



Güney Kore Gıda Atığı Sorununu Çözdü



Haziran 2024

İçindekiler Tablosu

1. Giriş	4
2. Güney Kore'de Atık Yönetimi Yasaları ve Politikaları	9
2.1. Döneme Göre Kanun ve Politikadaki Değişiklikler	9
2.1.1. Pislik Temizleme Yasası (1961–1977)	10
2.1.2. Çevre Koruma Yasası (1978–1986)	10
2.1.3. Atık Yönetimi Yasası (1986–1992)	10
2.1.4. Bölüm (1993 – Günümüze)	11
3. Gıda Atığı Üretimi ve Yönetimi	12
3.1. Gıda Atıklarının Bertarafı ve Sınıflandırılması	12
3.2. Gıda Atıklarını Toplama	14
3.3. Gıda Atığı Geri Dönüşüm İşlemi Türleri	15
4. Gıda Atıklarının Değerlendirilmesi	19
4.1. Organik Gübre (Kompostlama)	19
4.2. Hayvan Yemi	21
4.3. Biyogaz	23
5. Sonuç	26
6. Kaynaklar	28

Şekil 1. Biyolojik Olarak Parçalanabilen Torbalar Marketlerde ve Benzeri Yerlerde Satılmakta .	5
Şekil 2. Gıda Atığı Toplama Tartmalı, Akıllı ve Kimlik Belirlemeli Konteynirler	7
Şekil 3. Güney Kore'de Atık Yönetimine İlişkin Yasa ve Politikalarda Yıllara Göre Değişiklikler ..	9
Şekil 4. Gıda Atıklarının Yıllara Göre Geri Dönüşümü	12
Şekil 5. Ulusal Atık Deşarj Hacmi: (a) Ulusal Atık Deşarj Hacmi (Ton/Gün) ve (b) 2019 Atık Deşarj Hacmi Oranı (%)	12
Şekil 6. Gıda Atıklarının Bileşim Oranı ve Ayrı Deşarj Oranı: (a) Gıda Atıklarının Kompozisyon Oranı (%) ve (b) Gıda Atıklarının Ayrı Deşarj Oranı (%).	13
Şekil 7. RFID ile Gıda Atığı Toplama Sistemi	15
Şekil 8. Gıda Atıklarının Geri Dönüşümü İçin Farklı Tesislerde Kullanılan Süreçlerin Akış Şeması	16
Şekil 9. Güney Kore'de 2017'den 2022'e Kadar Evsel Gıda Atıklarının Geri Dönüştürülmesi (1.000 ton Olarak)	19
Şekil 10. Islak ve Kuru Yem Üretiminin Üretim Süreci Diyagramı	21
Şekil 11. Gıda Atıkları Oluşum Kaynakları	24
Şekil 12. 2019 yılında Güney Kore'nin Organik Atık Üretim Ve Bertaraf Oranları: (a) Organik Atık Üretim Oranı (%) ve (b) Organik Atık Bertaraf Oranı (%).	24

Şekil 13. Güney Kore'deki Gıda Atığı Arıtma Tesislerinin 2021'deki Operasyonel Durumu. 25

Tablo 1. Emisyon Kaynağına ve Mevsime Göre Kore Gıda Atıklarının Fizikokimyasal Özellikleri 11

Tablo 2. Kapasite Ve Kaynak Geri Kazanım Yöntemlerine Göre Kamuya Ait Gıda Atığı Arıtma Tesislerinin Operasyonel Durumu..... 17

Tablo 3. Kamuya ait gıda atığı arıtma tesislerinin yem ve kompost kullanım yöntemleri ve kullanım oranları. 18

Tablo 4. Bu çalışmada dikkate alınan her kompostlama yönteminin özelliklerinin özeti..... 20

Tablo 5. Gıda atığı yem üretimindeki zararlı maddelere ilişkin aralıklar ve kriterler. 22

Tablo 6. Organik Atıkların Kullanım Oranları (Birim: Milyon Ton; %). 25

1. Giriş

Gıda israfı iki ucu keskin bir kılıçtır. Gıda güvensizliğini artırıyor ve küresel iklim değişikliğine önemli ölçüde katkıda bulunuyor.

Taze gıda zincirlerinin taze besinler sunmak, çevreyi korumak, ekonomiyi sürdürmek ve gelecek nesillere sağlıklı bir çevre sağlamak için gıda maddelerini koruması gerekir.

Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH'ler), küresel ekonominin genişlemesi ve nüfus artışından kaynaklanan gıda kaynakları güvenliği, doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı, çevresel bozulma üzerindeki çeşitli olumsuz etkileri ve çevre kirliliğine ilişkin endişeler nedeniyle küresel ilgi görmektedir. Bu durum, kaynakları optimize etmeyi ve atıkları azaltmayı amaçlayan döngüsel ekonomi kavramının önemini vurgulamaktadır. BM'nin Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi (SDG) 12.3, gelişigüzel tüketim nedeniyle gıda kaybı ve israfının ciddi sosyal ve çevresel etkilerini ele almaktadır.

BM'nin Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi (SDG);

- 12.3, 2030 yılına kadar gıda israfını perakende ve tüketici düzeyinde yarı yarıya indirmeyi ve gıda tedarik zincirlerindeki kayıpları en aza indirmeyi,
- 12.5, 2030 yılına kadar önleme, azaltma, geri dönüşüm ve yeniden kullanım yoluyla atık üretiminin önemli ölçüde azaltılması,

hedeflemektedir.

Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) Gıda İsrafı Endeksi'ne göre, her yıl dünya çapında 1,3 milyar ton yenilebilir gıda çöpe atılıyor ve parasal değerinin 750 milyar dolar olduğu tahmin edilmiştir. İsraf edilen gıdanın tonu başına tahminen 2.000 ila 3.600 kilogram CO₂ eşdeğeri sera gazı üretiliyor (yani 2.6 milyar ton/yıl ile 4.68 milyar ton/yıl). Ayrıca, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), küresel ısınmaya en büyük katkının antropolojik CO₂ emisyonları olduğunu belirtmiş ve bunların dünya çapında acilen sınırlandırılması gerektiğini vurgulamıştır. 2015 yılında, iklim değişikliği krizine yanıt olarak, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Konferansı, karbon nötrlüğünün 2050 yılına kadar gerçekleştirilmesi gerektiği çağrısında bulunmuştur. Diğer bir çalışmada, küresel ısınmaya en büyük katkıda bulunanlardan birinin ev ve gıda hizmeti sektörlerinde üretilen gıda atıkları olduğunu vurgulamıştır. Gıda atıklarının düzenli depolama alanlarında bertaraf edilmesi, anaerobik ayrışma ile sera gazı karbon dioksit göre 24 kat daha etkili metan üretimi nedeniyle sera gazı emisyonlarını olumsuz etkileyen başlıca faktördür.

Organik atıklar atık depolama sahalarına gönderildiğinde sadece kötü kokmaz; iklim zehiri haline gelir.

Güney Kore bir zamanlar Asya'nın en büyük gıda israfçılarından biriydi. Her bir Güney Koreli yılda Avrupa ve Kuzey Amerika'nın toplamından daha fazla gıda atığı (>130 kg) ürettiyordu.ve gıda atıklarının geri dönüşüm oranı 1995'te yüzde 2'den azdı.

Güney Kore çok çeşitli bir yemek kültürüne sahip olduğundan, gıda atıkları tüm atıkların yaklaşık %24,7'sini oluşturmaktadır; evlerde, restoranlarda ve yemek hizmeti veren işletmelerde büyük miktarlarda üretilmektedir.



Güney Kore Gıda Atığı Sorununu Çözdü

1995 yılında Güney Kore, Hacim Bazlı Atık Sistemi Ücreti (VBWF) politikası olarak bilinen ve 'attığın kadar öde' prensibine dayanan bir atık yönetim sistemini uygulamaya koymuştur. Bu sistemde ücretler, gerekli standart çöp torbalarının satışı yoluyla bertaraf edilen atık miktarına göre belirlenmektedir. Bu politikanın, üretilen atık miktarının ölçülmesi ve atık toplama ve arıtma süreçlerinin yönetilmesi için etkili bir yöntem olduğu düşünülmektedir.

2013 yılından bu yana Güney Kore'nin zorunlu kompostlama programı kapsamında, bölge sakinlerinin yenmemiş gıdalarını atmak için biyolojik olarak parçalanabilen sarı poşetleri kullanmaları gerekmektedir.

Evsel ve küçük ölçekli ticari kuruluşların gıda atıklarının imhası için özel poşetler satın almaları gerekmektedir; bu, ne kadar çok çöp atarsanız o kadar çok ödeyeceğiniz anlamına gelmektedir.

Marketlerde veya yerel süpermarketlerde ev tipi biyolojik olarak parçalanabilen sarı torbalar satın alına biliniyor. Tek tek veya 10'lu paketler halinde mevcuttur. İhtiyaca uygun olarak, gıda atıkları için 1L, 2L, 3L ve 5L torbalara kadar çeşitli boyutlar sunulmaktadır.



Şekil 1. Biyolojik Olarak Parçalanabilen Torbalar Marketlerde ve Benzeri Yerlerde Satılmakta

Güney Kore gıda atığında nem, gıda atıklarının ağırlığının yüzde 80'ini oluşturuyor; bu nedenle, sıvı atıkların denize atılmasını yasa dışı hale getirmenin yanı sıra, sakinlerin ücretlerini azaltmak için biyolojik olarak parçalanabilen torbaları (**Şekil 1**) atmadan önce gıda atıklarındaki nemi azaltmaları teşvik ediliyor.

Ancak, bu politika gıda atıklarının genel atıklardan ayrıştırılmasına odaklanmamış, bu da gıda atıklarının yaklaşık %30'unun VBWF çöp torbalarına karışmasına/atılmasına neden olmuştur. Bertaraf işlemi sırasında, bu organik atıkların ayrışması (örneğin, gıda dışı evsel atıkların gıda atıklarından ayrılmadan doğrudan düzenli depolanması) hoş olmayan hidrojen sülfürlü ve merkaptanlı kokuların yayılmasına neden olmuş ve bu atıkların sıvı kısmı bitişikteki toprağa sızarak düzenli depolama sahalarının ve çevredeki alanların ve yeraltı sularının kirlenmesine yol açmıştır.

Gıda atıklarından kaynaklanan hoş olmayan koku kirliliği sorunu, gıda atıklarının ayrı toplanmasının düzenlenmesiyle de çözüldü ve Kore Hükümeti, gıda atığı arıtma sisteminde büyük ölçekli bir reform uyguladı. Kurulan Hükümet, 1998'den bu yana gıda atığı geri kazanma

Güney Kore Gıda Atığı Sorununu Çözdü

tesisleri inşa etmeye başladı. Seul şehri tek başına beş kamu gıda atığı arıtma tesisini faaliyete geçirdi ve gıda atıklarını yönetmek için ek özel tesislere yetki verdi.

Düzenli depolama alanlarının yakınında bulunan bir komite, Kasım 1996'da ıslak gıda atıklarının çöp depolama alanlarına girmesini önlemeye yönelik çalışmalar başlatmıştır. Bu komite, çöp poşetlerinin içindekilerden ya da çöp araçlarındaki kirlilikten kaynaklanan nem yükünü kesinlikle yasaklamıştır. Bu çabaların bir parçası olarak, bölge ve ülke genelindeki belediyeler, Aralık 1996'da Kapsamlı Gıda Atığı Planı ve Eylül 1998'de Gıda Atığı Kaynak Kullanımı Temel Planı da dahil olmak üzere gıda atıklarının azaltılmasına yönelik önlemler almıştır.

