

Kompostlaştırma Prosesinde Sıcaklık ve Havalandırma Oranı Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi

Recep KÜLCÜ, Ramazan ÇAYLAK

Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, 32260-Çünür ISPARTA
Sorumlu yazar: recepkulcu@sdu.edu.tr

Geliş tarihi: 10.03.2014, Yayına kabul tarihi: 02.04.2014

Özet: Dünyada nüfusun ve tarımsal üretim miktarlarının hızlı artışı ve kentlerde tüketim alışkanlıklarının yeniden şekillenmesi organik atıkların bertarafını büyük bir soruna dönüştürmektedir. Organik atıklar tarımsal ve kentsel kökenlidirler ve çevre sağlığı için büyük risk oluşturmaktadırlar. Günümüzde organik atıkların bertarafında depolama, yakma, piroliz, anaerobik işlem (biyogaz) ve kompostlaştırma işlemleri uygulanmaktadır. Kompostlaştırma, organik atıkların bertarafında uygulanan aerobik bir işlemdir ve sürdürülebilir atık yönetim yaklaşımları içerisinde değerlendirilmektedir. Bu işlem sonucunda üretilen kompost, toprak düzenleyici ve gübre değeri olan bir ürün olarak kullanılabilir. Kompostlaştırma işleminde mikroorganizmalar oksijen kullanarak organik atıkları oksidasyona uğratmakta ve işlem sırasında karbondioksit ile ısı enerjisi açığa çıkmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, tavuk gübresi ile samandan oluşturulan karışımların kompostlaştırılmasında optimum karışım oranlarının belirlenmesi ve kompostlaştırma işleminde sıcaklık ve havalandırma oranı arasındaki ilişkinin saptanmasıdır. Laboratuvar tipi kompostlaştırma sisteminde gerçekleştirilen denemeler sonucunda tavuk gübresi ve samandan oluşturulan karışımlar için en uygun oran; %85 tavuk gübresi ve %15 saman olarak belirlenmiştir. Havalandırma oranı ve sıcaklık arasındaki ilişkileri belirleme denemelerinde $y=0,075x-2,1667$ eşitliğinin mevcut sistemlerden daha başarılı olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Kompostlaştırma, havalandırma, sıcaklık.

Determination of Relationships Between Aeration Rate and Temperature in Composting Process

Abstract: The disposal of organic wastes is unavoidable since population growth and rapidly increasing urbanization have increased waste generation in the world. Organic wastes originating from urban and agricultural sources are a significant cause of environmental pollution. Landfilling, incineration, pyrolysis, anaerobic digestion, and composting are the methods that are used to dispose of organic wastes.

Composting, which can be defined as aerobic biological treatment, is a sustainable management of wastes. Compost can be used to improve soil structure and can act as a soil conditioner. In the process of decomposing the organic wastes, microorganisms use oxygen in the environment and then decompose the organic matter; at the end of the reaction, CO₂, water, and heat are generated.

The objective of this study is to determine the optimum mixture ratio of chicken manure and wheat straw and relationships between the aeration rate and temperature in the composting process. According to the results, the optimum mixture ratio for composting the experimental materials was found to be 85% chicken manures and 15% wheat straw on a dry basis. The equation of " $y=0,075x-2,1667$ " was found as more successful from other control strategies.

Key words: Composting, aeration, temperature.

Giriş

Dünyamız, son yüzyılda nüfusun hızlı artışı ve tüketime yönelik bir toplum yapısının şekillenmesiyle doğru orantılı olarak kirlenmekte ve milyonlarca yılda oluşan doğal denge, yapısını kaybetmektedir. Sanayi ve tarımsal üretimin artışı bu sektörlerin enerji taleplerini ve üretim sonrası ortaya çıkan atık miktarlarını sürekli arttırmaktadır. Tarımsal üretim, kentsel yaşam ve sanayi faaliyetlerinin sürdürülebilir kalkınma perspektifi içerisinde gerçekleştirilebilmesi için fosil yakıtlar yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi, atmosfere salınan emisyonların azaltılması ve atıkların bertarafında 3R kuramının uygulanması konularına öncelik verilmiştir. 3R kuramı, atıkların yönetiminde; yeniden kullanma (Reuse), azaltma (Reduce), ve doğaya geri dönüştürme (Recycle) önceliklerinin hayata geçirilmesini temel almaktadır (Erdin, 1981; Külcü, 2002).

