



## Atık Mantar Kompostu/Substratının Kullanım Alanları - 1: Özellikleri ve Önemi

Aysun PEKŞEN<sup>1</sup>, Mustafa YAMAÇ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Samsun

<sup>2</sup>Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Eskişehir

**Öz:** Mantar yetiştiriciliğinde üretim sonrasında ortaya çıkan materyale atık veya kullanılmış mantar kompostu/substratı (AMS) adı verilmektedir. Her geçen yıl artan mantar üretimi, hasattan sonra atık haline gelen kompost miktarında da artışa sebep olmaktadır. Yıllık açığa çıkan AMS miktarının Türkiye'de 170-250 bin ton iken, dünyada yaklaşık olarak 50 milyon ton olduğu hesaplanmaktadır. Açığa çıkan AMS organik madde kaynağı, fide üretimi ve topraksız kültürde yetiştirme ortamı, farklı mantar türlerinin üretiminde kompost, mantar yetiştiriciliğinde örtü toprağı, hayvan yemi, vermikompost üretimi, biyoremediasyon, bitki hastalıkları için biyokontrol ajanı, enzim ve biyogaz üretimi gibi birçok alanda kullanılabilmesine rağmen yeterince değerlendirildiğini söylemek mümkün değildir. AMS içeriğinde kompost materyal atıklarının dışında yetiştirilen türe bağlı olarak örtü toprağı atıkları, mikroorganizmalar, mantar misel ve primordiyumu ile hücre dışına salınmış olan sindirim enzimleri bulunmaktadır. AMS'nin içeriği; üretilen mantar türü, kompost yapımında kullanılan materyal, kompostlama işlemi, taze veya olgunlaşmış olup olmaması ve örtü toprağı kullanılıp kullanılmamasına bağlı olarak değişebilmektedir. AMS'nin kullanım ve ekonomiye geri dönüşüm alternatiflerini irdeleyen bu yazı dizisinin ilkinde öncelikle AMS'nin önemi ile fiziksel ve kimyasal özellikleri konularına yer verilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Atık mantar kompostu/substratı, Kompost bileşimi, Atık mantar kompostunun değerlendirilmesi

## Using Areas of Spent Mushroom Compost/Substrate - 1: Properties and Importance

**Abstract:** The remaining material from mushroom harvesting is named as waste or spent mushroom compost/substrate (SMS). Increasing mushroom production year by year causes an increase in the amount of waste compost after mushroom harvesting. It is estimated that the amount of remaining SMS after mushroom production is about 50 million tons in the world, while it is about 170-250 thousand tons in Turkey. Although remaining SMS can be used in a lot of areas such as organic matter source, growth media in seedling growth and soilless culture, compost in the cultivation of different mushroom species, casing material in mushroom cultivation, animal feed, vermikompost production, bioremediation agent, biocontrol agent against plant diseases, material for enzyme and biogas production, it is not possible to say that they are adequately assessed. In the content of the SMS, casing material wastes, microorganisms, mushroom mycelium and primordia, digestion enzymes secreted from the cells are existed other than compost wastes depending on cultivated mushroom species. Content of SMS may be varies depending on produced mushroom species, materials used in compost preparation, composting process, being of fresh or mature, using of casing material or not. In this first article of the series that discussed using and economic recovery alternatives of SMS, importance and physical and chemical properties of SMS are presented.

**Key words:** Spent mushroom compost/substrate, Compost composition, Evaluation of spent mushroom substrate



## Giriş

Mantar yetiştiriciliğinde üretim sonrası açığa çıkan kompostta “atık mantar kompostu” veya “kullanılmış mantar kompostu” adı verilmektedir. Son yıllarda mantar üretiminden sonra açığa çıkan bu materyal için, abiyotik bileşenlerin yanında fungal ve bakteriyel biyomas ve ekstraselüler enzimler gibi biyotik bileşenleri de içermesi nedeniyle “atık mantar substratı” (AMS) teriminin kullanılması önerilmiştir (Phan ve Sabaratnam, 2012).

Besin ve tıbbi önemleri nedeniyle on kadar mantar türünün yaygın biçimde üretildiği bilinmektedir (Chakravarty, 2011). Bunlar arasında en yaygın üretilen türler *Agaricus bisporus*, farklı *Pleurotus* türleri, *Lentinula edodes*, *Ganoderma lucidum* ve *Hericium* türleridir. Hangi mantar türü olursa olsun üretilen her bir kg mantar için 5 kg AMS açığa çıktığı bildirilmektedir (Semple ve ark., 2001; Williams ve ark., 2001; Lau ve ark., 2003). FAO 2013 yılı verilerine göre tüm dünyada ve Türkiye'deki mantar üretimi sırası ile 9.926.966 ton ve 34.494 tondur (FAO, 2015). Bu miktarlarda mantar üretimi sonucunda dünyada 50 milyon ton/yıl ve Türkiye'de ise 172.470 ton/yıl AMS açığa çıktığı söylenebilir. Eren ve Pekşen (2014)'in bildirdiğine göre Türkiye'de 2012 yılındaki kültür mantarı üretimi 49.000 ton olup, hasat sonrası işletmelerde atık hale gelen kompost miktarı 245.000 ton kadardır. Dünyada en fazla kültür mantarı üretimi yapılan cinsler % 30 ile *Agaricus*, % 27 ile *Pleurotus* ve % 17 ile *Lentinula* cinsidir (Royse, 2014). Mantar cinslerinin üretim miktarlarına göre açığa çıkan AMS miktarında en büyük payın *Agaricus* (14.890.449 ton/yıl) ve *Pleurotus* (13.401.404 ton/yıl) cinslerine ait olduğu görülmektedir. Türkiye'de de toplam üretilen kültür mantarı miktarındaki en büyük pay % 80 ile *Agaricus* cinsine ait olup, bunu % 10 ile *Pleurotus* cinsi takip etmektedir (Pekşen, 2014). Bu değerler dikkate alındığında Türkiye'de açığa çıkan AMS miktarı tahmini olarak sırasıyla 196.000 ton/yıl ve 24.500 ton/yıl civarındadır.

