

**EDİTÖR**

*Prof. Dr. Savaş SÖNMEZOĞLU*

**MÜHENDİSLİK**

*Alanında Araştırmalar ve Değerlendirmeler*

**ARALIK**  
**2024**

**İmtiyaz Sahibi** / Yaşar Hız  
**Yayına Hazırlayan** / Gece Kitaplığı  
**Birinci Basım** / Aralık 2024 - Ankara  
**ISBN** / 978-625-388-118-4

**© copyright**

2024, Bu kitabın tüm yayın hakları Gece Kitaplığı'na aittir.  
Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir  
yolla çoğaltılamaz.

**Gece Kitaplığı**

Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak  
Ümit Apt No: 22/A Çankaya/ANKARA  
0312 384 80 40  
[www.gecekitapligi.com](http://www.gecekitapligi.com) / [gecekitapligi@gmail.com](mailto:gecekitapligi@gmail.com)

**Baskı & Cilt**

Bizim Büro  
**Sertifika No:** 42488

**MÜHENDİSLİK  
ALANINDA ARAŞTIRMALAR VE  
DEĞERLENDİRMELER**

**EDİTÖR**

**Prof. Dr. Savaş SÖNMEZOĞLU**

**gece**  
kitaplığı



# İÇİNDEKİLER

## BÖLÜM 1

### BESİN DEĞERİ ARTIRILMIŞ TRANSGENİK BİTKİLER

*Alaa KAMO, Özlem ATEŞ SÖNMEZOĞLU*..... 7

## BÖLÜM 2

### SIFIR ATIK KONULU TEZLER ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

*Abdullah YİNANÇ*..... 27





# BÖLÜM 1

## BESİN DEĞERİ ARTIRILMIŞ TRANSGENİK BİTKİLER

*Alaa KAMO<sup>1</sup>, Özlem ATEŞ SÖNMEZOĞLU<sup>2</sup>*

1 Doktora Öğrencisi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomühendislik Bölümü, <https://orcid.org/0000-0002-1913-7512>

2 Prof. Dr. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomühendislik Bölümü, <https://orcid.org/0000-0002-3423-7095>

## 1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun 2030 yılına kadar yaklaşık 8.6 milyar kişiye ulaşacağı tahmin edilmektedir (Nations, 2024). Beklenen artışa bağlı olarak artan gıda ihtiyacı karşılamak için tarımsal üretime yönelik toplam talebin % 50 - 80'e kadar artması beklenmektedir (Lowry vd., 2019). İnsanlar için yeterli besin alımını sağlamak için sadece tarımsal ürünlerin verimliliğinin artırılması değil, aynı zamanda ürünlerin besin içeriğinin artırılması da gerekmektedir. Günümüzde bitkilerin verimliliği ve besin içeriği artırmak için bitkiler geleneksel bitki ıslahı ve bitki biyoteknolojisi yaklaşımları ile modifiye edilmektedir.

Bitki ıslahı üstün özelliklere sahip bitkilerin basit seçimiyle başlayan, tarım biliminin dinamik bir dalıdır. Gregor Mendel ve Sir Ronald Aylmer Fisher'ın keşiflerinden sonra, klasik bitki ıslahı hız kazanmıştır. Geleneksel yaklaşımla yeni bir bitki çeşidinin ıslahı, arzu edilen özelliklere sahip ebeveyn genotiplerinin seçimini, ardından çaprazlamaları ve pazar taleplerini karşılayan aday çeşitlerin ortaya çıkarılması ile üstün nesillerin seçimini ve geliştirilmesini içerir (Shimelis ve Laing, 2012). Geleneksel bitki ıslahı yüksek verimliliğe sahip, biyotik ve abiyotik streslere dayanıklı, besin değerleri yüksek çeşitlerinin geliştirilmesinde kullanılan bir yaklaşımdır (Raina vd., 2022; Kaiser vd., 2020). Ancak geleneksel bitki ıslahı ile gen aktarılırken istenilen genle birlikte bağlantılı genlerin de aktarımı söz konusudur. Bu durum ıslah sürecini hem zorlaştırmakta hem de uzatmaktadır. Bu sorunun üstesinden gelebilmek için son yıllarda biyoteknolojiden faydalanmaktadır (Yıldırım vd., 2019; Saygılı vd., 2021).

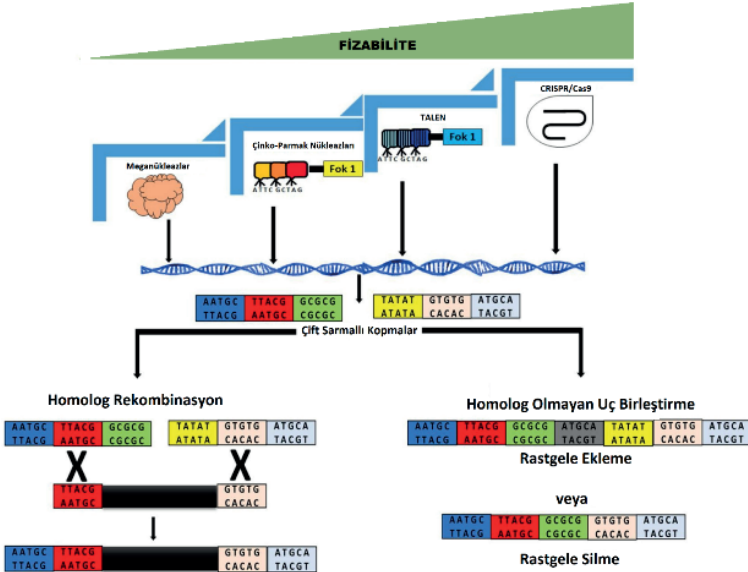
Bitki biyoteknolojisi tekniklerinin uygulanması, tarım alanında devrim yaratmış ve mahsul iyileştirme ve modern tarımın ilerlemesine büyük katkı sağlamıştır (Moose ve Mumm 2008; Hahne vd., 2011). Bitki biyoteknolojisi stresli koşullarda bile hem daha fazla verim elde etmek hem de mahsulleri iyileştirmek için başarıyla kullanılmıştır (Ali ve Kim, 2019). Çok sayıda bitki verimliliği, strese karşı dayanıklılığı, içerdiği besin değerinin artırılması için genetik olarak değiştirilmiştir. Bitkilerin genetik olarak modifiye edilmesinde kullanılan birçok strateji mevcuttur.

Mutajenez, bir organizmanın genetik bilgisinde, genetik ayrılma veya genetik rekombinasyondan kaynaklanmayan, kimyasal, fiziksel veya biyolojik etkenlerin neden olduğu ani kalıtsal değişikliklerin meydana geldiği süreçtir (Roychowdhury vd., 2013). Üç farklı mutasyon türü kullanılmaktadır. Bunlar, i) radyasyon (gama ışınları, X-ışınları, iyon demeti vb.) veya kimyasal mutajenlerle muamele edilmesi sonucunda meydana gelen uyarılmış mutajenez; ii) belirli bir DNA molekülünde belirli bir konumda mutasyon oluşturma süreci olan yönlendirilmiş mutajenez; ve iii) genetik dönüşüm ve T-DNA'nın eklenmesi veya transpoze edilebilir elementlerin



aktivasyonu yoluyla meydana gelen mutajenezdir (Kharkwal vd., 2009; Shu vd., 2012).

Gen düzenleme, genomda DNA modifikasyonları oluşturmaya yönelik bir yöntemdir. Bu modifikasyonlar, herhangi bir yabancı DNA'nın kalıcı olarak yerleştirilmesine gerek kalmadan bir veya daha fazla genin knockout veya knockdown edilmesiyle sonuçlanabilir (Karavolias vd., 2021). Meganükleazların gen düzenlemede uygulanmasının ardından ilk kez 1996 yılında FokI endonükleazlara sahip çinko parmak (ZF) protein alanlarının bölgeye özgü nükleazlar olarak görev yapabileceği rapor edilmiştir (Kim vd., 1996). Her bir çinko parmak üç nükleotidi tanıyan kimerik bir proteindir. Bitkilere yönelik hücre kültürü çalışmalarında bu teknik yaygın olarak kullanılmıştır (Weeks vd., 2016). Başlangıçta çinko-parmak nükleazları (Kim vd., 1996) ve TALEN'ler (transkripsiyon aktivatörü benzeri efektör nükleazlar) (Christian vd., 2010) yaygın kullanılan genom düzenleme teknikleriydi. Ancak son yıllarda hedeflenen gen düzenleme için daha basit olan CRISPR/Cas (düzenli aralıklı kısa palindromik tekrarlar) sistemleri geliştirilmiştir (Jinek vd., 2012). Bu üç tekniğin tümü diziyeye özgü nükleazlara (SSN) dayanmaktadır. SSN'ler, indüksiyon üzerine belirli bir DNA parçasını tanımlar ve çift sarmallı kopmalar (DSB) üretmektedir (Iqbal vd., 2020). DSB'ler endojen onarımın homolog rekombinasyon ve homolog olmayan uç birleştirme şeklindeki iki mekanizmasıyla tamir edilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1: Bitkilerde hedefe yönelik genom düzenleme teknolojileri (Iqbal vd., 2020).

Son zamanlarda, genom düzenleme teknolojileri kullanılarak bitki iyileştirmesi çalışmaları hızla artmaktadır. Bu teknolojileri kullanarak besin ve fonksiyonel özellikler, gıda, hayvan yemi ve ham madde üretiminin artırılması hedeflenmektedir. Ticari değere odaklanarak çeşitli bitkilerde besinsel ve fonksiyonel kalite özelliklerini artırmayı amaçlayan son çalışmaların bazı örnekleri Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1:** Gen düzenleme teknolojileriyle besin değeri ve fonksiyonel kalitesi iyileştirilmiş ürünler.