Bu önlemlere ek olarak, ülke çapındaki şehirler Ocak 2005'ten itibaren gıda atıklarının doğrudan düzenli depolama alanlarına depolanması yasaklamıştır. Bugün yüzde sıfır oranında gıda atıkları çöp depolama alanına gidiyor.

Bunu 2013 yılında katı gıda atıklarından çıkan kirli sıvı olan sızıntı suyunun okyanusa dökülmesinin yasaklanması izlemiştir (kirlilik deniz yaşamına, balıkçılığa ve kıyı şeridindeki nüfusa zarar vermektedir). Gıda Atıklarının Azaltılması Ana Planı, 2010 yılında kapsamlı bir Ağırığa Dayalı Gıda Atıkları Ücreti (WBFWF) sisteminin uygulanmasını kolaylaştırmak için uygulamaya konulmuş ve daha sonra 2013 yılında ülke çapında yürürlüğe girmiştir. Bu gıda atığı bertaraf sistemi standart biyolojik olarak parçalanabilen poşetler (**Şekil 1**), yapışkanlı etiketler ve gıda atıklarının ağırlığını takip etmek için radyo frekansı tanımlama (RFID) tabanlı ağırlık ölçüm yöntemlerini içerecek şekilde gelişmiştir (**Şekil 2**).

Ve 2013 yılında, tüm bireyler için gıda atıklarının genel atıklardan ayrılmasını zorunlu kılan evrensel bir kaldırım kenarı kompostlama için kaynağında ayrı programı uygulamaya konmuştur.

Her sakine, gıda atıklarını imha ederken kullanması için bir elektronik kimlik etiketi verilmektedir. Çöp kutusunun her kullanımında atıkların ağırlığı belirleniyor ve her ay sonunda konut sakinlerinden atıklarının ücreti alınıyor.

Biyolojik olarak parçalanabilen poşetleri (**Şekil 1**) satın almak ve gıda atıklarının parasını ödemek, 4 kişilik bir aileye ayda yaklaşık 6 dolara mal oluyor ve bu ücretler, RFID ve geri dönüşüm sistemlerinin bakım ve toplama maliyetinin yüzde 60'ını karşılıyor. Ancak biyolojik olarak parçalanabilen poşetler çok maliyetli hale getirilirse, insanlar ekonomik etkiyi hissedecek ve gıda atıklarını yasadışı yollardan atacaktırlar.

Gıda atığı terazi ve Radyo Frekansı Tanımlama RFID sistemi, 166 belediyede ve 6.520 bin hanede uygulanmaya başlanmıştır. Bu, Güney Kore Cumhuriyeti'ndeki dairelerin %65'ini kapsamaktadır (**Şekil 2**). 2025 yılında 7.500'e ulaşacaktır.



Şekil 2. Gıda Atığı Toplama Tartmalı, Akıllı ve Kimlik Belirlemeli Konteynırlar

2030 yılında kadar tüm ülkeyi kapsayacak şekilde genişletilecektir.

Ancak bu sistem tüm haneler için geçerli değildi, yalnızca bazı apartman kompleksleri için geçerliydi çünkü ağırlık ölçüm cihazlarının kurulumu ve çalıştırılması oldukça pahalıdır ve ekipmanın kurulumu için yeterli alan gerektirir. Evler ve restoranlar için insanlar genellikle yiyeceklere yönelik standart biyolojik olarak parçalanabilen poşetler veya cips takılı standart çöp kutuları kullanıyor.

Güney Kore'deki bazı yerel yönetimler, çöplerin gelişigüzel atılmasını önlemek için hassas yerlere reflektörler ve güvenlik kameraları yerleştirdi; çiçekler dikti; şehir merkezindeki halka açık çöp kutularının yerini değiştirdi. Aynı zamanda yerel yönetim, çöp toplama tesislerinin yanlış türdeki çöp torbalarını toplamamasını da zorunlu kılmıştır. Bir süre sonra, çöplerin uzun süre depolanması nedeniyle bölge kirlenecek ve bu da o bölgede yaşayan insanları yasadışı boşaltımı önlemek için atık boşaltımını izlemekten sorumlu hale getirecektir. Sonuç olarak, yönetmelik ihlalleri önemli ölçüde azaltılmış ve böylece çevre kirliliğinin en aza indirilmesine katkıda bulunulmuştur. Ayrıca, Kore Hükümeti ihlaller için para cezaları da öngörmüştür.

Bu çalışma, Güney Kore'deki atık yönetimi politikalarının tarihsel seyrini tanıtmakta ve gıda atığı yönetim sistemlerinin politika değişiklikleriyle birlikte nasıl geliştiğine ışık tutmaktadır. Buna ek olarak, gıda atığı arıtma yöntemi ve mevcut durumu ele alınmış ve sürdürülebilir atık yönetimi için etkili bir strateji sunulmuştur. Spesifik olarak aşağıdakiler açıklanmaktadır:

1. Gıda atığı bertaraf politikalarındaki değişikliklere göre bir yönetim sistemi kurmanın etkinliği,
2. Sahada uygulanan başarılı bir gıda atığı yönetimi ve geri dönüşüm örneği olarak WBFWF yöntemi,
3. Güney Kore'de gıda atıklarının kaynak olarak kullanımı,
4. Kompostlama, hayvan yemi ve biyogaz üretimi dahil olmak üzere kaynak kullanım,

Yöntemleridir.

Güney Kore Gıda Atığı Sorununu Çözdü

Bu çalışmanın amacı, Güney Kore'deki gıda atığı yönetimi politikalarının geçmişine ilişkin kapsamlı bir analiz sunmaktır; bu da diğer ülkelerde etkili politikalar geliştirmek için bir çerçeve oluşturabilir.

Bu çalışmada, Güney Kore'nin atık politikalarıyla ilgili bilgilerin bir tanımını ve incelemesini sunmakta olup, tarihsel geçmişe, gıda israfıyla ilgili politika ve yöntemlere ve gıda atık yönetiminin mevcut durumuna odaklanmaktadır. Ayrıca gıda atıklarının kullanımı ve durumu hakkında da inceleme yapar. Metodoloji çevre raporlarının, atık yönetimi istatistiklerinin, ilgili mevzuatların ve bilimsel makalelerin analizini içerir. Önemli politika değişikliklerini ve bunların mevcut durumunu özetlemekte ve diğer ülkeler için geçerli olan verimli gıda atığı yönetimi stratejileri için etkili bir çerçeve sunmayı amaçlamaktadır.

2. Güney Kore'de Atık Yönetimi Yasaları ve Politikaları

Güney Kore'de Çevre Bakanlığı'nın gıda israfına ilişkin oluşturduğu politikalar şu şekilde sınıflandırılabilir:

1. Ağırlığa Dayalı Gıda Atıkları Ücreti (WBFWF) sisteminin getirilmesi
2. Gıda atıklarının kaynak geri kazanımına yönelik politikalar.

2.1. Döneme Göre Kanun ve Politikadaki Değişiklikler

Güney Kore'de atık yönetim sistemlerinin gelişimi dört döneme ayrılabilir:

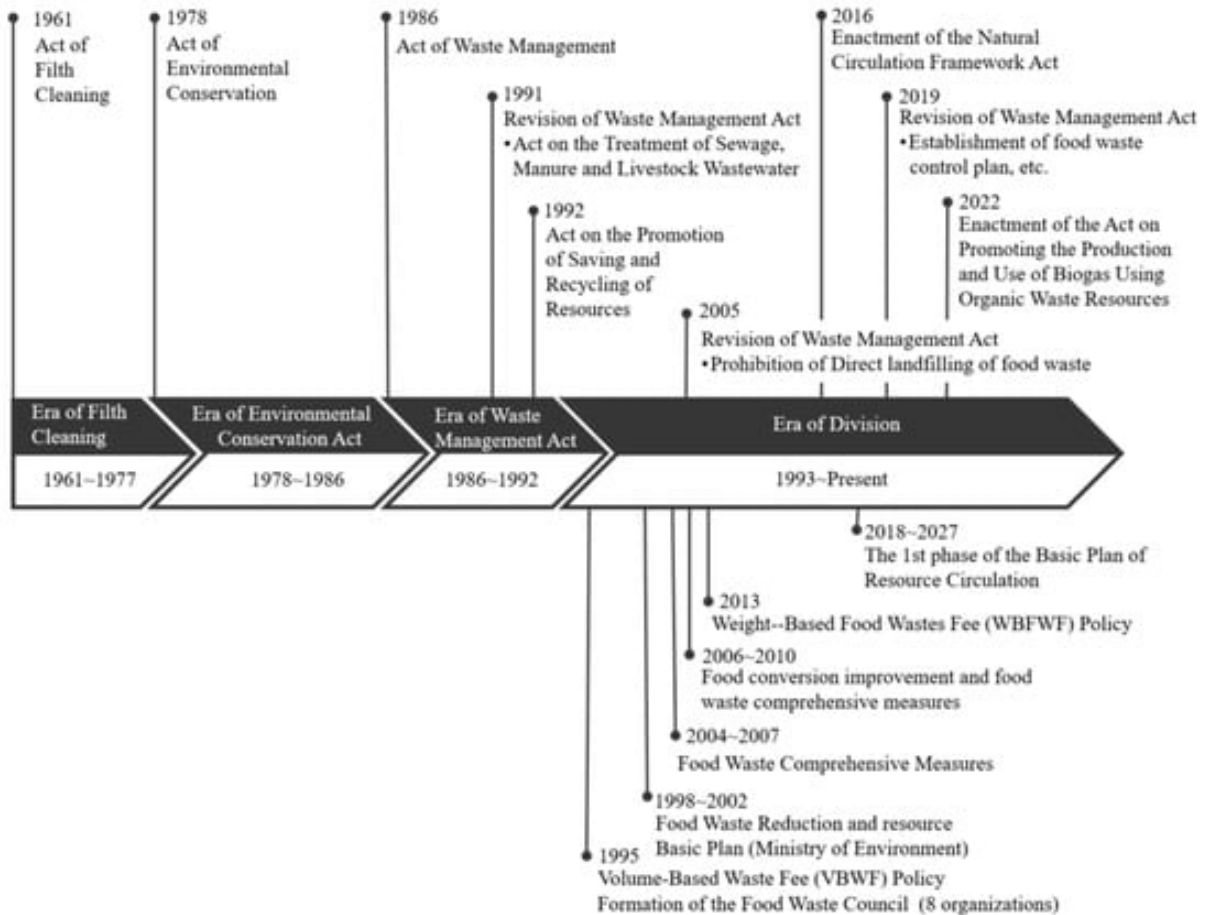
Pislik Temizleme Yasası (1961–1977),

Çevre Koruma Yasası (1978–1986),

Atık Yönetimi Yasası (1986–1992),

Bölüm (1993 – günümüz).

Güney Kore'nin atık yönetimine ilişkin mevzuat ve politika gelişimindeki kronolojik değişikliklerin bir özeti Şekil 3'de gösterilmektedir.



Şekil 3. Güney Kore'de Atık Yönetimine İlişkin Yasa ve Politikalarda Yıllara Göre Değişiklikler

2.1.1. Pislik Temizleme Yasası (1961–1977)

1960'lı ve 1970'li yıllarda Güney Kore'de temizlik kavramını kullanarak atık yönetimine odaklanmayı amaçlayan **Pislik Temizleme Yasası** oluşturuldu. Bu dönemde, atık ve kanalizasyon arıtımına yönelik önceki odaklanmadan, endüstriyel atıkların işletmeler tarafından temizlenmesini zorunlu kılan düzenlemelere doğru önemli bir değişim yaşanmıştır. Bu, kentleşmenin neden olduğu çevre sorunlarını ve yerel yönetimler üzerindeki atık bertaraf yükünü hafifletmiştir. Bu yasada “çöp”, katı atık, kül, çamur, gübre ve hayvan artıklarını içeriyordu. Temizlik bölgesi içindeki arazi veya bina sahipleri, kendi tesislerindeki çöpleri temizlemekle yükümlüydü ve bireylerin yönetmesi zor olan çöpler il veya ilçe tarafından toplanıp bertaraf ediliyordu. Ayrıca, yasadışı çöp atılmasını yasaklayan, kapsamlı temizlik tedbirleri uygulayan ve cezalar uygulayan hükümler de getirildi. Atıkların kanalizasyon, parklar, liman alanları, nehirler vb. gibi diğer halka açık alanlara atılması eylemi, 6 aya kadar hapis veya 220 dolara kadar para cezası uygulayacak şekilde revize edilmiştir.