Her geçen yıl dünyada ve Türkiye'de kültür mantarı üretiminde meydana gelen artış, hasattan sonra atık haline gelen kompost

miktarında da artışa sebep olmaktadır. Büyük miktarlarda açığa çıkan AMS yakılarak, çöpe atılarak ya da tarımsal alanlarda toprağa karıştırılarak işletmelerden uzaklaştırılmaktadır. Bu uygulamalar işletmeler için ekonomik olmamakta veya önemli bir çevre kirliliği sorunu yaratmaktadır. Oysa AMS birçok farklı alanda kullanılarak ekonomiye kazandırılabilir bir materyaldir.

Açığa çıkan AMS'nin mantar türlerine göre değişimle birlikte; organik madde kaynağı, fide üretimi ve topraksız kültürde yetiştirme ortamı, farklı mantar türlerinin üretiminde kompost, mantar yetiştiriciliğinde örtü toprağı, hayvan yemi, vermikompost üretim materyali, biyoremediasyon ajanı, bitki hastalıkları için biyokontrol ajanı, enzim ve biyogaz üretim materyali olmak üzere birçok kullanım alanı bulunmaktadır (Şekil 1).

AMS'nin farklı kullanım alanlarındaki yüksek potansiyeli, bu derlemenin yazarlarını bir yazı dizisi ile AMS'nin alternatif kullanım alanları ve ekonomiye geri dönüşümünü irdelemek konusunda motive etmiştir. Bahsedilen yazı dizisinin ilki olarak bu derlemede AMS'nin önemi ile fiziksel ve kimyasal özellikleri konusu üzerine yoğunlaşmıştır.

## Atık Mantar Substratının Özellikleri

AMS bileşiminde bulunan başlıca materyaller, mantar türüne göre yetiştirme ortamında (kompostta) kullanılan materyallere bağlı olarak değişebilmektedir. *Agaricus bisporus* türünde kompost yapımında genellikle buğday samanı/sapı, çeltik samanı/sapı, mısır koçanı, at gübresi, tavuk gübresi, melas, kepek, pamuk tohumu küspesi gibi materyaller kullanılmaktadır. *Pleurotus* ve *Hericium* türleri ile *Lentinula edodes* ve *Ganoderma lucidum* gibi türlerin yetiştirme ortamında farklı ağaç türlerinin talaşı, buğday veya çeltik samanı/sapı, çay atıkları, fındık zurufu atıkları, kepek, pamuk tohumu küspesi gibi ülkelere hatta bölgelere göre değişebilen materyal tek veya karışımlar halinde kullanılmakta ve üretim sonrası bu materyalleri içeren AMS açığa çıkmaktadır.



Şekil 1. Farklı mantar türlerinin üretiminden açığa çıkan AMS'nin farklı kullanım alanları

Bunlara ek olarak AMS'de azot, fosfor ve potasyum gibi besin elementlerini ihtiva eden gübreler, alçı ve mermer tozu bulunabilmektedir. Ayrıca AMS'de bu kompost materyal atıklarının dışında mikrobiyal konsorsiyum, üretilen mantarın miselleri, ekstraselüler enzimler ve mantar türüne bağlı olarak örtü toprağı atıkları da bulunmaktadır. Bu verilerden anlaşılacağı üzere AMS'nin içeriğı; mantar türüne, kompost yapımında kullanılan materyal/ler ve bunların oranına, kompostlama işlemine, taze veya yanmış (bekletilmiş) olup olmamasına ve örtü toprağı kullanılıp kullanılmamasına bağlı olarak değişebilmektedir.

Dünyada en fazla üretilen yemeklik mantar türü *A. bisporus* olup, en fazla açığa çıkan AMS de *Agaricus* türlerine aittir. Bu nedenle de AMS içeriğine yönelik yapılan çalışmaların ağırlıklı olarak *Agaricus* türleri üzerine yoğunlaştığı görülmektedir. Son yıllarda *Agaricus* türleri dışında ticari üretimi yapılan diğer mantar türlerinin AMS içeriğini belirlemeye yönelik çalışmaların sınırlı sayıda da olsa

yapıldığı görülmektedir. Açığa çıkan AMS miktarları doğrultusunda *Pleurotus* türlerinin ve diğer mantar türlerinin atık substratlarının içeriğini belirlemeye yönelik çalışmaların yapılması da büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle AMS üzerine yapılan çalışmalar *Agaricus* atık substratı ve *Pleurotus* ve diğer mantar türlerinin atık substratları olmak üzere iki başlık altında sunulmuştur.

#### **Agaricus atık substratı**

AMS, üniform ve kolay parçalanabilir materyallerin karışımından oluşan organik bir materyaldir. Yapılan çalışmalar AMS'nin hafif alkali (pH 6.6-8.1 arasında değişmekte), organik madde, makro ve mikro elementler bakımından oldukça zengin bir materyal olduğunu göstermektedir. Kompost yapımında kullanılan materyallere bağlı olarak AMS'nin içeriğı de değişebilmektedir. Farklı araştırmacılar tarafından tespit edilen *Agaricus* atık substratına ait bazı kimyasal özellikler Çizelge 1'de toplu olarak sunulmuştur.