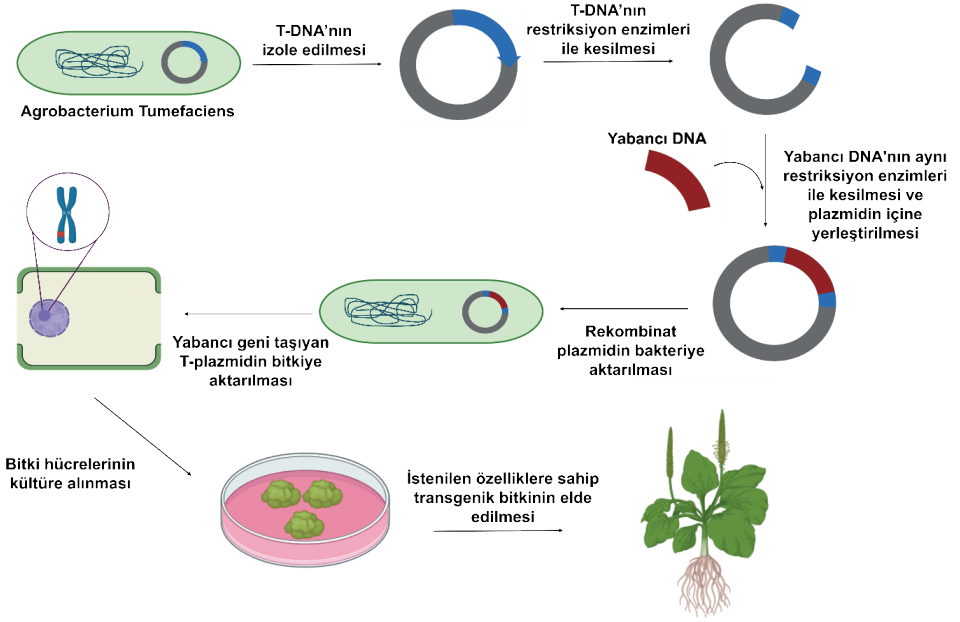
Bitki	Hedeflenen Gen	Hedef işlevi	Geliştirilen Özellik	Özellik grubu	Düzenleme metodu	Teknik	Referans
<i>Oryza sativa</i> (Pirinç)	BADH2	Betain aldehit dehidrojenaz	Artırılmış koku içeriği	Fonksiyonel metabolit	TALEN	Agrobacterium aracılı transformasyon	Shan vd., 2015
	SBELLb	Nişasta dallanma enzimi	Artan amiloz içeriği	Nişasta	CRISPR/Cas9	Agrobacterium aracılı transformasyon	Sun vd., 2017
	Waxy	Balmumu proteini/Granüle bağlı nişasta sentaz	Daha düşük amiloz/amilopektin oranı ile geliştirilmiş yapışkanlık	Nişasta	CRISPR/Cas9	Agrobacterium aracılı transformasyon	Zhang vd., 2018a
	rc	Rc/Temel sarmal döngü-he transkripsiyon faktörü	Proantosiyanidinlerin ve antosiyanidinlerin üretimi	Fonksiyonel metabolit	CRISPR/Cas9	Agrobacterium aracılı transformasyon	Zhu vd., 2019
<i>Triticum aestivum</i> (Buğday)	$\alpha$ -Gliadin	$\alpha$ -Gliadin	X-gliadinlerde güçlü azalma ile düşük glutenli buğday	Protein	CRISPR/Cas9	Gen tabancası	Sanchez-Leon vd., 2018
	GW2	Tane ağırlığı 2/ Halka tipi E3 ubiquitin ligaz	Artılmış tane ağırlığı ve protein içeriği	Protein	CRISPR/Cas9	Gen tabancası	Zhang vd., 2018b
<i>Zea mays</i> (Mısır)+-D11112B-B8:111	IPK1A, IPK, MRP4	İnositol fosfat kinaz, ilişkili çoklu ilaç direnci	Azaltılmış fitik asit içeriği	Anti-besin	CRISPR/Cas9, TALEN	Agrobacterium aracılı transformasyon	Liang vd., 2014
	MADS47	Protein4 MADS-box protein zmmads47	Azaltılmış zein proteini	Protein	CRISPR/Cas9	Agrobacterium aracılı transformasyon	Qi vd., 2016
<i>Solanum tuberosum</i> (Patates)	GBSS	Granüle bağlı nişasta sentaz	Yüksek amilopektin nişastası	Nişasta	CRISPR/Cas9	PEG -aracılı transformasyon	Anderson vd., 2017
	GBSS	Granüle bağlı nişasta sentaz	Amiloz yokluğu	Nişasta	CRISPR/Cas9	Ribonükleo-protein	Anderson vd., 2018
	GBSS1	Granüle bağlı nişasta sentaz	Yumrular da düşük amilozlu nişasta	Nişasta	CRISPR/Cas9	Agrobacterium aracılı transformasyon	Kusano vd., 2018
	PPO2	Polifenol oksidaz	Azaltılmış karama	Market değeri	CRISPR/Cas9	Ribonükleo-protein	Gonzalez vd., 2020
	16DOX	Steroid 16a-hidroksilaz	Steroid glükokaloidlerin yokluğu	Anti-besin	CRISPR/Cas9	Agrobacterium aracılı transformasyon	Nakayasu vd., 2018

	SSR2	Sterol yan zincir redüktaz 2	Azaltılmış steroidal glikoalkaloidler	Anti-besin	TALEN	Agrobacterium aracılı transformasyon	Yasumoto vd., 2019
<i>Brassica napus</i> (Kolza)	FAD2_Aa	Yağ asidi desaturaz	Arttırılmış oleik asit içeriği	Lipid	CRISPR/Cas9	Agrobacterium aracılı transformasyon	Okuzaki vd., 2018
<i>Camelina sativa</i> (Camelina)	DGAT1 PDAT1	Diaçilgliserol açıl transferaz, Fosfolipid	Azaltılmış içerikle değiştirilmiş yağ asidi bileşimi	Lipid	CRISPR/Cas9	Agrobacterium aracılı transformasyon	Aznar-Moreno and Durrett, 2017
	FAD2	Delta- 12 desaturaz	Azaltılmış çoklu doymamış yağ asitleri seviyeleri	Lipid	CRISPR/Cas9	Agrobacterium aracılı transformasyon	Morineau vd., 2017
	FAD2	Yağ asidi desaturaz	Azaltılmış çoklu doymamış yağ asitleri seviyeleri	Lipid	CRISPR/Cas9	Floral dip yöntemi	Jiang, 2017
	FAE1	Yağ asidi elongaz 1	Azaltılmış çok uzun zincirli yağ asitleri ve artan C18 doymamış yağ asitleri	Lipid	CRISPR/Cas9	Agrobacterium aracılı transformasyon	Ozseyhan vd., 2018
<i>Glycine max</i> (Soya fasulyesi)	FAD2-1A FAD2-1B	Yağ asidi desaturaz 2	Azaltılmış çoklu doymamış yağ asitleri seviyeleri	Lipid	TALEN	Agrobacterium aracılı transformasyon	Haun vd., 2014
<i>Solanum lycopersicum</i> (Domates)	ALC	Alcobaça (ALC)/NAC alan proteini (NAC NOR)	Uzun raf ömrüne neden olan gecikmiş meyve olgunlaşması	Market değeri	CRISPR/Cas9	Agrobacterium aracılı transformasyon	Yu vd., 2017
	ANT1	Antosiyanin mutanti 1/Myb transkripsiyon faktörü	Arttırılmış antosiyanin içeriği	Fonksiyonel metabolit	TALEN, CRISPR/Cas9	Agrobacterium aracılı transformasyon	Cermak vd., 2015
	GAD2, GAD3	Glutamat dekarboksilaz 2 ve 3	Daha yüksek -aminobütilik Fonksiyonel asit içeriği	Fonksiyonel metabolit	CRISPR/Cas9	Agrobacterium aracılı transformasyon	Nonaka vd., 2017
	GA-BA-TP1 GA-BA-TP3, CAT9, SSADH	Piruvata bağımlı GABA transaminazlar ve Katyonik amino asit taşıyıcı, Süksinat semialdehid dehidrojenaz	Daha yüksek aminobütilik asit içeriği	Fonksiyonel metabolit	CRISPR/Cas9	Agrobacterium aracılı transformasyon	Li vd., 2018b
	IncR-NA1459	Olgunlaşmaya bağlı uzun kodlamayan RNA1459	Bastırılmış meyve olgunlaşması, etilen üretimi ve likopen birikimi	Market değeri	CRISPR/Cas9	Agrobacterium aracılı transformasyon	Li vd., 2018a
	L1L4/NFYB6	LEAFY-COTYLEDON1 LIKE4/Nükleer transkripsiyon faktörü Y (NFY) geni	Besin önleyici oksalik asidin azaltılmış içeriği	Anti-besin	ZFN	Elektroporasyon	Gago vd., 2017

	MYB12	R2R3-MYB transkripsiyon faktörü	Pembe renk özelliği sarı renkli narin genin yokluğuna göre flavonoid chalcone domates kabukları	Market değeri	CRISPR/Cas9	Agrobacterium aracılı transformasyon	Deng vd., 2018
	RIN	MADS kutusu transkripsiyon faktörü/Olgunlaşma inhibitörü	Gecikmiş meyve olgunlaşması	Market değeri	CRISPR/Cas9	Agrobacterium aracılı transformasyon	Ito vd., 2015
	RIN/Le-MADS	MADS kutusu transkripsiyon faktörü/Olgunlaşma inhibitörü	Gecikmiş meyve olgunlaşması ve azaltılmış etilen üretimi	Market değeri	CRISPR/Cas9	Agrobacterium aracılı transformasyon	Jung vd., 2018
	SGR1, LCY-E, B1c, LCY-B2	Stay green-1. Likopen e-siklaz, Beta -likopen siklaz, Likopen siklaz 2	Artırılmış likopen ve beta karotenoid içeriği	Fonksiyonel metabolit	CRISPR/Cas9	Agrobacterium aracılı transformasyon	Li vd., 2018d
<i>Solanum pimpinellifolium</i> (Frenk üzümü domatesi)	CycB, O, MULT, FAS, FW2.2	Likopen siklaz, Kendiliğinden budama, Ovat, Multiflora, Fasciated Meyve ağırlığı 2.2	Meyvelerin boyutunun (3x) ve sayısının (10x) değişmesiyle besin değeri olarak artan likopen içeriği (5x)	Fonksiyonel metabolit	CRISPR/Cas9	Agrobacterium aracılı transformasyon	Zsögon vd., 2018
	GGP1 SP, SP5, C-LV3, WUS	GGP1 kodlayan C vitamini-biyosentetik enzim, Kendiliğinden budama, Kendiliğinden budama 5g, CLV3, Homeobox kodlayan gen WUS	Artırılmış C vitamini içeriği	Fonksiyonel metabolit	CRISPR/Cas9	Agrobacterium aracılı transformasyon	Li vd., 2018c
<i>Vitis vinifera</i> (Üzüm)	IdnDH	L-idonat dehidrojenaz	Azaltılmış tartarik asit seviyeleri	Anti-besin	CRISPR/Cas9	Agrobacterium aracılı transformasyon	Ren vd., 2016

Genetiği değiştirilmiş (GM) bitkiler, mevcut özellikleri iyileştirmek veya belirli bitkilerin doğasında bulunmayan yeni bir özelliğin dahil edilmesi için genetik mühendislik teknikleri kullanılarak genomu modifiye edilen bitkilerdir. Gen aktarım yöntemleri (Agrobacterium aracılı transformasyon veya doğrudan gen transferi gibi) kullanılarak yabancı nükleik asit/gen dizisinin belirli segmentlerinin bitkinin genomuna eklenmesiyle üretilen bitkiler transgenik bitkiler olarak adlandırılır (Şekil 2) (Griffiths vd., 2005). *Agrobacterium tumefaciens*'in Ti plazmid DNA'sını (T-DNA) konukçu bitki hücresi genomuna yerleştirdiği 1977 yılında keşfedilmiştir (Chilton vd., 1977). Ti plazmidini, yabancı genleri bitki hücrelerine aktarmak için bir vektör olarak kullanılarak transgenik bitkiler geliştirmeye yönelik çalışmalara ışık tutmuştur. Daha sonra, 1983 yılında birçok çalışmada spesifik gen dizilerinin rekombinant DNA ve transformasyon tekniği kullanılarak bitki hücresine aktarıldığı bildirilmiştir (Bevan vd., 1983; Fraley vd.,

1983; Herrera-Estrella vd., 1983a; Murai vd., 1983). Aynı yılda antibiyotiğe dirençli tütün ve petunya transgenik bitkileri geliştirilmiştir (Fraley vd., 1983; Herrera-Estrella vd., 1983b). 1994 yılında, Calgene (Monsanto) tarafından geliştirilen daha uzun raf ömrü/gecikmeli olgunlaşma özelliğine sahip transgenik domates 'Flavr Savr', ABD'de Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) tarafından onaylanmıştır. Daha sonra, değiştirilmiş yağ bileşimine sahip kanola, Bt Patates, Bt mısır, Bt pamuk, bromoksinil herbisite dayanaklı pamuk ve glifosata dirençli soya fasulyesi vb. gibi transgenik ürünler ticarileştirme için onay almıştır (James 1997). ISAAA veri tabanına göre şimdiye kadar toplam 439 transgenik bitki geliştirilmiş ve ticarileştirilmiştir (ISAAA veri tabanı 2019).



Şekil 2: Transgenik bitkilerin elde edilmesi (Sapkota, 2022).

Genetiği değiştirilmiş (GD) bitkisel gıda ürünleri ve yemler 1994 yılından bu yana piyasada mevcuttur. Geliştirilen özelliğine göre GD bitkiler üç nesil olarak gruplandırılmıştır. Birinci nesil genetiği değiştirilmiş bitkiler insektisitlere, patojenlere, herbisitlere ve çevresel stres faktörlerine (tuzluluk, ağır metaller, kuraklık gibi) karşı dayanıklılığını artırmak için geliştirilmiştir. İkinci nesil genetiği değiştirilmiş bitkiler ise genel olarak bitki verimi ve besin değerinin artırılması için geliştirilmiştir. Üçüncü nesil genetiği değiştirilmiş bitkilerden değerli olan farmasötik ürünlerin yanında biyo-yakıtlar ve endüstriyel ürünlerin elde edilmesi amaçlanmıştır. Gün-

müzde ikinci nesil ve üçüncü nesil bitkilerin bir kısmı araştırma ve geliştirme, bir kısmı ise üretim aşamasındadır (Şahin vd., 2018). Bu çalışmada besin değeri artırılmış GD bitkilerine odaklanılmış ve yapılan çalışmalar özetlenmiştir.

