

Bahçe Atıkları Kompostunun Yasal Düzenlemeler Çerçevesinde Toprak Şartlandırıcısı Olarak Kullanımının İncelenmesi

Elif Irmak Erdem¹, Orhan İnce², Çağrı Akyol¹,
E. Gözde Özbayram², Bahar İnce¹

¹Boğaziçi Üniversitesi, Çevre Bilimleri Enstitüsü, 34342, Bebek, İstanbul
²İstanbul Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Maslak,34469, İstanbul

Özet

Bu çalışmada, bahçe atıklarından elde edilen kompost ürününün uygun yasal düzenlemeler çerçevesinde toprak şartlandırıcısı olarak kullanımının uygunluğu incelenmiştir. Bahçe atıkları ile beslenen 1.35 m³ hacimli kompost ünitesinde kompostlaştırma işlemi Nisan 2015 tarihinde başlatılmıştır. Sistem ve hava sıcaklığı kompostlaştırma süreci boyunca her gün izlenmiştir. Karbon/azot (C/N) oranının sabitlendiği ve kompost sıcaklığının hava sıcaklığına eşitlendiği noktada kompostlaştırma işlemi sonlandırılmıştır. Kompostlaştırma sürecinde hava sıcaklığı 15-18 °C aralığında değişiklik göstermiştir. 3. günde sistem sıcaklığının 70 °C'ye ulaşmasıyla termofilik safhaya geçilmiş ve kompostlaşma süreci 25 günde tamamlanmıştır. 29 Mart 2014 tarihli 28956 sayılı

Sorumlu Yazar (Corresponding Author): Elif Irmak Erdem
(e-posta: elifirmakerdem@gmail.com)

Alınış (Received) :29.10.2015 Kabul Ediliş (Accepted):24.12.2015

Resmî Gazete’de yayımlanan ‘‘Tarımda Kullanılan Organik, Organomineral Gübreler ve Toprak Düzenleyiciler İle Mikrobiyal, Enzim İçerikli ve Organik Kaynaklı Diğer Ürünlerin Üretimi, İthalatı, İhracatı ve Piyasaya Arzına Dair Yönetmelik’’ ve 5 Mart 2015 tarihli 29286 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren ‘‘Kompost Tebliği’’nde organik kaynaklı evsel kaynaklı aerobik parçalanması sonucu elde edilen kompost ürününün toprak düzenleyicisi olarak kullanılabilmesi için C/N oranının 10-30 aralığında, kuru madde içerisindeki organik maddenin %35’ten fazla, nem oranının ise %30’dan az ve mineral iyonlar halindeki tuzların 10dS/cm’den az olması gerekmektedir. Bunlara ek olarak ‘‘Kompost Tebliği’’nde kompost ürününün pH değerinin 5.5-8.5 aralığında olması şartı aranmaktadır. Kompostun metal içeriği yasal düzenlemelerde belirtilen değerlere (Cd < 1 mg/kg, Cr < 3 mg/kg, Cu < 450 mg/kg, Ni < 120 mg/kg, Pb < 150 mg/kg, Zn < 1100 mg/kg) uymaktadır. Ancak kompostun nem oranının yönetmelikte ve tebliğde belirtilen değerin üzerinde kaldığı tespit edilmiştir (%77.4). Yasal düzenlemeler çerçevesinde belirtilen azami nem değerinin sağlanabilmesi için, sistemin çeşitli nem dengeleyiciler kullanılarak daha düşük nem oranında başlatılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Bahçe atıkları, Geri dönüşüm, Katı atık, Kompost, Toprak düzenleyici, Sürdürülebilirlik

