

Tavuk Gübresi, Karanfil ve Çim Atıklarının Kompostlaştırılmasında İşlem Parametrelerinin Belirlenmesi

Recep KÜLCÜ, Osman YALDIZ

Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, Antalya, TÜRKİYE
rkulcu@akdeniz.edu.tr, yaldiz@akdeniz.edu.tr

Özet: Bu çalışmada tavuk gübresi, karanfil ve çim atıklarının kompostlaşma karakteristikleri ve işlem için uygun karışım oranları belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada Antalya bölgesinde kesme çiçek üretimi yapılan seralardan çıkan karanfil atıkları, Akdeniz Üniversitesi peyzaj alanlarında oluşan çim atıkları ve tavuk gübresi kullanılmıştır. Atıklar 6 farklı oranda karıştırılarak deneysel kompost reaktörlerinde kompostlaştırılmışlardır. İşlem süresince reaktörler içerisindeki materyallerin sıcaklık, nem, ağırlık, CO₂ ve O₂ oranları takip edilmiştir.

Denemelerde tüm reaktörlerde ilk 5 gün sıcaklıklar yükselmiş ve sonrasında kademeli olarak düşmüştür. C/N oranı 28-30 aralığında olan karışımlarda işlem sıcaklıkları 70°C'ye kadar yükselmiştir. Sıcaklıkların yüksek olduğu reaktörlerde mikroorganizma faaliyetinin sonucu olarak CO₂ seviyeleri yüksek, O₂ seviyeleri düşük ölçülmüştür. Denemeden elde edilen veriler doğrultusunda C/N oranının 28-30 ve FAS değerinin 29-31 aralığında olan karışımlarda işlem sıcaklıkları ve kuru madde kayıplarının daha yüksek olduğu dolayısıyla bu karışımların kompostlaşma için uygun oldukları sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Kompostlaştırma, karanfil atıkları, tavuk gübresi, çim atıkları.

Composting of Chicken Manure, Carnation and Grass Wastes

Abstract: This study aimed to determine optimum mixture ratio of chicken manure, grass and carnation waste for composting. For this aim, these materials mixed six different ratios and composted in the experimental composting reactors.

According to the results, the highest dry material loss (k) and temperature value were obtained in the R5. However, dry material loss and temperature values of R2 and R4 were higher than others. These reactors FAS values were between 29 and 31 and also C/N ratios were between 28 and 30. So the mixture in the R5, R2 and R4 were more successful than the other mixtures for composting.

Key words: Composting, carnation waste, chicken manure, grass waste.

GİRİŞ

21. yüzyılda küresel ısınma ve iklim değişikliği dünyanın en önemli gündem maddeleri olarak karşımıza çıkmaktadır. 1972 yılında BM "İnsan ve Çevre" konferansında bilim dünyasının ve toplumların gündemine taşınan, insan faaliyetleri sonucunda dünyanın doğal dengelerinde meydana gelen bozulmalar, günümüzde tüm önlemler ve uyarılara rağmen artarak devam etmektedir. 20 yüzyılda sanayi ve tarımsal üretimde yaşanan artışlar ve artan üretimle birlikte şekillenen tüketim toplumunun 21. yüzyıla mirası olarak kalan küresel ısınma günümüzde birçok insanın yaşamını kaybettiği felaketlerin sorumlusu olarak gösterilmektedir. BM öncülüğünde küresel ısınma ve çevre kirliliğine karşı 20. yüzyılda başlatılan mücadele günümüzde de etmektedir. BM

toplantılarında dünyanın doğal sistemini tahrip eden üretim modeline alternatif olarak "Sürdürülebilir Kalkınma" stratejisini geliştirmiştir. Sürdürülebilir kalkınma ile sanayi, enerji ve tarım alanlarında gerçekleştirilen faaliyetlerin gelecek nesiller tarafından da yapılabilecek şekilde yürütülmesi hedeflenmiştir. Bu hedef çerçevesinde tüm faaliyetlerin yeniden planlanması gerekmektedir. Günümüzde üretim faaliyetleri içerisindeki enerji ve madde akışının "Sürdürülebilir Kalkınma" prensibiyle yeniden planlanması "Madde Akım Yönetimi" olarak adlandırılmaktadır (Heck ve Bemann, 2002). Madde akım yönetimi ile tüm faaliyetlerin çevresel etkilerinin azaltılması ve çevreye duyarlı alternatiflerinin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Tarımsal faaliyetleri

