



Organik Katı Atıkların Aerobik Şartlarda Biyoteknolojik Yöntemlerle Kompostlaştırılması

Ülküye Dudu^{1,2} GÜL Erdem NAZİLLİ³

¹Sağlık Hiz. MYO, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Bilecik, Türkiye

²Biyoteknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Bilecik, Türkiye

³Biyoteknoloji Bölümü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Bilecik, Türkiye

*Sorumlu Yazar:

E-posta: erdemnazilli7@gmail.com

Geliş Tarihi :24 Nisan 2018

Kabul Tarihi:13 Kasım 2018

Özet

Son yıllarda dünya genelinde üretimin artmasıyla birlikte tüketim miktarı da artmıştır. Bu durum sonucunda atıkların bertarafı problemi ortaya çıkmıştır. Plastik, cam, metal ve karton gibi atıklar endüstriyel faaliyetler ile geri dönüştürülebilir. Organik atıklarında biyoteknolojik yöntemlerle kompostlaştırılarak geri kazanılması ülkemiz genelinde yaygınlaşmaya başlamıştır. Kompostlama işlemi mikroorganizmaların atıklardaki organik maddeleri ayrıştırması işlemine verilen isimdir. Kompost ise mikroorganizmalar tarafından mineralize edilmiş ürüne verilen isimdir. İyi bir kompostun biyolojik parçalanabilirliğinin fazla olması, organik madde miktarının yüksek olması ve zararlı maddelerden arındırılmış olması gerekmektedir. Bu çalışmada organik atıkların biyoteknolojik yöntemler kullanılarak kompostlaştırılması konusu üzerine literatür incelenmiştir. Literatürde belirtildiği üzere kompost ürünlerinin nitelendirilmesi konusunda kesin bir standartlaşma bulunmamaktadır. Buna karşın kompostlamaya etki eden faktörler; dane yapısı, karbon azot oranı, pH, sıcaklık, havalandırma ve su içeriği olarak belirlenmiştir. Kompost üretiminin çeşitli faydaları bulunmaktadır. Bu faydalar; zemin boşluk hacmini artırma ve havalandırmasını kolaylaştırma, zor işlenen toprakların kolay işlenmesini sağlama, zeminin su tutma kapasitesini artırma, besin maddelerinin daha iyi kullanılmasını sağlama, toprağa bol miktarda bakteri verme, zeminde besin maddelerinin artışı sağlama, humus üretimine katkıda bulunma ve erozyonu engelleme şeklinde listelenebilir.

Anahtar Kelimeler: Katı atık, kompost, mikroorganizma

Compositing of Organic Solid Wastes with Biotechnological Methods in Aerobic Conditions

Abstract

In recent years, the amount of consumption has increased with the increasing of production worldwide. As a result, the problem of waste disposal has arisen. Wastes such as plastic, glass, metal and cardboard can be recycled by industrial activities. Composting organic wastes by biotechnological methods has started to be widespread throughout our country. Composting is the name given to the process by which microorganisms separate the organic matter in the wastes. Compost is the name given to the product mineralized by microorganisms. A good compost requires that the high biodegradability, high amount of organic matter and being free from harmful substances. The literature on the composting of organic wastes using biotechnological methods has been examined in this study. According to the literature there is no definite standard for the qualification of compost products. On the other hand, factors affecting compost production are determined as grain structure, carbon nitrogen content, pH, temperature, ventilation and water content. The benefits of composting are listed as increasing the volume of the floor space and facilitating ventilation, increasing the water holding capacity of the ground, making better use of the nutrients, giving plenty of bacteria to the soil, increasing the nutrients on the ground, contributing to humus production and preventing erosion.

