

ZİRAAT VE ORMAN ÜRÜNLERİ

Alanında Uluslararası
Güncel Yaklaşımlar

Haziran 2026

EDİTÖR DOÇ. DR. ALİ BOLAT

Genel Yayın Yönetmeni / Editor in Chief • C. Cansın Selin Temana

Kapak & İç Tasarım / Cover & Interior Design • Serüven Yayınevi

Birinci Basım / First Edition • © Haziran 2026

ISBN • 978-625-8810-72-1

© copyright

Bu kitabın yayın hakkı Serüven Yayınevi'ne aittir.

Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz. The right to publish this book belongs to Serüven Publishing. Citation can not be shown without the source, reproduced in any way without permission.

Serüven Yayınevi / Serüven Publishing

Türkiye Adres / Turkey Address: Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak

Ümit Apt No: 22/A Çankaya/ANKARA

Telefon / Phone: 05437675765

web: www.seruyenyayinevi.com

e-mail: seruyenyayinevi@gmail.com

Baskı & Cilt / Printing & Volume

Sertifika / Certificate No: 47083

ZİRAAT VE ORMAN ÜRÜNLERİ ALANINDA ULUSLARARASI GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

EDİTÖR **DOÇ. DR. ALİ BOLAT**

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1

TÜRKİYE’DE SEBZE PİYASASINDA ÜRETİCİDEN TÜKETİCİYE
FİYAT AKTARIMI: GRANGER NEDENSELLİK YAKLAŞIMIYLA BİR
ANALİZ 1

Damla ARTIKASLAN

Hakan ADANACIOĞLU

BÖLÜM 2

DÜNYA’DA VE TÜRKİYE’DE BİTKİ BAZLI İÇECEKLERİN ARZ,
TALEP VE PAZAR YAPISI 21

İsmihan İMİŞ

Nevin DEMİRBAŞ

BÖLÜM 3

PESTİSİT KİRLİLİĞİ: ÇEVRESEL ETKİLERİ, BİYOÇEŞİTLİLİKTEKİ
ROLÜ, İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ İLE ETKİLEŞİMİ VE GIDALARDAN
GİDERİM YOLLARI..... 35

Münevver KODAN

Tuğba USLU

BÖLÜM 4

TÜRKİYE’DE KİBRİT ÜRETİMİNİN 100 YILLIK GEÇMİŞİ VE
KİBRİT ÜRETİMİNDE TEKEL FABRİKALARININ ROLÜ 71

Sema AYSAL

Kübra GÜNDÜZ VAYDOĞAN



TÜRKİYE'DE SEBZE PİYASASINDA ÜRETİCİDEN TÜKETİCİYE FİYAT AKTARIMI: GRANGER NEDENSELLİK YAKLAŞIMIYLA BİR ANALİZ

“ ”

Damla ARTIKASLAN¹
Hakan ADANACIOĞLU²

¹ Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye. artikaslandamla@gmail.com - 0009-0005-5710-1093

² Prof. Dr. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, İzmir, Türkiye. hakan.adanacioglu@ege.edu.tr - 0000-0002-8439-8524

1. GİRİŞ

Fiyat aktarımı, bir piyasa aşamasındaki fiyat değişiminin tedarik zincirinin diğer aşamalarına ne ölçüde, ne hızda ve hangi yönde yansıdığını ifade eden bir kavramdır. Bu aktarımın fiyat artışları ile fiyat düşüşleri için aynı hız ve büyüklükte gerçekleşmesi *simetrik fiyat aktarımı*, artış ve düşüşlerin farklı hız ve/veya büyüklükte gerçekleşmesi ise *asimetrik fiyat aktarımı* olarak tanımlanmaktadır (Meyer ve von Cramon-Taubadel, 2004). Türkiye’de taze sebze piyasalarında asimetrik fiyat aktarımı yaygın olarak görülmektedir; fiyat artışları, fiyat düşüşlerine kıyasla arz zincirinin sonraki aşamalarına daha hızlı ve güçlü şekilde yansımaktadır (Kartal ve Depren, 2023). Türkiye üzerine yapılan çalışmalar, üretici ve tüketici fiyatları arasında uzun dönemli bir fiyat aktarım ilişkisinin bulunduğunu, ancak aktarımın yönü ve şiddetinin dönemlere göre değişebildiğini göstermektedir (Demir, 2022). Ayrıca taze meyve ve sebze piyasalarının çok aşamalı yapısı, aracılık faaliyetleri ve ürün kayıpları fiyat farklılıklarını artırarak piyasa etkinliğini olumsuz etkileyebilmektedir (Uçak vd., 2018). Benzer şekilde, uluslararası araştırmalar da parçalı üretim yapısı ve piyasa müdahalelerinin yoğun olduğu agro-gıda piyasalarında asimetrik fiyat aktarımının daha sık ortaya çıktığını göstermektedir (Bakucs, vd., 2014).

Uluslararası literatürde de bozulabilir tarımsal ürün piyasalarında asimetrik fiyat aktarımının yaygın olduğu görülmektedir. Sri Lanka ve Hindistan’da yapılan çalışmalar, toptan fiyat artışlarının perakende fiyatlara daha güçlü ve hızlı yansıtıldığını ortaya koyarken (Harshana ve Ratnasiri, 2023 ; Sharma vd., 2025), Bangladeş ve Güney Kore’de gerçekleştirilen araştırmalar da kısa ve uzun dönemde asimetrik fiyat aktarımının varlığını doğrulamaktadır (Deb vd., 2020). Bununla birlikte, asimetrik fiyat aktarımı tüm ürünlerde görülmemekte; Suudi Arabistan örneğinde yalnızca soğan piyasasında asimetrik aktarım tespit edilirken diğer ürünlerde simetrik fiyat aktarımı gözlemlenmiştir (Alhashim ve Saghaian, 2015). Bu durum, fiyat aktarım mekanizmasının ürün özellikleri ve piyasa yapısına bağlı olarak farklılaşabildiğini göstermektedir. Literatürde asimetrik fiyat aktarımının başlıca nedenleri arasında piyasa gücü, aracılık yapısı, bilgi asimetrisi ve maliyet şokları yer almaktadır. Türkiye’de gübre, mazot, döviz kuru ve faiz oranlarındaki artışların, azalışlara kıyasla fiyatlar üzerinde daha güçlü ve kalıcı etkiler yarattığı belirtilmektedir (Uzel vd., 2025; Doğan vd., 2026). Uluslararası çalışmalar da toptancıların piyasa gücü ve bilgi avantajlarının fiyat aktarımında önemli rol oynadığını göstermektedir (Cao ve Mohiuddin, 2019; Zamani vd., 2022). Ayrıca kamu müdahalelerinin arz zincirinin farklı aşamalarında farklı sonuçlar doğurabildiği ifade edilmektedir (Akgunduz ve Ozcan-Tok, 2024). Genel olarak, taze sebze piyasalarında fiyat oluşumu yalnızca üretim maliyetleriyle değil, arz zinciri yapısı, piyasa gücü, makroekonomik şoklar ve politikalarla da şekillenmekte, bu durum gıda fiyat-

larında asimetrik bir yapının ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Uçak vd., 2018)

Bu çalışmanın amacı, Türkiye’de yaygın olarak tüketilen domates, biber, patates ve kuru soğan ürünlerinde üretici fiyatlarından tüketici fiyatlarına yönelik fiyat aktarımının simetrik mi yoksa asimetrik mi olduğunu Granger nedensellik analizi ile belirlemektir. Analizde serilerin durağanlığı ADF testi ile, uzun dönem ilişkileri Engle-Granger eşbütünleşme testi ile değerlendirilmiştir. Kısa dönem uyum süreci ECM modeliyle, asimetrik fiyat aktarımı ise Wolfram-Houck yaklaşımıyla analiz edilmiştir. Ayrıca fiyatlar arasındaki nedensellik ilişkisini belirlemek amacıyla Granger nedensellik testi uygulanmıştır. Böylece fiyat aktarımı kısa ve uzun dönem açısından değerlendirilerek söz konusu ürünlerin gıda enflasyonu üzerindeki etkileri ortaya konulmuştur.

Tarımsal ürün fiyatlarında meydana gelen değişimlerin tüketici refahı, üretici gelirleri ve gıda enflasyonu üzerindeki etkileri nedeniyle fiyat aktarım süreçlerinin analiz edilmesi önem taşımaktadır. Bu kapsamda, üretici fiyatlarındaki değişimlerin tüketici fiyatlarına hangi ölçüde ve ne hızda yansıdığı, fiyatlar arasında uzun dönemli bir ilişkinin bulunup bulunmadığı, kısa dönem uyum süreci ile fiyat aktarımının simetrik veya asimetrik niteliği araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, Türkiye’de yaygın olarak üretilen ve tüketilen temel sebze ürünleri arasında yer alan domates, çarliston biber, patates ve kuru soğana ilişkin aylık üretici ve tüketici fiyat serileri kullanılmıştır. Üretici fiyat verileri Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından yayımlanan Tarımsal Üretici Fiyat Endeksi (Tarım-ÜFE) kapsamındaki ürün bazlı serilerden, tüketici fiyat verileri ise Tüketici Fiyat Endeksi (TÜFE) kapsamında yer alan madde düzeyindeki fiyat serilerinden elde edilmiştir. Analiz dönemi Ocak 2011–Nisan 2022 tarihleri arasını kapsamakta olup, her bir ürün için toplam 136 aylık gözlemden yararlanılmıştır. Çalışmada bu dönemin tercih edilmesinin temel nedeni, üretici ve tüketici fiyat serilerinin her iki veri kaynağında da kesintisiz ve karşılaştırılabilir biçimde mevcut olmasıdır. Özellikle TÜİK tarafından yayımlanan madde bazlı aylık tüketici fiyat verilerinin Nisan 2022 sonrasında kamuya açık olarak sunulmaması nedeniyle analiz dönemi 2011:01–2022:04 aralığı ile sınırlandırılmıştır. Böylece zaman serilerinde eksik gözlem problemi oluşmasının önüne geçilmiş, kullanılan ekonometrik yöntemlerin gerektirdiği sürekli ve dengeli veri yapısı korunarak analizlerin güvenilirliği artırılmıştır. Söz konusu gözlem sayısı, çalışmada kullanılan ekonometrik yöntemlerin güvenilir biçimde uygulanabilmesi açısından yeterli bir örneklem büyüklüğü sunmaktadır. Nitekim 136 aylık gözlemden oluşan veri seti; serilerin durağanlık özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan Genişletilmiş

Dickey-Fuller (ADF) birim kök testi, üretici ve tüketici fiyatları arasındaki uzun dönemli ilişkinin araştırılmasına yönelik Engle-Granger eşbütünleşme testi, kısa dönem ve uzun dönem uyum dinamiklerinin incelendiği Hata Düzeltme Modeli (ECM), fiyat artışları ile fiyat azalışlarının farklı etkilerini belirlemeye yönelik Wolfram-Houck asimetrik fiyat aktarımı modeli ve Wald testi ile fiyatlar arasındaki yönlü ilişkilerin ortaya konulmasında kullanılan Granger nedensellik analizinin uygulanması için yeterli gözlem sayısını sağlamaktadır. Analizlerde kullanılan üretici ve tüketici fiyat serileri, enflasyonun etkisini ortadan kaldırmak amacıyla reel fiyatlara dönüştürülmüştür (Meyer ve von Cramon-Taubadel, 2004; Demir, 2022). Bu kapsamda tüketici fiyatları 2003=100 bazlı TÜFE genel endeksi kullanılarak reel hale getirilmiştir. Fiyat aktarımı analizinde, üretici ve tüketici pazarları arasındaki fiyat marjlarının zaman içindeki değişimini tutarlı bir şekilde izleyebilmek ve serileri ortak bir satın alma gücü paydasında buluşturabilmek adına, her iki seri de TÜFE ile reelleştirilmiştir.

Ayrıca; serilerin normal dağılıma daha yakın hale getirilmesi, varyansın dengelenmesi ve değişkenler arasındaki ilişkilerin daha sağlıklı biçimde analiz edilebilmesi amacıyla tüm fiyat serilerinin doğal logaritmaları alınmıştır. Üretici ve tüketici fiyatları arasındaki fiyat aktarım mekanizmasının yönünü, büyüklüğünü ve simetrik ya da asimetrik olup olmadığını ortaya koyabilmek amacıyla analizler her ürün için ayrı ayrı yürütülmüştür. Bu yaklaşım, domates, çarliston biber, patates ve kuru soğan piyasalarının kendine özgü fiyat dinamiklerinin değerlendirilmesine ve ürünler arasındaki benzerlikler ile farklılıkların karşılaştırmalı olarak incelenmesine olanak sağlamaktadır.

3. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Bu çalışmanın kavramsal çerçevesi, tarımsal piyasalarda fiyatların arz zinciri boyunca nasıl aktarıldığını açıklayan eşbütünleşme, hata düzeltme ve asimetrik fiyat aktarımı yaklaşımlarına dayanmaktadır (Ward, 1982). Fiyat aktarımı analizlerinde genellikle serilerin durağanlığı birim kök testleriyle incelenmekte, uzun dönem ilişkileri eşbütünleşme analizleriyle belirlenmekte ve kısa dönem uyum süreci hata düzeltme modelleriyle değerlendirilmektedir (Ahmed ve Singla 2023; Bessler ve Fuller, 1993). Bu doğrultuda çalışmada öncelikle fiyat serilerinin durağanlık özellikleri ADF birim kök testi ile analiz edilmiş, ardından üretici ve tüketici fiyatları arasındaki uzun dönemli ilişki Engle-Granger eşbütünleşme testi ile araştırılmıştır. Eşbütünleşme analizi, kısa dönem dalgalanmalarına rağmen serilerin uzun dönemde ortak bir denge etrafında hareket edip etmediğini ortaya koyarak fiyat aktarım mekanizmasının uzun dönemli yapısının belirlenmesine olanak sağlamaktadır (Kharin, 2021). Eşbütünleşme ilişkisinin belirlenmesinin ardından, kısa dönemli sapmaların uzun dönem dengeye uyum süreci Hata Düzeltme Modeli (ECM)

ile analiz edilmiştir. ECM, fiyat serilerindeki kısa dönem dengesizliklerin zaman içinde nasıl düzeltildiğini ve mekanizmanın dengeye dönüş hızını ortaya koymaktadır (Ramakgasha ve Thaba, 2026). Çalışmada ayrıca üretici fiyatlarındaki artış ve azalışların tüketici fiyatlarına simetrik veya asimetrik biçimde yansıyor yansımadığı Wolfram–Houck yaklaşımı ile incelenmiştir. Bu yöntem, pozitif ve negatif fiyat değişimlerini ayrı değerlendirerek fiyat artışları ile düşüşlerinin farklı hız veya büyüklüklerde aktarılıp aktarılmadığını test etmektedir (Sahara ve Wicaksana, 2018; Ward, 1982). Böylece tarımsal ürün piyasalarında sıklıkla gözlenen asimetrik fiyat aktarımı davranışlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Ampirik çalışmalar, asimetrik fiyat aktarımının ürün özellikleri, piyasa yapısı ve arz zincirinin işleyişine bağlı olarak değişebildiğini göstermektedir. Bazı piyasalarda simetrik fiyat aktarımı gözlenirken, bazı ürünlerde fiyat artışları ve düşüşlerinin farklı hız ve büyüklüklerde aktarıldığı belirlenmiştir (Alhashim ve Saghaian, 2015; Sharma vd., 2025). Bu durum, fiyat aktarım süreçlerinde maliyet değişimlerinin yanı sıra piyasa yapısı, rekabet koşulları ve aracılık faaliyetlerinin de etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışmada ayrıca üretici ve tüketici fiyatları arasındaki etkileşimin yönünü belirlemek amacıyla Granger nedensellik testi uygulanmıştır. Bu yöntem, fiyat oluşum sürecinde hangi piyasa düzeyinin öncü rol üstlendiğini ve fiyat değişimlerinin tek yönlü ya da karşılıklı etkileşim içinde gerçekleşip gerçekleşmediğini ortaya koymaktadır (Ward, 1982).

Literatürde nedensellik ilişkilerine ilişkin bulgular farklılık göstermektedir. Bazı çalışmalar üretici fiyatlarının fiyat oluşumunda belirleyici olduğunu ortaya koyarken, bazı araştırmalar çift yönlü nedensellik veya tüketici fiyatlarının daha baskın rol oynadığını göstermektedir (Reziti ve Panagopoulos, 2008). Bu durum, piyasa yapısı ve pazarlama kanallarının fiyat oluşum sürecini etkileyebildiğine işaret etmektedir. Bu çalışmanın kavramsal çerçevesi; fiyat serilerinin durağanlığının ADF testi ile incelenmesi, uzun dönemli ilişkinin Engle-Granger eşbütünleşme testiyle belirlenmesi, kısa dönem uyum sürecinin ECM ile değerlendirilmesi, asimetrik fiyat aktarımının Wolfram–Houck yaklaşımıyla analiz edilmesi ve fiyat liderliğinin Granger nedensellik testiyle ortaya konulmasına dayanmaktadır. Bu yaklaşım, taze sebze piyasalarında fiyat aktarım mekanizmasının kısa ve uzun dönem açısından bütüncül olarak değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır (Sharma vd., 2024).

3.1 Gıda Enflasyonu ve Tarım Piyasaları

Gıda enflasyonu, gıda ürünleri fiyatlarında meydana gelen sürekli artışı ifade etmekte olup, özellikle gelişmekte olan ülkelerde tüketici refahı ve satın alma gücü üzerinde önemli etkiler yaratmaktadır. Literatürde gıda enflasyonunun; tarımsal üretim koşulları, makroekonomik gelişmeler, enerji fiyatları,

dış ticaret, iklim riskleri ve küresel şoklar gibi birçok faktörün etkisiyle şekillenen çok boyutlu bir süreç olduğu belirtilmektedir (Abdullah vd., 2024).

Gıda enflasyonunun önemli belirleyicilerinden biri tarımsal üretim maliyetleridir. Gübre, mazot, enerji ve işçilik gibi girdilerdeki maliyet artışları üretim maliyetlerini yükselterek gıda fiyatlarına yansımaktadır (Kornher vd., 2024). Türkiye ve Avrupa Birliği üzerine yapılan çalışmalar, tarımsal girdi maliyetleri ile gıda fiyatları arasında güçlü bir ilişki bulunduğunu ve maliyet şoklarının gıda enflasyonunun önemli nedenlerinden biri olduğunu göstermektedir (Işık ve Özbuğday, 2021). Enerji fiyatları da gıda enflasyonunun önemli belirleyicileri arasında yer almaktadır. Akaryakıt, elektrik ve doğal gaz gibi enerji girdilerindeki maliyet artışları; üretim, depolama, işleme ve taşımacılık maliyetlerini yükselterek gıda fiyatları üzerinde baskı oluşturmaktadır (Mishra ve Sakuja, 2025). Kuraklık, sel, aşırı sıcaklıklar ve düzensiz yağışlar tarımsal üretimi olumsuz etkileyerek arz daralmalarına ve fiyat artışlarına yol açabilmektedir (Odongo vd., 2022; Ahmed vd., 2024). Türkiye’de yapılan çalışmalar da iklim değişikliğinin üretim ve arz üzerindeki etkileri aracılığıyla gıda fiyatlarını artırabildiğini göstermektedir (Aktepe ve Kayral, 2024).

Gıda enflasyonunu etkileyen bir diğer unsur ise arz zinciri bozulmalarıdır. COVID-19 pandemisi, lojistik aksaklıklar ve uluslararası ticarete yaşanan kesintiler gıda arzını olumsuz etkilerken, Rusya–Ukrayna savaşı gibi jeopolitik gelişmeler de enerji, gübre ve tarımsal ürün piyasalarında fiyat baskılarını artırmıştır (Adjemian vd., 2024; Diaz vd., 2024). Bu durum, gıda fiyatlarının yalnızca üretim maliyetlerinden değil, arz zincirinin etkinliğinden de etkilendiğini göstermektedir. Küresel araştırmalar, gıda enflasyonundaki artışların önemli bir bölümünün arz zinciri kaynaklı baskılardan kaynaklandığını göstermektedir. Lojistik maliyetlerindeki yükselişler, arz gecikmeleri ve ticarete yaşanan aksaklıklar gıda fiyatları üzerinde kalıcı etkiler yaratabilmektedir (Abu Asab, 2026). Türkiye’de ise ithal girdilere bağımlılık nedeniyle döviz kuru hareketleri, küresel arz kesintileri ve jeopolitik riskler gıda fiyatlarının oluşumunda önemli rol oynamaktadır. Özellikle döviz kuru şoklarının üretim maliyetlerini artırdığı ve arz sorunlarının fiyatlar üzerinde ek baskı oluşturduğu belirtilmektedir (Ozturk ve Faizi, 2023). Bu nedenle arz zincirinin etkinliği ve dış şoklara dayanıklılığı, gıda enflasyonunun anlaşılmasında önemli unsurlardır.

3.2 Fiyat Aktarımı

Fiyat aktarımı literatürü, fiyat değişimlerinin piyasa aşamaları arasında simetrik veya asimetrik biçimde aktarılmasını ve bu süreci etkileyen ekonomik faktörleri incelemektedir. Tarımsal ürün piyasalarında fiyat aktarımının analiz edilmesi, piyasa etkinliğinin ve fiyat oluşum mekanizmasının anlaşılması açısından önem taşımaktadır. Simetrik fiyat aktarımı, fiyat artışları ve düşüşlerinin aynı hız ve büyüklükte aktarılmasını ifade ederken, asimetrik

fiyat aktarımı fiyat değişimlerinin yönüne bağlı olarak aktarım hızının veya büyüklüğünün farklılaşması durumunu ifade etmektedir. Bu nedenle asimetrik fiyat aktarımı; piyasa yapısı, rekabet koşulları ve aracılık faaliyetlerinin değerlendirilmesinde önemli bir gösterge olarak kabul edilmektedir (Rudinskaya, 2019). Asimetrik fiyat aktarımı, fiyat değişimlerinin yönüne bağlı olarak farklı hız ve büyüklüklerde aktarılması nedeniyle piyasa yapısı ve rekabet koşullarının değerlendirilmesinde önemli bir gösterge olarak kabul edilmektedir. Bu durum, piyasa gücünün yoğunlaşması veya çeşitli piyasa aksaklıklarının varlığına işaret edebilmektedir. Ancak literatürde elde edilen sonuçların kullanılan yöntemlere, ürün gruplarına ve piyasa koşullarına göre değişebildiği belirtilmektedir (Meyer ve Von Cramon-Taubadel, 2004).

Buna karşın birçok ampirik çalışma, tarımsal ürün piyasalarında kısa ve uzun dönemde asimetrik uyum süreçlerinin varlığını ortaya koymuştur. Hindistan, Bangladeş, ABD ve Çekya üzerine yapılan araştırmalar, fiyat artışları ve düşüşlerine verilen tepkilerin farklılaştığını göstermektedir (Debd., 2020). Bu bulgular, fiyat aktarım mekanizmasının yalnızca maliyet değişimlerinden değil, piyasa yapısı ve arz zincirinin özelliklerinden de etkilendiğini göstermektedir. Asimetrik fiyat aktarımı analizlerinde fiyat değişimleri genellikle pozitif ve negatif şoklar olarak ayrıştırılmakta ve bu şoklara verilen tepkiler karşılaştırılmaktadır. Pozitif asimetri, fiyat artışlarının; negatif asimetri ise fiyat düşüşlerinin daha hızlı veya daha güçlü biçimde aktarılması durumunu ifade etmektedir (Laili vd., 2020). Literatürdeki birçok çalışma, fiyat artışlarının fiyat düşüşlerine kıyasla daha hızlı ve güçlü aktarıldığını göstermektedir. Hayvansal ürünler başta olmak üzere Avrupa, Hindistan, Burkina Faso ve Kanada'da yapılan araştırmalar, pozitif fiyat şoklarının genellikle daha büyük ve kalıcı etkiler yarattığını ortaya koymaktadır (Goodwin ve Holt, 1999). Bu bulgular, asimetrik fiyat aktarımının tarımsal piyasalarda yaygın bir olgu olduğunu göstermektedir. Asimetrik fiyat aktarımına ilişkin bulgular tüm piyasalarda aynı değildir. Bazı araştırmalar fiyat düşüşlerinin daha kalıcı etkiler yaratabildiğini ve asimetrinin yönünün ürün, piyasa yapısı ve kullanılan yöntemlere göre değişebildiğini göstermektedir (McLaren, 2015). Bu durum, asimetrik fiyat aktarımının tek tip bir yapı sergilemediğini ortaya koymaktadır. Asimetrik fiyat aktarımını açıklayan temel yaklaşımlardan biri piyasa gücü hipotezidir. Bu yaklaşıma göre, arz zincirinin belirli aşamalarında yoğunlaşan piyasa gücü, fiyat artışlarının hızlı biçimde aktarılmasına karşın fiyat düşüşlerinin aynı ölçüde yansıtılmamasına neden olabilmektedir. Bu durum özellikle eksik rekabet koşullarının hâkim olduğu piyasalarda pozitif yönlü asimetrik fiyat aktarımını ortaya çıkarmaktadır (Rudinskaya, 2019). Çeşitli ülkelerde yapılan çalışmalar da asimetrik fiyat aktarımının piyasa yoğunlaşması ve oligopol/oligopson yapılarla yakından ilişkili olduğunu göstermektedir (Verreth vd., 2015). Asimetrik fiyat aktarımını açıklayan önemli

faktörlerden biri uyum ve işlem maliyetleridir. Gıda maliyetleri, taşıma giderleri ve sözleşme kaynaklı katılıklar, fiyatların yeni piyasa koşullarına uyumunu geciktirebilmekte ve özellikle fiyat düşüşlerinin daha yavaş aktarılmasına neden olabilmektedir (Rezitis ve Tsionas, 2019). Bu durum, fiyat uyum hızını azaltarak asimetrik fiyat aktarımını güçlendirebilmektedir. Bir diğer açıklama ise bilgi asimetrisi ve piyasa şeffaflığıdır. Piyasa aktörlerinin fiyat bilgilerine eşit düzeyde erişememesi veya bilgiyi farklı hızlarda değerlendirmesi, fiyat değişimlerine verilen tepkilerin farklılaşmasına yol açabilmektedir (Ba-reith vd., 2025). Bu nedenle bilgi eksikliği ve şeffaflık sorunları, fiyatların arz zinciri boyunca etkin ve dengeli biçimde aktarılmasını engelleyebilen önemli unsurlar arasında yer almaktadır.

