

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**FARKLI MANTAR TÜRLERİNE AİT ATIK MANTAR
KOMPOST/SUBSTRATLARININ FİZİKSEL, KİMYASAL VE BİYOLOJİK
ÖZELLİKLERİ**

Savaş ÇATAL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**FARKLI MANTAR TÜRLERİNE AİT ATIK MANTAR
KOMPOST/SUBSTRATLARININ FİZİKSEL, KİMYASAL VE BİYOLOJİK
ÖZELLİKLERİ**

SAVAŞ ÇATAL

BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

**SAMSUN
2017**

Her hakkı saklıdır.

TEZ ONAYI

Savaş ÇATAL tarafından hazırlanan “Farklı Mantar Türlerine Ait Atık Mantar Kompost/Substratlarının Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Özellikleri” adlı tez çalışması 25/01/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı’nda **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman Prof. Dr. Aysun PEKŞEN
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Samsun

Jüri Üyeleri

Başkan Prof. Dr. Coşkun GÜLSER
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı,
Samsun

Üye Prof. Dr. Aysun PEKŞEN
Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi,
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Samsun

Üye Yrd. Doç. Dr. Erkan EREN
Ege Üniversitesi, Bergama Meslek
Yüksekokulu, Mantarcılık Programı, İzmir

Yukarıdaki sonucu onaylarım. .../.../2017

İmza

Prof. Dr. Bahtiyar ÖZTÜRK
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

25/01/2017

Savaş Çatal

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI MANTAR TÜRLERİNE AİT ATIK MANTAR KOMPOST/SUBSTRATLARININ FİZİKSEL, KİMYASAL VE BİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ

Savaş Çatal

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Aysun Pekşen

Dünyada ve Türkiye'de farklı mantar türlerinin üretimleri ve dolayısıyla bu mantar türlerinin üretimleri sonucunda geriye kalan atık kompost/substrat miktarları yıldan yıla artmaktadır. Büyük miktarlarda açığa çıkan atık mantar substratları işletmelerden yakılarak, çöpe atılarak ya da tarımsal alanlarda toprağa karıştırılarak uzaklaştırılmaktadır. Bu uygulamalar işletmeler için ekonomik olmamakta ve ciddi bir çevre kirliliği sorununa neden olmaktadır. Bununla birlikte atık mantar substratı birçok farklı alanda kullanılarak ekonomiye kazandırılabilir bir materyaldir. Atık mantar substratının bileşimi, üretilen mantar türüne ve kompostun hazırlanmasında kullanılan materyale bağlı olarak değişebilmektedir. Bu nedenle atık mantar substratlarının özelliklerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, Türkiye’de son yıllarda yetiştiriciliği yapılan farklı mantar türlerinin (*Agaricus bisporus*, *Ganoderma lucidum*, *Hericium erinaceus*, *Lentinula edodes* ve *Pleurotus ostreatus*) üretiminden elde edilen atık mantar substratlarının bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri tespit edilmiş ve bu özellikler bakımından torf ve harç materyalleri ile karşılaştırılmıştır. Atık mantar substratları ile torf ve harç arasında incelenen tüm özellikler bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıklar belirlenmiştir. Atık mantar substratlarının EC, organik madde miktarı, C, C:N oranı, su tutma kapasitesi, mikrobiyal biyomass karbon, arilsülfataz aktivitesi torf ve harç ile karşılaştırıldığında önemli derecede yüksek bulunmuştur. EC, pH, C:N oranı ve fitotoksite deneme sonuçları mantar üretimi sürecinden hemen sonra alınan taze atık mantar substratlarının olgun kompost özelliklerini taşımadıklarını göstermiştir.

Ocak 2017, 50 sayfa

Anahtar Kelimeler: Atık mantar kompostu, Enzim aktivitesi, Organik madde, Mineral madde, Mikrobiyal biyomass

ABSTRACT

Master's Thesis

PHYSICAL, CHEMICAL AND BIOLOGICAL PROPERTIES OF SPENT MUSHROOM COMPOST/SUBSTRATES OF DIFFERENT MUSHROOM SPECIES

Savaş Çatal

Ondokuz Mayıs University
Graduate School of Sciences
Department of Horticulture

Supervisor: Prof. Dr. Aysun Pekşen

The production of different mushroom species in the world and Turkey, and the amount of spent mushroom compost/substrate remaining after mushroom production process increase year by year. Mushroom substrates released in large quantities are removed from the enterprises by burning, discarding, or incorporating into the soil in agricultural areas. These practices are not economical for the enterprises and cause serious environmental pollution problems. However, the spent mushroom substrate is a material that can be included the economy by using in many different fields. The composition of the spent mushroom substrate can be varies depending on produced mushroom species and the materials used in compost preparation. Therefore, determining the properties of spent mushroom substrates is of great importance. In this study, some physical, chemical and biological properties of spent mushroom substrates obtained from the production of different mushroom species (*Agaricus bisporus*, *Ganoderma lucidum*, *Hericium erinaceus*, *Lentinula edodes* and *Pleurotus ostreatus*) cultivated in Turkey in recent years have been determined and compared with peat and standart media in terms of these properties. Statistically significant differences were determined between spent mushroom substrates and peat and standart media in terms of all the properties examined. EC, organic matter, C, C:N rate, water holding capacity, microbial biomass carbon, arylsulphatase activity of spent mushroom substrate had been found significantly higher than that of peat and standart media. Results of EC, pH, C:N rate and phytotoxicity experiment had shown that fresh spent mushroom substrates taken after mushroom production process haven't got similar properties to a matured compost.

January 2017, 50 pages

Key Words: Spent mushroom compost, Enzyme activity, Organic matter, Minerals, Microbial biomass

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanmasının her aşamasında değerli fikirleri ile bana her zaman yol gösteren, tez çalışmam süresince büyük bir anlayış ve sabır gösteren tez danışmanım Prof. Dr. Aysun PEKŞEN'e teşekkürlerimi sunarım.

Deneysel ve laboratuvar çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Coşkun GÜLSER, Yrd. Doç. Dr. Mustafa SAĞLAM, Dr. Elif ÖZTÜRK, Dr. Betül BAYRAKLI'ya ve emeği geçen herkese teşekkür ederim.

Tezimin yürütülmesi aşamasında, bana her konuda destek olan Ziraat Yüksek Mühendisi Harbiye Duran, Ziraat Mühendisi Zehra SATILMIŞ'a ve emeği geçen diğer öğrenci arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında maddi ve manevi desteklerini gördüğüm, sabır ile her zaman yanımda olan büyük bir özveri göstererek beni her konuda destekleyen aileme teşekkürlerimi sunarım.

Ocak 2017, Samsun

Savaş Çatal

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	7
2.1. <i>Agaricus</i> Atık Mantar Kompostu ile İlgili Çalışmalar	7
2.2. Diğer Mantar Türlerinin Atık Mantar Kompostu ile İlgili Çalışmalar.....	14
3. MATERYAL VE YÖNTEM	21
3.1. Materyal.....	21
3.2. Yöntem	22
3.2.1. Atık mantar kompostlarının analizler için hazırlanması.....	22
3.2.2. Fiziksel özelliklerle ilgili yapılan analizler.....	22
3.2.3. Kimyasal özelliklerle ilgili yapılan analizler	23
3.2.4. Biyolojik özelliklerle ilgili yapılan analizler	23
3.2.5. Fitotoksite analizi.....	25
3.2.6. İstatistiksel değerlendirme	26
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	27
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	39
KAYNAKLAR	41
ÖZGEÇMİŞ	51

SİMGELER VE KISALTMALAR

AMS	Atık mantar kompostu/substratı
A-AMS	<i>Agaricus bisporus</i> atık mantar substratı
C	Karbon
C:N	Karbon:Azot oranı
Ca	Kalsiyum
cm	Santimetre
CO ₂	Karbondioksit
Cu	Bakır
Çİ	Çimlenme indeksi
EC	Elektriksel iletkenlik
Fe	Demir
GL-AMS	<i>Ganoderma lucidum</i> atık mantar substratı
H ₂ SO ₄	Sülfirik asit
HE-AMS	<i>Hericium erinaceus</i> atık mantar substratı
K	Potasyum
KU	Kök uzama
LE-AMS	<i>Lentinula edodes</i> atık mantar substratı
Mg	Magnezyum
MBK	Mikrobiyal biyomas karbon
Mn	Mangan
mmol	milimol
N	Azot
Na	Sodyum
P	Fosfor
pH	Hidrojen potansiyeli
PO-AMS	<i>Pleurotus ostreatus</i> atık mantar substratı
STK	Su tutma kapasitesi
OM	Organik madde
Zn	Çinko
TÇ	Tohum çimlenme
µg	Mikrogram

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Türkiye mantar üretiminin türlere göre dağılımı	5
Şekil 3.1.	Fitotoksite denemesinden bazı görüntüler.....	26
Şekil 4.1.	Harç, torf ve atık mantar substratlarının çimlenme indeksi ortalamaları ve duncan gruplandırmaları.....	38



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1.	Dünya ve Türkiye mantar üretim ve tahmini atık mantar kompostu miktarı.....	2
Çizelge 1.2.	Ülkeler bazında 2013 yılı mantar üretim miktarı ve tahmini atık mantar kompostu miktarları.....	3
Çizelge 3.1.	Denemede ele alınan atık mantar kompostlarının kısaltmaları ve içerikleri.....	21
Çizelge 4.1.	Harç, torf ve atık mantar substratlarının EC, pH, kül ve organik madde (OM) miktarları.....	27
Çizelge 4.2.	Harç, torf ve atık mantar substratlarının C, N, P ve K miktarları ile C:N oranları.....	30
Çizelge 4.3.	Harç, torf ve atık mantar substratlarının bazı mineral madde miktarları.....	33
Çizelge 4.4.	Harç, torf ve atık mantar substratlarının bazı fiziksel özellikleri.....	34
Çizelge 4.5.	Harç, torf ve atık mantar substratlarının MBK, CO ₂ ve bazı enzim aktiviteleri.....	36
Çizelge 4.6.	Harç, torf ve atık mantar substratlarının fitotoksisite analiz sonuçları.....	37

1. GİRİŞ

Artan dünya nüfusunun beslenebilmesi amacıyla hayvansal ve bitkisel üretimin artması üretim sonrası açığa çıkan atık madde miktarlarında da önemli artışa neden olmuştur. Tarımsal üretim sonrası açığa çıkan atık (sap, saman, sera bitki atıkları, çay atıkları, fındık zurufu, melas, bira sanayi atıkları, gül işleme atıkları, tavuk gübresi vb.) miktarlarındaki artışlar önemli bir çevre kirliliğine yol açmaktadır. Son yıllarda çevre kirliliğinin önlenmesi ve aynı zamanda bu atıkların değerlendirilmesi amacıyla üretim sonucunda oluşan atıkların ve/veya hammaddesi tarımsal ürün olan pek çok fabrikasyon atığının tarımsal üretimde girdi olarak kullanılması üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Böylece bu atıkların tekrar kullanımı ile çevre üzerine olan olumsuz etkilerinin azaltılmasına ve ekonomik olarak değerlendirilmesine çalışılmaktadır. Atık olarak nitelendirilen lignoselülozca zengin bu materyallerin değerlendirilmesinde organik madde ve bitki besin maddesi kaynağı ve belli oranlarda karışımlar ile yetiştirme ortamı olarak kullanılması söz konusudur. Bununla birlikte bu atıkların değerlendirilmesinde en ekonomik ürünün mantar olduğu ve kompost yapımında kullanılabileceği birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Wood, 1984; Senyah, 1988; Smith & Wood, 1990). Lignoselülozca zengin orman ve tarımsal atıkların mantar yetiştiriciliğinde kompost yapımında kullanılması hem çevrenin korunması hem de üretim maliyeti düşük ve besin değeri yüksek bir ürün olan mantarın elde edilmesi bakımından büyük avantajlar sağlamaktadır. Ayrıca mantar üretiminden sonra açığa çıkan atık mantar kompostu birçok alanda değerlendirilebilir bir materyal olarak kullanılabilmektedir (Tüzel vd, 1992; Rinker, 2002; Pekşen & Yamaç, 2016).

Mantar yetiştirme ortamlarına kompost veya substrat adı verilmektedir. Bu yetiştirme ortamları selüloz ve lignince zengin materyale ilave edilen azotun mikroorganizma popülasyonunu aktif hale getirmesi sonucunda ayrışma ve sentezleme olayları ile elde edilen, mantarın beslenmesi için gerekli yetiştirme ortamlarıdır. Mantar yetiştiriciliğinde üretim sonrası açığa çıkan organik madde ve bazı besinlerce zengin komposta ise “atık mantar kompostu” veya “kullanılmış mantar

kompostu” adı verilmektedir. Phan & Sabaratnam (2012), mantar üretiminden sonra açığa çıkan bu materyalin abiyotik bileşenler yanı sıra fungal ve bakteriyal biyomass ve ekstraselüler enzimler gibi biyotik bileşenler de içermesi nedeniyle atık mantar substratı (AMS) teriminin kullanılmasının daha uygun olacağını bildirmişlerdir.

Bazı araştırmacılar üretilen 1 kg mantar için 3 kg (Singh vd, 2003), 4 kg (Singh vd, 2010; 2011) ve 5 kg (Semple vd, 2001; Williams vd, 2001; Lau vd, 2003; Paredes vd, 2009) atık mantar kompostunun açığa çıktığını bildirmişlerdir. Üretilen 1 kg mantar için 5 kg atık mantar kompostunun açığa çıktığı düşünüldüğünde dünya ve Türkiye’de üretilen mantar üretim miktarlarına göre hesaplanan tahmini atık mantar kompostu miktarları Çizelge 1.1’de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Dünya ve Türkiye mantar üretim ve tahmini atık mantar kompostu miktarı

Yıllar	Dünya		Türkiye	
	Mantar üretim miktarı (ton)*	Tahmini atık mantar kompostu (ton)**	Mantar üretim miktarı (ton)*	Tahmini atık mantar kompostu (ton)**
2000	4.210.714	21.053.570	7.000	35.000
2001	4.531.488	22.657.440	9.000	45.000
2002	4.732.119	23.660.595	11.000	55.000
2003	4.908.542	24.542.710	13.000	65.000
2004	5.280.453	26.402.265	15.000	75.000
2005	5.293.001	26.465.005	17.000	85.000
2006	5.545.269	27.726.345	21.833	109.165
2007	5.989.662	29.948.310	23.426	117.130
2008	6.824.048	341.202.40	26.526	132.630
2009	7.207.433	36.037.164	19.501	97.505
2010	7.391.978	36.959.890	21.559	107.795
2011	8.427.222	42.136.110	27.058	135.290
2012	9.593.209	47.966.045	33.825	169.125
2013	9.926.966	49.634.830	34.494	172.470

*FAO, 2015; TÜİK, 2015, **Bir kg mantar üretimi için açığa çıkan atık mantar kompostunun 5 kg (Semple vd, 2001; Williams vd, 2001; Lau vd, 2003) olacağı tahminine göre hesaplanan atık mantar kompostu miktarı

FAO (2015)’e göre 2013 yılı dünya mantar üretimi 9.926.966 ton olup, bu miktarda mantar üretebilmek için yaklaşık olarak 49.634.830 ton/yıl atık mantar substratının açığa çıktığı söylenebilir. Türkiye mantar üretiminin 34.494 ton (TÜİK, 2015) olup, bu miktarda mantar üretebilmek için de yaklaşık olarak 172.470 ton/yıl

atık mantar substratı açığa çıkmaktadır. Bununla birlikte, üretilen kompost ve satılan misel miktarı üzerinden Türkiye mantar üretim miktarlarının 2012 yılında 49.000 ton (Eren & Pekşen, 2014) ve 2014 yılında ise 45.000 ton civarında olduğu bildirilmiştir (Eren & Pekşen, 2016). Bu değerlere göre tahmini atık mantar kompostu miktarı 2012 yılında 245.000 ton/yıl ve 2014 yılında 225.000 ton/yıl civarındadır.

Ülkeler bazında 2013 yılı mantar üretim miktarı ve tahmini atık mantar kompostu miktarları Çizelge 1.2’de verilmiştir. Üretilen mantar miktarına baktığımızda 7.068.102 ton ile Çin birinci sırada yer almaktadır. Bunu İtalya, Amerika Birleşik Devletleri ve Hollanda gibi ülkeler izlemektedir (FAO, 2015). Mantar üretiminin en yoğun yapıldığı Çin’de açığa çıkan atık mantar kompostu miktarı 35.340.510 ton civarındadır.