Keywords: Solid waste, compost, microorganism

GİRİŞ

Günümüzde insan nüfusunun artışı ile birlikte oluşan katı atık miktarında da artış olmuştur. Bu nedenle organik katı atıkların ıslahı ve bertarafı sorunlarının çözümüne yönelik yeni yöntemler araştırılmaya başlanmıştır. Son yıllarda organik katı atıkların kompostlaştırma yöntemiyle geri kazanımı yöntemi ön plana çıkmıştır [5]. Diğer taraftan kompostlaştırma eski zamanlardan günümüze kadar sürekli kullanılmıştır [6]. Organik maddelerin uygun şartlar altında biyolojik süreçlerden geçerek toprağa benzer bir ürün haline gelmesine 'Kompost' adı verilmektedir [9]. Yapılan çalışmalarda topraktaki organik madde eksikliğinin kompost ile giderilebileceği belirtilmiştir [10]. Toprağın yüksek organik maddeye sahip olması için kompostun hammaddesinde bulunan karbon ve azotun aynı oranda yüksek olması gerekmektedir [11]. Literatürde bitkisel ve hayvansal atıkların kompostlaştırılarak tarımda kullanılmasının sağlanması önerilmiştir [3].

Kompostlaştırma için sıralı yığın kompostlaştırma, pasif havalandırılmalı yığınlar, havalandırılmalı statik yığınlar, reaktörlerde kompostlaştırma vs. gibi farklı yöntemler uygulanmaktadır [7]. Tüm bu kompostlaştırma yöntemleri için ortak etki faktörleri bulunmaktadır. Sadece reaktörlerde kompostlaştırma yapılırken hammaddenin oksijen ile temasının devam ettiğinden emin olunması gerekmektedir. Açık alanda ve biyoreaktörlerde yapılan kompostlaştırma işlemlerinin en önemli farkı ise biyoreaktörlerde enzim kullanılmasıdır. Enzimatik kompostlaştırma olarak bilinen bu yöntemin en önemli avantajı ise zamandan tasarruf sağlamasıdır. Bu çalışmanın amacı aerobik koşullarda organik katı atıkların kompostlaştırılması, kompost oluşumunu etkileyen faktörler ve kompostlaştırma da kullanılan yöntemlerle ilgili literatürde bulunan makaleleri incelemektir.

Kompostlaşmaya Etki Eden Faktörler

Tüm yöntemlerde kompostlaşmaya etki eden ortak faktörler; dane yapısı, C/N oranı, pH, sıcaklık, havalandırma ve su muhtevasıdır.

1. Dane Yapısı

Dane yapısı küçük olan katı atıkları parçalamak mikroorganizma faaliyeti için daha fazla yüzey alan sağlamaktır. Bu durumda reaksiyonun süresini kısaltabilmektedir.

2. Karbon/Azot (C/N) Oranı

Mikroorganizmalar enerjilerini karşılamak üzere karbon (C) ve çoğalmak için de azot'a (N) ihtiyaç duyarlar. Kompostlama için optimum değer 25 – 35 arasında değişir. Eğer bu oran 35'i geçerse biyolojik aktivite yavaşlar ve işlemin süresi uzar. 25'in altında ise amonyak açığa çıkar ve mikroorganizmalar zarar görür. Ayrıca açığa çıkan amonyak koku oluşumuna da yol açmaktadır.

3. pH

Her mikroorganizmanın yaşadığı belirli bir pH bölgesi vardır. Kompostlaşma sürecinde kullanılan bakterilerin optimal pH ortamı 6 - 8 arasındadır. İşlem sürecinde ortam ısınmaya başlayınca bakterilerin salgıladığı organik asitlerle pH 4 – 5 'e düşmektedir. Termofilik faza geçiş ile ortamın pH değeri tekrar 8'e kadar yükselmektedir. pH ölçülürken % 10 distile su ile homojen karışıma dönüştürülerek ölçüm yapılmaktadır [8].

4. Sıcaklık

Kompostlaşmada kullanılan mikroorganizmalar organik maddelerle beslenirler. Bu aktivite sırasında ısı oluşmaktadır. Ortamdaki ısının yükselmesi patojen mikroorganizmaların ölmesini de sağlamaktadır. Patojen giderimi için 2 veya 3 gün kompost sıcaklığının 60°C üstünde olması gerekmektedir [12].