Investigation of the Potential Use of Yard Waste Compost as a Soil Conditioner

Abstract

In this study; it was aimed to investigate the potential use of yard waste compost as a soil conditioner with the national regulations. Yard waste was used in a tumbler compost system with a volume of 1.35 m³. Temperature of ambient air and the system were measured throughout the process. Maturity of compost was determined when temperature of the compost declined to ambient temperature and carbon-to-nitrogen (C/N) ratio became constant. The ambient air temperature varied from 15 to 18 °C throughout the process. The system temperature was measured as 70 °C on Day 3, and reached to thermophilic stage. Final product was acquired in 25 days. According to “Regulations Regarding the Production, Import, Marketing and Inspection Of Organic, Organomineral Fertilizers And Soil Amendment Products And Other Products, Microbial And Enzyme Based Products” being published in the Official Gazette dated 29.03.2014 and numbered 28956 and, “Compost Regulation” being published in the Official Gazette dated 05.03.2015 and numbered 29286, C/N portion should be in the rage of 10 to 30, volatile solid content should be at least 35 % of total solid, moisture content should be lower than 30%, and electrical conductivity should be lower than 10dS/cm. Furthermore, according to “Compost Regulation” ph should be in the range of 5.5 to 8.5. In this study, final C/N ratio was measured as 14. Metal contents were below regulatory limits (Cd < 1 mg/kg, Cr < 3 mg/kg, Cu < 450 mg/kg, Ni < 120 mg/kg, Pb < 150 mg/kg,

Zn < 1100 mg/kg). However, moisture content of the final product (77.4%) was above legal requirement. In order to comply within regulation limits, increasing the amount of bulking agent is needed to start the process with lower moisture content.

Keywords: Yard waste, Recycle, Solid waste, Compost, Soil amendment, Sustainability

1. Giriş

Kompostlaştırma işlemi bir geri kazanım metodu olup, bahçe atıkları, mutfak atıkları, kentsel katı atık ve hayvan dışkısı gibi organik atıkların biyokimyasal süreçten geçirilmesi sonucu humusa benzer yapıdaki maddeye dönüştürülmesidir. Kompostlaştırma ile toprak şartlandırıcı olarak kullanılabilen ekonomik değeri olan bir ürün elde edilir. Son yıllarda kompost çalışmalarına olan ilgi, ekonomiye olan katkı ve sürdürülebilir yaklaşımın kazandığı önem ile hızla artmıştır (İnce vd.,2015).

Kompostlaştırma işlemi anaerobik ve anerobik şartlarda gerçekleşebilmektedir. Anaerobik kompostlaştırmada, aerobik kompostlaştırmaya göre prosesin tamamlanması daha uzun sürmekte (40-60 gün) ve elde edilen son ürünün stabilizasyon derecesi daha düşük olmaktadır. Anaerobik kompostlaştırmada, oluşan ara ürünler koku problemine sebep olmakta ve sıcaklık istenen değerlere ulaşmadığından patojen giderimi yeterli oranda sağlanamamaktadır. Bu sebeple, kompostlaştırma işleminin aerobik şartlarda gerçekleşmesi tercih edilmektedir (Himanen ve Hanninen, 2011; Banegas ve ark., 2007).

Kompostlaştıma prosesi dört evreden meydana gelmektedir; birinci mezofilik evre (10-42 °C), termofilik evre (45-70 °C), ikinci mezofilik evre ve olgunlaşma (soğuma) evresi (Insam ve Bertoldi, 2003). Kompostlaştırma süreci ve verimi, havalandırma,

nem ve ısı kaybı mekanizmaları ve dane boyutu vb. fiziksel koşullara, Karbon/Azot oranı (C/N), su muhtevası ve pH gibi kimyasal parametrelere bağlıdır (Ló pez-González ve ark., 2015).

Mikrobiyal aktivitenin gerçekleşeceği yüzey alanının artması dane boyutunun azalmasına bağlıdır. Ancak dane boyutunun çok küçük olması yığının içindeki gözenekler azalmasına ve hava geçişinin engellenmesine sebep olmaktadır (Epstein, 1997).

Kompostlaştırma prosesinde su muhtevası mikroorganizmaların metabolik aktivitelerini gerçekleştirebilmesi için gereken çözülmüş nütrientlerin taşınması için ortam sağlamaktadır (Stentiford, 1996; Mc Cartney ve Tingley, 1998). Mikrobiyal aktivitenin olumsuz olarak etkilenmemesi ve biyolojik olarak stabil bir kompost elde etmek için nem oranının çok düşük olmaması gerekmektedir (Bertoldi, 1983). Yüksek nem oranı ise kompost ürünündeki hava boşluklarını suyla dolarak hava transferine engel olmakta ve anaerobik şartların oluşmasına sebep olmaktadır. Bu nedenlerden ötürü, kompostlaştırma prosesinde uygun koşulların sağlanabilmesi için nem oranının %50-%60 arasında olmalıdır (Tiqua ve ark.,1998; Rynk,1992; Mc Kinley ve ark., 1986; Suler ve Finstein, 1977).