Taze ve açıkta doğal koşullar altında bekletilmiş AMS'nin kimyasal ve fiziksel özellikleri birbirinden farklıdır. Elde edilebilir su miktarı taze atık mantar kompostunda düşük olmasına rağmen (% 12.60), yanmış kompostta yeterli düzeydedir (% 22.60) (Lohr ve ark., 1984). Yanmış AMS'nin hacim ağırlığı (0.48 g/cm<sup>3</sup>),

bekleme sürecinde gerçekleşen mineralizasyona ve birim hacimdeki tanecik çapının küçülmesine bağlı olarak taze atık mantar kompostuna (0.22 g/cm<sup>3</sup>) göre daha yüksektir (Çiçek ve ark., 2012). AMS'nin organik toprak ve torfa göre kolay alınabilir su miktarı düşüktür (Çizelge 2).

Çizelge 1. *Agaricus* atık substratının bazı kimyasal özellikleri

Özellikler*	Wuest ve Fahy, 1991	Levanon ve Danai, 1995	Maher ve ark.,2000	Demirtaş ve ark.,2000	Jordan ve ark., 2008	Anon., 2010	Anon., 2013a	Anon., 2013b	Holozlu, 2013
Kuru madde(%)	43.00		24.1-35.1	61.00-63.00	31.20			31.50	31.30
Organik madde(%)		57.50	58.50-69.60	39.50-42.00	64.50	63.70	25.53		60.27
pH	7.28	8.10	5.90-7.40	7.20-7.50	6.80		6.62	6.60	6.99
EC (mS/cm)		3.12	0.58-0.90	10.10-10.70	10.00				7.04
P (%)	0.36	0.80	1.03-1.53	0.50-0.57	1.80		0.67	1.25	1.23
K (%)	2.35	2.50	1.70-3.20	0.90-1.00	2.00		1.24	2.50	2.05
C (%)				24.40-36.50		32.20	14.12		34.96
N (%)	1.93		2.31-2.82	1.80-2.20	2.10	2.00	1.12	2.25	2.33
C/N oranı		15.80		13.30-16.40	18.00	16.30	12.79		15.44
Ca (%)	4.93	9.70	4.20-9.90	3.60-5.40	2.80	5.38	2.29	7.25	3.97
Mg (%)	0.71		0.52-0.87	0.70-1.00	1.80	0.83	0.35	0.67	0.68
Na (%)	0.72	0.70	0.17-0.32		0.17	0.28	0.12	0.27	0.32
Cu (mg/kg)	46.26		36.00-65.00		54.00	166.00		46.00	140.90
Zn (mg/kg)	103.88		220-390	98-121	143.00	206.00		273.00	210.00
Mn (mg/kg)	332.92		320-460	198-400	164.00	489.00	200.00	376.00	346.30
Fe (mg/kg)	4400.00		1300-3200	6257-8550	4.70	4254.00	1900.00	2153.00	4871.00
Pb (mg/kg)	14.89				10.40				
Cd (mg/kg)	0.43				6.20				
Cr (mg/kg)	8.53				0.21				
Ni (mg/kg)	11.93				5.80				

\*Karşılaştırılabilir olması için değerler aynı birimlere dönüştürülerek sunulmuştur.

Örtü toprağı olarak torf kullanılmasına bağlı olarak, örtü topraksız *Agaricus* atık substratının organik madde içeriğı ve N miktarı örtü topraklı

*Agaricus* atık substratının içeriğine göre daha yüksek, buna karşılık mineral madde içeriğı daha düşüktür (Lemaire, 1981)(Çizelge 3).

Çizelge 2. *Agaricus* atık substratının bazı fiziksel özellikleri

Fiziksel özellikler*	Baran ve ark., 1995	Birben, 1998		Çiçek ve ark., 2012		
	AMS	Torf	AMS	Organik toprak	Taze AMS	Yanmış AMS
Hacim ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> )	0.15	0.24	0.30	0.12	0.22	0.48
Hacimsel su, (%)						
pF 0	67.68	76.41	71.97	88.59	92.26	84.35
pF 1	55.42	66.33	55.15	70.40	68.45	71.02
pF 1.7	30.16	28.80	29.42	37.73	44.49	49.95
pF 2	25.87	25.79	26.93	32.31	38.81	33.22
HK (H10 (cm)) (%)	12.16	10.08	16.82	18.19	27.62	13.33
KAS (%)	25.26	37.53	25.73	32.66	23.96	21.07
STK (%)	4.29	3.01	2.49	5.42	5.68	6.73

\*HK: Havalanma kapasitesi, KAS: Kolay alınabilir su, STK: Su tamponlama kapasitesi

Çizelge 3. Örtü topraklı ve örtü topraksız atık mantar substratının içeriği (Lemaire, 1981)

Özellikler*	Örtü topraklı AMS	Örtü topraksız AMS
Organik madde (%)**	22.00-34.00	47.00-58.00
Mineral madde (%)**	78.00-66.00	53.00-42.00
pH	-	5.80-6.20
N (%)**	0.70-1.30	1.80-2.20
P (%)**	0.10- 0.35	0.25-0.50
K (%)**	0.50-0.90	1.30-1.80
Ca (%)**	13.00-18.50	5.60-8.60
Mg (%)**	0.10-0.20	0.30-0.40
Na (%)**	0.05-0.11	0.12-0.20
Cu (mg/kg)	4.00-12.00	10.00-25.00
Fe (mg/kg)	1000.00-2000.00	2500.00-4000.00
Mn (mg/kg)	70.00-170.00	200.00-300.00
Zn (mg/kg)	50.00-150.00	50.00-200.00
Mo (mg/kg)	0.45-0.90	1.00-1.50
B (mg/kg)	5.50-11.00	11.00-18.00
Ni (mg/kg)	2.00-4.50	6.00-7.50
Pb (mg/kg)	1.00-2.00	2.50-4.00
Cd (mg/kg)	0.05-0.15	0.12-0.25
Cr (mg/kg)	2.50-6.50	6.00-12.00

\*Karşılaştırılabilir olması için değerler aynı birimlere dönüştürülerek sunulmuştur, \*\*: Kuru maddede

Demirtaş ve ark. (2005) tarafından yapılan çalışmada AMS'nin tuzluluk değerinin (EC) (10.73 mS/cm) bitki yetiştiriciliğinde sorun yaratacak düzeyde olduğu bildirilmiştir. AMS'de bulunan örtü toprağının, tuz içeriğinin daha fazla olması ve hastalık kaynağı olabilme olasılığı nedeniyle uzaklaştırılması veya buhar pastörizasyonu uygulamasından sonra kullanımı tavsiye edilmektedir (Tüzel ve ark., 1992). Ancak bu uygulama pratik ve ekonomik olmaması nedeni ile kullanılmamaktadır.