Çizelge 1.2. Ülkeler bazında 2013 yılı mantar üretim miktarı ve tahmini atık mantar kompostu miktarları

Ülkeler	Mantar üretim miktarı (ton)	Tahmini atık mantar kompostu miktarı (ton)
Çin	7.068.102	35.340.510
İtalya	792.000	3.960.000
ABD	487.986	2.439.930
Hollanda	323.000	1.615.000
Polonya	220.000	1.100.000
İspanya	149.700	748.500
Fransa	104.621	523.105
İran	87.624	438.120
Kanada	81.788	408.940
İngiltere	79.500	397.500
Japonya	61.500	307.500

*FAO, 2015, **Bir kg mantar üretimi için açığa çıkan atık mantar kompostunun 5 kg (Semple vd, 2001; Williams vd, 2001; Lau vd, 2003) olacağı tahminine göre hesaplanan atık mantar kompostu miktarı

Açığa çıkan atık mantar substratının mantar üreten işletmelerden uzaklaştırılması önemli bir sorundur. Tüm dünyadaki mantar üreticileri çevre mevzuatının giderek artan baskısı ile karşı karşıyadır. Bu da atık mantar substratının atılması için daha uygun çözüm bulma gereksinimini ortaya çıkarmıştır (Levanon & Danai, 1995). Yüksek miktarda açığa çıkan bu materyal yakılarak, çöpe atılarak ya da tarımsal alanlarda toprağa karıştırılarak işletmelerden uzaklaştırılmaktadır. Ancak bu uygulamalar işletmeler için ekonomik olmamakta ve/veya önemli bir çevre kirliliği

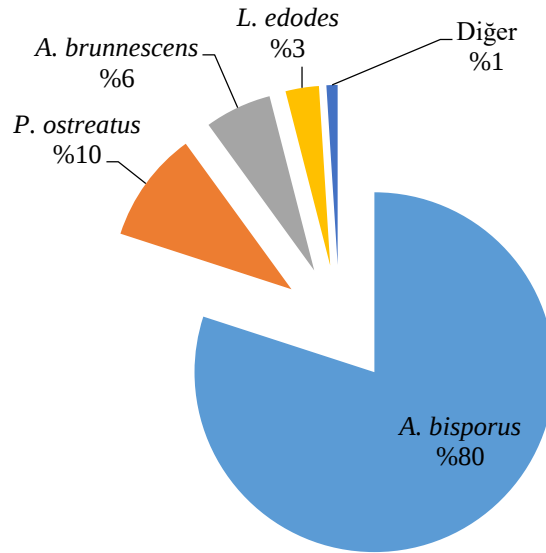
sorunu yaratmaktadır (Pekşen & Yamaç, 2016). Atıkların açıkta arazide gelişi güzel bekletilmesi sırasında atık mantar substratında bulunan özellikle N ve P olmak üzere besinlerin çevreye salınımının kirletici etkisi söz konusudur (Magette vd, 2004). Bu nedenlerle mantar üretim endüstrisinde atık mantar substratlarının geriye dönüşümünün sağlanmasına ihtiyaç bulunmaktadır. AMS kullanımı ile ilgili bulgular araştırmacıların ilgisini çekmektedir (Suess & Curtis, 2006). Atık mantar substratlarının değerlendirilmesi tarımsal veya çevresel sorunların çözülmesi yanı sıra mantar üreticileri için de fazladan gelir oluşturmaları nedeniyle büyük öneme sahiptir. Son yıllarda farklı alanlarda kullanımı ile ilgili artan bir talep söz konusudur.

Atık mantar substratı farklı mantar türlerinin üretiminde kompost, mantar yetiştiriciliğinde örtü toprağı, organik madde kaynağı, fide üretimi ve topraksız kültürde yetiştirme ortamı, bitki hastalıkları biyokontrol ajanı, hayvan yemi, vermikompost üretimi, mikoremediasyon, enzim ve yakıt üretimi olmak üzere birçok farklı alanda kullanılarak ekonomiye kazandırılabilir bir materyaldir (Rinker, 2002; Oei vd, 2007; Pekşen & Yamaç, 2016). Ülkemizdeki üretimi giderek artan kültür mantarcılığının oluşturduğu atıkların özellikle bitkisel üretimde (organik madde, toprak düzenleyici olarak) kullanılması ümit vericidir. Ancak özellikle bitkisel üretimde kullanılabilirliğini değerlendirebilmek için farklı mantar türlerine ait atık mantar kompostlarının içeriğinin belirlenmesine ihtiyaç bulunmaktadır.

Kültür mantarı üretim tesislerinin üretim dönemi sonunda çıkardıkları atık mantar kompostunun bileşiminde bulunan başlıca maddeler; buğday samanı veya sapı, çeltik samanı veya sapı, at gübresi, talaş, kuru ot, tavuk gübresi, mısır sap ve koçanı, kepek, pamuk tohumu küspesi, melas ve soya unu gibi materyallerdir. Bunlara ilave olarak mantar kompostu formülasyonunda azot, fosfor ve potasyum gibi besin elementlerini ihtiva eden gübreler, alçı, kireç ve/veya mermer tozu bulunabilmektedir. AMS kompost yapımında kullanılan materyal atıklarının dışında misel, enzim ve mantar türüne bağlı olarak örtü toprağı atıkları da bulunmaktadır.

AMS içeriğı, mantar türüne, kompost yapımında kullanılan materyallere, kompostlama işlemine, taze veya yanmış olup olmamasına ve örtü toprağı kullanılıp kullanılmaması gibi faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir.

Dünyada üretilen mantarın cinslere göre dağılımı incelendiğinde birinci sırada *Agaricus*, ikinci sırada *Pleurotus* ve üçüncü sırada *Lentinula* cinsi yer almaktadır. Türkiye’de de *Agaricus bisporus* birinci, *Pleurotus* türleri ikinci ve *Lentinula edodes* üçüncü sırada yer almaktadır (Pekşen, 2014; Eren & Pekşen, 2016). Türkiye’de mantar üretiminin türlere göre dağılımı incelendiğinde %80 ile *Agaricus bisporus* üretimi büyük bir paya sahiptir. Son yıllarda özellikle *Pleurotus* türlerinin üretiminde hızlı bir artış söz konusudur ve üretilen mantarın yaklaşık %10’luk kısmını oluşturmaktadır. Bununla birlikte, mantar sektöründe *Lentinula edodes*, *Ganoderma lucidum* (ölümsüzlük mantarı) ve *Hericium erinaceum* (aslan yelesi, ponpon, dede sakalı) mantarları ile ilgili üretimlerin çok düşük miktarlarda olsa da yapıldığı bildirilmiştir (Şekil 1.1) (Eren & Pekşen, 2016).



Şekil 1.1. Türkiye mantar üretiminin türlere göre dağılımı (Eren & Pekşen, 2016)

Agaricus atık substratı üzerine yapılan çalışmaların diğer mantar türlerine ait atık substratlara göre daha yoğun olduğu görülmektedir. *Agaricus* atık substratının kimyasal (Lohr vd, 1984; Wuest & Fahy, 1991; Levanon & Danai, 1995; Maher vd, 2000; Demirtaş vd, 2000; Topcuoğlu vd, 2004; Jordan vd, 2008; Aydın, 2009; Anonymous, 2010; 2013a; 2013b; Holozlu, 2013) ve fiziksel özelliklerinin (Baran vd, 1995; Birben, 1998; Çiçek vd, 2012) belirlenmesine yönelik bazı çalışmalar yapılmıştır. Ancak diğer mantar türlerinin atık mantar substratlarının kimyasal ve

fiziksel özelliklerinin belirlenmesi konusunda çok sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır.

Toprakta veya bitki yetiştirmede güvenli kullanılabilmesi için kompostun temel şartı stabil veya olgunluk derecesinin yüksek olmasıdır. Olgunluk, stabil organik madde miktarı ve fitotoksik bileşikler ve bitki veya hayvansal patojenlerin yokluğu anlamına gelmektedir (Bernal vd, 1998). Kompostlarda olgunluk parametreleri fiziksel, kimyasal ve mikrobiyal aktiviteyi içeren biyolojik özelliklere dayanmaktadır (Bernal vd, 2009). Atık mantar substratının farklı kullanım alanlarında özellikle toprak düzenleyici, bitki yetiştirme ortamı ve bitki besin maddesi kaynağı olma durumlarında kullanılabilişliğinin araştırılmasından önce fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin belirlenmesine ihtiyaç bulunmaktadır. Atık mantar substratının bileşimi konusunda bazı çalışmalar yapılmış olmakla birlikte fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini ortaya koyan yeterli ve detaylı çalışma bulunmamaktadır.

Yapılan çalışmalar da ağırlıklı olarak *Agaricus bisporus* atık substratı üzerinedir. Oysa AMS bileşiminin mantar türlerine ve kompost bileşimine göre değişiklik gösterdiği düşünülürse diğer mantar türlerinin üretimi sonrası açığa çıkan atık substratların içeriklerini belirlemeye yönelik daha detaylı çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Özellikle atık mantar substratlarının gübre, toprak düzenleyici veya bitki yetiştirme ortamı olarak değerlendirmesi amacıyla bileşimindeki değişkenliği tanımlamak önemlidir. Bu çalışma son yıllarda ülkemizde yetiştiriciliği yapılan farklı mantar türlerine ait atık mantar substratlarının bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini tespit etmek, bunları harç ve torf ortamı ile karşılaştırmak amacıyla yapılmıştır. Ayrıca çalışmada ele alınan atık mantar substratların fitotoksite etkileri araştırılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

Atık mantar kompostu ile ilgili çalışmaların hem dünyada hem de Türkiye’de çoğunlukla *Agaricus bisporus* türü üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bunun en önemli nedeni beyaz şapkalı veya kültür mantarı olarak bilinen *A. bisporus* ’un üretimi en fazla yapılan mantar türü olmasıdır. Ancak son yıllarda diğer mantar türlerinin üretimlerinin yaygınlaşması, bu mantar türlerinin üretim sonrası açığa çıkan atıklarının değerlendirilmesi amacıyla özelliklerini ve farklı kullanım durumlarını belirlenmeye yönelik çalışmaların yapılmasına neden olmuştur. Doğrudan atık mantar kompostunun içeriğini belirlemeye yönelik çok çalışma bulunmamaktadır. Yine *Agaricus* türü dışında diğer mantar türlerine ait sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu nedenle atık mantar kompostunun içeriklerinin belirlenmesi veya yapılan çalışma kapsamında atık mantar kompostu içeriğinin verildiği çalışmalar ele alınmış, konuyla ilgili bilgiler *Agaricus* atık mantar kompostu ve diğer mantar türlerinin atık mantar kompostları olmak üzere iki başlık altında verilmiştir.

2.1. *Agaricus* Atık Mantar Kompostu ile İlgili Çalışmalar

Agaricus bisporus yetiştiriciliğinde örtü toprağı olarak kullanılan torfa bağlı olarak, örtü topraksız atık mantar kompostunun organik madde içeriğı (%47-58) ve N (%1.8-2.2) miktarı örtü topraklı atık mantar içeriğine (sırasıyla %22-34 ve 0.7-1.3) göre daha yüksek bulunmuştur. Buna karşılık mineral madde içeriğı daha düşük bulunmuştur (Lemaire, 1981).

Lohr vd (1984) taze ve yanmış (yeterli su ilave edilip aktarma işlemleri yapılarak 6 hafta açıkta yığın halinde bekletilmiş ve aerobik yanması sağlanmış) atık mantar kompostunun fiziksel ve kimyasal özelliklerini araştırmışlardır. Taze atık mantar kompostunun besin içeriklerine bakıldığında mmol kg⁻¹ kuru ağırlık cinsinden N 1510, P 180, K 320, Ca 740, Mg 275, Al 180, Fe 67, Mn 7.5, Zn 1.7 ve Mo 1.0 olarak bulunmuştur. Yanmış atık mantar kompostunda ise N 1580, P 180, K 305, Ca 895, Mg 460, Al 215, Fe 71, Mn 7.1, Zn 2.1 ve Mo 1.4 olarak tespit edilmiştir. Taze ve yanmış

atık kompostta makro besin elementleri düzeyleri düşük olup, Cl, Ni, Cu ve Cr gibi iz elementlerin konsantrasyonları çok düşük saptanmıştır. Bu değerler atık mantar kompostunun kullanılması ile ağır metal toksitesinin meydana gelmeyeceğini göstermektedir. Taze ve yanmış mantar kompostunun fiziksel özelliklerine bakıldığında, toplam boşluk hacmi (sırasıyla %87.1-86.3, doyma noktasında toplam su (sırasıyla %63.2-65.5), hava boşluğu (%24-20.8), elde edilebilir su (10-50 cm) (sırasıyla %12.6-22.6), su tutma kapasitesi (50-100 cm) (sırasıyla %1.9-2.1), hacim ağırlığı (sırasıyla 0.256-0.293 g cm⁻³), özgül ağırlık (sırasıyla 2.05-2.12) olarak tespit edilmiştir. Yine bu çalışmada taze atık mantar kompostunda EC ortalama 22.1 ds m⁻¹ iken, yanmış atık mantar kompostunda ise 27.4 ds m⁻¹ olarak belirlenmiştir. Çalışmada taze ve yanmış atık mantar kompostunun tuz düzeylerinin birçok bitkinin büyümesi için aşırı olduğu tespit edilmiştir.

Lemaire vd (1985) yaptıkları çalışmada atık mantar kompostunun fiziksel, fiziko-kimyasal ve kimyasal özelliklerinin zaman içindeki (0., 6. ve 15. ay) değişimini incelemişlerdir. Çalışmada atık kompostta su hacminin (pF 1, 1.5 ve 2) zaman içinde arttığı, hava hacminin ise azaldığı saptanmıştır. Araştırmacılar, atık mantar kompostunun işletmeden alındığında (0. ay) EC ve tuzluluk miktarının 10.3 mS cm⁻¹ ve 21.3 g l⁻¹ iken 6. ayda (2.5 mS cm⁻¹ ve 4.05 g l⁻¹ kompost) azaldığı, ancak 9. ayda tekrar yükseldiğini (4.7 mS cm⁻¹ ve 9.9 g l⁻¹ kompost) tespit etmişlerdir. Tuzlulukta bu değişimin nitrik asit ve K'dan kaynaklandığını belirtmişlerdir. Zaman içinde 0., 6. ve 15. aydaki pH değerleri sırasıyla 6.9, 6.8 ve 6.8 iken, C:N oranı 15.8, 15.8 ve 15.2 olarak bulunmuştur.

Atık mantar substratının yetiştirme ortamı olarak kullanım olanaklarının araştırıldığı çalışmada atık mantar kompostunun bor, bakır ve çinko değişebilir oranlarının %25'den daha az olduğu, ancak elektriksel iletkenlik (3.5 mS cm⁻¹) ve pH değerlerinin (7.5) yüksek olduğu bildirilmiştir. Organik madde miktarı da %70.6 olarak tespit edilmiştir (Devonald, 1987).

Wuest & Fahy (1991) *Agaricus* atık substratının bazı kimyasal özelliklerini inceledikleri çalışmada kuru madde miktarının %43.00, pH değerinin 7.28, P miktarının %0.36, K miktarının %2.35, N miktarının %1.93, Ca miktarının %4.93, Mg miktarının %0.71, Na miktarının %0.72 olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca çalışmada

Cu, Zn, Mn, Fe, Pb, Cd, Cr ve Ni miktarları (sırasıyla 46.26, 103.88, 332.92, 4400.00, 14.89, 0.43, 8.53 ve 11.93 mg kg⁻¹) saptanmıştır.

Levanon & Danai (1995) tarafından *Agaricus* atık substratının pH'sının 8.10 ve EC'sinin 3.12 mS cm⁻¹ gibi yüksek değerlere sahip olduğu bildirilmiştir. Organik madde miktarı %57.50, P miktarı %0.80, K miktarı %2.50, Ca miktarı %9.70, Na miktarı %0.70 ve C:N oranı 15.80 olarak saptanmıştır.

Stewart (1995) tarafından mantar endüstrisinin yan ürünü olan AMS üzerine yapılan çalışmada *Agaricus* atık substratının N içeriği %1.8, P içeriği %0.8, K içeriği %1.6, S içeriği %1.3, Ca içeriği %5.9 ve Mg içeriği %0.4 olarak bulunmuştur.

Baran vd (1995) tütün tozu, üzüm cibresi ve atık mantar kompostunun (*Agaricus bisporus* atık substratı) bitki yetiştirme ortamı bakımından önemli bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini incelemişlerdir. Atık mantar kompostunda hacim ağırlığı 0.15 g cm⁻³, özgül ağırlığı 1.73, gözenek boşluğu %12.16 ve kolay alınabilir su miktarı ise %25.26 olarak tespit edilmiştir. pH'sı 7.22 olan atık mantar kompostunun EC değeri (12.50 dS m⁻¹) diğer atıklardan yüksek bulunmuştur. Organik madde miktarı %46.95 ve C:N oranı 17.45 olarak belirlenmiştir. Çalışmada mantar kompostu atığında bileşiminden dolayı N (%2.55), P (%0.403) ve K (%2.30) değerleri yüksek bulunmuştur. Atık mantar kompostunda toplam Fe miktarı 3501 ppm, Mn miktarı 294 ppm, Cu miktarı 53 ppm ve Zn miktarı 97 ppm olarak tespit edilmiştir. Mikro besin elementleri bakımından atık mantar kompostu Fe bakımından fakir, Mn, Cu ve Zn bakımından zengin bulunmuştur. Çalışmada atık mantar kompostunun tuz içeriğinin yüksek olması nedeniyle bitki yetiştiriciliğinde kullanımı sırasında dikkat edilmesi gerektiği, ancak iyi bir organik madde kaynağı olarak değerlendirilebileceği vurgulanmıştır.

Uzun & Balkaya (1996), taze *Agaricus bisporus* atık kompostunun satürasyon değerini %941.40, EC değerini 12.35 mmHos cm⁻¹ ve pH değerini 7.4 olarak tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, taze atık mantar kompostunun yüksek EC ve toplam tuz içeriği nedeniyle karpuzda fide yetiştiriciliğinde tek başına ortam olarak kullanılmasının uygun olmadığını bildirmişlerdir.

Çilek yetiştiriciliğinde atık mantar kompostunun çiftlik gübresine alternatif olarak kullanılıp kullanılamayacağının araştırıldığı çalışmada, ele alınan atık mantar

kompostunun N miktarı %1.63, P miktarı %0.12, K miktarı %1.0, Fe miktarı 606.2 ppm, Mn miktarı 158.9 ppm, Cu miktarı 157.8 ppm ve Zn miktarı 44.8 ppm olarak tespit edilmiştir. Çalışmada kullanılan atık mantar kompostunu bileşiminin yanmış ahır gübresi içeriğine benzer olduğu, hatta N miktarının daha yüksek olduğu saptanmıştır (Özgüven, 1998).

Birben (1998) torf ve *Agaricus* atık substratının sırasıyla hacim ağırlığını 0.24 ve 0.30 g cm⁻³, pF0 değerini 76.41 ve 71.97, pF1 değerini 66.33 ve 55.15, pF1.7 değerini 28.80 ve 29.42, pF2 değerini 25.79 ve 26.93, HK (H10 (cm)) %10.08 ve 16.82, KAS %37.53 ve 25.73, STK %3.01 ve 2.49 olarak belirlemiştir.