Mikroorganizmalar ortamdaki karbonu enerji gereksinimleri için, azotu ise protein sentezi için kullanmaktadır. Bu nedenle Karbon/Azot (C/N) oranı kompostlaştırmada en önemli parametlerden biridir. Kompostlaştırma sürecinde hızlı bir ayrışmanın olması için sistemin başlangıç C/N oranının 20 ile 30 arasında olması gerekmektedir (Epstein, 1997; Graves ve Hattemer, 2000). Süreç sonunda C/N oranınının 20'den az olması kompostun olgunlaştığını gösteren tatmin edici bir değer olarak kabul edilmektedir (Hirai ve ark., 1983)

C/N oranı ve sistemin sıcaklığı mikrobiyolojik aktiviteye bağlı olarak değiştiğinden kompostun olgunlaştığını gösteren en önemli parametrelerdir. Sistemin sıcaklığının hava sıcaklığına ulaşması ve C/N oranının sabitlenmesi kompostun mezofilik evre sonunda soğuma evresine geçtiğini ve kompostlaştırma prosesi sonunda

mikrobiyolojik olarak stabil bir ürün elde edildiğini gösterir (Huang ve ark., 2006; Hirai ve ark., 1983).

Kompostlaştırma prosesinde mikrobiyolojik aktivite ortamın pH'ına da bağlı olarak gerçekleşmektedir. Kompostlaştırma sürecinin başlangıcında CO₂ ve organik asit oluşmasıyla pH'da bir düşüş görülmektedir. CO₂'in eliminasyonu ve proteinlerin ayrıştırılmasıyla pH 8.0-8.5 seviyelerine kadar yükselmektedir (Sharma ve ark.,1997).

Kompostlaştırma sürecinde organik maddelerin bozulmasında, bakteri, aktinomiset, mantar ve protozoa gibi farklı organizma türleri önemli rol oynar. Sistemin verimliliği birbiriyle ilişkili olan bu parametrelere bağlıdır (Jayasree ve Balan, 2012). Kompostlaştırma prosesinde biyolojik reaksiyon üç aşamada gerçekleşmektedir. İlk aşamada, bakteriler şeker, glikoz, nişasta gibi çabuk ayrışan organik maddeleri kısa sürede ve kuvvetli bir ısı çıkışı ile parçalarlar. İkinci aşamada, mantar, maya ve aktinomisetler selüloz, lignin, yağ ve reçine gibi zor ayrışan bileşikler daha uzun bir sürede parçalarlar. Son aşama olan mineralizasyon adımı kompostlaştırmada istenmeyen bir durumdur. Kompostun toprak şartlandırıcı olarak kullanılması nedeniyle mineralizasyona izin verilmez ve süreç mineralizasyon öncesi sona erdirilir (Bertoldi ve ark., 1983) .

Kompostlaştırma organik katı atıkların geri dönüşümüne olanak tanınması nedeniyle entegre atık yönetiminin temel bileşenidir. Bu işlem sonucunda organik katı atıkların nihai bertaraf işlemi için gerekli maliyetler ve katı atık depolama sahalarındaki yük azalmaktadır. Avrupa Birliği atık mevzuatı, biyobozunur atıkların herhangi bir biyolojik arıtıma tabi tutulmadan doğrudan depolama sahalarına gönderilmesine kısıtlama getirmektedir (1999/31/EC). Avrupa Birliği uyum sürecinde olan ülkemizde, entegre atık yönetimi sistemi kapsamında kompostlaştırmanın da içinde yer aldığı tüm biyolojik arıtım metotlarının yaygınlaştırılması önem teşkil etmektedir.

Bu çalışmada, bahçe atıklarından bahar döneminde elde edilen kompostun yasal düzenlemeler çerçevesinde toprak şartlandırıcı

olarak kullanımının incelenmesi kapsamında; elde edilen son ürünün analitik metodlar kullanılarak ilgili parametreleri ölçülmüş, 29 Mart 2014 tarihli 28956 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan “Tarımda Kullanılan Organik, Organomineral Gübreler ve Toprak Düzenleyiciler İle Mikrobiyal, Enzim İçerikli ve Organik Kaynaklı Diğer Ürünlerin Üretimi, İthalatı, İhracatı ve Piyasaya Arzına Dair Yönetmelik’’ve 5 Mart 2015 tarihli 29286 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren “Kompost Tebliği’’nde belirtilen limit değerler ile karşılaştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Kompost sisteminin kurulumu

