

insac

Natural and Technology Sciences

Editörler

Doç.Dr. Mustafa Tolga Çöğürçü

Dr. Mehmet Uzun

Yazarlar

•**Chapter 1:** Abdülkadir Dilber, •**Chapter 2:** Sıtkı Alper Özdemir, Mustafa Tolga Çöğürçü, Mehmet Akif Arslan, •**Chapter 3:** Sıtkı Alper Özdemir, Mustafa Tolga Çöğürçü, Mehmet Akif Arslan, •**Chapter 4:** Mehmet Dikici, •**Chapter 5:** Cihat Erdem Bulbul, Levent Mercan, Sevgi Marakli, •**Chapter 6:** Gani Erhan Taşar, Özden Canlı Taşar, •**Chapter 7:** Lokman Bilen, •**Chapter 8:** Gökhan Gürbüz, •**Chapter 9:** Melike Ciniviz, Gokce Keser, Lutfiye Yılmaz-Ersan, Tulay Ozcan, •**Chapter 10:** Müfide Narlı, Büşra Harnupdalı, •**Chapter 11:** Murat Gezer, •**Chapter 12:** Görkem Polat, Ezgi Türkeş, Yeşim Sağ Açikel, •**Chapter 13:** Murat Çavuş, Şinasi Bingöl, •**Chapter 14:** Tuğba Özdemir, Özge Tüzün Özmen, •**Chapter 15:** Abayhan Buran, •**Chapter 16:** Betül Coşkun Önal, Zeynep Özdemir, •**Chapter 17:** Filiz Karakuş, •**Chapter 18:** Melek Zor, Menekşe Bulut, •**Chapter 19:** A. Hakan Aktaş, •**Chapter 20:** Şebnem Nalan Akaroğlu, Sevtap Erbilek.



ISBN: 978-625-8109-01-6

**Natural and Technology
Sciences**

CHAPTER 15



**Evsel Katı Atıkların Değerlendirilmesi
(Abayhan Buran)**

Evsel Katı Atıkların Değerlendirilmesi

Abayhan Buran

Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomühendislik Bölümü

E-mail: a.buran@firat.edu.tr

1. Giriş

Atıkların önlenmesi ve değerlendirilmesi çevresel ve finansal açıdan oldukça önemlidir. Evsel Atık; evde üretilen sıradan ya da günlük faaliyetlerden kaynaklanan atıktır. Bu gıda veya mutfak atıkları, ambalaj, içecek kapları, gazeteler, dergiler, reklamlar, çocuk bezi ve hijyenik pedler, posta, çiçekler, kırık ev eşyaları ve oyuncaklar, küçük elektronik atıklar, eski giyim ve benzeri gibi atıkları kapsar (Akca ve Demir, 2017).

Evsel katı atıkların büyük bir yüzdesini atık gıdalar oluşturmaktadır. Küresel ölçekte sürdürülebilir tarım ve gıda israfının engellenmesi konularındaki çalışmalar düşünüldüğünde atıkların önlenmesi ya da değerlendirilmesi artık gündeme ilk sıralardan girmektedir. Değerlendirme işlemlerinin maliyeti ve gerektirdiği enerji de düşünüldüğünde, atıkları önlemek için yapılması gerekenler ve atık oluştuktan sonra izlenmesi gereken yollar vardır.

Gıda ve Tarım Örgütü'ne (FAO, 2013) göre, insan tüketimi için üretilen tüm gıdanın tahmini üçte biri küresel olarak kayboluyor veya israf ediliyor. Tedarik zincirinin her aşamasında gıda kayıpları ve israfları meydana gelebilir. Hasat öncesi kayıplar temel olarak, uygun teknolojilerin ve girdilerin üretim aşamasında etkisiz kullanımından, olumsuz iklim koşullarından ve zamansız kültür uygulamalarından kaynaklanmaktadır. Hasat sonrası kayıplar ise nakliye, depolama, işleme, paketleme, pazarlama ve tüketim aşamalarında ortaya çıkabilmektedir (Tatlidil vd. 2013).

2006 yılında yapılan katı atık kompozisyon belirleme çalışmasına göre ülkemizdeki belediye atıklarının %34'ünü mutfak atıkları oluşturmaktadır (Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2014).

Gıda atıklarının değerlendirilmesiyle ilgili dünya genelinde pek çok ülkede gıda bankaları kurulmuştur. Ülkemizde de bu gıda bankalarının sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Gıda bankaları üretim fazlası olan veya bağışlanan, sağlığa uygun her türlü gıdayı tedarik eden, uygun şartlarda depolayan ve bu ürünleri doğrudan veya değişik yardım kuruluşları aracılığıyla kâr amacı gütmeyen, açlık sınırında bulunan kişilere ve doğal afetlerden etkilenenlere

ulaştıran, dernek, vakıf veya belediyelerin oluşturduğu organizasyonlardır (Türkiye İşrafı Önleme Vakfı, 2004).

Tüm bu atıklar kaynağında ayrıştırma veya mekanik ayrıştırma ile geri dönüştürölerek, ısı değeri ya da biyolojik muhteviyatından faydalanılması yoluyla ekonomiye geri kazandırılabilir. Ülkemizde atıkların çoğunlukla karışık olarak toplanması; geri kazanma oranının düşmesine, yüksek maliyetli proseslerin oluşmasına neden olmaktadır.

Evsel katı atıkların bertarafı, politik, yasal, sosyo-kültürel, çevresel ve ekonomik nedenlerden etkilenen büyük bir teknik sorundur. Bu nedenle, katı atık miktarını azaltmak için, bazı yeni yöntemler uygulanmalıdır.

Ülkemizde organik evsel atıkların biyogaz üretiminde ya da kompostlama yönünde değeriendirilmesi konusunda eksiklikler devam etmektedir.

Kentsel katı atıkların kompozisyonu, nüfus artışı, yaşam standartındaki değışimler, yasal düzenlemeler gibi faktörlere bağlı olarak sürekli değışim göstermektedir. Kentsel katı atığın kompozisyonu, ayrışma oranı ve oluşacak ürünleri etkilemektedir. Ancak ön işlemlerle atık kompozisyonu kontrol altına alınarak homojen bir atık kompozisyonu sağlanabilir. Kentsel katı atıkların kompozisyonu, ayrışma reaksiyonlarını aşağıdaki faktörlere bağlı olarak etkilemektedir.