2.1.2. Çevre Koruma Yasası (1978–1986)

Çevreye yönelik toplumsal ilginin artmasıyla birlikte 1978 yılında Çevre Koruma Yasası yürürlüğe girmiştir. Bu Kanun, çevre standartlarının oluşturulması, çevresel etki değerlendirmelerinin uygulanması ve çevresel teknoloji inceleme komitelerinin oluşturulması ihtiyacını vurgulayan bir çevre yönetim sistemi başlatmıştır. Hava ve su kalitesi için çevre standartları oluşturulmuş ve havadaki kükürt dioksit (SO₂) konsantrasyonunun 0,05 ppm'i aşmayacak şekilde yönetilmesi öngörülmüştür. Su kalitesi çeşitli yaşam ortamlarına göre kategorize edilmiş, içme, endüstriyel, tarımsal ve sucul sular için sırasıyla 1, 2, 3 ve 4. derece olarak sınıflandırılmıştır. Yönetim kriterleri pH, kimyasal oksijen ihtiyacı (KOI; mg/L), biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOI; mg/L), çözünmüş oksijen (ÇO; mg/L) ve en olası koliform bakteri sayısı (MPN/100 mL) gibi çeşitli ölçütler kullanılarak tanımlanmıştır.

Endüstriyel ve toplumsal ilerlemeden kaynaklanan artan kirlilik sorunlarına çözüm olarak Çevre Ajansı 1980 yılında kurulmuştur. Bu ajansın, hava ve su kirliliği, araç emisyonları, atık yönetimi, toprak kirliliği, deniz kirliliği, çevresel etki değerlendirmeleri ve ekolojik araştırmalar dahil olmak üzere çok çeşitli sorumlulukları vardır.

2.1.3. Atık Yönetimi Yasası (1986–1992)

Atık Yönetimi Yasası 1986 yılında yürürlüğe girmiş ve geri dönüşüm kavramını tanıtmak ve dahil etmek için Pislik Temizleme ve Çevre Koruma Yasalarını bileştirilmiştir. Pislik Temizleme Yasası öncelikle atık ve kanalizasyonun bertarafına ilişkin düzenlemelere odaklanırken, Çevre Koruma Yasası sanayileşmeden kaynaklanan hava ve su kirliliğini ele almayı amaçlıyordu. Ancak bu, atık yönetiminin temel amacını açıkça temsil etmiyordu. 1991'de değiştirilen Atık Yönetimi Yasası, yeni bir atık sınıflandırma sistemine dayalı olarak ulusal hükümetin ve yerel yönetimlerin sorumluluklarını tanımlamıştır. Atıklar, bertaraf tesisinin türüne göre iki kategoride sınıflandırılmıştır: evsel ve ticari atıklar. Ticari atıklar ayrıca emisyon tesislerinin standartlarına göre (örneğin hava ve su kalitesi ve gürültü) bölündü ve yönetildi. Evsel atıklar, ticari atıklar dışındaki atıklar olarak tanımlanmıştır.

2.1.4. Bölüm (1993 – Günümüze)

1993'ten günümüze, bölünmüş yasalar dönemi ve daha ayrıntılı yönetim yaklaşımları geliştirilmektedir. Gıda atıkları ile ilgili ilk politikalar bu dönemde ortaya konmuştur. 1998 yılından bu yana, gıda atıklarının bertarafına ilişkin kapsamlı tartışmalar yürütülmüş ve bu tartışmalar Gıda Atıklarının ve Kaynaklarının Azaltılması Temel Planı'nın (1998-2002) oluşturulmasıyla sonuçlanmıştır. Bu politika, üretim, dağıtım ve tüketimin her aşamasında kilit paydaşlar arasında roller belirlenerek uygulanmıştır. Buna ek olarak, gıda atıklarının kompostlaştırılması ve hayvan yemine dönüştürülmesi, kaynak dönüşüm planı aracılığıyla teşvik edilmiştir.

2005 yılında gıda atıklarının doğrudan düzenli depolanmasını yasaklayan bir yasa çıkarılmış ve 2013 yılında WBFWF politikası uygulamaya konulmuştur. 2004-2007 yılları arasındaki kapsamlı gıda atığı önlemleri, gıda atığı yönetim altyapısının kurulmasına ve gıda atığı işleme tesislerinin işleyişinin iyileştirilmesine odaklanmıştır. Gıda dönüşümünün iyileştirilmesi ve 2006-2010 yılları arasındaki kapsamlı gıda atığı önlemleri, arıtma tesislerini genişletip geliştirirken gıda atıklarının azaltılmasının teşvik edilmesi amaçlamıştır. Kaynak Dolaşımı Temel Planı'nın (2018-2027) ilk aşamasında, kişi başına günlük evsel atık üretiminin azaltılması ve çok birimli konutlarda gıda atıkları için RFID (Radyo Frekansı ile Tanımlama) kullanım oranının 2027 yılına kadar %100'e çıkarılması hedeflenmektedir. Gıda atıklarının anaerobik çürütülerek biyo-gazlaştırılması için hedef oran 2018'de %10'dan 2027'de %36'ya yükseltilmiştir. Organik Atık Kaynakları Kullanılarak Biyogaz Üretimi ve Kullanımının Teşvik Edilmesi Hakkında Kanun (Kanun No. 19151) 30 Aralık 2022 tarihinde kabul edilmiş ve yayımlanmıştır. Bu kanun, zorunlu özel biyogaz üreticilerinin kapsamını, biyogaz üretim hedef oranını ve mali destek hedeflerini belirlemektedir.

Güney Kore, 2005 yılında günde 17.100 ton gıda atığı üreterek dünyadaki en büyük gıda atığı üreticilerinden biriydi. Gıda atığı sorununu çözmeyi başaran ülkelerden biri de Güney Kore'dir. Ülke 1990'larda gıda atıklarının %2'sini geri dönüştürürken 2023'e kadar bu oranı %95'e çıkarmayı başarmıştır.

Güney Kore'de gıda atıklarının özelliği **Tablo 1**'de verilmiştir.

Tablo 1. Emisyon Kaynağına ve Mevsime Göre Kore Gıda Atıklarının Fizikokimyasal Özellikleri

Mevsim	Nemli içerik (%)	Organik		Kül DB	Kalorifik değer (kcal/kg) DB	pH'ı (1:2,5)	NaCl (%) WB	Diğer madde (%)	Element analizi (%)				
		Dünya Bankası	Veri tabanı						C	H	O	N	S
Yaz	80.4	14.8	75.8	4.7	4.157	3.98	0,68	6.4	54.1	5.7	36.6	3.5	0.16
Sonbahar	81.1	14.4	76.0	4.6	4.531	4.59	1.47	5.7	50.0	6.4	40.0	3.3	0.21
Kış	79.0	15.2	72.2	5.8	4.941	4.72	1.00	4.7	52.7	6.0	37.1	3.9	0,28
Bahar	79.2	15.2	73.2	5.6	4.994	4.14	1.27	4.8	55.0	6.1	34.0	4.8	0.30
Ortalama	79.9	14.9	78.2	5.2	4.655	4.35	1.10	5.4	52.9	6.1	36.9	3.9	0.23

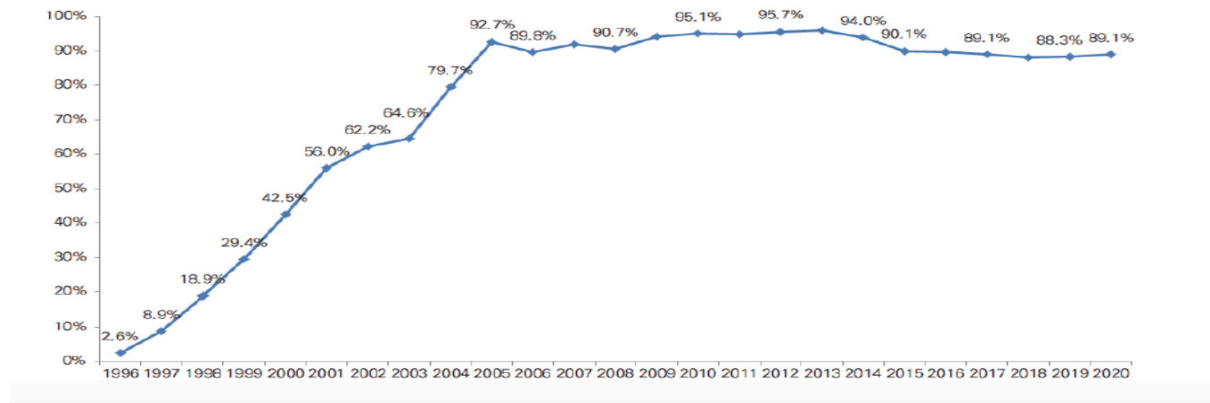
3. Gıda Atığı Üretimi ve Yönetimi

2018 yılında, Kore'de üretilen belediye evsel atık miktarı 56.035 ton/gün olmuştur. Bu atığın 14.477 ton/günü (%25,9) gıda atığından oluşmaktadır.

3.1. Gıda Atıklarının Bertarafı ve Sınıflandırılması

Güney Kore'de atıkların sınıflandırması temel olarak üç kategoriye ayrılmaktadır: VBWF, Gıda Atıkları ve Geri Dönüşüm Atıkları. Gıda Atıkları, üretim, dağıtım ve pişirme süreçleri sırasında ortaya çıkan tarım, balıkçılık ve gıda artıklarını içerir. Geri Dönüşüm Atıkları, geri dönüşüm için ayrı olarak boşaltılması gereken plastik, teneke kutu, cam şişe, kağıt ve hurda metalden oluşmaktadır. Diğer tüm genel atıklar bertaraf edilmek üzere VBWF çöp torbalarına yerleştirilir.

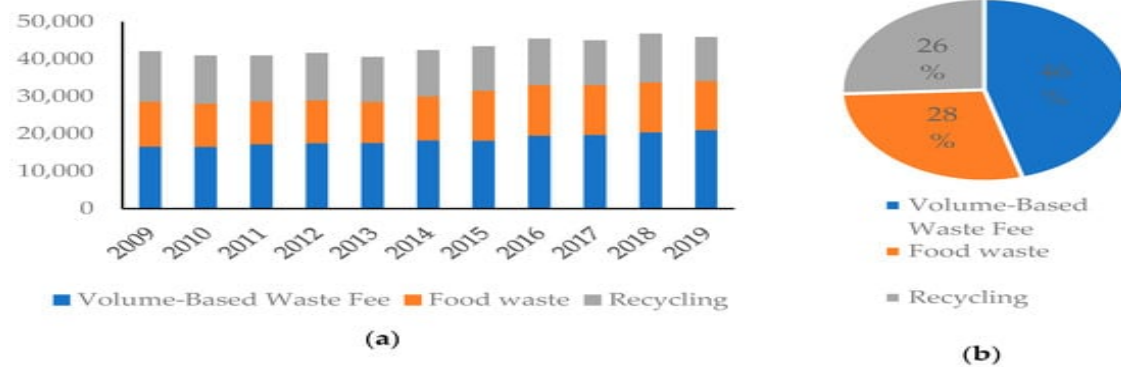
Yıllara sari gıda atıkları geri dönüşümlerinde değişim Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 4. Gıda Atıklarının Yıllara Göre Geri Dönüşümü

1996/2014 yılı verilerine göre gıda atıklarının evsel atıkların %22 ila %29'u oluşturmaktadır.