### ***Pleurotus* ve diğer mantar türlerinin atık substratları**

Dünyada üretim miktarı bakımından ikinci sırada yer olan türler, *Pleurotus* türleridir. Bu nedenle atık mantar substratı olarak *Pleurotus* türlerinin üretiminden açığa çıkan AMS miktarı ve bunların değerlendirilmesi de büyük önem taşımaktadır. Dünyada ve Türkiye'de mantar sektöründeki en önemli değişimlerden bir tanesi de farklı mantar türlerinin ticari kültürünün giderek yaygınlaşmasıdır. Bu mantar türlerinin



yetiştiriciliğinin artması açığa çıkan AMS miktarının da artması anlamına gelmektedir. Ancak bu mantar türlerinin AMS'leri konusunda çok sınırlı çalışma bulunmaktadır. Farklı atık materyallerden hazırlanan kompostların *Pleurotus* ve diğer mantar türleri yetiştiriciliğinden sonra açığa çıkan atık substratlarının ham protein, hemiselüloz, selüloz ve lignin değerleri

ile bazı kimyasal özelliklerini belirlemeye yönelik yapılan çalışma sonuçları Çizelge 4 ve 5'de özetlenmiştir. Bu çalışma sonuçları incelendiğinde AMS'lerin içeriklerinin mantar türüne ve kompost yapımında kullanılan materyallere göre değiştiği görülmektedir (Çizelge 4 ve 5).

Çizelge 4. *Pleurotus* ve diğer mantar türleri atık substratlarının ham protein, hemiselüloz, selüloz ve lignin içerikleri

Özellikler (%)	Bae ve ark., 2006			Kwak ve ark., 2008	Kurt, 2008		Koutrotsios ve ark., 2014
	<i>Pleurotus osteratus</i>	<i>Pleurotus eryngii</i>	<i>Flammulina velutipes</i>	<i>Pleurotus eryngii</i>	<i>Pleurotus osteratus</i>	<i>Pleurotus sajor-caju</i>	<i>Pleurotus osteratus</i>
Ham protein	11.1	7.2	7.8	5.9			0.3-17.1
Hemiselüloz	10.8	17.8	15.0	17.0	1.88-9.19	4.33-12.99	1.1-22.1
Selüloz	41.8	40.4	39.8	40.5	18.68-48.23	19.97-41.54	3.9-48.7
Lignin	24.6	20.0	23.1	18.7	5.62-24.69	5.50-22.50	6.1-39.8

#### Atık Mantar Substratının Kullanımını Kısıtlayan Faktörler ve Çözüm Arayışları

AMS'nin düşük maliyetli olması, büyük miktarlarda bulunabilmesi ve organik madde bakımından zengin olması tarımsal üretimde kullanımını cazip hale getirmektedir. AMS'nin toprağa ilave edilmesi toprak pH'sının bir miktar yükselmesi, katyon değişim kapasitesinin artması, agregasyonun artması gibi birçok olumlu etkiye sahiptir. Ancak AMS içeriğinin stabil olmaması, düşük su tutma kapasitesi, yüksek amonyak içeriği ve çözülebilir tuz seviyesinin yüksek oluşu bitkisel üretimde kullanımını kısıtlayabilecek en önemli faktörlerdir (Lohr ve ark., 1984; Lemaire ve ark., 1985; Anonymous, 2004; Wever ve ark., 2005). AMS toprağa karıştırıldığında bakterilerin proteinleri amonyağa dönüştürmeleri nedeniyle başlangıçta yüksek bir amonyak oluşumu görülebilmektedir. Bu da bitkiler için toksik olabilmektedir. Taze AMS'de yetiştirilen fidelerde amonyum toksisitesi ve gelişme bozukluklarına rastlanmıştır (Lohr ve ark., 1984). AMS'nin yüksek NH<sub>4</sub>-N içeriği nedeniyle kullanılmadan önce bekletilmesinin uygun olacağı ifade edilmiştir (Birben, 1998).

AMS'nin en önemli dezavantajı ise EC

değerinin yüksek olmasıdır. Yüksek tuz içeriği AMS'nin bitki gelişim ortamı olarak kullanılmasını sınırlandırmaktadır (Lohr ve ark., 1984; Chong ve Rinker, 1994; Ciavatta ve ark., 1993; Szmidi ve Conway, 1995; Guo ve ark., 2001; Guo ve Chorover, 2006). AMS'nin değerlendirilmeden önce EC değerinin istenilen seviyelere düşürülmesi zorunludur. Bu nedenle birçok araştırmacı tarafından içerdiği yüksek tuzlardan ötürü tarlada yığın yapıлып iki yıl parçalanmaya bırakılması (Dura ve ark., 2000; Guo ve ark., 2001; Polat ve ark., 2004; Polat ve ark., 2009), belli bir yıkama işleminden geçirilmesi (Lohr ve ark., 1984; Söchtig ve Grabbe, 1995; Szmidi ve Conway, 1995; Dura ve ark., 2000; Holozlu, 2013) veya toprak, torf gibi ilaveler yapılarak hazırlanan uygun karışımların bitki yetiştiriciliğinde kullanılması (Birben, 1998; Çaycı ve ark., 1998; Kütük, 2000) tavsiye edilmektedir. Aydın (2009) tarafından yapılan çalışmada doğal (taze) AMS'nin yıkanması ve bekletilmesi sonucunda bazı kimyasal özelliklerinde meydana gelen değişimler karşılaştırılmıştır (Çizelge 6). Doğal AMS'de yüksek miktarda olan EC değerlerinin bekletme ve yıkama ile düştüğü buna paralel olarak K ve Na değerlerinin de azaldığı tespit edilmiştir.