- i. Organik madde, nütrient ve nem miktarını içeren kullanılabilir substratın olup olmaması,
- ii. Ortamda potansiyel inhibitörlerin bulunup bulunmaması,
- iii. Sıvı veya gaz tasınım fazından tamamen izole edilmiş “Mikro Ortamların” oluşması.
- iv. Düzenli depolama alanlarında depolanan atıklar, biyolojik olarak kolay ayrışabilen gıda ya da bahçe atıklarından çok, ayrışması daha zor kağıt, plastik türü atıklar içerebilmektedir.

Bununla birlikte endüstriyel alanlardan gelen atıklar yapılarında toksik maddeler bulundurabilir. Atık içeriğindeki bu tür maddeler özellikle anaerobik bozunma ile biyogaz eldesini olumsuz şekilde etkilemektedir (Öztürk ve Karalı, 2009).

2. Evsel Katı Atıkları Değerlendirme Yolları

Evsel atıkların önlenmesi ya da mevcut atıkların bertarafı için farklı stratejiler geliştirilmiştir. Çeşitli önceliklere göre seçenekler sıralanmıştır.

Üç temel atık azaltma-önleme stratejisi vardır (EPA, 2014):

- i. Atık oluşumunu önleme ya da atık azaltma

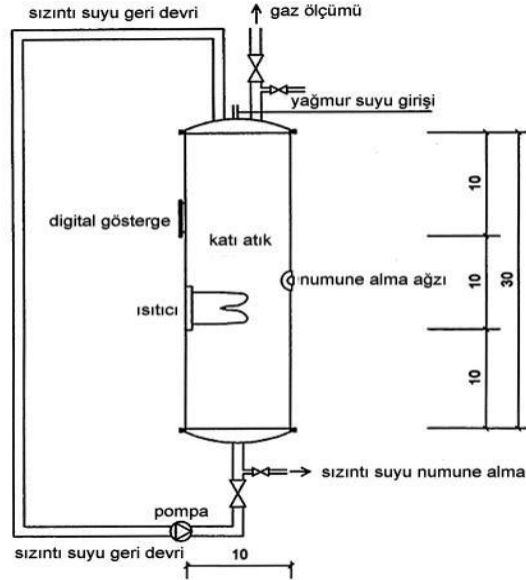
ii. Kullanılabilir atıkların tekrar kullanımı

iii. Geri dönüşüm

Bu durumda ilk seçenek atıklarının meydana gelmesinin engellenmesi, aksi durumda ise evsel atık oranının azaltılmasıdır. Uygulanacak ikinci seçenekte insan tüketimi için uygun olan gıdaların ihtiyacı olan insanlara ulaştırılması, hayvan tüketimine uygun olan gıda atıklarının ise hayvan yemi veya katkısı olarak kullanılmasıdır. Bu önceliklerden sonra atıkların değerlendirilmesi veya bertaraf edilmesi seçeneklerine yönelmek gerekir. Bunlar evsel atıklardan enerji elde edilmesi yoluyla geri kazanılması veya kompost haline getirilmesidir. Değerlendirilmesi mümkün olmayan gıda atıklarının çevreye olan zararını minimize ederek yakılması ya da atık gıda depolarında saklanması elde kalan son yöntemdir (EPA, 2014).

2.1. Evsel Katı Atıkların Depolanması

Belediye atıkları olarak bilinen kentsel katı atıkların depolanması oldukça yaygındır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, uygun alanlar varsa güvenilir ve maliyetler açısından uygun bir yöntemdir (Chiemchaisri vd., 2004). Klasik depolama ile atık bertarafında temel prensip, atıkların doğaya ve insanlara karşı olumsuz etkilerini minimize etmek için geçici bir çözüm sağlamaktır. Depolamadan kaynaklanan gaz emisyonlarının ve sızıntı sularının önlenmesi; doğanın korunmasında, çevre kirliliğinin engellenmesinde ve insan sağlığını olumsuz etkileyecek durumların önlenmesinde en büyük rolü oynar.



Şekil 1: Stimüle biyoreaktör (Ağdağ ve Sponza, 2004).

Nem, anaerobik mikroorganizmaların aktiviteleri için gerekli olduğundan anaerobik parçalanmanın verimliliğinde önemli bir parametredir (Igoni vd., 2008). Dolayısıyla bu durum araştırmacıları klasik depolama yerine biyoreaktör depolama konusunda araştırmalar yapmaya yöneltmiştir (Şekil 1). Klasik depolamanın aksine biyoreaktör depolamalarda, kontrollü koşullar altında depo gazı oluşumları maksimuma çekilmekte, yer altı sularına süzüntü sularının karışmasını minimize etmek amacıyla atık içerisinde suyun infiltre edilmesini arttıracak şekilde dizayn edilmektedir (Chiemchaisri vd., 2004).

Kentsel katı atıkların içerisindeki biyolojik olarak ayrışabilir nitelikteki organik atıklar yeterince oksijen bulunmaması durumunda bozunarak hoş olmayan kokulara ve çöple karışmış sıvıların oluşmasına neden olmaktadır. Organik maddeler %50-70 aralığında su içeriğine sahip olup, bakteri faaliyetleri için zorunlu elementlerdir. Bu maddeler konteyner, transfer istasyonu veya taşıyıcı araçlarda bekletildiğinde biyolojik bozunma sonucu istenmeyen koku emisyonlarına ve sızıntı sularına neden olurlar. Sıcak havalarda oluşan biyolojik parçalanma reaksiyonları hızlanmaktadır (Themilis ve Kim, 2002).

Biyoreaktör depolamalar, atıkların hızlı stabilizasyonu, daha fazla depolama gazı elde edilmesi, sızıntı suyu kirliliği potansiyelinin azaltılması, depolamanın hacimsel kapasitesinin hızla artırılması gibi avantajların yanında atığın degradasyonunun sağlanması için de uygun bir yöntem olarak uygulanmaktadır.