İrlanda’da yapılan çalışmada, atık mantar kompostunun organik madde, N, P, K, Ca ve Mg miktarı sırasıyla %65, %2.55, %1.24, %2.50, %7.25 ve %0.67 olarak belirlenmiştir. Çalışmada EC değerinin 7.5 mS cm⁻¹ gibi oldukça yüksek bir değere sahip olduğu saptanmıştır. Araştırmacılar atık mantar kompostunun organik madde miktarı ve bazı besin maddeleri bakımından zengin olsa bile genelde bitki besleme bakımından besin maddesi düzeyinin dengesiz olduğunu bildirmişlerdir (Magette vd, 1998).

Stewart vd (2000), atık mantar substratının K miktarını %1.7, Ca miktarını %6.5, Mg miktarını %0.4 ve S miktarını %1.2 (%87’si SO₄), C:S oranını ise 26 olarak saptamışlardır. Çalışmada atık mantar substratının bitkilere K, Ca, Mg ve S sağlanmasında önemli bir kaynak olabileceği, ancak sülfat şeklindeki kükürdün yıkanmayla ortamdan hızla uzaklaşabileceği bildirilmiştir.

Demirtaş vd (2000) tarafından yapılan çalışmada I. yıl ve II. yıl atık mantar kompostunun sırasıyla pH’sı 7.3 ve 7.2, EC’si 10106 ve 10725 µmhos cm⁻¹, kuru madde miktarı %61 ve 63, organik madde miktarı %42.0 ve 39.5, C miktarı %24.4 ve 36.5, N miktarı %1.8 ve 2.2, C:N oranı 13.4 ve 16.4, P miktarı %0.57 ve 0.50, K miktarı %1.0 ve 0.9, Mg miktarı %1.0 ve 0.7, Ca miktarı %5.4 ve 3.6, Fe miktarı 8550 ve 6257 ppm, Mn miktarı 400 ve 198 ppm ve Zn miktarı 121 ve 98 ppm olarak bulunmuştur. Örtüaltı domates yetiştiriciliğinde farklı dozlarda (0, 2, 4, 6, 8 ve 10 ton da⁻¹) uygulanan atık mantar kompostunun bitkinin potasyumca beslenme durumuna ve verime olan etkisinin araştırıldığı çalışmada, atık mantar kompostunun yüksek organik madde kapsamı ve zengin mineral bileşimi nedeniyle toprağın fiziksel ve kimyasal

özelliklerini olumlu yönde etkilediği ve bitki beslenmesine önemli katkılar sağladığı bildirilmiştir.

Maher vd (2000) tarafından yapılan çalışmada atık mantar kompostunun N beslenmesine katkı yapabileceği, ancak optimum sonuçlar için başka bir N kaynağı ile takviye yapılması gerektiği ifade edilmiştir. Atık mantar kompostunun süperfosfat kadar olmasa bile P kaynağı olarak etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Bazı kimyasal özellikleri pH 6.6, EC değeri 7.5 mS cm⁻¹, organik madde miktarı %65, toplam P 12.5 g kg⁻¹, K 25 g kg⁻¹, N 25 g kg⁻¹, Ca 72.5 g kg⁻¹, Mg 6.7 g kg⁻¹ ve Na 2.67 g kg⁻¹ olarak bulunmuştur.

Türkiye’de mantar üretiminin yoğun olarak yapıldığı Korkuteli yöresinde açığa çıkan kompost atıklarının bazı kimyasal özellikleri tespit edilmiştir. Bu amaçla orta ve büyük ölçekli işletmelerden alınan atık mantar substratı örneklerinde nem, EC, pH ve organik madde ile N, P, K, Mg, Ca, Fe, Mn ve Zn miktarları tespit edilmiştir. Atık mantar kompostları örnekleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmuştur. Araştırmacılar, atık mantar kompostunun organik madde miktarının (ortalama %64.80) kompost için önerilen 30 değerinden yüksek olduğu tespit edilmiştir. Toprağa uygulanacak kompost için önerilen miktarlarla karşılaştırıldığında N miktarının oldukça yüksek, P, K ve Mg miktarının tolere edilebilir, ancak Ca miktarının düşük olduğu bildirilmiştir. Çalışmada mantar kompostu atıklarının genelde EC değerlerinin yüksek olduğu, tuzluluk düzeyinin tolere edilebilecek düzeye getirilmesi ve gerekli mineral dengelenmesiyle tarımda kullanılabileceği belirtilmiştir (Topcuoğlu vd, 2004).

Atık mantar kompostunun kuru ağırlık esasına göre kuru maddesinin %33.4-35.2, toplam azot miktarının %1.60-2.49, kül miktarının %35.1-43.1, C:N oranının 15:1-21:1 ve pH’sının da 6.90-7.80 arasında değiştiği bildirilmiştir (Rao vd, 2007).

İrlanda’da atık mantar kompostunun bileşimini tespit etmek amacıyla 13 farklı üreticiden toplanan 63 örnek üzerinde yapılan çalışmada, örneklerin içerdikleri ortalama organik madde miktarı 645 g kg⁻¹, pH 6.8, EC 10 mS cm⁻¹, toplam azot miktarı 21 g kg⁻¹, toplam P miktarı 18 g kg⁻¹, yarıyışlı P miktarı 4 g kg⁻¹, toplam K miktarı 20 g kg⁻¹, yarıyışlı K miktarı 13 g kg⁻¹ ve C:N oranı 18 olarak belirlenmiştir. Örneklerde toplam Ca miktarı 28 g kg⁻¹, Mg miktarı 18 g kg⁻¹ ve Na miktarı 1.68 g kg⁻¹

¹ olarak bulunmuştur. Lignin, selüloz ve hemiselüloz değerleri ise sırasıyla %25, 38 ve 19 olarak saptanmıştır. Çalışma sonucunda atık mantar kompostunun yüksek organik madde ve temel bitki besin elementleri içerdiği, toprak strüktürünü iyileştirmede ve çayırılık alanlarda kuru madde üretimini artırmada alternatif bir materyal olarak kullanılabileceği önerilmiştir (Jordan vd, 2008).

Polat vd (2009) farklı dozlarda (0, 20, 40 ve 80 ton ha⁻¹) toprağa uygulanan açıkta bekletilmiş atık mantar kompostunun serada hıyar bitkisinin verim ve verim parametrelerine etkisini araştırmışlardır. Bu çalışmada kullanılan açıkta bekletilmiş atık mantar kompostunun pH'sı 6.8, EC'si 7156 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$, organik madde miktarı %66.6, toplam N miktarı %2.17 olarak bulunmuştur. Ayrıca atık mantar kompostunun yarayışlı P, Fe, Cu, Zn, Mn, değişebilir K, Ca ve Mg kapsamı sırasıyla; 25 mg kg⁻¹, 25.3 mg kg⁻¹, 5.75 mg kg⁻¹, 7.74 mg kg⁻¹, 31.76 mg kg⁻¹, 1.48 me 100g⁻¹, 5.14 me 100g⁻¹ ve 3.16 me 100g⁻¹ olarak tespit edilmiştir.

Atık mantar kompostunun organik madde miktarı %63.7, C miktarı %32.2, N miktarı %2.00, C:N oranı 16.30, NH₄-N miktarı 870.5 mg kg⁻¹, P₂O₅ miktarı %1.09, K₂O miktarı %2.46, Mg miktarı % 0.83, Ca miktarı %5.38, Na miktarı %0.28, S miktarı % 2.02, Fe miktarı 4254 mg kg⁻¹, Al miktarı 3572 mg kg⁻¹, Mn miktarı 489 mg kg⁻¹, Zn miktarı 206 mg kg⁻¹ ve Cu miktarı 166 mg kg⁻¹ olarak bildirilmiştir (Anonymous, 2010).

Çiçek vd (2012) tarafından serada yürütülen çalışmada taze ve olgun (2 yıl bekletilmiş) *Agaricus* atık substratı içeren 13 farklı ortamın krizantem bitkisinin gelişim ve besin maddesi üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışmada organik toprak, taze AMS ve olgun AMS'nin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri tespit edilmiştir. Organik toprağın hacim ağırlığı 0.12 g cm⁻³, pF0 88.59, pF1 70.40, pF1.7 37.73, pF2 32.31, HK (H10 (cm)) %18.19, kolay alınabilir su (KAS) %32.66, su tamponlama kapasitesi (STK) %5.42 olarak bulunmuştur. Taze ve olgun AMS'de ise sırasıyla hacim ağırlığı 0.22 ve 0.48 g cm⁻³, pF0 92.26 ve 84.35, pF1 68.45 ve 71.02, pF1.7 44.49 ve 49.95, pF2 38.81 ve 33.22, HK (H10 (cm)) %27.62 ve 13.33, KAS %23.96 ve 21.07, STK %5.68 ve 6.73 olarak saptanmıştır. Olgun AMS'nin hacim ağırlığı değeri taze AMS'ye göre daha yüksek olup, en düşük değer organik toprakta bulunmuştur. Organik toprakta organik madde %92.5, taze AMS'de %65.65 ve olgun AMS'de %45.50

olarak tespit edilmiştir. EC değeri en düşük organik toprakta (0.50 dS m^{-1}) bulunmuş, olgun AMS'de 5.69 dS m^{-1} , taze AMS'de ise 9.52 dS m^{-1} gibi oldukça yüksek olduğu saptanmıştır. Organik toprak, taze ve olgun AMS'de pH değerleri sırasıyla 6.00, 6.40 ve 7.08 olarak belirlenmiştir. P içeriği bakımından torf>taze ve olgun AMS sıralamasının K, Ca, Mg, Na, Fe, Zn, Mn ve Cu içeriği bakımından taze AMS>olgun AMS>organik toprak şeklinde bulunduğu tespit edilmiştir.

İspanya'da mantar üretim tesisinden elde edilen *Agaricus* atık substratının pH'sının 7.98, EC'sinin 7.47 dS m^{-1} , toplam C miktarının 273 g kg^{-1} , N 22.2 g kg^{-1} , P 6.8 g kg^{-1} , K 26.2 g kg^{-1} , Ca 89.3 g kg^{-1} , Mg 4.81 g kg^{-1} ve Na 2.97 g kg^{-1} olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada Fe 452.7 mg kg^{-1} , Cu 38 mg kg^{-1} , Mn 320 mg kg^{-1} ve Zn 170 mg kg^{-1} olarak bulunmuştur (Medina vd, 2012).

Atık mantar kompostunun pH'sı 6.62, EC'si (1:5, w:w) $13.27 \text{ mmhos cm}^{-1}$, C:N oranı 12.79:1 ve hacim ağırlığı 575 lbs yr^{-3} olarak belirtilmiştir. Bileşiminde toplam ağırlık üzerinden organik madde miktarı %25.53, organik C (kuru ağırlık üzerinden %32.58) miktarı %14.12, toplam N %1.12, organik N %1.08, amonyum azotu %0.04, P_2O_5 %0.67, K_2O %1.24, Ca %2.29, Mg %0.35, Na %0.12, S %0.85, Al %0.15, Zn %0.01, Fe 1900 mg kg^{-1} ve Mn içeriği 200 mg kg^{-1} olarak bildirilmiştir (Anonymous, 2013a).

Ticari olarak satışı yapılan atık mantar kompostunun pH'sı 6.60, EC'si 750 mS m^{-1} , hacim ağırlığı 319 g L^{-1} , kuru madde miktarı %31.50, toplam N miktarı %2.25, P miktarı %1.25, K %2.50, Ca %7.25, Mg %0.67, Na %0.27, S %1.59, Fe 2153 mg kg^{-1} , Mn 376 mg kg^{-1} , Zn 273 mg kg^{-1} ve Cu 46 mg kg^{-1} olarak bildirilmiştir (Anonymous, 2013b).

Farklı mantar işletmelerinden toplanan sekiz adet atık mantar kompostunun özellikleri belirlenmiş ve daha sonra bir işletmeden alınan atık mantar kompostunun tuz içeriğini istenen düzeye düşürebilmek amacıyla zeolitli (Z1) ve zeolitsiz (K1) kolonda yıkanma yapılmıştır. Atık mantar kompostlarında belirlenen pH, EC, organik madde, N ve C:N oranı miktarları sırasıyla; 6.88-7.36, $5.39\text{-}8.39 \text{ dS m}^{-1}$, %56.58-66.89, %1.96-2.91 ve 11.43-18.43 arasında değişmiştir. Çalışmada zeolitli ve zeolitsiz yıkama sonucunda K1 ve Z1 kolonlarından alınan kompostların pH, EC ve mineral azot kapsamları sırasıyla; 6.42-6.44, $1.54 \text{ dS m}^{-1}\text{-}1.31 \text{ dS m}^{-1}$ ve $74.4\text{-}97.4 \text{ mg kg}^{-1}$

arasında değiştiğini bildirilmiştir. Yıkama sonucu oluşan besin maddesi kayıplarının zeolitın iyon tutucu özelliği nedeniyle daha az olduğu saptanmıştır. Bu sebeple zeolitli kolon yıkamasının, normal yıkamaya göre tercih edilebileceği belirtilmiştir. Ayrıca kolon yıkaması yapılan ve yapılmayan kompost örnekleri kurutulmuş, ezilerek elekten geğirildikten sonra, ağırlık esasına göre %0, 2, 4, 8 ve 16 oranlarında toprak ile karıştırılarak bir aylık inkübasyon yapılmıştır. Inkübasyon sonucunda atık mantar kompostunun artan dozlarının toprağın organik madde, mineral azot, toplam N, C:N oranı, tarla kapasitesi, solma noktası ve faydalı su kapasitesini olumlu yönde etkilerken tuz içeriğindeki artışa neden olmasından dolayı kullanılmadan önce bekletilmesi veya yıkama işlemine tabii tutulması gerektiği bildirilmiştir (Holoğlu, 2013).

Agaricus atık substratının pH'sı 6.7, EC'si 7.1 dS m⁻¹, organik maddesi %61.9, C:N oranı 7.96, C miktarı %32.4, N miktarı %4.07, H miktarı %1.95 ve S miktarı %0.92 olarak tespit edilmiştir (Garcia-Delgado vd, 2015).

Ünal (2015), sebze üretiminde fide yetiştirme ortamı olarak atık mantar kompostundan faydalanmak ve torfa alternatif temin etmek amacıyla yaptığı çalışmada, torf ve torfa farklı oranlarda atık mantar kompostunun ilave edilmesi ile hazırlanan ortamların domates fide gelişimi üzerine etkisini araştırmıştır. Araştırıcı bu çalışmada atık mantar kompostunun bazı kimyasal özelliklerini de tespit etmiştir. Buna göre atık mantar kompostunun EC'si 2950, pH'sı 6.80, organik madde miktarı %36.85, N miktarı %1.84, P 206.84 mg kg⁻¹, K 1072.25 mg kg⁻¹, Ca 1803.37 mg kg⁻¹, Mg 570.01 mg kg⁻¹, Fe 36.17 mg kg⁻¹, Cu 3.98 mg kg⁻¹, Zn 35.56 mg kg⁻¹, Mn 39.76 mg kg⁻¹, Pb 0.568 mg kg⁻¹, Cd 0.167 mg kg⁻¹, Ni 1.353 mg kg⁻¹, Cr 0.002 mg kg⁻¹ ve Hg 0.004 mg kg⁻¹ olarak tespit etmiştir.

2.2. Diğer Mantar Türlerinin Atık Mantar Kompostu ile İlgili Çalışmalar

Chiu vd (1998) tarafından *Pleurotus osteratus* atık substratının C miktarı %23.60, N miktarı %5.99, K miktarı %0.0004, Ca miktarı %0.003, Mg miktarı %0.0008, Na miktarı %0.0001, Zn miktarı 2.40 mg kg⁻¹, Mn miktarı ise 2.20 mg kg⁻¹ olarak bildirilmiştir.

Silva vd (2002), pamuk, *Cymbopogon citratus* (limon otu) ve *Panicum maximum* yapraklarından hazırlanan kompostta *Pleurotus pulmonarius* yetiştirdikten sonra açığa

ıkan atık substratta protein, yağ, kül glikoz, lif, Fe, Mg, K ve Ca içeriğini belirlemişlerdir. *Cymbopogon citratus* yapraklarından oluşan atık substrattın diğerk atık substratlara göre mineral madde içeriğinin daha düşük olduğı tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda, bu atıkların gübre veya hayvan yemi bileşimine tamamlayıcı olarak kullanılabileceğı bildirilmiştir.

Kwak vd (2008) tarafından yaş ağırlık üzerinden %49 talaş, %32 pirinç kepeğı ve %19 mısır koanları karışımından hazırlanan mantar substratında *P. eryngii* yetiştirildikten sonra açığa çıkan atık mantar substratının %17 hemiselüloz, %40.5 selüloz, %18.7 lignin, %5.9 ham protein, %9.2 ham kül, %0.6 Ca ve %0.4 P içerdiği belirtilmiştir.

Pekşen vd (2011) tarafından medikal değeriinden dolayı son yıllarda popülerliğı ve üretimi artan *Ganoderma lucidum* mantarında farklı materyalle hazırlanan yetiştirme ortamlarının üretim öncesi ve bunların üretim sonrası açığa çıkan atık substratlarında pH, EC, C, N, makro ve mikro element içeriğı ve C:N oranındaki kimyasal değışimler incelenmiştir. Başlangıç materyaline bağılı olarak yetiştirme ortamının ve üretim sonrası atık substratın içeriğinin değıştiğı bildirilmiştir. *Ganoderma* atık kompostunun EC ve pH değeriilerinin sırasıyla 1.13-2.33 dS m⁻¹ ve 5.14-5.69 arasında değıştiğı saptanmıştır. Atık mantar substratlarına ait C miktarlarının %44.25-47.46, N miktarlarının %0.38-1.14, C:N oranlarının ise %39.25-122.83 arasında değıştiğı tespit edilmiştir. Çalışmada *Ganoderma* atık mantar substratının azot, fosfor, potasyum ve iz elementlerce önemli bir kaynak olduğı bildirilmiştir.

