

## GÜL POSASININ KOMPOSTLAŞTIRILMASINA GÖZENEK MALZEMESİ VE AŞININ ETKİSİ

İsmail TOSUN, M. Talha GÖNÜLLÜ, Ahmet GÜNAY

*Yıldız Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Yıldız-İSTANBUL*

Geliş Tarihi: 07.02.2003

**EFFECT OF BULKING AGENT AND SEED MATERIAL ON COMPOSTING OF ROSE OIL PROCESSING RESIDUE**

### SUMMARY

In this study, rose processing wastes produced about 27 000 tones annually in Isparta City are evaluated in terms of compostability. For this purpose, laboratory scale works were conducted using by heat insulated reactors. The effects of bulking agent and seed material were examined on the efficiency of composting. Different temperature patterns were observed in each reactor with time. It reached up to maximum level (60-70 °C) in 3-4 days, and then declined to ambient temperature during the stabilization period of 45 days. Immediately after intermediate turnings, temperature raised again for another peak temperature but lower than the previous one. Moisture content of the reactors remained in the range of 55-65% during the process. While the initial organic matter content was 70%, it decreased to 60 % during the stabilization period. The initial C/N ratio of 12-15 decreased as the composting process proceeded and found to be 6.0-6.5 at the end of the process. The results of experiment indicated that stability of rose waste composting process increased in increase of bulking agent ratio of waste mixture. As an alternative disposal way, composting of rose waste will serve not only environmental solution for disposal of these industrial wastes, but also agricultural application of decomposed product.

### ÖZET

Bu çalışmada, Isparta'da yılda ortalama 27 000 ton civarında oluşan gül sanayi posalarının kompostlaşabilirliği değerlendirilmiştir. Bu amaçla, laboratuvar ölçekli kompostlaştırma işleminde, ısı yalıtımlı reaktörler kullanılarak gözenek malzemesi oranının ve aşı türünün ayrışma verimi üzerine etkisi araştırılmıştır. Kompostlaştırma süresince her bir reaktörde gerçekleşen sıcaklık profilleri farklı seyretmiştir. Maksimum sıcaklık seviyelerine (60-70 °C) 3-4 günde ulaşılmış ve takriben 45 günde stabilizasyonun tamamlandığı tespit edilmiştir. Her bir karıştırma sonrasında ulaşılan maksimum sıcaklıklar bir öncekinden daha düşük seviyede kalmıştır. Kompost materyalinin su muhtevası (SM) proses süresince % 55-65 arasında kalmıştır. Başlangıçta %70 mertebesinde olan organik madde muhtevası (OM) ayrışma sonunda %60 seviyesine düşmüştür. Karışımların C/N oranı 12-15 civarında iken, proses ilerledikçe azalmış ve stabilizasyon süresi sonunda 6.0-6.5 seviyesine düşmüştür. Çalışma sonuçları, kompostlaştırma işleminde kullanılan gözenek malzemesi oranının artmasıyla ayrışma veriminin arttığını göstermiştir. Alternatif katı atık uzaklaştırma yöntemi olarak gül atıklarının kompostlaştırılması, sadece bu tür endüstriyel atıklar için çevresel bir çözüm değil, aynı zamanda ayrışma ürününün tarımsal uygulamalarda kullanımına imkan sağlamaktadır.

### 1. GİRİŞ

1986-1999 yılları arasında Isparta'da yılda ortalama 27000 ton (yaş ağ.) gül posası meydana gelmiştir. Yaklaşık 45 gün süren gül işleme sezonunda oluşan gül posaları, tesis civarında açılmış toprak çukurlara doldurulmakta veya dere yataklarına boşaltılmaktadır. Bu durum, su