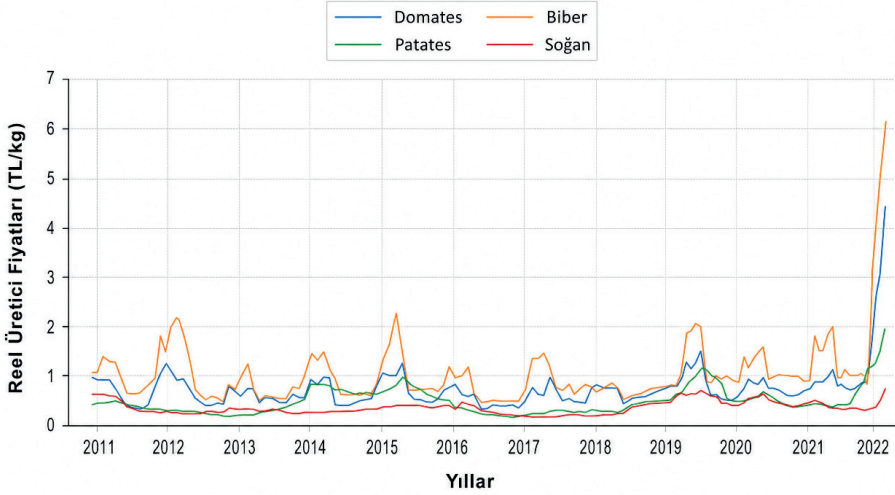
Literatürde, piyasa bilgi sisteminin geliştirilmesi ve fiyat bilgilerinin daha şeffaf biçimde paylaşılmasının asimetrik fiyat aktarımını azaltarak piyasa etkinliğini artırabileceği belirtilmektedir. Özellikle tarımsal ürün piyasalarında üretici ve tüketicilerin güncel fiyat bilgilerine erişiminin artırılması önemli görülmektedir. Ancak asimetrik fiyat aktarımını açıklayan tek bir neden bulunmamakta; piyasa yapısı, ürün özellikleri, işlem maliyetleri, bilgi akışı ve rekabet koşulları gibi faktörlerin etkisi piyasalara göre farklılık göstermektedir (Meyer ve Von Cramon-Taubadel, 2004).

4. TÜRKİYE'DE SEÇİLMİŞ SEBZE ÜRÜNLERDE REEL ÜRETİCİ ve TÜKETİCİ FİYATLARININ GELİŞİMİ

Gıda enflasyonu, tüketiciler tarafından satın alınan gıda ürünlerinin genel fiyat düzeyinde zaman içerisinde meydana gelen sürekli artış olarak tanımlanmakta olup, tarımsal üretimden nihai tüketime kadar uzanan arz zinciri boyunca gerçekleşen fiyat hareketleriyle yakından ilişkilidir. Tarımsal piyasalar açısından gıda enflasyonu önemli bir araştırma konusu olarak kabul edilmektedir. Bunun temel nedeni, gıda harcamalarının özellikle düşük gelirli hanehalklarının bütçesinde yüksek paya sahip olması ve gıda fiyatlarında meydana gelen değişimlerin tüketici refahını doğrudan etkilemesidir. Ayrıca üretim, işleme, depolama, taşımacılık ve perakende aşamalarında ortaya çıkan maliyet veya arz kaynaklı şoklar, arz zinciri boyunca yayılabilmekte ve nihai tüketici fiyatları üzerinde önemli etkiler yaratabilmektedir (Rezitis ve Tsionas 2019; Sharma vd., 2025).

Şekil 1'de tüketimi yaygın olan seçilmiş sebze ürünlerinde reel üretici fiyatlarının 2011–2022 dönemindeki seyri incelendiğinde, dönem boyunca dalgalanmaların yaşandığı, ancak özellikle 2021 yılından sonra fiyat artışlarının belirgin şekilde hızlandığı görülmektedir. Bu durum, tarımsal üretimde kullanılan gübre, enerji, yem ve diğer girdilerin maliyetlerindeki yükselişin üretici fiyatlarına yansımaları göstermektedir. Ürünler arasında biber, hem en

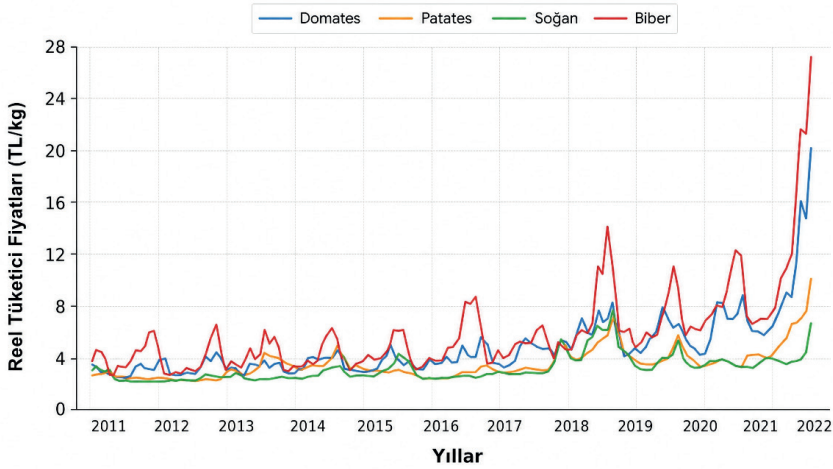
yüksek fiyat düzeyine hem de en yüksek oynaklığa sahip ürün olarak dikkat çekmektedir. Biber fiyatları dönem boyunca sık ve sert dalgalanmalar göstermiş, özellikle 2022 yılında keskin bir artışla diğer ürünlerden belirgin biçimde ayrılmıştır. Domates fiyatları da benzer bir eğilim sergilemiş, dönem sonuna doğru güçlü bir yükseliş göstererek yüksek seviyelere ulaşmıştır. Buna karşılık patates ve kuru soğan fiyatları uzun yıllar boyunca daha düşük seviyelerde seyretmiş, ancak analiz döneminin son kısmında bu ürünlerde de belirgin fiyat artışları gözlenmiştir.



Şekil 1. Seçilmiş Sebze Ürünlerinde Reel Üretici Fiyatlarının Gelişimi (TL/kg)

Kaynak: TÜİK (Tarım-ÜFE) verileri kullanılarak yazarlar tarafından hazırlanmıştır.

Şekil 2’de aynı ürünler için 2011–2022 dönemine ait reel tüketici fiyatlarının seyri gösterilmektedir. Grafik incelendiğinde, tüm ürünlerde dönem boyunca fiyat dalgalanmalarının yaşandığı, ancak özellikle 2021 yılından itibaren tüketici fiyatlarında belirgin artışların meydana geldiği görülmektedir. Bu durum, üretim maliyetlerindeki yükselişlerin, arz zinciri aksaklıklarının ve genel enflasyonist baskıların tüketici fiyatlarına yansımalarıyla açıklanabilir. İncelenen ürünler arasında en yüksek reel tüketici fiyat seviyelerine çarliston biberde ulaşıldığı görülmektedir. Biber fiyatları dönem boyunca diğer ürünlere kıyasla daha yüksek seviyelerde seyretmiş ve daha belirgin dalgalanmalar göstermiştir. Özellikle analiz döneminin son bölümünde biber fiyatlarında keskin artışlar meydana gelmiştir. Domates fiyatları da dönem boyunca dalgalı bir seyir izlemekle birlikte, özellikle son yıllarda önemli ölçüde yükselmiş ve biberden sonra en yüksek fiyat seviyelerine ulaşan ürünlerden biri olmuştur. Patates ve kuru soğan fiyatları ise dönem boyunca görece daha düşük seviyelerde seyretmiştir. Bununla birlikte, her iki üründe de özellikle dönem sonuna doğru belirgin fiyat artışları gözlenmiştir.



Şekil 2. Seçilmiş Sebze Ürünlerinde Reel Tüketici Fiyatlarının Gelişimi (TL/kg).

Kaynak: TÜİK (Tarım-TÜFE) verileri kullanılarak yazarlar tarafından hazırlanmıştır.

Literatürde gıda enflasyonunun; tarımsal girdi maliyetleri, enerji fiyatları, iklim kaynaklı şoklar ve arz zinciri sorunları gibi birçok faktörün etkisi altında şekillendiği belirtilmektedir. Gübre, yem ve işgücü maliyetlerindeki artışlar üretim maliyetlerini yükseltirken, enerji fiyatlarındaki artışlar üretim, depolama ve taşımacılık giderlerini artırarak gıda fiyatları üzerinde baskı oluşturmaktadır (Gunwant ve Rather, 2021). Ayrıca kuraklık, sel ve aşırı sıcaklıklar gibi iklim olayları üretimi azaltarak arz daralmalarına ve fiyat artışlarına yol açabilmektedir (Wondemu, 2015; McLaren, 2015). Bunun yanında lojistik sorunlar, depolama yetersizlikleri ve pazarlama zincirindeki aksaklıklar da gıda enflasyonunu artıran unsurlar arasında yer almaktadır (Liu vd., 2022). Literatürde gıda enflasyonunun yalnızca maliyet ve arz şoklarından değil, fiyat aktarım mekanizmasının işleyişinden de etkilendiği vurgulanmaktadır. Özellikle asimetrik fiyat aktarımının görüldüğü piyasalarda maliyet artışları tüketici fiyatlarına hızlı biçimde yansırken, maliyet düşüşleri aynı ölçüde aktarılmayabilmektedir. Bu durum fiyatların yüksek seviyelerde kalmasına ve enflasyonist baskıların daha uzun süre devam etmesine neden olabilmektedir (Meyer ve von Cramon-Taubadel, 2004; Harshana ve Ratnasiri, 2023). Bu nedenle fiyat aktarım mekanizmasının niteliği, gıda enflasyonunun düzeyi ve sürekliliği açısından önemli bir unsur olarak değerlendirilmektedir.

Gıda enflasyonu, gıda fiyatlarında meydana gelen sürekli artışı ifade etmekte olup, özellikle gelişmekte olan ülkelerde tüketici refahı ve satın alma gücü üzerinde önemli etkiler yaratmaktadır (Doğan vd., 2026). Literatürde gıda enflasyonunun; üretim maliyetleri, enerji fiyatları, iklim koşulları, makroekonomik gelişmeler ve arz zinciri dinamiklerinin etkisiyle şekille-

nen çok boyutlu bir olgu olduğu belirtilmektedir (Abdullah vd., 2024). Gıda enflasyonunun temel belirleyicilerinden biri tarımsal üretim maliyetleridir. Gübre, yem, yakıt ve işgücü gibi girdilerdeki maliyet artışları üretim maliyetlerini yükselterek gıda fiyatlarına yansımaktadır (Işık ve Özbuğday, 2021). İklim kaynaklı şoklar ve arz zinciri aksaklıkları da gıda enflasyonunu etkileyen önemli unsurlar arasındadır. Kuraklık, sel ve aşırı sıcaklıklar üretimi azaltarak arz daralmalarına neden olurken, pandemi, jeopolitik çatışmalar ve lojistik sorunlar arz zincirinin işleyişini bozarak fiyat artışlarını hızlandırbilmektedir (Odongo vd., 2022; Adjemian vd., 2024; Diaz vd., 2024). Bu nedenle gıda enflasyonu, üretimden tüketime kadar uzanan tüm arz zincirinin işleyişinden etkilenen karmaşık bir süreç olarak değerlendirilmektedir. İthal girdilere bağımlı ekonomilerde döviz kuru dalgalanmaları, küresel arz kesintileri ve dış ticaret kaynaklı belirsizlikler üretim maliyetlerini artırarak gıda enflasyonunu güçlendirebilmektedir. Ayrıca bu tür şoklar piyasa uyum sürecini yavaşlatarak fiyat artışlarının daha kalıcı hale gelmesine neden olabilmektedir (Ozturk ve Faizi, 2023).

5. AMPİRİK BULGULAR

Üretici ve tüketici fiyatları arasındaki uzun dönemli ilişkinin belirlenmesi amacıyla domates, çarliston biber, patates ve kuru soğan ürünlerine ait fiyat serileri üzerinde Engle–Granger eşbütünleşme analizi uygulanmıştır. Eşbütünleşme analizine geçilmeden önce serilerin durağanlık özellikleri Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) birim kök testi ile incelenmiştir. Elde edilen bulgular, incelenen tüm fiyat serilerinin seviyelerinde durağan olmadığını, ancak birinci farkları alındığında durağan hale geldiklerini göstermiştir. Bu sonuç, serilerin aynı dereceden bütünleşik olduğunu ortaya koymakta ve Engle–Granger eşbütünleşme analizinin uygulanabilmesi için gerekli ön koşulların sağlandığını göstermektedir. Gerçekleştirilen Engle–Granger eşbütünleşme testi sonuçları, incelenen dört ürünün tamamında üretici fiyatları ile tüketici fiyatları arasında uzun dönemli bir denge ilişkisinin bulunduğunu ortaya koymuştur. Başka bir ifadeyle, üretici ve tüketici fiyatları kısa dönemde çeşitli ekonomik, mevsimsel ve piyasa koşullarına bağlı olarak birbirlerinden sapabilmekle birlikte, uzun dönemde ortak bir denge ilişkisi çerçevesinde birlikte hareket etmektedir. Bu bulgu, üretici düzeyinde meydana gelen fiyat değişimlerinin zaman içerisinde tüketici fiyatlarına yansıdığını ve iki fiyat serisinin uzun dönemde birbirinden bağımsız hareket etmediğini göstermektedir.

Elde edilen sonuçlar, domates, çarliston biber, patates ve kuru soğan piyasalarında fiyat oluşum süreçlerinin birbirleriyle bağlantılı olduğunu ve üretici ile tüketici fiyatları arasında uzun dönemli bir fiyat aktarım mekanizmasının varlığına işaret ettiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca hata düzeltme modeli sonuçları, tüm ürünlerde kısa dönemde ortaya çıkan dengesizlikle-

rin zaman içerisinde giderildiğini ve fiyatların yeniden uzun dönem denge düzeyine yöneldiğini göstermiştir. Bununla birlikte, dengeye uyum hızının ürünler arasında farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Bu durum, fiyat şoklarının etkisinin ve piyasa uyum süreçlerinin her üründe aynı şekilde gerçekleşmediğini ortaya koymaktadır. Dolayısıyla kısa dönemde ortaya çıkan fiyat farklılıklarının kalıcı olmadığı, piyasa mekanizmasının zaman içerisinde bu sapmaları düzelterek fiyatları yeniden uzun dönem denge düzeyine yönlendirdiği söylenebilir. Bu sonuçlar, söz konusu ürünlerde fiyat aktarım sürecinin yalnızca kısa dönemli fiyat hareketleriyle açıklanamayacağını, aynı zamanda uzun dönemli bir denge ilişkisi çerçevesinde değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Çizelge 1’de sunulan bulgular, domates, çarliston biber, patates ve kuru soğan piyasalarında üretici ve tüketici fiyatları arasındaki fiyat aktarım mekanizmasının ürünlere göre farklı özellikler göstermekle birlikte, tüm ürünlerde uzun dönemli bir ilişkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Analizin ilk aşamasında gerçekleştirilen Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) birim kök testi sonuçları, incelenen tüm fiyat serilerinin düzey değerlerinde durağan olmadığını, ancak birinci farkları alındığında durağan hale geldiklerini göstermiştir. Bu sonuç, serilerin birinci dereceden bütünsel olduğunu ve eşbütünselleşme analizinin uygulanabilmesi için gerekli ön koşulların sağlandığını ortaya koymaktadır. ADF testi sonrasında uygulanan Engle–Granger eşbütünselleşme analizi sonucunda, tüm ürünlere ait artık serilerin durağan olduğu belirlenmiştir. Bu bulgu, üretici fiyatları ile tüketici fiyatları arasında uzun dönemli bir denge ilişkisinin bulunduğunu göstermektedir. Başka bir ifadeyle, üretici ve tüketici fiyatları kısa dönemde geçici sapmalar gösterebilmekte, ancak uzun dönemde ortak bir denge ilişkisi çerçevesinde birlikte hareket etmektedir. Bu durum, üretici düzeyinde meydana gelen fiyat değişimlerinin zaman içerisinde tüketici fiyatlarına yansıdığını ve iki fiyat serisinin uzun vadede birbirinden bağımsız hareket etmediğini ortaya koymaktadır.

Eşbütünselleşme analizini takiben uygulanan Hata Düzeltme Modeli (ECM) sonuçları, tüm ürünlerde hata düzeltme katsayılarının negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermiştir. Bu bulgu, kısa dönemde ortaya çıkan dengesizliklerin zaman içerisinde giderildiğini ve fiyatların yeniden uzun dönem denge düzeyine yöneldiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca uyum hızının ürünler arasında farklılık gösterdiği belirlenmiş olup, bu durum piyasa yapılarının ve fiyat aktarım süreçlerinin ürün bazında değişebildiğine işaret etmektedir. Kısa dönem fiyat aktarımına ilişkin bulgular incelendiğinde, üretici fiyatlarında meydana gelen değişimlerin tüketici fiyatlarına farklı düzeylerde yansıdığı görülmektedir. Sonuçlar, kısa dönem fiyat aktarımının en güçlü olduğu ürünlerin patates ve kuru soğan olduğunu, buna karşılık domates ve çarliston biberde aktarımın daha sınırlı düzeyde gerçekleştiğini gös-

termektedir. Özellikle patates ve kuru soğan piyasalarında üretici fiyatlarında meydana gelen değişimlerin tüketici fiyatlarına daha güçlü biçimde yansıdığı, domates ve çarliston biber piyasalarında ise fiyat aktarımının görece daha düşük düzeyde kaldığı belirlenmiştir. Hata düzeltme katsayılarının büyüklüğü dikkate alındığında, dengeye dönüş hızının da ürünler arasında farklılaştığı görülmektedir. En hızlı uyum süreci çarliston biber ve patates piyasalarında gerçekleşirken, bunu kuru soğan piyasası izlemektedir. En düşük uyum hızının ise domates piyasasında olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, domates piyasasında kısa dönemli fiyat şoklarının etkisinin diğer ürünlere kıyasla daha uzun süre devam ettiğini ve fiyatların uzun dönem denge düzeyine dönüşünün daha yavaş gerçekleştiğini göstermektedir. Fiyat aktarımının simetrik veya asimetrik yapısının belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen Wald testi sonuçları, ürünler arasında önemli farklılıklar bulunduğunu göstermektedir. Elde edilen bulgulara göre yalnızca çarliston biber piyasasında simetrik fiyat aktarımı hipotezi reddedilmiş ve bu piyasada asimetrik fiyat aktarımının varlığı tespit edilmiştir. Bu sonuç, üretici fiyatlarında meydana gelen artış ve azalışların tüketici fiyatlarına aynı büyüklükte ve aynı hızda yansımadağını göstermektedir. Buna karşılık domates, patates ve kuru soğan piyasalarında Wald testi sonuçları istatistiksel olarak anlamlı bulunmamış ve bu ürünlerde simetrik fiyat aktarımının geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen bulgular, incelenen dört ürün arasında yalnızca çarliston biber piyasasında fiyat değişimlerinin yönüne bağlı farklı bir aktarım mekanizmasının bulunduğunu, diğer ürünlerde ise üretici fiyatlarındaki artış ve azalışların tüketici fiyatlarına benzer şekilde aktarıldığını ortaya koymaktadır. Granger nedensellik analizi sonuçları, üretici ve tüketici fiyatları arasındaki ilişkinin yönünün ürünler arasında farklılaştığını göstermektedir. Domates piyasasında üretici fiyatlarından tüketici fiyatlarına doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Bu bulgu, domates piyasasında fiyat oluşum sürecinin büyük ölçüde üretici aşamasında başladığını ve üretici fiyatlarında meydana gelen değişimlerin zaman içerisinde tüketici fiyatlarına aktarıldığını göstermektedir. Dolayısıyla domates piyasasında fiyat liderliğinin üretici düzeyinde ortaya çıktığı söylenebilir. Patates ve kuru soğan piyasalarında ise tüketici fiyatlarından üretici fiyatlarına doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi belirlenmiştir. Bu sonuç, söz konusu ürünlerde tüketici piyasasında oluşan fiyat hareketlerinin üretici fiyatlarının oluşumunda etkili olabildiğini ve fiyat sinyallerinin tüketici düzeyinden üretici düzeyine doğru aktarılabildiğini göstermektedir. Başka bir ifadeyle, bu ürünlerde perakende piyasa koşulları ve tüketici talebine bağlı fiyat hareketleri üretici fiyatları üzerinde yönlendirici bir etki oluşturabilmektedir. Çarliston biber piyasasında ise üretici ve tüketici fiyatları arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Bu durum, fiyat oluşum sürecinde hem üretici hem de tüketici piyasalarının karşılıklı etkileşim içerisinde olduğunu ve fiyat sinyallerinin her iki yönde de aktarılabildiğini göstermektedir.

Dolayısıyla biber piyasasında fiyat oluşum mekanizmasının diğer ürünlere kıyasla daha karmaşık ve karşılıklı etkileşime dayalı bir yapıya sahip olduğu söylenebilir.

Çarliston biber piyasasında tespit edilen çift yönlü nedensellik ilişkisi, üretici ve tüketici fiyatlarının birbirlerini karşılıklı olarak etkilediğini göstermektedir. Bu durum, fiyat sinyallerinin hem üretici düzeyinden tüketici düzeyine hem de tüketici düzeyinden üretici düzeyine aktarılabilirdiğini ve piyasanın karşılıklı etkileşim içerisinde işlediğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, Wald testi sonuçlarına göre bu aktarım süreci simetrik değil, asimetrik bir yapı göstermektedir. Başka bir ifadeyle, fiyat değişimleri her iki yönde gerçekleşmekle birlikte, fiyat artışları ve azalışları aynı hız ve büyüklükte aktarılmamaktadır. Çarliston biberde gözlenen bu durum, ürünün yüksek bozulabilirliğe sahip olması, depolama imkânlarının sınırlı olması ve arzın mevsimsel koşullardan önemli ölçüde etkilenmesiyle açıklanabilir. Literatürde bozulabilir tarım ürünlerinde fiyat uyum süreçlerinin depolanabilir ürünlere kıyasla daha düzensiz gerçekleşebildiği ve asimetrik fiyat aktarımının daha sık görülebildiği belirtilmektedir (Ahn ve Lee, 2015). Ayrıca biber benzeri ürünlerde üretim miktarının dönemler arasında önemli farklılıklar göstermesi, arz daraldığında fiyatların hızla yükselmesine, arz arttığında ise fiyatların daha yavaş gerilemesine neden olabilmektedir (Hilmiyah ve Supriono, 2022). Bu nedenle üretici ve tüketici fiyatları arasında karşılıklı bir etkileşim bulunmasına rağmen, fiyat aktarımı tam olarak simetrik gerçekleşmemekte ve piyasada asimetrik bir fiyat oluşum mekanizması ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 1. Üretici ve Tüketici Fiyatları Arasındaki Fiyat Aktarımı Analizlerinin Karşılaştırmalı Sonuçları

Ürün	Bütünleşme Derecesi	Eşbütünleşme (ADF Artık Seri)	Kısa Dönem Aktarım Katsayısı	ECM Katsayısı (p)	Wald Testi (p)	Aktarım Türü	Granger Nedensellik (p)	Sonuç
Domates	<i>I</i> (1)	-4.344 (0.0006)	0.750*** (0.0000)	-0.174*** (0.0010)	0.9837	Simetrik	Üretici Fiyatları→Tüketici Fiyatları (0.0076)	Tek yönlü
Çarliston Biber	<i>I</i> (1)	-5.378 (0.0000)	0.763*** (0.0000)	-0.263*** (0.0002)	0.0002	Asimetrik	Üretici Fiyatları↔Tüketici Fiyatları (0.0003; 0.000006)	Çift yönlü
Patates	<i>I</i> (1)	-4.889 (0.0000)	1.175*** (0.0000)	-0.259*** (0.0000)	0.1905	Simetrik	Tüketici Fiyatları→Üretici Fiyatları (0.0340)	Tek yönlü
Kuru Soğan	<i>I</i> (1)	-3.670 (0.0056)	1.361*** (0.0000)	-0.229*** (0.0000)	0.5089	Simetrik	Tüketici Fiyatları→Üretici Fiyatları (0.0004)	Tek yönlü

Not: Parantez içindeki değerler p-değerlerini göstermekte olup istatistiksel anlamlılık düzeyleri sırasıyla ***p<0.01, **p<0.05 ve *p<0.10 olarak değerlendirilmiştir.