Zhang vd (2012) *Flammulina velutipes* atık mantar substratının fide yetiştirme ortamı olarak değeriendirilmesi amacıyla yaptıkları çalışmada hıyar (*Cucumis sativus* L. cv. Jinchun No. 2) ve domates (*Solanum lycopersicum* L. cv. Mandy) türleri kullanmışlardır. Değışik oranlarda perlit ve vermikulit ile atık mantar substratından hazırlanan 8 ortamın denendiğı çalışmada torf ve perlit (1:1, v:v) karışımı kontrol olarak ele alınmıştır. Atık mantar substratının sera yetiştiriciliğinde yaygın kullanılan fakat pahalı ve sınırlı kaynak olan torf için alternatif olarak düşünölebileceğinin bildirildiğı çalışmada, ele alınan atık mantar substratı ve diğerk karışımların fiziksel ve kimyasal özellikleri saptanmıştır. SMS kütle yoğunluğu %0.413, toplam gözenek alanı

%79.8, hava gözenekliliği %24.5 ve su tutma kapasitesi %55.3 olarak belirlenmiştir. *F. velutipes* atık substratının fiziksel değerleri yetiştirme ortamı olarak optimum değerler arasında bulunmuştur. *F. velutipes* atık mantar substratının kimyasal özellikleri ise pH 5.28, EC 2.45 mS cm⁻¹, organik madde % 81.2, N 10.78 g kg⁻¹, P 2.69 g kg⁻¹, K 1.34 g kg⁻¹, Na 2.34 g kg⁻¹, Mg 4.52 g kg⁻¹, Ca 30.1 g kg⁻¹, Mn 90.2 mg kg⁻¹, Fe 1061 mg kg⁻¹, Cu 29.3±0.6 mg kg⁻¹ ve Zn 112.7 mg kg⁻¹ olarak tespit edilmiştir. EC değeri, biyolojik aktivite ve bitki gelişimini sınırlayacak düzeyde bulunmuştur. Sonuç olarak *F. velutipes* atık mantar substratının perlit ve vermikulit karışımlarının domates ve hıyar yetiştiriciliği için uygun fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip olduğu bildirilmiştir.

Kauçuk talaşına %10 pirinç kepeği, %1 ziraat kireci ve %0.1 üre ilave edilerek hazırlanan yetiştirme ortamında *P. sajor-caju* üretiminden sonra açığa çıkan *Pleurotus* atık substratının pH değeri 6.10, EC değeri 1.33 dS m⁻¹, N miktarı %0.34, P değeri %0.16, K değeri %0.53, Ca %0.51 ve Mg %0.15 olarak tespit edilmiştir. %100 torf, 1:1 AMS:T ortamı, 1:2 AMS:T ve 2:1 AMS:T ortamları arasında en yüksek pH, EC, P ve K değerleri AMS'da tespit edilmiştir (Sendi vd, 2013).

Çay artığı ilaveli hazırlanan farklı yetiştirme ortamlarının *Pleurotus eryngii* mantarının misel gelişimine etkisini belirlemek, misel gelişimleri en iyi olan ortamlarda 3 farklı yetiştirme tekniğinin (örtü topraksız, örtü topraklı ve örtü topraksız yetiştiriciliği takiben birinci hasattan sonra parçalama işlemi ve örtü toprağı serme) verim ve biyolojik etkinlik üzerine etkilerini saptamak için yapılan çalışmada, ortamların sterilizasyon sonu, misel gelişim sonrası ve hasat sonundaki bazı kimyasal içerikleri belirlenmiştir. Buna göre üretim sonrası *P. eryngii* kompostlarının kül içeriklerinin %9.45-16.75, pH değerlerinin 5.49-8.76, C %47.34-52.56, N %0.06-0.47, C:N oranlarının ise 229.90-868.20 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Ayrıca K içeriği %0.22-1.42, Ca %0.07-1.01, Mg %0.05-0.17, Cu 3.88-9.61 mg kg⁻¹, Zn 6.60-17.08 mg kg⁻¹, Mn 13.73-182.78 mg kg⁻¹ ve Fe 63.20-258.35 mg kg⁻¹ arasında değiştiği saptamıştır. Çalışmada hasat sonundaki lakkaz enzim miktarlarının misel gelişim sonuna göre azalırken Mn peroksidaz ve versatil peroksidaz enzimlerinin arttığı tespit edilmiştir. Farklı yetiştirme teknikleri uygulanan yetiştirme ortamlarının hasat sonrasındaki lakkaz enzim miktarları 4.18 (100buğday samanı (BS))-50.22 (75buğday samanı+15çay atığı (ÇA)+10pirinç kepeği (PK)) u L⁻¹, mangan peroksidaz 30.42

(90BS+10PK)-164.08 (75BS+15ÇA+10PK) u L⁻¹ ve versatil peroksidaz 14.38 (100BS)-114.66 (75BS+15ÇA+10PK) u L⁻¹ olarak bulunmuştur (Dadaylı, 2014).

Dokuz farklı ziraat ve orman atığından hazırlanan kompostun *Agrocybe cylindracea* ve *Pleurotus ostreatus* verim ve kalitesi üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada erkencilik, verim, BE yanında başlangıç ve üretim sonrası atık substratların ve mantarların bazı kimyasal özellikleri belirlenmiştir. *A. cylindracea* ve *P. ostreatus* atık substratlarda N, P, K, Na, kül, ham protein ve yağ, toplam karbonhidrat, ham lif, lignin, selüloz, hemiselüloz ve kalıntı biyomas miktarları bakımından farklı atıklardan hazırlanan substratlar ve mantar türleri arasında istatistiksel olarak fark tespit edilmiştir. Mantar türü ve farklı atık substratların N değerleri %0.0-2.7, P %16.4-288.8 ve K %43-1328 olarak bulunmuştur (Koutrotsios vd, 2014).

Lopes vd (2015) organik yetiştiricilikte domates üretimi için ticari substrat ile farklı oranlarda *Agaricus subrufescens* (sinonimi: *A. blazei*) atık substratının karışımından hazırlanan yetiştirme ortamlarının kullanım potansiyelini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, atık substratın bazı kimyasal özelliklerini belirlemişlerdir. *A. subrufescens* atık mantar substratının organik madde miktarı %63, pH'sı 5.0, P miktarı 0.9 mg dm⁻³, K miktarı 624 mg dm⁻³, Ca miktarı 20 mg dm⁻³ ve Mg miktarı 0.7 mg dm⁻³ olarak bulunmuştur. Domates fide üretimi için *A. subrufescens* atık substratının %0, 20, 40, 60, 80 ve 100 olmak üzere hazırlanan ortamların atık mantar miktarının artmasına paralel olarak pH değeri azalırken EC değeri yükselmiştir. %100 *A. subrufescens* atık substrat ortamının pH'sı 6.0 ve EC değeri 5.51 mS cm⁻¹ olarak tespit edilmiştir.

Erkek kuzu rasyonunda buğday samanına uygun substrat olarak farklı düzeylerde atık mantar substratı düzeyini araştırmak amacıyla yapılan çalışmada güneşte kurutulmuş *Pleurotus ostreatus* atık substratının kimyasal içeriği belirlenmiştir. Çalışmada *Pleurotus* atık substratının kuru madde miktarı %83.90, kül miktarı %37.04, ham protein miktarı %12.80, kalsiyum miktarı %5, P miktarı %1.30 ve Na miktarı %2.40 olarak saptanmıştır (Ehtesham & Vakili, 2015).

Tam & Wang (2015) organik yetiştiricilikte kavun fidesi üretiminde en iyi substrat karışımını belirlemek amacıyla *Flammulina velutipes* atık mantar

kompostunun mango talaşı ile tavuk gübresi ve sığır gübresinin kompostlarının farklı oranlarda (%20, 40, 60 ve 80) hazırlanan karışımlarının büyüme ve besin alımı üzerine etkisini araştırmışlardır. Bu çalışmada diğer materyaller yanında *F. velutipes* atık kompostunun fiziksel ve kimyasal özellikleri de saptanmıştır. Buna göre atık mantar kompostunda hava geçirgenliği %36.47, kütle yoğunluğu 0.308 g cm⁻³, toplam geçirgenlik %89.73, su tutma kapasitesi %53.26, pH 7.65, EC 3.50 dS m⁻¹, N 0.218, P 11.49, K 13.85, Ca 33.45, Mg 7.79, Cu 0.227, Fe 146.37, Mn 241.81 ve Zn 142.52 mg kg⁻¹ olarak saptanmıştır.

Atila (2015) tarafından yapılan çalışmada, farklı *Hericium* türlerinin yetiştirildiği farklı kompostların hasat sonundaki kül değerleri %5.36-13.71, pH değerleri 4.16-6.26, C değerleri %43.15-47.32, N değerleri %0.39-1.07, C:N oranları 40.47-120.18, P değerleri %0.11-0.44, K değerleri %0.11-0.53, Ca değerleri %2.08-4.63, Mg değerleri %0.05-0.215, Na değerleri %0.017-0.061, Cu değerleri 4.32-5.10 mg kg⁻¹, Zn değerleri 30.03-45.77 mg kg⁻¹, Mn değerleri 56.19-111.61 mg kg⁻¹, Fe değerleri 152.46-485.70 mg kg⁻¹ olarak tespit edilmiştir.

Ibiene vd (2015) tarafından yapılan çalışmada kullanılan atık *Pleurotus* mantar substratları pamuk atığı, talaş ve bira endüstrisi atıkları olmak üzere 3 farklı materyalden hazırlanmıştır. Bu atık substratların fizikokimyasal ve mikrobiyolojik kompozisyonu belirlenmiştir. Buna göre pH ve EC değerleri talaş AMS'de 6.67 ve 197.4 µS cm⁻¹, pamuk atığı AMS'de 6.64 ve 195.0 µS cm⁻¹, bira endüstrisi atıkları AMS'de 7.34 ve 210.8 µS cm⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Farklı başlangıç materyaline bağlı olarak *Pleurotus* AMS'lerinin toplam N, P, K başta olmak üzere Ca, Na, Mg, Pb, Vn, Fe, Ni ve Cr içeriklerinin değiştiği ve aralarında istatistiksel olarak önemli (P<0.05) fark bulunmuştur. Çalışmada atık mantar substratlarının mikrobiyolojik (toplam kültürü yapılabilir heterotrofik bakteriler, funguslar, hidrokarbon kullanan bakteriler ve funguslar) miktarları arasında farklılık olduğu tespit edilmiştir. Araştırmacılar sonuç olarak bu AMS'lerin biyoremediasyon için ucuz ve çevreye dost organik gübre olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Lou vd (2017) küspe, mısır koçanı ve talaş içeren *Pleurotus ostreatus* atık mantar substratı ve bu kompostta %2 jips ve %10 odun talaşı ilave edilip 3 ay kompostlandıktan sonraki atık mantar substratı kompostunun içeriğini

belirlemişlerdir. Atık mantar substratının pH'sı 6.2, EC'si 4.5 mS cm⁻¹, N miktarı 17.1 g kg⁻¹, fosfat 0.0 g kg⁻¹, C 321.3 g kg⁻¹, C:N oranı 18.4, protein miktarı 22.4 g kg⁻¹, polisakkarit 9.7 g kg⁻¹, lignin %11.6 selüloz %29.1 ve hemiselüloz %7.3 olarak belirlenmiştir. Atık mantar substratının pH'sı 7.2, EC'si 3.7 mS cm⁻¹, N miktarı 11.2 g kg⁻¹, fosfat miktarı 2.0 g kg⁻¹, C 153.1 g kg⁻¹, C:N oranı 13.16, protein 11.2 g kg⁻¹, polisakkarit 2.0 g kg⁻¹, lignin %12.1, selüloz %29.8 ve hemiselüloz miktarı %7.0 olarak tespit edilmiştir. Kompostlama sonrası atık mantar kompostunun C, protein ve polisakkarit miktarı önemli ölçüde azalmıştır.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi'ne ait misel üretim laboratuvarı, toprak fiziği ve kimyası laboratuvarlarında 2015-2016 yılları arasında yürütülmüştür.

3.1. Materyal

Çalışmada Türkiye'de üretimi yapılan farklı işletmelerden temin edilen *Agaricus bisporus* (beyaz şapkalı mantar), *Ganoderma lucidum* (ölümsüzlük mantarı, reishi), *Hericium erinaceus* (ponpon mantarı), *Lentinula edodes* (shiitake) ve *Pleurotus ostreatus* (kavak veya kayın mantarı) mantar türlerine ait atık substratlar kullanılmıştır. Denemede ele alınan atık mantar kompostlarının kısaltmaları ve içerikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Denemede ele alınan atık mantar kompostlarının kısaltmaları ve içerikleri

Mantar türü	Kompost materyali	Kısaltma
<i>Agaricus bisporus</i>	%55 Buğday sapı/samanı, %40 Tavuk gübresi, %5 Alçı	A-AMS
<i>Ganoderma lucidum</i> (Reishi)	%70 Meşe talaşı, %20 Buğday kepeği, %5 Pamuk tohumu küspesi, %3 Mermer tozu, %2 Alçı	GL-AMS
<i>Hericium erinaceus</i>	%70 Meşe talaşı, %20 Buğday kepeği, %5 Pamuk tohumu küspesi, %3 Mermer tozu, %2 Alçı	HE-AMS
<i>Lentinula edodes</i> (Shiitake)	%70 Meşe talaşı, %20 Buğday kepeği, %5 Pamuk tohumu küspesi, %3 Mermer tozu, %2 Alçı	LE-AMS
<i>Pleurotus ostreatus</i>	%95 Çeltik samanı, %5 Kavak talaşı	PO1-AMS
<i>Pleurotus ostreatus</i>	%60 Buğday samanı, %20 Çeltik samanı, %20 Mısır koçanı	PO2-AMS
<i>Pleurotus ostreatus</i>	%70 Meşe talaşı, %20 Buğday kepeği, %5 Pamuk tohumu küspesi, %3 Mermer tozu, %2 Alçı	PO3-AMS
Harç	1:1:1 (toprak:kum:yanmış ahır gübresi)	Harç
Torf	Torf, Toprak, Dere mili, Pomza taşı, Perlit, Humus gübre	Torf

Çalışmada farklı işletmelerden temin edilen kompost yapımında değişik materyallerin kullanıldığı 3 *Pleurotus* atık substratına yer verilmiştir. Harç, 1:1:1 oranında toprak:kum:yanmış ahır gübresi olacak şekilde Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesinde hazırlanmıştır. Torf, piyasadan temin edilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Atık mantar kompostlarının analizler için hazırlanması

Fiziksel ve kimyasal özelliklerle ilgili yapılan analizlerde temin edilen atık mantar substratları, harç ve torf, 65 °C’de etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Kurutma işlemi tamamlanan kompostlar öğütücüden geçirilerek parçalanmış ve analize hazır hale getirilmiştir. Biyolojik özelliklerle ilgili yapılan analizlerde işletmelerden temin edilen atık mantar substratı örnekleri herhangi bir işleme tabii tutulmadan taze olarak kullanılmıştır.

3.2.2. Fiziksel özelliklerle ilgili yapılan analizler

Kuru hacim ve ıslak hacim ağırlığı silindir metodu ile Black (1965)’e göre belirlenmiştir.

Kuru hacim ağırlığı: Örnekler kesin hacmi bilinen silindirler içine istiflenerek tartım alınır. Materyalin hava kuru ağırlığının silindir hacmine oranlaması ile hesaplanmıştır.

Islak hacim ağırlığı: 24 saat süre ile su ile doygun duruma getirilen örneğin ıslak ağırlığı, silindir hacmine oranlanarak belirlenmiştir.

Su tutma kapasitesi: Örnekler 24 saat 105 °C’de kurutulmuş, daha sonra suda bekletilmiş ve 12 saat sonra alınmıştır. Aşağıda verilen eşitlikten hesaplama yapılmıştır (Labuschagne vd, 1995).

$$STK = [(Islak\ ağırlık - kuru\ ağırlık) / kuru\ ağırlık] \times 100$$

3.2.3. Kimyasal özelliklerle ilgili yapılan analizler

pH: Her uygulama için 5 g örnek tartılıp, üzerine 50 ml (1:10, w:v), saf su ilave edilerek 8 saat bekletilmiş ve daha sonra karışımın suyu süzülerek, pH metre ile ölçülmüştür (Jackson, 1962).

EC: Her uygulama için 5 g örnek tartılıp, üzerine 50 ml saf su ilave edilerek (1:10, w:v), 8 saat bekletildikten sonra karışımın suyu süzülerek, EC metre ile dS m^{-1} olarak ölçülmüştür (Kirven, 1986).

Kül (%): Örneklerin kül fırınında 550 ± 25 °C’de yakılmasıyla tespit edilmiştir

Organik madde (%): Kül değerlerinin 100’den çıkarılması ile hesaplanmıştır (Kacar, 1994).

Karbon (%): Kül değerlerinin 100’den çıkarılması ile elde edilen organik maddenin, %50’si karbon olarak hesaplanmıştır (Cormican & Staunton, 1991).

Mineral maddelerin belirlenmesi: Yetiştirme ortamlarına ait örnekler kül fırınında 525 ± 25 °C kuru yakılarak elde edilen süzükte, potasyum (K), demir (Fe), mangan (Mn), bakır (Cu), sodyum (Na) ve çinko (Zn) miktarları Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresinde okunmuştur (Kacar & İnal, 2008).

Fosfor (P): Vanomolibdofosforik sarı renk yöntemi kullanılarak 430 nm dalga boyunda spektrofotometrede okunmuştur (Kacar, 1994).