2.2. Katı Atıkların Kompostlanması

Endüstriyel ve evsel katı atıkların değerlendirilmesi gün geçtikçe zorlaşmaktadır. Toplumsal kalkınmanın hızla arttığı günümüzde turizm endüstrisinin de aynı hızla gelişmesi turistik bölgelerde yeni ekolojik problemlerin doğmasına yol açmıştır. Katı atıkların bertarafı konusunda depolama ve yakmanın yanısıra, özellikle organik katı atıklar (biyoçöp) için önerilen kompostlama yöntemi gerek ekonomik olması gerekse ekolojik fayda sağlaması açısından en uygun yöntem olarak görülmektedir. Biyoçöp içerisinde bulunan organik maddelerin kompostlaştırma yolu ile ayrıştırılması, humuslaştırılması en akılcı ve en doğal ekonomik-ekolojik yöntem olarak tavsiye edilmektedir. Bakteri, mantar ve aktinomisellerin işbirliği ile bu organik bileşikler parçalanmakta, humuslaşmakta ve “doğaya dönerek” ekolojik dengenin tamamlanmasını sağlamaktadır. Uygun miktardaki oksijen ortamında ve uygun geçirgenlikte kolay ayrışan meyve kabuğu artıkları, sebze artıkları, çimen artıkları, yaprak artıkları, dal parçaları karbondioksit ve suya ayrılmakta ve bu işlemler sırasında ortama ısı yayılmaktadır.

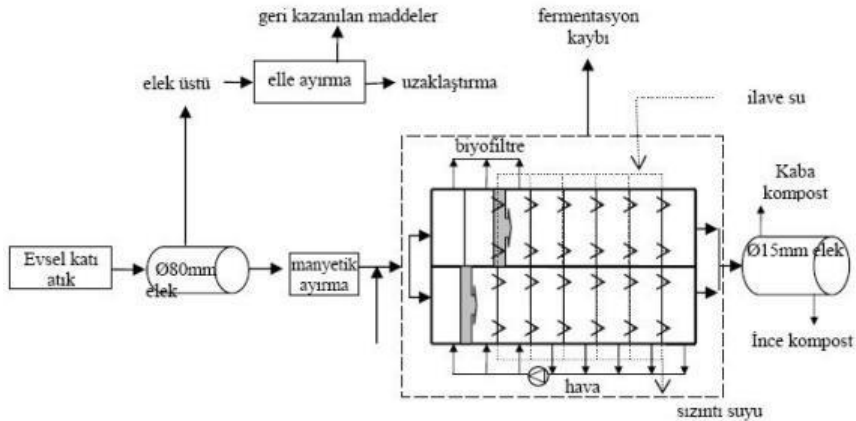
Kompostlamayla oluşan ürünler yararlıdır. Elde edilen bu kompost, bitki yetiştirmede takviye besin olarak, organik madde olarak toprak iyileştirmede ve bitki hastalıklarını önleyici olarak kullanılabilir. Kompostlama işlemi zengin organik madde içeren katı atıkların optimum koşullarda mikroorganizmalar tarafından aerobik olarak ayrıştırılması ile yürütülmektedir.

Normal olarak kompostlama esnasında az miktarda azot oksit, metan ve sera gazları oluşmaktadır. Kompostlama esnasında meydana gelen kötü kokular kompostlama yöntemindeki en ciddi problemlerden biridir (Vining, 2002).

Kompostlama işlemi zengin organik madde içeren katı atıkların optimum koşullarda mikroorganizmalar tarafından aerobik olarak ayrıştırılması ile yürütülmektedir.

Kompost yapılacak malzeme uygun nem ve oksijen ortamında mikroorganizmalar tarafından parçalanmaktadır. Bu işlem sırasında CO₂ gazı oluşurken, ısı açığa çıkmakta ayrıca yeni mikroorganizmalar meydana gelmektedir.

Parçalanmış mikroorganizma artıkları, organik maddelerin kullanılmayan kısımları humus benzeri kompost malzemesinin oluşumunu sağlamaktadır. Kompostu oluşturan mikroorganizmalar toprak organizmalarıdır. Bu nedenle kompost yapılmaya başlamadan önce gerekli nem ve beslenecek oksijen miktarlarının hesaplanması gerekmektedir. Ayrıca hava geçirgenliğini sağlayarak aerobik şartları oluşturacak poröz malzemelerin oluşacak kompostta eklenmesi gerekir. Şekil 2’de örnek olarak Kemerburgaz Geri Dönüşüm ve Kompost Tesisi’nin bir proses şeması verilmiştir.



Şekil 2: İBB Kemerburgaz Geri Dönüşüm ve Kompost Tesisi (Yıldız vd.,2009).

Kompostlama işleminin başlangıcında katı atıkta bulunan su içeriği nedeniyle biyolojik dönüşümler ve stabilizasyon oluşabilmektedir. Yeterli havalandırmanın sağlanması ile mezofilik ve termofilik koşullar oluşmaktadır. Aerobik koşullarda yapılan kompostlama işlemi ile organik maddeler bozunmaya uğrar ve sonuç olarak karbondioksit, su ve ısı açığa çıkmaktadır. Anaerobik koşullarda yapılan kompostlama işleminde ise metan, karbondioksit ve küçük molekül ağırlıklı organik asitler oluşabilmektedir. Koku problemi nedeni ile anaerobik kompostlama işlemi tercih edilmemektedir. Biyofiltreler birçok tesiste koku problemini gidermek için kullanılmaktadır (Şekil 2).

Çeşitli karıştırma ve havalandırma yöntemleriyle gerçekleştirilen aerobik kompostlama işleminde termofilik faaliyetler sonucu ısının yükselmesi ile patojenik organizmalar bertaraf edilebilmektedir (Metcalf ve Eddy, 1991).

Kompostlama temel olarak 3 aşamadan oluşur (Scotland, 2000).

İlk aşama mezofilik büyüme aşaması; bakteriyal büyüme ve 25–40 °C arasındaki sıcaklıklarda bakteriyal büyüme.

İkinci aşamada bakteri, mantar ve aktinomisetler (birincil tüketiciler) 50–60 °C termofilik sıcaklıklarda selüloz, lignin ve diğer dayanıklı maddeleri parçalamaktadırlar. Bu yüksek sıcaklık seviyelerinde 24 saat kadar tutulması ile safsızlıklar ve patojenler yok edilmiş olur.

Son aşamada ise sıcaklık değişmez ve fermentasyon olayları meydana gelmektedir. Düşük karbon/azot oranına sahip bir ürün oluşturmak için nitrifikasyon ile humus oluşumu sağlanır (Scotland, 2000).