Güney Kore'de yıllık atık üretimi 2013 yılından bu yana istikrarlı bir şekilde artmıştır (Şekil 5). Özellikle, VBWF ve gıda atıkları 2019 yılında 2013 yılına kıyasla %16 daha fazla olmuştur. Sonuç olarak, gıda atığı yönetimiyle ilgili politikalar vurgulanmış ve gıda atığı üretimindeki artışın engellenmesi ve üretilen gıda atıklarının geri dönüşümünün teşvik edilmesi ihtiyacı vurgulanmıştır.

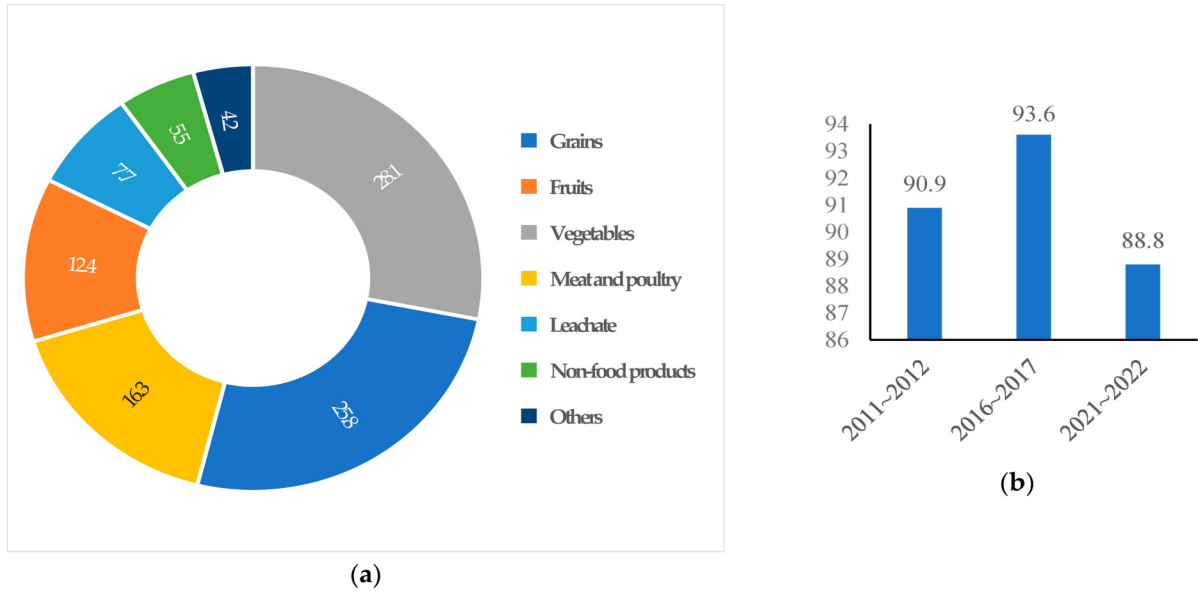


Şekil 5. Ulusal Atık Deşarj Hacmi: (a) Ulusal Atık Deşarj Hacmi (Ton/Gün) ve (b) 2019 Atık Deşarj Hacmi Oranı (%)

Güney Kore Gıda Atığı Sorununu Çözdü

2019 yılında, ülke genelindeki atık üretim oranı dikkate alındığında, günlük 20.917 ton VBWF, 13.138 ton gıda ve 11.802 ton geri dönüştürülebilir atık oluşmuştur. Gıda atıkları 2019 yılında üretilen toplam atığın %28'ini oluşturmuştur.

Özellikle, gıda atıklarının %53,0'u hanelerden, %47,0'si ise marketler, iş yerleri ve restoranlar gibi hanehalkı dışı sektörlerden kaynaklanmıştır. Ulusal Atık İstatistikleri Anketi her beş yılda bir yapılmakta olup, beşinci anket 2016-2017 yıllarında, altıncı anket ise 2021-2022 yıllarında gerçekleştirilmiştir. Altıncı anketten elde edilen sonuçlar, kompozisyon oranının beşinci anketin sonuçlarına benzer kaldığını, toplam gıda atığının sırasıyla %28,1, 16,3 ve 12,4'ünü sebzeler, et ve balık ürünleri ve meyvelerin oluşturduğunu göstermiştir (**Şekil 6**). Güney Kore'nin beslenme alışkanlıkları incelendiğinde, karbonhidrat alımının tüketilen her 100 g gıda için 4,3 g olduğu ve bu miktarın protein ve yağın yaklaşık iki katı olduğu görülmektedir. Ayrıca, mevsimler boyunca karbonhidrat tüketiminde çok az değişiklik olmaktadır. Koreliler yemeklerini öncelikle pirinç ve buğdaya dayandırmaktadır ve çeşitli garnitürlerle karakterize edilen yemek kültürleri de önemli miktarda sebze tüketimiyle sonuçlanır (**Şekil 6**).



Şekil 6. Gıda Atıklarının Bileşim Oranı ve Ayrı Deşarj Oranı: (a) Gıda Atıklarının Kompozisyon Oranı (%) ve (b) Gıda Atıklarının Ayrı Deşarj Oranı (%).

Gıda atıklarını ayrıştırma oranı, genel atıklarla karıştırılmak yerine ayrı olarak toplanan gıda atığı oranının bir göstergesidir (**Şekil 6**). Bu nedenle VBWF sisteminin etkinliğini yansıtmaktadır. Gıda atıklarının ayrı olarak boşaltılma oranı %88,8 olup, beşinci anketteki orana (%93,6) kıyasla yüzde 4,8 birimlik bir düşüğe işaret etmektedir. Bu oran aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmıştır.

Bu ayrı ücretlendirme oranları $F o o d w a s t e =$

$$\left(\frac{\text{Gıda atıklarının AYRIŞTIRILDIĞI MIKTARI}}{\text{Fod atık hacmi karışım miktarı} + \text{y ayr ayrılmış atık miktarı}} \right)$$

3.2. Gıda Atıklarının Toplama

Güney Kore’de ‘attığın kadar öde’ sisteminde iki tür toplama sistemi var;

1. Biyolojik olarak parçalanabilen sarı poşetlerde kaldırım kenarı
2. Apartman komplekslerine otomatik gıda atığı RFID kutusu

Kaldırım kenarı toplama sisteminde; gıda atıkları sabah saat 05’de başlayarak, Pazar (veya cumartesi) günleri hariç, her gün gıda atıkları toplama araçları ile toplanmaya başlanıyor. Bir gün beklemek bile büyük miktarda gıda atığının birikmesine neden olur.

Üzerinde "belirlenmiş gıda atığı poşeti" yazan 1, 2, 3 veya 5 litrelik tek bir biyolojik olarak parçalanabilen sarı poşetler var. 3 litrelik biyolojik olarak parçalanabilen poşetin tanesi 300 won (yaklaşık 20 cent). Cumartesi (veya Pazar) hariç her gün kaldırım kenarlarından gıda atıkları toplanıyor. Konut sakinlerin tek yapması gereken nemi sıkılmış gıda atığını **Şekil 1**’de gösterilen biyolojik olarak parçalanabilen poşete koymak ve poşeti dolduğu zaman gün batımından sonra sokaktaki belirlenen saatlerde kaldırım kenarlarına gıda atığı dolu biyolojik olarak parçalanabilen poşetini bırakmaktadır.

Tablo 2. Konut Tipi Evler İçin Biyolojik Olarak Parçalanabilen Sarı Torba Fiyatları

1 liter	2 liter	3 liter	5 liter	10 liter	20 liter	30 liter
100 won (0.1\$)	200 won (0.2 \$)	300won (0.3 \$)	500won (0.5 \$)	1,000won (1 dollar)	2,000won (2 dollar)	3,000won (3 dollar)

**Genel atık torbası fiyatından çok daha pahalı (yaklaşık 4 kat).*

Hane sakinleri attığı her 20 litre gıda atığı için yaklaşık 2 dolar ödeme yapıyor.

Hane sakinlerinin satın alınan biyolojik olarak parçalanabilir torbanın boyutu, israfı önlemek ve maliyetten tasarruf etmek için tipik olarak üretilen gıda atığı miktarına karşılık gelmelidir.

Gıda atık bertarafı için yalnızca devlet tarafından piyasaya sürülen biyolojik olarak parçalanabilir poşetlerin kullanılması zorunludur. Standart olmayan poşetlerin kullanılması para cezalarına neden olabilir.

Lokanta tipi işyerleri için hacim bazlı biyolojik olarak parçalanabilen sarı poşetler 20 litreden başlıyor ve 100 litreye kadar devam ediyor. 20 litrelik hacim bazlı torbanın fiyatı 0,52 dolar iken 100 litrelik torba fiyatı 2.68 dolardır. 30 litrelik torba, 0,78 dolar, 50 litrelik torba 1,3 dolar ve 75 litrelik biyolojik olarak parçalanabilir torba 2 dolardır.

Tablo 3. Restoran Tipi Küçük İşletmelerde Biyolojik Olarak Parçalanabilen Sarı Torba Fiyatları

5 liter	10 liter	20 liter	30 liter	60 liter (Ödeme Belgesi)	120 liter (Ödeme Belgesi)
700 won (70 cents)	1,400won (1.4 dollar)	2,800won (2.8 dollar)	4,200won (4.2 dollar)	8,400won (8.4 dollar)	16,800 won (16.8 dollar)

Güney Kore Gıda Atığı Sorununu Çözdü

**Hacim bazlı gıda atığı biyolojik olarak parçalanabilen poşetleri ve ödeme makbuzları dağıtıcısı: Market, bakkallarda hacim bazlı atık poşeti satanlarla aynı*

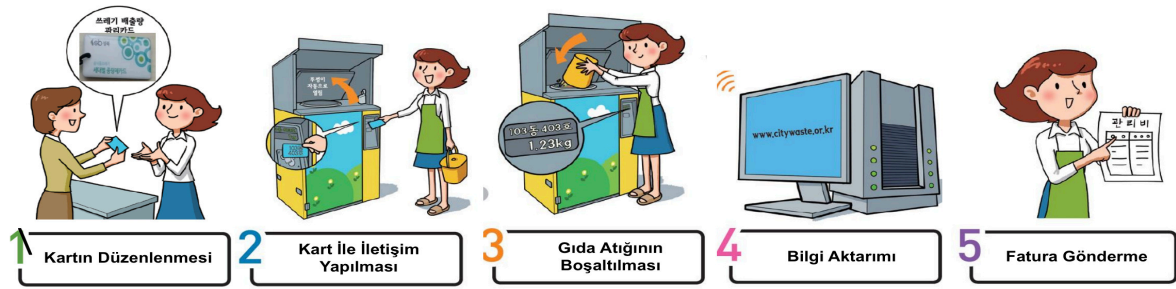
**Küçük işletme: Alanı 200 metrekareden küçük olan genel restoranlar*

**İşletmelerin biyolojik olarak parçalanabilen sarı torbalarının çok daha pahalı olduğu görülmektedir. Bu tür işyerleri sıfır atık programını uygulayarak bedelleri düşürebilir.*

RFID Kutusu Toplama Sisteminde; apartmanda yaşamayanlar için belediye kamyonları birkaç günde bir apartman apartman dolaşarak RFID'deki gıda atıklarını topluyor.