Toplam azot: Örneklerin azot içerikleri, Kjeldhal yaş yakma yöntemine göre belirlenmiştir. Örnekler, konsantre H_2SO_4 ile yakıldıktan sonra destile edilmiş ve titrimetrik olarak toplam azot miktarları belirlenmiştir (Kacar, 1994).

C:N oranı: Karbon değerinin azot değerine bölünmesi ile hesaplanmıştır.

3.2.4. Biyolojik özelliklerle ilgili yapılan analizler

CO₂ üretimi (Mikrobiyal solunum, MS): Örneklerin karbondioksit üretim miktarları Anderson (1982) tarafından bildirildiği şekilde belirlenmiştir. Bu yöntemle göre 5 g taze örnek tartılarak örnek kabının içerisine konulmuştur. 2.5 ml 0.05 M NaOH çözeltisinden alınıp küçük tüplere konulmuştur. Küçük tüpler örnek kabının içerisine yerleştirilip ağzı sıkı bir şekilde kapatılmıştır. 24 saatlik inkübasyon boyunca 25 °C’de

bırakılan örneklerden üretilen CO₂, bir alkali tarafından (Ba(OH)₂.8H₂O+BaCl₂) tutulmuş ve arta kalan OH⁻ kesin konsantrasyonu bilinen HCl ile fenol fitaleyn indikatörü eşliğinde titrasyona tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlar µg CO₂-C g⁻¹ kuru ağırlık 24 h⁻¹ cinsinden ifade edilmiştir.

Mikrobiyal biyomas karbon (MBK): Örneklerin toplam mikrobiyal biyomas C içerikleri Anderson ve Domsch (1978) tarafından bildirilen substrat indirgenme yöntemine göre belirlenmiştir. Bu amaçla, 5 g taze örnek üzerine 1 ml glikoz çözeltisi ilave edilmiştir. 2 saat sonunda üretilen CO₂ miktarından biyomas C hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar µg CO₂-C g⁻¹ kuru ağırlık 24 h⁻¹ cinsinden ifade edilmiştir.

Üreaz aktivitesi (UA): Örneklerin üreaz aktivitesi Hoffmann & Teicher (1961) tarafından bildirildiği şekilde belirlenmiştir. Bu amaçla, 1 g örneğin üzerine 0.25 mL tolue, 0.75 mL sitrat tampon çözeltisi (pH 6.7) ve substrat çözeltisi (1mL %10'luk üre çözeltisi) ilave edilmiş, 3 saat süre ile 37 °C'de inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda açığa çıkan amonyum, sodyum fenolat çözeltisi ile renklendirilerek 578 nm'de spektrofotometrede belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar µg N g⁻¹ kuru ağırlık h⁻¹ cinsinden ifade edilmiştir.

Arilsülfataz aktivitesi (ASA): Örneklerin arilsülfataz aktivitesi Tabatabai & Bremner (1970) tarafından bildirildiği şekilde belirlenmiştir. Bu amaçla, 1 g örneğin üzerine 4 mL asetat tampon (pH 5.5), 0.25 mL tolue ve 1 mL 0.05 M *p*-nitrofenil sülfat çözeltisi ilave edilerek, 1 saat süre ile 37 °C'de inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda oluşan *p*-nitrofenol 410 nm'de spektrofotometrede belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar µg *p*-nitrofenol g⁻¹ kuru ağırlık h⁻¹ cinsinden ifade edilmiştir.

Alkalenfosfataz aktivitesi (APA): Örneklerin alkalen fosfataz aktivitesi Tabatabai & Bremner (1969) tarafından bildirildiği şekilde belirlenmiştir. Bu amaçla, 1 g örneğin üzerine 4 mL fosfat tampon çözeltisi (pH 8), 0.25 mL tolue ve 1 mL 0.05 M *p*-nitrophenyl phosphate (disodium salt hexahydrate) çözeltisi (substrat çözeltisi) ilave edilerek, 1 saat süre ile 37 °C'de inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda oluşan *p*-nitrofenol 410 nm'de spektrofotometrede belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar µg *p*-nitrofenol g⁻¹ kuru ağırlık h⁻¹ cinsinden ifade edilmiştir.

3.2.5. Fitotoksite analizi

Atık mantar substratları, harç ve torf nın fitotoksitesi, çimlenme indeksi (GI) kullanılarak belirlenmiştir (Zucconi vd, 1981; Tam ve Tiquia, 1994; Tiquia vd, 1996). Fitotoksite analizleri için tere tohumu (*Lepidium sativum*) kullanılmıştır. Tohumlar kullanılmadan önce 3 dk %75 alkol içinde yüzey sterilizasyonu yapıldıktan sonra 0.001 HgCl₂ çözeltisi ile 2 dk çalkalanmıştır. Son olarak toksik kimyasallardan kurtulmak için distile su ile yıkanmıştır. Fitotoksite, kompost solüsyonu ve deiyonize su içindeki kontrol örneklerinde çimlenmiş her bir tohumdaki kök gelişimi karşılaştırılarak tanımlanmıştır. Bu nedenle öncelikle her bir atık mantar substratı, harç ve torf için ekstrakt hazırlanmıştır. Ekstraktlarının hazırlanması amacıyla 65 °C’de kurutulup öğütülen 10 g örnek 100 ml deiyonize su ile sulandırılıp (1:10, w:v), çalkalayıcıda 2 saat karıştırılmış ve daha sonra süzme işlemi yapılmıştır. Kontrol olarak distile su kullanılmıştır.

Fitotoksite analizi için kurutma kağıtları konulan petri kaplarına 25 adet tere tohumu yerleştirilmiş ve üzerlerine her bir ekstraktan 10 ml ilave edilmiştir. Petri kapları 25 °C’ye ayarlanmış inkübatörde çimlenmeye alınmış, 24 ve 48 saat sonra her bir petri kabında çimlenen tohum adedi sayılmış ve kök uzunluğu ölçülmüştür. Fitotoksite analiz aşamaları Şekil 3.1’de verilmiştir.

Deneme atık mantar substratı, torf ve harç karışımı ile kontrol olmak üzere 3 tekerrürlü yürütülmüştür. Çimlenme indeksi (GI) hesaplama formülleri aşağıda verilmiştir (Zucconi vd, 1981).

$$\text{Tohum çimlenmesi (\%)} = [\text{Ekstraktta çimlenen tohum adedi} / \text{Kontrolde çimlenen tohum adedi}] \times 100$$

$$\text{Kök uzama (\%)} = [\text{Ekstraktta ortalama kök uzunluğu (cm)} / \text{Kontrolde ortalama kök uzunluğu (cm)}] \times 100$$

$$\text{Çimlenme İndeksi (GI)} = [\text{Tohum çimlenme (\%)} \times \text{Kök uzama (\%)}] / 100$$

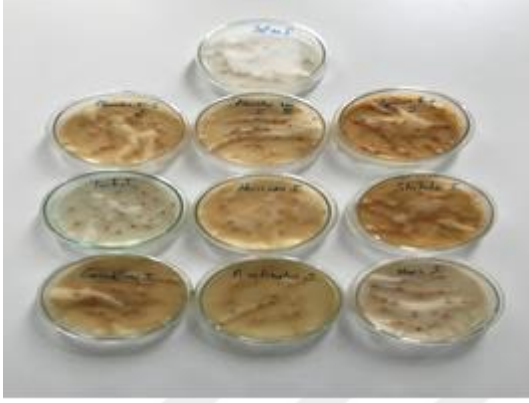
a)



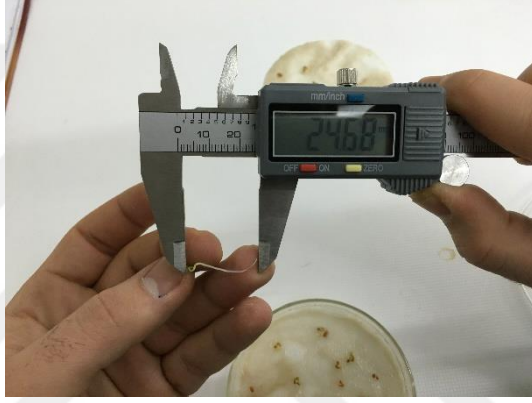
b)



c)



d)



Şekil 3.1. Fitotoksite denemesinden bazı görüntüler a) Örneklerin karıştırılması, b) Süzölmüş kompost ekstraktları, c) Çimlendirme testi için kompost solüsyonu uygulanmış petri kapları, d) Kök uzunluklarının ölçümü

3.2.6. İstatistiksel değerlendirme

Elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirmelerinde SPSS ver. 12.0 paket programı kullanılmıştır. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda farklılık gösteren uygulamalar arasındaki gerçek önemli farklılıkları tespit etmek ve farklı olanları derecesine göre gruplandırabilmek için “Duncan Multiple Range” testinden yararlanılmıştır. Sonuçların istatistiksel olarak değerlendirilmesinde farklar arasındaki önemlilik %5 (önemli) ve %1 (çok önemli) olarak ifadelendirilmiştir. Grafikler Excel bilgisayar programında yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırmada ele alınan farklı atık mantar substratları ile harç ve torf ortamlarının EC değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak çok önemli ($P<0.01$) olduğu tespit edilmiştir. En düşük EC değeri 0.33 dS m^{-1} ile harç, en yüksek ise 6.60 dS m^{-1} ile A-AMS'de belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Lohr vd (1984), taze ve yanmış *Agaricus* atık mantar kompostunun EC değerlerinin birçok bitkinin büyümesi için aşırı olduğunu bildirmişlerdir. AMS'ının EC değerlerinin yüksek olması, dolayısıyla yüksek tuz muhtevası bitki gelişim ortamı olarak kullanılmasını sınırlandırmaktadır (Ciavatta vd, 1993; Chong & Rinker, 1994; Guo vd, 2001). Kirven (1986) yetiştirme ortamlarının EC değerlerinin $2-4 \text{ dS m}^{-1}$ arasında olması gerektiğini bildirmiştir. Buna göre A-AMS (6.60 dS m^{-1}), PO1-AMS (4.01 dS m^{-1}) ve PO2-AMS (2.94 dS m^{-1}) ortamlarının EC değerleri bitki gelişim ortamı olarak kullanılmasını sınırlayacak düzeydedir. A-AMS, PO1-AMS ve PO2-AMS ortamlarının EC değerleri dışında diğer mantar türlerine ait EC değerleri $0.89-1.96 \text{ dS m}^{-1}$ arasında yer almıştır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Harç, torf ve atık mantar substratlarının EC, pH, kül ve organik madde (OM) miktarları

Ortamlar	EC (dS m^{-1})	pH	Kül (%)	OM (%)
A-AMS	6.60 a**	6.23 c**	33.02 d**	66.98 c**
GL-AMS	1.92 d	7.10 b	41.03 c	58.97 d
HE-AMS	1.08 e	4.24 e	9.91 f	90.09 a
LE-AMS	1.96 d	3.79 f	7.28 f	92.73 a
PO1-AMS	4.01 b	5.54 d	23.80 e	76.20 b
PO2-AMS	2.94 c	6.49 c	24.88 e	75.12 b
PO3-AMS	0.89 e	5.60 d	8.13 f	91.87 a
Harç	0.33 f	7.54 a	76.96 a	23.04 f
Torf	0.67 ef	7.17 b	61.71 b	38.29 e

** : $P<0.01$ düzeyinde çok önemli

Birçok araştırmacı A-AMS EC değerlerinin $0.58-10.70 \text{ dS m}^{-1}$ arasında değiştiğini bildirmişlerdir (Wuest & Fahy, 1991; Levanon & Danai, 1995; Maher vd, 2000; Demirtaş vd, 2000; Jordan vd, 2008; Anonymous, 2010; Anonymous, 2013a; 2013b; Holuzlu, 2013). *Agaricus* AMS'deki EC değerleri farklı mantar türlerinin AMS'lerinin

EC değerlerine göre daha yüksek bulunmuştur. Farklı mantar türlerinin AMS'larına ait EC değerleri *A. subrufescens* AMS'da 5.51 mS cm^{-1} (Lopes vd, 2015), *Flammulina velutipes* AMS'da 2.45 mS cm^{-1} (Zhang vd, 2012) ve 3.50 dS m^{-1} ($=\text{mS cm}^{-1}$) (Tam & Wang, 2015), *Pleurotus* AMS'da 4.5 mS cm^{-1} (Lou vd, 2017) olarak belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen bulgularda da A-AMS'nin EC değeri, diğer AMS'lerin EC değerinden yüksek bulunmuştur. Atık mantar kompostunun bitki yetiştirme ortamı olarak kullanımını kısıtlayan en önemli sorunlardan biri EC değerinin yüksek olmasıdır (Lohr vd, 1984; Lemaire vd, 1985; Ciavatta vd, 1993; Chong & Rinker, 1994; Birben vd, 1999; Young vd, 2002; Guo vd, 2001; Guo & Chorover, 2006; Jordan vd, 2008; Eudoxie & Alexender, 2011; Holuzlu, 2013). Özellikle bitkisel üretimde kullanımı düşünülen atık mantar substratının tuz içeriğinin istenilen seviyelere düşürülmesi son derece önemlidir. Bu amaçla atık mantar substratının değerlendirilmeden önce açık arazide bekletilmesi (Birben, 1998; Dura vd, 2000; Uzun, 2004) veya yıkanması (Lohr vd, 1984; Söchtig & Grabbe, 1995; Birben, 1998; Young vd, 2002) veya toprak ve torf gibi ilaveler yapıldıktan sonra bitki yetiştiriciliğinde kullanılmasını tavsiye etmektedirler (Çelikel & Çağlar, 1997; Birben, 1998).

Ele alınan farklı atık mantar substratları ile harç ve torf ortamlarının pH değerleri arasında istatistiksel olarak çok önemli ($P<0.01$) fark bulunmuş olup, pH değerleri 3.79-7.54 arasında değişmiştir (Çizelge 4.1). GL-AMS, torf ve harç ortamlarının pH değerleri sırasıyla 7.10, 7.17 ve 7.54 çok hafif alkali olarak tespit edilmiştir. A-AMS ve PO2-AMS ise çok hafif asit olarak sınıflandırılan ortamlardır. En düşük pH değeri 3.79 ile LE-AMS ortamında bulunmuştur. *Pleurotus* atık mantar substratları kendi arasında karşılaştırıldığında da EC ve pH değerlerinin kompost yapımında kullanılan materyale göre değişiklik gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.1).

Önceki çalışmalarda A-AMS pH değerleri 5.90-8.10 arasında değiştiği bildirilmiştir (Wuest & Fahy, 1991; Levanon & Danai, 1995; Maher vd, 2000; Demirtaş vd, 2000; Jordan vd, 2008; Anonymous, 2010; Anonymous, 2013a; 2013b; Holuzlu, 2013). A-AMS dışındaki farklı mantar türlerine ait atık mantar substratlarında ise pH değerlerinin 4.16-8.76 arasında değiştiği belirtilmiştir (Sendi vd, 2013; Dadaylı, 2014; Şanlı, 2014; Ibiene vd, 2015; Lou vd, 2015; 2017). Adenipekun & Okunlade (2012) tarafından yapılan çalışmada Hintkamışı odunu ve mısır sapı

yetiştirme ortamlarında *Pleurotus* yetiştiriciliği yapıldıktan sonra sırasıyla pH'nın 5.48'den 3.78'e ve 6.53'den 4.02'ye azaldığı tespit edilmiştir. pH'daki bu değişimin substrattaki azot içeriğindeki artış ve metabolik atıkların varlığıyla ilişkili olabileceği belirtilmiştir.

Atık mantar kompostunun bitki yetiştirme ortamı olarak kullanımını kısıtlayan diğer faktör ise pH değeridir. Lucas vd (1975) tarafından bitki yetiştirme ortamlarının optimum pH değerlerinin bitki türüne göre değişmekle birlikte 5.3-6.0 arasında değiştiği bildirilmiştir. Aktaş (2004) ise makro ve mikro besinlerin alımı için optimum pH'nın 6.5-7.5 olduğunu belirtmiştir. (HE-AMS ve LE-AMS pH değerleri (sırasıyla 4.24 ve 3.79), bu değerlerden çok düşük bulunmuştur (Çizelge 4.1). Bu ortamların bitki yetiştirme ortamı olarak kullanılması veya toprağa karıştırılması durumunda pH değerlerinin nötr olacak şekilde ya da toprak pH'sını çok düşürmesine neden olmayacak uygulamalar yapılması gerekmektedir.

Harç, torf ve atık mantar substratlarının kül ve OM miktarları arasında istatistiksel olarak çok önemli ($P<0.01$) fark bulunmuştur. En yüksek kül içeriği %76.96 ile harç karışımından elde edilmiştir. Bunu %61.71 ile torf ortamı ve %41.03 ile GL-AMS izlemiştir. En düşük kül miktarı ise LE-AMS, PO3-AMS ve HE-AMS (sırasıyla %7.27, 8.13 ve 9.91) ortamlarında saptanmıştır (Çizelge 4.1).

Ortamların organik madde miktarları %23.04 (harç)-%92.73 (LE-AMS) arasında değişmiştir. Çalışmada ele alınan torfun OM içeriği %38.29 olarak tespit edilmiştir. Ülkemizde oluşan torfların OM içeriklerinin %30-80 arasında olduğunu bildiren Demiral (2000)'in bildirdiği değerler arasında yer almaktadır. Harç ve torfa göre atık mantar substratlarının OM içerikleri daha yüksek bulunmuştur. Değişik materyalle hazırlanan *Pleurotus* atık substratlarının OM miktarları arasında da önemli istatistiksel farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. GL-AMS dışında, A-AMS organik madde içeriği diğer mantar atık substratlarından düşük bulunmuştur (Çizelge 4.1). OM içeriğindeki bu farklılık *Agaricus bisporus* üretiminde kullanılan torfa bağlı olabileceği düşünülmektedir. Lemaire (1981) tarafından yapılan çalışmada, örtü topraksız atık mantar substratının organik madde içeriği örtü topraklı atık mantar substratı içeriğinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Agaricus atık mantar kompostu çalışmalarında OM içeriğinin %25.53-69.60 arasında değiştiği görülmektedir (Wuest & Fahy, 1991; Levanon & Danai, 1995; Maher vd, 2000; Demirtaş vd, 2000; Jordan vd, 2008; Anonymous, 2010; 2013a; 2013b, Holuzlu, 2013; Garcia-Delgado vd, 2015; Ünal, 2015). Bu çalışmada da A-AMS organik madde içeriği %66.98 ile bu değerler arasında yer almıştır (Çizelge 4.1).