İyi bir kompostlama işlemi sonucu humus görünümünde stabil halde bir ürün elde edilir ve elde edilen bu kompost çeşitli tip arazilerde örtü toprağı veya toprak şartlandırıcısı olarak kullanıldığı gibi seracılıkta ve bahçecilikte çevre problemi yaratmadan kullanılabilir. Tarımsal amaçlı kullanımlarda zengin karbon, azot, fosfat ve mineral madde içeriğinden de faydalanılmaktadır ve bu nedenle toprağı verilecek olan suni gübreye takviye malzemesi görevi de yapmaktadır (Beckett, 1993).

2.3. Biyokurutma Prosesi

Kompostlama ve depolamadaki çevresel ve ekonomik sıkıntılar sebebiyle atıkların yakıt olarak değerlendirilmesi önemli ve kazançlı bir alternatif olarak düşünülmektedir. Atıkları yakmak çokça kullanılan bir yöntem olarak karşımıza çıkmasına nazaran yakılacak atık için atığın enerji içeriği büyük önem arz etmektedir. Evsel katı atıkların (özellikle organik atıkların) yüksek nem içerdikleri düşünüldüğünde erenji üretimi için kullanımında çeşitli olumsuzluklar ortaya çıkmaktadır. Biyokurutma işleminde hacmi ve nem

içeriğini düşürmek amacıyla havalandırma ve ısı etkisi kullanılan bir procestir (Sugni vd., 2005).

Biyokurutma proseslerinde kurutma oranları, biyolojik ısıının yanında zorunlu havalandırmanın yanında biyolojik ısı ile de artırılmaktadır.

Biyokurutma işlemi sırasında tüm atık karışımındaki atık maddelerin miktarının kontrol edilmesi gerekmektedir. Gıda atıklarının biyokurutma prosesi ile diğer atık maddelerle birlikte kullanılması, alternatif atık yönetimi yaklaşımı sunulmasına ve biyobozunabilir atıkların bertaraf edilmesinden kaynaklanan çevre kirliliğini azaltmaya yardımcı olacaktır.

2.4. Evsel Katı Atıkların Biyogaz Üretiminde Değerlendirilmesi

Türkiye'nin yıllık biyogaz üretimiyle elde edebileceği enerji 2.5 milyon ton taş kömürüyle eşdeğer enerjiye sahiptir. Elbette bunun tamamını ekonomik olarak kullanmak mümkün değildir. Evsel atık içeriklerinin hayvan gübrelerine eklenmesiyle biyogaz üretim potansiyeli daha da artmış olacaktır. Bu konu için ön büyük sıkıntılarının başında hayvancılığın dağılık olarak yapılması ve bir biyogaz tesisi için gerekli olan finansal ve teknik desteğin bulunamamasıdır. Tesis boyutunun büyümesiyle birlikte daha teknik donanımlı biyogaz tesisleri yapmak mümkün olmaktadır. Kritik büyüklüğe sahip çiftliklerde uzmanlar tarafından işletilecek biyogaz tesislerinin kurulması, biyogaz üretimini daha cazip hale getirecektir (Türker, 2008).

2.4.1. Evsel Katı Atıklardan Mezofilik ve Termofilik Koşullarda Metan Gazı Üretimi

Katı atıkların türü ve miktarı her geçen gün artmakta ve bu atıkların uygun şekilde bertarafı, bu nedenle, daha fazla önem kazanmaktadır. Evsel katı atıkların içeriklerine bakıldığında genel anlamda önemli bir çoğunluğunun organik atıklar olduğu göze çarpmaktadır. Daha önce yapılan çalışmalarda evsel katı atıkların neredeyse yüzdesel anlamda yarısının gıda ve bahçe atıkları benzeri organik atık içeriklerinden oluştuğu tespit edilmiştir (Metin vd. 2003).

Et, makarna ve salata gibi yemek artıkları ile yapılan bir çalışmada bu maddelerin belirli oranda karıştırılmasıyla biyogaz üretiminin gerçekleşeceği optimum koşullar sağlanmıştır (Garan ve Çelik, 2018).

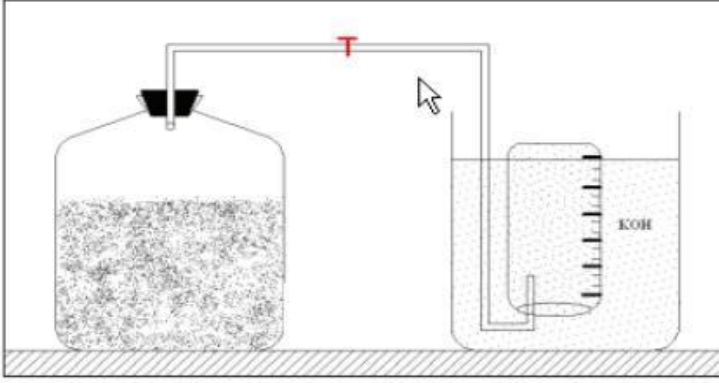
Reaktöre;

-25.6 g et, 6.5 g salata ve 6.5 g makarna,

-250 ml aş,

-500 ml su eklenmiştir.

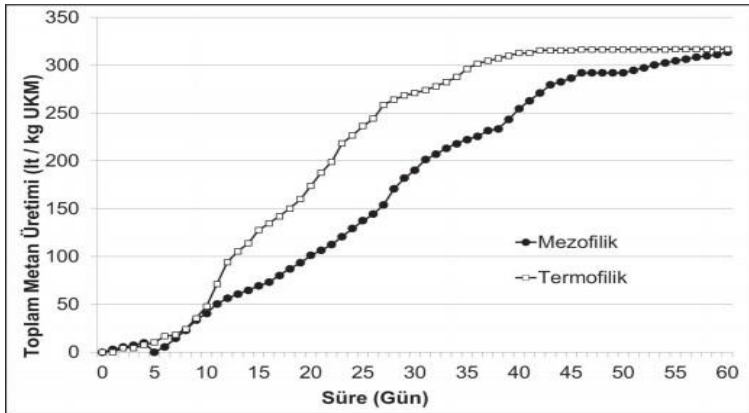
Çalışmalarında kullandıkları aşı maddesi Pakmaya firmasının metanojenik reaktöründen temin edilmiştir.



Şekil 3: Çalışmada kullanılan reaktör sistemi (Garan ve Çelik, 2018).

Reaktörde oluşan biyogazdan CO₂'nin uzaklaştırılması için gaz KOH çözeltisinden geçirilmiş ve metan gazı toplanmıştır. Bu çalışmada kesikli çalışan reaktör kullanılmışlardır (Şekil 3). Reaktörlerde oluşan metan gazı miktarları günlük olarak izlenmişlerdir.