5. Havalandırma

Ayrışma işleminin koku sorunu oluşturmadan meydana gelmesi için, aerobik şartları sağlayacak yeteri kadar oksijen bulunmalıdır. Kompostlama, yığının karıştırılmasıyla daha hızlı seyreder çünkü bol miktarda havanın mikroorganizmalara ulaşmasıyla kompostlama işlemi daha hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir [2].

6. Su Muhtevası

Nem komposttaki mikroorganizmaların büyümesi ve çoğalması için gereklidir. Nem içeriği alt aralık olarak yaklaşık % 40 – 45 kadardır. Üst aralık ise gözeneklerin, oksijenin mikroorganizmalara ulaşmasını sağlayacak şekilde açık tutulmasıyla belirlenir [12].

Kompostlama işlemi için en uygun koşullara ait değerler Çizelge 1'de verilmiştir [17].

Çizelge 1. Kompostlaştırma İçin Gereken Uygun Şartlar

Koşullar	Kabul Edilen Aralık	Önerilen Aralık
C/N Oranı	20 – 40	25 – 35
Su Muhtevası	% 40 – 65	% 45 – 60
Havalandırma	> % 5	> % 10
pH	5,5 – 9	6,5 – 8
Sıcaklık (°C)	43 – 66	54 – 60

Evsel katı atıklar, (civa) Hg, (kadmium) Cd, (bakır) Cu, (çinko) Zn, (kurşun) Pb, (krom) Cr gibi ağır metalleri bünyelerinde taşımaktadırlar. Katı atık madde gruplarının içerdiği ağır metallerle ait kuru ağırlık oranları Çizelge 2'de verilmiştir [13]. Çizelge 2'ye göre en fazla çinko ve kurşun bulunurken en az civanın olduğu görülmektedir.

Çizelge 2. Katı Atık Madde Gruplarının İçerdiği Ağır Metal Oranları

Ağır Metaller	Simgeler	Kuru Ağırlık (mg/kg)
Kadmium	(Cd)	10
Kurşun	(Pb)	600
Krom	(Cr)	100
Bakır	(Cu)	550
Civa	(Hg)	0,4
Çinko	(Zn)	600

Kompostta ağır metal miktarı arttıkça sıcaklık düşer. Sıcaklık düşüşleri; mikroorganizmaların metabolik faaliyetlerinin yavaşladığını, hatta bazılarının öldüklerini göstermektedir. Bu durum organik ayrışmanın hızının yavaşlamasını ve hijyenik koşulların sağlanmasını önlemektedir [14].

KOMPOSTLAŞTIRMA YÖNTEMLERİ

1. Aerobik Kompostlaştırma

Aerobik koşullarda mikroorganizmaların katı organik atıkları parçalaması ile kompost üretim şeklidir. Sızdırmaz zemin üzerinde karıştırma ile havalandırma yapılarak ve su ilavesi ile gerçekleştirilen işlemdir [15].

2. Anaerobik Kompostlaştırma

Anaerobik şartlarda gerçekleştirilen kompost oluşturma işlemidir. Kapalı reaktör içerisinde uygun pH , sıcaklık , nem ve oksijensiz ortam şartları oluşturularak yapılan yöntemdir [15].

KOMPOSTLAŞTIRMA AŞAMALARI

Kompostlaştırma aşamaları sırasıyla; ayırma, parçalama (öğütme), karıştırma ve depolama şeklindedir [6].

1. Ayırma

Kompostlaştırılmayan katı atıkların proses başlangıcında ayrılması gerekmektedir. Bu ayrıştırma aynı zamanda cam, plastik, karton ve metal gibi maddi değeri olan atıkların geri kazanımını sağlamaktadır [6].

2. Parçalama (Öğütme)

Ayrırma işleminden sonra evsel veya hayvansal organik atıkların kompostlaştırılmasını kolaylaştırmak için parçalama işlemi gerçekleştirilir. Bu aşama sonunda homojen bir karışım elde edilmektedir [6].