Biçilmiş çimlerden oluşan bahçe atıkları ile hacim arttırıcı ve nem tutucu özelliği olan talaş kullanarak 1.35 m³ hacmindeki döner tambur tipi kompost ünitesinde Nisan 2015 tarihinde 15±3 °C hava sıcaklığında kompostlaştırma süreci başlatılmıştır. Sistem sadece proses başlangıcında beslenerek kesikli reaktör olarak çalıştırılmıştır ve sisteme su eklenmemiştir. Kompostlaştırma süreci boyunca reaktör, bahçe atıklarının karışması ve havalanması için günde bir defa döndürülmüştür.

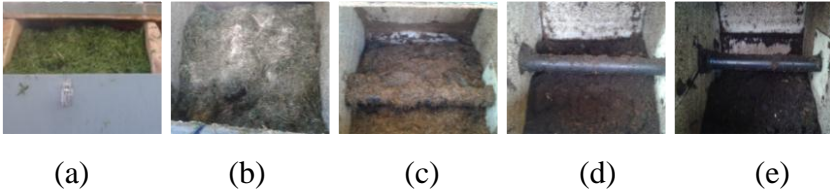
2.2. Analitik metotlar

Sistem sıcaklığı proses boyunca her gün termometre ile ölçülmüştür. pH değişimi (1:10 g/ml kompost:deiyonize su) HANNA HI 221 pH metresi kullanılarak sistem başlangıcından itibaren iki gün aralıklarla ölçülerek takip edilmiştir. Nem oranı (105 °C, 24 saat) ve uçucu katı madde (505 °C ,5 saat) parametreleri standard metodlar kullanılarak tespit edilmiştir (APHA, 1998). C/N oranı, ECS 4010 model Elemental Yakma Cihazı Costech CHNS-O (ABD) ile tayin edilmiştir. İletkenlik (1:10 g/ml, kompost:deionize su), WTW LF 320 model İletkenlik

Ölçer ile son gün numunesinde tespit edilmiştir (Tiquia vd., 2010). Ağır metal içeriğinin belirlenmesi için Perkin Elmer ICP-OES cihazı kullanılmış ve son ürünün metal muhtevası tespit edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Bahçe atıklarından kompost elde etme işlemi C/N oranının sabitlendiği ve kompost sıcaklığının hava sıcaklığına eşitlendiğinde tamamlanmış ve 25 gün sürmüştür. Süreç sonunda bahçe atıkları kokusuz, toprak görünümüne stabil son ürüne dönüşmüştür (Şekil 3.1.).



Şekil 3.1. Numune günlerine göre kompost ürününün değişimi.

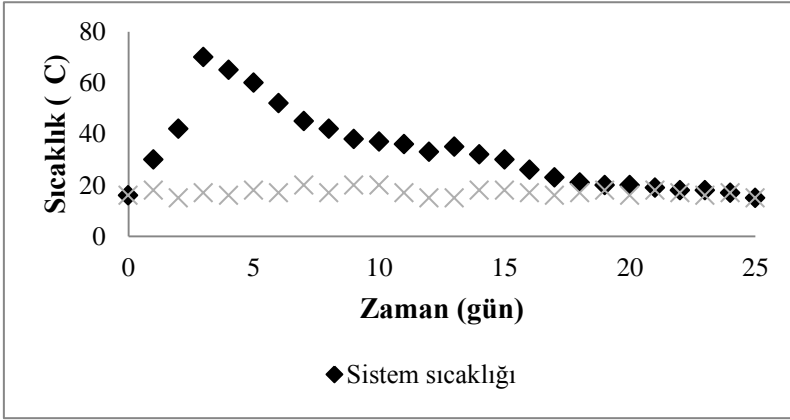
(a) 0. gün (b) 3. gün (c) 6. Gün (d) 18. gün (e) 25. gün

Kompost sıcaklıklarının zamana göre değişimi Şekil 3.2’de verilmiştir. Birinci mezofilik evre ilk iki gün içerisinde son bulmuş sonrasında termofilik evreye başlamıştır. Sistem sıcaklığı 3. gün 70 °C’ye ulaşmıştır. Kompostlaştırma sürecinin 8. gününde sistem sıcaklığının 42 °C dereceye düşmesiyle termofilik evrenin sona erdiği tespit edilmiştir. İkinci mezofilik evre ve soğuma evresiyle kompostlaştırma süreci tamamlanarak hava sıcaklığı ile sistem sıcaklığının 25. günde eşitlendiği görülmüştür.

