. Soil Enzymes. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (eds) Methods of Soil Analysis, Part 2, Am. Soc. **Agron., Soil Sci.** Soc. Am., Madison, Wisconsin, pp 903-947
- Thalman, A. 1968. Zur methodik der bestimmung der dehydrogenase aktivitaet im boden mittels triphenyltetrazoliumchlorid (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.
- Tunalıoğlu, R., Bektaş, T. 2010. Türkiye Zeytinciliğinde Karasu Sorunu. **Zeytin Bilimi Dergisi**, 1 (2) : 65-71.
- Wani, S.P., Rupela, O.P., Lee, K.K. 1995. Sustainable agriculture in the semi-arid tropics through biological nitrogen fixation in grain legumes. **Plant and Soil** 174:29-49
- Wani, S.P., Lee, K.K. 1992. Biofertilizers role in upland crops production. Pages 91-112 in *Fertilizers, organic manures, recyclable Wastes and biofertilisers* (Tandon HLS, ed.). New Delhi, India: **Fertilizer Development and Consultation Organisation.**
- Wani, S.P. 2002. Improving the live lihoods: New partnerships for win-winsolutions for natural resource management. Paper submitted in the **2nd International Agronomy Congress** held at New Delhi, India during 26-30 November 2002.
- Wollny, E. 1980. Untersuchungen über die Beeinflussung der Fruchtbarkeit der Ackerkrume durch die Tätigkeit der Regenwürmer. **Forsch. Agrik. Physik.** 13, 381 – 395 pp.



## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ali KAÇAR  
Doğum Yeri ve Tarihi : AYDIN/Söke 27.08.1990

### EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi  
Toprak Bölümü  
Yüksek Lisans Öğrenimi : ADÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve  
Bitki Besleme Anabilim Dalı  
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

### BİLİMSEL FAALİYETLERİ

- a) Makaleler
  - SCI
  - Diğer
- b) Bildiriler
  - Uluslararası
  - Ulusal
- c) Katıldığı Projeler

### İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl : Karya Tarımsal Danışmanlık ve Mühendislik Hiz.  
Ltd. Şti. 2014- 2015

### İLETİŞİM

E-posta Adresi : [ali.kacar1990@gmail.com](mailto:ali.kacar1990@gmail.com)  
Tarih : 21.10.2015