3. Karıştırma

Mikroorganizmaların gerekli oksijene ulaşabilmesi için yapılan bu işlem, yığının içinde biriken amonyak gazının dışarıya salınmasını da sağlar [6].

4. Depolama

Kompostlaştırılması sağlanan organik atıkların trommel elekte elenmesi ve kapalı bir alanda depolanması işlemidir [6].

5. Kompost Ürünü İle Gübre Arasındaki Farklar

Kompost gübre değildir. Gübre toprağa bitkilerin gelişmesi için gerekli besin maddesini kazandıran maddelerden oluşmaktadır. Kompost ise toprağın yapısını düzenleyen sağlayan üründür. Kompost içerisinde belli oranlarda azot, fosfor ve potasyum ilavesi ile üstün kalitede

gübre eldesi mümkün olabilmektedir. Ayrıca oluşan bu gübre tüm yapay gübrelerden daha yararlıdır. Özellikle de yapay tat sorununu ortadan kaldırmaktadır [16].

6. İdeal Kompostun Özellikleri

İdeal bir kompostun sahip olması gereken özellikler;

1. Kompostun hijyenik yönden kusursuz olması, insan ve tüm canlı sağlığını tehdit etmemesi,
2. Karbon/Azot oranının 35'den daha büyük olması halinde azot beslemesi yapılabilmesi,
3. Piyasaya sürülen kompostun su muhtevasının % 50' yi geçmemesi,
4. Piyasaya sürülen kompost içinde cam, cüruf, metal, plastik, deri gibi maddelerin toplam ağırlığının % 2'sini geçmemesi,

şeklinde listelenebilir. [17]

7. Olgunlaşmış Kompost için Yapılan Analizler

Numune alma esaslarına uygun olarak alınan kompostlar 4 mm elekten geçirildikten sonra elekten geçen maddeler analize alınır. Tamamlanmış kompostun özelliklerinin belirlenmesi için aşağıdaki yapılan analizlerde ise; kimyasal ve bitki fizyolojisi yöntemleri, fiziksel ve biyolojik yöntemler kullanılmaktadır. [17]. Kompost özelliklerinin belirlenmesi için yapılan fiziksel ve kimyasal analizler; pH değerinin saptanması, makro besin elementleri tayini, mikro besin elementleri veya iz elementlerin tayini şeklindedir [17].

7.1. pH Değerinin Saptanması

İdeal bir kompost için pH genellikle 7.0 ve > 7.0 arasında bulunmaktadır [13].

7.2. Makro Besin Elementleri Tayini

Kompostun uygunluğunun belirlenmesi için NO_3 , P_2O_5 , K_2O , $CaCO_3$, $MgCO_3$ gibi makro moleküllerin tayini yapılmaktadır [13].

7.3. Mikro Besin Elementleri veya İz Elementleri Tayini

Komposttaki mikro besin elementlerinin belirlenmesi için Mn, B, Cu, Zn, v.b. tayini yapılmaktadır. Sanayi atıklarının arıtılmasından elde edilen arıtma çamurundan kompostlamada kullanıldığında Cr, Pb, Hg, As gibi ağır metallerinde tayini gerekir [13].

8. Organik Maddelerin Tayini

Kompost içinde tayini yapılan organik maddeler besin humusu ve devamlı (dayanıklı) humus olmak üzere ikiye ayrılır [1].

8.1. Besin Humusu

Besin humusu mikroorganizma için besin maddesi ve enerji kaynağı oluşturmaktadır. Toprakta mikrobiyal ayrıştırmayı teşvik ederek azot ve fosfor rezervlerinin oluşmasına yardımcı olmaktadır [1].