60 günün sonundaki sonuçlara göre elde ettikleri metan gazı seviyesi mezofilik koşullarda 314 lt/kg UKM (uçucu katı madde) ve termofilik koşullarda 317 lt/kg UKM olarak kaydedilmiştir. Mezofilik koşullarda, metan gazı üretiminin %50'lik kısmı ilk 27 günde ve %75'lik kısmı ise ilk 38 günlük süreçte gerçekleşmiştir. Bu sonuçların dışında termofilik koşullardaki metan gazı üretiminin %50'lik kısmı ilk 18 günlük süreçte ve %75'lik kısmı ise ilk 24 günlük süreçte (Şekil 4) elde edilmiştir (Garan ve Çelik, 2018).



Şekil 3: Reaktörde oluşan metan gazı miktarlarının karşılaştırmalı grafiği (Garan ve Çelik, 2018).

2.4.2. Biyogaz Üretim Prosesini Etkileyen Faktörler

Anaerobik parçalamada en önemli çevresel etkenler sıcaklık, nem içeriği, pH, atık içeriği ve toksinlerdir.

Anaerobik bozunum 6–8.5 gibi dar bir pH aralığında gerçekleşmektedir. Popülasyondaki her bir mikroorganizma grubunun optimum pH aralığı vardır (Türker, 2008).

Anaerobik arıtımda genel inhibitör olarak amonyak kullanılır. Yüksek azot içeren atıkların anaerobik arıtımında oluşan amonyak, oksijensiz ortamlarda üreyen metan oluşturuucu mikroorganizmaların inhibisyonuna neden olarak biyogaz üretiminde verimi önemli ölçüde aşağı çekmektedir (Eldem ve Öztürk, 2006).

Genel olarak tarımsal atıklar, hayvansal yan ürünler, evsel katı gıda atıkları ve endüstriyel atıklar anaerobik bozunmaya daha elverişli organik kökenli atıklar türleridir.

Katı atıkların değerlendirilmesinde anaerobik teknolojilerin başarılı bir şekilde uygulanması için yüksek hızlı anaerobik biyoreaktörlerin kullanılması ve geliştirilmesi gereklidir. Reaktörün dizaynı anaerobik parçalayıcının performansını etkilemektedir.

2.5. Evsel Katı Gıda Atıklarından Pigment Üretimi

Dünyamızda her geçen sene ortalama olarak 200 milyar ton olarak ortaya çıkan atıkların çoğu çöp olarak doğaya bırakılmaktadır. Bu miktarının az bir kısmı ise yakıt, hayvan gıda katkısı veya gübre olarak değerlendirilmektedir. Gıda atıklarının değerlendirilmesi artık tüm dünya çapında büyük önem arz etmektedir. Özellikle sürdürülebilir tarım ve sıfır atık projelerinin yoğun ilgi gördüğü şu günlerde atık gıdaların değerlendirilme yollarından birisi de pigment üretiminde değerlendirilmesidir. Gıda atıklarını büyük ölçüde patates, şeker pancarı, muz, elma, turunçgiller ve üzüm oluşturmaktadır (Nigam ve Pandey, 2009).

Pigmentlerin üretimi Yüzey Kültür Tekniği veya Katı Hal Fermantasyonu ve Batık Fermantasyon veya Derin Kültür Tekniği olmak üzere iki ayrı biyoteknolojik teknik ile yapılmaktadır. Derin kültür tekniği sıvı karakterli sentetik besiyerleri veya atık materyaller ile yapılmaktadır. Düşük ürün verimliliği, yüksek işletme maliyeti ve ayırma/saflaştırma işleminin yüksek maliyeti nedeniyle derin kültür tekniğinin endüstriyel uygulamalarda uygun olmadığı belirtilmektedir (Akyıl vd., 2016). Literatürdeki araştırmalarda ve çalışmalarda geniş alan bulan katı hal fermantasyonu teknolojisi ile pigment üretiminin endüstriyel ölçekte de üretimleri gerçekleştirilmeye başlamıştır (Bailey vd., 2010).

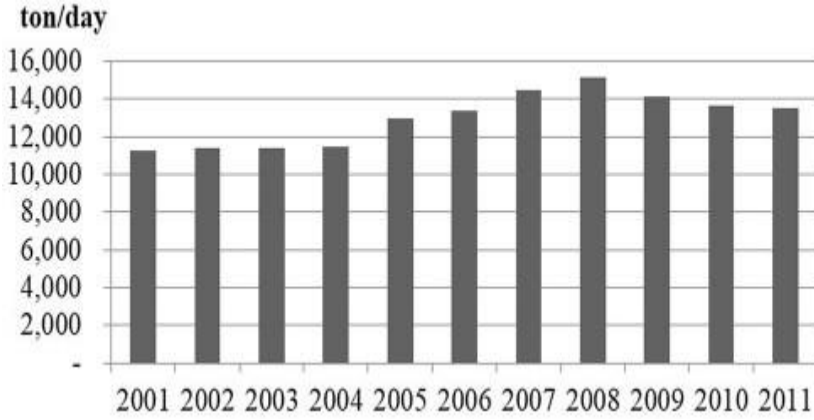
2.6. Evsel Gıda Atıklarının Hemiselüloz Bileşimi

Yenilenebilir kaynaklardan üretilen doğa dostu son yıllarda dikkat çeken bir konu olmuştur. Doğada kendiliğinden yok olma özelliğine sahip bu plastikler, bu özellikleri nedeniyle “biyobozunur” olarak adlandırılmaktadır. Bitkiler biyobozunur plastikler için en önemli kaynaklardır. Bitkiler hücre duvarı yapılarından dolayı lignoselülozik biyokütle olarak ifade edilebilirler. Hemiselüloz, lignoselülozik biyokütlenin temel bileşenlerinden biridir. Bu sayede doğa dostu biyobozunur plastiklerin üretiminde kullanılabilecek önemli bir kaynaktır. Genel anlamda fazlaca gıda üretimi ve yüksek oranda gıda tüketimi vesilesiyle ortaya çıkan gıda atıklarının katma değeri yüksek ürünlere dönüştürülerek değerlendirilmesi de oldukça önem taşımaktadır.