## 2. BESİN DEĞERİ ARTIRILMIŞ GENETİĞİ DEĞİŞTİRİLMİŞ BİTKİLER

Temel düzeyde gıda, hayatta kalmak için günlük gereksinimleri minimum düzeyde karşılayan bir beslenme kaynağı olarak görülmektedir. Farklı bölgeler ve sosyo-ekonomik gruplar arasında gıdaya gösterilen ihtiyaç konusunda açık bir ikileme vardır. Gelişmiş ülkeler kontrolsüz tüketimden ve az gelişmiş ülkelerde ise yetersiz beslenmeden mustarıdır. Her iki sorunun çözümü de değiştirilmiş bir gıda arzı gerektirir ve biyoteknoloji uygulamalarının önemli bir rolü vardır. Bu anlamda geliştirilen önemli ürünlerden bazıları aşağıda verilmiştir.

### Provitamin A İçeriği Artırılmış Pirinç:

A vitamini bağışıklık sistemi, görme, büyüme ve gelişme için gereklidir (Sommer vd., 2002). A vitamini eksikliği, çocukluk körlüğünün önde gelen nedeni olarak kabul edilir ve özellikle çocuklarda ve hamile kadınlarda enfeksiyonlardan kaynaklanan hastalıklara ve ölümlere önemli bir katkıda bulunur (WHO, 2009). Golden Rice yani beta-karotenin (provitamin A) biriktirilerek pirincin sarı hale getirilmiş endospermi kavramının ilk olarak 1984'te önerildiği bildirilmektedir (Enserink, 2008). Burkhardt vd. 1997'de lale (*Narcissus pseudonarcissus*) fitoene sentaz geninin endosperm özgül ifadesinin fitoene biriktirmesini (beta-karotenin öncüsü) yönlendirdiğini tespit etmişlerdir (Burkhardt vd., 1997). A vitamini eksikliğini gidermek için ilk kez  $\beta$ -karoten biyosentezi artırılarak provitamin A ile zenginleştirilmiş, sarı rengi nedeni ile Altın Pirinç olarak adlandırılan TP 309 transgenik pirinç çeşidi 2000 yılında geliştirilmiştir (Ye vd., 2000). Bu çalışmada *Agrobacterium* gen aktarım yöntemi ile dafodilden fitoen sentazını kodlayan *psy* geni ve bakteriden karoten/fitoen desatürazı kodlayan *crtI* geni aktarılmıştır. Çalışmanın sonucunda toplam karotenoid 1,6  $\mu\text{g/g}$ 'ye kadar artırılmıştır. Sonrasında 2005 yılında Syngenta, Amerikan pirinç çeşidi Cocodrie'de endosperm özgün bir promotörün kontrolü altında iki transgen *psi* ve *crtI* genlerini aktararak endospermde toplam karotenoid içeriği 6  $\mu\text{g/g}$ 'ye kadar artırılmış Altın Pirinç 1'i (GR1) çeşidini tanıtmıştır. Aynı yılda Syngenta, dafodil ortologundan çok daha yüksek aktiviteye sahip olan mısır *psy* genini, bakteriyel *crtI* geniyle birlikte Amerikan pirinç çeşidi Cocodrie 'e aktarmış ve 'Altın Pirinç 2' olarak adlandırılan yeni bir transgenik pirinç çeşidini geliştirmiştir. Altın Pirinç 2 çeşidinde elde edilen toplam karotenoid miktarı 37  $\mu\text{g/g}$ 'a kadar yükselmiştir (Paine vd., 2005). Sonrasında Filipinler Uluslararası Pirinç Araştırma Enstitüsü, mısır *psy1*,

*Pantoea ananatis* bakterisi *crtI* ve *Escherichia coli* K-12 türünden fosfo-mannoz izomeraz (*pmi*) genlerini pirince aktarılıp Altın Pirinç 2E (GR2E) çeşidini geliştirmiştir.

### **Modifiye Edilmiş Yağ ve Yağ Asitleri:**

Çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA), birden fazla çift bağ içeren yağ asitleridir (Wallis ve Watts, 2002). Linoleik asit ve linolenik asit, çoğu yağlı üründe meydana gelen en yaygın PUFA'lardır. Bu yağ asitleri hücre zarlarındaki lipitlerin ana bileşenleri oldukları için aynı zamanda sağlıklı insan beslenmesinin de bir parçasıdır. Eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA) gibi daha uzun karbon zincirlerine sahip Omega-3 çoklu doymamış yağ asitleri, kalp sağlığındaki üstün fiziksel işlevleriyle iyi bilinmektedir (Simopoulos, 1999). Şimdiye kadar yağ ve yağ asitleri modifiye edilmiş ticarileştirilen transgenik bitkiler Tablo 2'de verilmiştir.

Monsanto şirketi tarafından Vistive Gold® soya fasulyesi geliştirilmiştir. Geliştirilen soya fasulyesi tohumdaki linolenik asit içeriği % 8'den <% 3'e kadara düşürülmüştür. Daha düşük linolenik asit içeriğine sahip bir yağ daha stabildir ve dolayısıyla daha az hidrojenasyon gerektirir, bu da trans yağ asitlerinde eş zamanlı bir azalmaya yol açar. Monsanto şirketi tarafından geliştirilen bir başka çeşit ise Laurical™ Canola'dır. Bu çeşitte defne yaprağından (*Umbellularia californica*) te geni aktarılıp esterleştirilmiş laurik asit içeren triasilgliseritlerin seviyesi artırılmıştır. Monsanto şirketi tarafından geliştirilen bir başka çeşitte belirli endojen yağ asitlerini desatüre ederek bir omega-3 yağ asidi olan stearidonik asit (SDA) üretilmiştir. DuPont, *Glycine max* gm-fad2-1 genini aktararak Oleik asidin linoleik aside dönüşümü bloke edilmesine ve tohumda tekli doymamış oleik asit birikimine izin vermiştir. Nuseed Pty şirketi tarafından geliştirilen DHA Kanola'da Omega-3 yağ asidi olan DHA'nın daha yüksek üretimi sağlanmıştır. Son zamanlarda Ketencik bitkisine (*Camelina sativa*), deniz mikroorganizmalarından alınan genler aktarılmış, balık yağında bulunanlara benzer şekilde EPA ve DHA gibi yüksek seviyelerde omega-3 uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitlerinin üretimi sağlanmıştır (Ruiz-Lopez vd., 2014; Usher vd., 2017).

**Tablo 2:** Besin değeri artırılmış genetiği değiştirilmiş bitkiler (ISAAA, 2023).

Ürün	Geliştirici	Aktarım Yöntemi	Özellik
Yonca (HarvXtra™)	Monsanto Company and Forage Genetics International	<i>Agrobacterium</i>	Lignin üretimi
Kanola (Laurical™ Canola)	Monsanto Company (including fully and partly owned companies)	<i>Agrobacterium</i>	Modifiye yağ/yağ asidi
Kanola	Nuseed Pty Ltd	<i>Agrobacterium</i>	Modifiye yağ/yağ asidi
Kanola	BASF	<i>Agrobacterium</i>	Modifiye yağ/yağ asidi
Kanola (Phytaseed™ Canola)	BASF	<i>Agrobacterium</i>	Modifiye yağ/yağ asidi
Kanola (Phytaseed™ Canola)	BASF	<i>Agrobacterium</i>	Fitaz üretimi
Karanfil	Florigene Pty Ltd. (Avustralya)	<i>Agrobacterium</i>	Gecikmiş olgunlaşma/ yaşlanma
Pamuk	Texas A&M AgriLife Research University	<i>Agrobacterium</i>	Düşük gossypol
Mısır (Enogen™)	Syngenta	<i>Agrobacterium</i>	Modifiye alfa amilaz, Mannoz metabolizması
Mısır	Origin Agritech (China)	Gen tabancası	Fitaz üretimi
Mısır (Mavera™ Maize)	Renessen LLC (Netherlands)	Gen tabancası	Modifiye amino asit
Mısır (Mavera™ YieldGard™ Maize)	Renessen LLC (Netherlands) and Monsanto Company	Geleneksel ıslah - çapraz hibridizasyon ve transgenik donör(ler) içeren seçim	Modifiye amino asit
Mısır (GraINzyme Phytase)	Agrivida, Inc.	<i>Agrobacterium</i>	Fitaz üretimi, Mannoz metabolizması
Kavun	Agritope Inc. (USA)	<i>Agrobacterium</i>	Gecikmiş olgunlaşma/ yaşlanma
Ananas (Rosé)	Del Monte Fresh Produce Company	<i>Agrobacterium</i>	Gecikmiş olgunlaşma/ yaşlanma
Patates (Starch Potato)	BASF	<i>Agrobacterium</i>	Modifiye nişasta/ karbonhidrat
Patates (Innate® Cultivate)	J.R. Simplot Co.	<i>Agrobacterium</i>	Azaltılmış Serbest Asparagin, Azaltılmış Siyah Nokta, Azaltılmış İndirgenmiş Şekerler
Patates (Amflora™)	BASF	<i>Agrobacterium</i>	Modifiye nişasta/ karbonhidrat



Pirinç (Golden Rice)	International Rice Research Institute	<i>Agrobacterium</i>	Geliştirilmiş Provitamin A İçeriği
Aspir	Go Resources Pty Ltd	<i>Agrobacterium</i>	Modifiye yağ/yağ asidi
Soya fasulyesi	DuPont (Pioneer Hi-Bred International Inc.)	<i>Agrobacterium</i>	Modifiye yağ/yağ asidi
Soya fasulyesi (Vistive Gold™)	Monsanto Company (including fully and partly owned companies)	<i>Agrobacterium</i>	Modifiye yağ/yağ asidi
Tütün	Vector Tobacco Inc. (USA)	<i>Agrobacterium</i>	Nikotin azaltma

### Protein Açısından Zenginleştirilmiş GD Bitkiler:

FAO, dünya çapında 850 milyon insanın yetersiz beslenmeden muzdarip olduğunu ve bu duruma etki eden faktörlerin başında da diyetteki yetersiz protein miktarı geldiğini bildirmektedir (Herdt vd., 2005). Dünya Sağlık Örgütü (WHO), gelişmekte olan ülkelerdeki popülasyonların yaklaşık % 30' unun Protein-enerji malnütrisyonundan (PEM) mustarip olduğunu tahmin etmektedir. İnsanlar ve çiftlik hayvanları, bir dizi esansiyel amino asidi sentezleyemezler ve bu nedenle bunları diyetlerinden almaları gerekir. Tahıllar (mısır, buğday, pirinç vb.) lizin açısından düşük olma eğilimindeyken, baklagiller (soya fasulyesi, bezelye) genellikle kükürt açısından zengin amino asitler, metiyonin ve sistein açısından yetersizdir.