“Madde Akım Yönetimi” yaklaşımıyla değerlendirdiğimizde temel hedefler; enerji kullanımının azaltılması, toprak ve ekosistemler üzerine meydana gelen fiziksel, kimyasal ve biyolojik tahribatların engellenmesi ve atıkların geri dönüşümünün sağlanmasıdır. Tarımsal atıklar içerdikleri kimyasal ilaç ve gübre kalıntıları ile çevre ve insan sağlığını tehdit eden patojen mikroorganizmaların potansiyel yaşam alanları olmaları nedenleriyle kontrollü şartlarda bertaraf edilmesi gereken katı atıklardır. Ülkemizde 1991 yılında yürürlüğe giren katı atıkların kontrolü yönetmeliğinde, katı atıkların bertarafında düzenli depolama, yakma ve kompostlaştırma/biyogaz yöntemlerinin uygulanabileceği öngörülmüştür.

Kompostlaştırma organik atıkların oksijenli (aerob) şartlar altında mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılarak toprak düzenleyici ve gübre değeri olan bir ürün elde edilmesi işlemidir (Külcü ve Yıldız, 2004; Diaz vd., 1993; Polprasert, 1996). Kompostlaştırma işleminde mikroorganizmalar oksijen tüketirler ve atık yığını içerisindeki organik maddeyi ayrıştırarak karbondioksit, su ve ısı enerjisi açığa çıkartırlar. Mikroorganizmalar bu faaliyetleri sırasında oksijen kullanırlar. Kompostlaştırma sistemlerinde mikroorganizmaların oksijen ihtiyacı, karıştırma veya zorlamalı havalandırma uygulamaları yapılarak sağlanır (Epstein, 1997; Haug, 1993). Havalandırma işlemiyle verilen temiz havanın atık yığını içerisinde homojen dağılılabilmesi için yığın içerisinde belli bir boşluk oranının sağlanması gerekmektedir. Kompostlaştırma işleminde FAS (Free air space) ile temsil edilen boşluk oranının %30-35 aralığında olması gerekmektedir ancak bu aralık kullanılan atıkların karakteristik özelliklerine göre değişebilmektedir (Jeris ve Regan, 1973; Külcü ve Yıldız 2003). Mikroorganizma faaliyeti sonucunda oluşan ısı enerjisinin bir kısmı mikroorganizmaların metabolizma faaliyetlerinde kullanılır bir kısmı ise açığa çıkarak materyal sıcaklığının yükselmesini sağlar. Yükselen sıcaklık atık yığını içerisindeki patojen mikroorganizmaların yok edilmesini sağlamaktadır. Mikroorganizmalar popülasyonlarını arttırmak için hücre yapıtaşlarını oluşturan azota ve enerji kaynağı olarak karbona ihtiyaç duymaktadırlar. Mikroorganizma popülasyonunun hızlı artabilmesi için kompostlaştırılacak materyal içerisindeki karbon/azot

oranının %20-40 aralığında olması gerekmektedir (Rynk, 1992; Külcü ve Yıldız, 2005).