C/N oranı kompostlaştırma sürecinin tamamlandığını tespit etmek için sistem sıcaklığının hava sıcaklığına yaklaştığı 23. gün ve eşitlendiği 25. gün numunesinde tayin edilmiştir. Sürecin 23.

gününde C/N oranı 14 olarak ölçülmüş ve 25. günde sabitlendiği gözlemlenmiştir.

Sistem nem oranı %83 olarak yüklenmiş ve kompostlaştırma prosesi tamamlandığında ise nem oranının azalarak %73.4 değerine düştüğü tespit edilmiştir. Son ürünün toplam katı madde miktarı 26.4 g TKM/g örnek olarak bulunmuştur. Süreç boyunca organik maddelerin mikroorganizmalar tarafından ayrışmasıyla kuru maddedeki organik madde miktarı %10.3 azalmış ve 0.78 g TUKM/g TKM olarak tayin edilmiştir.



Şekil 3.2. Zamana göre sıcaklık değişimi.

Kompostlaştırmada pH parametresi, toprak uygulamalarında, toprağın asit baz dengesini değiştirerek nütrientlerin bitkilere geçişini engelleyebildiğinden oldukça önemlidir (Nadia ve ark., 2015). Sistemde kompostlaştırma süreci boyunca pH değerleri 6.58 ve 8.33 aralığında değişiklik göstermiştir.

Elektriksel iletkenlik komposttaki çözünmüş madde içeriğinin göstergesidir ve elektriksel iletkenlik ölçümü kompostun tuzluluk içeriğinin belirlenmesinde kullanılır (Brady ve Weil, 1996). Son üründe iletkenlik 3.1 dS/cm olarak tayin edilmiştir. Kentsel katı atıklardan kompost elde edilmesi ile ilgili çalışmalarda, yüksek miktarda elektriksel iletkenlik içeren kentsel katı atıklardan elde

edilen kompostun (3,69 – 7,49 dS/m) toprağın tuzluluk oranını arttırdığı ve bitki büyümesini inhibe ettiği gözlenmiştir (Hargreaves ve ark., 2008). Tarım topraklarında tuzluluk oranı 0 ve 4 dS/m aralığında değişkenlik gösterdiğinden ve toprak şartlandırıcı olarak kullanılacak kompostun toprağın tuzluluk oranını arttırarak bitki büyümesini inhibe etmemesi için yüksek elektriksel iletkenliğe sahip olmaması istenmektedir (Brady ve Weil, 1996). Yapılan çalışmada bahçe atıklarından elde edilen kompostun iletkenlik değerinin uygun olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.1 Elde edilen sonuçların yasal düzenlemelerde belirtilen limit değerler ile karşılaştırılması

| | Kompost Tebliği | Tarımda Kullanılan Organik, Organomineral Gübreler ve Toprak Düzenleyiciler İle Mikrobiyal, Enzim İçerikli ve Organik Kaynaklı Diğer Ürünlerin Üretimi, İt halatı, İhracatı ve Piyasaya Arzına Dair Yönetmelik | Bahçe Atıkları Kompostu |
|--|--------------------|---|-------------------------------|
| Cd | 3 | 3 | 0 |
| Cr | 350 | 350 | 0 |
| Cu | 450 | 450 | 0.10 |
| Ni | 120 | 120 | 0.01 |
| Pb | 150 | 150 | 0 |
| Zn | 1100 | 1100 | 0.78 |
| Nem içeriği | < %30 | < %30 | % 73.4 |
| C/N | 10-30 | 10-30 | 14 |
| Organik madde (Kuru madde içersinde) | > %35 | > %35 | %78 |
| pH | 5.5-8.5 | - | 8.33 |

| | | | |
|---|--------------|--------------|--------------|
| Mineral iyonlar halinde tuzlar | <10 dS/cm | <10 dS/cm | 3.1 dS/cm |
|---|--------------|--------------|--------------|