Tarımsal üretimden açığa çıkan atıklar, bitkisel ve hayvansal kökenli atıklardır. Bitkisel atıklar karbon, hayvansal atıklar ise azot içerikleri açısından zengindirler. Ülkemizde hayvansal üretim sonrasında yılda yaklaşık 160 milyon ton gübre ve bitkisel üretim sonrasında yaklaşık 12,8 milyon ton organik atık açığa çıkmaktadır (Başçetinçelik ve ark., 2006).

Kompostlaştırma, organik atıkların oksijenli şartlar altında mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılması işlemidir. Bu işlem sonucunda organik atıklardan toprak düzenleyici ve gübre değeri olan bir ürün elde edilmektedir. Kompostlaştırma işlemi sırasında oluşan ısı ile organik madde içerisindeki patojen mikroorganizmalar etkisiz hale getirilmektedir (Haug, 1993). Kompostlaştırma işlemi, 3R kuramı içerisinde geri dönüştürme (Recycling) kapsamında değerlendirilmektedir.

Dünya'da tarımsal kökenli organik atıkların kompostlaştırılmasında yaygın olarak karıştırmalı ve statik yığın sistemleri kullanılmaktadır. Karıştırmalı yığın tipi kompostlaştırma sistemlerinde organik atıklardan oluşturulan yığınlar özel olarak tasarlanmış bir yığın karıştırıcı ile periyodik olarak karıştırılarak yığın içerisine oksijen

desteği sağlanmaktadır. Statik yığın tipi kompostlaştırma sistemlerinde ise yığın içerisine oksijen desteği zorlamalı havalandırma yapılarak sağlanmaktadır. Statik yığın tipi tesislerin işlem başarısı karıştırmalı yığın sistemlerinden daha yüksektir. Ancak bu tesisler daha fazla teknik bilgi gerektiren özelliktedir. Statik yığın sistemlerinin proses kontrolünde en önemli faktör havalandırma amacıyla kullanılan fanın kontrol stratejisidir. Fan tarafından yığın içerisine verilen hava, mikroorganizmaların oksijen ihtiyacını karşılamalı ve yığınların aşırı ısınması veya soğumasını engellemelidir (Külcü, 2004). Dünya'da statik yığın sistemlerinde havalandırma kontrol stratejisi olarak iki temel yaklaşım benimsenmiştir.

Bunlar;

- Beltsville havalandırma kontrol stratejisi: Mikroorganizmaların oksijen ihtiyacını temel almaktadır.

- Rutgers havalandırma kontrol stratejisi: Proses sıcaklığını temel almaktadır (Puyuelo ve ark., 2010; Diaz ve ark., 1993).

Beltsville havalandırma kontrol stratejisinde, kompost yığını içerisindeki materyalin mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılması için gerekli olan hava miktarı hesaplanır. Hava; fan ve zamanlayıcı kullanılarak belirli periyotlarla yığın içerisine verilir. Rutgers havalandırma kontrol stratejisinde ise yığın sıcaklığının 60°C seviyesini aşması istenmez ve sıcaklık geri beslemeli fan kontrolü ayarlanır (Bhamidimarri ve Pandey, 1996).

Kompostlaştırma işleminde, yığın içerisindeki mikrobiyolojik aktivitenin yoğunluğunu gösteren temel parametre proses sıcaklığıdır. Bu nedenle proses sıcaklığı arttığında yığın içerisinde mikroorganizma popülasyonunun arttığı dolayısıyla sistemin oksijen ihtiyacının da arttığı söylenebilir. Bu durumda proses sıcaklığının düşük olduğu şartlarda sisteme düşük oranda, sıcaklık yükseldiğinde ise yüksek oranda hava uygulaması yapmak hem proses ihtiyacını karşılayacak hem de gereksiz havalandırmayı engelleyerek

fanların enerji tüketimini azaltacaktır (Fraser ve Lau, 2000; Rynk, 1992).