Kompostlaştırma işleminde kullanılacak karışımın C/N ve FAS parametrelerini etkileyenler, kullanılan materyaller ve karışım içerisindeki oranlarıdır. Kompostlaştırma işleminin hızlı ve etkin olması için kullanılacak materyallerin işlem için en uygun karışım oranlarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada tavuk gübresi, karanfil ve çim atıklarından oluşturulacak karışımların kompostlaşma başarıları ve en uygun karışım oranları belirlenmeye çalışılmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmada kompostlaştırılacak materyal olarak Antalya’da karanfil üretiminden çıkan atıklar, Akdeniz Üniversitesi Kampusu peyzaj alanlarından biçilen çim atıkları ve tavuk gübresi kullanılmıştır. Materyaller denemede 6 farklı oranda karıştırılarak reaktörler içerisine yerleştirilmişlerdir. Denemede kullanılan karışım oranları ve karışımların C/N oranları ile FAS (Free air space) değerleri Çizelge 1’de gösterilmiştir. En yüksek FAS değeri %35 olarak R1 reaktöründe, en düşük FAS oranı %22.8 ile R6 reaktöründe sağlanmıştır. En yüksek C/N oranı 36.6 değeriyle R1 ve en düşük C/N oranı 19.7 değeriyle R3 reaktöründe sağlanmıştır. Karanfil atığı lifli ve kaba yapılı olduğu için karanfil atığının yüksek olduğu karışımların FAS değerleri yüksek hesaplanmıştır. Tavuk gübresinin içerisindeki hava oranı düşüktür ve bu nedenle tavuk gübresi oranının yüksek olduğu karışımların FAS değerleri düşük hesaplanmıştır. Çim ve tavuk gübresinin yüksek olduğu karışımlarda C/N oranları düşük, karanfil oranını yüksek olduğu karışımlarda ise C/N oranları yüksek hesaplanmıştır. Azot analizleri Kjeldahl yöntemine göre yapılmıştır, karbon ise organik madde üzerinden hesaplanmıştır.

Kompostlaştırma işlemi deneysel kompost reaktörlerinde gerçekleştirilmiştir. Sistemde 6 adet zorlamalı havalandırılmalı reaktör kullanılmıştır. Reaktörler gövdesi 5mm kalınlığında plastik oluşmaktadır. Reaktör yüzeyleri ısı kaybını engellemek amacıyla 50 mm kalınlığında cam yünü ile izole edilmiştir. Reaktörlerin kullanılabilir hacmi 100 l’dir. Reaktörlerin havalandırılmasında radyal fanlar kullanılmıştır. Radyal fanların debileri dimmer anahtarları ve vanalar yardımıyla $0.5 \text{ l.min}^{-1}\text{kg}_{\text{KM}}^{-1}$ oranında havalandırma yapacak şekilde ayarlanmıştır.

Çizelge 1. Reaktörler içerisindeki materyallerin karışım oranları ve özellikleri

Reaktör No	Karanfil Atığı Oranı, (%)	Tavuk Gübresi Oranı, (%)	Çim Atığı Oranı, (%)	C/N	FAS (%)
R1	50	25	25	36.6	35.2±1.2
R2	17	17	66	28.4	29.8±0.8
R3	17	50	33	19.7	23.7±0.7
R4	33	33	33	29.2	30.2±1.1
R5	40	40	20	29.6	30.4±1.4
R6	20	40	40	21.2	22.8±0.6

Radyal fanlar bir zaman saati ile kontrol edilmiştir. Zaman saatleri fanları saatte 15 dakikalık periyotlarla çalıştırmıştır. Radyal fanlardan üflenen hava bir hava kanalı yardımıyla reaktörlere iletilmiştir. Reaktörlerin tabanına havanın düzgün dağılmasını sağlamak amacıyla tel ızgara yerleştirilmiştir. Reaktör tabanından giren hava, reaktörlerin üst kısmındaki hava çıkış kanalından sistemi terk etmiştir (Şekil 1).

Reaktörlerin dikey ekseninde üç ayrı noktadan ısıçiftler yardımıyla sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Ölçülen sıcaklık değerleri data logger tarafından 30 dk'lık aralıklarla kaydedilmiştir. Reaktörlerden her gün 25 g'lık örnekler alınarak bu örnekler kurutma fırınında 105 °C' de 24 saat bekletilerek nem analizleri yapılmıştır (APHA, 1995). Reaktörlerden her gün gaz örnekleri alınarak, bu örneklerde dijital gaz analiz cihazıyla hacimsel olarak CO₂ ve O₂ analizleri yapılmıştır. Reaktörler her gün tartılarak, nem oranları üzerinden kuru madde kayıpları hesaplanmıştır. Denemeler 5-26 Temmuz 2006 tarihleri arasında 21 gün süre devam ettirilmiş ve bu

süre içerisinde tüm veriler alınmıştır. Kuru madde kayıplarının hesaplanmasında (Ekinci ve ark., 2006);

$$KMK = \left(1 - \frac{m(\theta)}{m(0)}\right) \times 100$$

$m(\theta)$: işlem sonrasında kuru madde ağırlığı (kg)