Toprak uygulamalarında yüksek konsantrasyonlarda metal içeren kompost kullanılması topraktaki mikrobiyal aktiviteyi olumsuz yönde etkilemektedir (Mohee ve Soobhany, 2014). Yapılan çalışmada elde edilen kompostta Cd, Cr ve Pb ağır metallerine rastlanmamıştır. Bakır 0.10 mg/kg nikel 0.01 mg/kg ve çinko 0.78 mg/kg olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.1.). Benzer çalışmalarda, ağır metal içeren kompostun toprak şartlandırıcısı olarak kullanıldığında, toprak ve bitkilerde Mn, Cu, Zn ve Pb ağır metallerine yüksek miktarda ve Cd, Ni ve Cr gibi ağır metallere düşük miktarlarda rastlanmıştır (Pinamonti ve ark., 1997, Pichtel ve Anderson 1997, Walker vd., 2004, Smith 2009). Toprakta ve bitkilerde toksik etki yaptığından, komposttaki metal içeriklerine bir çok Avrupa Birliği'ne bağlı ülkede sınırlamalar getirilmiştir (Özbaş ve ark., 2011).

4. Sonuç

Sonuç olarak, bahçe atıklarının kompostlaştırılması ile elde edilen son ürünün metal içeriği, pH, C/N oranı, kuru madde içerisindeki organik madde oranı ve iletkenlik değerleri “Kompost Tebliği” ve “Tarımda Kullanılan Organik, Organomineral Gübreler ve Toprak Düzenleyiciler İle Mikrobiyal, Enzim İçerikli ve Organik Kaynaklı Diğer Ürünlerin Üretimi, İthalatı, İhracatı ve Piyasaya Arzına Dair Yönetmelik”nde geçen azami değerler ile uyumluluk göstermiştir. Ancak kompostun nem oranı belirtilen değer üstünde kalarak istenen limitleri sağlayamamıştır (Çizelge 4.1.).

Nem içeriğinin ulusal yönetmeliklerde belirtilen seviyeye ulaşması için kompostlaştırma prosesinin daha yüksek miktarda talaş veya yonga gibi nem tutucular ile daha düşük nem oranında başlatılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Bundan sonra sürdürülecek çalışmada sistem daha düşük nem oranında başlatılarak, bahçe atıklarından elde edilecek kompostun yasal

düzenlemelerde belirtilen değerler ile uyumluluğu sağlanacaktır. Böylelikle, lokal ölçekte yapılacak kompost çalışmalarıyla ticari amaçla satılan gübrelere olan ihtiyaç azalacak ve İstanbul’da katı atık depolama sahalarına gönderilen biyobozunur atık miktarlarında ciddi oranda azalma olacaktır.

Teşekkür

Yazarlar, çalışmaya kazandırılan kompost ünitesi için UNILEVER’e katkılarından dolayı teşekkür etmektedir.

Kaynakça

- Banegas, V., Moreno, J.L., Moreno, J.I., Garcia, C., Leon, G., Hernandez, T., 2007. Composting anaerobic and aerobic sewage sludges using two proportions of sawdust. *Waste Manage.* 27, 1317–1327.
- Bertoldi, M., Valini, G., and Pera, A., 1983. The biology of composting, *Waste Manage. Res.*, 1, 157-176.
- Brady N., Weil R., 1996. *The Nature and properties of Soils*, 12th ed. Prentice, New Jersey, USA. 385-495.
- Düzenli Depolama Yönergesi 1999. Avrupa Birliği, 1999/31/EC.
- Epstein, E., 1997. *The Science of Composting*, Technomic Publishing Co., Inc., Lancaster, Basel.
- Graves, R. E., Hattemer, G.M., 2000. *Composting*, Chapter 2, *Environmental Engineering National Engineering Handbook*, United States Department of Agriculture,

Natural Resources Conservation Service.

Himanen, M., Hanninen, K., 2011. Composting of bio-waste, aerobic and anaerobic sludges – effect of feedstock on the process and quality of compost. *Bioresour. Technol.* 102, 2842–2852.

Hirai, M.F., Chanyasak, V., Kubota, H., 1983. A standard method for measurement of compost maturity. *Bio Cycles* 24, 54–56.

Huang G. F., Wu Q. T., Wong J. W. C., Nagar B. B., 2006. Transformation of organic matter during co-composting of pig manure with sawdust. *Bioresour. Technol.* 97, 1834–1842.