Çizelge 5. *Pleurotus* ve diğer mantar türlerine ait atık substratların bazı kimyasal özellikleri

Özellikler*	Chiu ve ark., 1998	Kurt, 2008		Ibiene ve ark., 2015	Silva ve ark., 2002	Pekşen ve ark., 2011	Dadaylı, 2014	Şanlı, 2014	Koutrotsios ve ark., 2014	Atila, 2015
	<i>Pleurotus osteratus</i>	<i>Pleurotus osteratus</i>	<i>Pleurotus sajor-caju</i>	<i>Pleurotus osteratus</i>	<i>Pleurotus pulmonarius</i>	<i>Ganoderma lucidum</i>	<i>Pleurotus eryngii</i>	<i>Pleurotus eryngii</i>	<i>Pleurotus osteratus</i>	<i>Hericium erinaceus</i>
Kül (%)	72.92	6.92-32.67	6.69-31.80		7.90-9.55		9.45-16.75	16.91-37.33	1.7-28.0	5.36-13.71
pH				6.64-7.34			5.49-8.76	5.77-7.39		4.16-6.26
EC (mS/cm)				195.00-210.80						
C (%)	23.60	33.66-46.54	34.09-46.64	8.5-14.74		44.25-47.46	47.34-52.56	31.34-41.55		43.15-47.32
N (%)	5.99	0.49-1.95	0.49-1.74	0.0014-0.003		0.38-1.14	0.06-0.47	0.34-0.57	0.00-2.70	0.39-1.07
C/N oranı		22.28-97.32	25.88-92.99			39.25-122.83	229.9-868.2	69.55-95.12		40.47-120.18
P (%)		0.04-0.77	0.21-0.64	0.0006-0.0014		0.05-0.31		0.009-0.014	39.5-288.8	0.11-0.44
K (%)	0.0004	0.05-0.94	0.11-0.81		0.43-1.82	0.0003-0.0006	0.22-1.42	0.23-0.60	72.0-1328.0	0.11-0.53
Ca (%)	0.003	0.20-4.17	0.22-3.13		0.74-2.74	0.30-1.01	0.07-1.01	0.49-1.42		2.08-4.63
Mg (%)	0.0008	0.10-0.72	0.18-0.90		0.09-0.25	0.15-0.75	0.05-0.17	0.18-0.30		0.05-0.215
Na (%)	0.0001								0.00-52.6	0.017-0.061
Cu (mg/kg)							3.88-9.61	6.20-16.55		4.32-5.10
Zn (mg/kg)	2.40	5.85-84.89	5.42-64.52			9.6-41.6	6.60-17.08	8.45-18.15		30.03-45.77
Mn (mg/kg)	2.20	24.10-244.54	15.82-413.89			186.6-799.8	13.73-182.78	82.50-125.55		56.19-111.61
Fe (mg/kg)				0.33-0.83		434.2-1844.0	63.20-258.35	69.55-92.90		152.46-485.70
Pb (mg/kg)				2.01-8.93						
Cr (mg/kg)				0.02-0.08						
Ni (mg/kg)				0.18-0.73						

\*Karşılaştırılabilir olması için değerler aynı birimlere dönüştürülerek sunulmuştur.



Çizelge 6. Doğal, yıkanmış ve bekletilmiş atık mantar kompostunun bazı kimyasal özellikleri (Aydın, 2009)

Özellikler*	Doğal AMS	Yıkanmış AMS	Bekletilmiş AMS
pH	7.48	7.79	7.93
EC (mS/cm)	1.88	0.25	0.52
Organik madde (%)	31.07	31.42	31.77
Kireç (%)	27.80	21.30	23.10
Toplam P (%)	0.03	0.04	0.04
Toplam K (%)	3.85	2.06	2.15
Ca (%)	1.60	1.58	1.84
Mg (%)	0.31	0.25	0.24
Na (%)	0.23	0.13	0.14
Fe (mg/kg)	14.51	16.59	99.10
Zn (mg/kg)	51.12	53.65	34.34
Mn (mg/kg)	151.20	135.10	115.90

\*Karşılaştırılabilir olması için değerler aynı birimlere dönüştürülerek sunulmuştur.

Doğal (DAMK): işletmenin yetiştirme dönemi sonunda çıkardığı atıkların olduğu gibi kullanımı, YAMK: atık mantar kompostunun açık alanda yığın yapılması ve EC değeri 4 mmhos/cm altına düşünce değin su ile yıkanması ile elde edilen AMS, BAMK: doğal yağış altında bekletilen AMS

Taze AMS'deki EC değerinin (22.10 mS/cm) yanmış AMS'de (27.40 mS/cm) artması muhtemelen organik gübre içeriğindeki tuzların açığa çıkmasından kaynaklanabilmektedir (Çizelge 7) (Lohr ve ark., 1984). Lemaire ve ark. (1985) taze AMS'nin tuzluluk miktarının (21.30 g/l) 6. ayda azaldığını (4.05 g/l kompost), ancak 9. ayda arttığını (9.90 g/l kompost) saptamışlardır. Araştırmacılar bu durumun nitrik asit ve potasyumdan kaynaklandığını bildirmişlerdir. Farklı yaşlara göre AMS'nin fiziko-kimyasal özelliklerinin değişimini inceleyen Ahlawat ve Sagar (2007), 6. ayda 6.22 mS/cm olan EC değerinin 9. ayda 0.95 mS/cm, 12. ayda 2.73 mS/cm, 24. ayda 2.94 mS/cm ve 48. ayda 0.24 mS/cm olarak değiştiğini bildirmişlerdir. Potasyum içeriğini ise 6. ayda 31.40 mg/kg, 9. ayda 0.00 mg/kg, 12 ayda 11.70 mg/kg, 24. ve

48. ayda 0.00 mg/kg olarak saptamışlardır. Bekletilme sırasında N ve P çok az düzeyde kayba uğrarken, K önemli düzeyde azalmaktadır (Anonymous, 2004; Gupta ve ark., 2004).