$m(0)$: işlem başlangıcında kuru madde ağırlığı (kg)

KMK: kuru madde kaybı (%)

eşitliği kullanılmıştır.

FAS değerinin belirlenmesinde aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (Epstein, 1997).

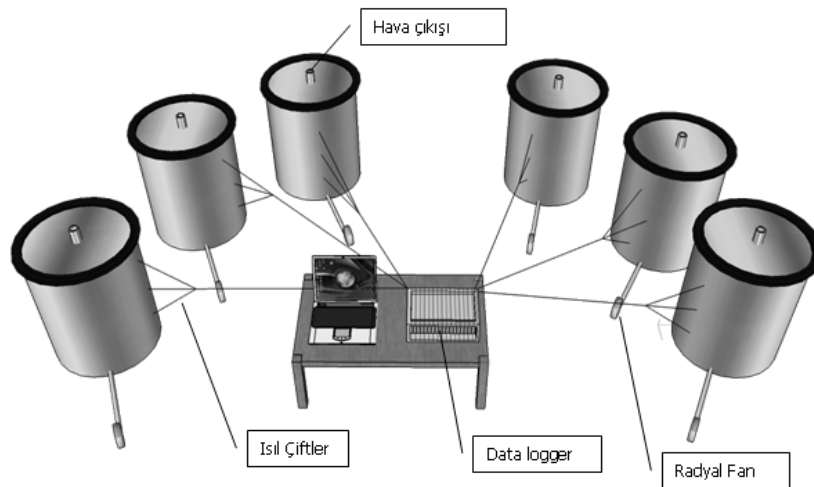
$$FAS = 100 \cdot \left(1 - \frac{BD}{SG}\right)$$

FAS- serbest hava oranı

BD- materyalin hacim ağırlığı (kg/m³)

SG- materyalin özgül ağırlığı (kg/m³)

Reaktörler içerisindeki karışımların kuru madde kayıplarının değerlendirilmesinde tesadüf parselleri deneme desenine göre Duncan testi uygulanmıştır (P<0.01). İstatistiksel analizler SAS paket programıyla gerçekleştirilmiştir (SAS, 1995).