kirlenmesine neden olduğu gibi yol kenarına inşa edilmiş tesislerin çevresinde koku ve görüntü kirliliğine de neden olmaktadır. Bu atıkların uzaklaştırılması için uygun alternatiflerin başında kompostlaştırma işlemi gelmektedir. Kompostlaştırma, organik maddelerin biyolojik olarak ayrışmasını kapsayan bir süreçtir [1]. Kompostlaştırma, uygun yöntem ve ekipmanlar kullanılarak katı atık içinde bulunan organik maddelerin kontrollü bir şekilde mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılarak, toprak için faydalı olan humus benzeri bir maddeye dönüştürülmesidir. Kompostlaştırmada işletme kontrolü için kullanılan temel parametreler; sıcaklık, su muhtevası, pH, organik madde muhtevası ve havalandırmadır. Ayrışma verimine sıcaklığın etkisini ortaya koymak amacıyla yapılan çalışmalarda evsel katı atıklar (EKA) için optimum sıcaklık 40-50 °C arasında bulunmuştur [2, 3, 4, 5]. Optimum su muhtevası (SM) % 50-60 civarındadır. SM'nin yüksek olması, biyomasın boşluklarının su ile dolmasına sebep olacağı için, oksijen difüzyonuna engel olur. Huang ve diğerleri [6] yaptıkları çalışmada, nem içeriği yüksek olan sebze atıklarını (% 94-96) kurutarak SM'nı %80'e indirmişler ve gözenek malzemesi-aşı ilavesi ile karışımın SM'nı %65'e ayarlamışlardır. Ayrışmanın hızlı gerçekleşmesi için başlangıç karbon azot oranının 20-35 arasında olması önerilmektedir [1, 7, 8]. Eğer C/N oranı 30'u geçerse, biyolojik aktivite yavaşlar ve prosesin tamamlanabilmesi için daha uzun süreye ihtiyaç duyulur. Diğer taraftan, tam tersi bir durumda yani azot miktarı fazla ise amonyak açığa çıkar; bu da koku oluşmasına ve kompostun nütrient muhtevasının azalmasına sebep olur [9]. Aerobik mikroorganizmalar % 5 oksijene kadar faaliyetlerini devam ettirebilirler. Ancak, ayrışma verimini artırmak için oksijen içeriğinin % 10'dan daha büyük olması gerektiği [10] ve optimum olarak %14-17 aralığının uygun olduğu [11] belirtilmiştir. Clark ve diğerleri [12] soğuk mevsimlerde, ısı kaybını önlemek için sisteme verilen havanın ön ısıtılmasını önermektedir. Bu çalışmada, gözenek malzemesi ve aşının gül sanayi posasının kompostlaştırılmasına etkisi araştırılmıştır. Farklı oranlarda aş ve gözenek materyali kullanılarak prosesin işletme parametreleri ve performansı değerlendirilmiştir.

## **2. MALZEME VE METOD**

### **2.1 Malzemenin özellikleri**

Yapılan çalışmalarda kullanılan gül posası, Gürkan Gülyağı Fabrikasından (Isparta) temin edilmiştir. Aşı olarak tabii olarak ayrılmış posa ve evsel katı atık (EKA) kompostu olmak üzere iki tür aş kullanılmıştır. Havalandırmada etkinliği sağlamak amacıyla, kabartma malzemesi olarak gürgenden yapılan 2<sup>cm</sup>x2<sup>cm</sup>x1.5<sup>cm</sup> boyutlarındaki malzeme kullanılmıştır. Kompostlaştırmada kullanılan posa, aş ve gözenek malzemesinin fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo'1 de verilmektedir.

### **2.2. Reaktörler**

Kompostlaştırma deneyleri için, yaklaşık hacmi 65 litre olan yumurta kesitli ve cam yünü ile izole edilmiş olan reaktörler kullanılmıştır (Şekil 1). Reaktörün taban kısmında sızıntı suyu drenajını ve sisteme hava girişini sağlamak için 9 cm boşluk bırakılmış, üzerine delikli levha yerleştirilmiştir. Levhanın üzerine sisteme verilen havayı homojen bir şekilde dağıtmak amacıyla yaklaşık 2 cm kalınlığında çakıl konulmuştur.