8.2. Devamlı Humus veya Dayanıklı Humus

Devamlı (dayanıklı) humus biyolojik ayrışmaya karşı çok dayanıklıdır. Devamlı (dayanıklı) humusun faydaları ise; toprağın su tutma özelliğini artırmak, toprağın tamponlama kapasitesini artırmak, toprağı bağlamak ve erozyon olayını azaltmaktır [1].

9. Kompost Karakteristikleri

Olgunlaşmamış ve olgunlaşmış komposta ait özellikler Çizelge 3'de verilmiştir [20]. Çizelge 3'de görüldüğü üzere olgunlaşmamış ve olgunlaşmış kompostların elementsel içeriklerinin yanı sıra mikrobiyal özellikleri de farklılık göstermektedir.

Çizelge 3. Olgunlaşmamış ve olgunlaşmış kompostların özellikleri

Olgunlaşmamış Kompostlar	Olgun Kompostlar
Azot amonyum olarak bulunur.	Azot nitrat olarak bulunur.
Kükürt kısmen sülfat olarak bulunur.	Kükürt sülfat olarak bulunur.
Oksijen gereksinimi fazladır.	Oksijen gereksinimi azdır.
Çürüme tehlikesi vardır.	Çürüme tehlikesi yoktur.
İz elementleri tespit edilmemiştir.	İz besin elementi vardır.
Az miktarda vitamin ve antibiyotikler vardır.	Fazla miktarda vitamin ve antibiyotik vardır.
Organik madde ayrıştıran bakteriler ve mantarlar fazladır.	Toprakta konaklayan bakteri ve mantar fazladır.
Genellikle besin humusu vardır.	Genellikle devamlı humus vardır.
Su tutma özelliği azdır.	Su tutma özelliği fazladır.

Biyolojik ayrışma düzeyine ve son duruma bağlı olarak kompost 4 sınıfa ayrılmaktadır. Bunlar ham, taze, olgun ve özel kompost olarak adlandırılmaktadır [19].

9.1. Ham Kompost

Mekanik işlemden geçen fakat dezenfeksiyon veya çürümeye uğramayan atığa ham kompost adı verilmektedir [19].

9.2. Taze Kompost

Ayrışma ve dezenfeksiyonun ilk aşaması sonucu elde edilen kompost taze kompost olarak adlandırılmaktadır [19].

9.3. Olgun Kompost

Kompostlanmış ve dezenfeksiyona uğramış ürün ise olgun kompost olarak tanımlanmaktadır [19].

9.4. Özel Kompost

Eleme, balistik ayırma veya hava ile sınıflandırma, minerallerin eklenmesi gibi işlem görmüş komposta ise özel kompost olarak kabul edilmektedir [19].

10. Kompostlama Katkı Maddeleri

Kompostlaştırmada kullanılan katkı maddeleri ise azot gübresi, mikroorganizma preparatı, su, kireç ve alg preparatıdır. Azot Gübresi (Üre); C/N oranındaki uyumsuzluğu gidermek, mikroorganizma preparatı; prosesin hemen başlaması, su; mikroorganizmaların kompostlaştırması, kireç; pH'ı nötral seviyeye çekmek için kullanılırken, alg preparatı; mikroorganizmalara besin maddesi oluşturmak için kullanılmaktadır.

SONUÇ

Katı organik atıkların kompost olarak değerlendirilmesi son yıllarda gündeme gelmiştir. Bu derleme çalışmasında kompostlaştırma yöntemleri, kompost oluşum aşamaları, ideal bir kompostun sahip olması gerek özellikler hakkında bilgi verilmiştir. Organik atıkların kompost olarak değerlendirilmesi son derece faydalı bir işlemdir. Kompostun faydaları ise; zemin boşluk hacmini artırma, zemin havalandırmasını kolaylaştırma, zor işlenen toprakların kolay işlenmesini sağlama, zeminin su tutma kapasitesini artırma, besin maddelerinin daha iyi kullanılmasını sağlama, toprağa bol miktarda bakteri verme, zeminde besin maddelerinin artışı sağlama, humus üretimine katkıda bulunma ve erozyonu engellemedir.