**Şekil 1. Denemelerde kullanılan laboratuvar tipi kompostlaştırma sistemi**

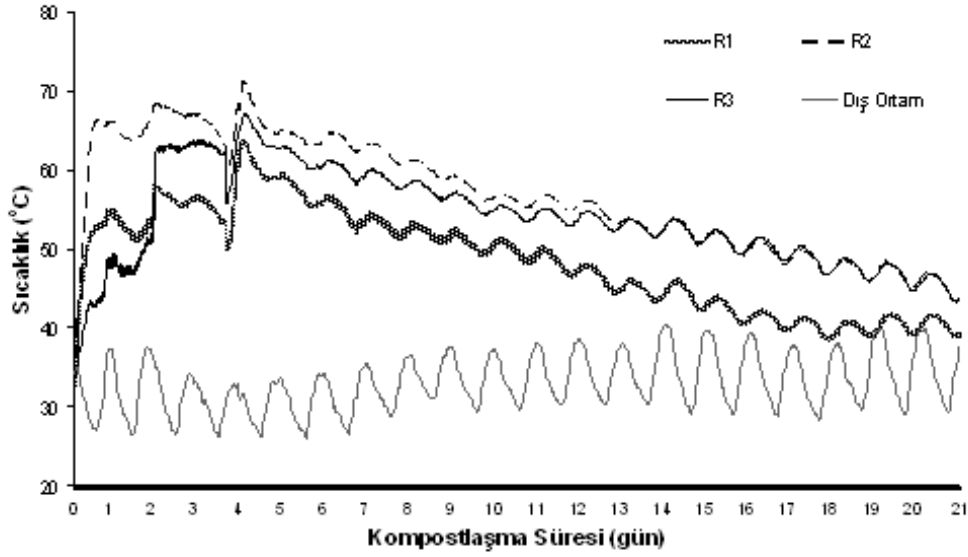
BULGULAR ve TARTIŞMA

Kompostlaştırma işlemi süresince reaktörlerin üç farklı noktasından ölçülen sıcaklık verilerinin ortalamalarındaki değişimler Şekil 2 ve 3'de gösterilmiştir. Grafikler içerisindeki sıcaklık serilerinin daha kolay ayırt edilebilmeleri için sıcaklık değişimleri iki grafikte incelenmiştir. İşlemin ilk 5 günü tüm sistemlerin sıcaklıklarında yükselmeler yaşanmıştır.

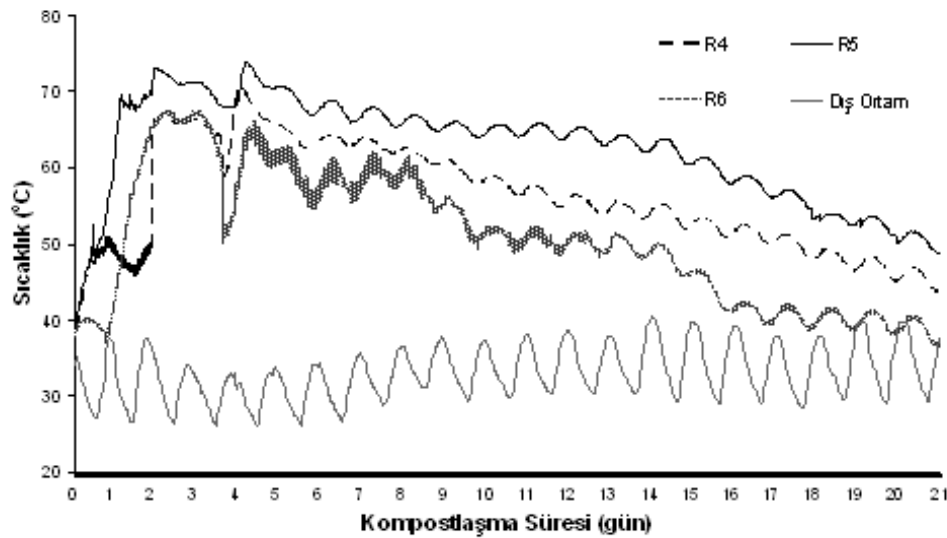
Ancak bu yükselişler R1 ve R3 reaktörlerinde daha yavaş gerçekleşmiştir. 5. işlem gününde tüm reaktörlerdeki sıcaklıklar 60-70 °C aralığına yükselmiştir.

Devam eden günlerde sıcaklıklar kademeli olarak düşmeye başlamıştır. İşlem süresince en yüksek işlem sıcaklıkları R5 reaktöründe, en düşük işlem sıcaklıkları ise R1 reaktöründe gerçekleşmiştir.

Ortam havasının sıcaklığı işlem süresince 27-40°C aralığında değişim göstermiştir.



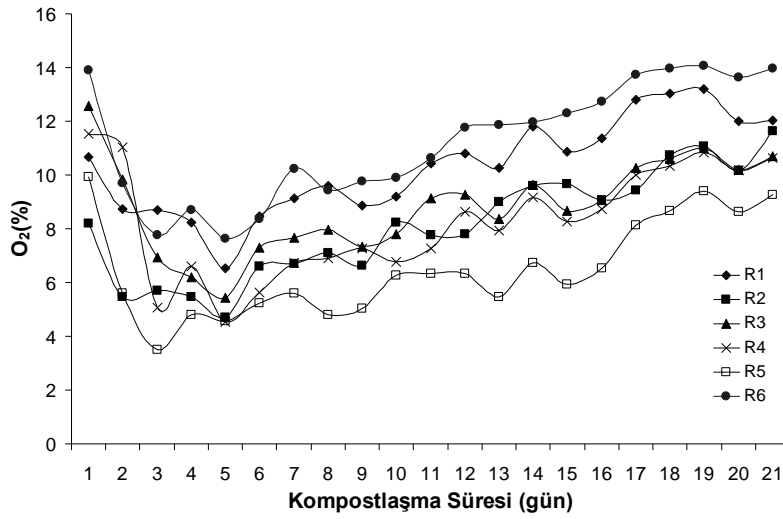
Şekil 2. R1, R2 ve R3 Reaktörlerinin işlem süresince sıcaklıklarındaki değişimler