Bu çalışma kapsamında sıcaklık geri beslemeli havalandırma sisteminin oluşturulması hedeflenmiştir. Bu nedenle reaktör sistemlerinde sıcaklık ve mikroorganizmaların hava ihtiyaçları arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla denemeler yapılmıştır. Reaktör denemelerinde sıcaklık ve havalandırma oranı arasındaki ilişkiler $y=ax+b$ eşitliği ile ifade edilmiş ve otomasyon sistemlerinin yazılımlarında kullanılacak formata dönüştürülmüştür.

Materyal ve Yöntem

Çalışma kapsamında denemeler Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Bölümü Kompost Laboratuvarında yürütülmüştür. Hazırlık aşamasında hammaddelerden saman Süleyman Demirel Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezinden temin edilmiştir. Tavuk gübresi ise Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü Tavuk kümeslerinden elde edilmiştir.

Hammaddelerin nem analizi ve organik madde tayinleri, Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Bölümü Kompost Laboratuvarında yapılmıştır. Bu analizlerde etüv ve kül fırını kullanılmıştır. Nem analizi için etüv 105°C 'de 24 saat çalıştırılmış (APHA,1995) ve hammaddelerin nem miktarları ölçülmüştür. Organik madde tayini için kül fırını 550°C 'de 5 saat çalıştırılmış (APHA,1995) ve organik madde miktarları ölçülmüştür.

Hammaddelerin Azot (N) analizleri Süleyman Demirel Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Katı Atık Laboratuvarında yapılmıştır. Azot analizi için TKN (Toplam Kheldal Azotu) metodu kullanılmıştır.

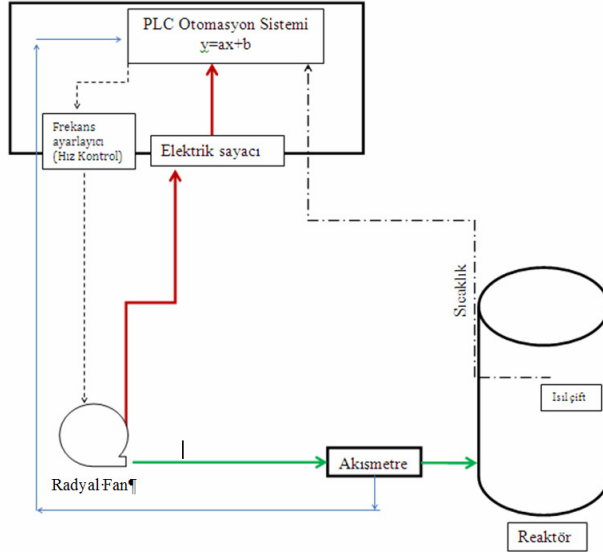
Kompostlaştırma denemeleri deneysel kompost reaktörlerinde gerçekleştirilmiştir. Reaktör sisteminin kontrolü DELTA marka PLC (Programlanabilir Lojik Kontrol) ünitesi tarafından yapılmıştır. PLC ünitesi reaktörlerin 3 farklı noktasından ısı çiftleri (K tipi) ile sıcaklık değerlerini ölçerek

kaydetmektedir. Sıcaklık değerleri ve ortalamaları seçilen aralığa göre kaydedilmektedir. Denemelerde kayıt aralığı 30 dakika olarak seçilmiştir. PLC ünitesi üç fazlı elektrik motoru ile çalışan fanları kontrol ederek reaktörlerin ihtiyacı olan oksijeni sağlamaktadır. Fanlar tarafından üflenen hava miktarı akış metreler tarafından ölçülerek PLC ünitesine iletilmektedir. PLC ünitesi kullanıcı tarafından girilen parametreler veya kullanılan eşitlikler yardımıyla reaktörlere verilmesi gereken hava miktarını hesaplamakta ve hız kontrol üniteleri yardımıyla fanlara verilen elektrik akımının frekansını değiştirerek debi kontrolünü gerçekleştirmektedir. PLC ünitesine bağlı olarak çalışan enerji sayaçları işlem süresinde fanların tükettikleri enerji miktarlarını ölçmektedir (Şekil 1).