Rascón-Cruz vd. (2004), Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) bitkisinden *amarantin* genini tropikal mısır bitkisine aktararak protein içeriği % 32' ye kadar artırmış ve lizin, triptofan ve izolösin gibi daha büyük miktarlarda esansiyel amino asitlerin üretimini sağlamışlardır. Mısrıda yapılan başka bir çalışmada, modifiye edilmiş domuz *a-laktalbumin* geni aktarılıp elde edilen mısır bitkilerinin lizin içeriği % 47' ye artırılmıştır (Bicar vd., 2008). Renessen LLC (Netherlands) tarafından geliştirilen Maverat™ Maize mısır çeşidine *Corynebacterium glutamicum cordapA* geni aktarılıp lizin içeriği artırılmıştır. Farklı bir çalışmada *Amaranthus hypochondriacus AmAl* geni patatese aktarılmıştır. Elde edilen transgenik patatesin lizin, metiyonin, sistein ve tirozin amino asitlerin içeriği 2,5-4 kat artırılmış iken toplam protein içeriği % 35-45 oranında artırılmıştır (Chakraborty vd., 2000). Patateste yapılan başka bir çalışmada Zeh vd. (2001) elde ettikleri transgenik bitkilerin yaprak dokularında Thr sentazın aktivitesi yabancı bitkilere göre % 6 oranında azalmış ve treonin seviyeleri de % 45 oranında düşerken, Metiyonin seviyeleri 239 kata kadar yükselmiştir. Falco vd. tarafından yapılan çalışmada *Corynebacterium dapA* geni ve *Es-*

*cherichia coli lysC* geni hem kanola hem de soya fasulyesine aktarılmıştır (Falco vd., 1995). Kanola tohumlarında serbest lizin birikimi 100 kattan fazla artmış ve toplam tohum lizin içeriği iki katına çıkmıştır. Soya fasulyesinde ise serbest lizin birikimi birkaç yüz kat artmış ve toplam tohum lizin içeriği beş katına çıkmıştır.

### **Antioksidan İçeriği Artırılmış Bitkiler:**

Antioksidanlar, serbest radikal olarak bilinen kararsız moleküller nedeniyle meydana gelebilecek hücresel hasarın engellenmesinde veya yavaşlatılmasında katkı sağlayan maddelerdir. Araştırmalar, diyabet, farklı kanser türleri, Parkinson hastalığı, kardiyovasküler hastalıklar ve Alzheimer hastalıkları gibi birçok hastalığın hücresel redoks ve serbest orantısızlık ile yüksek oranda ilişkili olduğunu doğrulamıştır. Bu da insan vücudunda homeostatik dengeyi korumak ve hastalıkların önlenmesi ve tedavisini sağlamak için günlük antioksidan tüketimini gerekli hale getirmiştir. Antioksidan metabolitler, birçok dejeneratif hastalık ve tıbbi durumun gelişimi ile bağlantılı kararsız moleküller olan serbest radikalleri nötralize ederek Reaktif Oksijen Türlerine (ROS) karşı etkili koruma sağlayabilen bir grup vitamin, karotenoid, fenolik bileşik ve fenolik asit olarak sıralanabilir (Abu Haraira vd., 2022).

Haroldsen vd. (2011), Ailsa-Craig *Dhar* ve *Mdhar* genlerini domatese aktarmışlardır. Elde edilen transgenik domateste Vitamin C (l-ascorbate, AsA) miktarı 1.6 kat artırılmıştır. Domateste yapılan başka bir çalışmada üzüm (*Vitis vinifera* L.) stilben sentaz (*StSy*) geni domatese aktarılmış ve elde edilen domatesin ransresveratrol birikimi, glutasyon ve askorbat içeriği artırılmıştır (Giovinazzo vd., 2005). Naqvi vd. (2009) geliştirdikleri transgenik mısır bitkisinde normal miktardan 169 kat  $\beta$ -karoten, normal miktardan 6 kat askorbat ve normal miktardan iki kat daha fazla folat içerdiğini bildirmişlerdir. Farklı bir çalışmada *Petunia hybrida* kalkon sentaz (*CHS*), kalkon izomeraz (*CHI*) ve dihidroflavonol redüktaz (*DFR*) genleri ketene aktararak transgenik keten bitkisinde ketenin antioksidan kapasitesi ve fenolik asit seviyesi artırılmıştır (Lorenc-Kukuła vd., 2005).

### **Sonuç**

Genetiği değiştirilmiş bitkiler ve gen aktarım teknolojisi ile üretilen bitkisel ürünlerle ilgili tartışmalar ve endişeler halen mevcuttur. Ancak giderek artan dünya nüfusunun gıda gereksiniminin karşılanabilmesi için verimi ve kalitesi artırılmış transgenik bitkiler geliştirilmeye devam edilmektedir. Gıda gereksiniminin karşılanabilmesi için kaliteli ve verimli bitkisel gıda ürünlerinin yanı sıra besin değeri artırılmış ürünlere olan talep de giderek artmaktadır. Bu nedenle gen teknolojisi ile besin değeri değiştirilmiş ürün yelpazesi ve bitki çeşitliliği her geçen gün artmaktadır. Bu çalışmada bu konuda yapılan araştırmalar ve geliştirilen bitkisel ürünler sunulmuştur.

**Kaynakça**

- Abu Haraira, A., Ahmad, A., Khalid, M. N., Tariq, M., Nazir, S., & Habib, I. (2022). Enhancing health benefits of tomato by increasing its antioxidant contents through different techniques: A review. *Advancements in Life Sciences*, 9(2), 131-142.
- Ali, S., & Kim, W. C. (2019). A fruitful decade using synthetic promoters in the improvement of transgenic plants. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1433.
- Andersson, M., Turesson, H., Nicolia, A., Fält, A. S., Samuelsson, M., & Hofvander, P. (2017). Efficient targeted multiallelic mutagenesis in tetraploid potato (*Solanum tuberosum*) by transient CRISPR-Cas9 expression in protoplasts. *Plant Cell Reports*, 36, 117-128.
- Andersson, M., Turesson, H., Olsson, N., Fält, A. S., Ohlsson, P., Gonzalez, M. N., ... & Hofvander, P. (2018). Genome editing in potato via CRISPR-Cas9 ribonucleoprotein delivery. *Physiologia Plantarum*, 164(4), 378-384.
- Aznar-Moreno, J. A., & Durrett, T. P. (2017). Simultaneous targeting of multiple gene homeologs to alter seed oil production in *Camelina sativa*. *Plant and Cell Physiology*, 58(7), 1260-1267.
- Bevan, M. W., Flavell, R. B., & Chilton, M. D. (1983). A chimaeric antibiotic resistance gene as a selectable marker for plant cell transformation. *Nature*, 304(5922), 184-187.
- Bicar, E. H., Woodman-Clikeman, W., Sangtong, V., Peterson, J. M., Yang, S. S., Lee, M., & Scott, M. P. (2008). Transgenic maize endosperm containing a milk protein has improved amino acid balance. *Transgenic research*, 17, 59-71.
- Burkhardt, P. K., Beyer, P., Wünn, J., Klöti, A., Armstrong, G. A., Schledz, M., ... & Potrykus, I. (1997). Transgenic rice (*Oryza sativa*) endosperm expressing daffodil (*Narcissus pseudonarcissus*) phytoene synthase accumulates phytoene, a key intermediate of provitamin A biosynthesis. *The Plant Journal*, 11(5), 1071-1078.
- Čermák, T., Baltes, N. J., Čegan, R., Zhang, Y., & Voytas, D. F. (2015). High-frequency, precise modification of the tomato genome. *Genome Biology*, 16, 1-15.
- Chakraborty, S., Chakraborty, N., & Datta, A. (2000). Increased nutritive value of transgenic potato by expressing a nonallergenic seed albumin gene from *Amaranthus hypochondriacus*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(7), 3724-3729.
- Chilton, M. D., Drummond, M. H., Merlo, D. J., Sciaky, D., Montoya, A. L., Gordon, M. P., & Nester, E. W. (1977). Stable incorporation of plasmid DNA into higher plant cells: the molecular basis of crown gall tumorigenesis. *Cell*, 11(2), 263-271.
- Christian, M., Cermak, T., Doyle, E. L., Schmidt, C., Zhang, F., Hummel, A., ... & Voytas, D. F. (2010). Targeting DNA double-strand breaks with TAL

effector nucleases. *Genetics*, 186(2), 757-761.

- Deng, L., Wang, H., Sun, C., Li, Q., Jiang, H., Du, M., ... & Li, C. (2018). Efficient generation of pink-fruited tomatoes using CRISPR/Cas9 system. *Journal of Genetics and Genomics*, 45(1), 51-54.
- Enserink, M. (2008). Tough lessons from golden rice. *Science*, 320, 468-71.
- Falco, S. C., Guida, T., Locke, M., Mauvais, J., Sanders, C., Ward, R. T., & Weber, P. (1995). Transgenic canola and soybean seeds with increased lysine. *Biotechnology*, 13(6), 577-582
- Fraley, R. T., Rogers, S. G., Horsch, R. B., Sanders, P. R., Flick, J. S., Adams, S. P., ... & Woo, S. C. (1983). Expression of bacterial genes in plant cells. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 80(15), 4803-4807.
- Gago, C., Drosou, V., Paschalidis, K., Guerreiro, A., Miguel, G., Antunes, D., & Hilioti, Z. (2017). Targeted gene disruption coupled with metabolic screen approach to uncover the Leafy Cotyledon1-Like4 (L1L4) function in tomato fruit metabolism. *Plant Cell Reports*, 36, 1065-1082.
- Giovinazzo, G., D'Amico, L., Paradiso, A., Bollini, R., Sparvoli, F., & DeGara, L. (2005). Antioxidant metabolite profiles in tomato fruit constitutively expressing the grapevine stilbene synthase gene. *Plant Biotechnology Journal*, 3(1), 57-69
- González, M. N., Massa, G. A., Andersson, M., Turesson, H., Olsson, N., Fält, A. S., ... & Feingold, S. E. (2020). Reduced enzymatic browning in potato tubers by specific editing of a polyphenol oxidase gene via ribonucleoprotein complexes delivery of the CRISPR/Cas9 system. *Frontiers in Plant Science*, 10, 497481.
- Griffiths, A. J. F., Wessler, S. R., Lewontin, R. C., Gelbart, W. M., Suzuki, D. T., & Miller, J. H. (2005). Introduction to genetic analysis. 8th (ed.) FreemanWH, New York.
- Hahne, G., Horn, M., & Reski, R. (2011). Plant biotechnology in support of the Millennium Goals. *Plant Cell Reports*, 30, 245-247.
- Haroldsen, V. M., Chi-Ham, C. L., Kulkarni, S., Lorence, A., & Bennett, A. B. (2011). Constitutively expressed DHAR and MDHAR influence fruit, but not foliar ascorbate levels in tomato. *Plant Physiology and Biochemistry*, 49(10), 1244-1249.
- Haun, W., Coffman, A., Clasen, B. M., Demorest, Z. L., Lowy, A., Ray, E., ... & Zhang, F. (2014). Improved soybean oil quality by targeted mutagenesis of the fatty acid desaturase 2 gene family. *Plant Biotechnology Journal*, 12(7), 934-940.
- Herd, W. R. (2005). The state of food and agriculture, 2003–2004: Agricultural biotechnology: meeting the needs of the poor?.
- Herrera-Estrella, L., De Block, M., Messens, E. H. J. P., Hernalsteens, J. P., Van Montagu, M., & Schell, J. (1983a). Chimeric genes as dominant selectable