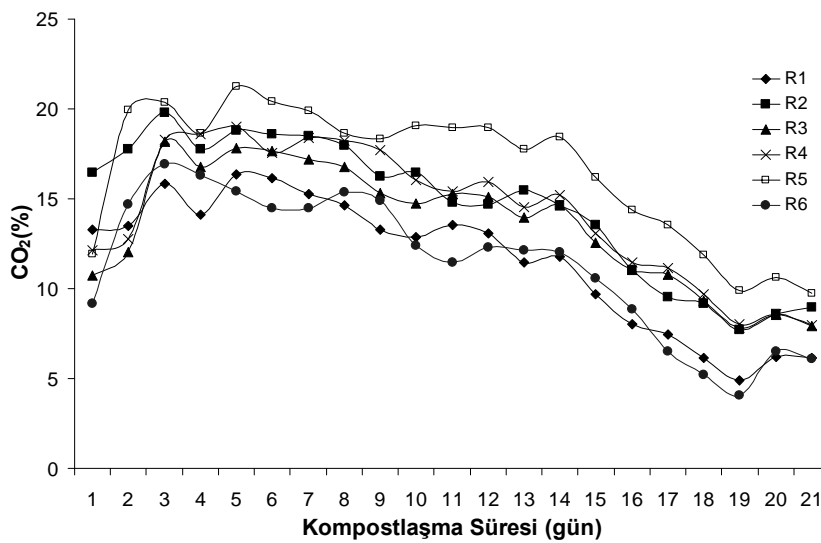
Şekil 3. R4, R5 ve R6 Reaktörlerinin işlem süresince sıcaklıklarındaki değişimler

İşlem süresince reaktörlerden alınan gaz örneklerinin O_2 içeriğindeki değişimler Şekil 4'de gösterilmiştir. İşlemin ilk günlerinde alınan gaz örneklerinin O_2 içerikleri hızla düşmüştür. 3-5. günlerde O_2 değerleri R5 reaktöründe %3.5 seviyesine kadar düşmüştür. Bu günlerde R2 ve R5 reaktörlerinde kompostlaştırma için kritik seviye olan %5 değerinin altına kadar inen O_2 değerleri devam eden günlerde kademeli olarak yükselmiştir.

Reaktörlerden alınan gaz örneklerinin CO_2 içerikleri işlem süresince O_2 içerikleriyle ters orantılı olarak değişim göstermiştir. İşlemin ilk günlerinde %15-20 aralığına kadar yükselen CO_2 değerleri 5. günden sonra kademeli olarak düşmeye başlamıştır. En yüksek CO_2 değerleri R5 ve R2 reaktörlerinden sırasıyla %21 ve %20 olarak ölçülmüştür (Şekil 5). Özellikle sıcaklık değerlerinin yüksek olduğu reaktörlerde paralel olarak CO_2 değerlerinin de yüksek olduğu görülmüştür.