Sistemde 4 adet kompostlaştırma reaktörü bulunmaktadır. 4 reaktör de eş zamanlı deneme yürütülebilmektedir. Reaktörler 200 litre hacminde paslanmaz metal malzemeden imal edilmiştir. Reaktörler 5 cm kalınlığında polyester ile izole edilmiş ve dış yüzeyi sıvı temasına karşı plastik koruyucu ile kaplanmıştır. Reaktörlerin tabanından fanlar ile hava üflenmekte ve hava tabandaki ızgara üzerine yerleştirilen materyalin içerisinden geçtikten sonra egzoz gazı çıkış noktasından dışarı atılmaktadır.

Çalışma kapsamında denemeler 3 aşamada planlanmıştır. Birinci aşamada reaktör sistemlerinde uygulanacak uygun karışım oranlarını belirlemeye yönelik denemeler yapılmıştır. Bu denemelerde 4 reaktör içerisine yerleştirilen tavuk gübresi ve saman farklı oranlarda karıştırılmış ve işlem süresince sıcaklıkları takip edilmiştir.

İkinci aşamada sıcaklık ve havalandırma oranı arasında 4 farklı ilişki kullanılarak en başarılı eşitlik belirlenmeye çalışılmıştır. İkinci aşama denemelerinde birinci aşamada belirlenen karışım oranı (kuru bazda % 85 tavuk gübresi ve % 15 saman) kullanılmıştır. En başarılı eşitliğin belirlenmesinde işlem sıcaklıkları, sıcaklık eğrisi altında kalan alan değerleri ve fanların enerji tüketimleri değerlendirilmiştir. Eşitliklerde y havalandırma oranını (m^3/h), x ise sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$) ifade etmektedir.



Şekil 1. Deneysel kompostlaştırma sistemi
Figure 1. Experimental composting system

Denemelerde kullanılan eşitlikler Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Denemelerde reaktörlerde kullanılan eşitlikler

Table 1. Equations used in the reactors

Reaktör Reactor	Eşitlik Equation
R1	$y=0.1x-1,667$
R2	$y=0.075x-2,1667$
R3	$y=0.075x+0,8333$
R4	$y=5$

Üçüncü ve son aşamada ise ikinci aşamada belirlenen katsayı değerinin günümüzde kullanılan Rutger's ve Beltsville stratejileri ile karşılaştırması yapılmıştır. Eş zamanlı yapılan denemelerde işlem sıcaklığı, sıcaklık eğrisi altında kalan alan ve enerji tüketim değerleri değerlendirilmiştir.

Sonuçlar

1. Aşama: Karışım Oranı Belirleme Denemeleri

Reaktörlerde kullanılacak karışımlar tavuk gübresi ve samanın analiz sonuçlarına göre C/N oranı değeri temel alınarak oluşturulmuştur. Hammaddelerin kuru madde miktarı, organik kuru madde miktarı ve azot değerleri analiz edilmiştir. Analiz sonuçları Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. Hammaddelerin analiz sonuçları
Table 2. Results of analysis of raw materials

	Tavuk Gübresi Chicken manure	Saman Straw
N (%)	2,685	0,11
Nem oranı (%) Moisture Content	53,69	6,06
OKM (%)	61,83	97,53
C (%)	34,35	54,18

Bu veriler doğrultusunda reaktörlere kuru madde miktarı 31 kg olacak şekilde farklı oranlarda yüklemeler yapılmıştır. Bu yüklemeler C/N oranına temel alınarak hesaplanmıştır. Denemelerde kullanılan C/N oranları Çizelge 3'de sunulmuştur.

Çizelge 3. Laboratuvar tipi kompost reaktörlerinde kullanılan karışım oranları
Table 3. The mixture ratios used in the laboratory-type composting reactor systems

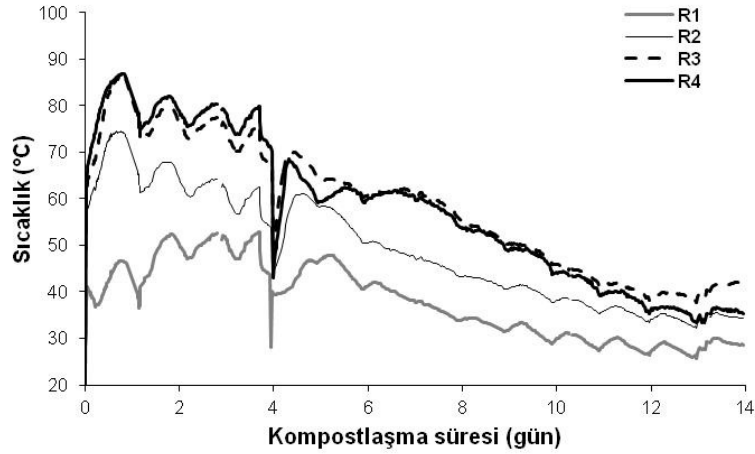
Reaktör Reactor	C/N	Tavuk Gübresi Chicken Manure (% k.b.)	Saman Straw (% k.b.)
R1	14	95	5
R2	16	90	10
R3	18	85	15
R4	20	90	20