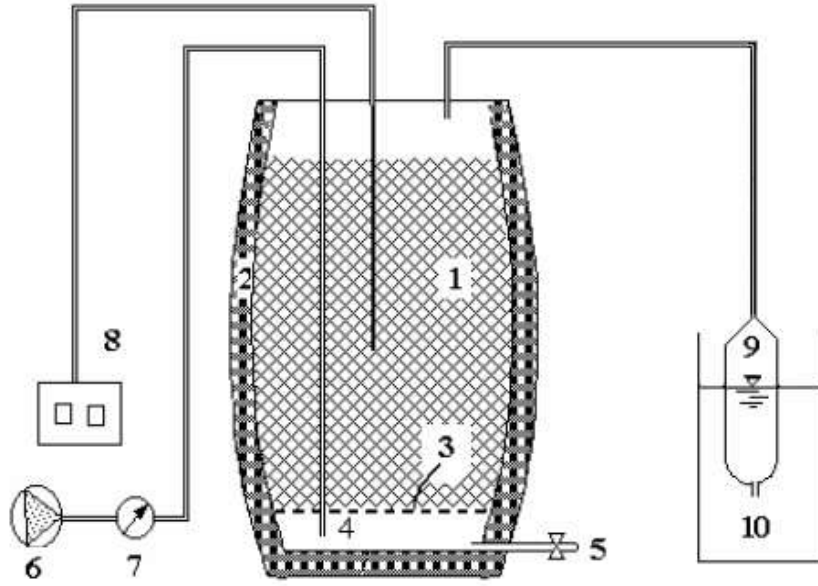
Kompostlaştırma prosesine aş ve gözenek malzemesinin ayrışma sürecine etkisini tespit etmek üzere üç reaktör kullanılmıştır. 1. ve 3. reaktörlerde aş türü ve oranı sabit tutularak gözenek malzemesi oranının etkisi, 2. ve 3. reaktörlerde gözenek maddesi oranları sabit tutularak farklı aş

## Gül Posasının Kompostlaştırılmasına...

**Tablo 1.** Reaktörlerde kullanılan materyalin özellikleri

|                             | Birim | Posa | Aşı<br>Ayrılmış posa | Aşı<br>EKA kompostu |
|-----------------------------|-------|------|----------------------|---------------------|
| Su Muhtevası (SM)           | %     | 90.5 | 5.2                  | 48.9                |
| Organik Madde İçeriği (OM)  | %     | 84.2 | 26.7                 | 37.8                |
| Toplam Organik Karbon (TOK) | %     | 50.6 | 21.2                 | 26.0                |
| TOK/OM                      |       | 0.60 | 79.4                 | 68.9                |
| Toplam Azot (TKN)           | %     | 3.7  | 1.5                  | 1.0                 |
| Karbon Azot oranı (C/N)     |       | 13.6 | 13.9                 | 25.8                |
| pH                          |       | 5.8  | 6.4                  | 8.1                 |
| Top. P (PO <sub>4</sub> -P) | mg/g  | 1.99 | 1.22                 | 0.61                |
| K                           | mg/g  | 24   | 3                    | 9                   |
| Mg                          | mg/g  | 5    | 5                    | 8                   |

türünün etkileri araştırılmıştır. Kompostlaştırmada kullanılan posa, aşı ve gözenek malzemesinin karışım oranları Tablo 2’de topluca verilmiştir.



1. Reaktör, 2. İzolasyon malzemesi, 3. Delikli levha, 4. Hava giriş boşluğu, 5. Tahliye vanası, 6. Hava pompası, 7. Debi ölçer, 8. Termometre, 9. Gaz toplama kabı, 10. Hacim değiştirme sıvısı

**Şekil 1.** Kompostlaştırma sistemine ait deney düzeneği

### 2.3. Analiz yöntemleri

Numuneler 105 °C’de 24 saat kurutulduktan sonra öğütücüde (Retsch ZM/100, 10000/15000 dev/dak) öğütülmüş ve 0.3 mm’lik elekte elenmiştir. Organik madde içeriği kuru maddenin 575 °C’deki ağırlık kaybından bulunmuştur. Numunelerin pH’ı 1:5 oranında CO<sub>2</sub> siz su ile

**Tablo 2.** Reaktörlerde kullanılan materyalin karışım oranları ve yüzdeleri (kuru ağırlık)

| Reaktör No | Posa     | Aşı      | Gözenek  | Aşı özellikleri |
|------------|----------|----------|----------|-----------------|
| R1         | 3 (60.0) | 1 (20.0) | 1 (20.0) | Ayrıışmış posa  |
| R2         | 3 (50.0) | 1 (16.7) | 2 (33.3) | EKA kompostu    |
| R3         | 3 (50.0) | 1 (16.7) | 2 (33.3) | Ayrıışmış posa  |

\*parantez içindeki değerler % karışımı ifade etmektedir.

sulandırılarak tespit edilmiştir. TOK analizi ıslak yakma ve TKN mikro Kjeldahl yöntemine göre tayin edilmiştir [13].