Şekil 4. İşlem süresince reaktörler içerisindeki havanın O_2 içeriklerindeki değişimler



Şekil 5. Reaktörler içerisindeki havanın CO_2 içeriklerindeki değişimler

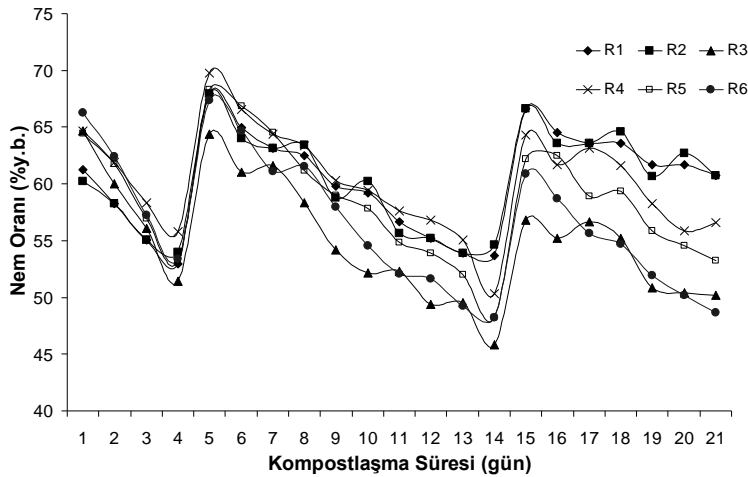
Kompostlaştırma işleminin başlangıcında mikroorganizmaların oksijen tüketimleri artmakta ve dolayısıyla yığınlar içerisinde O_2 seviyesi düşmekte, CO_2 seviyesi yükselmektedir. Bu aşamadan sonra mikroorganizma popülasyonunun azalmasıyla yığın içerisinde O_2 seviyesi yükselmekte ve CO_2 seviyesi düşmektedir (Epstein, 1997). Denemeler süresince tüm sistemlerden alınan gaz örneklerinin 5. işlem gününe kadar O_2 seviyeleri düşmüş ve CO_2 seviyeleri yükselmiştir. 5. günden sonra mikroorganizmaların oksijen kulanı hızlarının azalması nedeniyle O_2 seviyeleri yükselmiş ve CO_2 seviyeleri kademeli olarak düşmüştür.

İşlem süresince reaktörlerden alınan örneklerin nem oranlarındaki değişimler Şekil 6'da gösterilmiştir. İşlem sıcaklıklarının hızla yükseldiği ilk 5 gün materyallerin nem oranları da hızlı bir şekilde düşmeye başlamıştır. %60-65 aralığında işleme başlayan materyallerin nem oranları 5. günde %50-55 aralığına kadar gerilemiştir. 5. günde nem azalmasından dolayı kompostlaşma işleminin aksamaması için tüm reaktörlerde eş zamanlı olarak nemlendirme işlemi uygulanmıştır. Nemlendirme sonrasında materyallerin nem oranları %65-70 aralığına kadar yükselmiştir. Devam eden günlerde

işlem sıcaklıkları ve havalandırmanın etkisiyle nem oranları yeniden düşmeye başlamıştır. İşlemin 14. gününde nem oranlarının %45-55 aralığına düşmesi nedeniyle yeniden nemlendirme işlemi yapılarak materyallerin nem oranları işlemi aksatmayacak seviyelere yükseltilmiştir.

Reaktörler içerisindeki materyallerin işlem başlangıcı ve sonundaki kuru madde ağırlıkları üzerinden hesaplanan Kuru Madde Kaybı (k) değerleri Çizelge 2'de gösterilmiştir. Kuru madde kayıpları işlem süresince reaktörler içerisinde gerçekleşen ayrışma işlemi temsil etmektedir. En yüksek kuru madde kaybı %27.61 değeriyle R5 reaktöründe gerçekleşmiştir. Bu reaktörü sırasıyla %26.77 değeriyle R2, %26.53 değeriyle R4, %25.83 değeriyle R3, %25.21 değeriyle R6 ve %24.23 değeriyle R1 reaktörleri takip etmiştir.

İstatistiksel analiz sonucunda R5 reaktörünün "a" kategorisiyle en yüksek ayrışmayı sağladığı, R2 ve R4 reaktörlerinin arasında istatistiksel açıdan farklılık olmadığı ve "ba" kategorisinde değerlendirildikleri, R3 reaktörünün "bac", R6 reaktörünün "bc" ve R1 reaktörünün en düşük kategori olan "c" seviyesinde sınıflandırıldıkları görülmüştür.