Organik madde atık mantar kompostunun en çok arzu edilen bileşenlerinden biridir. Organik madde, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini düzelterek toprak verimliliğini sağlamadaki olumlu etkisi nedeniyle önemli bir faktördür (Çolak, 1988). Topraklara organik maddenin düzenli ilave edilmesi sürdürülebilir toprak yönetimi bakımından önemlidir. Tarım topraklarımızın büyük bir kısmında organik madde miktarı oldukça düşüktür (Parlak vd, 2008). Bu da tarımsal faaliyetler için önemli bir sorun teşkil etmektedir. Atık mantar substratının eklenmesi toprağın organik madde miktarını artıracaktır.

Farklı atık mantar substratları ile harç ve torf ortamlarının C, N, P ve K miktarları ile C:N oranlarına ait ortalamalar ve duncan gruplandırmaları Çizelge 4.2’de verilmiştir. Farklı atık mantar substratları ile harç ve torf ortamlarının C ve N miktarları ile C:N oranları arasında fark istatistiksel olarak çok önemli ($P<0.01$) bulunmuştur.

Çizelge 4.2. Harç, torf ve atık mantar substratlarının C, N, P ve K miktarları ile C:N oranları

Ortamlar	C (%)	N (%)	C:N	P (%)	K (%)
A-AMS	38.85 c**	2.32 a**	16.74 d**	0.68 a**	2.43 a**
GL-AMS	34.20 d	0.46 ef	74.09 b	0.09 b	1.03 d
HE-AMS	52.25 a	0.57 e	92.60 a	0.10 b	0.35 e
LE-AMS	53.78 a	1.31 b	40.95 c	0.07 b	0.21 e
PO1-AMS	44.20 b	0.56 e	79.31 ab	0.05 b	1.90 b
PO2-AMS	43.57 b	0.57 e	76.11 b	0.05 b	1.47 c
PO3-AMS	53.29 a	0.71 d	75.15 b	0.08 b	0.26 e
Harç	13.36 f	0.36 f	37.31 c	0.12 b	0.37 e
Torf	22.21 e	1.16 c	19.23 d	0.05 b	0.17 e

** $P<0.01$ düzeyinde çok önemli

En yüksek C miktarı %53.78 ile LE-AMS, 53.29 ile PO3-AMS, %52.25 ile HE-AMS’den elde edilmiştir. En düşük ise %13.36 ile harç karışımından elde edilmiştir. Harç ve torf dışında, A-AMS ile GL-AMS’nın C değeri, diğer mantar türlerinin atık

substratının C değerlerinden çok önemli derecede düşük bulunmuştur. A-AMS ve *Pleurotus* atık substratlarının C içerikleri karşılaştırıldığında *Pleurotus* atık substratlarının C içeriği daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.2). Bu sonuçlar, *Pleurotus* atık substratının C içeriğinin *A. bisporus* atık substratından daha yüksek olduğunu bildiren Paredes vd (2009)'un sonuçları ile uyumludur.

En yüksek N miktarı A-AMS'de %2.32, en düşük ise harç karışımında %0.36 bulunmuştur. Atık mantar substratlarında C:N oranı %16.74-92.60 gibi geniş bir aralıkta değişim göstermiştir (Çizelge 4.2). Analitik metota bağlı olarak taze *Agaricus* atık mantar substratının N içeriği %0.4-13.7 ve C:N oranı 9-15:1 ölçülmüştür (Szmidt & Chong, 1995; Chorover vd, 2000). Çalışmada A-AMS'nin N ve C:N oranına ait bulgular, bu araştırmacıların bulguları ile uyumludur. En yüksek C:N oranı, *Hericum* atık mantar substratında %92.60 olarak tespit edilmiştir. HE-AMS'nin N miktarı ise %0.57 olarak bulunmuştur. Atila (2015), *Hericum* türlerinin farklı atıklar üzerinde yetiştirildikten sonra atık substrattaki N içeriğinin %0.39-1.07 ve C:N oranlarının %40.47-120.18 arasında değiştiğini bildirmiştir. *Pleurotus* atık substratlarının N miktarları %0.56-0.71 ve C:N oranları %75.15-79.31 arasında değişmiştir. Elde edilen N miktarları ile C:N oranlarına ait değerler, Chiu vd (1998), Kurt (2008) ve Pekşen vd (2011)'in belirlediği değerler arasında yer almıştır.

Bernal vd (2009) kompostlama işlemini etkileyen faktörlerden besin dengesinin C:N oranıyla tanımlandığını bildirmiştir. Mathur vd (1993) olgun bir kompostta C:N oranının 10-20 arasında olmasının tercih edilir olduğunu bildirmiştir. C:N oranı 25:1 değerinden yüksek olmaması tavsiye edilmektedir (Anonymous, 1996; Bernal vd, 2009). Buna göre A-AMS dışındaki, diğer mantar türlerinin atık mantar substratlarına ait C:N oranlarının çok yüksek olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.2). C:N oranları yüksek olan atık mantar substratlarının toprağa uygulanmasının yararlı N miktarının düşmesine neden olabileceği unutulmamalıdır (Anonymous, 2004). Bu materyallerin C:N oranlarının çok yüksek olması nedeniyle özellikle toprağa katılması durumunda bu materyallerin kompostlaştırılması uygun olacaktır.

Harç, torf ve atık mantar substratlarının P miktarları arasında istatistiksel olarak çok önemli ($P<0.01$) fark bulunmuştur. P miktarları %0.05-0.68 arasında değişim göstermiştir. En yüksek P miktarı A-AMS (%0.68)'da belirlenmiştir. Diğer atık mantar

substratları, harç ve torfun P miktarları aynı istatistiksel grup içinde yer almıştır (Çizelge 4.2). *Agaricus* atık mantar substratı P değerini bildiren bazı çalışmalarda elde ettiğimiz P miktarından (%0.68) daha yüksek (Levanon & Danai, 1995; Maher vd, 2000; Jordan vd, 2008; Anonymous, 2013b, Holuzlu, 2013; Garcia-Delgado vd, 2015), bazılarında ise daha düşük değerler (Wuest & Fahy, 1991; Anonymous, 2013a; Ünal, 2015) tespit edilmiştir.

En yüksek K miktarı %2.43 ile A-AMS'da saptanmış, bunu %1.90 ile PO1-AMS, %1.47 ile PO2-AMS ortamları izlemiştir. Atık mantar substratları ile harç ve torfun K miktarlarının %0.17-2.43 arasında değiştiği saptanmıştır (Çizelge 4.2).

Materyallerin bitki besin maddesi bakımından potansiyelini ortaya koyabilmek için N, P ve K miktarları önemlidir. Harç, torf ve diğer atık mantar substratları karşılaştırıldığında A-AMS'nın N, P ve K bakımından en yüksek değerleri verdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.2). Gübre olarak N, P ve K gibi 3 başlıca besin maddesini yüksek oranda içerdiğini bildiren Rinker vd (2004)'nın bulguları ile uyumludur.

Atık mantar substratları ile harç ve torfun Mg miktarları bakımından istatistiksel olarak önemli ($P<0.05$), Ca, Fe, Mn, Zn, Cu ve Na miktarları bakımından ise çok önemli ($P<0.01$) fark olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.3).

En yüksek Ca miktarı GL-AMS'de %10.92 olarak tespit edilmiştir. Bunu aynı istatistiksel gruba giren A-AMS (%4.73), torf (%4.25) ve harç (%3.93) izlemiştir. Diğer atık mantar substratların Ca miktarları %0.52-0.97 arasında değişmiş ve istatistiksel olarak aynı grup da yer almıştır (Çizelge 4.3).

Harç, torf ve atık mantar substratlarının Mg miktarları %0.09 (PO2-AMS) - 55 (A-AMS) değerleri arasında değişim göstermiştir. Fe miktarları bakımından ise en yüksek değer 249.40 ve 228.20 mg kg⁻¹ ile sırasıyla torf ve harç karışımından elde edilmiştir. Bunu 174.27 mg kg⁻¹ ile A-AMS izlemiştir. Diğer atık mantar substratlarındaki Fe miktarları ise %7.60-38.27 mg kg⁻¹ gibi düşük değerlere sahip olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.3). Bu durum harç, torf ortamı dışındaki A-AMS'da örtü toprağı (torf) bulunmasından kaynaklanmış olabilir.

Çizelge 4.3. Harç, torf ve atık mantar substratlarının bazı mineral madde miktarları

Ortamlar	Ca (%)	Mg (%)	Fe (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)	Na (mg kg ⁻¹)
A-AMS	4.73 b**	0.55 a*	174.27 b**	718.27 a**	391.20 a**	79.67 a**	6693.33 a**
GL-AMS	10.92 a	0.28 abc	38.27 c	291.80 bc	37.47 b	14.93 b	886.67 bc
HE-AMS	0.84 c	0.18 bc	27.93 c	282.80 bc	26.00 b	11.60 b	660.00 bc
LE-AMS	0.52 c	0.45 ab	21.40 c	225.40 bc	56.47 b	25.00 b	1100.00 b
PO1-AMS	0.97 c	0.18 bc	7.60 c	175.20 bc	49.20 b	11.47 b	1233.33 b
PO2-AMS	0.84 c	0.09 c	10.67 c	225.93 bc	31.13 b	10.80 b	1226.67 b
PO3-AMS	0.68 c	0.14 bc	30.80 c	134.87 c	28.20 b	11.60 b	433.33 c
Harç	3.93 b	0.42 ab	228.20 a	627.33 a	40.13 b	15.00 b	1006.67 b
Torf	4.25 b	0.23 bc	249.40 a	359.73 b	21.27 b	12.60 b	366.67 c

*: P<0.05 düzeyinde önemli, **: P<0.01 düzeyinde çok önemli

Mn miktarları bakımından en yüksek değerler aynı istatistiksel gruba giren A-AMS ve harç karışımından (sırasıyla 718.27 ve 627.33 mg kg⁻¹) elde edilmiştir. En düşük değer ise 134.87 mg kg⁻¹ ile PO3-AMS'da belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

A-AMS'ının Zn (391.20 mg kg⁻¹) ve Cu miktarları (79.67 mg kg⁻¹) diğer mantar türlerinin atık substratları ile harç ve torfa göre istatistiksel olarak çok önemli derecede yüksek bulunmuştur. A-AMS dışındaki tüm ortamlar istatistiksel olarak aynı grupta yer almış, Zn miktarları 21.27-56.47 mg kg⁻¹ ve Cu miktarları 10.80-25.00 mg kg⁻¹ arasında değişmiştir (Çizelge 4.3). Atık mantar substratında Almanya (sırasıyla <400 ve <100 mg kg⁻¹) ve Hollanda (<400 ve <300 mg kg⁻¹)'da Zn ve Cu ağır metallerinin limit değerlerinden daha düşük bulunmuştur (Li & Liu, 2006).

Atık mantar substratları ile harç ve torfun Na miktarları karşılaştırıldığında en yüksek Na miktarı A-AMS'da (6693.33 mg kg⁻¹), en düşük ise torf ortamında (366.67 mg kg⁻¹) tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Ca ve Fe dışında, Mg, Mn, Zn, Cu ve Na içerikleri bakımından en yüksek değerler A-AMS'da elde edilmiştir. A-AMS'ının bitkilerce önemli bir mineral madde kaynağı olabileceği söylenebilir. Bazı araştırmacılar tarafından atık mantar substratının protein, polisakkaritler, Fe, Ca, Zn ve Mg gibi bazı iz elementler ve vitaminler bakımından zengin olduğu bildirilmiştir (Medina vd, 2009; Paredes vd, 2009; Zhu vd, 2012).

Atık mantar substratlarındaki mineral madde içerikleri yetiştirme ortamı (kompost) hazırlanmasında kullanılan materyallere ve mantar türlerine göre değişiklik göstermiştir. Atık mantar substratının içeriğinin kompost başlangıç materyalleri ve kompost hazırlanırken ilave edilen besin maddeleri değişkenliğine, üretim sonrası atılan atık mantar substratının açıkta ya da kapalı ortamda muhafaza şekline, yağmura

maruz kalarak kısmi yıkanmasına, istiflenme düzenine ve yığın havalanma şekline, bekleme süresine bağlı olarak değişeceği dikkate alınmalıdır (Topcuoğlu vd, 2004).

Harç, torf ve atık mantar substratlarının su tutma kapasitesi, kuru ve ıslak hacim ağırlığı bakımından değerler arasında istatistiksel olarak çok önemli ($P<0.01$) fark olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.4).

Su tutma kapasitesi %75.23 (harç)-699.68 (PO1-AMS) arasında değişmiştir. Başlangıçtaki materyale bağlı olarak *Pleurotus* atık substratları arasındaki su tutma kapasitesi bakımından istatistiksel olarak çok önemli fark bulunmuştur (Çizelge 4.4). Su tutma kapasitesi atık mantar substratlarının sadece bitkisel üretimde değil, mantar yetiştiriciliğinde örtü toprağı olarak kullanılabilme durumu bakımından da önemli bir özelliktir. Labuschagne vd (1995), farklı örtü toprağı materyallerinin su tutma kapasitesinin %207-887 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Harç dışında, torf ve atık mantar substratlarının su tutma kapasiteleri bu değerler arasında yer almıştır.

Çizelge 4.4. Harç, torf ve atık mantar substratlarının bazı fiziksel özellikleri

Ortamlar	Su tutma kapasitesi (%)	Kuru hacim ağırlığı (g cm^{-3})	Islak hacim ağırlığı (g cm^{-3})
A-AMS	277.51 de**	0.44 c**	1.42 d**
GL-AMS	231.39 ef	0.43 c	2.14 ab
HE-AMS	324.10 cd	0.34 d	2.22 ab
LE-AMS	366.30 c	0.34 d	1.36 de
PO1-AMS	699.68 a	0.25 f	1.01 e
PO2-AMS	347.31 c	0.32 e	1.63 cd
PO3-AMS	523.47 b	0.22 g	1.41 d
Harç	75.23 g	1.16 a	1.86 bc
Torf	209.96 f	0.61 b	2.34 a

** $P<0.01$ düzeyinde çok önemli

Kuru hacim ağırlığı bakımından en yüksek değerler aralarında istatistiksel olarak çok önemli fark bulunan harç (1.16 g cm^{-3}) ve torf ortamından (0.61 g cm^{-3}) elde edilmiştir. Atık mantar substratlarının kuru hacim ağırlıkları $0.22\text{-}0.44 \text{ g cm}^{-3}$ arasında değişmiştir. Harç ve torfa ait kuru hacim ağırlığı atık mantar substratlarına göre daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.4). *Agaricus* atık mantar substratının hacim ağırlığını Baran vd (1995) 0.15 g cm^{-3} , Birben (1998) 0.30 g cm^{-3} ve Çiçek vd (2012) 0.22 g cm^{-3} olarak belirlemişlerdir.

En yüksek ıslak hacim ağırlığı ise 2.34 g cm^{-3} ile torf ortamından elde edilmiş, bunu aralarında istatistiksel fark bulunmayan HE-AMS ve GL-AMS (sırasıyla 2.22 ve 2.14 g cm^{-3}) izlemiştir. En düşük ıslak hacim ağırlığı 1.01 g cm^{-3} ile PO1-AMS'da tespit edilmiştir.

Atık mantar substratlarının mikrobiyal aktivitelerinin belirlenmesi amacıyla mikrobiyal aktivite tarafından üretilen CO_2 , mikrobiyal biyomas (C substratı parçalama niteliğindeki aktif biyokütle) ve üreaz, arilsülfataz ve alkalenfosfataz aktivitesi gibi substrat parçalanması için mikroorganizmalar tarafından salgılanan enzimlerin aktiviteleri belirlenmiş, bu değerler harç ve torf ile karşılaştırılmıştır. Harç, torf ve atık mantar substratlarının MBK, CO_2 ve bazı enzim aktiviteleri Çizelge 4.5'de verilmiştir. Ortamların mikrobiyal biyomas karbon içerikleri arasındaki fark istatistiksel olarak çok önemlidir. En yüksek mikrobiyal biyomas karbon miktarı 454.73 ile LE-AMS'da tespit edilmiştir. Bunu aralarında istatistiksel fark bulunmayan GL-AMS, PO3-AMS ve HE-AMS (sırasıyla 296.64 , 273.47 ve 257.83) izlemiştir. Harç, torf ve atık mantar substratlarının CO_2 değerleri ise 0.08 - $5.05 \text{ mg CO}_2 \text{ g}^{-1}$ kuru toprak 24 h^{-1} sınırları içerisinde bulunmuştur (Çizelge 4.5). Mikrobiyal biyomas karbon değeri yüksek olan ortamların CO_2 değerleri de yüksek bulunmuştur. Toprak verimliliği bakımından önemli bir parametre olarak kabul edilen CO_2 değerleri, organik maddenin parçalanmasında görev alan mikroorganizmaların genel aktivitesinin bir göstergesidir (Gök vd, 2006; Doğan vd, 2007). CO_2 organik maddenin mikroorganizmalar tarafından parçalanması sonucu açığa çıkmaktadır. Bu nedenle organik madde miktarının yüksek olması CO_2 ve mikrobiyal aktivitenin yüksek olması sonucunu ortaya koymaktadır (Gök vd, 2006; Doğan vd, 2013). Atık mantar substratlarında organik madde değeri yüksek olmasına rağmen CO_2 değerinin düşük olması bu ortamların EC değeri ile ilişkili olabilir. Muhammad vd (2008) yaptıkları çalışmada artan tuzluluk ve alkaliliğin toprak solunumunu azalttığını bildirmişlerdir.