Yıkama kısa sürede AMS'in tuzluluğunu gidermede en olumlu seçeneklerden biridir. Lohr ve ark. (1984) tarafından yapılan çalışmada, AMS'nin bitkiler için zararlı düzeyde olan tuzluluk sorununun giderilmesi için yıkama yöntemi kullanılması sırasında ancak 3. yıkamadan sonra taze ve yanmış AMS'deki EC değeri 4 mS/cm'in altına düşürülebilmiştir (Çizelge 7). AMS'nin tuz içeriğini düşürmek için yapılacak yıkama önemli miktarda çözünebilir mineral maddeler ve bazı çözünebilir organik asitlerin de yıkanmasına neden olmaktadır. Bu durum faydalı maddelerin komposttan uzaklaşmasına ve çevre kirliliği sorununa yol açmaktadır.

Çizelge 7. Taze ve yanmış atık mantar kompostunun yıkanmasıyla EC, pH ve katyon konsantrasyonları (Lohr ve ark., 1984)

Yıkama sayısı	Taze AMS					Yanmış AMS				
	EC <sup>1</sup>	pH	K <sup>2</sup>	Ca <sup>2</sup>	Mg <sup>2</sup>	EC <sup>1</sup>	pH	K <sup>2</sup>	Ca <sup>2</sup>	Mg <sup>2</sup>
0	22.10	7.30	168.00	43.00	3.20	27.40	6.70	188.00	34.00	2.60
1	14.50	8.60	81.00	7.90	7.30	22.80	6.60	139.00	16.30	12.00
2	6.50	8.50	30.00	8.70	4.20	8.90	6.50	39.00	8.20	5.30
3	4.00	7.90	11.00	9.50	3.90	4.20	6.50	15.00	8.80	4.50

<sup>1</sup>mS/cm, <sup>2</sup>milimol/litre





Stewart ve ark. (2000), AMS'nin bitkilere S, K, Ca ve Mg açısından önemli bir kaynak olduğu, fakat kükürdün sülfat ( $SO_4$ ) formunda olması nedeniyle yıkanma ile önemli oranda ortamdaki uzaklaştığını bildirmişlerdir. Guo ve ark. (2001) 10 gün ara ile 60 gün boyunca yıkanan AMS'de toplam potasyumun yaklaşık % 94'ünün, fosforun % 33'ünün ve azotun % 15'inin yıkandığını tespit etmişlerdir. AMS'nin toprağa yüksek oranlarda uygulanması durumunda sızma sonucu toprağın alt katmanlarına ve yeraltı sularına önemli miktarlarda kirletici unsur olarak besin maddesi katkısına yol açtığı, oysa düşük miktarlarda atık mantar kompostu uygulandığında bu tür etkilere rastlanmadığı gibi toprak verimliliğinin arttığı belirlenmiştir.

AMS yıkama suyunda  $NH_4$ ,  $NO_3$ , Ca, Mg, Na ve K önemli miktarda, buna karşılık P, Fe, Cu, Mn ve Zn daha az miktarda bulunabilmektedir (Aydın, 2009). Bitki besin elementi kaynağı olan  $NH_4$  ve  $NO_3$  aynı zamanda çevreyi kirletici özelliğe sahiptir ve AMS'nin tuzluluğunu giderirken çevreye zarar verebilecek bileşiklerin azaltılması önemli bir husustur. Holozlu (2013) tarafından AMS'nin tuzluluğunun giderilmesi amacıyla yıkanması sırasında besin maddelerinin kaybını azaltmak ve çevreye zararlı bileşiklerin azaltılması için yapılan çalışmada zeolit'in iyon tutucu özelliği nedeniyle besin elementi kayıplarının normal yıkamaya göre daha az olduğu saptanmış, bu nedenle zeolitli kolon yıkamasının, normal yıkamaya göre çok tercih edilebileceği belirtilmiştir.

### Sonuç ve Değerlendirme

Dünya'da ve Türkiye'de farklı mantar türlerinin üretimleri ve dolayısıyla bu mantar türlerinin üretimlerine bağlı olarak ortaya çıkan atık kompost/substrat miktarı artmaktadır. AMS'nin bileşiminin, mantar türleri ve kompost

bileşimine göre değişiklik gösterdiği düşünüldüğünde bu konuda daha detaylı çalışmalara ihtiyaç bulunduğu açıkça görülmektedir.

AMS, birçok sektöre fayda sağlama potansiyeline sahiptir. Mantar endüstrisinin değerli bir yan ürünü olan AMS'den etkin olarak yararlanmak amacıyla eğitim ve farkındalık oluşturulması da büyük önem taşımaktadır.

AMS düşük ağır metal içeriğine sahip olması, bitki besin maddelerinden özellikle önemli bir P ve K kaynağı olması ve en önemlisi yüksek organik madde içeriği nedeniyle tarımsal üretimde değerli bir girdidir. Ancak EC değerinin yüksek olması bir dezavantaj olarak kullanıcıların önünde engeldir. Yıkama, bekletme ve toprak, torf gibi ilaveler yapılarak hazırlanan karışımlar ve/veya belli oranda toprağa ilave edilmesi ile bu dezavantaj giderilerek bitkisel üretimde kullanılması söz konusu olabilmektedir. AMS, başlıca amino-asitler, %14 protein ve hayvanlar için değerli Fe, Ca, Zn ve Mg gibi bazı iz elementler ile vitaminler içerir. Yem maliyetlerini düşürmek amacıyla gerek yem gerekse yeme katılarak hayvanların beslenmesinde yeni bir besin kaynağı olarak kullanılabilir. AMS'nin bitkisel ve hayvansal üretimde kullanılabilirliği üzerine yapılmış çalışmalar olmakla birlikte daha detaylı çalışmalara gereksinim vardır.