Bazı belediyeler apartman komplekslerine otomatik gıda atığı RFID kutusuna (**Şekil 2**) kutusu yerleştirdi; bu sayede apartman sakinleri biyolojik olarak parçalanabilen sarı poşetten vazgeçip bir kart okutarak ağırlık bazlı ücreti doğrudan makineye ödeyebiliyor. Gıda atığı toplama firması RFID kutuları devamlı temiz tutuyorlar.

RFID sisteminde, konut sakinleri bir ödeme çipi satın alır ve gıda atıklarını atmak için bunu toplama kabına (RFID) dokundurur. Radyo Frekanslı Tanımlama sistemi, toplama kabı üzerindeki elektrikli çipi tanımlar ve ağırlığa göre ücret uygular. Ve bu sistem ne kadar gıda atıldığını gösterir. Bu işlem torbasız yapıla bilinir.



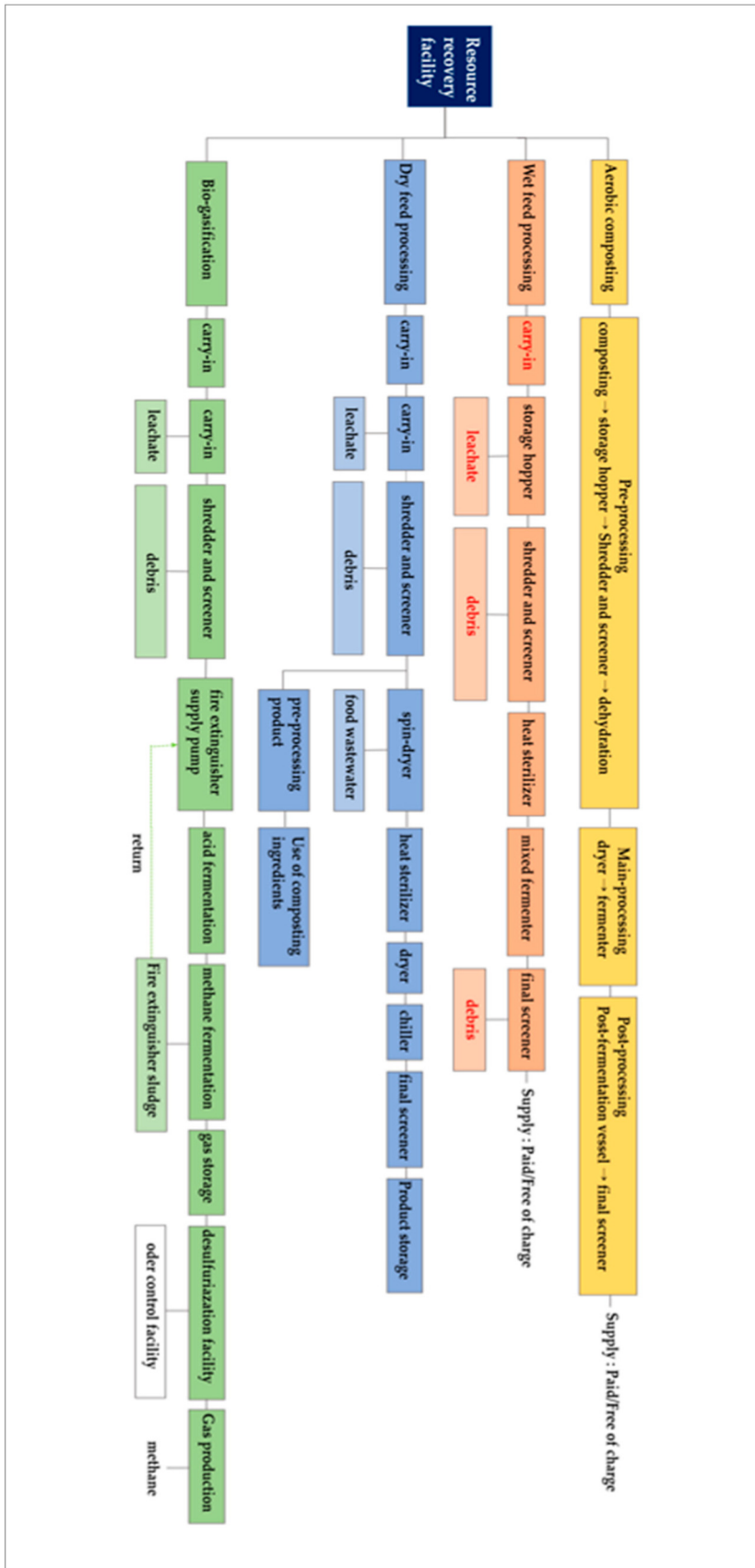
Şekil 7. RFID ile Gıda Atığı Toplama Sistemi

Atığın kadar öde uygulanmasından sonra gıda atığı üretimi ve atığın nem oranı önemli oranda azalmıştır

Güney Kore'de özellikle toplama sıklığı açısından, diğer ülkelere kıyasla inanılmaz derecede elverişlidir.

3.3. Gıda Atığı Geri Dönüşüm İşlemi Türleri

"Gıda atıklarının geri dönüşümü" politikası, atılan gıda atıklarının kompostlama, hayvan yemi ve biyogaz üretimi için kullanılmasını amaçlamaktadır. Kaynak geri kazanım tesisleri genellikle şu süreçleri benimser: aerobik kompostlama, hayvan yemi için ıslak ve kuru fermantasyon ve biyogaz üretimi için anaerobik çürütme. Her bir gıda atığı geri dönüşüm yöntemi için işlem aşamaları **Şekil 8**'te gösterilmektedir.



Şekil 8. Gıda Atıklarının Geri Dönüşümü İçin Farklı Tesislere Kullanılan Süreçlerin Akış Şeması

Güney Kore Gıda Atığı Sorununu Çözdü

Aerobik kompostlama süreci, ayrıştırılmış ve öğütülmüş gıda atıklarının 14 gün boyunca (yem fermantasyonu için 4 gün) bir fermantasyon odasında (Geobox) fermantasyonunu içerir. Daha sonra, malzeme olgunlaşması için 15 gün daha fermantasyona tabi tutulur. Başta bakteriler olmak üzere mikroorganizmalar fermantasyon sırasında organik maddeleri ayrıştırır. Sonraki olgunlaşma aşamasında, 55 °C'yi aşan sıcaklıklarda patojen mikroorganizmalar ortadan kaldırılır ve hoş olmayan kokular giderilir.

Islak yem dönüştürme işlemi, hayvancılık çiftlikleri tarafından kullanılan, kemik parçaları ve vinil gibi yabancı maddelerin gıda atıklarından arındırıldığı ve atıkların hala nemliyken öğütüldüğü bir yöntemdir. Daha sonra atık, sterilizasyon için 140 °C gibi yüksek bir sıcaklığa ısıtılır. Kuru yem dönüştürme işlemi, gıda atıklarının bir kurutucuya yerleştirilmesini ve yüksek hızlı sıcak hava veya 390 °C'de ısıtma ekipmanı kullanılarak, nem içeriği yaklaşık %15'e düşene kadar kurutulmasını içerir. Bu nedenle, yabancı maddeleri manuel olarak seçerek ayırmayı, kurutmayı ve öğütmeyi içeren basit bir arıtma yöntemidir ve genellikle fabrika büyüklüğündeki tesislerde daha büyük ölçekte gerçekleştirilir.

Gıda Atığının Hayvan Yemi ve Komposta Dönüştürülmesinde Kullanılan Tesisler

Kamu atık arıtma tesislerinin işletimi, yerel yönetimler arasındaki atık arıtma maliyetlerindeki eşitsizlikleri gidermek ve ulusal düzeyde entegre bir yönetim sistemi kurmak amacıyla 2011 yılında uygulamaya konulan Atık Arıtma Tesisleri Optimizasyon Stratejisi ile başlamıştır.

Bu çalışmada, Atık Yönetimi Kanunu'nun 55 ve 56. maddelerinde belirtildiği üzere, atık arıtma tesislerinin yönetim sonrası süreçlerinin düzenli operasyonel değerlendirmelerini gerçekleştirdik. Değerlendirme, arıtma tesislerinin kurulum ve işletme durumuna ilişkin araştırma ve değerlendirmelerin yanı sıra ulusal mali desteğe ilişkin kanıtları da içeriyordu. Ülkedeki yem ve kompost için kamu kaynağı geri kazanım arıtma tesislerinin mevcut durumu sırasıyla **Tablo 4** ve **Tablo 5'**de sunulmaktadır. Kamuya ait gıda atığı arıtma tesislerine yönelik yem ve kompost yöntemleri ve kullanım oranları **Tablo 5'**de gösterilmektedir. Yem ve kompostun kullanım oranları aşağıdaki formül kullanılarak hesaplandı.

$$\text{Yem veya kompost kullanımı} = \left\{ \frac{(\text{Ücretli satışlar} \times 1,0) + (\text{Sağlanan r e e o f ş arj ve kullanım})}{\text{Üretimi F e d or r kompost}} \right\}$$

Tablo 4. Kapasite Ve Kaynak Geri Kazanım Yöntemlerine Göre Kamuya Ait Gıda Atığı Arıtma Tesislerinin Operasyonel Durumu

Kategoriler	Tesis Sayısı	Tesislerin Kapasiteye Göre Dağılımı	
		>30 Ton/Gün	<30 Ton/Gün
Beslemek	26	25	1
Organik gübre	28	19	9
Diğerleri	21	9	12

Tablo 5. Kamuya Ait Gıda Atığı Arıtma Tesislerinin Yem ve Kompost Kullanım Yöntemleri Ve Kullanım Oranları.

Kategoriler	Üretim Sayısı (Bin Ton/Yıl)	Kullanım Şekli (Bin Ton/Yıl)			Kullanım oranı (%)
		Ücretli Satışlar	Ücretsiz Sağlanır	Kendiliğinden Oluşturulan ve Kullanılan ¹	
Beslemek	67.0	2.8	44.3	-	37.3
Organik gübre	59.4	1.0	57.1	0,003	49.8
Diğerleri ²	115.3	-	55.5	-	24.1

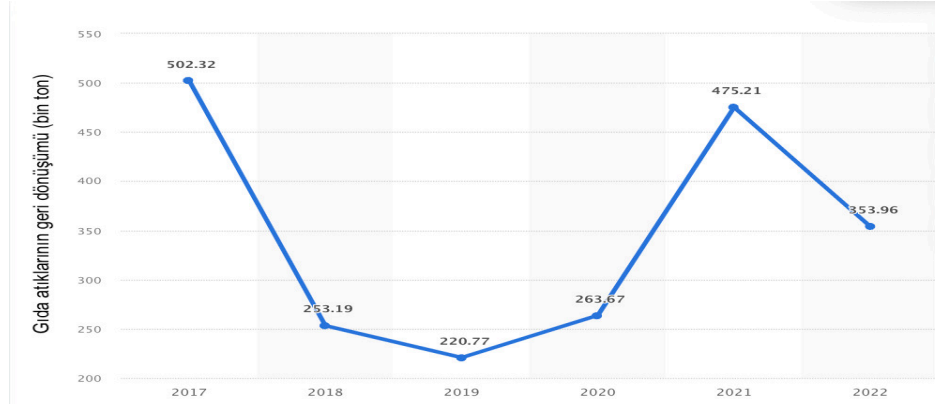
¹Hanelerin ürettiği ve hayvanlarına yedirilen gıda atıkları. ²Diğerleri: kurutma, ısıtma, dehidrasyon ve kırma

Ülkedeki kamuya ait gıda atığı işleme tesisleri, tesis kapasitesine göre analiz edilmiştir. Bu çalışmada ele alınan 54 tesisin 26'sı yem dönüşümüne, 28'i ise kompostlamaya ayrılmıştır. Yem dönüştürme ve kompostlamaya ayrılmış 54 tesis arasında 44 tesis günde ≥ 30 ton işlerken, 10 tesis günde <30 ton işlemektedir.