Harç, torf ve atık mantar substratlarının üreaz, arilsülfataz ve alkalenfosfataz aktiviteleri arasında istatistiksel olarak çok önemli ($P < 0.01$) fark bulunmuştur (Çizelge 4.5). Üreaz bakımından en yüksek değer GL-AMS ($633.09 \text{ } \mu\text{g N g kuru top h}^{-1}$), en düşük değer ise torf ($77.75 \text{ } \mu\text{g N g kuru top h}^{-1}$) ortamından elde edilmiştir. Arilsülfataz aktivitesi bakımından ise en yüksek değerler $1517.70 \text{ } \mu\text{g p-nitrofenol g kuru top h}^{-1}$ ile LE-AMS ve $1323.74 \text{ } \mu\text{g p-nitrofenol g kuru top h}^{-1}$ ile PO3-AMS'da tespit edilmiştir.

En düşük ise harç (45.91 µg p-nitrofenol g kuru top h⁻¹) ve torf (77.75 µg p-nitrofenol g kuru top h⁻¹) ortamlarında belirlenmiştir. Atık mantar substratlarının arilsülfataz aktiviteleri harç ve torftan çok önemli (P<0.01) düzeyde yüksek bulunmuştur. Organik madde içeriği düşük bulunan harç ve torf ortamının arilsülfataz aktivitesinin de düşük olduğu saptanmıştır. Alkalenfosfataz aktivitesi 454.45 (harç)-3404.02 µg p-nitrofenol g kuru top h⁻¹ (PO2-AMS) arasında değişim göstermiştir. *Pleurotus* atık substratlarının alkalenfosfataz aktiviteleri diğer atık mantar substratları ve harç ile torf ortamından yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Harç, torf ve atık mantar substratlarının MBK, CO₂ ve bazı enzim aktiviteleri

Ortamlar	MBK	CO ₂	Üreaz aktivitesi	Arilsülfataz aktivitesi	Alkalenfosfataz aktivitesi
A-AMS	91.81 c**	0.18 e**	525.92ab**	814.96 b**	1204.63 ef**
GL-AMS	296.64 b	3.17 c	633.09a	609.36 b	1148.54 f
HE-AMS	257.83 b	3.70 b	129.26e	604.05 b	1939.44 c
LE-AMS	454.73 a	5.05 a	114.22e	1517.70 a	1463.71 d
PO1-AMS	75.72 c	0.08 e	337.28cd	622.21 b	3246.91 a
PO2-AMS	58.62 c	0.10 e	405.97bc	737.74 b	3404.02 a
PO3-AMS	273.47 b	3.41 bc	365.27c	1323.74 a	2598.27 b
Harç	33.09 c	0.36 de	201.30de	45.91 c	454.45 g
Torf	61.00 c	0.77 d	77.75e	38.80 c	1409.08 de

** : P<0.01 düzeyinde çok önemli, MBK: mikrobiyal biyomass karbon, MS: mikrobiyal solunum birimi mg CO₂ g⁻¹ kuru toprak 24 h⁻¹; Üreaz aktivitesinin birimi µg N g kuru top h⁻¹; Arilsülfataz ve Alkalenfosfataz aktivitesinin birimi µg p-nitrofenol g kuru top h⁻¹

Perucci (1992) ile Giusquiani vd (1995) toprağa ilave edilen kompostun topraktaki organik karbon miktarını, mikrobiyal biyomasını ve biyolojik aktivitesini önemli ölçüde arttırdığını bildirmişlerdir. Toprağa uygulanan organik atık ve/veya atık mantar substratının artan doza bağlı olarak toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini iyileştirdiği, mikrobiyal aktivite ve alkalenfosfataz aktivitesini arttırdığı belirlenmiştir (Albiach vd, 2000). Üreaz, fosfataz ve β-glioksidaz gibi ekstraselüler enzimler, topraklarda organik materyallerin mineralizasyon süreçlerinde görev alarak toprak verimliliğinde önemli role sahiptirler (Burns, 1978).

Atık mantar substratlarının tohum çimlenmesi, bitki büyüme ve gelişmesi üzerine olumsuz etkisinin belirlenmesi amacıyla fitotoksisite analizi yapılmıştır. Fitotoksisite, kompostların tarım arazisine geri dönüştürülmeden önce çevresel risklerden kaçınmak ve kompostun tarımsal amaçlara uygunluğunu değerlendirmek

için en önemli kriterlerden biridir (Tiquia vd, 1996; Cooperband vd, 2003; Selim vd, 2012). Çimlenme indeksi kompostun bitki büyümesine karşı fitotoksitesini belirlemede en iyi test olarak bildirilmiştir.

En yüksek çimlenme yüzdesi harç ortamında (%90.50) elde edilmiş, bunu LE-AMS (%89.00), torf (%84.82) ve HE-AMS (%79.32) izlemiştir. En düşük çimlenme ise %12.45 ile A-AMS'de tespit edilmiştir. Kök uzama yüzdesi bakımından ise en yüksek değerler aynı istatistiksel grupta yer alan torf, harç, GL-AMS ve PO2-AMS'de sırasıyla %96.44, 91.12, 87.83 ve 79.82 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.6 ve Şekil 4.1).

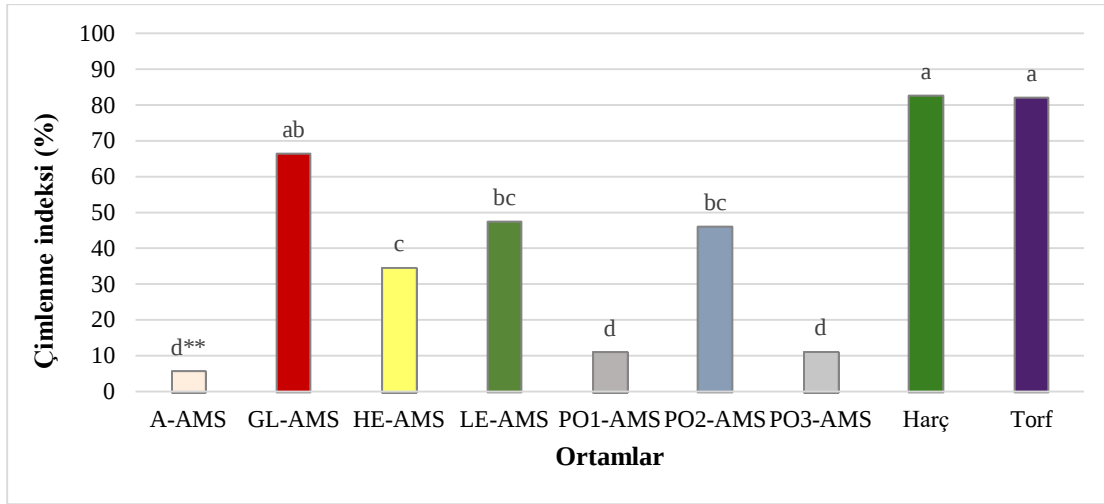
Atık mantar substratları ile harç ve torf ortamlarının çimlenme indeksleri %82.49-5.51 değerleri arasında tespit edilmiştir. En yüksek çimlenme indeksi, değerler aynı istatistiksel grupta yer alan harç ve torf ortamından elde edilmiştir. Bunu GL-AMS izlemiştir (Çizelge 4.6 ve Şekil 4.1).

Şekil 4.1 incelendiğinde atık mantar substratlarının çimlenme indeksleri, harç ve torfa göre düşük bulunmuştur. Atık mantar substratları arasında en düşük değer ise A-AMS'de tespit edilmiştir. Bunun nedeni A-AMS'nın yüksek EC değeri (6.60 dS m^{-1}), dolayısıyla tuz içeriği olabilir. Atık mantar substratlarının içeriğinde bulunan amonyak, tuzlar, farklı ağır metaller, düşük molekül ağırlıklı organik bileşikler tohum çimlenmesi ve kök gelişimini engelleyebilmektedir (Brinton, 2000; Ko vd, 2008).

Çizelge 4.6. Harç, torf ve atık mantar substratlarının fitotoksiste analiz sonuçları

Ortamlar	TÇ (%)	KU (%)	Çİ (%)
A-AMS	12.45 e**	42.00 b**	5.51 d
GL-AMS	74.86 b	87.83 a	66.28 ab
HE-AMS	79.32 ab	43.48 b	34.48 c
LE-AMS	89.00 ab	53.18 b	47.29 bc
PO1-AMS	23.52 de	45.13 b	10.79 d
PO2-AMS	56.96 c	79.82 a	45.80 bc
PO3-AMS	31.75 d	34.96 b	10.93 d
Harç	90.50 a	91.12 a	82.49 a
Torf	84.82 ab	96.44 a	81.86 a

** : $P < 0.01$ düzeyinde çok önemli, TÇ: tohum çimlenme yüzdesi, KU: kök uzama yüzdesi, Çİ: çimlenme indeksi



Şekil 4.1. Harç, torf ve atık mantar substratlarının çimlenme indeksi ortalamaları ve duncan gruplandırmaları (**: $P < 0.01$ düzeyinde çok önemli,)

Kompost için değerlendirilen olgunluk indislerinden biri olan çimlenme indeksinin %50'den büyük olması (Zucconi vd, 1981; Bernal vd, 2009) arzu edilmektedir. Ancak çalışmada atık mantar substratları arasında sadece GL-AMS'de çimlenme indeksi değerinin %50'den yüksek olduğu tespit edilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmanın amacı farklı mantar türlerinin atık mantar substratlarının fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini belirlemek, bu özellikler bakımından harç ve torf ile karşılaştırmaktır. Çalışmada *Agaricus bisporus*, *Ganoderma lucidum*, *Hericium erinaceus*, *Lentinula edodes* ve *Pleurotus ostreatus* üretim sonrası açığa çıkan atık mantar substratları ele alınmıştır. Mantar üretimi sonrası alınan taze atık mantar substratlarının EC, pH, C:N oranı ve fitotoksite deneme sonuçları olgun kompost özellikleri taşımadıklarını göstermektedir.

Toprakların organik madde yönünden fakir olması fiziksel, kimyasal ve biyolojik verimliliklerini olumsuz yönde etkilemektedir. Topraklara organik madde sağlanması amacıyla ahır gübresi, yeşil gübre, kompost ve guano uygulamasının yaygınlaştığı görülmektedir. Toprağa karıştırılan kompost toprağın havalanması, nem kapasitesinin artışı, toprağın mineral besin maddesi içeriğine katkı sağlaması, toprağa verilen besin elementlerinden bitkinin daha iyi ve uzun süre faydalanması, topraktaki yararlı organizmaların ve fonksiyonlarını arttırması gibi yararlar sağlar. Mantar üretimi sonrası açığa çıkan kompost atıklarının organik madde ve mineral madde içeriğinin yüksek olması nedeniyle toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin gelişimine ve bitki beslemesine önemli katkı sağlayabilir. Bununla birlikte bu materyallerin tarımda geri kazanımının güvenle yapılabilmesi için tuzluluk sorunu ve besin dengelemesinin yapılması büyük önem taşımaktadır. Ayrıca yapılacak çalışmalarda AMS'ların bileşimlerindeki değişkenlikler dikkate alınmalıdır

Atık mantar substratının toprağa uygulama oranlarının AMS'nın besin içeriğine, yetiştirilecek ürünün besin ihtiyacına, toprak koşullarına, arazi topografyasına ve iklime bağlı olarak değişeceği de göz önünde bulundurulmalıdır. Elde edilen sonuçlar farklı atık mantar substratlarının bitkisel ve hayvansal üretimde kullanılabileceğini göstermektedir. Atık mantar substratı içerdiği N, protein, Fe, Ca, Zn ve Mg gibi mineral maddeler nedeniyle hayvan beslenmesi içinde de değerli bir mantar endüstrisi yan ürünüdür. Bu katkıların dışında enzim üretimi, vermikompost üretimi,

biyoremediasyon biyogaz üretimi gibi birçok sektöre fayda sağlama potansiyeline sahip olduğu dikkate alınarak atık mantar kompostundan etkin olarak yararlanmaya yönelik çalışmalar yapılmalıdır.



KAYNAKLAR

- Adenipekun C O & Okunlade O A (2012). Biodegradation of rattan wood and maize stovers by *Pleurotus ostreatus*. *Nature and Science*, 10(5): 49-57.
- Aktaş M (2004). Nutritional deficiencies in plants and diagnose. Turkey 3. National Fertilizer Congress, 11-13 October, Agri-Industry-Environment, 1118-1186, Tokat, Turkey.
- 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(1): 43- 48.
- Anderson J P E (1982). *Soil Respiration*. In: Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties. Page, A.L. (ed.) (second edition), ASA-SSSA. 831-871, Madison, Wisconsin, USA.
- Anderson J P E & Domsch K H (1978). A physiological method for the quantative measurement of microbial biomass in soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 10: 215-221.
- Anonymous (1996). Guidelines for compost quality. Canadian Council of Minister of the Environment, PN 1199, March 1996.
- Anonymous (2004). Use of spent mushroom compost. <http://www.agf.gov.bc.ca/resmgmt/fppa/environ/mushroom/musho6.htm> (Erişim tarihi: 22.10.2016)
- Anonymous (2010). Alternative substrate ingredients and mushroom compost uses. *Mushroom News*, 58(8): 9.
- Anonymous (2013a). www.mushroomcompost.org (Erişim tarihi: 12.09.2016)
- Anonymous (2013b). www.bordglas.ie (Erişim tarihi: 12.09.2016)
- Atila F (2015). Farklı *Hericium* izolatlarının en uygun yetiştirme koşulları ve ortamlarının belirlenmesi ve moleküler karakterizasyonu. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 253, İzmir.
- Aydın M (2009). Atık mantar kompostunun bazı toprak özellikleri ile şeker pancarının verim ve kalitesine etkileri. Doktora Tezi (Yayınlanmamış), Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı, Konya.
- Baran A, Çaycı G & İnal A (1995). Farklı tarımsal atıkların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 1(2-3): 169-172.
- Bernal M P, Paredes C, Sánchez-Monedero M A & Cegarra J (1998). Maturity and stability parameters of composts prepared with a wide range of organic wastes. *Bioresource Technology*, 63: 91-99.

- Bernal MP, Albuquerque JA & Moral R (2009) Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresource Technology*, 100(22): 5444-5453.
- Birben H (1998). Atık mantar kompostunun begonya (*Begonia semperflorens*) bitkisinin gelişimi üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 46, Ankara.
- Birben H, Çaycı G & Kütük C (1999). Atık mantar kompostunun Begonya (*Begonia semperflorens*) bitkisinin gelişimi üzerine etkisi. Türkiye III. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 14-17 Eylül, Kongre Bildiri Kitabı, 187-191, Ankara.
- Brinton W (2000). *Compost quality standards and guidelines*. Woods End Research laboratory, USA, pp. 32–35.
- Black C A (1965). *Methods of soil analysis*. Part I, American Soc. of Agron., No. 9.
- Burns R G (1978). *Soil enzymes*. Academic Press, 149-190, London.
- Chiu S W, Ching M L, Fong K L & Moore D (1998). Spent oyster mushroom substrate performs better than many mushrooms mycelia in removing the biocide pentachlorophenol. *Mycological Research*, 102(12): 1553-1562.
- Chong C & Rinker D L (1994). Bark and peat amended spent mushroom compost for container culture of shrubs. *HortScience*, 29(7): 781-784.
- Chorover J, Fox R H, Hatcher P G & Romaine C P (2000). The nature, chemistry and environmental impact of weathering spent mushroom substrate. Mushroom Industry Farmer based Applied Research Program (MIFBAR), 15 June, Final Research Project Report, 87, The Pennsylvania State University.
- Ciavatta C, Gavi M & Sequi P (1993). Characterization of organic matter in compost produced with municipal solid wastes: An Italian approach. *Compost Science & Utilization*, 1(1): 75-81.
- Cormican T & Staunton L (1991). Factors in mushroom (*Agaricus bisporus*) compost productivity. *Mushroom Science*, 13: 221-226.
- Cooperband L R, Stone A G, Fryda M R & Ravet J L (2003). Relating compost measures of stability and maturity to plant growth. *Compost Science and Utilization*, 11: 113-124.
- Çelikel G & Çalar G (1997). The effects of re-using different substrates on the yield and earliness of cucumber on autumn growing period. I. International Symposium on Cucurbits, 20-23 May, Acta Horticulture, 492.
- Çiçek N, Kütük C, Arıcı Y K & Bilgili B C (2012). Krizantem (*Chrysanthemum morifolium*)'in gelişim parametreleri üzerine farklı atık mantar kompostu ile hazırlanan değişik yetiştirme ortamlarının etkisi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 5(2): 68-75.
- Çolak A K (1988). *Toprak biyolojisi ders notları*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, 99, 50- 55, Adana.
- Dadaylı G (2014). Çay artığı ile hazırlanan ortamlarda parçalama ve örtü toprağı serme işleminin *Pleurotus eryngii* mantarının biyolojik etkinlik ve verimi üzerine

etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, 83, Samsun.

Demiral M A (2000). Bir topraksız kültür ortamı olarak torf. *Derim*, 17(1): 39-52.

Demirtaş E I, Arı1 N, Arpacıoğlu A E, Özkan C F & Kaya H (2000). Mantar kompostu kullanımının örtüaltı domates yetiştiriciliğinde bitkinin potasyum ile beslenmesi ve verim üzerine etkisi. Tarımda Potasyumun Yeri ve Önemi, Çalıştay, 3-4 Ekim, 132-138, Eskişehir.

Devonald V G (1987). *Spent mushroom compost, a possible growing medium ingredient*. Compost: Production, Quality and Use. Els., April. Sci. London, 785-791.