Sıcaklık ölçümleri reaktörlerin merkezine yerleştirilen dijital termometre problemleri ile yapılmıştır (duyarlılık  $\pm 0,5$  °C). Ölçümler, adaptasyon süresince ve karıştırmanın yapıldığı günlerde sık olarak kaydedilirken, devam eden proses boyunca günlük periyotlarla kaydedilmiştir.

### 3. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME

#### 3.1. Sıcaklık

Kompostlaştırmada ayrışma performansının göstergesi olarak izlenen en önemli parametre sıcaklıktır. Reaktörlerin merkezlerinde kaydedilen sıcaklıklar Şekil 2’de görülmektedir. Reaktörlerindeki sıcaklıklar 3-4 günde maksimum seviyeye ulaşmış ve sırasıyla 63 °C, 66 °C ve 62 °C olarak gerçekleşmiştir. Kompostlaştırma prosesinin 55 °C’nin üzerindeki sıcaklıklarda birkaç gün devam etmesi, patojen organizmaların yok olmasını sağlayacağından [1], reaktörlerde oluşan yüksek sıcaklıklar halk sağlığını koruma açısından önemlidir.

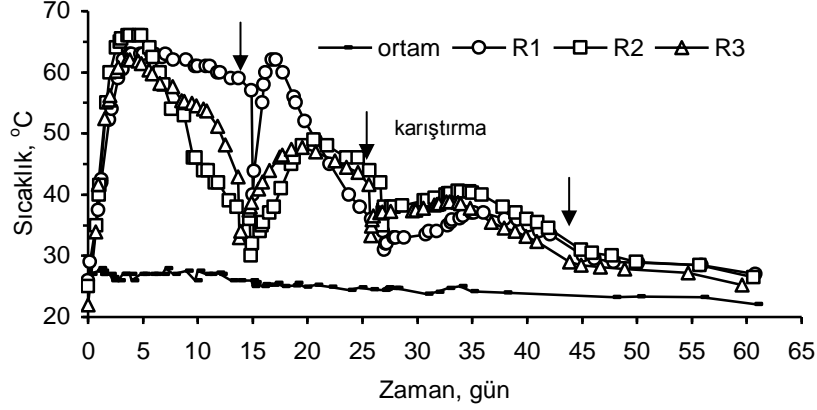
Sıcaklık profilleri, gözenek malzemesi oranı, aşı türüne bağlı olarak zamanla farklı eğilim göstermiştir. Aşı türlerinin farklı olduğu 2. ve 3. reaktörlerdeki sıcaklıkların azalmaları bakımından önemli bir fark görülmemiştir. Ulaşılan pik sıcaklık seviyeleri ve sıcaklık seyri açısından gözenek oranı az olan 1. reaktör farklı eğilim göstermiştir. Karıştırma sonlarında, artan mikrobiyal faaliyet ve ayrıışmamış organik maddenin homojen dağılımı sebebiyle sıcaklıklar tekrar yükselmiş, fakat her seferinde bir önceki pikten daha düşük seviyede bir pik meydana gelmiştir. Bu durum, literatürde verilen çalışmalar ile uyum göstermektedir [1].

#### 3.2. Su muhtevası

Reaktörlerin tümünde, karışımın başlangıç su muhtevaları (SM) yaklaşık olarak % 65’e ayarlanmıştır. İlk karışım esnasında 1 litrelik bir su ilavesi yapılmış olup diğer karışımlarda yapılmamıştır. Kompost materyali ve gözenek malzemesinin SM değişimleri Şekil 3’de gösterilmiştir. Şekilden, proses sürecinde tüm reaktörlerde kompost materyalinin SM’lerinde nispeten bir azalma eğilimi olduğu görülmektedir. Ortamdan buharlaşma ve sızma yoluyla kayda değer bir su kaybı olmasına rağmen, bu su kaybının SM’nin azalmasına yansımamasının sebebi, ortamdaki organik maddelerin bozunması ile meydana gelen kütle azalmasıdır.