6. SONUÇ

Asimetrik fiyat aktarımının belirlenmesi amacıyla uygulanan Wolfram–Houck modeli ve Wald testi sonuçları, incelenen ürünler arasında önemli farklılıklar bulunduğunu ortaya koymuştur. Elde edilen bulgulara göre yalnızca çarliston biber piyasasında asimetrik fiyat aktarımı tespit edilmiştir. Buna karşılık domates, patates ve kuru soğan piyasalarında üretici fiyatlarında meydana gelen artış ve azalışların tüketici fiyatlarına benzer biçimde yansıdığı belirlenmiş ve bu ürünlerde simetrik fiyat aktarımının geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu bulgu, Türkiye’de taze sebze piyasalarında fiyat aktarım mekanizmasının ürün bazında farklılık gösterebildiğini ve tüm ürünler için geçerli tek tip bir fiyat davranışından söz edilemeyeceğini göstermektedir. Dolayısıyla fiyat oluşum süreçlerinin ve fiyat aktarım dinamiklerinin her ürünün kendine özgü piyasa yapısı çerçevesinde değerlendirilmesi gerekmektedir. Granger nedensellik analizi sonuçları da ürünler arasında farklı fiyat aktarım dinamiklerinin bulunduğunu ortaya koymuştur. Domates piyasasında üretici fiyatlarından tüketici fiyatlarına doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiş, bu durum fiyat oluşum sürecinde üretici aşamasının belirleyici rol oynadığını göstermiştir. Buna karşılık patates ve kuru soğan piyasalarında tüketici fiyatlarından üretici fiyatlarına doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi belirlenmiştir. Bu sonuç, söz konusu ürünlerde tüketici piyasasında oluşan fiyat hareketlerinin üretici fiyatlarını etkileyebildiğine ve fiyat sinyallerinin tüketici aşamasından üretici aşamasına doğru iletelebildiğine işaret etmektedir. Çarliston biber piyasasında ise üretici ve tüketici fiyatları arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Bu durum, fiyat oluşum sürecinde her iki piyasa düzeyinin karşılıklı etkileşim içerisinde olduğunu ve fiyat sinyallerinin hem üretici düzeyinden tüketici düzeyine hem de tüketici düzeyinden üretici düzeyine aktarılabilirdiğini göstermektedir.

Araştırmadan elde edilen bulgular, gıda enflasyonunun anlaşılması ve yönetilmesinde yalnızca tüketici fiyatlarının değil, üretici düzeyinde ortaya çıkan maliyet ve fiyat hareketlerinin de yakından izlenmesi gerektiğini göstermektedir. Özellikle çarliston biber piyasasında belirlenen asimetrik fiyat aktarımı, fiyat artışları ile fiyat düşüşlerinin tüketici fiyatlarına aynı ölçüde yansımadığını ortaya koymakta ve bu piyasanın işleyişinin daha ayrıntılı biçimde değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır. Asimetrik fiyat davranışları, piyasa etkinliğinin azalmasına ve fiyat sinyallerinin üretici ile tüketici arasında tam olarak iletilmemesine neden olabilmektedir. Bu nedenle söz konusu piyasalarda fiyat oluşum süreçlerinin düzenli olarak izlenmesi ve piyasa işleyişini etkileyen unsurların ayrıntılı biçimde değerlendirilmesi önem taşımaktadır. Tarım politikaları açısından değerlendirildiğinde, üretim maliyetlerinin azaltılmasına yönelik desteklerin güçlendirilmesi, üretici ve tüketici fiyatları arasındaki bilgi akışının geliştirilmesi, pazarlama kanallarının etkinleştiril-

mesi ve piyasa şeffaflığının artırılması fiyat istikrarının sağlanmasına katkıda bulunabilecek önemli politika araçları olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca üretici ve tüketici fiyatları arasındaki ilişkinin düzenli olarak izlenmesi, fiyat aktarım mekanizmasının ürün bazında değerlendirilmesi ve piyasalarda ortaya çıkabilecek asimetrik davranışların erken dönemde tespit edilmesi, gıda enflasyonu ile mücadelede daha etkin politikaların geliştirilmesine yardımcı olacaktır. Bu doğrultuda, ürün bazında farklılaşan piyasa dinamiklerini dikkate alan politika uygulamalarının hayata geçirilmesi, hem tarımsal piyasalarda daha etkin bir fiyat oluşum sürecinin sağlanmasına hem de gıda enflasyonunun kontrol altına alınmasına katkı sunacaktır.

KAYNAKÇA

- Abdullah, D., Zabidi, N. H., Zulzamzuri, D. N., Bakar, A. A., Tumin, S. A., & Zaei-moedin, T. Z. (2024). *Unpacking the inflation basket: A systematic literature review of key determinants of rising food prices and their global impact*. *International Journal of Research and Innovation in Social Science*, 8(9), 706–713
- Abu Asab, N. (2026). *Do oil price shocks help or hurt growth? Asymmetric evidence from Jordan (2008–2023)*. *SSRN Electronic Journal*, 1–22.
- Adjemian, M. K., Arita, S., Meyer, S., & Salin, D. (2024). Factors affecting recent food price inflation in the United States. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 46(2), 648–676.
- Ahmed, M., & Singla, N. (2023). Spatial market integration, price transmission and transaction costs in major onion markets of India. *The Indian Economic Journal*, 71, 532–547.
- Ahmed, M., Singla, N., & Singh, K. (2024). Market integration and price transmission in wheat markets of India: A transaction cost approach. *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*, 14(3), 552–569.
- Ahn, B.İ., & Lee, H. (2015). Vertical price transmission of perishable products: The case of fresh fruits in the Western United States. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 40(3), 405–424.
- Akgunduz, Y. E., & Ozcan-Tok, E. (2024). Impact of municipality-run discount stalls on price formation across the food supply chain. *Food Policy*, 125, 102645.
- Aktepe, N. S. T., & Kayral, İ. E. (2024). Unraveling the major determinants behind price changes in four selected representative agricultural products. *Agriculture*, 14(5), 782.
- Alhashim, J., & Saghaian, S. (2015). Price transmission analysis in the fresh vegetable supply chain of Saudi Arabia. *Selected Paper Prepared for Presentation at the Southern Agricultural Economics Association Annual Meetings*, 1–29.
- Bakucs, Z., Falkowski, J., & Fertő, I. (2014). Does market structure influence price transmission in the agro-food sector? A meta-analysis perspective. *Journal of Agricultural Economics*, 65(1), 1–25.
- Bareith, T., Fertő, I., & Podruzsik, S. (2025). Price transmission in the Hungarian pork market. *Agricultural and Food Economics*, 13(11), 1–14.
- Bessler, D., & Fuller, S. (1993). Cointegration between U.S. wheat markets. *Journal of Regional Science*, (33), 481–501.
- Cao, Y., & Mohiuddin, M. (2019). Sustainable emerging country agro-food supply chains: Fresh vegetable price formation mechanisms in rural China. *Sustainability*, 11(10), 2814.
- Deb, L., Lee, Y., & Lee, S. H. (2020). Market integration and price transmission in the vertical supply chain of rice: An evidence from Bangladesh. *Agriculture*, 10(7), 271.

- Demir, F. (2022). Investigation of asymmetric relationship between consumer and producer prices in Turkey: Evidence from hidden cointegration and asymmetric causality analyses. *Alanya Akademik Bakış*, 6(2), 2051–2067.
- Diaz, E. M., Cunado, J., & Perez de Gracia, F. (2024). Global drivers of inflation: The role of supply chain disruptions and commodity price shocks. *Economic Modelling*, 140, 106860.
- Doğan, H. G., Mirza, E., Ganiyusufoğlu, A., Bayramoğlu, Z., Candemir, S., & Edirneligil, A. (2026). Toward sustainable input pricing in agriculture: The sectoral impact of asymmetric monetary policy in Türkiye. *Sustainable Development*, 34(S2), 493–504.
- Goodwin, B. K., & Holt, M. T. (1999). Price transmission and asymmetric adjustment in the U.S. beef sector. *American Journal of Agricultural Economics*, 81(3), 630–637.
- Gunwant, D. F., & Rather, S. R. (2021). Transmission of world price shocks: Evidence from GCC countries. *The Journal of Economic Asymmetries*, 24.
- Harshana, P. V. S., & Ratnasiri, S. (2023). Asymmetric price transmission along the supply chain of perishable agricultural commodities: A nonlinear ARDL approach. *Journal of Economic Asymmetries*, 27, e00305.
- Hilmiyah, F., & Supriono, A. (2022). Market integration and price transmission of cayenne pepper in Indonesia. *JSEP (Journal of Social and Agricultural Economics)*, 15(2), 209–228.
- Kartal, M. T., & Depren, Ö. (2023). Asymmetric relationship between global and national factors and domestic food prices: Evidence from Turkey with novel nonlinear approaches. *Financial Innovation*, 9(11), 1–24.
- Kharin, S. (2021). Asymmetry in price transmission: Evidence from the wheat–flour supply chain in Russia. *AGRIS On-line Papers in Economics and Informatics*, 13(3), 67–75.
- Kornher, L., Balezentis, T., & Santeramo, F. G. (2024). EU food price inflation amid global market turbulences during the COVID-19 pandemic and the Russia–Ukraine war. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 46(4), 1563–1584.
- Laili, F., Widyawati, W., & Setyowati, P. B. (2020). Asymmetric price transmission in the Indonesian food market. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 518.
- Liu, S., Wang, J., & Sun, C. (2022). Asymmetric price transmission and market power: A case of the aquaculture product market in China. *Sustainability*, 14(22), 15253.
- McLaren, A. (2015). Asymmetry in price transmission in agricultural markets. *Review of Development Economics*, 19, 415–433.
- Meyer, J., & von Cramon-Taubadel, S. (2004). Asymmetric price transmission: A survey. *Journal of Agricultural Economics*, 55, 581–611.

- Mishra, A., & Sakuja, V. (2025). Unveiling the response of food inflation to economic policy uncertainty, energy price shocks and carbon emission. *China Agricultural Economic Review*, 17(4), 757–772.
- Odongo, M. T., Misati, R. N., Kamau, A. W., & Kisingu, K. N. (2022). Climate change and inflation in Eastern and Southern Africa. *Sustainability*, 14(22), 14764.
- Ozturk, O., & Faizi, B. (2023). The Russia–Ukraine war, soaring food prices, and the Turkish economy: Insights from computable general equilibrium. *Frontiers in Environmental Science*, 11, 1–11.
- Ramakgasha, M. J., & Thaba, T. K. (2026). Price transmission and market concentration: An investigation into the South African dairy industry. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 16(3), 83–88.
- Reziti, I., & Panagopoulos, Y. (2008). Asymmetric price transmission in the Greek agri-food sector: Some tests. *Agribusiness*, 24, 16–30.
- Rezitis, A. N., & Tsionas, M. (2019). Modeling asymmetric price transmission in the European food market. *Economic Modelling*, 76, 216–230.
- Rudinskaya, T. (2019). Asymmetric price transmission analysis in the Czech pork market. *Journal of Central European Agriculture*, 20(3), 986–994.
- Sahara, & Wicaksana, B. (2013). Asymmetry in farm-retail price transmission: The case of chili industry in Indonesia. *Jurnal Ekonomi dan Kebijakan Pembangunan*, 2(1), 1–13.
- Sharma, P., Meena, D. C., & Anwer, M. E. (2025). Asymmetric price transmission in perishable crops value chain: A NARDL approach. *Agribusiness*, 41(2), 588–611.
- Uçak, H., Çelik, S., & Öztemiz, H. (2018). Monitoring the fresh fruits and vegetables supply chain in Turkey. *Annals of Marketing Management & Economics*, 4(1), 149–162.
- Uzel, G., Kuzu, M., Güler, A., & Gürlük, S. (2025). Asymmetric effects of agricultural input prices on farmgate prices in Türkiye. *Agriculture*, 15(6), 607.
- Verreth, D., Emvalomatis, G., Bunte, F., Kemp, R., & Lansink, A. (2015). Price transmission, international trade, and asymmetric relationships in the Dutch agri-food chain. *Agribusiness*, 31, 521–542.
- Ward, R. (1982). Asymmetry in retail, wholesale, and shipping point pricing for fresh vegetables. *American Journal of Agricultural Economics*, 64, 205–212.
- Wondemu, K. (2015). Price transmission asymmetry in spatial grain markets in Ethiopia. *African Development Review*, 27, 106–116.
- Zamani, O., Bittmann, T., & Loy, J.-P. (2022). The role of temperature for seasonal market integration: A case study of poultry in Iran. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 66(1), 187–215.



DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE BİTKİ BAZLI İÇECEKLERİN ARZ, TALEP VE PAZAR YAPISI

“ ”

İsmihan İMİŞ¹
Nevin DEMİRBAŞ²

1 Zir. Müh. İsmihan İMİŞ, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Ana Bilim Dalı, ORCID ID: 0000-0003-3842-8056.

2 Prof. Dr. Nevin DEMİRBAŞ, Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, ORCID ID: 0000-0002-0541-1437.

1.GİRİŞ

Bitki bazlı içecekler, günümüzde tüketici tercihleri ve sürdürülebilir gıda sistemleri açısından önemli bir ürün grubu haline gelmiştir. Son yıllarda küresel gıda sistemlerinde meydana gelen değişimler, tüketicilerin beslenme tercihlerini ve gıda sektöründeki yenilik süreçlerini önemli ölçüde dönüştürmüştür; sağlık bilinci, sürdürülebilir tüketim anlayışı ve çevresel kaygılar, geleneksel hayvansal kaynaklı ürünlere alternatif yeni gıda kategorilerinin gelişimini hızlandırmıştır (Aydar ve ark., 2020; Paul ve ark., 2020). Bitki bazlı içeceklerle yönelik talebin artmasında sağlık bilincinin yükselmesi, çevresel sürdürülebilirlik kaygıları, etik tüketim anlayışı ve hayvansal süt ürünlerine alternatif arayışları etkili olmaktadır. Bu ürünlere yönelik artan tüketici ilgisinde vegan ve vejetaryan beslenme eğilimlerinin yaygınlaşması, laktoz intoleransı ve süt proteinlerine yönelik hassasiyetler de önemli rol oynamaktadır (Vanga ve Raghavan, 2018; Erk ve ark., 2019). Hayvansal süt üretiminin yüksek su tüketimi, sera gazı emisyonu ve doğal kaynak kullanımı gibi çevresel etkileri dikkate alındığında, bitki bazlı alternatiflerin daha sürdürülebilir bir üretim modeli sunduğu ifade edilmektedir (Schiano ve ark., 2020). Bunun yanında ürünlerin fonksiyonel özellikleri, besin içerikleri ve teknolojik gelişmeler sayesinde tüketici kabulünün artması, sektörün ekonomik büyümesini hızlandırmıştır (Tangyu ve ark., 2019; Atalar ve ark., 2021). Küresel ölçekte hızla büyüyen bitki bazlı içecek pazarı, Türkiye açısından da önemli fırsatlar sunmaktadır. Bitki bazlı içecek sektörü, tarımsal hammaddelerin katma değerli ürünlere dönüştürülmesi, gıda sanayiinin gelişimi ve ekonomik değer yaratılması açısından tarım ve gıda sektörü arasındaki bağlantının güçlü bir örneğini oluşturmaktadır (Bocker ve Silva, 2022). Yerli tarımsal hammaddelerin değerlendirilmesi, katma değerli ürün üretiminin artırılması ve yeni yatırım alanlarının oluşması bakımından sektör stratejik bir önem taşımaktadır. Ayrıca tüketici davranışlarının ve pazar dinamiklerinin incelenmesi, sektörün gelecekteki gelişiminin anlaşılması açısından da önemlidir (Bengü ve Ersan, 2022).

Bu çalışmanın temel amacı, Dünya’da ve Türkiye’de bitki bazlı içecek sektörünü arz, talep ve pazar yapısı çerçevesinde incelemektir. Ürünlerin tanımlanmasına yönelik teknik kriterlerde ISO 23662 standardı dikkate alınmıştır. Küresel düzlemde ve Türkiye’de bitki bazlı içecek sektörünün üretim, tüketim ve pazar yapısına ilişkin mevcut literatürün değerlendirilmesi için ulusal ve uluslararası literatürde yer alan bilimsel makaleler, lisansüstü tezler, sektör raporları, teknik yayınlar ve elektronik kaynaklardan yararlanılmıştır. Çalışmada kullanılan kaynaklar; güncellik, bilimsel geçerlilik ve araştırma konusu ile doğrudan ilişkili olma kriterleri dikkate alınarak seçilmiştir.

2. BİTKİ BAZLI İÇECEKLERDE ÜRETİM VE ARZ YAPISI

Bitki bazlı içecekler, hayvansal sültere alternatif olarak geliştirilen ve bitkisel kaynakların işlenmesiyle elde edilen içecekleri ifade etmektedir. Soya, yulaf, badem, fındık ve benzeri hammaddeler bu ürün grubunun temelini oluşturmakta olup; son yıllarda artan sağlık, çevresel sürdürülebilirlik ve beslenme tercihlerindeki değişimler bu ürünlerin üretim ve arz yapısının genişlemesine katkı sağlamaktadır (Yazıcı ve ark., 2023). Bu ürünlerin üretimi, tarımsal hammaddenin seçimiyle başlayan ve çeşitli teknolojik işlemlerle devam eden çok aşamalı bir süreçtir. Öğütme, ekstraksiyon, filtrasyon, homojenizasyon ve ısıl işlem gibi basamaklar, ürünün fiziksel yapısını ve besinsel özelliklerini doğrudan etkilemektedir. Kullanılan üretim teknolojisinin düzeyi arttıkça, ürün çeşitliliği ve kalite standardı da yükselmektedir (Bocker ve Silva, 2022). Arz yapısı açısından değerlendirildiğinde, bitki bazlı içecek üretimi büyük ölçüde tarımsal hammadde arzına bağımlıdır. Bu durum, özellikle soya ve yulaf gibi ürünlerin üretim miktarı, fiyat istikrarı ve iklim koşullarına bağılı değişkenliği nedeniyle sektörün kırılganlıklarını ortaya koymaktadır. Tarım sektörü ile gıda sanayii arasındaki bu güçlü bağ, üretim zincirinin sürdürülebilirliği açısından kritik bir rol oynamaktadır. Bununla birlikte, üretim süreçlerinde kullanılan teknoloji düzeyi ve ölçek yapısı da arzın şekillenmesinde önemli bir faktördür. Sektörün arz yapısı; tarımsal hammadde bağımlılığı ve üretim teknolojilerinin gelişmişlik düzeyine bağılı olarak şekillenmektedir. Büyük ölçekli üreticiler, gelişmiş işleme teknikleri ve otomasyon sayesinde maliyet avantajı elde ederken, küçük ölçekli işletmeler daha sınırlı üretim kapasitesi ile faaliyet göstermektedir. Bu durum, sektörde rekabet yapısının heterojen bir görünüm kazanmasına neden olmaktadır (Nenovski ve Fedajev, 2022). Küresel ölçekte artan talep, bu ürünlerin yalnızca alternatif bir kategori olmaktan çıkarak gıda sanayiinde kalıcı bir pazar segmenti haline gelmesini sağlamıştır (Schiano ve ark., 2020).

2.1.Bitki Bazlı İçeceklerin Tanımı, Çeşitleri ve Üretim Süreçleri

Bitki bazlı içecekler, hayvansal süt yerine bitkisel hammaddelerin işlenmesiyle elde edilen ve sıvı formda tüketime sunulan ürünler olarak tanımlanmaktadır. Bu ürünler, özellikle laktoz intoleransı, vegan beslenme tercihleri ve sağlıklı yaşam eğilimlerinin artmasıyla birlikte gıda sektöründe önemli bir alternatif haline gelmiştir. Bu kapsamda bitki bazlı içecekler hem beslenme hem de fonksiyonel gıda kategorisi içinde değerlendirilmektedir (Vanga ve Raghavan, 2018; Yazıcı ve ark., 2023). Hammaddelerine göre farklı gruplara ayrılan bitki bazlı içecekler, yalnızca soya ile sınırlı kalmayıp; badem, yulaf, pirinç, Hindistan cevizi ve çeşitli baklagillerden de üretilbilmektedir (Aydar ve ark., 2020; Reyes-Jurado ve ark., 2021). Bu ürünlerin besin içeriği, kullanılan bitkisel kaynağa bağılı olarak değişmekte; protein, yağ, lif ve mikro

besin bileşenleri açısından farklı profiller ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle her bir ürün grubu, beslenme açısından farklı avantaj ve sınırlılıklar içermektedir (Vanga ve Raghavan, 2018; Yazıcı ve ark., 2023).

Üretim süreci; hammadde seçimi, ekstraksiyon, filtrasyon, homojenizasyon ve ısıtma işlemi gibi temel aşamalardan oluşmaktadır. Elde edilen karışım filtrasyon işlemiyle lifli kısımlardan ayrıştırılmakta, daha sonra homojenizasyon ve ısıtma işlemi uygulanarak ürünün stabilitesi ve raf ömrü artırılmaktadır. Farklı bitkisel kaynakların işlenmesinde uygulanan yöntemler ürünün besin değeri, kıvamı ve tüketici kabulü üzerinde belirleyici olmaktadır. Üretim aşamalarında kullanılan teknoloji düzeyi, ürünün duyu özelliklerini ve besin değerini doğrudan etkilemektedir (Aydar ve ark., 2020; Arbağ, 2022; Bocker ve Silva, 2022). Son yıllarda gelişen üretim teknolojileri sayesinde fermentasyon ve enzimatik işlemler gibi yöntemler de üretim süreçlerine entegre edilmiştir. Bu yenilikler, ürünlerin hem tat profilini iyileştirmekte hem de fonksiyonel özelliklerini artırmaktadır. Böylece bitki bazlı içecekler, yalnızca süt ikamesi olarak değil, aynı zamanda fonksiyonel gıda kategorisinde değerlendirilen ürünler haline gelmektedir (Tangyu ve ark., 2019; Paul ve ark., 2020).

2.2.İçecek Sektörünün Hammadde Açısından Tarım Sektörü ile İlişkisi

İçecek sektörü, özellikle bitki bazlı ürünler bağlamında, tarımsal üretimle doğrudan bağlantılı bir tarıma dayalı sanayii faaliyet kolu olarak değerlendirilmektedir. Bu sektörün temel girdisini oluşturan bitkisel hammaddeler, tarım sektöründe üretilmekte ve gıda sanayiinde katma değeri yüksek nihai ürünlere dönüştürülmektedir. Bu yönüyle içecek sektörü, tarım ve sanayi sektörleri arasında köprü görevi gören bütünleşik bir yapıya sahiptir. Bitki bazlı içecek üretiminde kullanılan soya, yulaf, fındık ve benzeri hammaddelerin üretim miktarı, kalite düzeyi ve fiyat istikrarı, doğrudan tarımsal üretim koşullarına bağlıdır. İklim değişkenliği, ekim alanlarındaki dalgalanmalar ve verimlilik farklılıkları, sanayiye aktarılan hammadde arzını etkileyerek üretim sürekliliği üzerinde belirleyici rol oynamaktadır. Bu nedenle gıda sanayii, hammadde tedarikinde tarımsal üretim dinamiklerine yüksek düzeyde bağımlılık göstermektedir (Paul ve ark., 2020; Baba ve ark., 2024). Bununla birlikte, tarım ve gıda sanayii arasındaki ilişki yalnızca hammadde temini ile sınırlı değildir. Aynı zamanda ürün standardizasyonu, kalite kontrolü ve tedarik zinciri yönetimi gibi süreçler de bu bütünleşik yapının önemli bileşenleridir. Özellikle bitki bazlı içecek sektöründe, hammaddenin işleme kalitesi nihai ürünün besin değeri ve duyu özellikleri üzerinde doğrudan etkiye sahiptir. Bu durum, tarımsal üretimden başlayarak sanayi sürecine uzanan entegre bir değer zinciri yapısını ortaya koymaktadır. Özellikle fındık gibi yerel hammaddelerin değerlendirilmesi hem katma değer yaratılması hem de

yeni ürün geliştirme açısından önemli fırsatlar sunmaktadır (Öztürk ve ark., 2019; Aydar ve ark., 2020).

Son yıllarda sürdürülebilir tarım uygulamalarının yaygınlaşması ve alternatif bitkisel üretim modellerine yönelim, gıda sanayiinin hammadde temin yapısını da dönüştürmektedir. Özellikle iklim dostu ve düşük su tüketimine sahip bitkisel üretim desenleri, içecek sektörünün arz güvenliği açısından stratejik önem kazanmaktadır (Vanga ve Raghavan, 2018). Genel olarak değerlendirildiğinde, içecek sektörü ile tarımsal üretim arasındaki ilişki, karşılıklı bağımlılığa dayanan ve sürekli gelişen bir yapı sergilemektedir. Bu yapı hem gıda ve içecek sanayiinin sürdürülebilirliği hem de tarımsal üretimin ekonomik değer kazanması açısından önemli bir rol oynamaktadır.

2.3. Üretim Teknolojileri, Maliyet Unsurları ve Verimlilik

Bitki bazlı içecek üretiminde ileri işleme teknolojileri ürün kalitesi ve verimliliğini doğrudan etkilemektedir. Özellikle modern proses teknikleri, ürünlerin duyuusal ve fonksiyonel özelliklerini geliştirebilmektedir. Üretim sürecinde teknolojik gelişmelerin yanı sıra hammadde işleme yöntemleri de verimliliği doğrudan etkilemektedir. Özellikle yüksek basınç homojenizasyonu, fermantasyon ve yeni işleme teknikleri ürünlerin duyuusal özellikleri ile besin değerlerinin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır (Tangyu ve ark., 2019; Bocker ve Silva, 2022). Bitkisel kaynakların ekstraksiyon verimi, kullanılan ekipman ve proses optimizasyonuna bağlı olarak değişmekte; bu durum nihai ürün miktarını ve kalitesini belirlemektedir. Bu açıdan üretim teknolojisinin gelişmişliği hem kaynak kullanım etkinliğini hem de üretim kapasitesini artıran temel bir unsur olarak değerlendirilmektedir (Nenovski ve Fedajev, 2022). Maliyet yapısı açısından bitki bazlı içecek üretimi; hammadde temini, enerji tüketimi, işleme süreçleri ve ambalajlama giderlerinden oluşan çok bileşenli bir yapıya sahiptir. Özellikle tarımsal hammadde fiyatlarındaki dalgalanmalar, toplam üretim maliyetleri üzerinde önemli bir baskı oluşturmaktadır. Bununla birlikte enerji yoğun üretim süreçleri ve ileri teknoloji kullanımı da maliyetleri artıran diğer faktörler arasında yer almaktadır (Paul ve ark., 2020). Ölçek ekonomisi, bu sektörde maliyetlerin düşürülmesinde önemli bir avantaj sağlamaktadır. Büyük ölçekli üretim yapan işletmeler, birim başına düşen maliyetleri azaltarak rekabet gücünü artırabilmektedir. Buna karşılık küçük ölçekli işletmeler, yüksek sabit maliyetler ve sınırlı üretim kapasitesi nedeniyle daha dezavantajlı bir konumda bulunmaktadır. Bu durum, sektörün rekabet yapısında belirgin bir farklılığa yol açmaktadır (Nenovski ve Fedajev, 2022). Genel olarak değerlendirildiğinde, bitki bazlı içecek üretiminde teknoloji, maliyet ve verimlilik arasındaki ilişki birbirini doğrudan etkileyen dinamik bir yapıya sahiptir. Teknolojik yenilikler verimliliği artırırken, maliyetleri optimize etme potansiyeli sunmakta; bu durum sektörün sürdürü-

lebilir büyümesine katkı sağlamaktadır. Özellikle bitki bazlı dondurma ve benzeri alternatif ürünlerde kullanılan yeni teknolojiler, ürün çeşitliliğinin artırılmasına ve katma değerın yükseltilmesine katkı sağlamaktadır (Leahu ve ark., 2022; İşçimen ve Aslan Türker, 2026).