Bu çalışmada ele alınan farklı arıtma yöntemleri arasında en yüksek kullanım oranı kompostlamada (%49,8) görülmüş, bunu yem (%37,3) ve %24,1'lik bir orana sahip olan azaltma ve organik kaynak kullanımı gibi diğer yöntemler izlemiştir. Toplam kompost ve yem üretimi yılda 126.400 ton olarak gerçekleşmiş, 101.400 tonu ücretsiz olarak sağlanırken 3.800 tonu satılmıştır. Atık üretimi, arıtımı ve dögüsel kullanımına ilişkin yıllık durum tespit ve değerlendirmeleri, yem, gübre ve biyogaz kaynak kullanım miktarına göre üretimin kontrol edilmesi, üretim tesisi veya şirket sayısının kontrol edilmesi ve kaynak dönüşüm tesislerine ihtiyaç duyulan alanların öngörülmesi gibi kaynak tahsisi ve kullanım planlaması için temel verileri sağlamaktadır. Bu tür değerlendirmeler, temel kaynak dolaşım planlarının oluşturulması ve ulusal kaynak dolaşım hedeflerinin belirlenmesi için de faydalıdır.

4. Gıda Atıklarının Değerlendirilmesi

Güney Kore'de 2021 yılında bir önceki yıla göre önemli bir artışla 475 bin tonun üzerinde gıda atığı geri dönüştürülmüştür. Bu aynı zamanda 2019'un iki katından fazlaydı. Güney Kore'de 2022'de bir önceki yıla göre düşüş göstererek 353 bin tonun üzerinde gıda atığı geri dönüştürülmüştür. Gözlemlenen yıllar arasında 2019, yaklaşık 221 bin tonla ülkedeki en düşük geri dönüştürülmüş gıda atığı hacmini göstermiştir.



Şekil 9. Güney Kore'de 2017'den 2022'e Kadar Evsel Gıda Atıklarının Geri Dönüştürülmesi (1.000 ton Olarak)

4.1. Organik Gübre (Kompostlama)

2023 tarihli bir Nature araştırmasında, gıda atıklarının kompostlaştırılmasının çöp depolamaya kıyasla %38-84 daha az sera gazı emisyonuna yol açtığı ortaya çıkmıştır.

Kompostlama, biyolojik olarak parçalanabilen atıkların kontrollü aerobik ve biyolojik bozunması yoluyla kompost üretimiyle sonuçlanır ve birçok ülkede gıda atıkları için çevre dostu ve uygun maliyetli bir alternatif çözüm olarak dikkat çeker.

Kompostlama işlemi sırasında gıda atıkları, kompostlama tesislerinde ayrıştırma ve nem içeriğinin ayarlanması da dahil olmak üzere bir dizi aşamadan geçmektedir. Kore'de gıda atıkları öncelikle pirinç bazlı ve çorba kıvamında yemeklerden oluşmakta ve bu da yaklaşık %80-85 gibi yüksek bir nem içeriğine yol açmaktadır. Güney Kore yemek kültürü nedeniyle gıda atıklarının özelliği yüksek su ve tuz içermektedir. Buna ek olarak, kimchi gibi tuzlu fermente gıdaların yaygın olarak diyeteye dahil edilmesi, yaklaşık %3-4'lük bir tuz içeriğine katkıda bulunmaktadır. Sonuç olarak, bu yüksek nem ve tuz içeriği seviyeleri nedeniyle ön işleme gerekli hale gelmektedir. Ayrıca, pH ve Elektriksel İletkenlik (EC) gibi kompostlaşmayı etkileyen parametreler de oldukça yüksek tespit edilmiştir.

Aerobik kompostlama tipik olarak ön işleme, fermantasyon ve olgunlaşma aşamalarını içeren yaklaşık 2 ila 3 ay sürer. Karışık bir fermantasyon tankında, nem düzenleyici ve fermantasyon ajanları eklenir ve nem içeriğini <%52'ye düşürmek için karışım 24 saat boyunca karıştırılır. Kompost fermantasyon tesisindeki bu adımın ardından, 55 ila 60 °C'lik bir sıcaklık korunurken 28 ila 30 gün boyunca hava enjekte edilir ve kompost bir kompost çevirici kullanılarak günde yaklaşık 20 kez karıştırılır. Olgunlaşma aşamasında, nem içeriği <%42'ye düşene kadar

Güney Kore Gıda Atığı Sorununu Çözdü

karıştırılarak kompost üretilir. Aerobik kompostlaştırma, nispeten düşük kurulum maliyetleri ve kolay kurulumu nedeniyle en yaygın olarak benimsenen yöntemdir. Nispeten kısa bir kompostlama süresi avantajına sahiptir; ancak, nem ve tuz içeriğini düzenlemek için gerekli katkı maddeleri ile birlikte tesis kurulumu için geniş bir arazi alanı gerektirir. Buna ek olarak, bu tür kurulumlar için koku kontrol tesisleri gereklidir ve tesis operasyonları önemli ölçüde enerji tüketimine sahiptir (**Tablo 6**)

Tablo 6. Bu Çalışmada Dikkate Alınan Her Kompostlama Yönteminin Özelliklerinin Özeti

Kategori	Prencip	Avantaj	Dezavantaj
Aerobik kompostlama	Aerobik mikroorganizmaları kullanarak kompostlama yapan bir ev için sürekli bir hava beslemesi gereklidir.	Kompostlama için kısa süre gerekir	Yüksek enerji tüketimi; kokular
Anaerobik kompostlama	Yiyecekler kapalı bir alanda uzun süre ayrışarak kalır; Yan ürün olarak kompost ve metan gazı üretiliyor	Kayıp derecesi büyük	Ayrışma yavaş
Vermikompostlama	Gıda atıklarını fermente ederek solucanlara besin olarak sağlayarak kompost üretimi	Düşük başlangıç tesis yatırımı	Kokular nedeniyle kentsel alanlarda uygulamanın sınırlandırılması

Anaerobik kompostlama, alkol ve metan üretmek için gıda atıklarının anaerobik ve metan oluşturan mikroorganizmalarla fermente edilmesini ve ardından kalan çamurun kompostlanmasını içerir. Anaerobik kompostlama, 36 °C ila 38 °C sıcaklıklarda çalışan ve yaklaşık 30 günlük bir fermantasyon sürecinden geçen bakterilerin kullanılmasını içerir. Hammaddeler hazırlanırken nem koşulları yaklaşık %60'a ayarlanır ve anaerobik mikroorganizmaların aşılmasından sonra fermantasyon süreci boyunca %50 ila 55 arasında tutulur (**Tablo 6**). Yapılan bir çalışmada, kompostlamanın verimli çalışmasının 6 ila 8 pH, 20 ila 30:1 karbon/azot oranı, %50 ila 65 nem ve 55 °C ila 75 °C sıcaklık aralığı gibi parametrelere bağlı olduğunu belirtmiştir. Ancak, bu parametreler her kompostlama tesisi ve prosesi için ayarlanmalıdır.

Geleneksel aerobik ve anaerobik kompostlama yöntemlerine ek olarak vermikompostlama da dikkat çekmeye başlamıştır. Vermikompostlama, böceklerin ve solucanların, solucan gübresi olarak bilinen dışkılarını gübre olarak kullanmak üzere yetiştirmek için kullanılmasıdır. Gıda artıkları gibi organik atık maddeler bu organizmalar için mükemmel besin görevi görür ve dışkıları toprağı zenginleştirir. Bu yaklaşım çevre dostu bir kaynak geri dönüşüm yöntemi olarak kabul edilir ve nispeten düşük kurulum maliyeti avantajı sunmaktadır. Bununla birlikte, uygun çevresel kontrol ve atığın sıcaklığı, nemi ve pH'nın korunması ve koku giderme ve sızıntı suyu arıtımı için tesislerin kurulmasını gerektirir (**Tablo 6**). Vermikompostlama için optimum koşullar arasında 20 °C ila 30 °C sıcaklık aralığı, %60 ila %80 nem seviyeleri, 7 pH ve 15 ila 20:1 karbon/azot oranı yer almaktadır.

Kompost Malzemelerinin Kalite Kontrolü

Güney Kore'de gıda atıklarından elde edilen kompost için henüz belirli bir kalite standardı oluşturulmamıştır. Ancak atık bileşimi, Gübre Yönetimi Yasası'nın 4. Maddesi kapsamında kompost için belirlenen spesifikasyonlara uygun olmalıdır. Kompost için gübre prosesi

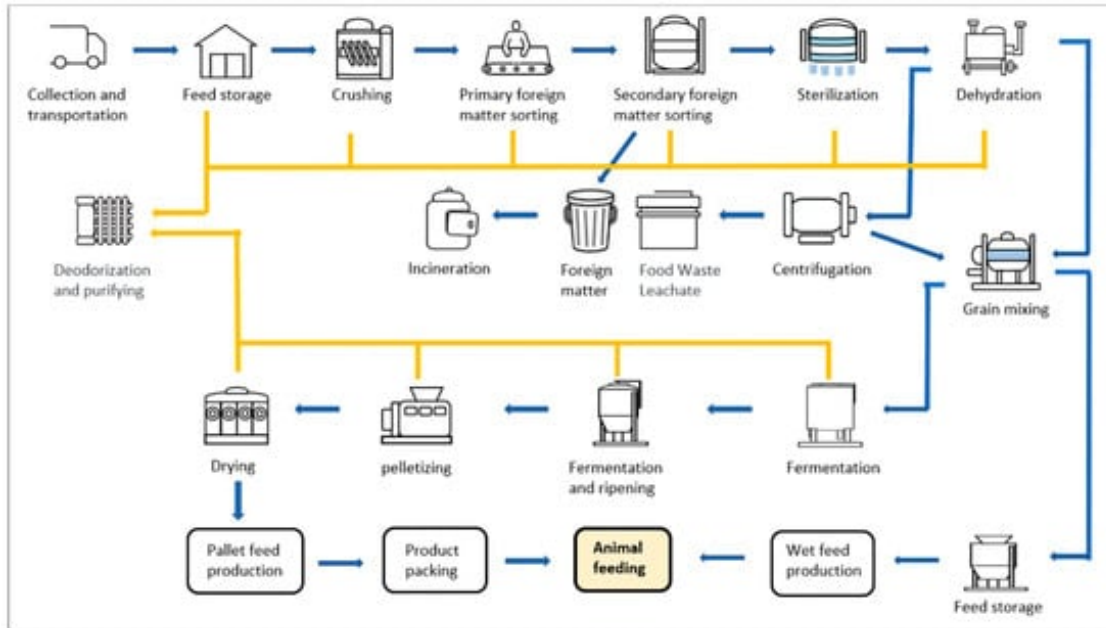


Güney Kore Gıda Atığı Sorununu Çözdü

spesifikasyonu maksimum tuz içeriği limitini %2,0 olarak belirlemektedir. Gübre Yönetimi Yasası, gıda atıklarından üretilip üretilmediğine ve ücretsiz olarak dağıtılıp dağıtılmadığına veya kâr amacıyla satılıp satılmadığına bakılmaksızın kompost üretimini düzenlemektedir. Bu yönetmelik, kompost üretim endüstrisinin kayıtlı olmasını ve standart işleme spesifikasyonlarını karşılayan kompost üretmesini sağlar.