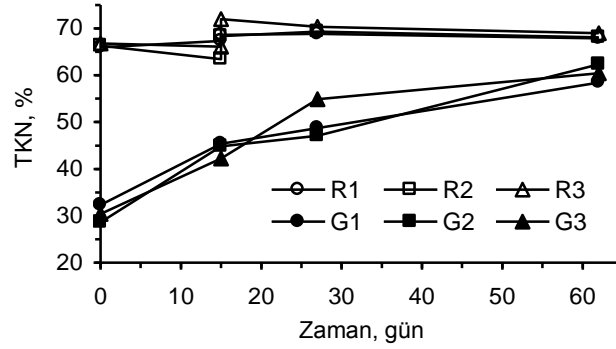
Reaktörlerde havalandırma etkinliğini artırmak amacıyla kullanılan gözenek malzemesi kütledeki suyu absorblamaktadır. Gözenek malzemesinin başlangıç su muhtevası %30 civarında iken zamanla artarak %60 düzeyine çıkmıştır.

## Gül Posasının Kompostlaştırılmasına...



R1: Posa : ayrılmış posa : gözenek = 3:1:1; R2: Posa : kompost : gözenek = 3:1:2  
R3: Posa : ayrılmış posa : gözenek = 3:1:2

Şekil 2. Reaktörlerin merkezindeki sıcaklıkların zamanla değişimi



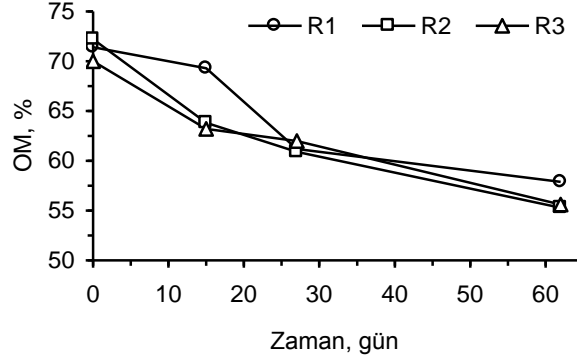
Şekil 3. Su muhtevalarının zamanla değişimi  
(R:reaktör, G:gözenek malzemesi)

### 3.3. Organik madde ve CO<sub>2</sub>-C üretimi

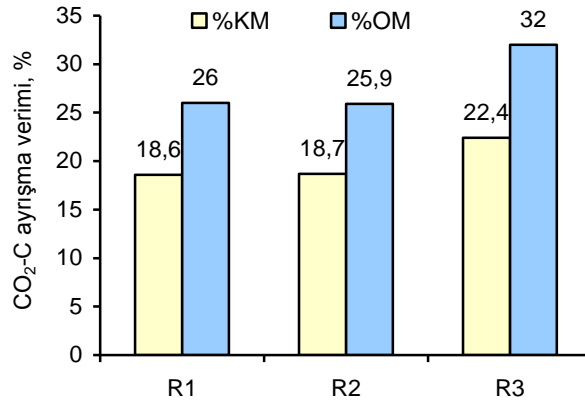
Kompostlaştırma işlemi sürecince organik madde (OM) ayrışmasını takip edebilmek için, tespit edilen OM muhtevasının zamanla değişimleri Şekil 4'de gösterilmiştir. OM muhtevası, %70 seviyesinden, stabilizasyon süresi sonunda %55 seviyesine düşmüştür. Gözenek oranının yüksek olduğu 2. ve 3. reaktörlerde, OM ayrışması başlangıçta daha hızlı gerçekleşmiştir. 1. reaktörde gözenek malzemesi oranının düşük olması sebebiyle, ayrışma daha yavaş gerçekleşmekte ve ortamda daha fazla organik madde kalmaktadır. Kompostlaştırma sürecinin 12.gününde 1.reaktördeki OM muhtevasının yüksek çıkması bunu doğrulamaktadır.

Kompost materyalinin ayrışma performansını izlemek amacıyla her bir reaktörlerde üretilen kümülatif CO<sub>2</sub> miktarları belirlenmiş ve ayrışma verimleri hesaplanmıştır. Katı madde (KM) ve OM bazında ayrışma verimleri Şekil 5'de gösterilmiştir. Buna göre her bir reaktörde birim KM ve

birim OM bazında CO<sub>2</sub>-C üretimleri sırasıyla, 0.186, 0.187, 0.224 g CO<sub>2</sub>-C/g-KM ve 0.26, 0.26, 0.32 g CO<sub>2</sub>-C/g-OM'dir.



Şekil 4. Organik maddenin zamanla değişimi



Şekil 5. Kompost materyalinin ayrışma verimleri

En az CO<sub>2</sub> üretimi, gözenek oranı az olan 1. reaktörde gerçekleşmiştir. Gözenek malzemesi oranı aynı olan 2. ve 3. reaktörler CO<sub>2</sub> üretimine göre karşılaştırıldığında, EKA kompostu ile aşılana 3. reaktördeki üretimin belirgin bir şekilde fazla olduğu görülmektedir. Buna göre, EKA kompostu aşısının ayrışmada daha etkili olduğu belirlenmiştir [14].