Doğan K, Gök M, Coşkan A & Güvercin E (2007). Bakteriyel aşılama ile demir uygulamalarının birinci ürün yerfıstığı bitkisinde nodülasyon ve azot fiksasyonuna etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(1): 35-46.

Doğan K, Sariyev A, Gök M, Coşkan A, Tülün Y, Sesveren S & Pamiralan H (2013). Effect of solarization under different applications on soil temperature variation and microbial activity. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 11(1): 329-332.

Dura S, Sakınç Z & Günay A (2000). Kullanılmış mantar kompostunun fide yetiştiriciliğinde kullanım olanakları üzerine bir araştırma. Türkiye VI. Yemeklik Mantar Kongresi Bildirileri, 20-22 Eylül, Bildiri Özetleri Kitabı, 79-82, Ege Üniversitesi Bergama Meslek Yüksek Okulu.

Ehtesham S H & Vakili A R (2015). The effect of spent mushroom substrate on blood metabolites and weight gain in kurdish male lambs. *Entomology and Applied Science Letters*, 1(2): 29-33.

Eren E & Pekşen A (2014). Türkiye’de kültür mantarı üretimi, sorunları ve çözüm yolları. 1. Ulusal Mikoloji Günleri, 1-4 Eylül, Özet Kitabı, 29, Erzurum.

Eren E & Pekşen A (2016). Türkiye’de kültür mantarı sektörünün durumu ve geleceğine bakış. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 4(3): 189-196.

Eudoxie G D & Alexander I A (2011). Spent mushroom substrate as a transplant media replacement for commercial peat in tomato seedling production. *Journal of Agricultural Science*, 3: 41-49.

FAO (2015). Food and Agriculture Organization of The United Nations. <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E> (Erişim tarihi: 09.06.2015).

Garcia-Delgado C, D’Annibale A, Pesciaroli L, Yunta F, Crognale S, Petruccioli M & Eymar E (2015). Implications of polluted soil biostimulation and bioaugmentation with spent mushroom substrate (*Agaricus bisporus*) on the microbial community and polycyclic aromatic hydrocarbons biodegradation. *Science of The Total Environment*, 508: 20-28.

Giusquiani P L, Pagliai M, Gigliotti G, Businelli D & Benetti A (1995). *Urban waste compost*: Effects on physical, chemical and biochemical soil properties. *Journal of Environmental Quality*, 24(1): 175-182.

- Gök M, Doğan K & Coşkan A (2006). Effects of divers organic substrate application on denitrification and soil respiration under different plant vegetation in Çukurova Region. International Symposium on Water and Land Management for Sustainable Irrigated Agriculture. 4-8 April, Adana, Turkey.
- Guo M & Chorover J (2006). Leachate migration from spent mushroom substrate through intact and repacked subsurface soil columns. *Waste Management*, 26: 133-140.
- Guo M, Chorover J, Rosario R & Fox R H (2001). Leachate chemistry of field weathered spent mushroom substrate. *Journal of Environmental Quality*, 30: 1699-1709.
- Hoffmann G G & Teicher K (1961). Ein Kolorimetrisches Verfahren zur bestimmung der urease aktivitat in böden. zeitschrift für pflanzenernahrung und bodenkunde. 91: 55-63.
- Holozlu A (2013). Yıkanmış ve yıkanmamış atık mantar kompostunun bazı toprak kalite parametrelerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış), Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Ibiene A A, Okerentugba P O, Orji F A & Dike E N (2015). Physico chemical and culture dependent microbiological characterization of spent *Pleurotus* composts from three different agro-based wastes. *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*, 3(4): 173-183.
- Jackson M L (1962). *Soil chemical analysis*. Constable, London.
- Jordan S N, Mullen G J & Murphy M C (2008). Composition variability of spent mushroom compost in Ireland. *Bioresource Technology*, 99: 411-418.
- Kacar B (1994). *Bitki ve toprağın kimyasal analizleri III. Toprak analizleri*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, 3, Ankara.
- Kacar B & İnal A (2008). *Bitki analizleri*. Nobel Yayın Dağıtım, 879, Ankara.
- Kirven D M (1986). An industry viewpoint: horticultural testing is your language confusing. In: Proceeding of the Symposium Interpretation of Extraction and Nutrient Determination Procedures for Organic Potting Ubrstrates, 215-217.
- Ko H J, Kim K Y, Kim H T, Kim C N & Umeda M (2008). Evaluation of maturity parameters and heavy metal contents in composts made from animal manure. *Waste Management*, 28: 813-820.
- Koutrotsios G, Mountzouris K C, Chatzipavlidis I & Zervakis G I (2014). Bioconversion of lignocellulosic residues by *Agrocybe cylindracea* and *Pleurotus ostreatus* mushroom fungi. Assessment of their effect on the final product and spent substrate properties. *Food Chemistry*, 161: 127-135.
- Kurt Ş (2008). Değişik tarımsal atıkların kayın mantarı (*Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus sajor-caju*) yetiştiriciliğinde kullanım olanakları. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

- Kwak W S, Jung S H & Kim Y I (2008). Broiler litter supplementation improves storage and feed nutritional value of sawdust based spent mushroom substrate. *Bioresource Technology*, 99: 2947-2955.
- Labuschagne P, Eicker A, van Greuning M (1995). Casing mediums for *Agaricus bisporus* cultivation in South Africa: a preliminary report. In: Elliott, T.J. (Ed.), *Mushroom Science XIV, Science and Cultivation of Edible Fungi*, vol. 1. Balkema, Rotterdam, pp. 339-344.
- Lau K L, Tsang Y Y & Chiu S W (2003). Use of spent mushroom compost to bioremediate PAH contaminated samples. *Chemosphere*, 52: 1539-1546.
- Lemaire F (1981). Valeur agronomique du compost de champignonnières. *Compost Information*, 5: 4-9.
- Lemaire F, Dartigues A & Riviere L M (1985). Properties of substrate made with spent mushroom compost. *Acta Horticulture*, 172: 13-29.
- Levanon D & Danai O (1995). Chemical, physical and microbiological consideration in recycling spent mushroom substrate. *Compost Science and Utilization*, 3: 72-79.
- Li S T & Liu R L (2006). Current status and analysis of heavy metal limit standard in organic fertilizer all over the world. *Journal of Agro-Environment Science*, 25(09): 777-782.
- Lohr I V, Wang S H & Wolt J D (1984). Physical and chemical characteristics of fresh and aged spent mushroom compost. *HortScience*, 19: 681-683.
- Lopes R X, Zied D C, Martos E T, de Souza R J, Da Silva R & Dias E S (2015). Application of spent *Agaricus subrufescens* compost in integrated production of seedlings and plants of tomato. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 4(3):211-218.
- Lou Z, Sun Y, Bian S, Baig S A, Hu B & Xu X (2017). Nutrient conservation during spent mushroom compost application using spent mushroom substrate derived biochar. *Chemosphere*, 169: 23-31.
- Lou Z, Zhu J, Wang Z, Baig, Li Fang SA, Hu B & Xu X (2015). Release characteristics and control of nitrogen, phosphate, organic matter from spent mushroom compost amended soil in a column experiment. *Process Safety and Environmental Protection*, 98: 417-423.
- Lucas R E, Rieke P E, Shicluna V C & Cole A (1975). *Lime and fertilizer requirements for peats*. Peat in Horticulture, Academic Press, 51-75, Newyork.
- Magette W L (2004). Environmental management system for organic wastes management arising from intensive animal production. In: Ma Pilar Bernal Rafl Moral Rafael Clemente Concepción Parede, Sustainable Organic Waste Management for Environmental Protection and Food Safety (Proceedings of the 11th International Conference of the FAO ESCORENA Network on the Recycling of Agricultural, Municipal and Industrial Residues in Agriculture, Murcia, Spain, 6-9 October 2004) vol 1, 291-294.

- Magette W, Smyth S & Dodd V (1998). Logistical considerations for spent mushroom compost utilization. 8th International Conference on Management Strategies for Organic Waste in Agariculture, 23-30, Rennes, France.
- Maher M J, Smyth S, Dodd V A, McCabe T, Magette W L, Duggan J & Hennerty M J (2000). *Managing spent mushroom compost*. 1-4, Teagasc, Dublin.
- Mathur S P, Owen G, Dinel H & Schnitzer M (1993). Determination of compost biomaturity. Literature review. *Biological Agriculture & Horticulture*, 10: 65-85.
- Medina E, Paredes C, Bustamante M A, Moral R & Moreno-Caselles J (2012). Relationships between soil physico-chemical, chemical and biological properties in a soil amended with spent mushroom substrate. *Geoderma*, 173: 152-161.
- Medina E, Paredes C, Perez-Murcia M, Bustamante M & Moral R (2009). Spent mushroom substrates as component of growing media for germination and growth of horticultural. *Bioresource Technology*, 100: 4227-4232.
- Muhammad S, Muller T & Joergensen R G (2008). Relationships between soil biological and other soil properties in saline and alkaline arable soils from the Pakistani Punjab. *Journal of Arid Environments*, 72: 448-457.
- Oei P, Zeng H, Liao J, Dai J, Chen M & Cheng Y (2007). The alternative uses of spent mushroom compost. Innovatie Network Reports, www.spore.nl
- Özgüven A I (1998). The opportunities of using mushroom compost waste in strawberry growing. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 22(6): 601-608.
- Paredes C, Medina E, Moral R, Perez-Murcia M D, Moreno-Caselles J, Bustamante M A & Cecilia J A (2009). Characterization of the different organic matter fractions of spent mushroom substrate. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 40(1-6): 150-161.
- Parlak M, Fidan A, Kızılcık İ & Koparan H (2008). Eceabat İlçesi (Çanakkale) tarım topraklarının verimlilik durumlarının belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 14(4): 394-400.
- Pekşen A (2014). Türkiye’de kültür mantarı yetiştiriciliği. Yemeklik Kültür Mantarı Çalıştayı 12-13 Mayıs, 19-23, Antalya.
- Pekşen A & Yamaç M (2016). Atık mantar kompostu/substratının kullanım alanları - 1: Özellikleri ve önemi. *Mantar Dergisi*, 7(1): 49-60.
- Pekşen A, Yakupoğlu G, Yakupoğlu T, Gülser C, Öztürk E & Özdemir N (2011). Changes in chemical compositions of substrates before and after *Ganoderma lucidum* cultivation. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 27: 637-642.
- Perucci P (1992). Enzyme activity and microbial biomass in a field soil amended with municipal refuse. *Biology and Fertility of Soils*, 14: 55-60.
- Phan C W & Sabaratnam V (2012). Potential uses of spent mushroom substrate and its associated lignocellulosic enzymes. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 96(4): 863-873.

- Polat E, Uzun H I, Topcuoğlu B, Önal K, Onus A N & Karaca M (2009). Effects of spent mushroom compost on quality and productivity of cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown in greenhouses. *African Journal Biotechnology*, 8: 176-180.
- Rao J R, Watabe M, Stewart A T, Millar B C & Moore J E (2007). Pelleted organo-mineral fertilisers from composted pig slurry solids, animal wastes and spent mushroom compost for amenity grasslands. *Waste Management*, 27(9): 1117-1128.
- Rinker DL (2002). *Handling and using "spent" mushroom substrate around the world*. Sánchez JE, Huerta G, Montiel E (eds) Mushroom biology and mushroom products. Impresos Júpiter, Cuernavaca, 43-60.
- Rinker DL, ZERI & Kang SW (2004). Recycling of oyster mushroom substrate. Mushroom Growers' Handbook-1. Part II. Oyster Mushrooms, Chapter 9, Post-harvest Management, 187-191.
- Selim S M, Zayed M S & Atta H M (2012). Evaluation of phytotoxicity of compost during composting process. *Natural Sciences*, 10: 69-77.
- Semple K T, Reid B J & Fermor T R (2001). Impact of composting strategies of the treatment of soils contaminated with organic pollutants: A review. *Environmental Pollution*, 112: 269-283.
- Sendi H, Mohamed M T M, Anwar M P & Saud H M (2013). Spent mushroom waste as a media replacement for peat moss in Kai-Lan (*Brassica oleracea* var. Alboglabra) Production. The Scientific World Journal, 8, Article ID 258562 .
- Senyah J K (1988). Mushrooms from waste materials. In: Robinson R K ed. *Developments in Food Microbiology*, 4, Elsevier, 1-22, Barking, UK.
- Silva S O, Costa S M G & Clemente E (2002). Chemical composition of *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quél., substrates and residue after cultivation. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 45(4): 531- 535.
- Singh A D, Abdullah N & Vikineswary S (2003). Optimization of extraction of bulk enzymes from spent mushroom compost. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 78(7): 743-752.
- Singh A D, Vikineswary S, Abdullah N, Annuar M S M & Ramachandran K B (2010). Decolourisation of chemically different dyes by enzymes from spent compost of *Pleurotus sajor-caju* and their kinetics. *African Journal Biotechnology*, 9(1): 41-54.
- Singh A D, Vikineswary S, Abdullah N & Sekaran M (2011). Enzymes from spent mushroom substrate of *Pleurotus sajor-caju* for the decolourisation and detoxification of textile dyes. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 27(3): 535-545.
- Smith J F & Wood D A (1990). *Cultivation of edible fungi on plant residues*. Advances in Biological Treatments of Lignocellulosic Materials, Elsevier Applied Science, 297-310, Rotterdam, The Netherlands.
- Söchtig H & Grabbe K (1995). The production and utilization of organic-mineral fertilizer from spent mushroom compost. *Science and Cultivation of Edible Fungi*, 2: 907-915.

- Stewart D P C (1995). The effect of spent mushroom compost on soil conditions and plant growth. Doctor of Philosophy Thesis, Lincoln University.
- Stewart D P C, Cameron K C, Cornforth I S & Main B E (2000). Release of sulphate sulphur, potassium, calcium and magnesium from spent mushroom compost under field conditions. *Biology and Fertility of Soils*, 31(2): 128-133.
- Suess A & Curtis J (2006). Report: value-added strategies for spent mushroom substrate in BC. In: Proceeding of Second International Spent Mushroom Substrate Symposium, Concordville, PA.
- Szmids R A K & Chong C (1995). Uniformity of spent mushroom substrate (SMS) and factors in applying recommendations for use. *Compost Science and Utilization*, 3(1): 64-71.
- Şanlı S K (2014). Farklı tarımsal artıkların *Pleurotus eryngii* mantar üretiminde kullanım olanakları. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, 79, Samsun.
- Tabatabai M A & Bremner J M (1969). Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. *Soil Biology and Biochemistry*, 4: 301-307.
- Tabatabai M A & Bremner J M (1970). Arylsulphatase activity of soils. *Soil Science Society of America Proceedings*, 34: 225-229.
- Tam N F Y & Tiquia S M (1994). Assessing toxicity of spent sawdust pig-litter using seed germination technique. *Resources, Conservation and Recycling*, 11: 261-274.
- Tam N V & Wang C H (2015). Use of spent mushroom substrate and manure compost for honeydew melon seedlings. *Journal of Plant Growth Regulation*, 34: 41-424.
- Tiquia S M, Tam N F Y & Hodgkiss I J (1996). Effects of composting on phytotoxicity of spent pig-manure sawdust litter. *Environmental Pollution*, 93: 249-56.
- Topcuoğlu B, Arı N & Önal M K (2004). Korkuteli Yöresinde mantar kompostu atığının bazı kimyasal özellikleri ve bitki besin içerikleri. Türkiye 3. Gübre Kongresi, 11-13 Ekim, Kongre Bildiri Kitabı, 787-791, Tokat.
- TÜİK (2015). Türkiye İstatistik Kurumu. www.tuik.gov.tr (Erişim tarihi: 10.10.2016)
- Tüzel Y, Boztok K & Eltez RZ (1992). Atık kompostun kullanım alanları. Türkiye 4. Yemeklik Mantar Kongresi (2-4 Kasım, 1992), Cilt II, s. 1-10, Yalova.
- Uzun A (2004). Use of spent mushroom compost in sustainable fruit production orchard management in sustainable fruit production. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, Special Ed., 12: 157-165.
- Uzun A & Balkaya A (1996). Atık mantar kompostu ve değişik fide kaplarının karpuz fide yetiştiriciliğinde kullanılması. GAP I. Sebze Tarımı Sempozyumu, 30-36, Şanlıurfa.
- Ünal M (2015). The utilization of spent mushroom compost applied at different rates in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) seedling production. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 27(9): 692-697.

- Williams B C, McMullan J T & McCahey S (2001). An initial assessment of spent mushroom compost as a potential energy feedstock. *Bioresource Technology*, 79: 227-230.
- Wood D A (1984). Microbial processes in mushroom cultivation; a large scale solid substrate fermentation. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 34(4): 232-240.
- Wuest P J & Fahy H K (1991). Spent mushroom compost. Traits and uses. *Mushroom News*, 39(12): 9-15.
- Young J R, Holcomb E J & Heuser C W (2002). Greenhouse growth of marigolds in three leached sources of spent mushroom compost over a 3-year period. *HortTechnology*, 12(4): 701-705.
- Zhang R H, Duan Z Q & Li Z G (2012). Use of spent mushroom substrate as growing media for tomato and cucumber seedlings. *Pedosphere*, 22: 333-342.
- Zhu H, Sheng K, Yan E, Qiao J & Lv F (2012). Extraction, purification and antibacterial activities of a polysaccharide from spent mushroom substrate. *International Journal of Biological Macromolecules*, 50(3): 840-843.
- Zucconi F, Pera A, Forte M & Bertoldi M (1981). Evaluating toxicity of immature compost. *BioCycle*, 22 (4): 54-57.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Savaş ÇATAL
Doğum Yeri : Mersin
Doğum Tarihi : 01.09.1989
Yabancı Dili : İngilizce
E-Posta : catalsavas@gmail.com

Eğitim Durumu

Lise : Mut Lisesi (2007), Mersin.
Lisans : Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri (2014) Samsun.
Yüksek Lisans : Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı (09.2014-).