3. BİTKİ BAZLI İÇECEKLERDE TALEP, TÜKETİCİ EĞİLİMLERİ VE SATIN ALMA DAVRANIŞLARINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Bitki bazlı içeceklerde talep, farklı tüketici motivasyonlarının etkileşimiyle şekillenen dinamik bir yapı göstermektedir. Özellikle hayvansal süt tüketimine alternatif arayışlar, laktoz intoleransı gibi sağlık temelli faktörler ve etik tüketim eğilimleri, bu ürün grubuna yönelik tüketici ilgisini artıran temel unsurlar arasında yer almaktadır (Yazıcı ve ark., 2023; Tavmaşat ve ark., 2024). Tüketici davranışı açısından değerlendirildiğinde, bitki bazlı içeceklere yönelik tercihlerin yalnızca beslenme ihtiyacına dayalı olmadığı, aynı zamanda yaşam tarzı ve değer temelli bir tüketim yaklaşımını da yansıttığı görülmektedir. Bu kapsamda ürünlerin sağlıklı olarak algılanması, çevre dostu üretim süreçlerine sahip olması ve hayvansal ürünlere alternatif sunması, tüketici tercihlerini doğrudan etkileyen faktörlerdir. Ayrıca bitki bazlı içecek pazarında talep yapısı, sosyo-demografik özelliklere bağlı olarak farklılık göstermektedir. Eğitim düzeyi yüksek, genç yaş grupları ve şehirli tüketicilerde bu ürünlere yönelik farkındalık ve tüketim eğilimi daha belirgindir. Bunun yanında gelir düzeyi, fiyat hassasiyeti ve ürünün erişilebilirliği de talep düzeyini şekillendiren önemli ekonomik faktörler arasında yer almaktadır (Bengü ve Ersan, 2022; Merlino ve ark., 2023).

Bitki bazlı içeceklere yönelik tüketici eğilimleri; sağlık, çevresel farkındalık, beslenme tercihleri ve algısal değerlendirmelerin birlikte etkilediği çok boyutlu bir yapıya sahiptir. Bu yönüyle bitki bazlı içeceklere yönelik tüketici eğilimleri, son yıllarda gıda tüketim alışkanlıklarında meydana gelen dönüşümün önemli bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Nitekim, bu ürünlere olan ilginin artmasında özellikle sağlık bilincinin yükselmesi, bitkisel temelli beslenme modellerinin yaygınlaşması ve çevresel sürdürülebilirlik konusundaki farkındalığın güçlenmesi etkili olmuştur. Bu kapsamda bitki bazlı içecekler, yalnızca alternatif bir ürün değil, aynı zamanda modern tüketim eğilimlerinin bir parçası haline gelmiştir (Erk ve ark., 2019; Yazıcı ve ark., 2023). Tüketici eğilimleri incelendiğinde, bitki bazlı içeceklerin özellikle vegan ve vejetaryen beslenme biçimlerini benimseyen bireyler tarafından daha yoğun şekilde tercih edildiği görülmektedir. Bununla birlikte laktoz intoleransı gibi sağlık temelli nedenler de bu ürünlere yönelimi artıran önemli faktörler arasında yer almaktadır. Ayrıca ürünlerin hayvansal sütlerle kıyasla daha çevre dostu olarak algılanması, tüketici tercihlerinde belirleyici bir unsur oluşturmaktadır (Vanga ve Raghavan, 2018; Schiano ve ark., 2020).

Öte yandan, tüketici algısında bitki bazlı içeceklerin besin içeriği ve fonksiyonel özellikleri de önemli bir yer tutmaktadır. Ürünlerin protein, vitamin ve mineral içeriklerine ilişkin farkındalığın artması, tüketicilerin satın alma eğilimlerini doğrudan etkilemektedir. Ancak bazı tüketici gruplarında, bu ürünlerin geleneksel sütle karşılaştırıldığında besin değeri açısından farklılık gösterdiğine dair algılar da karar sürecini şekillendirebilmektedir (Aydar ve ark., 2020; Paul ve ark., 2020).

Bitki bazlı içecekler için tüketicilerin satın alma davranışları; fiyat, sağlık algısı, çevresel farkındalık ve ürün kalitesi gibi çok boyutlu faktörlerin etkileşimiyle oluşmaktadır. Özellikle bitkisel temelli ürünlerin daha sağlıklı ve daha sürdürülebilir olarak algılanması, tüketicilerin karar süreçlerini doğrudan etkilemektedir (Schiano ve ark., 2020; Bengü, 2022). Fiyat faktörü, satın alma davranışları üzerinde belirleyici unsurlardan bir diğeridir. Bitki bazlı içeceklerin bazı tüketici segmentlerinde geleneksel süt ürünlerine göre daha yüksek fiyatlı olması, talep esnekliğini etkileyebilmektedir. Buna karşın, özellikle sağlık ve çevresel fayda algısının güçlü olduğu gruplarda fiyat duyarlılığının daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durum ise, tüketici tercihinin yalnızca ekonomik rasyonaliteye dayanmadığını göstermektedir. Ürün kalitesi, besin içeriği ve duyuşal özellikler de satın alma kararlarında önemli bir yer tutmaktadır. Tat, kıvam ve aroma gibi duyuşal özellikler tüketici kabulünü doğrudan etkilerken, ürünün protein ve vitamin içeriğine ilişkin algı da tercihleri yönlendirmektedir. Bu açıdan, üretim teknolojilerindeki gelişmelerin ürün kabulünü artırıcı bir rol oynadığı ifade edilmektedir (Aydar ve ark., 2020; Bocker ve Silva, 2022). Ayrıca çevresel sürdürülebilirlik algısı ve etik tüketim eğilimleri de satın alma davranışlarının önemli belirleyicileri arasında yer almaktadır. Hayvansal üretime kıyasla daha düşük çevresel etkiye sahip olduğu düşünülen bitki bazlı içecekler, özellikle çevre bilinci yüksek tüketiciler tarafından daha fazla tercih edilmektedir. Bu eğilim, tüketimin yalnızca bireysel değil aynı zamanda toplumsal ve çevresel bir bilinçle şekillendiğini de ortaya koyması açısından anlamlıdır (Schiano ve ark., 2020; Tavmaşat ve ark., 2024).

4. BİTKİ BAZLI İÇECEKLERDE PAZAR YAPISI VE EKONOMİK DEĞERLENDİRME

Bitki bazlı içecek pazarı, son yıllarda küresel gıda sanayiinin en hızlı büyüyen segmentlerden biri haline gelmiştir. Bu büyümede özellikle tüketici tercihlerinin değişmesi, sağlıklı beslenme eğilimlerinin artması ve sürdürülebilir gıda ürünlerine yönelik ilginin yükselmesi etkili olmuştur. Söz konusu ürün grubu, artık yalnızca alternatif bir kategori olmaktan çıkarak ana akım gıda piyasası içinde giderek daha görünür hale gelmiştir. Pazar yapısı açısından değerlendirildiğinde, bitki bazlı içeceklerin dağıtım kanallarının geniş-

lemesi ve büyük ölçekli gıda firmalarının sektöre giriş yapması, ürünlerin erişilebilirliğini önemli ölçüde artırmıştır. Perakende zincirlerinin yanı sıra e-ticaret kanallarının da gelişmesi, ürünlerin farklı tüketici gruplarına ulaşmasını kolaylaştırmıştır. Bu durum, pazarın coğrafi olarak genişlemesini ve rekabetin artmasını da beraberinde getirmiştir (Schiano ve ark., 2020).

Ekonomik açıdan değerlendirildiğinde, bitki bazlı içecek üretiminin tarım ve sanayi sektörleri arasında değer zinciri oluşturan bir yapıda olduğu ifade edilebilir. Tarımsal hammaddelerin işlenerek katma değerli ürünlere dönüştürülmesi hem üretici hem de sanayi tarafında ekonomik fayda yaratmaktadır. Bununla birlikte hammadde fiyatlarındaki dalgalanmalar ve enerji maliyetlerindeki artış, üretim maliyetleri üzerinde baskı oluşturmaktadır (Paul ve ark., 2020). Nitekim, sektörde ölçek ekonomisinin etkisi oldukça belirgindir. Büyük üretim kapasitesine sahip işletmeler, gelişmiş üretim teknolojileri sayesinde birim maliyetleri düşürerek rekabet avantajı elde ederken, küçük ölçekli işletmeler daha sınırlı kaynaklarla faaliyet göstermektedir. Bu durum, pazar yapısında maliyet ve fiyat açısından farklılaşmalara yol açmaktadır (Bocker ve Silva, 2022).

Bitki bazlı içeceklerin süt ürünleri ile olan ikame ilişkisi de pazarın ekonomik yapısını etkileyen önemli unsurlardan biridir. Tüketicilerin bir kısmının hayvansal süt yerine bitkisel alternatiflere yönelmesi, süt sektörü ile doğrudan rekabeti artırmaktadır (Vanga ve Raghavan, 2018; Arslan ve Saban Güler, 2025). Genel olarak değerlendirildiğinde bitki bazlı içecek pazarının, değişen tüketici davranışları, artan üretim kapasitesi ve gelişen teknoloji ile birlikte sürekli dönüşen bir yapıya sahip olduğu belirtilebilir.

4.1. Dünya’da ve Türkiye’de Bitki Bazlı İçecek Pazarının Gelişimi

Bitki bazlı içecek pazarı, küresel ölçekte son on yılda hızlanan bir büyüme eğilimi göstermektedir (Bridges, 2018; Merlino ve ark., 2023). Özellikle gelişmiş ülkelerde başlayan bu dönüşüm, zamanla küresel pazara yayılmış ve bitki bazlı içecekleri gıda sanayiinin önemli bir segmenti haline getirmiştir. Küresel pazarda büyük gıda firmalarının sektöre giriş yapması, ürün çeşitliliğinin artmasını ve dağıtım ağlarının genişlemesini sağlamıştır. Bu durum, bitki bazlı içeceklerin yalnızca niş bir ürün grubu olmaktan çıkarak daha geniş tüketici kitlelerine ulaşmasına katkı vermiştir. Aynı zamanda perakende zincirleri ve e-ticaret kanallarının gelişimi, ürünlerin erişilebilirliğini artırarak pazarın büyüme hızını desteklemiştir (Coherent Market Insights, 2024).

Türkiye’de ise bitki bazlı içecek pazarı küresel trendlere paralel şekilde gelişim göstermektedir. Türkiye’de de artan sağlık bilinci, laktoz intoleransı gibi beslenme sorunları ve vegan/vejetaryen beslenme eğilimleri, bu ürünlere yönelik talebi artıran temel faktörler arasında yer almaktadır. Bununla

birlikte yerli üretim kapasitesinin sınırlı olması ve hammadde tedarikinde dışa bağımlılık, pazarın gelişim hızını belirleyen önemli unsurlar olarak öne çıkmaktadır (Yazıcı ve ark., 2023). Türkiye’de pazarın gelişiminde gıda sanayiinin modernizasyonu ve alternatif ürünlere yönelik Ar-Ge faaliyetleri de önemli bir rol oynamıştır (Tavmaşat ve ark., 2024).

Özellikle süt benzeri bitkisel içeceklerin ürün çeşitliliğinin artması, tüketici kabulünü güçlendirmiş ve pazarın genişlemesine katkı sağlamıştır. Buna karşılık fiyat düzeyi, ürün farkındalığı ve dağıtım kanallarının sınırlılığı gibi faktörler, pazarın olgunlaşma sürecini yavaşlatabilmektedir (Bengü ve Ersan, 2022; Arslan ve Saban Güler, 2025). Küresel ve Türkiye bitki bazlı içecek pazarı; tüketici eğilimlerindeki değişim, teknolojik gelişmeler ve gıda sanayiindeki yapısal dönüşümle birlikte sürekli genişleyen bir yapı sergilemektedir.

4.2. Bitki Bazlı İçeceklerin Süt Sektörü ile İkame İlişkisi

Bitki bazlı içeceklerin süt sektörü ile ilişkisi, giderek güçlenen bir ikame yapısı üzerinden değerlendirilmektedir. Süt ve geleneksel süt ürünleri uzun yıllar temel protein ve kalsiyum kaynakları arasında yer alırken, bitki bazlı alternatiflerin gelişimi bu yapıda önemli bir dönüşüm yaratmıştır. Ayrıca bitki bazlı ürünlerden yoğurt, dondurma ve tereyağı benzeri alternatiflerin geliştirilmesi; süt sektöründeki ikame ilişkisini daha da güçlendirmektedir (Atalar ve ark., 2021; Asres ve ark., 2022; Atalay ve Algül, 2025). Özellikle tüketici tercihlerindeki çeşitlenme, hayvansal süt yerine bitkisel içeceklere yönelimi artıran temel dinamiklerden biri olmuştur. İkame ilişkisini güçlendiren en önemli faktörlerden biri sağlık temelli tüketim eğilimleridir. Laktoz intoleransı, süt proteinine karşı hassasiyet ve kolesterol gibi sağlık gerekçeleri, tüketicilerin bitki bazlı ürünlere yönelmesini kolaylaştırmaktadır. Bunun yanında vegan ve vejeteryen beslenme biçimlerinin yaygınlaşması da süt ürünlerine alternatif ürün talebini artıran yapısal bir unsur olarak öne çıkmaktadır (Vanga ve Raghavan, 2018; Erk ve ark., 2019).

Ekonomik yönüyle değerlendirildiğinde, bitki bazlı içeceklerin süt ürünleri ile rekabeti, fiyatlandırma ve pazar payı açısından önemli sonuçlar doğurmaktadır. Özellikle gelişmiş pazarlarda bitki bazlı ürünlerin raf görünürlüğünün artması, tüketici tercihlerini etkileyerek süt sektöründe rekabet baskısını artırmaktadır. Buna karşın süt ürünlerinin uzun yıllara dayanan tüketim alışkanlığı ve güçlü beslenme algısı ise ikame sürecinin tamamen tek yönlü ilerlemesini sınırlamaktadır (Schiano ve ark., 2020). Besin içeriği açısından yapılan karşılaştırmalar da bu ikame ilişkisinin karmaşık yapısını ortaya koymaktadır. Bitki bazlı içecekler, hammaddelerine bağlı olarak farklı besin profilleri sunarken; süt ürünleri özellikle protein kalitesi ve bazı mikro besinler açısından avantajlı kabul edilmektedir. Bu nedenle tüketici tercihleri çoğu zaman ürünlerin besin içeriği, tat algısı ve fonksiyonel özellikleri üze-

rinden şekillenmektedir (Arslan ve Saban Güler, 2025). Genel olarak bitki bazlı içecekler ile süt sektörü arasındaki ilişkinin, tam bir ikame ilişkisinden ziyade kısmi ikame ve birlikte var olma yapısı gösterdiği belirtilebilir. Pazarın gelişimi, bu iki ürün grubunun farklı tüketici segmentlerine hitap ederek birlikte büyüdüğü dinamik bir yapıya işaret etmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Dünya’da ve Türkiye’de bitki bazlı içecek sektörünün arz, talep ve pazar yapısı bütüncül bir yaklaşımla ele alınmıştır. Literatürden elde edilen bulgular, sektörün büyüme eğiliminin çok faktörlü bir yapıya dayandığını göstermektedir. Bu dönüşümde sağlık bilincinin artması, çevresel sürdürülebilirlik kaygıları ve tüketici davranışlarındaki değişim belirleyici faktörler olarak öne çıkmaktadır.

Arz yapısı açısından değerlendirildiğinde, sektörün büyük ölçüde tarımsal hammaddeye bağımlı olduğu ve bu durumun üretim maliyetleri ile arz sürekliliği üzerinde doğrudan etkili olduğu görülmektedir. Özellikle soya, yulaf, badem ve fındık gibi hammaddelerin üretim koşullarına bağlı olarak sektörde dalgalanmalar yaşanabilmektedir. Bununla birlikte üretim teknolojilerindeki gelişmeler, ürün kalitesini artırarak sektörün verimliliğini yükseltmektedir. Gelecekte üretim süreçlerinde kullanılacak yenilikçi teknolojiler ve fonksiyonel ürün geliştirme çalışmaları, sektörün rekabet gücünün arttıracak önemli unsurlar arasındadır. Talep yönü incelendiğinde, bitki bazlı içeceklere yönelik tüketici ilgisinin giderek arttığı, ancak bu artışın homojen olmadığı tespit edilmiştir.

Tüketici tercihleri; sağlık beklentisi, yaşam tarzı, çevresel farkındalık ve sosyo-demografik özelliklere göre farklılaşmaktadır. Özellikle genç, eğitim düzeyi yüksek ve şehirli tüketici gruplarında bitki bazlı içeceklere yönelik eğilim daha güçlüdür. Fiyat düzeyi ve ürün farkındalığı, talebin yaygınlaşmasını sınırlandıran unsurlar arasında yer almaktadır.

Pazar yapısı açısından değerlendirildiğinde, küresel ölçekte büyük gıda firmalarının sektöre giriş yapması ve dağıtım kanallarının çeşitlenmesi ile bitki bazlı içeceklerin erişilebilirliği artmıştır. Türkiye’de ise söz konusu ürünler için pazar gelişim aşamasında olup, özellikle ürün çeşitliliği ve tüketici bilinirliği açısından büyüme potansiyeli taşımaktadır. Ancak yerli üretim kapasitesinin sınırlı olması ve hammadde bağımlılığı, pazarın gelişim hızını etkileyen temel kısıtlardır. Bitki bazlı içeceklerin süt sektörü ile ilişkisi ise tam bir ikame ilişkisinden ziyade kısmi ikame ve eş zamanlı varoluş yapısına işaret etmektedir. Bu durum, her iki ürün grubunun farklı tüketici segmentlerine hitap ettiğini ve pazarın birlikte genişlediğini ortaya koymaktadır.

Bu bulgular doğrultusunda aşağıdaki öneriler geliştirilebilir:

- Bitki bazlı içecek üretiminde kullanılan tarımsal hammaddelere yönelik yerli üretim kapasitesi artırılmalı, böylece dışa bağımlılık azaltılmalıdır.
- Üretim teknolojilerine yönelik Ar-Ge yatırımları desteklenmeli, özellikle ürün kalitesi ve besin değerini artıracak yenilikçi yöntemler teşvik edilmelidir.
- Tüketici farkındalığını artırmaya yönelik bilgilendirme çalışmaları yapılmalı, ürünlerin besin içeriği ve çevresel etkileri daha görünür hale getirilmelidir.
- Fiyat rekabetçiliğini artırmak için ölçek ekonomisini güçlendirecek üretim modelleri desteklenmelidir.
- Türkiye’de bitki bazlı içecek sektörünün gelişimi için kamu-özel sektör iş birliği teşvik edilerek pazarın kurumsallaşması sağlanmalıdır.

Genel olarak değerlendirildiğinde bitki bazlı içecek sektörü, hem gıda sanayiindeki dönüşümün bir yansıması hem de sürdürülebilir gıda sistemleri açısından önemli bir gelişim alanı olarak öne çıkmaktadır. Sektörün gelecekteki büyümesi, teknolojik gelişmeler, tüketici davranışları ve tarımsal üretim kapasitesinin uyumlu şekilde gelişmesine bağlı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Arbağ, E. (2022). Bitkisel Süt İkamelelerinden Yoğurt Eldesi ve Fonksiyonel Tarhana Yapımında Kullanımı. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya.
- Arslan, S., Saban Güler, M. (2025). Süt Benzeri Bitki Bazlı İçecekler Hayvan Sütlerine Alternatif Olabilir Mi? Enerji ve Besin Ögesi Değerleri Açısından Karşılaştırılması. Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 14(2): 459-467.
- Asres, A.M., Woldemarian, H.W., Gemechu, F.G. (2022). Physicochemical and Sensory Properties of Ice Cream Prepared Using Sweet Lupin and Soymilk as Alternatives to Cow Milk. International Journal of Food Properties, 25(1): 278-287.
- Atalar, I., Kurt, A., Gul, O., Yazıcı, F. (2021). Improved Physicochemical, Rheological and Bioactive Properties of Ice Cream: Enrichment with High Pressure Homogenized Hazelnut Milk . International Journal of Gastronomy and Food Science, 24: 100358.
- Atalay, A. B., Algül, İ. (2025). Making Butter and Milk from Plants: An Investigation into Plant-Based Butter as a Novel Approach. Journal of Agriculture, 8(2): 87-102.
- Aydar, E., Tutunu, S., Özcelik, B. (2020). Plant-based Milk Substitutes: Bioactive Compounds, Conventional and Novel. Journal of Functional Foods, 70: 103975.
- Baba, G., Bozatl, S. B., Dikici, A. (2024). Bitkisel Süt Üretimi ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkisi. Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa Bilimleri Dergisi, 8(1): 80-89.
- Bengü, İ. (2022). Süt Benzeri Bitkisel İçecekler ile İlgili Tüketici Davranışlarının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi.
- Bengü, İ., Ersan, L. Y. (2022). İçecek Sektöründe Yükselen Yeni Trend: Süt Benzeri Bitkisel Bazlı İçecekler. Uluslararası Bilim Teknoloji ve Tasarım Dergisi, 3(2): 83-101.
- Bocker, R., Silva, E.K. (2022). Innovative Technologies for Manufacturing Plant-Based Non-Dairy Alternative Milk and Their Impact on Nutritional, Sensory and Safety Aspects. Future Foods, 5: 100098.
- Bridges, M. (2018). Moo-ove Over, Cow's Milk: The Rise of Plant-based Dairy Alternatives. Nutrition Issues in Gastroenterology, 171.
- Coherent Market Insights. (2024). Plant-based Milk Market, Erişim Adresi: <https://www.coherentmarketinsights.com/industry-reports/plant-based-milk-market>.
- Erk, G., Seven, A., Akpınar, A. (2019). Vegan ve Vegetaryan Beslenmede Probiyotik Bitkisel Bazlı Süt Ürünlerinin Yeri. GIDA, 44(3): 453– 462.
- ISO. (2021). ISO 23662: Definitions and Technical Criteria for Foods and Food Ingredients Suitable for Vegetarians or Vegans and for Labelling and Claims.

- İşçimen, E. M., Aslan Türker, D. (2026). Comparative Assessment of Legume Milks For Plant-Based Ice Cream: Nutritional, Functional and Technological Aspects. *Gıda*, 51(1): 1-12.
- Korkmaz, F., Polat, H., Andaç, A. E., Yılmaz Tuncel, N. (2023). Bitki Esaslı Süt Benzeri İçecekler. *Gıda Dergisi*, 48(4): 784-805.
- Leahu, A., Ropciuc, S., Ghinea, C. (2022). Plant-based Milks: Alternatives to the Manufacture and Characterization of Ice Cream. *Applied Sciences*, 12(3): 17-54.
- Merlino, V. M., Mosca, O., Blanc, S., Sparacino, A., Massaglia, S., Borra, D., Fornara, F. (2023). Süt Alıcılarının Tercihlerini ve Seçimlerini Belirlemede Sosyo-Demografik Değişkenlerin ve Satın Alma Alışkanlıklarının Rolü. *Frontiers in Nutrition*, 10: 1072208.
- Nenovski, D. K., Fedajev, D. (2022). Technological Innovations in the Production of Plant-based Milk Alternatives. *International Journal of Agriculture and Plant Science*, 4(2): 106–108.
- Öztürk, T., Öztürk, B., Seyhan, F., Borcakli, M. (2019). Production of Additive Free Hazelnut Beverage. U.S. Patent 20190116824A1.
- Paul, A. A., Kumar, S., Kumar, V., Sharma, R. (2020). Milk Analog: Plant Based Alternatives to Conventional Milk, Production, Potential and Health Concerns. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(18): 3005-3023.
- Reyes-Jurado, F., Soto-Reyes, N., Dávila-Rodríguez, M., Lorenzo-Leal, A.C., Jiménez-Munguia, M.T., Mani-López E., López-Malo, A. (2021). Plant-based Milk Alternatives: Types, Processes, Benefits and Characteristics. *International Food Research Journal*, 39(6):1-32.
- Schiano, A., Harwood, W., Gerard, P., Drake, M. (2020). Consumer Perception of the Sustainability of Dairy Products and Plant-based Dairy Alternatives. *Journal of Dairy Science*, 103(12):28-43.
- Tangyu, M., Muller, J., Bolten, C.J., Wittmann, C. (2019). Fermentation of Plant-based Milk Alternatives for Improved Flavour and Nutritional Value. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103(92): 63-75.
- Tavmaşat, T., Saraç Göksel, M., Uğur, U., Can, Ö.P. (2024). Consumer Interest and Its Effect on Purchase Intention for Plant-Based Milk Substitutes. *Akademik Gıda*, 22(4): 282-287.
- Vanga, S.K., Raghavan, V. (2018). How Well Do Plant Based Alternatives Fare Nutritionally Compared to Cow's Milk? *Journal of Food Science and Technology*, 55(1): 10–20.
- Yazıcı, G. N., Taşpınar, T., Güven, M., Özer, M.S. (2023). Bitkisel Esaslı Süt Alternatiflerine Genel Bir Bakış. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 11(3): 587-602.
- Yılmaz Tuncel, N., Tuncel, N. B. (2022). Hayvansal Süt ve Bitkisel “Süt”. *Bilim ve Teknik Dergisi*, Aralık: 69–76.