### 3.4. pH

Yapılan pH ölçüm sonuçlarında gösterilmiştir. Her bir reaktör için pH değerleri sırasıyla başlangıçta 5.7, 6.1 ve 5.8 iken, proses sonrasında 7.4, 7.6 ve 7.5 değerlerine yükselmiştir. Ayrışmanın hızlı gerçekleştiği İlk 20-25 günde pH değeri stabil hale gelmiştir. Graves ve Hattemer [7], başlangıç değeri ne olursa olsun kompostlaşma süresi sonunda pH değerinin 7.8-8.0 arasında stabil hale geldiğini belirtmişlerdir. Başlangıçta CO<sub>2</sub> ve organik asitlerin oluşumu nedeniyle pH değeri yaklaşık 5-6 seviyesine düşerken, proses ilerledikçe 8.0-8.5 seviyesine kadar

## Gül Posasının Kompostlaştırılmasına...

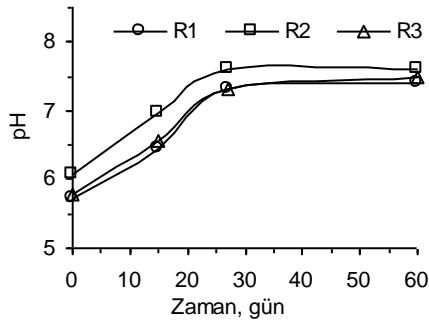
yükselebilir. Bu durum çoğunlukla, CO<sub>2</sub> eliminasyonundan olduğu kadar proteinlerin ayrışmasından ileri gelmektedir [15].

### 3.5. TKN ve C/N oranı

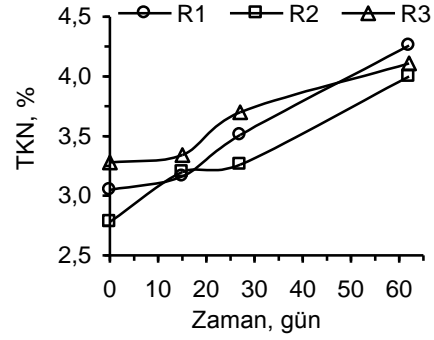
Kompostlaştırma süresince TKN değerleri Şekil 7'de gösterilmiştir. Azot miktarlarında kütle kaybından ileri gelen bir artış görülmektedir. Başlangıçta %3 civarında olan azot muhtevaları stabilizasyon süresi sonunda %4-4.3 seviyesine yükselmiştir. Tejada ve diğerleri [16] tarafından yapılan bir çalışmada, aerobik ayrışma süresince CO<sub>2</sub> kaybı yüzünden azot değerlerinin, 1.34%'den 2.96%'ya çıktığı belirtilmiştir.

Kompostlaştırma süresince C/N oranının zamanla değişimleri Şekil 8'de gösterilmiştir. C/N oranının ayrışmanın hızlı gerçekleştiği safhada (20-25 gün) hızla azalırken, ayrışmanın yavaşlamasıyla birlikte C/N oranındaki düşme de azalmıştır. Başlangıçta 12-15 civarında olan C/N oranı, stabilizasyon süresi sonunda 6.0-6.5 seviyesine düşmüştür.

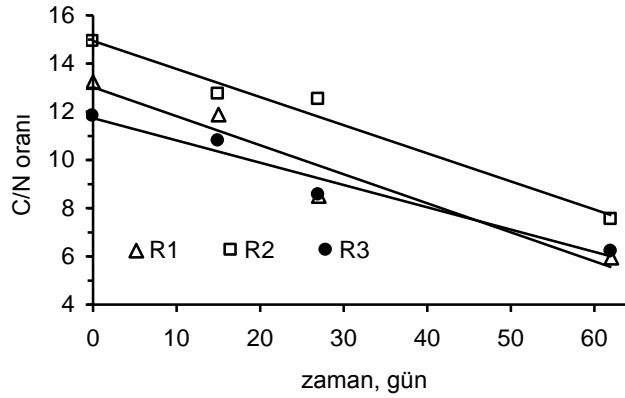
C/N oranının değişimi ile kompost süresi arasında düzenli bir ilişki mevcuttur. Sıfırncı derece kinetiğe göre reaksiyon hız sabitleri birbirine yakın değerlerde olup sonuçlar aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 6. pH'nın zamanla değişimi