4.2. Hayvan Yemi

Kurutma ve fermantasyon kombinasyonunu içeren yem işleme yöntemleri, kompostlama ile karşılaştırıldığında daha hızlı işleme avantajı sunmaktadır. Ancak yem işleme tesisleri, başlangıçta yüksek ekipman maliyetleri ve tesislerin bakım, onarım ve revizyonu ile ilgili masraflar gibi dezavantajlara sahiptir. Yem işleme yöntemleri ıslak, kuru veya fermantasyon yöntemleri olarak kategorize edilir. Islak ve kuru yem dönüşümünün üretim süreci diyagramı **Şekil 10**'te gösterilmiştir. Islak işleme, yemin nemli bir forma (%70 ila 80) dönüştürülmesini içerir, kuru işleme ise nemi gidermek için yemin kurutulmasını içerir (\leq %15). Fermantasyon süreci, yemin besin kalitesini artırmak için *Bacillus subtilis* gibi bakterilerin yanı sıra *Aspergillus tubingensis* ve *Meyerozyma caribbica* gibi mantarları da içeren mikrobiyal aktiviteyi kullanır. Fermantasyon, mikrobiyal etki yoluyla yemin sindirilebilirliğini ve besin içeriğini artırabilir ancak fermantasyon koşullarının uygun şekilde kontrol edilmesini gerektirir. Islak fermantasyon sürecinden geçerken organik maddede %1,24, lifli olmayan karbohidratlarda %7,11 ve azotsuz ekstraktta %4,05 artış olmuştur.



Şekil 10. Islak ve Kuru Yem Üretim Süreci Üretim Süreci Diyagramı

Afrika domuz vebası (ASF) salgınının ortaya çıkması ve yayılması nedeniyle Güney Kore'de 2019'da gıda atığının %22'sini oluşturan yaş yem üretiminin durmasına yol açmış ve Temmuz 2019'dan bu yana artık gıdaların domuz yeminde kullanılması yasaklanmıştır. Afrika domuz vebası (ASF), domuzlarda yüksek ölüm oranıyla ilişkili viral bir kanama hastalığıdır ve ASF virüsü, domuz ürünleri ve dondurulmuş etlerde 1000 güne kadar hayatta kalabilmektedir. Sonuç

Güney Kore Gıda Atığı Sorununu Çözdü

olarak, domuz yetiştiriciliğine yönelik toplam artık gıda atığının (günde 15.900 ton) yaklaşık %7,5'i (1200 ton) yaş yem olarak yeterince geri dönüştürülmemektedir. Sağlıkla ilgili endişelere ek olarak, yüksek nem ve tuz seviyeleri, yabancı maddelerle kirlenme, hoş olmayan kokular ve nakliye ve depolama sırasında bozulma potansiyeli gibi bir dizi sorun, geri dönüştürülmüş gıda atıklarının yem bileşeni olarak uygunluğunun azalmasına katkıda bulunmuştur. Geri dönüştürülmüş gıda atıklarının kalitesine ilişkin hakim olan şüphecilik nedeniyle, ticari domuz diyetlerine bir bileşen olarak dahil edilmesinin zorlu bir çaba olduğu kanıtlanmıştır.

Bununla birlikte, gıda atıklarının hayvan yemi kaynağı olarak kullanılmasına yönelik bir diğer yaklaşım, gıda atıklarındaki besin maddelerinin hayvan yemi olarak böcek ununa dönüştürülmesi için böceklerin kullanılmasını içermektedir. Kara asker sineği larvalarını kullanan hayvan yemi teknolojileri üzerine yapılan yeni çalışmaların mükemmel ayrıştırma yetenekleri sağladığı ve ardından hayvan yemi olarak kullanılabilir yüksek proteinli ve mineralli böcek unu ürettiği gösterilmiştir. Özellikle hayvan yemi ve diğer amaçlar gibi uygulamalar için böcek yetiştiriciliğinde gıda atıklarının kullanımı son yıllarda büyük ilgi görmektedir. Bu artan ilgi, öncelikle bu uygulamayla ilişkili algılanan çevresel ve ekonomik avantajlardan kaynaklanmakta ve hayvan yemi, atık azaltma ve sürdürülebilir protein üretimi gibi çeşitli amaçlara hizmet eden böcek üretimi için gıda atıklarının kullanılmasına yönelik artan eğilimin altını çizmektedir.

Bitki atıkları kullanılarak hayvan yemi üretimi, zararlı maddelere ilişkin kriterlere ve standartlara bağlıdır. Bu da karma yemler için standartlarla uyumludur (Yemler için Standartlar ve Spesifikasyonlar, Tarım, Gıda ve Köyışleri Bakanlığı Tebliği No. 2022-55). Yem standartları kapsamında, gıda atıklarının hayvan yemi olarak kullanılması "diğer (artık gıda yemi)" olarak ayrıca düzenlenmiştir. Artık gıda yemleri için zararlı madde aralığı ve kriterleri **Tablo 7**'te belirtilmiştir.

Tablo 7. Gıda Atığı Yem Üretimindeki Zararlı Maddelere İlişkin Aralıklar Ve Kriterler.

Sınıflandırma	Tehlikeli Maddeler	Kabul Kriterleri
Yönetim hedefi: ağır metal	Kurşun (Pb)	20 ppm
	Cıva (Hg)	0.5 ppm
	Kadmiyum (Cd)	50 ppm
Yönetim hedefi: majör mikotoksin	Aflatoksin B1, B2, G1, G2	50 ppb
	Okratoksin	250 ppb
Yönetim hedefi: minör mikotoksin	Deoksinivalenol (vomitoksin)	10,000 ppb
	Zearalenon	3000 ppb
	Fusarium B1 ve B2	60,000 ppb
	T-2/HT-2	500 ppb
Yönetim hedefi: diğer güvenlik sorunları	Free gossypol	1200 ppm
	Siyanür	50 ppm
	Salmonella	Not detected

4.3. Biyogaz

Güney Kore, karbon yoğun yakıt kaynaklarının kullanımını azaltmayı amaçlayan yeni bir yasayı hayata geçirdi, bu da biyogazın çok daha yaygın hale geleceği anlamına gelmektedir.

Biyogaz tesislerinde anaerobik sindirim yoluyla enerji üretimi, gıda atıkları da dahil olmak üzere çeşitli organik atıklar için bir arıtma yöntemi olarak faydalıdır.

Biyogaz tesislerinin sera gazı emisyonlarını azaltma ve yüksek verimli yakıt üretimi gibi avantajları vardır.

Biyogaz, ikincil bir kaynak olarak hizmet veren değerli bir yenilenebilir enerjidir. Biyolojik olarak parçalanabilen organik maddelerin anaerobik sindiriminden elde edilir. Biyogaz, yakıt olarak ve kimyasal, hidrojen ve gaz üretimi için hammadde olarak kullanım dahil olmak üzere birçok uygulamaya sahiptir. Biyogaz tesisleri, tarımsal sulama için gübre ve su üretebilir, organik atık maddeleri kullanabilir ve kontrol edebilir, anaerobik çürütme sürecinin besin açısından zengin bir yan ürünü olan digestat suyu, tarımsal uygulamalarda toprağın zenginleştirilmesi için etkili bir gübre olarak hizmet edebilir.

Sürekli araştırmalar, mekanik, kimyasal ve termodinamik ön arıtma süreçleri kullanılarak anaerobik çürütmenin optimizasyonu ve kentsel katı atıkların organik kısmının (OFMSW) işlenmesi için bir çözüm sağlanması dahil olmak üzere biyogaz üretimi ve kullanımının çeşitli yönlerine odaklanmaktadır. Bir çalışmada, biyogaz sonrası üretimin termal ve elektrik enerjisi yönlerini incelemiş, biyogaz kullanım seçeneklerini değerlendirmiş ve çevresel etkileri göz önünde bulundururken tesis verimliliğini optimize etmiştir. Ayrıca, gıda atığı arıtma tesisleri gibi organik atık kaynaklarından üretilen biyogaz, sofistike bir arıtma işleminden sonra kentsel gaz boru hattı şebekesine verilmekte ve sıkıştırılmış doğal gaz araçlarında kullanılmaktadır.

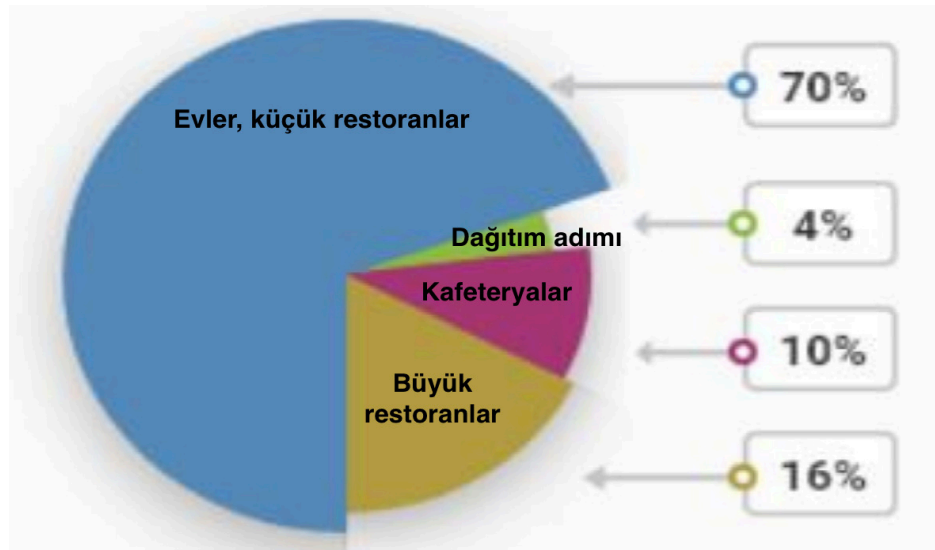
Genel olarak, önemli miktarda enerji içeren evsel atıksu arıtma çamuru, hayvan gübresi, gıda atıkları ve hayvan kalıntıları dahil olmak üzere çeşitli organik atık türleri vardır. Bunlar, yaklaşık %60 metan ve diğer değerli kaynakları içeren biyogaz üretmek için anaerobik çürütme yoluyla işlenebilir. 2019 yılında, gıda atıklarından enerji geri kazanımı toplam organik atığın %12,5'ini oluştururken, yem üretimi ve kompostlama sırasıyla %36,2 ve %38,1'ini oluşturmuştur (**Tablo 8**).

Geçtiğimiz on yılda Kore'nin yaşam standartlarındaki iyileşmeler nedeniyle organik atıklar son 10 yılda %14,7 oranında artmıştır. 2019 yılında yıllık organik atık üretimi 65,37 milyon ton olmuştur. Farklı atık kategorileri arasında en büyük oranı hayvan gübresi oluşturmuştur (55,93 milyon ton; %86). Gıda atıkları 5,22 milyon ton ile yıl içinde üretilen toplam organik atığın %8'ini oluşturmuştur (**Şekil 12**).

Evsel atıksu arıtma çamuru, hayvan gübresi, gıda atıkları, hayvan ve bitki artıkları ve atık odun gibi organik atık kaynaklarının yerli üretimi 2019 yılında 179.096 ton/gün olarak gerçekleşmiştir. Bunların arasında en büyük payı %85,4 ile hayvan gübresi oluştururken, onu %6,5 ile kanalizasyon çamuru ve %8,0 ile gıda atığı takip etmiştir.