PESTİSİT KİRLİLİĞİ: ÇEVRESEL ETKİLERİ, BİYOÇEŞİTLİLİKTEKİ ROLÜ, İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ İLE ETKİLEŞİMİ VE GIDALARDAN GİDERİM YOLLARI

“ ”

Münevver KODAN¹

Tuğba USLU²

1 Dr. Öğretim Üyesi Münevver KODAN Uşak Üniversitesi, Sivaslı Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Bitki Koruma Programı ORCID ID:0000-0002-3743-7324

2 Öğretim Görevlisi Dr. Tuğba USLU Uşak Üniversitesi, Sivaslı Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Bitki Koruma Programı ORCID ID:0000-0002-9450-9515

1.Giriş

Pestisitler, bitkisel üretimi olumsuz yönde etkileyen hastalık etmenleri, zararlılar veya yabancı otların popülasyonlarını kontrol etmek, azaltmak veya ortadan kaldırmak amacıyla geliştirilen ve uygulanan sentetik veya doğal kimyasal bileşiklerdir. Tarım ve Orman Bakanlığı'nın 2025 yılı verilerine göre, pestisit grupları arasında kullanım miktarı bakımından fungusitlerin ilk sırada, insektisitlerin ikinci sırada ve herbisitlerin üçüncü sırada yer aldığı görülmektedir (Anonim, 2025).

Modern tarımda pestisitlerin yaygın kullanımı, bir yandan tarımsal verimliliği ve gıda güvenliğini artırırken, diğer yandan bu kimyasalların tarımda ve çeşitli sektörlerde geniş ölçekte kullanılması, kalıcı özellikleri ve biyobirikim potansiyelleri nedeniyle çevre ve insan sağlığı açısından ciddi riskler oluşturmaktadır (Zhou ve ark., 2025). Zararlıları kontrol etmek amacıyla kullanılan bu maddeler, hedef dışı organizmalar üzerinde de olumsuz etkilere yol açabilmekte, ekosistemleri kirleterek hava, su ve toprak kalitesinin bozulmasına neden olabilmektedir. Bu durum, yaban hayatı, insan sağlığı ve gıda güvenliği açısından önemli riskler oluşturmaktadır (Hemandez ve ark., 2013; Verdadero ve ark., 2025; Zhou ve ark., 2025).

Toprakta biriken pestisitler, toprağın fizikokimyasal ve biyolojik özelliklerinin bozulmasına neden olması sonucu; toprak florası ve faunası üzerinde olumsuz etkiler yaratarak ürün kalitesini düşürmekte ve ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahip olan toprak sağlığını olumsuz yönde etkilerler (Biondi ve ark., 2012; Han ve ark., 2017; Zhou ve ark., 2025). Benzer şekilde pestisitler, yanlış veya aşırı kullanımları sonucunda yüzey ve yeraltı su kaynaklarına taşınarak su ekosistemleri için ciddi bir kirleticisi haline geldiği bildirilmektedir (Ahouangninou ve ark., 2012; Syafrudin ve ark., 2021; Zhou ve ark., 2025). Özellikle sel ve aşırı sulama gibi olaylar, pestisit kalıntılarının yüzey suları ile taşınmasını artırarak, toksik bileşiklerin çevreye ve gıda zincirine taşınmasına yol açmaktadır (Singh ve ark., 2021; Ganaie ve ark., 2023). Bitkiler tarafından alınmayan pestisitler, toprakta kalıcı hale gelir veya başka bileşiklere dönüşür, bu bileşiklerin bir kısmı yağış sırasında yeraltı sularına taşınırken, bir kısmı ise üst toprakta birikerek yüzey sularının kirlenmesine neden olmaktadır (Syafrudin ve ark., 2021). Bu kirlilik, sucul yaşamı ve içme suyu kaynaklarını olumsuz etkileyerek, sucul ekosistemlerin bozulmasında, açık su balık türleri ve fitoplankton gibi birincil üreticiler üzerinde istenmeyen durumlar yaratmaktadır (Cochard ve ark., 2014). Ayrıca pestisitlerin yaygın kullanımı, hava kirliliğine yol açarak biyoçeşitliliği ve ekosistemi etkilemektedir. Bununla birlikte pestisitler ile iklim arasında karşılıklı etkileşimler bulunmakta olup, bazı süreçler yoluyla dolaylı olarak iklim değişikliğini etkileyebilmekte ve bu durum ekosistemler

üzerinde çeşitli sonuçlar doğurmaktadır. Öte yandan pestisit kalıntılarının gıda ve çevrede kalıcı olması, insan sağlığı açısından önemli riskler oluşturmaktadır; bu durum kanser, endokrin bozukluğu ve nörolojik rahatsızlıklar gibi kronik hastalıklarla ilişkilendirilmektedir (Zhou ve ark., 2025). Pestisit kalıntılarının gıdalardan uzaklaştırılması, hem gıda güvenliği hem de insan sağlığının korunması açısından büyük önem taşımaktadır. Günümüzde bu anlamda kalıntıların giderilmesi için çeşitli yöntemler (yıkama, soyma, ozon vb.) kullanılmaktadır (Wu ve ark., 2019; Yang ve ark., 2022; Tiryaki ve Polat, 2023; Oliveira ve ark., 2025).

Sadece pestisitler değil bunların parçalanma ürünleri, yapılarındaki aktif maddelerden dolayı toksisite oluşturabilmektedir. Parçalanma ürünlerinden bazıları ana pestisitten daha toksik ve kalıcı olabilmektedir. Bu ürünler hedef alınan ve/veya alınmayan zararlıları, doğal düşmanlarını ve faydalı organizmaları da öldürerek yeni salgınlar oluşturabilmektedir. Pestisitlerin aşırı kullanımı, hedef organizmaların doğal düşmanlarını baskılayarak ilaç uygulama sayısının artmasına yol açmaktadır. Bununla birlikte, ilaçların yanlış kullanımı, zararlılarda pestisitlere karşı direnç gelişmesine neden olmakta ve bu durum uygulamaların başarısız olmasına sebep olacağı ifade edilmektedir. Ayrıca çevrede yayıldıkları ve organizmalarda biriktikleri için toksik olarak kabul edilmektedirler (Sabarwal ve ark., 2018; De Souza ve ark., 2020; Hanedar ve ark., 2023).

Bu derleme, pestisit kirliliğinin ekosistemler ve biyoçeşitlilik üzerindeki etkilerini, pestisitlerin hedef dışı canlılar üzerindeki olumsuz sonuçlarını ve ekolojik dengede oluşturduğu bozulmaları değerlendirmektedir. Ayrıca, pestisitlerin iklim değişikliği ile olan etkileşimleri sonucunda ortaya çıkan çevresel riskler ele alınmakta; değişen sıcaklık, yağış rejimleri ve aşırı hava olaylarının pestisitlerin çevresel davranışları üzerindeki etkileri değerlendirilmektedir. Derlemede, pestisit maruziyetinin insan sağlığı üzerindeki kısa ve uzun vadeli etkileri de incelenmekte; bunun yanı sıra, gıda güvenliği açısından önem taşıyan pestisit kalıntılarının meyve, sebze ve diğer tarımsal ürünlerden uzaklaştırılmasına yönelik bazı yöntemler yer almaktadır. Bu kapsamda çalışma, pestisit kullanımının çevresel ve sağlık boyutlarını bütüncül bir yaklaşımla ele alarak sürdürülebilir tarım ve gıda güvenliği açısından mevcut bilgi birikimini özetlemeyi amaçlamaktadır.

2. Pestisit Grupları (Fungisitler, Herbisitler, İnsektisitler, Biyopestisitler)

Fungisitler, bitkilerde ve tohumlarda görülen fungal enfeksiyonların önlenmesi, ortadan kaldırılması ve kontrol altına alınmasında, fungusların büyüme ve üreme süreçlerini engelleyen pestisitlerdir. Fungisitler çeşitli kriterlere göre farklı şekillerde sınıflandırılabilir, bu durum tarımsal

kullanımlarındaki çeşitliliği ortaya koymaktadır (Preeti ve ark., 2015). Bu derlemede, fungusitlerin etki mekanizmaları ve çapraz direnç riskleri esas alınarak, Fungicide Resistance Action Committee (FRAC) tarafından yapılan sınıflandırmaya yer verilmiştir. Bu sistemde fungusit grupları, patojenlerde hedef aldıkları biyokimyasal süreçlere göre A'dan M ve P'ye kadar uzanan kodlarla tanımlanmaktadır. Örneğin nükleik asit metabolizması (A), solunum (C), sterol biyosentezi (G) ve hücre duvarı biyosentezi (H) gibi temel hücresel süreçler farklı FRAC gruplarını oluşturmaktadır. Ayrıca çoklu etki bölgeli kimyasallar (M), konukçu bitki savunmasını indükleyen bileşikler (P) ve etki mekanizması henüz tam olarak tanımlanmamış moleküller (U), çoklu etki mekanizmasına sahip biyolojikler (BM) de bu sınıflandırma içerisinde yer almaktadır. FRAC kodları, fungusitlerin ürün etiketlerinde belirtilerek direnç yönetimi stratejilerinin geliştirilmesine ve aynı etki mekanizmasına sahip ürünlerin ardışık kullanımının önlenmesine katkı sağlamaktadır (Anonymous, 2024).

Fungusitlerin bilinçli ve stratejik kullanımı, özellikle konukçu direncinin yetersiz ya da değişken olduğu şartlarda, bitki hastalıklarının kontrolünde optimum ürün veriminin sağlanmasında büyük önem taşımaktadır (Thind, 2017). Ancak tahılları enfekte eden bazı funguslar, insanlar ve hayvanlarda ciddi hastalıklara hatta ölüme yol açabilen mikotoksin adı verilen sekonder toksinler üretmektedir. Örneğin yaygın olarak bilinen mikotoksinler arasında aflatoksinler bulunmaktadır (Zain, 2011). Bu tür mikotoksinlerin kontaminasyonunu azaltmak amacıyla da fungusitler kullanılmaktadır (Garud ve ark., 2024). Buna karşın, hedefe yönelik bu etkiler, fungusit kullanımının daha geniş çevresel etkileri göz önünde bulundurulduğunda daha karmaşık bir tabloyu da beraberinde getirmektedir (Verdadero ve ark., 2025). Fungusitlerin aşırı ve bilinçsiz kullanımı sonucunda, insan sağlığına ve ekosisteme olumsuz etkileri ile patojenlerin fungusitlere karşı dayanıklı ırklar geliştirme riski gibi konular kaygıları artırmaktadır (Thind, 2017; Jampílek ve Králová, 2023; Kenarova ve Boteva, 2023).

Herbisitler, özellikle yabancı otların kontrol altına alınması amacıyla geliştirilen ve istenmeyen bitki türlerinin büyümesini engelleyen veya tamamen ortadan kaldıran kimyasal bileşiklerdir. Herbisitler, farklı özellik ve etki mekanizmalarına göre çeşitli gruplara ayrılabilmekte olup, bu durum tarımda yabancı otlarla mücadelede çok yönlü ve geniş kapsamlı kullanım imkânı sunduklarını ortaya koymaktadır. Söz konusu çalışmada HRAC (Herbicide Resistance Action Committee) tarafından geliştirilen MoA (Mode of Action-Etki Mekanizması) sınıflandırma sistemi baz alınmış olup, bu sistem herbisitleri bitkilerde etkiledikleri biyokimyasal hedef bölgelere göre gruplandırarak herbisit direncinin yönetilmesini amaçlamaktadır. Bu sistemde herbisitler, belirli bir fizyolojik süreci (örneğin asetil-KoA karboksilaz (ACCCase) inhibitörleri

Grup 1, asetolaktat sentaz (ALS) inhibitörleri Grup 2, sentetik oksinler Grup 4, fotosistem II inhibitörleri Grup 5 ve 6 gibi) hedefleyen aktif maddeleri içerir. HRAC kodları, ürün etiketlerinde bulunmakta olup, direnç gelişimini izlemeyi ve farklı etki mekanizmalarına sahip herbisitlerin rotasyonunu planlamayı kolaylaştırmaktadır. Böylece aynı etki mekanizmasına sürekli maruz kalma sonucu gelişen direnç riskinin azaltılması ve sürdürülebilir yabancı ot yönetiminin sağlanması hedeflenmektedir (Anonymous, 2026a). Herbisitlerin uygulandığı alanlarda uzun süre kalıcı toksik etkiler görülebilmesi, kültür bitkilerine zarar vermeden yalnızca yabancı otları hedefleyen seçici herbisitlerin geliştirilmesini teşvik ettiği belirtilmiştir (Garud ve ark., 2024).

Herbisitler, yabancı otları kontrol ederek tarımsal verimi ve ürün kalitesini artırır, iş gücü ve zaman tasarrufu sağlamaktadır. Ancak etkili ve sürdürülebilir kullanım için dikkatli uygulanmaları gerekmektedir. Herbisitlerin yaygın ve bilinçsiz kullanımı çevresel etkilere yol açar; bunlar da toprak bozunumu, su kirliliği, sağlık ve gıda güvenliği açısından önemli riskler oluşturmakta ve hedef dışı bitki türlerine zarar vererek biyolojik çeşitliliği ve ekosistem dengesini olumsuz etkileyebilmektedir. Ayrıca tarımsal sistemlerde herbisitlere bağımlılık, dayanıklı yabancı ot türlerinin gelişmesine yol açarak, daha güçlü kimyasalların kullanımını gerektirir (Prem ve ark., 2012; Székács, 2021; Parven ve ark., 2024).

İnsektisitler, tarımda, halk sağlığında veya çeşitli alanlarda zararlı böcekleri kontrol etmek, öldürmek veya gelişimlerini engellemek amacıyla kullanılan pestisitlerdir. Ayrıca, ürün kayıplarını azaltmak ve vektörlük özelliğine sahip böceklerin bazı hastalıkların yayılmasını önlemek için yaygın olarak kullanılmaktadırlar. İnsektisitler, farklı özellikleri dikkate alınarak sınıflandırılabilir. İlgili çalışmada insektisitlerin etki mekanizmaları ve direnç yönetimindeki önemleri dikkate alınarak, Insecticide Resistance Action Committee (IRAC) tarafından geliştirilen etki mekanizması sınıflandırmasına yer verilmiştir. Bu sistemde insektisitler, zararlı organizmalarda hedef aldıkları biyokimyasal ve fizyolojik süreçlere göre numaralandırılmış gruplar altında sınıflandırılmaktadır. Örneğin asetilkolinesteraz inhibitörleri (Grup 1), sodyum kanal modülatörleri (Grup 3), büyüme ve gelişme düzenleyicileri (Gruplar 7, 15 ve 16) ile mitokondriyal solunumu etkileyen bileşikler (Gruplar 13, 21 ve 25) gibi farklı IRAC gruplarını oluşturmaktadır. IRAC kodları, insektisitlerin ürün etiketlerinde belirtilerek direnç yönetimi programlarının oluşturulmasına katkı sağlamakta, aynı etki mekanizmasına sahip aktif maddelerin ardışık kullanımının sınırlandırılması yoluyla direnç gelişiminin geciktirilmesine yardımcı olmaktadır (Anonymous, 2026b).

İnsektisitler, bitkileri zararlı organizmalardan koruyarak verim artışı sağlamak ve ekonomik kayıpları azaltmaktadır. Bazı insektisit grupları, zararlı böceklerde sinir iletimini bozmak amacıyla asetilkolin esteraz enziminin (AChE) aktivitesini engellemektedir (Goel ve Aggarwal, 2007). Benzer insektisitlere maruziyet insanlarda da görülebileceğinden, kas kasılmaları, solunum problemleri, nörolojik bozukluklar ve uzun vadede çeşitli sağlık riskleriyle ilişkilendirilmektedir. Bununla birlikte, bu kimyasalların aşırı ve bilinçsiz kullanımı; hedef dışı canlıların zarar görmesine, doğal düşmanların azalmasına, biyolojik çeşitliliğin bozulmasına ve çevrede kalıntı oluşumuna neden olabilmektedir. Ayrıca zararlı böceklerin insektisitlere karşı direnç geliştirmesi, uygulamaların etkinliğini azaltarak daha fazla kimyasal kullanıma yol açmaktadır.

Biyopestisitler, hayvanlar, bitkiler, bakteriler ve bazı mineraller gibi doğal maddelerden elde edilen belirli pestisit türleridir. Biyopestisitler üç ana sınıfa ayrılmaktadır (Yadav ve Kumar, 2015): Mikrobiyal pestisitler; aktif bileşen olarak bakteri, mantar, virüs veya protozoa gibi bir mikroorganizmadan oluşmaktadır. Mikrobiyal pestisitler birçok farklı zararlı türünü kontrol edebilir, ancak her bir aktif bileşen hedef zararlıya göre nispeten spesifiktir. En yaygın kullanılan mikrobiyal böcek ilaçları, *Bacillus thuringiensis* (Bt) veya alt türleridir. Her Bt farklı proteinler üretir ve belirli böcek larvalarını hedef alır. Etki, proteinin larva bağırsak reseptörlerine bağlanarak beslenmeyi durdurması ve larvanın ölmesiyle gerçekleşir. Bitkiye entegre edilen koruyucular (PIP'ler); bitkinin genetik materyaline eklenen maddelerden ürettiği böcek öldürücü maddelerdir. Örneğin, Bt böcek öldürücü proteininin genini alıp bitkinin kendi genetik materyaline eklenebilir ve Bt bakterisi yerine bitki, zararlıyı yok eden maddeyi üretir. Biyokimyasal pestisitler; zararlıları toksik olmayan mekanizmalarla kontrol eden doğal olarak oluşan maddelerdir. Biyokimyasal pestisitler arasında, feromonlar ve neem yağı gibi bitkisel ekstraktlar bulunur.

Biyopestisitler, kimyasal pestisitlere alternatif olarak sürdürülebilir tarım uygulamalarında önemli bir yere sahiptir. Doğal kaynaklardan elde edilmeleleri, çevrede daha hızlı parçalanmaları ve biyobirikim potansiyellerinin düşük olması nedeniyle ekosistemler üzerindeki olumsuz etkileri genellikle daha sınırlıdır. Ayrıca, hedef dışı organizmalar üzerindeki toksik etkilerinin daha düşük olması, toprak ve su kaynaklarının korunmasına katkı sağlamaktadır.

Pestisitlerin kullanımında, tarımsal üretime sağladıkları katkılar ile oluşturabilecekleri olası riskler arasında dengeli bir yaklaşım benimsenmesi gerekmektedir. Bu nedenle pestisitlerin çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak amacıyla biyopestisit kullanımını yaygınlaştırılması ve entegre mücadele yaklaşımlarıyla kullanılmaları önem taşımaktadır.

3. Pestisit Kirliliğinin Biyoçeşitlilikteki Rolü

Biyolojik çeşitlilik, ekolojik dengenin korunmasına yardımcı olur ve ekolojik denge, insanlığın hayatta kalması için vazgeçilmez bir ihtiyaçtır (Verma, 2018). Pestisitler çevreye olumsuz etkilerde bulunurlar ve ekosistem dengesizliğine neden olmaktadır (Quandahor ve ark., 2024). Pestisitlerin aşırı kullanımı, en önemli çevresel kirleticiler haline gelmesine neden olmuştur. Bu kimyasallar uygulandıkları alanda kısa sürede metabolize olurken, bazıları daha uzun süre kalıcı özelliğe sahip olup, toprakta, havada ve suda birikerek biyoçeşitliliği olumsuz yönde etkiledikleri bildirilmektedir (Arya ve ark., 2021).

Pestisit uygulamaları sırasında, sürüklenmesi veya bitki ve toprak yüzeylerinden gerçekleşen buharlaşma sonucunda pestisit partiküllerinin bir kısmı atmosfere karışabilmektedir. Bu durum, pestisitlerin rüzgârla taşınarak hedef dışı bölgelere ulaşmasına neden olmaktadır. Özellikle yüksek sıcaklık ve kuraklık koşullarında bu süreç daha belirgin hâle gelmektedir. Çünkü rüzgâr, pestisit içeren partiküllerin havada asılı kalmasını ve uygulama alanının dışına taşınmasını kolaylaştırarak sürüklenme riskini artırmaktadır (Albaseer ve ark., 2025). Pestisitlerin rüzgârla taşınması, tarım alanlarının çevresindeki doğal yaşam alanlarının yanı sıra daha uzak ekosistemleri de olumsuz etkileyebilmektedir (de Jong ve ark., 2008). Bu durum, söz konusu alanlarda yaşayan faydalı böcekler, kuşlar ve diğer hayvanlar gibi çok sayıda hedef dışı organizmanın pestisitlere maruz kalmasına yol açmaktadır. Araştırmalar, pestisitlerin sürüklenme yoluyla atmosferde yüzlerce kilometre taşınabildiğini ve bazı durumlarda bu taşınım mesafesinin bin kilometreyi aşabildiğini göstermektedir. Buharlaşma yoluyla gerçekleşen pestisit sürüklenmesi önemli bir çevresel sorundur ve çalışmalar bunun, yüzey akışıyla oluşan sürüklenmeye kıyasla 25 kat daha yaygın olabileceğini göstermektedir. Sürüklenme üzerinde meteorolojik koşullar başta olmak üzere birçok faktörün etkili olduğu ve yaz aylarında sürüklenme oranlarının %60'a kadar çıkabildiği, sonbaharda ise bu oranın %18'e kadar düştüğü bildirilmiştir (Albaseer ve ark., 2025). Ayrıca toprak tipi de buharlaşma hızını etkileyebilir. Yapılan çalışmalar topraktaki su miktarı belirli bir eşik değerinin üzerinde olduğunda pestisitlerin buharlaşma olasılığının arttığını göstermiştir (Schneider ve ark., 2013). İklim bölgeleri genelinde yapılan çalışmalarda, ılıman bölgelerdeki hedef dışı canlıların pestisitlerden tropikal bölgelerdekinden daha fazla etkilendiğini göstermektedir. Bunun nedeni muhtemelen tropikal ekosistemlerde pestisitlerin daha hızlı detoksifikasyonu ve dağılımından kaynakladığı düşünülmektedir (Wan ve ark., 2023).

Pestisitler, hedef olmayan organizmalar için iki şekilde zararlıdır: birincisi, pestisitler doğrudan temas yoluyla zararlıdır, ikincisi ise kalıntıları daha sonraki bir aşamada olumsuz etkilere yol açabilirler (Desneux ve ark., 2007). Genel olarak, insektisitlerin, fungisitlerin ve herbisitlerin test edilen

tüm hedef dışı organizma grupları üzerinde olumsuz etkiler oluşturduğu; bu etkilerin hayatta kalma, büyüme, üreme ve davranışlarında bozulmaların yanı sıra, metabolik ve fizyolojik durumla ilişkili birçok göstergede meydana gelen değişiklikleri de kapsadığı bildirilmektedir (Wan ve ark., 2023). Örneğin, fungusitler arbusküler mikorizal mantarların biyokütlesini azaltarak, yüksek bitkilerle olan simbiyozlarını etkilemektedir (Buysens, 2015). Bazı herbisitler, tozlayıcılar ve diğer faydalı böcekler için besin sağlayan hedef dışı bitkileri azalttıkları keşfedilmiştir. Bu tür herbisitler, bitki polenin canlılığını (Thomas ve ark., 2004) ve karbonhidrat metabolizmasını (Magné ve ark., 2006) azaltabilmektedir. Bu da, biyolojik çeşitliliğin temelini oluşturan trofik etkileşimlerin zayıflayabildiğini ve ekosistemin genel olarak dengesizleşebileceğini göstermektedir (Albaseer ve ark., 2025). Birçok çalışma da, herbisitlerin konukçu bitki popülasyonları üzerindeki yan etkileri sonucunda böcek popülasyonlarında azalma olduğunu kaydedilmiştir. Bu durum, polen ve nektarın yanı sıra barınakları, bitki konukçularını ve tozlayıcılar ile diğer böceklerin yuvalama alanlarını ortadan kalkmasına neden olmaktadır. Bazı herbisitlerin böcekler ve diğer yabancı ot türleri üzerinde doğrudan etkisi çok az olabilir ya da hiç olmayabilir; ancak bazı aktif maddelerin, yaban arısı, doğal düşmanlardan predatör ve parazitoit türlerin azaltması sonucu, dolaylı olarak diğer böcek türlerinin popülasyonlarını etkilediği belirtilmiştir (Quandahor ve ark., 2024). Herbisit ve insektisitler, hedef dışı böcek tozlayıcılarının metabolik ve üreme süreçlerine müdahale ederek, popülasyonlarında uzun vadeli düşüşlere yol açabildiği ifade edilmiştir (Naz ve ark., 2023; Wan ve ark., 2023). Yapılan çalışmalara göre, uygun yaşam alanlarının kaybı ve pestisitlerin tozlayıcılar üzerindeki doğrudan toksik etkileri nedeniyle yaban arısı popülasyonlarında belirgin bir azalma gözlemlendiği bildirilmektedir. Yaban arılarındaki azalma, bitkilerin üremesi ve genel ekosistem işleyişi üzerinde zincirleme sonuçlar doğurabilmektedir (Naz ve ark., 2023). Yapılan çalışmalar, tarımsal üretimde pestisitlerin yaygın kullanımının bitki ve böcek biyoçeşitliliğindeki azalma ile böcek türleri ve birey sayılarında gözlenen genel kayıpların başlıca nedenlerinden biri olduğu ortaya konulmuştur (Geiger ve ark., 2010; Woodcock, 2016; Goulet ve Masner, 2017; Sánchez-Bayo, 2021).