- markers in plant cells. *The EMBO journal*, 2(6), 987-995.
- Herrera-Estrella, L., Depicker, A., Van Montagu, M., & Schell, J. (1983b). Expression of chimaeric genes transferred into plant cells using a Ti-plasmid-derived vector. *Nature*, 303(5914), 209-213.
- Iqbal, Z., Iqbal, M. S., Ahmad, A., Memon, A. G., & Ansari, M. I. (2020). New prospects on the horizon: genome editing to engineer plants for desirable traits. *Current Plant Biology*, 24, 100171.
- ISAAA database, (2019). <https://www.isaaa.org/gmaprovaldatabase/default.asp>. Erişim Tarihi Mart 2024.
- ISAAA database, (2023). <https://www.isaaa.org/gmaprovaldatabase/commercialtraitlist/default.asp>. Erişim tarihi Mart, 2024.
- Ito, Y., Nishizawa-Yokoi, A., Endo, M., Mikami, M., & Toki, S. (2015). CRISPR/Cas9-mediated mutagenesis of the RIN locus that regulates tomato fruit ripening. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 467(1), 76-82.
- James, C. (1997). Global status of transgenic crops in 1997. *ISAAA briefs*, 5, 1-31.
- Jiang, W. Z., Henry, I. M., Lynagh, P. G., Comai, L., Cahoon, E. B., & Weeks, D. P. (2017). Significant enhancement of fatty acid composition in seeds of the allohexaploid, *Camelina sativa*, using CRISPR/Cas9 gene editing. *Plant Biotechnology Journal*, 15(5), 648-657.
- Jinek, M., Chylinski, K., Fonfara, I., Hauer, M., Doudna, J. A., & Charpentier, E. (2012). A programmable dual-RNA-guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity. *Science*, 337(6096), 816-821.
- Jung, Y. J., Lee, G. J., Bae, S., & Kang, K. K. (2018). Reduced ethylene production in tomato fruits upon CRISPR/Cas9-mediated LeMADS-RIN mutagenesis. *Horticultural Science and Technology*, 36(3), 396-405.
- Kaiser, N., Douches, D., Dhingra, A., Glenn, K. C., Herzig, P. R., Stowe, E. C., & Swarup, S. (2020). The role of conventional plant breeding in ensuring safe levels of naturally occurring toxins in food crops. *Trends in Food Science & Technology*, 100, 51-66.
- Karavolias, N. G., Horner, W., Abugu, M. N., & Evanega, S. N. (2021). Application of gene editing for climate change in agriculture. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 685801.
- Kharkwal, M. C., Shu, Q. Y., & Shu, Q. Y. (2009). Induced plant mutations in the genomics era. *Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome*, 33-38.
- Kim, Y. G., Cha, J., & Chandrasegaran, S. (1996). Hybrid restriction enzymes: zinc finger fusions to Fok I cleavage domain. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 93(3), 1156-1160.
- Kusano, H., Ohnuma, M., Mutsuro-Aoki, H., Asahi, T., Ichinosawa, D., Onodera, H., ... & Shimada, H. (2018). Establishment of a modified CRISPR/Cas9

- system with increased mutagenesis frequency using the translational enhancer dMac3 and multiple guide RNAs in potato. *Scientific Reports*, 8(1), 13753.
- Li, R., Fu, D., Zhu, B., Luo, Y., & Zhu, H. (2018a). CRISPR/Cas9-mediated mutagenesis of lncRNA1459 alters tomato fruit ripening. *The Plant Journal*, 94(3), 513-524.
- Li, R., Li, R., Li, X., Fu, D., Zhu, B., Tian, H., ... & Zhu, H. (2018b). Multiplexed CRISPR/Cas9-mediated metabolic engineering of  $\gamma$ -aminobutyric acid levels in *Solanum lycopersicum*. *Plant Biotechnology Journal*, 16(2), 415-427.
- Li, T., Yang, X., Yu, Y., Si, X., Zhai, X., Zhang, H., ... & Xu, C. (2018c). Domestication of wild tomato is accelerated by genome editing. *Nature Biotechnology*, 36(12), 1160-1163.
- Li, X., Wang, Y., Chen, S., Tian, H., Fu, D., Zhu, B., ... & Zhu, H. (2018d). Lycopene is enriched in tomato fruit by CRISPR/Cas9-mediated multiplex genome editing. *Frontiers in Plant Science*, 9, 559.
- Liang, Z., Zhang, K., Chen, K., & Gao, C. (2014). Targeted mutagenesis in *Zea mays* using TALENs and the CRISPR/Cas system. *Journal of Genetics and Genomics*, 41(2), 63-68.
- Lorenc-Kukuła, K., Amarowicz, R., Oszmiański, J., Doermann, P., Starzycki, M., Skała, J., ... & Szopa, J. (2005). Pleiotropic effect of phenolic compounds content increases in transgenic flax plant. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(9), 3685-3692.
- Lowry, G. V., Avellan, A., & Gilbertson, L. M. (2019). Opportunities and challenges for nanotechnology in the agri-tech revolution. *Nature Nanotechnology*, 14(6), 517-522.
- Moose, S. P., & Mumm, R. H. (2008). Molecular plant breeding as the foundation for 21st century crop improvement. *Plant Physiology*, 147(3), 969-977.
- Morineau, C., Bellec, Y., Tellier, F., Gissot, L., Kelemen, Z., Nogué, F., & Faure, J. D. (2017). Selective gene dosage by CRISPR-Cas9 genome editing in hexaploid *Camelina sativa*. *Plant Biotechnology Journal*, 15(6), 729-739.
- Murai, N., Kemp, J. D., Sutton, D. W., Murray, M. G., Slightom, J. L., Merlo, D. J., ... & Hall, T. C. (1983). Phaseolin gene from bean is expressed after transfer to sunflower via tumor-inducing plasmid vectors. *Science*, 222(4623), 476-482.
- Nakayasu, M., Akiyama, R., Lee, H. J., Osakabe, K., Osakabe, Y., Watanabe, B., ... & Mizutani, M. (2018). Generation of  $\alpha$ -solanine-free hairy roots of potato by CRISPR/Cas9 mediated genome editing of the St16DOX gene. *Plant Physiology and Biochemistry*, 131, 70-77.
- Naqvi, S., Zhu, C., Farre, G., Ramessar, K., Bassie, L., Breitenbach, J., ... & Christou, P. (2009). Transgenic multivitamin corn through biofortification of

- endosperm with three vitamins representing three distinct metabolic pathways. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(19), 7762-7767.
- Nations, 2024. <https://www.un.org/en/desa/world-population-projected-reach-98-billion-2050-and-112-billion-2100>
- Nonaka, S., Arai, C., Takayama, M., Matsukura, C., & Ezura, H. (2017). Efficient increase of  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA) content in tomato fruits by targeted mutagenesis. *Scientific Reports*, 7(1), 7057.
- Okuzaki, A., Ogawa, T., Koizuka, C., Kaneko, K., Inaba, M., Imamura, J., & Koizuka, N. (2018). CRISPR/Cas9-mediated genome editing of the fatty acid desaturase 2 gene in *Brassica napus*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 131, 63-69.
- Ozseyhan, M. E., Kang, J., Mu, X., & Lu, C. (2018). Mutagenesis of the FAE1 genes significantly changes fatty acid composition in seeds of *Camelina sativa*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 123, 1-7.
- Paine, J. A., Shipton, C. A., Chaggar, S., Howells, R. M., Kennedy, M. J., Vernon, G., ... & Drake, R. (2005). Improving the nutritional value of Golden Rice through increased pro-vitamin A content. *Nature biotechnology*, 23(4), 482-487.
- Qi, W., Zhu, T., Tian, Z., Li, C., Zhang, W., & Song, R. (2016). High-efficiency CRISPR/Cas9 multiplex gene editing using the glycine tRNA-processing system-based strategy in maize. *BMC biotechnology*, 16, 1-8.
- Raina, A., Laskar, R. A., Wani, M. R., & Khan, S. (2022). Plant breeding strategies for abiotic stress tolerance in cereals. In *Omics approach to manage abiotic stress in cereals* (pp. 151-177). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Rascón-Cruz, Q., Sinagawa-García, S., Osuna-Castro, J. A., Bohorova, N., & Paredes-López, O. (2004). Accumulation, assembly, and digestibility of amarantin expressed in transgenic tropical maize. *Theoretical and Applied Genetics*, 108, 335-342.
- Ren, C., Liu, X., Zhang, Z., Wang, Y., Duan, W., Li, S., & Liang, Z. (2016). CRISPR/Cas9-mediated efficient targeted mutagenesis in Chardonnay (*Vitis vinifera* L.). *Scientific reports*, 6(1), 32289.
- Roychowdhury, R., Tah, J., Hakeem, K. R., Ahmad, P., & Ozturk, M. (2013). Crop improvement: new approaches and modern techniques. *Mutagenesis—A Potential Approach for Crop Improvement*, 149-188.
- Ruiz-Lopez N, Haslam RP, Napier JA, Sayanova O (2014) Successful high-level accumulation of fish oil omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids in a transgenic oilseed crop. *Plant J*, 77, 198-208. <https://doi.org/10.1111/tbj.12378>
- Sánchez-León, S., Gil-Humanes, J., Ozuna, C. V., Giménez, M. J., Sousa, C., Voytas, D. F., & Barro, F. (2018). Low-gluten, nontransgenic wheat engineered

with CRISPR/Cas9. *Plant biotechnology journal*, 16(4), 902-910.

- Sapkota, A. 2022. Agrobacterium-Mediated Gene Transfer (Transformation) in Plants, <https://microbenotes.com/agrobacterium-mediated-gene-transfer/> erişim tarihi 11.06.2024.
- Saygılı, I, Ates Sonmezoglu, Ö, Yıldırım, A, Kandemir N, 2021. Genetic variation among selected pure lines from Turkish barley landrace ‘Tokak’ in yield-related and malting quality traits. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 19 (4), e0702.
- Shan, Q., Zhang, Y., Chen, K., Zhang, K., & Gao, C. (2015). Creation of fragrant rice by targeted knockout of the Os BADH 2 gene using TALEN technology. *Plant Biotechnology Journal*, 13(6), 791-800.
- Shimelis, H., ve Laing, M. (2012). Timelines in conventional crop improvement: pre-breeding and breeding procedures. *Australian Journal of Crop Science*, 6(11), 1542-1549.
- Shu, Q. Y., Forster, B. P., & Nakagawa, H. (Eds.). (2012). *Plant mutation breeding and biotechnology*. CABI (2012), p. 608.
- Simopoulos, A. P. (1999). Essential fatty acids in health and chronic disease. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 70(3), 560s-569s.
- Sommer, A., & Davidson, F. R. (2002). Assessment and control of vitamin A deficiency: the Ancey Accords. *The Journal of Nutrition*, 132(9), 2845S-2850S.
- Sun, Y., Jiao, G., Liu, Z., Zhang, X., Li, J., Guo, X., ... & Xia, L. (2017). Generation of high-amylose rice through CRISPR/Cas9-mediated targeted mutagenesis of starch branching enzymes. *Frontiers in Plant Science*, 8, 298.
- Şahin, T. S., Aral, Y., & Gökdağ, A. (2018). Dünyada genetiği değiştirilmiş ürünler Pazar yapısı. *Veteriner Hekimler Derneği Dergisi*, 89(2), 85-108.
- Usher, S., Han, L., Haslam, R. P., Michaelson, L. V., Sturtevant, D., Aziz, M., ... & Napier, J. A. (2017). Tailoring seed oil composition in the real world: optimising omega-3 long chain polyunsaturated fatty acid accumulation in transgenic *Camelina sativa*. *Scientific Reports*, 7(1), 6570.
- Wallis, J. G., & Watts, J. L. (2002). Polyunsaturated fatty acid synthesis: what will they think of next?. *Trends in Biochemical Sciences*, 27(9), 467-473.
- Weeks, D. P., Spalding, M. H., & Yang, B. (2016). Use of designer nucleases for targeted gene and genome editing in plants. *Plant Biotechnology Journal*, 14(2), 483-495.
- WHO (2000). Nutrition for Health and Development-A Global Agenda for Combating Malnutrition. WHO, Geneva, 94.
- WHO (2009). Global prevalence of vitamin A deficiency in populations at risk 1995–2005. WHO global database on vitamin A deficiency. Geneva, World Health Organization. [https://www.who.int/nutrition/publications/micro-nutrients/vitamin\\_a\\_deficiency/9789241598019/en/](https://www.who.int/nutrition/publications/micro-nutrients/vitamin_a_deficiency/9789241598019/en/)



- Yasumoto, S., Umemoto, N., Lee, H. J., Nakayasu, M., Sawai, S., Sakuma, T., ... & Muranaka, T. (2019). Efficient genome engineering using Platinum TALEN in potato. *Plant Biotechnology*, 36(3), 167-173.
- Ye, X., Al-Babili, S., Klotti, A., Zhang, J., Lucca, P., Beyer, P., & Potrykus, I. (2000). Engineering the provitamin A ( $\beta$ -carotene) biosynthetic pathway into (carotenoid-free) rice endosperm. *Science*, 287(5451), 303-305.
- Yıldırım, A., Sonmezoglu, ÖA, Sayaslan, A, Kandemir, N, Gökmen S, 2019. Molecular Breeding of Durum Wheat for Pasta Quality. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 11 (1), 15-21.
- Yu, Q. H., Wang, B., Li, N., Tang, Y., Yang, S., Yang, T., ... & Asmutola, P. (2017). CRISPR/Cas9-induced targeted mutagenesis and gene replacement to generate long-shelf life tomato lines. *Scientific Reports*, 7(1), 11874.
- Zeh, M., Casazza, A. P., Kreft, O., Roessner, U., Bieberich, K., Willmitzer, L., ... & Hesse, H. (2001). Antisense inhibition of threonine synthase leads to high methionine content in transgenic potato plants. *Plant Physiology*, 127(3), 792-802.
- Zhang, J., Zhang, H., Botella, J. R., & Zhu, J. K. (2018a). Generation of new glutinous rice by CRISPR/Cas9-targeted mutagenesis of the Waxy gene in elite rice varieties. *Journal of Integrative Plant Biology*, 60(5), 369.
- Zhang, Y., Li, D., Zhang, D., Zhao, X., Cao, X., Dong, L., ... & Wang, D. (2018b). Analysis of the functions of Ta GW 2 homoeologs in wheat grain weight and protein content traits. *The Plant Journal*, 94(5), 857-866.
- Zhu, Y., Lin, Y., Chen, S., Liu, H., Chen, Z., Fan, M., ... & Wang, F. (2019). CRISPR/Cas9-mediated functional recovery of the recessive rc allele to develop red rice. *Plant Biotechnology Journal*, 17(11), 2096-2105.