AMS'de lignoselülozik materyalin biyolojik parçalanmasına sebep olan ve birçok biyoteknolojik uygulama alanı bulunan  $\alpha$ -amilaz,  $\beta$ -glukozidaz, ksilanaz, lignin peroksidaz, mangan peroksidaz, lakkaz, selülaz, proteaz gibi enzimler yüksek oranda bulunmaktadır. AMS içerdiği bu enzimler ve diğer maddelerle farklı birçok alanda kullanılabilir. AMS'nin kullanımı ve ekonomiye geri dönüşüm alternatiflerini irdeleyen bu yazı dizisinin ikincisinde lignoselülozik enzim kaynağı olarak kullanımı konusuna yer verilmiştir.

### Kaynaklar

- Ahlatwat O.P., Sagar M.P., *Management of spent mushroom substrate*, National Research Centre for Mushroom (Indian Council of Agricultural Research) Chambaghat, Solan, 173-213, (2007).
- Anonymous, *Use of spent mushroom compost*.  
<http://www.agf.gov.bc.ca/resmgmt/fppa/environ/mushroom/musho6.htm> (2004).



- Anonymous, *Alternative substrate ingredients and mushroom compost uses*, Mushroom News, 58(8), 9, (2010).
- Anonymous, [www.mushroomcompost.org](http://www.mushroomcompost.org) (2013a).
- Anonymous, [www.bordglas.ie](http://www.bordglas.ie) (2013b).
- Atila F., *Farklı Hericium İzolatlarının En Uygun Yetiştirme Koşulları ve Ortamlarının Belirlenmesi ve Moleküler Karakterizasyonu*, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 253 s., İzmir, (2015).
- Aydın M., *Atık Mantar Kompostunun Bazı Toprak Özellikleri ile Şeker Pancarının Verim ve Kalitesine Etkileri*, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Konya, (2009).
- Bae J.S., Kim Y.I., Jung S.H., Oh Y.G., Kwak W.S., *Evaluation on feed-nutritional value of spent mushroom (Pleurotus osteratus, Pleurotus eryngii, Flammulina velutipes) substrates as a roughage source for ruminants*, J. Anim. Sci. & Technol. (Kor.) 48(2) 237~246, (2006).
- Baran A., Çaycı G., İnal A., *Farklı tarımsal atıkların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri*, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 1(2-3), 169-172, (1995).
- Birben H., *Atık Mantar Kompostunun Begonya (Begonia semperflorens) Bitkisinin Gelişimi Üzerine Etkisi*, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s. 46, (1998).
- Chakravarty B., *Trends in Mushroom Cultivation and Breeding*, AJAE, 2(4), 102-109, (2011).
- Chiu S.W., Ching M.L., Fong K.L., Moore D., *Spent oyster mushroom substrate performs better than many mushrooms mycelia in removing the biocide pentachlorophenol*, Mycol Res., 102, 1553-1562, (1998).
- Chong C., Rinker D.L., *Bark- and peat-amended spent mushroom compost for container culture of shrubs*, HortScience, 29(7), 781-784, (1994).
- Ciavatta C., Govi M., Sequi P., *Characterization of organic matter in compost produced with municipal solid wastes: an Italian approach*, Compost Science & Utilization, 1(1), 75-81, (1993).
- Çaycı G., Baran A., Bender D., *The effects of peat and sand amended spent mushroom compost on growing of tomato*, Tarım Bilimleri Dergisi, 44(1-2), 27-29, (1998).
- Çiçek N., Kütük C., Arıcı Y.K., Bilgili B.C., *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, (2012).
- Dadaylı G., *Çay Artığı ile Hazırlanan Ortamlarda Parçalama ve Örtü Toprağı Serme İşleminin Pleurotus eryngii Mantarının Biyolojik Etkinlik ve Verimi Üzerine Etkileri*, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 83 s., Samsun, (2014).
- Demirtaş I., Arı N., Arpacıoğlu A., Kaya H., Özkan C.F., *Değişik organik kökenli gübrelerin kimyasal özellikleri*, Derim Dergisi, 22(2), 47-52, (2005).
- Demirtaş E.I., Arı N., Arpacıoğlu A.E., Özkan C.F., Kaya H., *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, (2000).
- Dura S., Sakınç Z. Günay A., *Kullanılmış mantar kompostunun fide yetiştiriciliğinde kullanım olanakları üzerine bir araştırma*, Türkiye VI. Yemeklik Mantar Kongresi Bildirileri, Ege Üniversitesi Bergama Meslek Yüksek Okulu 20-22 Eylül, Bergama, s. 79-82, (2000).
- Eren E., Pekşen A., *Türkiye'de kültür mantarı üretimi, sorunları ve çözüm yolları*, 1. Ulusal Mikoloji Günleri (1-4 Eylül 2014) Özet Kitabı, s. 29, Erzurum, (2014).
- FAO, *Food and Agriculture Organization of The United Nations*, <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E> (Erişim tarihi: 09.06.2015), (2015).
- Gupta A., Raina P.K., Tikoo M.L., *Comparative evaluation of compost depth and density in Polybag and wooden tray cultivation of white button mushroom*, Mushroom Research, 13(1), 13-16, (2004).
- Guo M., Chorover J., *Leachate migration from spent mushroom substrate through intact and repacked subsurface soil columns*, Waste Management, 26, 133-140, (2006).
- Guo M., Chorover J., Rosario R., Fox R.H., *Leachate chemistry of field weathered spent mushroom substrate*, Journal of Environmental Quality, 30, 1699-1709, (2001).