Toker ve Kocabaş (2014), ülkemizde evlerde günlük olarak tüketilen ve evsel katı gıda atığı olarak sınıflandırılabilen çay dem atığı, mısır koçanı, fındık dış kabuğu, portakal ve muz meyvelerinin kabukları, ay çekirdeği ve kabak çekirdeği kabukları gibi evsel gıda atıklarının değerlendirilmesi konusunda bir çalışma yapmışlardır. Yaptıkları çalışmaya göre, evsel gıda atıklarının hemiselüloz bileşimleri %10 KOH ile alkali özütleme yöntemiyle taranmışlardır. En yüksek hemiselüloz verimini atık mısır koçanından (%24,3±0,6) elde etmişlerdir. Bu çalışmalarıyla evsel gıda atıklarının hemiselüloz verimlerinin temel alınması ve biyoplastik üretim potansiyellerinin belirlenmesini hedeflemişlerdir.

3. Evsel Atık Gıdanın Geri Dönüşümünde Güney Kore Örneği

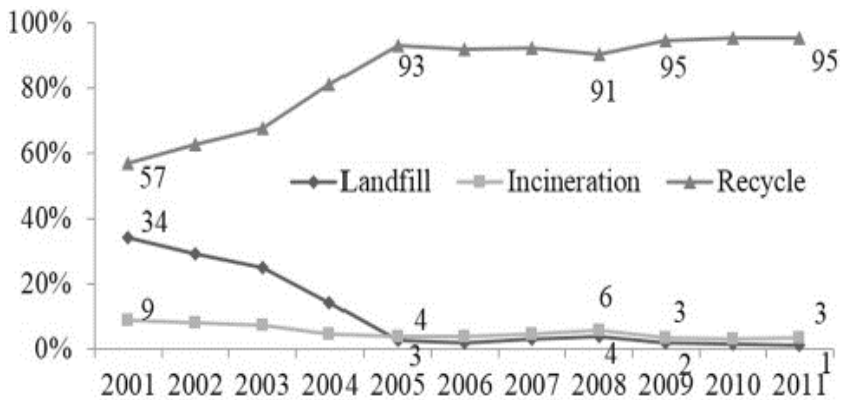
Şekil 5 ve Şekil 6, Güney Kore'de 2001–2011 döneminde gıda atığı üretimi ve artımı ile ilgili resmi verileri göstermektedir. Bu veriler, hane halkı ve ticari sektörü içerir ancak endüstriyel sektörü içermez. Sıkı geri dönüşüm politikasının uygulandığı 2005 yılından bu yana, atık üretimi 2008 yılına kadar biraz artmıştır (Şekil 5). Gıda atıkları geri dönüştürülmüş olsa da, geri dönüşüm süreçleri de büyük miktarlarda para ve enerji gerektirir. Bu nedenle, hükümet aynı zamanda atık azaltma politikaları da uygulamıştır. Sonuç olarak, 2009'dan beri gıda atığı üretim eğiliminin azaldığı görülmektedir.



Şekil 5: Güney Kore'nin evsel ve endüstriyel gıda atığı miktarı (Ju vd., 2016).

Güney Kore Çevre Bakanlığı'nın 2008 yılı geri dönüşüm tesisi istatistiklerine göre gıda atıkları ağırlıklı olarak hayvan besleme (% 45,2) ve kompost (% 44,9) yöntemleriyle geri dönüştürülmüştür. Anaerobik sindirimi içeren diğer yöntemler, kullanımda biraz artmış, ancak yine de geri dönüştürülen toplam miktarın yalnızca % 10'unu işlemiştir.

Geri dönüşüm oranı 2005 yılından bu yana % 90'ın üzerinde kaydedilmiştir (Şekil 6). Burada geri dönüşüm oranı, geri dönüşüm tesislerine giren miktarın, üretilen gıda atığına oranıdır.



Şekil 6: Güney Kore'de gıda atığı arıtma dağıtımı (Ju vd.,2016).

Şekil 6'da gösterilen sonuçlara göre, kamu tesisleri, her ikisi de uzun süre depolanabilen geri dönüştürülmüş ürünler üreten kuru yem üretimi veya kompostlama konusunda bir tercih göstermiştir. Tersine, özel tesisler yaş yem üretimini veya kompostlamayı tercih etme eğilimindedir ve bunun nedeni, inşaat ve işletme için düşük maliyet olarak tahmin edilebilir (Ju vd., 2016).

4. Sonuç

Türkiye'de özellikle son yıllarda illerimizdeki belediyelerin büyük bölümünde belediye atıkları için düzenli depolama alanlarının kurulduğu ya da bu depo alanlarının sayısının arttığı görülmektedir. Özellikle bazı büyükşehir belediyelerimizin daha ileri teknolojiye sahip, biyogaz üretimi yapabilen, kompost oluşturma yoluyla çevreye daha az zarar verecek, enerji üretimi sağlayacak ve böylelikle atıkları kar edecek seviyede değerlendirmeyi sağlayan tesisler oluşturulmaktadır. Karbondioksit (CO₂) gazından yirmi bir kat daha zararlı olduğu bilinen metan (CH₄) gazının, entegre katı atık bertaraf tesislerinde depolanarak elektrik enerjisine dönüştürülmesi sera gazı emisyonlarının azaltılması ve insan sağlığının korunmasına önemli katkı sağlamaktadır.

AB'deki tüketiciler satın aldıkları gıdanın% 53'ünü israf etmektedir. Ancak, insanları eğitmek gıda israfını azaltılabılır çünkü bilmek ve değer vermek, sadece dolaylı olarak gıda israfına bağlı normları ve uygulamaları değiştirmek için yeterli değildir.

Araştırmalar, yaş ve cinsiyetin gıda atığı miktarlarını etkilediği konusunda hemfikir - yaşlılar gençlerden daha az ve kadınlar erkeklerden daha fazla atık oluşturuyor. (Lyndhurst, 2007; Melbye vd., 2016; Quested vd, 2013; Secondi vd., 2015). WRAP'ın İngiltere'de 2008'de yaptığı kapsamlı bir araştırmaya göre, tek kişilik haneler kişi başına en fazla yiyeceği israf etmektedir. Bu sonuç, Avustralya (Baker vd., 2009), Finlandiya (Koivupuro vd., 2012) ve AB'deki (Canali, 2014) araştırmalardan elde edilen sonuçlarla uyumludur. Genç gıda tüketicilerinin gıda uygulamaları, zevk, doğaçlama ve sosyal aktivite ile değil, aynı zamanda bunun sadece bir gereklilik ve sağlığa katkı olarak görülmesi ile karakterize edilir. Hanssen ve Møller (2013), 40 yaşın üzerindeki Norveçlilerin bir sorun olarak gıda israfının daha fazla farkına vardıklarını ve atıklarını azaltma olasılıklarının daha yüksek olduğunu belirtmiştir.