”

## BÖLÜM 2

### SIFIR ATIK KONULU TEZLER ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

*Abdullah YİNANÇ<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Doç, Dr. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, ayinanc@nku.edu.tr ORCID: 0000-0002-8144-8266

## GİRİŞ

Hızlı kentleşme, nüfus yoğunluğu ve küresel nüfus artışı, üretim ve tüketime yönelik talepler yaratmış, bu da atık sorunlarına yol açmıştır (Bilgili, 2021). Sıfır atık uygulamasının amacı, atık üretimini kaynağında en aza indirmek, giderleri ve enerji kaybını mümkün olduğunca azaltmaktır. Bu nedenle, sıfır atık projesi günlük yaşamın yanı sıra endüstri çıktılarına da entegre edilmelidir (Ömürbek vd., 2019: 134). Kavramsal açıdan bakıldığında, sıfır atık aynı zamanda atık yönetimini geleneksel sınırlamaların ötesine taşımayı amaçlamaktadır. Sıfır atık, bu ‘sorunu’ yeniden düşünmek için tanımlar ve atığın kaçınılmaz olduğu fikrine meydan okur. Ayrıca, atıkların kaçınılmaz ve değersiz olduğu iddiasını da doğrudan çürütmektedir (Hannon vd., 2019: 389-390). Son yıllarda sürdürülebilir kalkınma anlayışı ve çevre koruma bilincinin gelişmesi işletmelerin çevreye bakış açılarını da değiştirmiştir. Bu da kaynakların verimli kullanımı, atıkların minimize edilmesi, geri dönüştürülmesi, çevre dostu tasarım ve paketleme gibi unsurları ön plana çıkarmaktadır (Ömürbek vd., 2012: 1). Sıfır atık terimi, günümüzde çevre koruma ve sürdürülebilirlik perspektifinden önemli bir kavram haline gelmiştir. Sıfır atık kavramı, atıkların oluşumunu minimize etmeyi ve geri dönüşüm, geri kazanım ve enerji üretimi gibi yöntemlerle atıkların daha sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesini amaçlayan bir yaklaşımı ifade etmektedir. Bu çalışma, geçmişten günümüze Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı Ulusal Tez Merkezi’nin internet sitesinde yer alan sıfır atık konulu lisansüstü tezlerin bibliyometrik analizini yapmayı amaçlamaktadır.

“Sıfır atık” ifadesi ilk olarak 1973 yılında Dr. Paul Palmer tarafından kimyasallardan kaynakların geri kazanılması sürecini ifade etmek için kullanılmıştır. Sıfır Atık sisteminde kaynaklar dögüsel olarak akar, yani optimum düzeyde tüketilene kadar tekrar tekrar kullanılırlar. Sıfır Atık, her bir ürünün yaşam döngüsünü değiştirerek kaynak verimliliğini en üst düzeye çıkarmayı amaçlamaktadır (Song vd., 2015). Sıfır Atık hareketi 1980’lerde ilgi görmeye başlamış ve dünya çapındaki bazı olaylar bu hareketin dönüm noktası olarak kabul edilmiştir. Amerika Birleşik Devletleri’nde 1986 yılında Kitlesele Atık Yakmaya Karşı Ulusal Koalisyon kurulmuş ve Seattle 1988 yılında PAYT (Attığın Kadar Öde) sistemini benimsemiştir. 1989’da Kaliforniya Entegre Atık Yönetimi Yasası ile 1995’e kadar %25 ve 2000’e kadar %50’lik bir depolama sahası saptırma oranı zorunlu kılınmıştır. İsveç’te gelişmiş üretici sorumluluğu ilk olarak 1990 yılında Thomas Lindqvist tarafından önerilmiştir. Lindqvist, üretim aşamasında geri dönüştürülebilir hammaddelerin kullanılmasını önermiştir (Zaman, 2015: 2). Kaliforniya Kaynak Geri Kazanım Derneği’nin (CRR) 1997 ve 1999 yıllarında konuyla ilgili konferanslar düzenlemesinin ardından 1998 yılında Kuzey Carolina, Seattle ve Washington DC sıfır atığı yol gösterici bir

ilke olarak benimsemiştir. Sıfır Atık Zirvesi 2002 yılında Yeni Zelanda’da gerçekleştirilmiş ve Uluslararası Sıfır Atık İttifakı (ZWIA) kurulmuştur. Sierra Club’ın 2008 yılında sıfır atık üretici sorumluluğu politikasını benimsemesinin ardından 2012 yılında Sıfır Atık İş Konseyi kurulmuştur (Gül ve Yaman 2021, 1270). Sıfır Atık Projesi, israfın önlenmesi, atık üretiminin en aza indirilmesi, atıkların kaynağında ayrıştırılması ve geri dönüştürülmesi hedefleriyle 2017 yılında ülkemizde uygulanmaya başlanmıştır (ÇŞB, 2017). İsrafın önlenmesi, kaynakların verimli kullanılması, üretilen atık miktarının sınırlandırılması ve etkin bir atık toplama sistemi ile atıkların geri dönüştürülmesini amaçlayan girişimi ilk uygulayan kamu kurumları Cumhurbaşkanlığı Külliyesi ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı oldu (Erdur, 2019: 35). Nisan 2024’te yayımlanan Sıfır Atık Genelgesi’ne göre, sıfır atık yönetiminin uygulandığı bina, kampüs ve yerel yönetimlerde sistemsel aksaklıkların ivedilikle araştırılarak giderilmesi gerekmekte olup, sorumluluklarını yerine getirmeyenler idari yaptırımlarla karşı karşıya kalacaklardır. Ayrıca Sıfır Atık Genelgesi’nde belirtildiği üzere “30 Mart Uluslararası Sıfır Atık Günü” ilgili kamu kurum ve kuruluşlarının katılımıyla kutlanacaktır (Cumhurbaşkanlığı Genelgesi, 2024).

Sıfır atık yaklaşımının gündeme gelmesinde ve mevcut araştırma odağı olmasında etkili olan faktörler şunlardır: İlki, atığın bertaraf sistemine ilişkin artan endişelerdir. İkincisi, dünyanın doğal kaynakları ve küresel ısınma gibi bazı çevresel sorunlarla ilgili çevresel endişeler artmaktadır. Son olarak, teknolojik gelişmeler atık yönetim sistemleri için yeni olanaklar sunmaktadır (Yaşa, 2022: 216). Sıfır atık, atığın potansiyelini tam olarak kullanabilmek için onu bertaraf edilmesi veya yakılması gereken bir şey olarak değil, yararlanılabilecek bir kaynak olarak görür (Glavič, 2007:1877). Güllü (2022) “sıfır atığın amacının doğayı kirletmemek” olduğunu ileri sürmektedir. Bu nedenle, “atık üretmemeye çalışmak, ancak yine de atık üretiliyorsa, geri dönüşüm ve geri kazanım yoluyla kaynağında yeniden kullanmak” olarak adlandırılır. Dünyanın daha yaşanılabilir olması ve kaynaklarının gelecek nesillere aktarılabilmesi için, ürün üretiminde kullanılan sistemlerin, sürdürülebilir kaynak kullanımına katkı sağlaması gerekmektedir (Mercan, 2022: 129).

Şekil 1’de Sıfır Atık hedefine ulaşmak için kullanılan politika ve stratejilerden oluşan Sıfır Atık Hiyerarşisi gösterilmektedir.



Şekil 1. Sıfır Atık Hiyerarşisi (Zero Waste Europe, 2019).

Atık oluşumunu önlemek ve atık yönetimi konusunda farkındalığı artırmak amacıyla sıfır atık, yalnızca atıkların fiilen ortadan kaldırılmasını değil, aynı zamanda ürün tasarımından başlayarak ilgili tüm süreçlerin yeniden düzenlenmesini de gerektirmektedir. Yaşanan felaketlerle üretim ve tüketim alışkanlıkları arasındaki doğrudan bağlantı mevcut olup, gelişmişliğin ‘ne kadar araba, ev, yada maddi meta ile ne kadar harcadığımız/tükettiğimize bağlı bir göstergeler bütünü olması’ kısaca tükettikçe zengin sayılmayı vurgulayan yaklaşımlar dünyada ve ülkemizde sıfır atık sürecini engelleyen bir problemdir.

Dünyada sadece, Avrupa ve Amerika da ki ‘**Fazla Tüketim Obesleri**’nin zayıflamaya harcadığı yıllık para ile dünyanın tamamındaki yoksulları hayat seviyesi, en az iki basamak yükselecektir. Buda ‘**Sıfır Atığın, Bir Yaşam Felsefesi**’ yaklaşımına acil katkı sağlayacaktır.

Doğal kaynakların korunması ve ekonomik olarak daha uygulanabilir bir sistemin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Cole vd. (2014) göre, sıfır atık stratejisi bu bağlamda döngüsel ekonominin önemli bir bileşeni olarak görülmektedir. Döngüsel ekonomide sıfır atık kavramı, hiçbir kayıp veya kalıntının olmamasını ve en önemlisi, telafi ettiğinden daha fazlasını kaybetmemeyi amaçlamaktadır (Beyaz, 2021: 91). Sıfır atık, maliyetleri düşürerek, atık yönetimi ve işlenmesinde yeni işler yaratarak ve yaratıcı yöntemlerle her türlü atığı tespit ederek, önleyerek ve ortadan kaldırarak sürdürülebilirliği önemli ölçüde desteklemektedir (Nayak, 2016).

Palmer (2013)’e göre sıfır atık fikri, eskiyen ve bozulan atıklar yerine tekrar tekrar kullanılabilir ürünlerin tasarlanması anlamına gelmektedir. Bogusz vd., (2021)’ne göre üretim, tüketim, geri kazanım ve yeniden

kullanım aşamalarında tüm kaynakların belirli yükümlülükler çerçevesinde, çevre ve insan sağlığını tehlikeye atacak şekilde yakılmadan ve havaya, suya ya da toprağa salınmadan korunmasıdır. Zaman ve Lehmann'a (2013) göre, "atıklar nedeniyle arazi üzerinde oluşan baskı, tükenen doğal kaynaklar, artan enerji ve su tüketimi, çevre kirliliği ve atık yönetiminin ek maliyetleri dünya üzerinde büyük bir yük oluşturmaktadır". Sıfır atık yöntemleri tüm bunlara karşı en iyi savunmadır. Sıfır atık sisteminde malzeme akışı daireseldir. Bu, malzemelerin en yüksek performanslarına ulaşana kadar tekrar tekrar kullanıldıkları anlamına gelir. Bu döngüde hiçbir malzeme az kullanılmaz ya da israf edilmez. Ürünler varoluşlarının sonuna kadar satılır, onarılır, yeniden kullanılır ve sistem içinde yeniden dağıtılır. Sadece son seçenek olarak geri kazanılabilir veya yeniden kullanılabilir (Song vd., 2015: 200).