Yapılan bir çalışmada, pestisit maruziyetinin etkileri incelenmiş; uçan böcek popülasyonlarının %76, yerde beslenen eklembacaklıların ise %78 oranında azaldığı ve her iki grupta da yıllık kayıp oranlarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Böceklerdeki azalma, kuşlar veya bitkilerde gözlemlenenden çok daha büyük görünmektedir; bu durum küresel ekosistem yönetimi açısından önemli bir zorluk oluşturabilir. Örneğin, Britanya'daki kelebek türlerinin %71'inde toplam birey sayısı 20 yıl içinde azalmıştır; bu oran kuşlarda %54 ve bitki türlerinde %28 olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde fungusit, herbisit ve insektisit uygulanmış tahıl tarlalarında, ilaçlanmamış tar-

lalara kıyasla kelebek tür çeşitliliğinde azalma gözlemlendiği vurgulanmaktadır. Organofosfatlar, karbamatlar ve piretroidler gibi insektisitlerin aşırı kullanımının, besin ağı ve faydalı grupların yer aldığı Hymenoptera ve Coleoptera popülasyonlarını da azalttığı belirtilmiştir (Quandahor ve ark., 2024). Birleşik Krallık'ta organofosfatların (%42), karbamatların (%29) ve piretroidlerin (%14) arıların tür zenginliği ve bolluğu üzerinde doğrudan bir etkisi olduğu kaydedilmiştir (Fletcher ve Barnett, 2003).

Insektisit uygulamaları, predatör böceklerin pestisit bulaşmış avları tüketmeleri sonucu ikincil zehirlenmeye maruz kalmalarına neden olduğu; bu durum beslenme ve avlanma davranışlarını olumsuz yönde etkilediği vurgulanmaktadır (Resende-Silva ve ark., 2019). Benzer şekilde, sistemik insektisitlerin, pestisit maruz kalmış böceklerle beslenen *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) gibi faydalı avcı türlerde de ikincil zehirlenmeye yol açtığı bildirilmiştir (Naz ve ark., 2023). Bitkisel preparat olan Azadirachtin uygulanmış *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) larvalarıyla beslenen predatör *Mallada signatus* (Schneider) (Neuroptera: Chrysopidae) bireylerinde pupa canlılığı azalmış, bileşiğin dolaylı böcek büyüme düzenleyici (IGR) etkisi sonucunda predatörün pupalarında ölümler meydana gelmiştir (Qi ve ark., 2001). Predatörlerden *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) ve *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae), sistemik insektisitlerle kontamine olmuş bitki özsuğu ve ekstrafloral nektarla beslendiklerinde insektisitlerden dolayı olarak etkilendiği bildirilmektedir (Quandahor ve ark., 2024)

Insektisitler arılar ve diğer tozlayıcı böcekleri doğrudan öldürebilirken, herbisitler besin kaynaklarının çeşitliliğini azaltarak onların hayatta kalmasını ve üremesini dolaylı olarak etkilemektedir. Bazı insektisit grupları, arıların doğal savunma mekanizmalarını baskılama sonucu bağışıklık sistemlerini zayıflatarak, parazit enfeksiyonları ve viral hastalıkların ortaya çıkmasına zemin hazırlamaktadır (Sánchez-Bayo ve ark., 2016). Bal arılarının sürekli olarak pestisitlere maruz kalması sonucunda bal kalitesinde olumsuz etkilerin görülebileceği belirtilmiştir (Tsipi ve ark., 1999). Ancak, insektisitlerin dolaylı etkilerinin, böcek türüne ve kullanılan kimyasalın özelliklerine bağlı olarak değişiklik gösterebileceği de bildirilmektedir (Quandahor ve ark., 2024).

Birçok bitki türleri, bazı yabancı popülasyonları destekler ve otçul böcekler için temel besin, barınak ve üreme alanları sağlayarak sağlıklı bir besin ağının temelini oluşturmaktadır (Barbercheck ve Wallace, 2021; Albaser ve ark., 2025). Herbisitlerin çevreye dağılması, bitkiler ve algler gibi birincil üreticileri doğrudan etkilerken, besin kaynakları ve habitat kalitesindeki azalma nedeniyle otçul, böcekçil ve predatör türleri de dolaylı olarak etkilemektedir. Bu durum, uzun vadede hedef dışı alanlarda böcek çeşitliliğinin azalmasına

ve trofik düzeyler boyunca besin kaynaklarının ve habitat kalitesinin azalmasına neden olarak, zincirleme ekolojik etkilere yol açacağı bildirilmektedir (Albaseer ve ark., 2025). Buna ilave olarak herbisitlerin bitki örtüsüne zarar vermesi sonucu sivri fareler, orman fareleri ve porsukların hayatta kalması için gerekli olan besin bulunabilirliğini ve mikro iklimi etkileyebileceği belirtilmektedir (Naz ve ark., 2023).

Böcekler birçok kuş türü için hayati bir besin kaynağı olup, Avrupa düzeyinde tarım alanlarında böceklerle beslenen kuşların sayısında %50'lik düşüşün pestisitlerden dolayı böcek popülasyonu azalması ile ilişkili olduğu belirtilmektedir (Brühl ve Zaller, 2019). Çayır ekosistemlerinde kuş popülasyonlarının azalmasına katkıda bulunan başlıca faktörlerden birinin yaygın pestisit kullanımı olduğu ortaya konulmuştur (Mineau ve Whiteside, 2013). Bazı pestisitler, kuşlarda iştahsızlığa veya anoreksiye neden olarak açlıktan ölmelelerine, yumurta kabuğunun incilmesi ve yumurta üretiminde azalmaya neden olmaktadır (Sathish Kumar ve ark., 2024). Havadaki ölümcül olmayan pestisit konsantrasyonlarına maruz kalma kuşlarda kilo kaybı, hastalıklara karşı artan duyarlılık, üremede azalma ve yuvayı terk etme gibi uzun vadeli sağlık sorunlarına yol açabilmektedirler (Jahn ve ark., 2014; Gibbons ve ark., 2015; Ali, 2023). Yapılan çalışmalarda uzun göçler yapan göçmen kuşların hava yoluyla pestisitlere maruz kalma potansiyellerinin arttığını belirlenmiştir (Xiao ve ark., 2023). Hava ve yüzey sularındaki pestisitlerin ve ağır metallerin, dünya çapında nesli tükenmekte olan 1211'den fazla kuş türü için büyük bir tehdit oluşturduğu tahmin edildiği ifade edilmektedir (Albaseer ve ark., 2025).

Pestisitlerin kullanımı doğal ekosistemler üzerinde de dolaylı etkilere sahip olabilir ve bitkiler için risk oluşturabilir. Pestisitlerin sürüklenmesi, yüzeyden akışı veya kalıntıları ile hedef olmayan bitkilerde hasara hatta ölüme neden olabilir. Bu istenmeyen etkiler; bitkilerin pestisitle doğrudan temas etmeleri, topraktaki pestisit kalıntılarına emmeleri veya kök sistemleri yoluyla alınması ile ortaya çıkabileceği belirtilmektedir (Lavy ve Rathinasabapathi, 2021). Pestisitler bitkilerin hücresel yapılarına zarar vererek, fotosentezi azaltarak ve bitki hormonlarının işleyişini bozarak bitki büyümesini ve ürün verimini etkileyebilir. Sonuç olarak bu durum, bitkilerde büyüme geriliği, biyokütle azalması ve tarımsal verimlilikte düşüşe yol açabileceği belirtilmektedir (Abdel-Latef ve Tran, 2019). Ayrıca pestisitler, bitki hücrelerinin normal işleyişini bozma ve metabolik yolları değiştirme potansiyeline sahiptir, bu da protein, karbonhidrat ve diğer temel bileşiklerin sentezini etkiler. Bu durumun ürünlerin kalitesini ve besin değerini etkileyebileceği kaydedilmektedir (Naz ve ark., 2023). Pestisitlerden kaynaklı bitkilerde fotosentezin bozulması sonucu klorofil üretiminde azalma ve enerji üretiminde bozulmalara yol açabileceği bildirilmektedir (Naz ve ark., 2023). Bitkilerin verimliliği için önemli rol oynayan arılar ve kelebekler gibi tozlayıcılar, pestisitlerin olumsuz

etkileri sonucunda zarar görebilmekte, bu durum bitkilerde meyve ve tohum üretiminin azalmasına ve biyoçeşitliliğin olumsuz etkilenmesine neden olabilmektedir (Albaseer ve ark., 2025). İngiltere ve Hollanda'da yapılan çalışmalar, arı popülasyonlarındaki azalmanın artan insektisit kullanımıyla ilişkili olduğunu göstermektedir. İnsektisitler arıların çiçek ziyaret oranlarını azaltabilir ve sürekli ilaca maruz kalan tozlayıcı tür çeşitliliğinin kaybı, tozlaşmayı istikrarsızlaştırabilir ve sonuç olarak gıda güvenliğini etkileyebildiği belirtilmiştir (Biesmeijer ve ark., 2006). Herbisitlerin bitkinin polen kalitesini etkilemesi ile çiçeklenme gecikebilir ve çiçek sayısının azalması tozlayıcılar için mevcut kaynakları sınırlayabileceği bildirilmiştir (Albaseer ve ark., 2025).

Tarım alanlarından kaynaklanan pestisit akıntıları, yüzey akışı gibi dolaylı taşınım süreçleri yoluyla yüzey ve yeraltı sularına sızarak kontaminasyona neden olabilmektedir (Sathish Kumar ve ark., 2024). Pestisitlerin su alanlarına sürüklenmesi ile su yaşamına zarar verebilir ve potansiyel olarak tüm sucul besin ağlarını bozabilir (Naz ve ark., 2023). Böylece balıklar ve su bitkileri üzerinde zararlı etkilere neden olabilir. Sudaki pestisit kirliliğinin etkilerinden biri de, suda çözünmüş oksijen seviyelerinin azalmasıdır. Bu da sucul yaşamın solunum sistemlerini bozabilir ve fizyolojilerini değiştirebilir (Mahmood ve ark., 2016). Bu durum, sudaki canlıların hayatta kalma oranlarının azalmasına, üreme süreçlerinin bozulmasına ve su ekosistemlerinin yapısal ve işlevsel dengesinin değişmesine neden olabilir. Ancak, hayvan türlerinin metabolizma, anatomi ve fizyolojik özelliklerindeki farklılıklardan dolayı, pestisitlere karşı duyarlılıklarının değiştiği ve bazı türler belirli pestisitlere karşı daha hassas olurken, bazıları daha dirençli olduğu belirtilmiştir (Naz ve ark., 2023). Yüzey sularının pestisitlerle kirlenmesinin dünya çapında yaklaşık 2000 amfibi türü için büyük bir tehdit olduğu tahmin edilmektedir. Organoklorlu pestisitlerle kirlenmiş alanlarda su samurları, ayılar, foklar, deniz aslanları ve beyaz balinalarda endokrin bozulması gözlemlenmiştir (Albaseer ve ark., 2025).

Pestisitler solunum ve deri teması yoluyla yaban hayatının doğrudan zehirlenmesine neden olabilirler (Albaseer ve ark., 2025). Kemirgenleri öldürmek için kullanılan antikoagülan rodentisitler, hedef dışı yaban hayatının veya evcil hayvanların istem dışı zehirlenmesine yol açabilmektedir (Guitart ve ark., 2010). Bazı rodentisitler kemirgenlerin vücutlarında birikerek, pestisitlere maruz kalmış avları tüketen köpekler, tilkiler, hedef dışı memeliler ve yırtıcı kuşlar gibi avcılarının ikincil zehirlenmesine neden olabilir (Brakes ve Smith, 2005). Yapılan bir değerlendirmede rodentisit özelliği taşıyan bir insektisit olan karbofuran, doğangiller familyasından Northern crested caracara ve Burrowing owl (Baykuş) gibi yırtıcı kuş popülasyonlarındaki azalmayla ilişkilendirilmiştir (Gangoso ve ark., 2013). Ayrıca, rodentisitlere maruz kalmış kemirgenleri tüketen baykuşlar ve şahinlerde ikincil zehirlenme

gözlemlenmiş ve bu yırtıcıların dokularında antikoagülan rodentisit kalıntılarına rastlandığı ifade edilmiştir (Rattner ve ark., 2008). İkincil zehirlenme, bir avcının pestisitlerle kirlenmiş veya zehirlenmiş avı tüketmesiyle de meydana gelebileceği belirtilmiştir (Syromyatnikov ve ark., 2020; Albaseer ve ark., 2025). Kaliforniya’da yaşayan ve nesli tehlike altında olan San Joaquin tilkisi, hem doğrudan (primer) hem de dolaylı (sekonder) zehirlenme yoluyla antikoagülan rodentisitlerden etkilendiği saptanmıştır. Bu kronik maruziyet, yaban hayatı popülasyonları üzerindeki potansiyel etkileri açısından endişe verici bir durum ortaya koymaktadır. Antikoagülan kalıntıları tatlı su ve deniz ortamlarında da tespit edilmiş bu da, bu maddelerin olumsuz etkilerinin yalnızca karasal ortamlarla sınırlı olmadığını, sucul ekosistemlere de uzandığını göstermektedir (Naz ve ark., 2023). Pestisitlerin yaban hayatının üzerinde en yaygın toksik etkiler arasında bağışıklık sistemi toksisitesi, endokrin bozulması, üreme etkileri ve davranış değişiklikleri yer almaktadır (Jaga ve Dharmani, 2003; Albaseer ve ark., 2025). Ayrıca, bu pestisitlere maruz kalmak hayvanlarda saldırganlığın artması, yönelim bozukluğu ve besin arama becerilerinde bozulma gibi davranış değişikliklerine yol açabilir (Jaga ve Dharmani, 2003). Organoklorlu maddelere maruz kalmak, hayvanların bağışıklık sistemini zayıflatarak onların enfeksiyonlara ve hastalıklara karşı daha duyarlı olacakları belirtilmektedir (Rogan ve ark., 2005).

Pestisitler, bakteri, fungus ve aktinomisetler gibi geniş bir toprak mikroorganizma grubuna toksik etkiler göstererek (Cycon ve ark., 2019), yararlı toprak mikroorganizmalarının çeşitliliğini ve sayısını azaltarak (Mahmood ve ark., 2016), azot sabitleyici bakterilerin doğal işleyişini bozarak (Lu ve Lu, 2018), besin döngüsünü, toprak yapısını ve bitkiler için su durumunu etkileyebilirler (Stanley ve Preetha, 2016; Sun ve ark., 2021). Bu etkiler biyokütle azalması, büyüme bozukluğu, mikrobiyal topluluk yapısındaki değişimler ve solunum problemleri olduğu vurgulanmaktadır (Albaseer ve ark., 2025). Topraktaki pestisitler, bitkilerin büyümesi, çimlenmesi ve gelişimi dahil olmak üzere yaşamlarının çeşitli yönleri üzerinde belirgin zararlı etkilere sahiptir. Biyokimyasal süreçlerde aksaklıklara yol açabilecekleri, verimi düşürebilecekleri kaydedilmektedir (Parween ve ark., 2016). Örneğin, organofosfatlar ve karbamatlar, yalnızca zararlı böcekler için kritik olan asetilkolinesteraz enzimini inhibe etmekle kalmaz; aynı zamanda toprak faunası ve faydalı mikroorganizmaların aktivitesini de olumsuz yönde etkiledikleri belirtilmiştir (Zhou ve ark., 2025). Sürekli pestisit uygulamaları, hassas mikroorganizma türlerinin sayısında azalmaya yol açarken, dirençli türlerin seçilimini teşvik edebilir. Sonuç olarak, azot bağlayan bakteriler ve mikorizal mantarlar gibi faydalı mikroorganizmaların baskılandığı dengesiz bir mikrobiyal topluluk yapısı ortaya çıkacağı vurgulanmaktadır (Cycon ve ark., 2019). Seçici olmayan bir herbisit olan glifosat da benzer şekilde, toprakta azot fiksasyo-

nu yapan bakterilerin büyümesini ve aktivitesini azalttığı kaydedilmektedir (Mahmood ve ark., 2016).

Pestisitlerin bitkisel savunma mekanizmaları üzerinde de etkileri bulunduğu bildirilmektedir. Şöyle ki, pestisit kullanımı, reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşumu nedeniyle oksidatif strese neden olur ve bu da bitkilerde büyüme geriliği ve fotosentez verimliliğinin azalmasına yol açabilmektedir. Bitkiler, enzimatik olmayan antioksidanlar ve antioksidatif enzimler de dahil olmak üzere antioksidatif savunma sistemlerinin aktivitesini artırarak pestisitlerin neden olduğu toksisiteyi iyileştirebildiği ifade edilmiştir (Sharma ve ark., 2015; Pathak ve ark., 2022). Ayrıca oksidatif stres, bitki proteinlerinin, klorofil pigmentlerinin ve fotosentetik etkinliğin azalmasına neden olmaktadır (Xia ve ark., 2006). Pestisit maruziyeti, hedef olmayan bitkileri öldürmenin yanı sıra karasal bitkiler üzerinde de ölümcül olmayan etkilere neden olabilir. Fenoksi herbisitlerin sürüklenmesi veya buharlaşması, yakındaki ağaçlara ve çalılara zarar verebilir (Dreistadt ve ark., 1994). Glifosat herbisiti, bitkilerin hastalıklara karşı duyarlılığını artırır (Brammall ve Higgins, 1988) ve tohum kalitesini düşürür (Locke ve ark., 1995). Herbisitlerin, sülfonilürelerin, sülfonamidlerin ve imidazolinonların düşük dozları bile, hedef olmayan ürünlerin verimliliği, doğal bitki toplulukları ve yaban hayatı üzerinde yıkıcı bir etki gösterdiği belirtilmektedir (Fletcher ve ark., 1993).

Fungisitlerin kullanımı sonucu, ekosistemlerin dengesi bozulabilir ve istenmeyen ekolojik etkiler oluşabilmektedir. Örneğin, Bordo bulamacı gibi bakır bazlı bileşikler içeren bazı fungisitlerin, faydalı böcekler ve sucul organizmalar da dahil olmak üzere hedef dışı organizmalar üzerinde toksik özellikler gösterdiği kaydedilmiştir (Naz ve ark., 2023). Fungisitler, istemeden de olsa faydalı mantarları ve besin döngüsü için gerekli diğer mikroorganizmaları etkileyebilir. Örneğin, mikorizal birlikteliklerde yer alan toprak mantarlarını bozarak bitki besin alımını engelleyebilir ve potansiyel olarak bitki direncini azaltabileceği belirtilmektedir (Lu ve Lu, 2018; Albaseer ve ark., 2025).

Pestisitlerin, doğal düşmanlardan predatörlerin avlanma oranlarını, parazitoitlerin parazitlenme durumlarını etkileyebilir. Bunun sonucu doğal düşmanların üreme kapasitesileri düşebilir, cinsiyetler oranında değişme gibi olumsuz yönde etkilediği belirtilmektedir (Grafton-Cardwell ve ark., 2006). Ayrıca, doğal düşmanların pestisitlere maruz kalması üremelerine ergin ve larva yaşam süreleri gibi birçok fizyolojik ve davranışsal parametreyi dolaylı olarak etkileyebilir. Doğal düşmanların pestisitlerle başarılı bir şekilde entegre edilmesi ve aynı zamanda popülasyon dinamikleri üzerindeki istenmeyen etkilerin en aza indirilmesi açısından bu dolaylı etkilerin bilinmesi gerektiği bildirilmektedir (Irigaray ve Thompson, 2007).

Herbisitlerin hedef dışı bitki türleriyle temas etmesi sonucu olumsuz etkiler ortaya çıkabilmektedir. Örneğin, Dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT) içeren organoklorlu ve organofosfatlı pestisitler, akut toksisite açısından düşük seviyede olsa da, bitki dokularında kalıcı olmaları nedeniyle memelilerde uzun süre kalmaları durumunda kronik etkilere yol açabilir ve bu da büyüme ve fizyolojik faaliyetlerde uzun vadeli bozulmalara neden olmaktadır. (Damas ve Eleftherohorinos, 2011; Kim ve ark., 2017). Pestisitlere kronik maruz kalma, farklı hayvan türlerinin sinir sistemi, üreme sistemi, kardiyovasküler sistem, böbrek sistemi ve solunum sistemi üzerinde zararlı etkilere sahip olabildiği belirtilmiştir (Mostafalou ve Abdollahi, 2013).

Pestisitler, pestisit içeren hava, toz ve buharın solunması, kirlenmiş su ve gıdaların ağız yoluyla alınması ve pestisitlerle doğrudan temas yoluyla maruz kalma gibi çeşitli yollardan insan vücuduna girebilir ve kan dolaşımı yoluyla vücuda dağılabilir (Sacramento, 2008). İnsanlarda tarımsal pestisitlerden ve besin yoluyla maruz kalmadan kaynaklanan akut ve kronik zehirlenmeler görülebilir. Kronik zehirlenme sonucu kanserojen, sitotoksik ve mutajenik etki oluşabilir (Ahmad ve ark., 2024). Kronik hastalık olarak, çeşitli kanser türlerine (beyin kanseri, meme kanseri, prostat kanseri, mesane kanseri ve kolon kanseri) (Rani ve ark., 2021), Alzheimer hastalığına (AD), Parkinson hastalığına, nörotoksisiteye, kısırlığa, lösemiye ve diyabete neden olabilirler (Ahmad ve ark., 2024). Pestisitler doğal hormonları taklit edebilir veya anta- gonize edebilir, böylece hormonal homeostazı bozabilir, bağışıklığı azaltabilir ve diğer üreme ile ilgili sorunlar oluşturabileceği belirtilmektedir (Pathak ve ark., 2022). Özellikle organofosfatlı pestisitler ile bulaşmış sebzelerin tüketimi yoluyla insan vücudunda kademeli olarak biriktiği ve bu birikimin kanser riskinin artırdığı bildirilmiştir (Miah ve ark., 2014).

Pestisit maruziyetinin akut olarak ani zehirlenmeleri ağız yoluyla, solunum yoluyla veya cilt yoluyla olabilir. Bu etkilerin birçoğu gün içinde ortaya çıkabilir; gözlerde ve ciltte batma, baş ağrısı, boğaz ve burun tahrişi, ciltte kaşıntı, ciltte kabarcık ve döküntülerin oluşması, baş dönmesi, karın ağrısı, ishal, mide bulantısı ve kusma, bulanık görme, körlük ve nadiren ölüm gibi belirtilerle aniden gelişebilir (Ali, 2023). Yapılan değerlendirmelere göre gıda alerjisi, dünya nüfusunun %10'u kadarını etkilemekte olup, yetişkinlere kıyasla bebeklerde daha şiddetli seyrettiği kaydedilmektedir (Loh ve Tang, 2018).

Yapılan çalışmalar iş faaliyetlerindeki farklılıklar nedeniyle, pestisitlere erkeklerin kadınlardan daha fazla maruz kaldığı bildirilmektedir (Li ve ark., 2014). Genellikle pestisitlere maruz kalan çiftçilerin, tarım işçilerinin ve pestisit uygulayıcılarının genel nüfusa göre lösemiye yakalanma olasılığının daha yüksek olduğu, çiftçiler ve tarım işçileri sıklıkla öksürük, nefes

darlığı gibi solunum semptomları gösterdikleri ifade edilmektedir (Ahmad ve ark., 2024).

Tarım alanında yapılan bazı gözlemler ile, çiftçilerin pestisit uygulaması yaparken kişisel koruyucu ekipman (eldiven, maske veya diğer koruyucu ekipman giymek gibi) kullanmadıklarını, güvenlik talimatlarına uymadıklarını ve ilaçlama sırasında rüzgarla taşınan pestisitlere doğrudan maruz kaldıklarını belirtilmektedir (Ali, 2023). Ayrıca, tarım alanlarına yakın bölgelerde yaşayan tarım ve meslek dışı bireyler, rüzgârla taşınan pestisitler ve ürün kalıntıları aracılığıyla pasif maruziyete uğrayarak pestisit kaynaklı genetik hasar riski taşıyabilmektedir (Doğanlar ve ark., 2018). İndane ve endosulfan gibi organoklorlu pestisitler, sinir sistemi işlevlerini bozabilir; oksidatif stres, DNA hasarı ve nörolojik bozukluklara yol açabilir (Bagchi ve ark., 1995). Yapılan çalışmalar yaşlıların, kadınların ve çocukların pestisit maruziyetine karşı daha savunmasız olduğunu göstermektedir (Kapka-Skrzypczak ve ark., 2019). Ayrıca bazı pestisitler hayvanların yağ ve kaslarında depolanabilir, bazıları ise beyin, akciğer, karaciğer gibi organlarda bulunabilir. Süt ve süt ürünlerinde de bir dizi pestisit bulunabildiği ve bu gıdaları tüketen insanlar dolaylı olarak pestisitlerden etkilenebileceği bildirilmektedir (Sathish Kumar ve ark., 2024).

Tarımsal üretimde zararlıların kontrolünde pestisit kullanımının vazgeçilemeyeceği bir gerçektir. Ancak, pestisitlerin bilinçsiz ve yoğun kullanımı yalnızca hedef zararlı organizmaları değil, aynı zamanda ekosistemlerin sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahip birçok canlı türünü de olumsuz etkilemektedir. Toprak, su ve hava ortamlarında birikerek çevresel kirliliğe neden olan pestisitler; tozlayıcı böcekler, kuşlar, balıklar, amfibiler ve faydalı mikroorganizmalar üzerinde toksik etkiler oluşturarak tür çeşitliliğinin azalmasına yol açabilmektedir. Bunun yanı sıra, besin zincirinde biyobirikim ve biyobüyütme süreçleri aracılığıyla ekolojik dengeyi bozmakta ve ekosistem hizmetlerinin devamlılığını tehdit etmektedir.