Şekil 6. İşlem süresince reaktörler içerisindeki materyallerin nem oranlarındaki değişimler.

Çizelge 2. Reaktörler içerisindeki materyallerin kuru madde kayıpları

Reaktör No	Kuru madde kaybı (KMK)	Önem Seviyesi
R1	24.23 ± 0.37 ^c	*
R2	26.77 ± 0.54 ^{ba}	*
R3	25.83 ± 0.21 ^{bac}	*
R4	26.53 ± 0.63 ^{ba}	*
R5	27.61 ± 0.26 ^a	*
R6	25.21 ± 0.34 ^{bc}	*

*P<0.01

LİTERATÜR LİSTESİ

- APHA (American Public Health Association), (1995). Standard methods for the examination of water and wastewater, Washington, DC.
- Diaz, L.F., Savage, G.M., Eggerth, L.L., Golueke, C.G.. 1993. Composting and Recycling Municipal Solid Waste. Lewis Publishers, Florida, pp. 121–174.
- Ekinci ,K., Keener, H.M., Akbolat, D. 2006. Effects of feedstock, airflow rate, and recirculation ratio on performance of composting systems with air recirculation. *Bioresouce Technology* 97 p922-932.
- Epstein, E. 1997. The science of composting .Technomic Publishing Company, Switzerland, 483 ss.
- Haug, R.T. 1993. The Practical Handbook of Compost Engineering. Lewis Publishers, Boca Raton, FL.
- Heck, P. Bemann, U. 2002. Praxishandbuch Stoffstrommanagement 2002/2003. Strategien-Umsetzung-Anwendung in Unternehmen/Kommunen/Behörden.Fachverlag Deutscher Wirtschaftsdienst GmbH&Co.KG., Köln.
- Jeris J. S., Regan, R. W. 1973. Controlling environmental parameters for optimum composting. Part II:

SONUÇ ve ÖNERİLER

Denemeler süresince R5 reaktörünün işlem sıcaklıkları yüksek gerçekleşmiş ve kuru madde kaybı diğerlerinden daha fazla olmuştur. R2 ve R4 reaktörlerinden ölçülen sıcaklık değerleri ve kuru madde kayıpları diğerlerinden yüksek gerçekleşmiştir. En düşük işlem sıcaklığı ve ayırma R1 reaktöründe gerçekleşmiştir. İşlem başarısının yüksek olduğu reaktörlerin FAS oranları 29-31 aralığında ve C/N oranları 28-30 aralığında değişmektedir. Bu sonuçlar doğrultusunda tavuk gübresi, karanfil ve çim atıklarının kompostlaştırılmasında en uygun karışım oranı %40 karanfil atığı, %40 tavuk gübresi ve %20 çim atığı olarak tespit edilmiştir.

Moisture, free air space and recycle. *Compost Science* March/April.

- Külcü R., Yıldız, O. 2003. Çim Ve Yaprak Atıklarının Kompostlaştırılmasında Materyalin Fas Parametresinin İşlem Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. 21. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon Kongresi, 3-5 Eylül, Konya.
- Külcü, R., Yıldız, O. 2004. Determination of Aeration Rate and Kinetics of Composting Some Agricultural Wastes. *Bioresouce Technology*, 93(2004) 49-57.
- Külcü, R., Yıldız, O. 2005. Composting dynamics and optimum mixture ratio of chicken manure and vineyard wastes. *Waste Management & Research*, V 23 N 2, 101-105.
- Polprasert, C., 1996. In: Organic Waste Recycling: Technology and Management, second ed. Wiley, Chichester, pp. 69–113.
- Rynk, R., Kamp, M., Wilson, G.B., Singley, M.E., Richard, T.L., Kolege, J.J., Gounin, F.R., Laliberty, L.J., Kay, D., Murpy, D.W., Hoitinh, A.J. and Brinton, W.F. 1992. On- farm composting handbook. Northeast Regional Agricultural Engineering Service, Ithaca, 186 pp.
- SAS. 1995. SAS System for Windows, Release 6.11. Cary, NC: SAS Institute.