İnce O., Özbayran E. G., Akyol Ç., İnce Ö., İnce B. 2015. Composting practice for sustainable waste management: a case study in Istanbul, *Desalination and Water Treatment*, DOI: 10.1080/19443994.2015.1067170.

Insam H, de Bertoldi M. 2003. Microbiology of the composting process. In: Golueke C., Bidlingmaier W., de Bertoldi M., Diaz L., Eds, *Compost Science and Technology*, Elsevier Science Ltd. 25-47.

Jayasree S., Balan Ranjini 2012. Characterization and bacterial succession studies of garden waste during the windrow

-
- composting process at Mercy College Campus. *Biochem. Cell. Arch.* Vol:12, No.2 : 403-413.
- Kompost Tebliği 2015, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Resmi Gazete,5 Mart 2015.
- López-González J. A., Suárez-Estrella F., Vargas-García M. C., López M. J., Jurado M. M., Moreno J. 2015. Dynamics of bacterial microbiota during lignocellulosic waste composting: Studies upon its structure, functionality and bio diversity. *Bioresour. Technol.* 175: 406-416.
- Mc Cartney, D., Tingley, J., 1998. Development of a rapid moisture content method for compost materials. *Compost Sci. Util.*, 6, 14-25.
- Mc Kinley, V.L., Vestal, J.R., Erland, A.E.,1985. Microbial activity in composting, *Biocycle*, 26 (6): 39-43.
- Mohee R., Soobhany N., 2014. Comparison of heavy metals content in compost against vermicompost of organic solid waste: Past and present, *Resour. Conserv. Recy.* 92: 206-2013
- Nadia Farah O.F., Xiang L.Y., Lie L. Y., Anuar Chairil D. C., Afandi M. P. M., Baharuddin S. A. 2015. Investigation of physico-chemical properties and microbial community during poultry manure co-composting process,

J. Environ. Sci. 28:81-94.

Özbaş E. E., Balkaya N., Emik S., 2011. Ham kompost ve ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuş kompost numunelerinin karakterizasyonları ve bitkiye yararlılıkları açısından karşılaştırılması, Ekoloji, 79, 45-56

Pichtel J., Anderson M., 1997. Trace metal bioavailability in municipal solid waste and sewage sludge composts. Bioresour. Tech. 60: 223-229.

Pinamonti F, Stringari G., Gasperi F., Zorzi G., 1997. The Use of Compost:its effects on heavy metal levels in soil and plants. Resources, Conservation and Recycling 21: 129-143.

Rynk, R., Kamp, M., Richard, T., Klega J.,Gouin, F.,1992. On Farm Composting Handbook. Northeast Regional Agricultural Engineering Service, 152. Rile- Robb Hall, Cooperative Extension, Ithaca, N.Y. 14853-5701, USA.

Sharma, V.K., Canditelli, F. Fortuna and G. Cornacchia, 1997. Processing of urban and agro-industrial residues by aerobic composting: Review, Energy Convers. Mgmt., 38 (5) , 453-478.

-
- Smith S. R., 2009. A critical review of the bioavailability and impacts of heavy metals in municipal solid waste composts compared to sewage sludge. *Environ. Intern.* 35: 142-156.
- Stentiford, E.I., 1996. Composting control: principles and practice. In: de Bertoldi, M., Sequi, P., Lemmes, B., Papi, T. (Eds.), *The Science of Composting: Part I*: Chapman and Hall Inc., London, pp. 49-59.
- Suler , D.J., Finstein, M.S., 1977. Effect of temperature, aeration and moisture on CO2 formation in bench-scale, continuously thermophilic composting of solid waste. *Appl. Environ. Microbiol.*, 33, 345-350.
- Tarımda Kullanılan Organik, Organomineral Gübreler ve Toprak Düzenleyiciler İle Mikrobiyal, Enzim İçerikli ve Organik Kaynaklı Diğer Ürünlerin Üretimi, İthalatı, İhracatı ve Piyasaya Arzına Dair Yönetmelik 2014, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Resmi Gazete, 28956, 29 Mart 2014
- Tiquia S. M., Tam N. F. Y., Hodgkis I. J. 1996.Effect of composting on phytotoxicity of spent pig-manure sawdust litter. *Environ. Pollut.* 93: 249-256.