Denemelerde karışımlar reaktörlerde 14 gün boyunca kompostlaştırma işlemine tabi tutulmuştur. İlk 4 gün aşırı ısınmadan dolayı nem kaybı yaşanmıştır. Nem kaybını

önlemek amacıyla 4. günün sonunda reaktörlere eşit miktarda su ilavesi yapılmıştır. 14. günün sonunda PLC tarafından kaydedilen veriler bilgisayar ortamına aktarılmış ve değerler incelenmiştir.

Şekil 2'de deneme süresince reaktörlerden ölçülen sıcaklık verileri

gösterilmiştir. İşlem süresince R3 ve R4 reaktörlerinde sıcaklık değerlerinin diğerlerinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Ancak grafik üzerinden yapılacak değerlendirmelerde iki reaktörün sıcaklık değerleri arasında bir ayırım yapmak zordur.



Şekil 2. Birinci aşama denemeler süresince reaktörlerin ortalama sıcaklık verileri
Figure 2. Average temperature changes at 1st stage

Sıcaklık eğrilerinin net bir bilgi sunmaması nedeniyle 1. aşama denemelerde hangi reaktörde işlemin daha başarılı olduğunun belirlenmesinde sıcaklık eğrisi altında kalan alan değerleri kullanılmıştır. Sıcaklık eğrileri altında kalan alan değerleri Çizelge 4'de sunulmuştur.

Çizelge 4. Denemelerde sıcaklık eğrisi altında kalan alan değerleri

Table 4. Areas lying below the temperature curves

Reaktör Reactor	Eğri Altı Alan Area under the curve
R1	26410,1
R2	34585,5
R3	41129,3
R4	40683,8

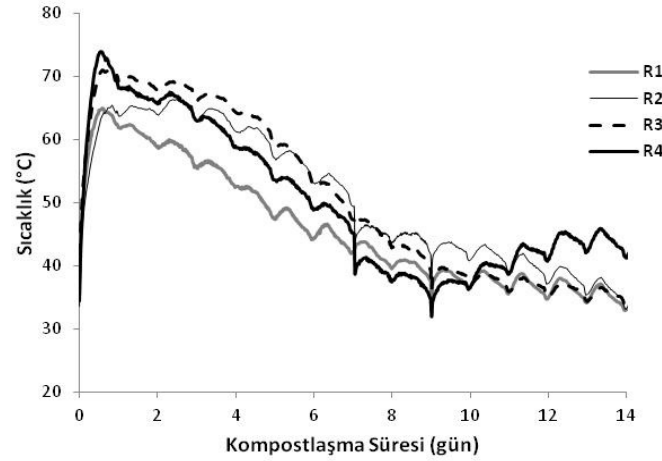
Sıcaklık eğrisi altında kalan alan değerleri R3 reaktöründe gerçekleşen işlemin diğerlerinden daha başarılı olduğunu göstermiştir. Bu sonuç doğrultusunda deney yapılan koşullarda en başarılı karışım

oranının kuru bazda % 85 tavuk gübresi ve % 15 samandan oluştuğu belirlenmiştir. Bu karışımın C/N oranı %18'dir. 2. ve 3. aşama denemelerinde R3 reaktöründe belirlenen karışım oranı kullanılmıştır.

2. Aşama: Eşitlik Belirleme Denemeleri

Bu aşama denemelerinde, sıcaklık geri beslemeli havalandırma sistemleri için işlem başarısını arttırmak ve enerji tasarrufu yapmak amacıyla sıcaklık ve havalandırma oranı arasındaki bağlantıyı en iyi şekilde ifade eden ilişkinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Denemeler 4 farklı reaktörde gerçekleştirilmiştir. Reaktörlerde Çizelge 1'de sunulan eşitlikler kullanılmıştır.