4. Pestisit Kirliliğinin İklim Değişikliği ile Etkileşimi

Pestisitler ve iklim değişikliği arasındaki ilişki, küresel ekosistemler ve insan sağlığı için derin etkileri olan karmaşık bir geri bildirim döngüsü oluşturmaktadır. Tarımsal verimlilik ve zararlıların kontrolü için hayati önem taşıyan pestisitler, çeşitli mekanizmalar yoluyla istemeden iklim değişikliğine katkıda bulunmaktadır (Georgina Menon ve ark., 2025).

Pestisitlerin etkinliğini ve kullanımını birçok faktör etkileyebilir ve bunların başında çevresel koşullar gelir. İklim değişikliğinin doğaya büyük etkileri göz önüne alındığında, pestisit kullanımı üzerinde de bir etkisinin olabileceği açıktır (Delcour ve ark., 2015). Yağış, sıcaklık ve rüzgâr gibi iklim

değişkenleri aracılığıyla iklim değişikliği, pestisitlerin çevresel kaderini ve davranışını etkileyerek kullanım şekillerini ve çevresel zararlarını değiştirebilmektedir (Noyes ve ark., 2009; Ukhurebora ve ark., 2020; Kaka ve ark., 2021). İklim kaynaklı aşırı hava olayları, pestisit etkinliğini ve kalıcılığını tehlikeye atarak, zararlı yönetimi stratejilerini daha da karmaşık hale getirebilir. İklim değişikliği, zararlıların davranışını değiştirerek dağılımlarını ve yaşam döngülerinde farklılıklar oluşturarak pestisit dinamiklerini etkiler ve bu da pestisit kullanımının artmasına neden olmaktadır (Georgina Menon ve ark., 2025). Nitekim, çeşitli çalışmalar iklim değişikliği senaryosu altında böcek ve patojen saldırıları için elverişli bir ortam oluşturabileceği (Roos ve ark., 2011), bazı tarımsal zararlıların orijinal yayılış alanlarının ötesine geçebileceğini (Eitzinger ve ark., 2013) ve daha fazla sayıda tarım ürününe daha yaygın hale gelebileceğini göstermektedir (Noyes ve ark., 2009). Sıcaklıklardaki değişim, zararlı baskısını artırarak daha yüksek dozlarda, daha sık ve daha çeşitli pestisit uygulamalarını gerekli kılacağı öngörülmektedir (Rosenzweig ve ark., 2001; Goel ve ark., 2005; Bloomfield ve ark., 2006; Miraglia ve ark., 2009; Noyes ve ark., 2009). Bunun sonucu, zararlıların pestisitlere karşı direnç geliştirmesi daha güçlü kimyasallar veya alternatif stratejiler gerektirebilir. İklim değişikliği bazı türlerin daha önce bulunmadıkları bölgelere yayılarak, yeni zararlı türlerin ortaya çıkmasına, göçüne ve dağılımına, zararlı salgınlarına ve vektörlerin yayılmasına neden olmaktadır. Bunun yanı sıra, nem ve sıcaklık değişimleri ile yabancı otların evrimini ve hastalıkların uyarılması sonucu bitki hastalıklarında artış beklendiği ifade edilmektedir (Kaka ve ark., 2021; Georgina Menon ve ark., 2025).

Yoğun yağışlar ve fırtınalardaki beklenen artış, kimyasal gübreler, böcek ilaçları ve antibiyotikler gibi kirleticileri harekete geçirerek, yeraltı suyunu kirlitebildiği bildirilmektedir (IPCC, 2022). Yağış düzenlerindeki değişimler, pestisitlerin su kütlelerine taşınma oranlarını muhtemelen etkileyecektir; çünkü yağışın, pestisit kaybının başlıca belirleyici faktörlerinden biri olduğu bilinmektedir (de Souza ve ark., 2020). Suyun kirlenme oranlarındaki bu değişiklikler nedeniyle içme suyu kaynakları yoluyla insanların pestisitlere maruz kalabileceği vurgulanmıştır (O'Driscoll ve ark., 2025).

Artan yağışın, pestisitlerle kirlenmiş yüzey akışını artırdığını gösteren birçok çalışma bulunmaktadır (Carere ve ark., 2011; Oliver ve ark., 2012; Delcour ve ark., 2015). Pestisitlerin sayısı ve konsantrasyonlarının da belirgin şekilde arttığı, hatta bazen bunun sığ yeraltı sularına sonraki bir salınımaya yol açtığı bilinmektedir (Johnson ve ark., 1995; Donald ve ark., 1999; Roy ve ark., 2001; Noyes ve ark., 2009; Otieno ve ark., 2013). Benzer şekilde Carere ve ark. (2011) yüksek sıcaklıkların, sudaki kirleticilerin dağılımında ve bölümlenmesinde değişiklikler olduğunu ortaya koymuşlardır. Delcour ve ark. (2015) belirttiğine göre yapılan bazı çalışmalarda ise küresel ısınmanın,

mikrobiyal ve kimyasal reaksiyon hızlarını artırarak kimyasal bileşenlerin bozulmasını hızlandırdığı ve bunun sonucunda çevredeki pestisit konsantrasyonlarını azaltabileceğini bildirmektedir. Bununla birlikte, alkali topraklarda istisnalar tespit edilmiş (Caceres ve ark., 2008) ve ayrıca 2,4-D'nin 20 °C'de 40 °C'den daha hızlı parçalandığı durumlar da ortaya konulmuştur (Shymko ve ark., 2011).

Topraktaki organik madde, toprağın karbon depolama ve döngü kapasitesi ve topraklardaki çatlakların boyutu ve sıklığı gibi toprak koşulları, iklim değişikliğinden etkilenir ve bu da pestisit uygulamasında değişikliklere yol açabilir. İklim değişikliği olayları, topraktaki kirleticilerin biyoyararlanımı üzerinde önemli etkilere sahip olabilir. İklim değişikliği ile kirleticiler arasındaki dinamik etkileşimler, organizmalar için sorun yaratabilir; çünkü organizmaların üst ve alt fizyolojik sınırları vardır ve bu durum uyum sağlama kapasitelerini etkiler. Ayrıca sıcaklık ve toprak nemi gibi iklim değişikliği değişkenleri asitleşme üzerinde de etkilidir. Sıcaklıktaki bir artış, yağışı etkileyerek toprak pH'ını da etkileyebilir (Kaka ve ark. 2021). Yüksek toprak nem içeriği ve artan yağış miktarı, pestisitlerin parçalanmasını ve dolayısıyla kalıcılığını da artırabileceği ifade edilmektedir (Ismail ve Azlizan, 2002; Bailey, 2004; Noegrohati ve ark., 2008; Noyes ve ark., 2009). İklim değişikliği, artan buharlaşma ve bozunma süreçleri pestisit konsantrasyonlarını azaltabilmektedir (Zhang ve ark., 2006; Noyes ve ark., 2009). Bu süreçlerin her ikisi de yüksek nem içeriği, artan sıcaklıklar ve doğrudan güneş ışığına maruz kalma tarafından güçlü şekilde etkilenebileceği bildirilmiştir (Johnson ve ark., 1995; Otieno ve ark., 2013). Dolayısıyla, yağışın zamanı ve şiddeti ile sıcaklık ve ışık koşulları, pestisitlerin kalıcılığını ve etkinliğini önemli ölçüde etkilemektedir (Rosenzweig ve ark., 2001; Bailey, 2004). Bu durum, zararlı salgınlarını kontrol etmek ve/veya önlemek için kullanılan pestisitler üzerinde bir etki yarattığı ifade edilmiştir (Rosenzweig ve ark., 2001).

Aşırı iklim olayları, pestisit toksisitesini potansiyel olarak etkileyebilir (Kaka ve ark., 2021). Genel olarak, artan sıcaklıklar ile ekotoksosite arasında pozitif bir korelasyon olduğu bildirilmektedir (Noyes ve ark., 2009; Seeland ve ark., 2012), ancak piretroidler ve DDT bunun istisnasıdır ve düşük sıcaklık koşullarında daha toksik oldukları düşünülmektedir (Noyes ve ark., 2009). Artan sıcaklıklar dolaylı olarak, türlerin pestisit maruziyetine yanıt verme kapasitesini değiştirebilir veya pestisit alımını ve metabolizmasını etkileyebilir, böylece varsayımsal olarak pestisitlerin biyolojik etkinliğini artırabildiği belirtilmiştir (Delcour ve ark., 2015).

İklim değişikliği, aşırı sıcaklık ve yağış olaylarının yanı sıra atmosferdeki karbondioksit (CO₂) konsantrasyonlarının artışı gibi etkilerle ekosistem üzerinde etkisi bulunmaktadır; bu durum pestisitlerin kullanımını, dağılımını

nı ve parçalanma süreçlerini önemli ölçüde etkileyebileceği belirtilmektedir (Saha ve ark., 2019). Organofosfatlar, karbamatlar, sentetik piretroitler ve sülfonilüreler gibi sulu fazda hidrolize uğrayan pestisitler genellikle sıcaklığa duyarlıdır (Choudhury ve Saha, 2020). Yoğun güneş ışığına maruz kaldıklarında bazı insektisitler önemli ölçüde fotodegradasyona uğrar ve sıcaklık artışı da pestisitlerin buharlaşma yoluyla kaybını artırır (Kaka ve ark., 2021). Dolayısıyla, küresel ısınmanın bir sonucu olarak pestisitlerin daha hızlı parçalanması ve zararlıların iklim değişikliğine uyum sağlamasıyla birlikte, pestisitlerin daha sık ve daha yüksek uygulama dozlarında kullanılabileceği düşünülmektedir (Choudhury ve Saha, 2020).

İklim değişikliğinin sonucu oluşan sıcak ve kuru koşullar, bitki enfeksiyonlarına karşı direnci artırarak fungusit ihtiyacını azaltabilir (Patterson ve ark., 1999), bu durum yüksek atmosferik CO₂ konsantrasyonlarında da geçerlidir (Schermer, 2004). Buna karşılık, özellikle ürünlerin hassas gelişim evrelerinde görülen fizyolojik bitki stresi, konukçu duyarlılığı ve pestisit bağımlılığı artabilir (Rosenzweig ve ark., 2001; Delcour ve ark., 2015). İklim değişikliği, ürünlerin coğrafi dağılımını değiştirir ve artan sıcaklıklar ürün verimliliğini etkiler (Rosenzweig ve ark., 2001; Schermer, 2004), bu durumun kullanılan pestisitlerin hacminde ve çeşitliliğinde potansiyel bir artışa neden olabileceği belirtilmiştir (Noyes ve ark. 2009; Bakshi ve ark., 2019; Kaka ve ark., 2021).

İklim değişikliği ve pestisit kullanımı birbirlerini etkileyen unsurlardır. Yani iklim değiştikçe pestisit ihtiyacı artar, pestisit kullanımı arttıkça ekosistem zayıflar ve iklim etkileri şiddetlenir. Bu ikili çevre kirliliğine, ekosistemin dengesinin bozulmasına neden olarak insan sağlığı ve gıda güvenliği için olumsuz durumların meydana gelmesine neden olurlar. Ayrıca iklim koşullarındaki değişimler, yetiştirme dönemlerinin uzamasına ve aşırı yağış olaylarının sıklığının artmasına bağlı olarak pestisitlerin çevredeki hareketliliğini artırabilir ve kontaminasyon riskini yükseltebilir.

5. Pestisitlerin Gıdalarda Giderim Yolları

Dünya nüfusu sürekli olarak artmaktadır ve buna bağlı olarak gıda üretiminin yeterli düzeyde artırılması gerekmektedir. Bu durum ise tarımsal pestisitlerin kullanımının artmasına yol açmaktadır (Tang ve ark., 2021; Oliveira ve ark., 2025). Pestisitler, modern gıda üretiminde özellikle önemli bir rol oynamakta olup, ürünleri hastalıklardan, zararlılardan ve yabancı otlardan korumak için kullanılmaktadır. Ayrıca ürün verimini en üst düzeye çıkararak üreticilerin daha az tarım arazisinde daha fazla gıda üretmesine olanak sağladıkları için küresel gıda güvenliğinin sağlanmasına da katkıda bulunmaktadırlar. Tarımsal ürünlerin yaklaşık üçte biri pestisit kullanımına bağlıdır ve pestisitler kullanılmadığında, zararlıların yeterince kontrol edilememesinden

dolayı verimlilik ciddi şekilde düşeceği ifade edilmektedir (Lazarević-Pašti ve ark., 2025). Dünya genelinde pestisit kullanım miktarı ve sıklığının artması, dolayısıyla çevre ve insan sağlığı üzerindeki etkilerini de artırmıştır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde pestisitlerin aşırı ve yanlış kullanımı, uzun vadede çevre kirliliğine ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere yol açabileceği vurgulanmaktadır (Leskovac ve Petrović, 2023).

Pestisitler tarımsal üretimde kullanılması sonucu hasat sonrası çok düşük düzeylerde kalıntı bırakabilmektedirler. Ülkeler yasal olarak insan sağlığı için güvenli kabul edilen seviyeleri belirleyerek her pestisit ve gıda ürünü için maksimum kalıntı miktarı (MRL) değerleri oluşturur. Bu limit, tüketici sağlığını korumak amacıyla belirlenir. Pestisit kalıntısı sorunu; pestisitlerin önerilen dozlardan daha yüksek miktarlarda kullanılması, hasat öncesi bekleme süresine uyulmaması, ruhsatsız veya yasaklı pestisitlerin tercih edilmesi ile yanlış uygulama ve depolama koşullarından kaynaklanabilmektedir. Bu tür olumsuzluklar, gıdalardaki pestisit kalıntı düzeylerinin yasal sınırları aşmasına neden olabilir (Birişik ve ark., 2018).

Bitkisel ürünlerde pestisit kalıntı miktarı; uygulamanın yapıldığı bitkinin çeşidi, uygulama dozu ve uygulama sayısı, pestisit kimyasal yapısı, özellikleri, formülasyonu, son ilaçlama ile hasat arası geçen süre, iklim ve çevre koşulları ve tüketime kadar geçen süreçte uygulanan işlemler gibi birçok faktöre bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Pestisitlerin kullanımı, yalnızca bitkisel ürünlerde değil, hayvansal ürünlerde de kalıntı oluşmasına yol açabilir. Bu da, pestisit ile kirlenmiş su, yem ve ot tüketmeleri ile hayvanlara geçerek ürünlerinde kalıntı oluşmasına neden olur ve bazı pestisitler hayvanların yağ, kas, karaciğer, böbrek ve beyin dokularında birikebilir. Böylece et, yumurta ve süt gibi hayvansal ürünlerde pestisit kalıntılarının oluşmasına ve insanlar bu tür besinleri tüketmesi ile pestisitlere maruz kalabileceği bildirilmektedir (Birişik ve ark., 2018).

Gıdalarda pestisitlerin bulunması toplumda giderek artan bir endişe kaynağıdır; özellikle meyve ve sebzeler gibi sıklıkla çiğ tüketilen gıdalarda bu durum daha da önem kazanmaktadır. (Oliveira ve ark., 2025). Pestisit kalıntılarına maruz kalma, pestisitlerin türüne ve miktarına bağlı olarak insanlarda baş ağrısı, astım, mide bulantısı, kronik hastalıklar gibi sağlık sorunlarına neden olabilir (Kim ve ark., 2017). Bu nedenle, pestisit kalıntılarının gıdalardan uzaklaştırılması, alım riskini en aza indirmek ve gıda güvenliğini sağlamak açısından büyük önem taşımaktadır (Yang ve ark., 2024). Bu endişeler ışığında, hangi ev tipi gıda işleme yöntemlerinin pestisit kalıntılarını gidermede etkili olduğu ve belirli pestisit sınıflarının geleneksel yöntemlerle uzaklaştırılmaya karşı daha dirençli olup olmadığı gibi önemli soruları ortaya çıkarmaktadır (Oliveira ve ark., 2025).

Gıdalardaki pestisit kalıntılarını azaltmada evsel yöntemler; yıkama, soyma, ısıl işlem, buharda pişirme, kızartma, meyve suyu çıkarma gibi işlemleri kapsamaktadır (Wu ve ark., 2019; Yang ve ark., 2022; Tiryaki ve Polat, 2023; Oliveira ve ark., 2025). Bu yöntemler önemli ölçüde etkilidir ve bazı durumlarda kalıntıları ciddi oranda azaltabilir. Endüstriyel düzeyde ise ozonlu yıkama, ultrason ve soğuk plazma gibi ileri teknolojiler kullanılmaktadır. Ayrıca Yapay Zekâ, tahminleme ve gıda güvenliği analizleriyle dolaylı olarak süreci desteklemektedir. Genel olarak, en etkili sonuçlar bu yöntemlerin birlikte kullanılmasıyla elde edilmektedir (Oliveira ve ark., 2025).

Tarımsal ürünlerde pestisitlerin sistemik veya kontak etkili olmaları ile suda çözünürlük özellikleri, yıkama ile giderim etkinliğini belirler. Suda çözünürlüğü yüksek ve yüzeyde bulunan pestisitler yıkama ile daha kolay uzaklaştırılabilir. Pestisit giderimini artırmak için yıkama suyuna oksidantlar eklenebilir, bu maddeler pestisitleri parçalayarak kalıntıyı azaltır. Ancak oluşan dönüşüm ürünlerinin toksisitesi ile ürünün vitamin içeriği ve renginde olumsuz etkiler oluşturabilir. Yıkama ve kabuk soyma gibi bazı işlemler pestisit kalıntısını azaltabilirken, kurutma, meyve suyu ve yağ üretimi gibi işlemler bazı ürünlerde kalıntıyı artırabilir. Kurutma işleminde bazı durumlarda pestisit degrade olmadığı halde su kaybı nedeniyle, kuru madde miktarı artışı ile pestisit derişimi artabilir veya daha toksik yan ürünler oluşabileceği bildirilmektedir (Birişik ve ark., 2018).

Pestisit kalıntılarını gidermede en yaygın kullanılan yöntem yıkamadır. Yıkama ile pestisit uzaklaştırılmasını; kalıntının ürün üzerindeki konumu, suda çözünürlüğü, yıkama süresi, su sıcaklığı, pestisit kimyasal özellikleri, etki mekanizması, hasat zamanı ve yıkama yöntemi etkiler. Temas yoluyla etkili olan pestisitler ürüne nüfuz etmez, bu nedenle bu tür kalıntılar yıkama ile kolayca giderilebildiği belirtilmiştir (Lozowicka ve ark., 2016; Heshmati ve ark., 2020; Polat, 2021; Tiryaki ve Polat, 2023). Buna karşılık, sistemik pestisitler bitkinin içine nüfuz eder ve bu nedenle bu tür pestisitleri yüzeysel yöntemler veya durulama ile uzaklaştırmak oldukça zordur (Fatih ve Muharrem, 2012; Tiryaki ve Polat, 2023). Sıcak suyla yıkama ve haşlama işlemleri, soğuk suyla yıkamaya kıyasla pestisit kalıntılarının giderilmesinde daha etkili olduğu belirtilmektedir (Holland ve ark., 1994). Temel olarak, yıkama işlemlerinde musluk suyu ve sodyum bikarbonat, oksalik asit, potasyum permanganat, asetik asit ve malik asit gibi çeşitli kimyasallar içeren sulu çözeltiler kullanılmaktadır (Yang ve ark., 2017; Liu ve ark., 2023; Öcalan ve ark., 2025). Bununla birlikte, birçok pestisit hidrofobik özellik gösterdiğinden, musluk suyu ile yıkama pestisit kalıntılarını gidermede yetersiz kalmaktadır (Qi ve ark., 2018). Pişirme bazı uçucu pestisitleri uzaklaştırmada etkili olsa da, daha az uçucu olan pestisitleri gidermede etkili olmadığı kaydedilmiştir (Randhawa ve ark., 2007).

Taze meyve ve sebzeler pestisitlere maruz kalan başlıca ürünlerdir (El-mastaş ve ark., 2023). Yapılan araştırmalar, yıkama işlemlerinin çilek (Wang ve ark., 2023), domates (Kaushik ve ark., 2023), patates, soğan ve lahana (Terfe ve ark., 2023), marul (Balkan ve Yılmaz, 2022), elma (Yang ve ark., 2017), dahil olmak üzere çeşitli meyve ve sebzelerde pestisit kalıntılarını gidermede etkili olduğunu göstermiştir (Öcalan ve ark., 2025). Yapılan bir çalışmada, erikteki pestisit kalıntısını gidermek için yapılan yıkama işleminde; 5 ve 25 dakikalık yıkamada iprodione ve phosalone kalıntılarında yaklaşık %55 azalma görülürken, bitertanol ve procymidone üzerinde değişim olmadığını ve uzun süreli yıkamanın da ek bir etki göstermediği ifade edilmektedir (Birişik ve ark., 2018).

Geleneksel yöntemler (soyma, doğrama, yıkama, durulama, ıslatma, haşlama ve pişirme vb.) pestisit kalıntılarını azaltmada yaygın olarak kullanılsa da, özellikle yapraklı ürünlerde uygulanmaları zordur ve besin kayıplarına yol açabileceği ifade edilmektedir (Bonnechere ve ark., 2012; Liu ve ark., 2014; Farha ve ark., 2018; Studziński ve ark., 2024). Her ne kadar bu geleneksel yöntemler, domates gibi pürüzsüz yüzeye sahip sebzelerde bazı çözünür pestisit kalıntılarını uzaklaştırabilse de, marul ve ıspanak gibi pürüzlü yüzeyli sebzelerde düşük etkinlik göstermektedir (Wu ve ark., 2019; Yang ve ark., 2022). Yapılan bir çalışmada, tatlı kirazlarda (*Prunus avium* L.) hasat öncesi pestisit uygulamaları ve hasat sonrası farklı yıkama yöntemlerinin (distile su, %5 sirke ve %5 sodyum bikarbonat) kalıntı giderimi, fizikokimyasal kalite ve 1 °C'de 28 günlük soğuk depolama sürecindeki meyve depolama davranışı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Sonuçlar pestisit kalıntılarını azaltmada en etkili yöntemin distile su ile yıkama olduğunu, bunu sodyum bikarbonat (NaHCO_3) ve sirkenin izlediğini göstermektedir. Ancak sodyum bikarbonat uygulamasının meyvede ağırlık kaybı ve sertlik azalması gibi olumsuz kalite etkileri olabileceği belirlenmiştir. Genel olarak yıkama işlemleri kalıntıları azaltırken, bazı uygulamalar depolama süresince fizikokimyasal kaliteyi olumsuz etkileyebilmektedir. Bu nedenle, farklı meyve türleri ve pestisitler için en uygun yıkama ve depolama koşullarının belirlenmesi gerekmektedir (Öcalan ve ark., 2025).

Sebzelerden pestisit kalıntılarının giderilmesi için ultrason (US) destekli temizleme, ozonlama (O_3), klorlama, su elektrolizi, UV ışınlama ve iyonlaştırıcı radyasyon gibi birçok yeni teknoloji test edilmiştir (Azam ve ark., 2020; Aydar ve ark., 2023). Ultrason destekli temizleme, marul (Cengiz ve ark., 2021), domates (Cengiz ve ark., 2018), havuç (Ran ve ark., 2019), kolza ve üzüm (Zhou ve ark., 2019) gibi çeşitli meyve ve sebzelerden pestisit kalıntılarının uzaklaştırılmasında etkili bir çevre dostu teknoloji olarak kabul edilmektedir. Ultrason, yüzeydeki yapışma kuvvetlerini zayıflatarak pestisit kalıntılarını fiziksel olarak uzaklaştırabilir ve kavitasyon etkisi sayesinde

bu kalıntıları kimyasal olarak parçalayabilir (de São José ve ark., 2014; Zhu ve ark., 2019). Bu nedenle, sebzelerden pestisit kalıntılarının giderilmesinde ultrason yönteminin etkinliği, geleneksel temizleme yöntemlerine kıyasla belirgin şekilde daha yüksek olduğu belirtildiği ifade edilmiştir (Yang ve ark., 2024). Yapılan bir çalışmada, soya fasulyelerinde pestisit kalıntılarının giderilmesinde ozonlu suyun (0,3 ppm) musluk suyuna göre daha etkili olduğu bildirilmiştir (Birişik ve ark., 2018). Yapılan farklı bir çalışmada elmalar-daki mancozeb kalıntılarının ozonlama ile % 56-97 oranında giderilebildiği (Hwang ve ark., 2001), üzümlerin ozon atmosferinde depolanması sonucu fenhexamid, cyprodinil ve pyrimethanilin azalmasının hızlandığı (Karaca ve ark., 2012), mum ile kaplanmış Navel portakallarının 180-200 ng/L düzeyinde ozon içeren atmosferde 35 gün depolanması sonucunda 3 aktif madde kalıntılarının normal atmosferde depolamadakine göre çok daha fazla azaldığı belirlenmiştir (Metzger ve ark., 2007). Başka bir çalışmada ise, laboratuvar koşullarında iki farklı pestisit uygulanan domateslerde, pestisitlerin giderimi, renk ve askorbik asit içerikleri açısından incelenmiş; suyla ve ozonlu suyla yıkama uygulamaları arasında pestisit giderimi açısından farklılıkların görüldüğü ancak renk ve askorbik asit içerikleri açısından önemli bir fark olmadığı belirlenmiştir (Velioglu ve ark., 2016). Yang ve ark., (2024)'nın yaptığı çalışmada, sebzelerdeki pestisitlerin uzaklaştırılmasında ultrasonik-ozonlama (US/O₃) sürecinin etkinliği incelenmiştir. US/O₃ yöntemi %79,1–92,2 arasında yüksek giderim sağlarken, tek başına ultrason (%40,4–62,4) ve ozon (%32,3–69,6) daha düşük verim göstermiştir. Artan etkinliğin serbest radikal oluşumundan kaynaklandığı belirlenmiştir. Ayrıca pestisit gideriminin sebze yüzeyi ve ultrason frekansına bağlı olduğu görülmüştür. Genel olarak US/O₃ yönteminin, sebzelerde pestisit giderimi için etkili ve umut vadeden bir yöntem olduğunu ortaya koymuşlardır.