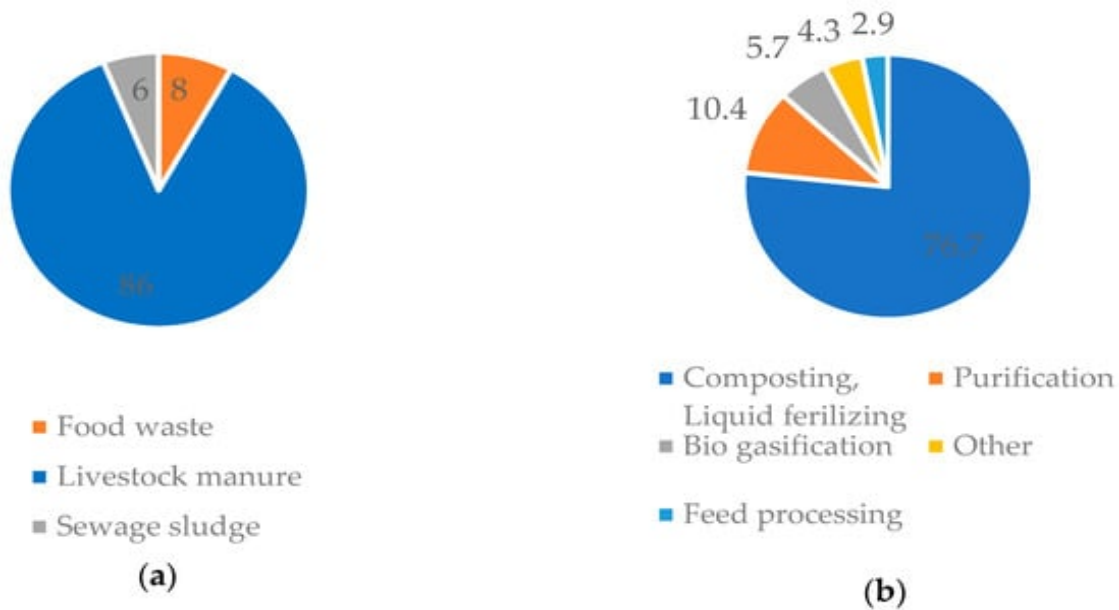
Gıda atıkları oluşum kaynakları **Şekil 11**'de verilmiştir.





Şekil 11. Gıda Atıkları Oluşum Kaynakları

Organik atık işleme açısından, kompostlama ve anaerobik çürütme 50,15 milyon ton ile en yüksek paya sahiptir (bu tür işlemler kullanılarak işlenen toplam atığın %76,7'sine karşılık gelmektedir). Yem işleme %2,9'luk bir paya sahiptir ve yılda 1,89 milyon ton işlenmektedir. Biyogaz üretimi %5,7'lik bir paya sahiptir ve yılda 3,75 milyon ton üretilmektedir (Tablo 8). Şu anda Güney Kore'de 1341 çevre tesisi bulunmaktadır; bunlar arasında gıda atıkları gibi atık kaynakların işlenmesini gerçekleştiren 110 biyogaz üretim tesisi de yer almaktadır

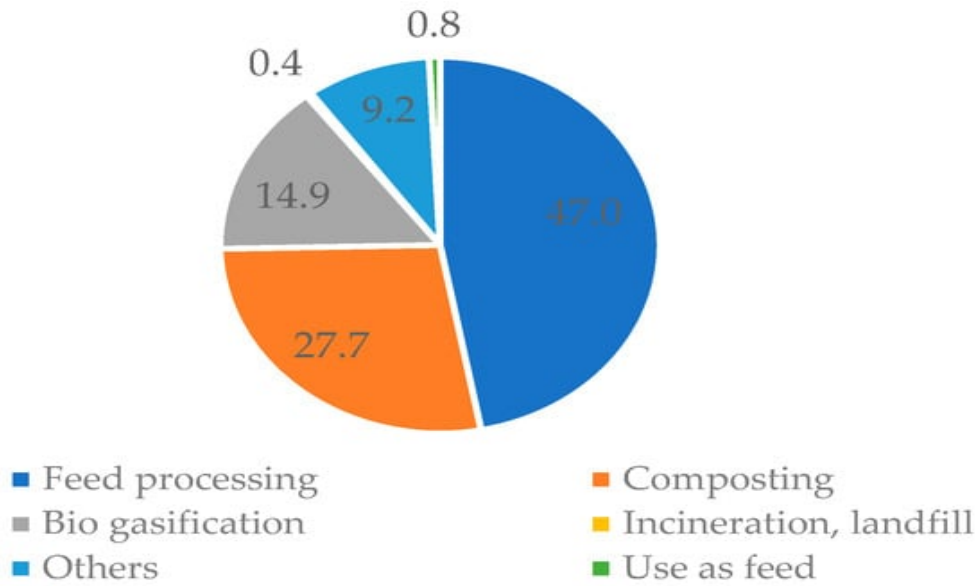


Şekil 12. 2019 yılında Güney Kore'nin Organik Atık Üretim Ve Bertaraf Oranları: (a) Organik Atık Üretim Oranı (%) ve (b) Organik Atık Bertaraf Oranı (%).

Tablo 8. Organik Atıkların Kullanım Oranları (Birim: Milyon Ton; %).

Kategori	Toplam	Yem Üretimi	Kompostlama/ Sıvı Gübreleme	Biyogaz	Aritma	Diğerleri (Örneğin Yakma)
Toplam	65,37 (100)	1,89 (2,9)	50,15 (76,7)	3,75 (5,7)	6,80 (10,4)	2,78 (4,3)
Yemek atıkları	5,22 (100)	1,89 (36,2)	1,99 (38,1)	65 (12,5)	-	69 (13,2)
Hayvan gübresi	55,93 (100)	-	48,16 (86,1)	92 (1,6)	6,80 (12,2)	5 (0,1)
Evsel arıtma çamuru	4,22 (100)	-	-	2,18 (51,7)	-	2,04 (48,3)

Şekil 13, kaynak kullanım yöntemine göre kategorize edilmiş gıda atığı işleme tesislerinin 2021 yılındaki operasyonel durumunu göstermektedir. Gıda atığı işleme tesislerinin faaliyet durumu şu şekildedir: kompostlama, biyogaz üretimi için anaerobik çürütme, kuru yem üretimi ve yaş yem üretimi sırasıyla %27,7, %14,9 ve %47'dir. Özel olarak işletilen tesislerin %0,8'i gıda atıklarını hayvan yemi olarak kullanmıştır.



Şekil 13. Güney Kore'deki Gıda Atığı Arıtma Tesislerinin 2021'deki Operasyonel Durumu.

Ayrıca, Çevre Bakanlığı tarafından sağlanan evsel biyogaz üretimi ve kullanımına ilişkin verilere göre, 2020 yılında 362 milyon standart metreküp (Sm^3) üretim gerçekleşmiş ve bunun 302 milyon Sm^3 'ü kullanılarak toplamda %83,2'lik bir kullanım oranı elde edilmiştir. Yıllık üretimin 50 milyon m^3 /yılı (%13,8) elektrik olarak satılmış, 38 milyon m^3 /yılı (%10,5) buhar üretimi için kullanılmış, 100 milyon m^3 /yılı (%27,6) gaz olarak tedarik edilmiş ve 114 milyon m^3 /yılı (%31,4) kendi kendine tüketilmiştir. Kullanılmayan miktar 61 milyon m^3 /yıl (%16,8) olup, bu miktarın tamamı yakma yoluyla bertaraf edilmiştir.

5. Sonuç

Gıda atıklarının kaynakta ayrı toplanması ve geri dönüştürme işinin gidişatında önce politika, sonra altyapı için para ve yatırım, sonra da evlerde toplanmasını sağlamak gelmektedir.

Güney Kore’de yere çöp atılmaz. Atılırsa ayıplı bir harekettir. Ağır yaptırımı var. Çöpler, atık kutusuna atılır.

Güney Kore’de tek kullanımlık plastik poşetler 2019 yılında yasaklanmıştır. Yasağa uymayan alışveriş yerleri (market, mağazalar, süper marketler ve benzerleri) iki bin 121 dolar para cezasına çarptırılır.

Mutfakta gıda atıkların öğütülerek imha edilmesinin ve kanalizasyona deşarj edilmesinin yasaklama ile ilgili çalışma başlatılmıştır.

Güney Kore, hızlı sanayileşme ve kentleşmenin yol açtığı atık yönetimi sorunlarını çeşitli geri dönüşüm politikalarıyla başarılı bir şekilde ele almıştır. Ancak, karbon nötrlüğüne ulaşmak için ele alınması gereken yeni kaynak dolaşımı ve çevre koruma konuları yeni zorluklar ortaya çıkarmaktadır. 2016’da yürürlüğe giren Kaynak Dolaşımı Temel Yasası, atıkların yakılmasını ve düzenli depolanmasını en aza indirmek ve geri dönüşümü en üst düzeye çıkarmak için kaynak dolaşımı için bir performans yönetim sistemi ve kaynak dolaşımını teşvik etmek için bir sertifikasyon sistemi ile birlikte atık bertaraf yükü ücretleri getirmiştir. Çevrenin korunmasına yönelik olarak Güney Kore, atık ayrıştırma ve toplama, gıda atıklarından kaynak kullanımı ve organik atıkların biyogazlaştırılması gibi çeşitli politikalar uygulamıştır. Bu çalışmanın sonuçlarına ve tartışmasına dayanarak, Güney Kore’de gıda atıklarının değerlendirilmesi için uygulanabilir öneriler sunuyoruz.

Anaerobik, aerobik ve böcek bazlı kompostlama, hayvan yemi için kuru ve ıslak fermantasyon süreçleri ve kategorize edilmiş malzemeler kullanılarak biyogaz üretimi gibi Güney Kore’deki mevcut kaynak kullanım yöntemlerinin durumunu ve zorluklarını özetlemiş olsak da, ele alınması gereken bazı sınırlamalar vardır. İlk olarak, gıda atıklarının geri dönüşümü için devlet sübvansiyonları ile yem tesisleri kuran ticari çiftlikler, hayvan hastalıklarının önlenmesi için yem kullanımına getirilen kısıtlamalar nedeniyle zorluklarla karşılaşmaktadır. İkinci olarak, gıda atıklarının toplanması ve depolanması sırasında bozulmanın, aşırı tuz içeriğinin ve koku oluşumunun azaltılması gibi süreçlerdeki iyileştirmeler, besin değerini artırmak ve hayvan yemine dönüştürülürken güvenliği sağlamak için gereklidir. Son olarak, organik atıkların biyogazlaştırılması, üretkenliği artırmak ve kaynak kullanım verimliliğini iyileştirmek için teknolojik gelişme gerektirmektedir.

Atık kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılması, tek bir teknolojinin geliştirilmesinden ziyade kapsamlı bir çaba gerektirmektedir. Gıda atıklarının işlenmesine yönelik yöntemleri her bölgenin özelliklerine göre optimize etmemiz ve katılımı teşvik edecek politikalar aracılığıyla toplumsal ve ekonomik faydaları vurgulamamız gerekmektedir. Enerji ve karbon faktörlerini dikkate alan önemli teknolojik ilerlemelerin yanı sıra politikaların etkinliğinin sürekli izlenmesi

Güney Kore Gıda Atığı Sorununu Çözdü

de elzemdir. Daha ayrıntılı atık yönetimi yöntemlerine yönelik daha fazla araştırma, yerel topluluklara uygun sürdürülebilir kaynak dolaşımının teşvik edilmesine yardımcı olacaktır.

Güney Kore sistemi ve benzeri sistemlerle gıda atığı oluşması minimize edilmekte ve oluşan gıda atıkları da alternatif maddeye dönüştürülmektedir.

Güney Koreliler gıda atıklarını azaltmak için azami çaba gösteriyorlar.

6. Kaynaklar

<https://www.mdpi.com/2071-1050/16/2/854>

<https://appliedbiochem.springeropen.com/articles/10.1186/s13765-023-00825-y>

<https://apec-flows.ntu.edu.tw/upload/edit/file/S3.2%20KIM%20Kwang-yim.pdf>

https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/seoul_policy_center/USPC-Policy-Brief-6-Food-Waste.pdf

<https://www.latimes.com/world-nation/story/2023-08-24/how-south-koreans-composting-system-became-a-model-for-the-world>

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9807702/>