2. aşama denemeleri süresince reaktörlerden ölçülen sıcaklık değerleri Şekil 3'de gösterilmiştir. İşlem süresince R2, R3 ve R4 reaktörlerinin sıcaklıklarının yüksek ve birbirine yakın seviyelerde olduğu görülmüştür.



Şekil 3. Denemeler süresince reaktörlerden ölçülen sıcaklık değerleri
Figure 2. Average temperature changes at 2nd stage

Çizelge 5’de 2. aşama denemeleri süresince reaktörlerden ölçülen sıcaklık değerleriyle çizilen eğrilerin altında kalan alan değerleri sunulmuştur. En yüksek alan değeri R3 reaktöründe 36464,4 seviyesinde hesaplanırken R2 ve R4 reaktörlerinde de çok yakın değerler hesaplanmıştır. Bu durum 3 reaktörde işlemin birbirine çok yakın başarıda gerçekleştiğini göstermektedir.

Çizelge 5. Aşama denemelerde sıcaklık eğrisi altında kalan alan değerleri
Table 5. Areas lying below the temperature curves

Reaktör Reactor	Eğri Altı Alan Area under the curve
R1	33052,0
R2	36317,5
R3	36464,4
R4	36402,8

2. aşama denemeleri süresince reaktörlerin tükettikleri enerji değerleri Çizelge 6’da gösterilmiştir. Denemelerde en yüksek enerji tüketimi R4 den sonra sırasıyla R3, R1 ve R2 reaktörlerinde gerçekleşmiştir.

2. aşama denemelerinden elde edilen verilere göre; R4, R3 ve R2 reaktörleri birbirlerine çok yakın sıcaklık değeri sağlamışlardır. Sıcaklık ölçümleri bu reaktörler arasında net bir fark çıkmamıştır. Ancak enerji tüketimleri incelendiğinde, R2

reaktörünün diğerlerinden oldukça düşük düzeyde enerji tükettiği görülmüştür. Bu sonuçlar doğrultusunda R2 reaktöründe kullanılan $y=0,075x-2,1667$ eşitliğinin hem işlem başarısını düşürmemesi hem de büyük oranda enerji tasarrufu yapması nedeniyle diğerlerinden daha başarılı bulunmuştur.

Çizelge 6. 2. Aşama denemeleri süresince fanların tükettiği enerji değerleri
Table 6. Energy consumptions of fans at 2nd stage

Reaktör Reactor	Tüketilen enerji (kWh) Energy Consumption
R1	1,76
R2	0,95
R3	2,18
R4	2,40

3. Aşama: Geliştirilen Eşitliğin Mevcut Stratejilerle Karşılaştırılması

Bu aşamada 2. aşamada diğerlerinden daha başarılı olduğu tespit edilen $y=0,075x-2,1667$ eşitliği ile Rutger’s ve Beltsville havalandırma stratejileri karşılaştırılmış ve işlem başarısı test edilmiştir. Sistemde 4 reaktör bulunması nedeniyle 2. aşama denemelerde en yüksek sıcaklık değerini sağlayan fakat enerji tüketimi yüksek olan $y=0,075x+0,8333$ eşitliği de 3. aşama denemelere dahil edilmiştir. Karışımlar 1. aşama denemelerde elde edilen oran olan kuru bazda % 85 tavuk gübresi ve % 15 samandan oluşturulmuştur. Denemelerde

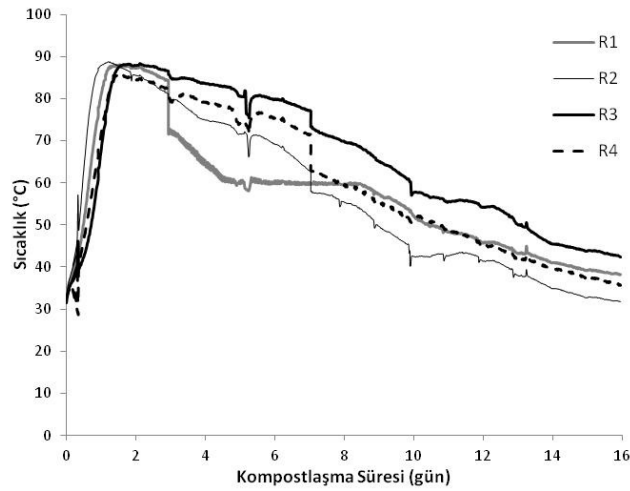
reaktörlerde kullanılan havalandırma uygulamaları Çizelge 7'de gösterilmiştir.