Atığın olmaması ve doğada kapsamlı bir geri dönüşüm mekanizmasının bulunması, Sıfır atık fikrini ortaya çıkaran faktörlerdir. Bu doğal benzeri döngü insan tarafından kendi üretim döngüsüne uygulanabilir. Bu, doğal döngüye benzer şekilde, bir üretim faaliyetinden çıkan atığın diğerine temel teşkil etmesini sağlayarak veya yeni endüstriler kurarak gerçekleştirilebilir (Yaman ve Olhan, 2010: 53). Sıfır atık yönetiminin amacı, geri dönüşüm ve yeniden kullanım gibi uygulamalarla kaynak kullanım döngülerini genişleterek sistemi sürdürülebilir kılmaktır. Kapsamlı bir strateji olan sürdürülebilirlik, sosyal eşitliği teşvik etmeyi, çevresel zararı en aza indirmeyi ve korumayı ve ekonomik büyümenin faydasını artırmayı amaçlamaktadır (Büyükkeklik ve Özoğlu, 2021).

Sıfır atık stratejisi geri dönüşüm, ayrıştırma ve atık minimizasyonunu teşvik eder. Sıfır atık politikalarının başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için toplumun her kesiminden insanların bu sürece aktif olarak katılması gerekmektedir. Geri dönüşümün, Türkiye'nin atık yönetimi ve çevre koruma yasaları tarafından zorunlu tutulduğu bildirilmektedir (Türemen vd., 2019).

Sıfır atığa ulaşmak çok çalışma ve inanç gerektirir. İşletmeler ve yerel yönetimler isterlerse bunu başarabilirler. Bunun için işletmeler ve yerel yönetimler öncelikle sıfır atığı hedefleyen bir kaynak yönetim planı uygulamalıdır. Doğadaki her şey, bir zincirin halkaları gibi birbirine bağlıdır. Atığı ortadan kaldırmamız bile, ekonomimizi onun etrafında inşa edebiliriz. Sıfır atık yönetiminde kaynakların korunması ve atıkların önlenmesi Şekil 2'de döngüsel olarak gösterilmektedir (Güllü, 2022:114).



Şekil 2: Sıfır Atık Yönetiminde Kaynakların Korunması, İsrafın Önlenmesi Kaynak: (Güllü, 2022)

Sıfır atık, atıkları sorun şeklinde görmekten ziyade yarar sağlayacak iyi bir potansiyel kaynak biçiminde kabul etmektedir (Elgizawy vd., 2016). Bireyler ve kuruluşlar, sistemik değişimi teşvik ederek ve sürdürülebilir alışkanlıklar geliştirerek sıfır atık uygulamalarını önemli ölçüde ilerletebilirler. Geri dönüştürülebilir ve yeniden kullanılabilir ürünlere öncelik vermek, tek kullanımlık ürünleri azaltmak, organik atıkları kompostlamak ve bilinçli tüketimde bulunmak, insanların atıkları en aza indirmeye yardımcı olabilecekleri yollardır. Öte yandan, şirketler sürdürülebilir ürünler tasarlayabilir, kapalı döngü üretim teknikleri uygulayabilir, atıkları denetleyebilir ve halkı eğitmek ve farkındalığı artırmak için yerel topluluklarla işbirliği yapabilir. Bu girişimleri büyütmek için mevzuatı ve paydaş katılımını kolaylaştıran yeni teknolojiler gerekli olacaktır. İnsanlar ve kuruluşlar sıfır atık politikaları uygulayarak dünya sağlığını iyileştirebilir, çevresel etkilerini azaltabilir ve sürdürülebilir yaşam için örnek olabilirler.

Bilimsel iletişim bağlamında istatistiksel ve nicel tekniklerin kullanımını bibliyometri olarak bilinmektedir (Pritchard, 1969: 348). Belirli bir bilimsel alana ilişkin literatürdeki araştırmaların mevcut durumunu, yönünü ve gelişimini gösteren çalışmalar bibliyometrik çalışmalar olarak ifade edilmektedir (Üstdiken ve Pasadeos, 1993). Bibliyometrik çalışmalar, yayınların belirli özelliklerini inceleyerek çeşitli bulgular üretmekte (Murathan vd., 2020: 160) ve mevcut verilerin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (Öğülmüş, 1991: 215; Yılmaz, 2018: 33-33).



Bu araştırmanın amacı, Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı Ulusal Tez Merkezi veri tabanında yer alan sıfır atık çalışmalarının kapsamlı bir incelemesini yaparak gelecekte bu alanda araştırma yapmak isteyen araştırmacılara bir kaynak sağlamaktır. Bu amaçla Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı Ulusal Tez Merkezi veri tabanında yer alan 60 çalışma incelenmiştir.

## YÖNTEM

Bu çalışma, Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı Ulusal Tez Merkezi veri tabanında sıfır atık alanında yer alan tezlerin, nitel araştırma yöntemlerinden biri olan bibliyometrik analiz yöntemi kullanılarak incelenmesini kapsamaktadır. Araştırmada şu sorulara cevap aranmıştır;

1. Sıfır atık alanında yazılan tezlerin yıllara göre dağılımı nasıldır?
2. Sıfır atık alanında yazılan tezlerin üniversitelere göre dağılımı nasıldır?
3. Sıfır atık alanında yazılan tezlerin türlerine göre dağılımı nasıldır?
4. Sıfır atık alanında yazılan tezlerin konularına göre dağılımı nasıldır?
5. Sıfır atık alanında yazılan tezlerin enstitülere göre dağılımı nasıldır?
6. Sıfır atık alanında yazılan tezlerin yazım dillerine göre dağılımı nasıldır?

## BULGULAR

Araştırma kapsamında ulaşılan bulgular şu şekildedir:

*Tablo 1: Sıfır Atık Konulu Tezlerin Yıllara Göre Dağılımı*

Üniversiteler	N	%
Yıldız Teknik Üniversitesi	5	5.7
Aksaray Üniversitesi	4	4.6
İstanbul Teknik Üniversitesi	4	4.6
Necmettin Erbakan Üniversitesi	4	4.6
Ondokuz Mayıs Üniversitesi	4	4.6
Erciyes Üniversitesi	3	3.4
İstanbul Nişantaşı Üniversitesi	3	3.4
Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi	3	3.4
Akdeniz Üniversitesi	2	2.3
Akdeniz Üniversitesi	2	2.3
Atatürk Üniversitesi	2	2.3
Bursa Teknik Üniversitesi	2	2.3

Çanakkale On Sekiz Mart Üniversitesi	2	2.3
Çukurova Üniversitesi	2	2.3
Ege Üniversitesi	2	2.3
Gazi Üniversitesi	2	2.3
Hasan Kalyoncu Üniversitesi	2	2.3
İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi	2	2.3
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi	2	2.3
Karabük Üniversitesi	2	2.3
Marmara Üniversitesi	2	2.3
Süleyman Demirel Üniversitesi	2	2.3
Ankara Hacı Bayram Üniversitesi	1	1.1
Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi	1	1.1
Balıkesir Üniversitesi	1	1.1
Bandırma On Yedi Eylül Üniversitesi	1	1.1
Bartın Üniversitesi	1	1.1
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi	1	1.1
Bursa Uludağ Üniversitesi	1	1.1
Dokuz Eylül Üniversitesi	1	1.1
Düzce Üniversitesi	1	1.1
Eskişehir teknik Üniversitesi	1	1.1
Gaziantep Üniversitesi	1	1.1
Giresun Üniversitesi	1	1.1
Hacettepe Üniversitesi	1	1.1
Haliç Üniversitesi	1	1.1
Harran Üniversitesi	1	1.1
İstanbul Arel Üniversitesi	1	1.1
İstanbul Okan Üniversitesi	1	1.1
İstanbul Üniversitesi	1	1.1
İzmir Ekonomi Üniversitesi	1	1.1
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi	1	1.1
Kırıkkale Üniversitesi	1	1.1
Mersin Üniversitesi	1	1.1
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi	1	1.1
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi	1	1.1
Sakarya Üniversitesi	1	1.1
Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi	1	1.1
TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi	1	1.1
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi	1	1.1
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi	1	1.1
<b>Toplam</b>	<b>87</b>	<b>100</b>

Tablo 1, 2012 yılından önce sıfır atık konusunda herhangi bir tezin yazılmadığını özellikle 2019 yılından sonra bu konuda yazılan tezlerde bir artış olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 2. Sıfır Atık Konulu Tezlerin Üniversitelere Göre Dağılımı

Yayınlandığı Yıl	N	%
2012	1	1.1
2017	1	1.1
2018	1	1.1
2019	9	10.3
2020	8	9.1
2021	11	12.6
2022	17	19.5
2023	16	18.3
2024(kasım)	23	26.4
<b>Toplam</b>	<b>87</b>	<b>100</b>

Tablo 2'ye göre 51 farklı üniversitede sıfır atık konusu tezlere konu olmuştur. En fazla tez ise Yıldız Teknik Üniversitesinde yazılmıştır.

Tablo 3. Sıfır Atık Konulu Tezlerin Türlerine Göre Dağılımı

Tez Türü	N	%
Yüksek Lisans	74	85
Doktora	12	14
Sanatta Yeterlilik	1	1
Toplam	87	100

Tablo 3'e bakıldığında sıfır atık konulu tezlerin %85'inin yüksek lisans, %14'ünün doktora ve %1'inin de sanatta yeterlilik alanında yazıldığı görülmektedir.

Tablo 4. Sıfır Atık Konulu Tezlerin Konularına Göre Dağılımı

Konu	N	%
Çevre Mühendisliği	45	51.7
Eğitim Öğretim	7	8
Kamu Yönetimi	6	6.8
Ekonomi	4	4.6
Güzel Sanatlar	4	4.6
İşletme	4	4.6
Din	2	2.3
Endüstri ve Endüstri Mühendisliği	2	2.3
Giyim Endüstrisi	2	2.3
Enerji	1	1.1
Gastronomi ve Mutfak Sanatları	1	1.1

Gıda Mühendisliği	1	1.1
Halk Sağlığı	1	1.1
Halkla İlişkiler	1	1.1
İletişim Bilimleri	1	1.1
Makine Mühendisliği	1	1.1
Sağlık Kurumları Yönetimi	1	1.1
Sağlık Yönetimi	1	1.1
Siyasal Bilimler	1	1.1
Su Ürünleri	1	1.1
<b>Toplam</b>	<b>87</b>	<b>100</b>

Tablo 4 incelendiğinde sıfır atık konulu tezlerin konularının %50'den fazlasının çevre mühendisliği ile ilgili olduğu görülmektedir. Diğer konuların yüzdeleri az olmakla birlikte toplam 20 farklı konu tezlerde ele alınmıştır.

*Tablo 5. Sıfır Atık Konulu Tezlerin Enstitülere Göre Dağılımı*

<b>Enstitü</b>	<b>N</b>	<b>%</b>
Fen Bilimleri Enstitüsü	39	44.8
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü	28	32.1
Sosyal Bilimler Enstitüsü	11	12.6
Eğitim Bilimleri Enstitüsü	3	3.4
Güzel Sanatlar Enstitüsü	3	3.4
Sağlık Bilimleri Enstitüsü	3	3.4
<b>Toplam</b>	<b>87</b>	<b>100</b>

Tablo 5'e göre tezlerin yaklaşık %45'i fen bilimleri enstitüsünde, %32'si lisansüstü eğitim enstitüsünde yazılırken 6 farklı enstitüde sıfır atık tez konusu olmuştur.