Literatürde ve piyasada gıda atığının çeşitli maddi ve manevi faktörlerini ele almaya çalışan tasarım müdahaleleri vardır, ancak bunların gıda atığı seviyeleri üzerindeki fiili veya potansiyel etkileri hakkında çok az bilgi

vardır. Dolayısıyla, mevcut uygulamalara daha derin bir şekilde meydan okuyabilecek daha yenilikçi düşünme için büyük bir potansiyel vardır.

Yiyecekler buzdolaplarında ve derin dondurucularda, dolaplarda, kaplarda, ambalajlarda ve çekmecelerde saklanır. Gıdanın nasıl depolandığı, raf ömrü ve dolayısıyla ne kadar yenildiği veya israf edildiği açısından önemlidir.

Ülkelerdeki politikalar ve düzenlemeler büyük ölçüde gıda atıklarının geri dönüştürülmesini ve gıda atıklarının çöplüklerden uzaklaştırılmasını, örneğin düzenli depolama vergisi, yakma vergisi ve "attığın kadar öde" (Pay As You Throw-PAYT) yoluyla artırmayı amaçlamaktadır. Ağırlığa dayalı faturalama sistemi veya PAYT'nin İsveç'te geri dönüşümü artırdığı kanıtlanmıştır (Dahlén ve Lagerkvist, 2010). Bununla birlikte, gıda israfını azaltma üzerindeki etki özel olarak araştırılmamıştır ve bunun gıda atığı miktarına da etkisi olması beklenmektedir.

Hükümet müdahalesi çoğunlukla tüketici bilincini artırmak için bilgi ve bilgiyi dağıtma şeklinde gelir. Etkileri ölçmek zor olduğundan, bu yaklaşım iyimserlik ve bir miktar güçsüzlük sergiliyor. Bununla birlikte, hem WRAP hem de ForMat, bilgi ve farkındalığı artırma çabaları sırasında Birleşik Krallık'ta ve Norveç'te tüketici gıda atıklarında bir düşüş olduğunu bildirmekte ve bu sonucu kısmen kendi çalışmalarına atfetmektedir (Stensgård ve Hanssen, 2016). Bu şekilde atık gıda oluşumunu önlemek için uygulanan politikaların verimliliğini de belirtmekte fayda vardır.

Türkiye'de Çevre Kanunu'nun 11. Maddesine göre büyükşehir belediyeleri ve belediyeler evsel katı atık bertaraf tesislerini kurmak, kurdurmak, işletmek veya işletmekle yükümlü kılınmıştır. Ülkemizde yeni yeni başlayan evsel katı atık gıdaların geri dönüşümü projeleri tüm illerimizde belediyelerce ve özel şirketlerce desteklenmekte, özel ve kamusal geri dönüşüm tesislerinin sayısı hızla artmaktadır. Bununla birlikte geri dönüşüm ve bertaraf tesislerinin maliyetleri, harcayacakları enerji ve çevreye etkileri de etraflıca düşünülmelidir.

Ülkemizde en fazla nüfusa sahip şehir olan İstanbul özelinde evsel atıkların çeşitli yöntemlerle değerlendirilmesi İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından gerçekleştirilmektedir. Birçok konumda, özellikle evsel gıda ve restoran atıklarının değerlendirilmesi için biyobozunur atıkların organik komposta dönüşmesini sağlayan ve çevreye kötü koku-sıvı sızıntısını minimize eden kapalı sistem kompost cihazlarının bulunduğu görülmektedir. Örnek olarak Beşiktaş'ta haftalık ~400 kg organik atık ve ~100 kg pelet beslemesi ile 125~150 kg kompost eldesi sağlayan cihazlar 2015'ten beri kullanılmaktadır. Aynı zamanda sisteme dahil edilen bir biyofiltre ile kötü kokuların çevreye yayılmaları da engellenmektedir (cevre.besiktas.bel.tr).

Evsel katı atıkların bertaraf edilmesinde kullanılan atık yönetim uygulamalarının uygulama alanlarının geliştirilmesi, finansal ve teknik açıdan projelerde desteklenmesi gerekmektedir. Son zamanlarda en sık kullanılan yöntemlerin başında düzenli atık depolama sahaları (landfill), atık yakma (incineration), kompostlama (composting) ve anaerobik bozunma yoluyla değerlendirme gelmektedir.

Düzenli atık depo alanları, koku ve sızıntı problemlerini de yanında getirir. Depolama yönteminin kullanılması çevresel ve sıhhi sorunlara sebebiyet verdiğinden tavsiye edilmemektedir. Yakma yoluyla katı atıkların önemli bir miktarı bertaraf edilebilir ancak bu yöntem yüksek karbon emisyonlarına neden olmaktadır. Bir yandan da katı atıkların yakılması yöntemiyle de endüstriyel alanda kullanılabilecek bir ısı enerjisi elde edilebilir. Çevresel ve ekonomik sınırlar gözetildiğinde atıkları oluşmadan önlemek en önemli ve az maliyetli seçenek olarak gözükmektedir. Sonuç olarak, üretim-tüketim zincirinde yapılacak planlamalarla birlikte evsel katı atıkların önemli boyutlarda azalmanın yaşanmasının mümkün olduğu görülmektedir.

5. Referanslar

- Ağdağ, O. & Sponza, D., (2004). Katı Atıkların Simüle Biyoreaktörlerde Ayrışmasını Etkileyen Faktörler: "Katı Atıkların Sıkıştırılması ve Parçalanması". Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 6(3):83-95.
- Akca, L. & Demir, A., (2017). Katı atık yönetimi ve teknolojileri. Atalay Matbaacılık, Ankara, s.1026.
- Akyıl, S., İltar, I., Koç, M. ve Kaymak-Ertekin, F. (2016). Alglerden elde edilen yüksek değerlikli bileşiklerin biyoaktif/biyolojik uygulama alanları. Akademik Gıda, 14(4):418-423.
- Bailey, R., Madden, K.T. ve Trueheart, J. (2010). Production of carotenoids in oleaginous yeast and fungi. US Patent No. US 7,851,199 B2. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Baker, D., Fear, J. ve Denniss, R., (2009). What a waste: an analysis of household expenditure on food. The Australian Institute. Policy Brief, 6.
- Beckett, K.A. (1993). Growing Under Glass, The RHS Encyclopedia of Practical Gardening, The RHS, London.