Çizelge 7. Denemelerde kullanılan havalandırma stratejileri

Table 7. Aeration control strategies used in the experiments

Reaktör <i>Reactor</i>	Havalandırma Stratejisi <i>Aeration Strategy</i>
R1	Rutger's (sıcaklık set 60°C)
R2	$y=0,075x-2,1667$
R3	$y=0,075x+0,8333$
R4	Beltsville (10 dk çalış, 50 dk dur)

3. aşama denemeler süresince reaktörlerden ölçülen sıcaklık değerlerinin değişimi Şekil 4'de sunulmuştur. İşlem süresince sıcaklıklar tüm reaktörlerde çok yüksek seviyelerde gerçekleşmiştir. R1 reaktöründe yapılan sıcaklık kontrol (set 60°C) uygulaması aşırı ısınmadan dolayı ilk gün yüksek sıcaklıklara çıkan materyalin sıcaklığını düşürememiş ancak 2. günden sonra sıcaklıkları aşama aşama 60°C seviyesine inmiştir. İşlem süresince en yüksek sıcaklıklar R3 reaktöründe gerçekleşmiş, onu sırasıyla R4, R1 ve R2 izlemiştir.



Şekil 4. Denemeler süresince reaktörlerin sıcaklık değerleri
Figure 4. Average temperature changes at 3rd stage

İşlem süresince reaktörlerden ölçülen sıcaklık değerlerinin oluşturulduğu eğrilerin altında kalan alan değerleri Çizelge 8'de verilmiştir. Sıcaklık eğrileri ile paralel olarak en yüksek alan değerleri sırasıyla R3, R4, R1 ve R2 reaktörlerinde gerçekleşmiştir.

Çizelge 8. 3. Aşama denemelerde sıcaklık eğrisi altında kalan alan değerleri

Table 8. Areas lying below the temperature curves at 3rd stage

Reaktör <i>Reactor</i>	Eğri Altı Alan <i>Area under the curve</i>
R1	45340,8
R2	44739,8
R3	51910,4
R4	47058,4

3. aşama denemeler süresince reaktörlerin tükettikleri enerji değerleri

Çizelge 9'da gösterilmiştir. Denemelerde en yüksek enerji tüketimi R1 de gerçekleşmiş bunu sırasıyla R4, R3 ve R2 reaktörlerinde izlemiştir.

Çizelge 9. 3. Aşama denemeler süresince fanların tükettiği enerji değerleri

Table 9. Energy consumptions of fans at 3rd stage

Reaktör <i>Reactor</i>	Tüketilen enerji (kWh) <i>Energy Consumption</i>
R1	3,29
R2	1,38
R3	1,95
R4	2,56

3. aşama denemelerde elde edilen veriler, kullanılan tüm stratejilerde yüksek sıcaklıklara ulaşıldığını göstermiştir. R1 reaktöründe uygulanan sıcaklık kontrolü (set

60°C), 2. Günden sonra sıcaklıkların kompostlaşma için uygun olmayan aşırı sıcaklık şartlarına yükselmesini engellemiştir. Ancak bu süreçte R1 reaktörünün fanlarının çok yüksek enerji tükettiği ve R2 reaktörü tüketiminin yaklaşık 2,38 katına çıktığı tespit edilmiştir. R4 reaktörü ise eşitlik uygulanan R2 ve R3 reaktörlerinden daha yüksek enerji tüketmiştir. En düşük enerjiyi 2. aşama denemede olduğu gibi $y=0,075x-2,1667$ eşitliğini kullanan R2 reaktörü tüketmiştir.