Şekil 7. TKN'nun zamanla değişimi



Şekil 8. C/N oranlarının zamanla değişimi

$$\begin{aligned}
 \text{R1 için} \quad & \left(\frac{C}{N}\right)_t = -0.120 \times \left(\frac{C}{N}\right)_0 + 13.02 \quad r^2=0.93 \\
 \text{R2 için} \quad & \left(\frac{C}{N}\right)_t = -0.117 \times \left(\frac{C}{N}\right)_0 + 14.94 \quad r^2=0.97 \\
 \text{R3 için} \quad & \left(\frac{C}{N}\right)_t = -0.093 \times \left(\frac{C}{N}\right)_0 + 11.74 \quad r^2=0.96
 \end{aligned}$$

### 3.6. Kompost kalitesi

Reaktörlerde elde edilen ürünün özellikleri Tablo 3’de gösterilmiştir. Tablodan, gül posasının kompostlaştırılması ile tarımda kullanım açısından (besi maddelerince zengin oluşu, düşük C/N oranı) kaliteli ürün elde edildiği görülmektedir. N, P, K ve diğer elementlerin başlangıç değerlerine göre yüksek olması, ayrışma süresince CO<sub>2</sub> kaybindan dolayı, ortamda daha konsantre hale gelmelerinden ileri gelmektedir. Benzer sonuçlar, Fang ve Wong [17] tarafından arıtma çamurlarının kompostlaştırılması konusunda yapılan çalışmada da ortaya konmuştur.

Tüm reaktörlerde proses sonrası ve öncesi C/N değerinin oranları,  $(C/N)_{\text{son}}/(C/N)_{\text{başlangıç}}$ , 0.5 civarında gerçekleşmiştir. Bu değer, stabilizasyonun ölçüsü olarak Epstein [1] tarafından verilen 0.47-0.85 değerleri arasında kaldığı belirlenmiştir. Yalnız başına, kesin bir gösterge olmamakla beraber, nihai C/N oranının 20’den küçük olması istenir.

Proses sonunda kompostun kendi kendine ısınma düzeyini belirlemek amacıyla Dewar testi yapılmış ve 2-3 °C’lik sıcaklık artışı tespit edilmiştir. Buradan, C/N oranı ve Dewar testi değerlendirmesine göre ürünün tamamen stabil olduğu anlaşılmaktadır.

**Tablo 3.** Reaktörlerde elde edilen kompostun özellikleri

| Parametre                   | Birim | 1.Reaktör | 2.Reaktör | 3.Reaktör |
|-----------------------------|-------|-----------|-----------|-----------|
| SM                          | %     | 67.8      | 68.1      | 69        |
| OM                          | %     | 57.9      | 55.3      | 55.6      |
| TKN                         | %     | 4.26      | 4         | 4.11      |
| C/N                         |       | 5.9       | 7.5       | 6.2       |
| pH                          |       | 7.4       | 7.6       | 7.5       |
| Top. P (PO <sub>4</sub> -P) | mg/g  | 1.50      | 1.08      | 1.22      |
| K                           | mg/g  | 8.2       | 9.3       | 8.2       |
| Mg                          | mg/g  | 6.4       | 8.5       | 7.9       |

### 4. SONUÇLAR

Kompostlaştırma işleminin ilk 20-25 gününde ayrışmanın yaklaşık 2/3’ü gerçekleşmiştir. Başlangıçta proses hızının yüksek olması nedeniyle 3-4 gün içinde maksimum sıcaklık seviyelerine (60-70 °C) ulaşılmıştır. Gözenek oranı az olan reaktördeki sıcaklık profili diğer reaktörlerden farklı seyir göstermiştir. Tüm reaktörlerde yaklaşık 45 günde stabilizasyon tamamlanmıştır.



## **Gül Posasının Kompostlaştırılmasına...**

Organik madde muhtevası %70 seviyesinden, stabilizasyon süresi sonunda %55 seviyesine düşmüştür. Gözenek oranının fazla olması ayrışma verimini artırdığı için 3.reaktörde daha fazla ayrışma gerçekleşmiştir.