- Holozlu A., Yıkanmış ve Yıkanmamış Atık Mantar Kompostunun Bazı Toprak Kalite Parametrelerine Etkisi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, Konya, (2013).
- Ibiene A.A., Okerentugba P.O., Orji F.A., Dike E.N., *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, (2015).
- Jordan SN., Mullen GJ., Murphy MC., *Composition variability of spent mushroom compost in Ireland*, Bioresour. Technol., 99, 411-418, (2008).
- Koutrotsios G., Mountzouris K.C., Chatzipavlidis I., Zervakis G.I., *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, (2014).
- Kurt Ş., Değişik tarımsal atıkların kayın mantarı (*Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus sajar-caju*) yetiştiriciliğinde kullanım olanakları, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, (2008).
- Kütük C., *Çay atığı kompostu ve atık mantar kompostunun yetiştirme ortamı bileşeni olarak süs bitkisi yetiştiriciliğinde kullanılması*, MKÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 5 (1-2), 75-86, (2000).
- Kwak W.S., Jung S.H., Kim Y.I., *Broiler litter supplementation improves storage and feed-nutritional value of sawdust-based spent mushroom substrate*, Bioresource Technology, 99, 2947–2955, (2008).
- Lau K.L., Tsang Y.Y., Chiu S.W., *Use of spent mushroom compost to bioremediate PAH-contaminated samples*, Chemosphere, 52, 1539-1546, (2003).
- Lemaire F., *Valeur agronomique du compost de champignonnières*, Compost Information, Anred, 5, 4-9, (1981).
- Lemaire F., Dartigues A., Riviere L.M., *Properties of substrate made with spent mushroom compost*, Acta Hort., 172, 13-29, (1985).
- Levanon D., Danai O., *Chemical, physical and microbiological considerations in recycling spent mushroom compost*, Compost Science and Utilization, 3(1), 72-79, (1995).
- Lohr V.I., Wan, S.H., Wol, J.D., *Physical and chemical characteristics of fresh and aged spent mushroom compost*, HortScience, 19, 681-683, (1984).
- Maher M.J., Magette W.L., Smyth S., Duggan J., Dodd V.A., Hennerty M.J., McCabe T., *Managing Spent Mushroom Compost*, Teagasc, Dublin, p 1-40, (2000).
- Pekşen A., *Türkiye’de kültür mantarı yetiştiriciliği. Yemeklik Kültür Mantarı Çalıştayı* (12-13 Mayıs 2014), 19-23, Antalya, (2014).
- Pekşen A., Yakupoğlu G., Yakupoğlu T., Gülser C., Öztürk E., Özdemir N., *Changes in chemical compositions of substrates before and after Ganoderma lucidum cultivation*, World Journal of Microbiology and Biotechnology, 27, 637-642, (2011).
- Phan C.W., Sabaratnam V., *Potential uses of spent mushroom substrate and its associated lignocellulosic enzymes*, Appl Microbiol Biotechnol, 96, 863–873, (2012).
- Polat E., Onus, A.N. Demir, H., *Atık mantar kompostunun marul yetiştiriciliğinde verim ve kaliteye etkisi*, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 17(2), 149-154, (2004).
- Polat E., Uzun H.İ., Topçuoğlu B., Önal K., Onus A.N., Karaca M., *Effects of spent mushroom compost on quality and productivity of cucumber (Cucumis sativus L.) grown in greenhouses*, African Journal of Biotechnology, 8(2), 176-180, (2009).
- Royse DJ., *A global perspective on the high five: Agaricus, Pleurotus, Lentinula, Auricularia & Flammulina*. In: Manjit Singh (Ed.) Proceedings of the 8th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products, Pages 1-6, New Delhi, India, (2014).
- Semple K.T., Reid B.J., Fermor T.R., *Impact of composting strategies of the treatment of soils contaminated with organic pollutants: A review*, Environmental Pollution, 112, 269-283, (2001).
- Silva S.O., Costa S.M.G., Clemente E., *Chemical composition of Pleurotus pulmonarius (Fr.) Quél., substrates and residue after cultivation*, Brazilian Archives of Biology and Technology, 45 (4), 531- 535, (2002).



- Söchtig H., Grabbe K., *The production and utilization of organic-mineral fertilizer from spent mushroom compost*, Science and Cultivation of Edible Fungi, 2, 907-915, (1995).
- Stewart D.P.C., Cameron K.C., Cornforth I.S., Main B.E., *Release of sulphate sulphur, potassium, calcium and magnesium from spent mushroom compost under field conditions*, Biology and Fertility of Soils, 31(2), 128-133, (2000).
- Szmidt R.A.K., Conway P.A., *Leaching of recomposted spent mushroom substrates (SMS)*, Science and Cultivation of Edible Fungi, 2, 901-905, (1995).
- Şanlı SK, Farklı Tarımsal Artıkların *Pleurotus eryngii* Mantar Üretiminde Kullanım Olanakları, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 79 s., Samsun, (2014).
- Tüzel Y., Ellez R.Z., Boztok K., *Atık kompostun kullanım olanakları*, Türkiye 4. Yemeklik Mantar Kongresi, Yalova, Cilt II, 1- 10, (1992).
- Wever G., Van Der Burg A.M.M., Surtsma G., *Potential of adapted mushroom compost as a growing medium in horticulture*, Acta Horticulturae, 697, 171-177, (2005).
- Williams B.C., McMullan J.T., McCahey S., *An initial assessment of spent mushroom compost as a potential energy feedstock*, Bioresource Technology, 79, 227-230, (2001).
- Wuest P.J., Fahy H.K., *Spent mushroom compost, Traits and uses*. Mushroom News, 39(12), 9-15, (1991).