Tartışma

Çalışma kapsamında statik yığın tipi kompostlaştırma tesislerinde kullanılan proses kontrol cihazlarında kullanılmak üzere yeni havalandırma stratejilerinin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda işlem sıcaklığına bağlı havalandırma yapmak için gerekli havalandırma oranı ile sıcaklık arasındaki ilişkiyi en iyi ifade eden eşitliğin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaç doğrultusunda 3 aşamada gerçekleştirilen denemeler sonucunda elde edilen sonuç ve öneriler aşağıdaki gibidir.

- Denemelerde kullanılan hammaddeler ve deney koşulları doğrultusunda tavuk gübresi ve samandan oluşturulacak karışımların kompostlaştırılması için en uygun karışım oranının kuru bazda % 85 tavuk gübresi ve % 15 samandan olduğu belirlenmiştir.
- 4 farklı eşitliğin kullanıldığı 2. aşama denemelerde, en yüksek sıcaklığı $y=5$ eşitliği ile sağlanırken, $y=0,075x-2,1667$ ve $y=0,075x+0,8333$ eşitliklerinde de $y=5$ eşitliğine çok yakın sıcaklık seviyelerinin sağlandığı görülmüştür. Ancak bu deney koşullarında en düşük enerji tüketimini $y=0,075x-2,1667$ eşitliği kullanılan sistem gerçekleştirmiştir.
- $y=0,075x-2,1667$ ve $y=0,075x+0,8333$ eşitliklerinin Rutger's ve Beltsville stratejileri ile karşılaştırıldığı denemelerde $y=0,075x+0,8333$ eşitliği en yüksek sıcaklığı sağlamıştır. Rutger's stratejisi kullanılan sistemde ise sıcaklığın aşırı yükselmesi engellenmiştir. Ancak Rutger's stratejisi kullanılan sistemde enerji tüketimi çok yüksek olmuş, en düşük enerji tüketimi

$y=0,075x-2,1667$ eşitliği kullanılan sistemde gerçekleşmiştir.

- Denemelerden elde edilen veriler doğrultusunda enerji tüketiminin düşük olması istenen sistemler için havalandırmada $y=0,075x-2,1667$ eşitliğinin kullanımının mevcut sistemlere göre daha avantajlı olduğu belirlenmiştir.

Açıklamalar

Bu çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi tarafından desteklenen 2955-YL-11 No'lu proje kapsamında hazırlanmıştır.

Kaynaklar

- APHA (American Public Health Association). 1995. Standard methods for the examination of water and wastewater, APHA, Washington, DC.
- Başçetinçelik, A., Öztürk, H.H., Kaya, D., Kaçıra, M., Ekinci, K., Karaca, C. 25-27 Mayıs 2006, Türkiye'de Biyokütle Kullanımını Geliştirme Olanakları. VI. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu Bildiri Kitabı 846-857, Isparta.
- Bhamidimarri, S.M. ve Pandey, S.P., 1996. Aerobic thermophilic composting of piggery solid wastes. *Water Science&Technology* 33(8):89-94.
- Diaz, L.F., Savage, G.M., Eggerth, L.L., Golueke, C.G. 1993. In: *Composting and Recycling Municipal Solid Waste*. Lewis Publishers, Florida, 121-174.
- Erdin, E, 1981. Atık Suların Sulamada Kullanılması Su Kimyası ve Teknolojisindeki Son Gelişmeler Semineri 8-12 Haziran İzmir,
- Fraser, B.S and Lau, A.K., 2000. The Effects of Process Control Strategies on Composting Rate and Odor Emission. *Compost Science and Utilization*, 274-292.
- Haug, R.T., 1993. *The practical handbook of compost engineering*. Lewis Publishers, Florida, 699.
- Külcü, R., 2002. Bazı Tarımsal Atıkların Kompostlaştırılmasında Optimum Çevresel Şartların Belirlenmesi,

- Yüksek lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı
- Külcü, R., Yıldız, O., 2004. Determination of Aeration Rate and Kinetics of Composting Some Agricultural Wastes. *Bioresouce Technology*, 93. 49-57.
- Puyuelo, B., Gea, T. ve Sánchez, A., 2010. A new control strategy for the composting process based on the oxygen uptake rate. *Chemical Engineering Journal*, 161-169.
- 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 hand book. Northeast Regional Agricultural Engineering Service, Ithaca, 186.