KAYNAKLAR

- [1] Bagyaraj, D. J., 1991. Ecology of vesicular – arbuscular mycorrhizae. In. Handbook of Applied Mycology, Soil and Plants, vol. 1,(Eds.) by D. K. Arora., B. R.,K. G. Mukerji., and G. R. Knudsen. Marcel Dekker. USA.P.123-126.
- [2] Canpolat, M. Y. 1990. “İğdir Yöresi Topraklarında Kaymak Sertliği (Kırılma Değeri) İle İlgili Araştırmalar.” *Doktora Tezi, Atatürk Üniv. Ziraat Fak., Erzurum* .
- [3] Chen, Y., Inbar Y, Hadar Y, 1988. Composted agricultural wastes as potting media for ornamental plants. *Soil Science* 145: 298-303.
- [4] Gajdos, R., 1997. “Product-oriented composting: from open to closed bioconversion systems.” statement in Swedish and English abstract inserted.Sveriges lantbruksuniversitet.
- [5] Kaçar, B., Gübre Bilgisi A. Ü. 1994. Ziraat Fak. Yayınları No: 198, Ders Kitabı S. 397 Ankara.
- [6] Öztürk, M., and B. Bildik. 2005. “Hayvan çiftliklerinde kompost üretimi. 6-8” *Çevre ve Orman Bakanlığı*” Ankara .
- [7] “Standard Test Methods for Screening of pH in Waste (Test Method B-pH Screening by Electrometric Measurement)” 2003. ASTM International D 4980–89.
- [8] Tosun, C., et al. 2011. “Composting of animal manure.” *Sigma* 3 117-125.
- [9] Tüzel, Y., 1996. Ekolojik Tarım. Ekolojik Tarım Organizasyonu Derneği (ETO), İzmir.
- [10] Tüzel, Y., Boztok, K., Eltez, RZ., 1992. Atık kompostun kullanım alanları. Türkiye IV. Yemelik Mantar Kongresi Cilt 2, s. 1-10. Yalova.
- [11] U.S.E.P.A., 1995. A Guide to the Biosolids Risk Assessment for the EPA Part 503 Rule, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Wastewater Management, EPA832-B-93-005.
- [12] Erdin, E., 1981. Atık Suların Sulamada Kullanılması Su Kimyası ve Teknolojisindeki Son Gelişmeler Semineri 8-12 Haziran İzmir.
- [13] Arslan H.H., Aksu D.S., Özdemir S., Yavuz O., Or M.E., Barutçu Ü.B., 2011. Evaluation of the Relationship of Blood Heavy Metal Trace Element Levels and Antioxidative Metabolism in Cattle Which Are Living Near The Trunk Roads Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg., 17(A) 77-82.
- [14] EKAÇ (Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik) 03.08.2010 Tarih ve 27661 Sayılı Resmi Gazete.
- [15] Himanen M., Hänninen K., 2011. “Composting

of bio-waste aerobic and anaerobic sludges – Effect of feedstock on the process and quality of compost” *Bioresource Technology* ,102 ,3, 2842-2852.

[16] Eskicioğlu, A., 2013. “Bitkisel Atıklardan Kompost Gübre Üretim Sisteminin Tasarımı” Tekirdağ.

[17] NRAES. 1992. On-Farm Composting Handbook. Robert Rynk (ed.), Northeast Regional.

[18] Kocasoy, G., 1994 ve 1996. “Atıksu Arıtma Çamuru ve Katı Atık ve Kompost Örneklerinin Analiz Yöntemleri” Birinci Baskı ISBN: 975-518-046-X ve İkinci Baskı ISBN : 975-518-083-4, Boğaziçi Üniversitesi Matbaası, İstanbul.

[19] Brinton W.F., 2000. “Compost Quality Standards & Guidelines” Final Report Woods End Research Laboratory.

[20] TOPAL, M . 2014. Kompost Standartları Üzerine Bir Derleme. Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, 2 (2), 85-108.