*Tablo 6. Sıfır Atık Konulu Tezlerin Yazım Dillerine Göre Dağılımı*

<b>Yazım Dili</b>	<b>N</b>	<b>%</b>
Türkçe	82	94.2
İngilizce	5	5.8
<b>Toplam</b>	<b>87</b>	<b>100</b>

Tablo 6'ya göre sıfır atık konulu tezlerin %94.2'lik kısmı Türkçe dilinde yazılırken İngilizce dilinde yazılan tezlerin yüzdesi %5.8'dir.

## SONUÇ

Bu araştırmada sıfır atık konulu tezler incelenerek gelecekte çalışma yapmak isteyen araştırmacılara katkı sunulması amaçlanmıştır. Bu amaçla Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı Ulusal Tez Merkezi veri tabanında yer alan?? çalışma sistematik bir şekilde taranmış ve çeşitli kategorilerde incelenmiştir. Analize dahil edilmiş olan çalışmalardan ilkinin 2012 yılında yapıldığı 2017 yılına kadar yeni bir tez çalışmasının yapılmadığı 2017 ve 2018 yıllarında sadece 1 adet tezin sıfır atık konulu olduğu görülmüştür. 2019 yılı itibariyle sıfır atık konulu tezlere artış yaşanmıştır. Özellikle 2024 yılında önemli bir artış vardır. 2024 yılındaki sıfır atık konulu tez sayısının fazlalığı nedeniyle 2024 yılı bitmemiş olduğu halde kasım ayı sonuna kadar olan tezler çalışmaya dahil edilmiştir. Sıfır atık konusunda yıllar içinde artan tez sayısı, özellikle de son yıllardaki önemli artış eğilimi küresel çevre sorunlarının ele alınmasına yönelik acil ihtiyaçtan hareketle, sıfır atığın kritik bir çalışma alanı olarak açıkça kabul edildiğini göstermektedir.

Araştırmanın diğer bir bulgusu da üniversitelerdeki sıfır atık tezlerinin dağılımına ilişkindir. Yıldız Teknik Üniversitesi, beş teze ya da toplam tezlerin yaklaşık %5,75'iyle bu alanda ilk sırada yer almakta ve gelişmekte olan bu alana önemli bir katkıda bulunduğunu göstermektedir. Hemen arkasından yaklaşık %4,6'lık katkı ile Aksaray Üniversitesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Necmettin Erbakan Üniversitesi ve On Dokuz Mayıs Üniversitesi gibi üniversiteler gelmektedir. Toplam 51 farklı kurumun bu konuda tez yazmış olması sıfır atık konusunun ülke genelinde araştırmaya konu edildiğini göstermektedir. Üniversiteler arasındaki bu çeşitlilik, sıfır atık çalışmalarının Türkiye genelinde akademik ve pratik uygulamalara katkıda bulunacak şekilde şekillendiğini de vurgulamaktadır.

Sıfır atık konulu tezlerin yüksek lisans düzeyinde yoğunlaştığı araştırmanın sonuçlarından bir diğeridir. %14 oran ile doktora tezlerinin sayısının az olduğu ve doktora tezlerinde sıfır atık konusunun araştırma konusu olarak derinlemesine araştırma yapılması teşvik edilmelidir.

Tez konuları açısından, araştırmanın bir başka bulgusu da çevre Mühendisliğinin %51,72 ile tüm konular arasında en yüksek orana sahip olmasıdır. Bu, sıfır atık sorununun çevre mühendisliğinde aktif olarak takip edildiğini ve bu disiplinde önemli bir çalışma alanı olduğunu göstermektedir. Bu yoğun ilgi, çevre mühendisliğinin atık yönetimi, geri dönüşüm teknolojileri, sürdürülebilir kaynak kullanımı ve çevresel etkilerin azaltılması gibi sıfır atık stratejileriyle yakından bağlantılı bir alan olmasıyla açıklanabilir.

Araştırmanın bir diğer bulgusu enstitüler açısından ortaya konmuştur. En fazla teze fen bilimleri enstitüsünde yer verilirken lisansüstü eğitim

enstitüsü ve sosyal bilimler enstitüsü ardından gelmektedir. Eğitim bilimleri, güzel sanatlar ve sağlık bilimleri enstitüsünde de sıfır artık konusunda tezlerin bulunması farklı disiplinlerde de ele alındığını göstermektedir. Diğer enstitülerle kıyaslandığında, Fen Bilimleri Enstitüsü sıfır atıkla ilgili tezlerde öncelikle sıfır atık fikriyle yakından ilgili alanlar sunmasıyla öne çıkmaktadır.

Araştırmanın son bulgusu sıfır atık konulu tezlerin yazım diline ilişkindir. Tezlerin çok büyük bir oranı Türkçe dilinde yazılmıştır. İngilizce dilinde yazılan tezlerin sayısının az olması konunun küresel çapta yeteri kadar temsil edilemediğini göstermektedir. Uluslararası bilgi ağına entegre olabilmek adına yabancı dilde yazılan tezlerin sayısının artırılması gerekmektedir.

Bu araştırma, sıfır atık konusundaki akademik çalışmaların yıllar içinde artış gösterdiğini, özellikle son yıllarda bu alana duyulan ilginin hızla yükseldiğini ortaya koymaktadır. Analiz edilen tezler, sıfır atık konusunun çevre mühendisliği başta olmak üzere farklı disiplinlerde ele alındığını ve çok sayıda üniversite ile enstitünün bu konuda katkıda bulunduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, tezlerin büyük çoğunluğunun Türkçe yazılmış olması, sıfır atık araştırmalarının uluslararası alanda yeterince temsil edilmediğine işaret etmektedir. Bu durum, sıfır atık alanındaki bilgi birikiminin küresel düzeyde paylaşılabilirliğini artırmak için İngilizce tezlerin teşvik edilmesi gerektiğini göstermektedir. Araştırma, sıfır atığın giderek daha kritik bir çalışma alanı haline geldiğini ve disiplinler arası bir yaklaşımla ele alınmasının hem akademik hem de pratik açıdan değerli katkılar sunacağını açıkça ortaya koymaktadır.

**KAYNAKÇA**

- Beyaz, Z. (2021). Sürdürülebilir kalkınma paradigmasının doğa dostu görünümlü yeni araçları: “Döngüsel ekonomi” söylemi ve “Sıfır atık” projesi. *Emek Araştırma Dergisi (GEAD)*, 12(19), 69-94.
- Bilgili, M. Y. (2021). Sıfır atık yaklaşımının kökenleri ve günümüzdeki anlamı. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 20(40), 683-703.
- Bogusz, M., Matysik-Pejas, R., Krasnod bski, A., & Dziekan ski, P. (2021). The Concept of zero waste in the context of supporting environmental protection by consumers. *Energies*, 14(18), 5964.
- Büyükkeklik, A., & Özoğlu, B. (2021). Lojistik hizmetlerde sürdürülebilirlik ve dijitalleşme. *Pazarlama bakışıyla lojistik hizmetlerde yeni uygulamalar*. Ankara: Nobel Yayınevi.
- Cole, C., Osmani, M., Quddus, M., Wheatley, A., & Kay, K. (2014). Towards a zero waste strategy for an English local authority. *Resources, Conservation and Recycling*, 89, 64-75. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.05.005>
- Çevre Kanunu. (1983). (Ek: 24/12/2020-7261/17 md.). *T.C. Resmi Gazete*, 2872, 11 Ağustos 1983.
- Elgizawy, S. M., El-Haggar, S. M. & Nassar, K. (2016). Approaching Sustainability of Construction and Demolition Waste Using Zero Waste Concept. *Low Carbon Economy*, 7, 1-11.
- Erdur, E. (2019). Türkiye’de sıfır atık projesi ve projenin kamu kurumlarında uygulanması: Süleymanpaşa Belediyesi örneği. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Ankara: Gazi Üniversitesi.
- Glavič, P., & Lukman, R. (2007). Review of sustainability terms and their definitions. *Journal of Cleaner Production*, 15(18), 1875-1885.
- Gül, M., & Yaman, K. (2021). Türkiye’de atık yönetimi ve sıfır atık projesinin değerlendirilmesi: Ankara örneği. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 35(4), 1267-1296. <https://doi.org/10.16951/atauniiibd.870434>
- Güllü, G. (2022). Kentsel dönüşümde sıfır atık yönetimi. *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(2), 112-120.
- Hannon, J., Zaman, A., Rittl, G., Rossi, R., Meireles, S., & Palandi, F. E. D. (2019). Moving toward zero waste cities: A nexus for international zero waste academic collaboration (NIZAC). In W. Leal Filho & U. Bardi (Eds.), *Sustainability on university campuses: Learning, skills building and best practices* (pp. 379-414). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-15864-4\\_24](https://doi.org/10.1007/978-3-030-15864-4_24)
- Mercan, Y. (2022). Endüstri 4.0’ın sürdürülebilir üretimdeki rolü, tedarik zinciri yönetiminde sürdürülebilirlik ve teknoloji, Ed.: O. Çetin, Çanakkale, Paradigma Akademi, 129-158.
- Murathan, G., Murathan, F., & Bozyılan, E. (2020). “Fiziksel aktivite” konulu tezlerin bibliyometrik analizi (2002-2019). *Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri*

*Dergisi*, 14(2), 158-167.

Nayak, A. (2016). Trash free living-sustainable future. *International Journal of Current Research in Biosciences and Plant Biology*, 3(2), 69-76.

Öğülmüş, S. (1991). İçerik çözümlemesi. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 24(1), 213-228.

Ömürbek, V., Erk, Ç., & Herek, S. (2019). Üniversitelerde atık yönetimi uygulamaları. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 35, 124-161.

Ömürbek, N., Tunca, M. Z., Mercan, Y., & Yetim, T. (2012). Deri sektöründe çevreye duyarlı üretim üzerine bir araştırma. *Balkan Sosyal Bilimler Dergisi*, 1(2), 1-14.

Palmer, P. (2013). The faux zero waste movement is spreading. *Green Social Thought: A Magazine of Synthesis and Regeneration*, (62), 44-49.

Pritchard, A. (1969). Statistical bibliography or bibliometrics? *Journal of Documentation*, 25, 348-349.

Sıfır atık konulu Cumhurbaşkanlığı Genelgesi 2024/4. (2024). *T.C. Resmi Gazete*, 32508, 2 Nisan 2024.

Song, Q., Li, J., & Zeng, X. (2015). Minimizing the increasing solid waste through zero waste strategy. *Journal of Cleaner Production*, 104, 199-210.

T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2017). *Sıfır atık el kitapçığı*. Ankara.

Türemen, M., Demir, A., & Özdoğan, E. (2019). Recycling and importance for textile industry. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 25(7), 805-809. <https://doi.org/10.5505/pajes.2018.97253>

Üsdiken, B., & Pasadeos, Y. (1993). Türkiye’de örgütler ve yönetim yazını. *Amme İdaresi Dergisi*, 26(2), 73-93.

Yaman, K., & Olhan, E. (2010). Atık yönetiminde sıfır atık yaklaşımı ve bu anlayışa küresel bir bakış. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3(1), 53-57.

Yaşa, H. (2022). Çevre (cilik) Hareketi Olarak Sosyal Medyada Sıfır Atık Hareketi. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (49), 212-230.

Yılmaz, F. (2018). İçerik analizi ile 2001-2017 dönemi lisansüstü tezlerinde iç girişimciliğin incelenmesi. *International Journal of Social and Humanities Sciences Research (JSHSR)*, 5(28), 3332-3340.

Zaman, A. U. (2015). A comprehensive review of the development of zero waste management: Lessons learned and guidelines. *Journal of Cleaner Production*, 91, 12-13. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.013>

Zero Waste Europe. (2019). A zero waste hierarchy for Europe – Zero Waste Europe. Retrieved August 26, 2024, from <https://zerowasteurope.eu/2019/05/a-zero-waste-hierarchy-for-europe/>