TKN değerleri, başlangıçta %3 civarında iken, stabilizasyon süresince CO<sub>2</sub> çıkışından ileri gelen kütle kaybından dolayı, proses sonunda konsantre hale gelerek %4-4.5 seviyesine yükselmiştir. C/N oranı ve Dewar testi sonuçlarına göre ürünün stabil olduğu belirlenmiştir.

Organik madde ve besi maddelerince zengin olan homojen yapıdaki gül posasının kompostlaştırma için uygun bir atık türü olduğu ve kompostlaştırma sonrası elde edilen ürünün tarımsal amaçlı kullanılabileceği belirlenmiştir.

### **TEŞEKKÜR**

Bu çalışma Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir. Proje No: 22-05-02-01.

### **KAYNAKLAR**

- [1] Epstein, E., "The Science of Composting", Technomic Publishing Company, Inc., Pennsylvania, 1997, 1, 38.
- [2] Clark, C.S., Buckingham, C.O., Charbonneau R., Clark, R.H., "Laboratory Scale Composting: Studies", Journal of Environmental Engineering Division, 104, 1, 47-59, 1978.
- [3] Kuter, G.A., Hoitink, H.A.J., Rossman, L.A. "Effects of Aeration and Temperature on Composting of Municipal Sludge in a Full-scale Vessel System", Journal Water Pollution Control Federation, 57, 4, 309-315, 1985.
- [4] Hamoda, M. F., Abu Qdais, H. A. and Newham, J., "Evaluation of Municipal Solid Waste Composting kinetics", Resources, Conservation and Recycling, 23, 4, 209-223, 1998.
- [5] Tuomela, M., Vikman, M., Hatakka A., and Itävaara, M., "Biodegradation of Lignin in a Compost Environment: a Review", Bioresource Technology, 72, 2, 169-183, 2000.
- [6] Huang, Ju-S., Wang, C.H., Jih, C.G., "Empirical Model and Kinetic Behavior of Thermophilic Composting of Vegetable", Journal of Environmental Engineering, 126, 11, 1019-1025, 2000.
- [7] Graves, R.E. and Hattemer, G.M., "Composting, Chapter 2, Environmental Engineering National Engineering Handbook", United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, 2000.
- [8] Tabasaran, O., "Katı Atık Teknolojisinde Gelişmeler", İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, 1979.
- [9] Diaz, L.F., Savage, G.M., Eggerth, L.L., Golueke, C.G., "Composting and Recycling Municipal Solid Waste", Lewis Publishers, 1993.
- [10] Richard, T, Trautmann, N., Krasny, M., Fredenburg S. And Stuart, C., (2000), "The Science and Engineering of Composting, Compost Chemistry", available from: [http://www.cfe.cornell.edu/compost/Composting\\_homepage.html](http://www.cfe.cornell.edu/compost/Composting_homepage.html)
- [11] Uğurlu, A. (Türkçe Bas. Edit.), SUESS, M.J., (Editör), "Katı Atık Yönetimi", Çevre Müh. Odası, Yayını, Ankara, 1995, 58-59.
- [12] Clark, C.S., Buckingham, C.O., Derek, H.B., Clark, R.H., "Laboratory Scale Composting:Techniques", Journal of Environmental Engineering Division, 103, 5, 893-906, 1977.
- [13] Nelson And Sommers, Sparks, D.L., Bartel, J.M., (Editor), "Methods of Soil Analysis: Chemical Methods Part 3" SSSA, 1996.

- [14] Tosun, İ, “Gül Sanayi Posalarının Evsel Katı Atıklarla Birlikte Kompostlanabilirliği”, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Y.T.Ü., 2003.
- [15] Sharma, V.K., Canditelli, M., Fortuna, F., Cornacchia, G., “Processing of Urban and Agro-Industrial Residues by Aerobic Composting: Review”, *Energy Conversion & Management*, 38, 5, 453-478, 1997.
- [16] Tejada, M., Dobao, M. M., Benitez, C. and Gonzalez, J.L., “Study of composting of cotton residues”, *Bioresource Technology*, 79, 2, 199-202, 2001.
- [17] Fang, M.; Wong, J.W.C., “Effects of Lime Amendment on Availability of Heavy Metals and Maturation in Sewage Sludge Composting”, *Environmental Pollution*, 106, 1, 1999.

PDF Source : [Sigma](#)