- Beşiktaş Belediyesi. “Atık Yönetimi/Organik Atıklar” besiktas.bel.tr
<http://cevre.besiktas.bel.tr/Menu/SubContent/organik-atiklar>, Erişim:
09.01.2021
- Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (2014). Geri Dönüşüm Strateji Belgesi Ve Eylem Planı 2014-2017. T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı.
- Canali, M., (2014). Drivers of Current Food Waste Generation, Threats of Future Increase and Opportunities for Reduction. FUSIONS report.
- Chiemchaisri, C., Chiemchaisri, W., Nonthapund, U. ve Sittichoktam, S., (2004). Acceleration of solid waste biodegradation in tropical landfill using bioreactor landfill concept [online], Kasetsart University.
- Dahlén, L., & Lagerkvist, A., (2010). Pay as you throw: strengths and weaknesses of weight-based billing in household waste collection systems in Sweden. Waste Manag. 30, 23-31.
- Eldem, N.Ö. & Öztürk, İ., (2006). “Anaerobik arıtmada pH ve amonyak inhibisyonu”, itüdergisi/d mühendislik, 5, 1, 1, s.3-14.
- EPA, (2014). A Guide to Conducting and Analyzing a Food Waste Assessment.
- FAO, (2013). Food Wastage Footprint Impacts on Natural Resources Summary Report.
- Garan, S. & Çelik, F.D. (2018). Yemek Atıklarından Mezofilik ve Termofilik Şartlarda Metan Gazı Üretim Düzeylerinin araştırılması. Karaelmas Fen ve Müh. Derg. 8(2):428-432.
- Hanssen, O.J. & Møller, H., (2013). Matsvinn I Norge 2013-Status Og Utviklingsstrek 2009-13 [Food loss in Norway 2013 e Status and Development 2009-2013]. Report from The ForMat project. Østfoldforskning.
- Igoni, A.H., Ayotamuno, M.J., Eze, C.L., Ogaji, S.O.T. ve Probert, S.D., (2008). “Designs of anaerobic digesters for producing biogas from municipal solid-waste”, Applied Energy 85:430-438.
- Ju, M., Bae, S.J., Kim ve J.Y. (2016). Solid recovery rate of food waste recycling in South Korea. J Mater Cycles Waste Manag 18:419–426.

- Koivupuro H.K., Hartikainen H., Silvennoinen K., Katajajuuri J.M., Heikintalo N., Reinikainen A. ve Jalkanen L. (2012). Influence Of Socio-Demographical, Behavioural and Attitudinal Factors On The Amount Of Avoidable Food Waste Generated In Finnish Households. *International Journal of Consumer Studies*, 36:183-191.
- Lyndhurst, B. (2007). Food behaviour consumer research findings from the quantitative survey (Briefing Paper UK: WRAP).
- Melbye, E.L., Onozaka, Y. ve Hansen, H., (2016). Throwing it all away: exploring affluent Consumers' Attitudes toward wasting edible food. *J. Food Prod. Mark.* Published Online.
- Metcalf & Eddy, Inc, Tchobanoglous, G., Burton, F.L., (1991). "Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse", McGraw Hill Companies.
- Metin, E., Eröztürk, A. ve Neyim, C. (2003). Solid waste management practices and review of recovery and recycling operations in Turkey. *Waste Man.*, 23:425-432.
- Nigam, P.S. & Pandey, A. (2009). *Biotechnology for Agro-Industrial Residues Utilization*. Springer Science+Business Media B.V. ISBN 978-1-4020-9941-0.
- Öztürk, M. & Karali, Đ., (2009). Çöp depolama alanlarında biogaz üretimi [online].
- Quested, T.E., Marsh, E., Stunell, D. ve Parry, A.D., (2013). Spaghetti soup: the complex world of food waste behaviours. *Resour. Conserv. Recycl.* 79:43–51.
- Scotland, R., (2000). "Composting technologies and systems: possibilities for the advancement of scottish waste treatment", A synopsis on behalf of The REMADE Programme, Project Reference: Org01-1, Research Contractor: Caledonian Shanks Centre for Waste Management Glasgow Caledonian University, 2.
- Secondi, L., Principato, L. ve Laureti, T., (2015). Household food waste behaviour in EU- 27 countries: a multilevel analysis. *Food Pol.* 56:25-40.
- Stensgård, A. & Hanssen, O.J., (2016). *Matsvinn I Norge. Status Og Utviklingstrekk 2009-2015* [Food Loss in Norway e Status and Development 2009-2015]. Report from The ForMat project. Østfoldforskning.

- Sugni M., Calcaterra E. ve Adani F., (2005). Biostabilization -biodrying of municipal solid waste by inverting air-flow, *Bioresource Technology*, 96:1331-1337.
- Tatlđdil, F.F., Dellal, İ. ve Bayramoğlu, Z., (2013). Food Losses and Waste İn Turkey-Country Report.
- Themilis, N.J. & Kim, Y.H., (2002). “Material and energy balances in a large-scale aerobik bioconversion cell”, *Waste Management and Research* 20:34-242.
- Toker, Ş. & Kocabaş, D. (2014). Evsel Gıda Atıklarının Hemiselüloz Bilesimlerinin Taranması. *Gıda Mühendisliği 5. Öğrenci Kongresi. Özet.*
- Türker, M., (2008). “Anaerobik Biyoteknoloji ve Biyoenerji Üretimi”, 1. baskı, Çevkor, s.10- 70.
- Türkiye İsrafı Önleme Vakfı, (2004). Açlığın Önlenmesinde Gıda Bankacılığı, *Türkiyenin Sorunlarına Çözüm Serisi: 12*, Ankara.
- Vining, M.A., (2002.) “Bench-scale compost reactors system and the self-heating capabilities”, Master Thesis, Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College.
- Yıldız, Ş., Saltabaş, F., Yalçinkaya, S. ve Kemirtlek, A., (2009). “Katı Atık Toplama ve Taşıma Optimizasyonu: Kağıthane Örneği”, *Türkiye’de Katı Atık Yönetimi Sempozyumu (TÜRKAY)*, s.17-23.