Bazı çalışmalarda pestisit kalıntılarının gideriminde ozon, UV, ultrason, deterjan ve sodyum bikarbonat gibi alternatif yöntemler denenmiş (Yang ve ark., 2022; Caponio ve ark., 2023; Bae ve ark., 2023); ancak hiçbirinin pestisitleri tamamen gideremediği görülmüştür. Arındırma etkinliği; işlem süresi, gıda türü, pestisit türü ve kalıntı yoğunluğu gibi faktörlere bağlı olduğu kaydedilmektedir (Yang ve ark., 2022; Studziński ve ark., 2024).

Son yıllarda geliştirilen mutfak elektrolize su cihazları (EWD'ler), suyun elektrolizi ile reaktif hidroksil radikalleri oluşturarak, pestisitlerin parçalanmasını hedeflenmiştir. Bu süreçte suyun negatif redoks değeri kazandığı, ancak elektroliz durduğunda hızla eski haline döndüğü belirtilmektedir. Bu cihazlar ayrıca ultrason ve UV ışınımı kullanarak kavitasyon ve fotoliz mekanizmalarıyla pestisit giderimini artırdığı tespit edilmiştir. Yapılan bir çalışmada EWD'lerin limon, salatalık ve havuç üzerindeki pestisit kalıntılarını giderme etkisi incelenmiş, su ile yapılan geleneksel yıkama yöntemleri

ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, suda çözünebilen pestisitlerde (malathion ve fenitrothion) %80'e kadar azalma sağlandığını, ancak lipofilik p,p'-DDT'de etkinliğin %20–40 ile sınırlı kaldığını göstermiştir. Ancak DDT'nin giderilmesinde geleneksel yöntemler daha etkili olduğu görülmüştür. Genel olarak EWD'lerin etkili olduğu, fakat farklı pestisitler için optimizasyon gerektiği belirtilmiştir (Studziński ve ark., 2024).

Pestisit kalıntılarının giderilmesinde etkili temizleme yönteminin belirlenmesi için pestisit türü ve fizikokimyasal özelliklerinin dikkate alınması gerekmektedir. Gıda ürünlerinde bulunan pestisit kalıntılarının, kullanılan yıkama maddeleri ve uygulanan işleme yöntemlerine bağlı olarak farklı oranlarda azaltılabildiği görülmektedir. Bu süreçteki değişimler, pestisit ile kullanılan kimyasalların özellikleri ve uygulanan gıda işleme tekniklerinin niteliğine bağlıdır.

Sonuç olarak, pestisit kullanımında tarımsal üretime sağladığı faydalar ile çevre ve insan sağlığı üzerinde oluşturabileceği olası riskler arasında dengeli bir yaklaşım benimsenmesi gerekmektedir. Pestisitlerin bilinçsiz ve aşırı kullanımından kaynaklanan olumsuz etkilerin azaltılması için biyopestisitlerin kullanımının yaygınlaştırılması, entegre zararlı yönetimi uygulamalarının geliştirilmesi ve sürdürülebilir tarım yöntemlerinin desteklenmesi, biyolojik mücadele, organik tarım gibi uygulamalar ile bu konularla ilgili eğitim faaliyetlerinin artırılarak daha az kimyasal kullanımı sağlanması büyük önem taşımaktadır. Bu yaklaşımlar, hem tarımsal verimliliğin korunmasına hem de ekosistem dengesinin ve insan sağlığının sürdürülebilirliğine katkı sağlayacaktır. Bu nedenle, biyoçeşitliliğin korunması ve ekosistem sağlığının sürdürülebilmesi için pestisit kullanımının kontrollü bir şekilde yönetilmesi, çevre dostu alternatif mücadele yöntemlerinin yaygınlaştırılması ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının desteklenmesi büyük önem taşımaktadır.

Kaynaklar

- Abdel-Latef, A. A. H., & L. S. P. Tran. (2019). Impacts of priming with beneficial bacteria on plants' growth and stress tolerance: A review. *Soil Science and Plant Nutrition*, 65(4): 467-479
- Ahmad, M. F., Ahmad, F. A., Alsayegh, A. A., Zeyauallah, M., AlShahrani, A. M., Muzammil, K., ... & Hussain, S. (2024). Pesticides impacts on human health and the environment with their mechanisms of action and possible countermeasures. *Heliyon*, 10(7)
- Ahouangninou, C., Martin, T., Edorh, P., Bio-Bangana, S., Samuel, O., St-Laurent, L., ... & Fayomi, B. (2012). Characterization of health and environmental risks of pesticide use in market-gardening in the rural city of Tori-Bossito in Benin, West Africa.
- Albaseer, S. S., Jaspers, V. L., Orsini, L., Vlahos, P., Al-Hazmi, H. E., & Hollert, H. (2025). Beyond the field: How pesticide drift endangers biodiversity. *Environmental Pollution*, 366, 125526.
- Ali, I. M. (2023). The harmful effects of pesticides on the environment and human health: A review.
- Anonim, (2025). İl Düzeyinde Bitki Koruma Ürünlerinin Aktif Madde Üzerinden Kullanım (Zirai Mücadele Uygulamalarında) Miktarları, (2025). https://www.tarimorman.gov.tr/GKGM/Belgeler/DB_Bitki_Koruma_Urunleri/Istatistik/Il_Duzeyinde_BKU_Kullanim_Miktarlari_2025.pdf 05.06.2026
- Anonymous, (2026a). 2026 HRAC Global Herbicide MoA Classification. <https://hrac-global.com/tools/2026-hrac-global-herbicide-moa-classification> 18.06.2026
- Anonymous, (2026b). Mode Of Action Classification Scheme (IRAC). <https://irac-online.org/documents/moa-classification/> 18.06.2026)
- Anonymous, (2024). FRAC Code List 2024: Fungal control agents sorted by cross-resistance pattern and mode of action (including coding for FRAC Groups on product labels) <https://www.frac.info/media/kufnaceb/frac-code-list-2024.pdf> 05.06.2026
- Arya, S. U. N. I. T. A., Sudhakar, P. R. A. K. A. S. H., & Dwivedi, N. A. M. R. A. T. A. (2021). Pesticides and its impact on biodiversity and environment. *Iconic Res. Eng. J*, 4, 12-15.
- Aydar, A. Y., Aydın, T., Karaiz, A., Alabey, F., Kothakota, A., Raposo, A., ... & Pandiselvam, R. (2023). Effect of ultrasound assisted cleaning on pesticide removal and quality characteristics of Vitis vinifera leaves. *Ultrasonics Sonochemistry*, 92, 106279.
- Azam, S. R., Ma, H., Xu, B., Devi, S., Siddique, M. A. B., Stanley, S. L., ... & Zhu, J. (2020). Efficacy of ultrasound treatment in the removal of pesticide residues from fresh vegetables: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 97, 417-432.
- Bae, J. Y., Lee, D. Y., Oh, K. Y., Jeong, D. K., Lee, D. Y., & Kim, J. H. (2023). Photochemical advanced oxidative process treatment effect on the pesticide residues reduction and quality changes in dried red peppers. *Scientific Reports*, 13(1), 4444.

- Bagchi, M., Ghosh, S., Bagchi, D., Hassoun, E., & Stohs, S. J. (1995). Protective effects of lazardoid U74389F (16-desmethyl tirilazad) on endrin-induced lipid peroxidation and DNA damage in brain and liver and regional distribution of catalase activity in rat brain. *Free Radical Biology and Medicine*, 19(6), 867-872.
- Bailey, S. W. (2004). Climate change and decreasing herbicide persistence. *Pest Management Science: Formerly Pesticide Science*, 60(2), 158-162.
- Bakshi, B., Nawrotzki, R. J., Donato, J. R., & Lelis, L. S. (2019). Exploring the link between climate variability and mortality in Sub-Saharan Africa. *International Journal of Environment and Sustainable Development*, 18(2), 206-237.
- Balkan, T., & Yılmaz, Ö. (2022). Efficacy of some washing solutions for removal of pesticide residues in lettuce. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 11(1), 143.
- Barbercheck, M. E., & Wallace, J. (2021). Weed–insect interactions in annual cropping systems. *Annals of the Entomological Society of America*, 114(2), 276-291.
- Biesmeijer, J. C., Roberts, S. P., Reemer, M., Ohlemuller, R., Edwards, M., Peeters, T., ... & Kunin, W. E. (2006). Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science*, 313(5785), 351-354.
- Biondi, A., Desneux, N., Siscaro, G., & Zappalà, L. (2012). Using organic-certified rather than synthetic pesticides may not be safer for biological control agents: selectivity and side effects of 14 pesticides on the predator *Orius laevigatus*. *Chemosphere*, 87(7), 803-812.
- Birişik, N., Özdem, A., Karahan, A., Sezgen, M., Ertürk, S., Alkan, M., & Bayram, Y. (2018). Teoriden pratiğe kimyasal mücadele. *N. Birişik, Dü.) Ankara: Matsa Basımevi*.
- Bloomfield, J. P., Williams, R. J., Gooddy, D. C., Cape, J. N., & Guha, P. M. (2006). Impacts of climate change on the fate and behaviour of pesticides in surface and groundwater—a UK perspective. *Science of the total Environment*, 369(1-3), 163-177.
- Bonnechère, A., Hanot, V., Bragard, C., Bedoret, T., & van Loco, J. (2012). Effect of household and industrial processing on the levels of pesticide residues and degradation products in melons. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 29(7), 1058-1066.
- Brakes, C. R., & Smith, R. H. (2005). Exposure of non-target small mammals to rodenticides: short-term effects, recovery and implications for secondary poisoning. *Journal of Applied Ecology*, 42(1), 118-128.
- Brammall, R. A., & Higgins, V. J. (1988). The effect of glyphosate on resistance of tomato to *Fusarium* crown and root rot disease and on the formation of host structural defensive barriers. *Canadian Journal of Botany*, 66(8), 1547-1555.
- Brühl, C. A., & Zaller, J. G. (2019). Biodiversity decline as a consequence of an inappropriate environmental risk assessment of pesticides. *Frontiers in Environmental Science*, 7, 464007.

- Buysens, C., Dupré de Boulois, H., & Declerck, S. (2015). Do fungicides used to control *Rhizoctonia solani* impact the non-target arbuscular mycorrhizal fungus *Rhizophagus irregularis*?. *Mycorrhiza*, 25(4), 277-288.
- Cáceres, T., Megharaj, M., & Naidu, R. (2008). Degradation of fenamiphos in soils collected from different geographical regions: the influence of soil properties and climatic conditions. *Journal of Environmental Science and Health Part B*, 43(4), 314-322.
- Caponio, G., Vendemia, M., Mallardi, D., Marsico, A. D., Alba, V., Gentile, G., ... & Coletta, A. (2023). Pesticide residues and berry microbiome after ozonated water washing in table grape storage. *Foods*, 12(17), 3144.
- Carere, M., Miniero, R., & Cicero, M. R. (2011). Potential effects of climate change on the chemical quality of aquatic biota. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 30(8), 1214-1221.
- Cengiz, M. F., Basancelebi, O., Başlar, M., & Certel, M. (2021). A novel technique for the reduction of pesticide residues by a combination of low-intensity electrical current and ultrasound applications: A study on lettuce samples. *Food Chemistry*, 354, 129360.
- Cengiz, M. F., Başlar, M., Basancelebi, O., & Kılıçlı, M. (2018). Reduction of pesticide residues from tomatoes by low intensity electrical current and ultrasound applications. *Food chemistry*, 267, 60-66.
- Choudhury, P. P., & Saha, S. (2020). Dynamics of pesticides under changing climatic scenario. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(Suppl 1), 814.
- Cochard, R., Maneepitak, S., & Kumar, P. (2014). Aquatic faunal abundance and diversity in relation to synthetic and natural pesticide applications in rice fields of Central Thailand. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 10(2), 157-173.
- Cycoń, M., Mroziak, A., & Piotrowska-Seget, Z. (2019). Antibiotics in the soil environment—degradation and their impact on microbial activity and diversity. *Frontiers in microbiology*, 10, 338.
- Damalas, C. A., & Eleftherohorinos, I. G. (2011). Pesticide exposure, safety issues, and risk assessment indicators. *International journal of environmental research and public health*, 8(5), 1402-1419.
- de Jong, F. M., de Snoo, G. R., & van de Zande, J. C. (2008). Estimated nationwide effects of pesticide spray drift on terrestrial habitats in the Netherlands. *Journal of Environmental Management*, 86(4), 721-730.
- de São José, J. F. B., de Andrade, N. J., Ramos, A. M., Vanetti, M. C. D., Stringheta, P. C., & Chaves, J. B. P. (2014). Decontamination by ultrasound application in fresh fruits and vegetables. *Food control*, 45, 36-50.
- de Souza, R. M., Seibert, D., Quesada, H. B., de Jesus Bassetti, F., Fagundes-Klen, M. R., & Bergamasco, R. (2020). Occurrence, impacts and general aspects of pesticides in surface water: A review. *Process Safety and Environmental Protection*, 135, 22-37.

- Delcour, I., Spanoghe, P., & Uyttendaele, M. (2015). Literature review: Impact of climate change on pesticide use. *Food Research International*, 68, 7-15.
- Desneux, N., Decourtye, A., & Delpuech, J. M. (2007). The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annu. Rev. Entomol.*, 52(1), 81-106.
- Doğanlar, Z. B., Doğanlar, O., Tozkir, H., Gökalp, F. D., Doğan, A., Yamaç, F., ... & Aktaş, Ü. E. (2018). Nonoccupational exposure of agricultural area residents to pesticides: pesticide accumulation and evaluation of genotoxicity. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 75(4), 530-544.
- Donald, D. B., Syrgiannis, J., Hunter, F., & Weiss, G. (1999). Agricultural pesticides threaten the ecological integrity of northern prairie wetlands. *Science of the Total Environment*, 231(2-3), 173-181.
- Dreistadt S. H., Clark J. K. & Flint M. L. (1994). Pests of landscape trees and shrubs. An integrated pest management guide. University of California Division of Agriculture and Natural Resources. Publication No. 3359.
- Eitzinger, J., Trnka, M., Semerádová, D., Thaler, S., Svobodová, E., Hlavinka, P., ... & Žalud, Z. (2013). Regional climate change impacts on agricultural crop production in Central and Eastern Europe—hotspots, regional differences and common trends. *The Journal of Agricultural Science*, 151(6), 787-812.
- Elmastas, A., Umaz, A., Pirinc, V., & Aydin, F. (2023). Quantitative determination and removal of pesticide residues in fresh vegetables and fruit products by LC–MS/MS and GC–MS/MS. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(2), 277.
- Farha, W., Abd El-Aty, A. M., Rahman, M. M., Jeong, J. H., Shin, H. C., Wang, J., ... & Shim, J. H. (2018). Analytical approach, dissipation pattern and risk assessment of pesticide residue in green leafy vegetables: A comprehensive review. *Biomedical Chromatography*, 32(1), e4134.
- Fatih, C. M., & Muharrem, C. (2012). Decontamination techniques of pesticide residues before food processing or consumption *Akad. Gıda*, 10(2), 69-74.
- Fletcher, J. S., Pfleeger, T. G., & Ratsch, H. C. (1993). Potential environmental risks associated with the new sulfonylurea herbicides. *Environmental science & technology*, 27(10), 2250-2252.
- Fletcher, M. A. R. K., & Barnett, L. (2003). Bee pesticide poisoning incidents in the United Kingdom. *Bulletin of insectology*, 56(1), 141-145.
- Ganaie, M. I., Jan, I., Mayer, A. N., Dar, A. A., Mayer, I. A., Ahmed, P., & Sofi, J. A. (2023). Health risk assessment of pesticide residues in drinking water of upper Jhelum region in Kashmir Valley-India by GC-MS/MS. *International Journal of Analytical Chemistry*, 2023(1), 6802782.
- Gangoso, L., Alcaide, M., Grande, J. M., Muñoz, J., Talbot, S. L., & Sanchez-Zapata, J. A. (2013). Reinventing the wheel: The process of transforming scientific literature into usable knowledge for conservation. *Animal Conservation*, 16(2): 125-126.

- Garud, A., Pawar, S., Patil, M. S., Kale, S. R., & Patil, S. (2024). A scientific review of pesticides: Classification, toxicity, health effects, sustainability, and environmental impact. *Cureus*, 16(8).
- Geiger, F., Bengtsson, J., Berendse, F., Weisser, W. W., Emmerson, M., Morales, M. B., ... & Inchausti, P. (2010). Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. *Basic and applied ecology*, 11(2), 97-105.
- Georgina Menon, K., Venkateshwar Reddy, K., Boje Gowd, B. H., Paul Vijay, P., & Jhansi, R. (2025). Pesticides and climate change feedback loop. In *The Interplay of Pesticides and Climate Change: Environmental Dynamics and Challenges* (pp. 129-147). Cham: Springer Nature Switzerland.
- Gibbons, D., Morrissey, C., & Mineau, P. (2015). A review of the direct and indirect effects of neonicotinoids and fipronil on vertebrate wildlife. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(1), 103-118.
- Goel, A., & Aggarwal, P. (2007). Pesticide poisoning. *National medical journal of India*, 20(4), 182.
- Goel, A., McConnell, L. L., & Torrents, A. (2005). Wet deposition of current use pesticides at a rural location on the Delmarva Peninsula: impact of rainfall patterns and agricultural activity. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(20), 7915-7924.
- Goulet, H., & Masner, L. (2017). *Impact of herbicides on the insect and spider diversity in eastern Canada. Biodiversity* 18: 50–57.
- Grafton-Cardwell, E. E., Lee, J. E., Stewart, J. R., & Olsen, K. D. (2006). Role of two insect growth regulators in integrated pest management of citrus scales. *Journal of Economic Entomology*, 99(3), 733-744.
- Guitart, R., Sachana, M., Caloni, F., Croubels, S., Vandenbroucke, V., & Berny, P. (2010). Animal poisoning in Europe. Part 3: wildlife. *The Veterinary Journal*, 183(3), 260-265.
- Han, Y., Mo, R., Yuan, X., Zhong, D., Tang, F., Ye, C., & Liu, Y. (2017). Pesticide residues in nut-planted soils of China and their relationship between nut/soil. *Chemosphere*, 180, 42-47.
- Hanedar, A., Tanık, A., & Girgin, E. (2023). Yeşil Mutabakat Kapsamında Pestisit Yönetimi ve Türkiye. *Çevre İklim ve Sürdürülebilirlik*, 24(2), 87-96.
- Hernández, A. F., Parrón, T., Tsatsakis, A. M., Requena, M., Alarcón, R., & López-Guarnido, O. (2013). Toxic effects of pesticide mixtures at a molecular level: their relevance to human health. *Toxicology*, 307, 136-145.
- Heshmati, A., Nili-Ahmadabadi, A., Rahimi, A., Vahidinia, A., & Taheri, M. (2020). Dissipation behavior and risk assessment of fungicide and insecticide residues in grape under open-field, storage and washing conditions. *Journal of cleaner production*, 270, 122287.

- Holland, P. T., Hamilton, D., Ohlin, B., & Skidmore, M. W. (1994). Effects of storage and processing on pesticide residues in plant products. *Pure and applied chemistry*, 66(2), 335-356.
- Hwang, E. S., Cash, J. N., & Zabik, M. J. (2001). Postharvest treatments for the reduction of mancozeb in fresh apples. *Journal of agricultural and food chemistry*, 49(6), 3127-3132.
- IPCC (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Irigaray, F. J. S. D. C., Zalom, F. G., & Thompson, P. B. (2007). Residual toxicity of acaricides to *Galendromus occidentalis* and *Phytoseiulus persimilis* reproductive potential. *Biological Control*, 40(2), 153-159.
- Ismail, B. S., & Azlizan, B. A. (2002). Persistence and bioactivity of metsulfuron-methyl in three soils. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 37(4), 345-353.
- Jaga, K., & Dharmani, C. (2003). Toxicity, mechanism and health effects of some pesticides. *Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 73, 111-114.
- Jahn, T., Hötter, H., Oppermann, R., Bleil, R., & Vele, L. (2014). Protection of Biodiversity of Free Living Birds and Mammals in Respect of the Effects of Pesticides. Federal Environment Agency (Umweltbundesamt). P. 519.
- Jampílek, J., & Kráľová, K. (2023). Bioremediation of fungicide-contaminated environment. In *Biofungicides: eco-safety and future trends* (pp. 268-321). CRC Press.
- Johnson, A. W., Wauchope, R. D., & Burgoa, B. (1995). Effect of simulated rainfall on leaching and efficacy of fenamiphos. *Journal of nematology*, 27(4S), 555.
- Kaka, H., Opute, P. A., & Maboeta, M. S. (2021). Potential impacts of climate change on the toxicity of pesticides towards earthworms. *Journal of Toxicology*, 2021(1), 8527991.
- Kapka-Skrzypczak, L., Czajka, M., Sawicki, K., Matysiak-Kucharek, M., Gabelova, A., Sramkova, M., ... & Kruszewski, M. (2019). Assessment of DNA damage in Polish children environmentally exposed to pesticides. *Mutation Research/ Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 843, 52-56.
- Karaca, H., Walse, S. S., & Smilanick, J. L. (2012). Effect of continuous 0.3 µL/L gaseous ozone exposure on fungicide residues on table grape berries. *Postharvest biology and technology*, 64(1), 154-159.
- Kaushik, E., Shandil, D., Dubey, J. K., & Katna, S. (2023). Dissipation and Decontamination of Dimethoate and Malathion Residues in Tomato (*Lycopersicum Esculentum* Mill.). *Available at SSRN 4331117*.
- Kenarova, A., & Boteva, S. (2023). Fungicides in agriculture and their side effects on soil enzyme activities: a review. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 29(1).
- Kim, K. H., Kabir, E., & Jahan, S. A. (2017). Exposure to pesticides and the associated human health effects. *Science of the total environment*, 575, 525-535.

- Sathish Kumar, J. K., Monica, S. S., Vinothkumar, B., Suganthi, A., & Paramasivam, M. (2024). Impact of Pesticide Exposure on Environment and Biodiversity: A Review. *Agricultural Reviews*, 45(1).
- Lavy, T. L., & Rathinasabapathi, B. (2021). Herbicide impacts on non-target plants. *Pest Management Science*, 772, 414-423.
- Lazarević-Pašti, T., Milanković, V., Tasić, T., Petrović, S., & Leskovac, A. (2025). With or without you?—a critical review on pesticides in food. *Foods*, 14(7), 1128.
- Leskovac, A., & Petrović, S. (2023). Pesticide use and degradation strategies: food safety, challenges and perspectives. *Foods*, 12(14), 2709.
- Li, Y., Zhang, C., Yin, Y., Cui, F., Cai, J., Chen, Z., ... & Hu, R. (2014). Neurological effects of pesticide use among farmers in China. *International journal of environmental research and public health*, 11(4), 3995-4006.
- Liu, C., Chen, R., Liu, F., Gao, Z., Li, X., Wang, Y., ... & Li, Y. (2023). Distribution pattern, removal effect, transfer behavior of ten pesticides and one metabolite during the processing of grapes. *Food Research International*, 164, 112398.
- Liu, N., Dong, F., Liu, X., Xu, J., Li, Y., Han, Y., ... & Zheng, Y. (2014). Effect of household canning on the distribution and reduction of thiophanate-methyl and its metabolite carbendazim residues in tomato. *Food Control*, 43, 115-120.
- Locke, D., Landivar, J. A., & Moseley, D. (1995). The effects of rate and timing of glyphosate applications on defoliation efficiency, regrowth inhibition, lint yield, fiber quality and seed quality.
- Loh, W., & Tang, M. L. (2018). The epidemiology of food allergy in the global context. *International journal of environmental research and public health*, 15(9), 2043.
- Lozowicka, B., Jankowska, M., Hrynko, I., & Kaczynski, P. (2016). Removal of 16 pesticide residues from strawberries by washing with tap and ozone water, ultrasonic cleaning and boiling. *Environmental monitoring and assessment*, 188(1), 51.
- Lu, X. M., & Lu, P. Z. (2018). Response of microbial communities to pesticide residues in soil restored with *Azolla imbricata*. *Applied microbiology and biotechnology*, 102(1), 475-484.
- Mahmood, I., Imadi, S. R., Shazadi, K., Gul, A., & Hakeem, K. R. (2016). Effects of pesticides on environment. In *Plant, soil and microbes: volume 1: implications in crop science* (pp. 253-269). Cham: Springer International Publishing.
- Magné, C., Saladin, G., & Clément, C. (2006). Transient effect of the herbicide flaza-sulfuron on carbohydrate physiology in *Vitis vinifera* L. *Chemosphere*, 62(4), 650-657.
- Metzger, C., Barnes, J. D., Singleton, I., & Andrews, P. (2007, October). Effect of low level ozone-enrichment on the quality and condition of citrus fruit under semi-commercial conditions. In *IOA conference and exhibition* (Vol. 11, pp. 1-7).

- Miah, S. J., Hoque, A., Paul, A., & Rahman, A. (2014). Unsafe use of pesticide and its impact on health of farmers: a case study in Burichong Upazila, Bangladesh. *cancer*, 21(3), 22-30.
- Mineau, P., & Whiteside, M. (2013). Pesticide acute toxicity is a better correlate of US grassland bird declines than agricultural intensification. *PloS one*, 8(2), e57457.
- Miraglia, M., Marvin, H. J. P., Kleter, G. A., Battilani, P., Brera, C., Coni, E., ... & Vespermann, A. (2009). Climate change and food safety: an emerging issue with special focus on Europe. *Food and chemical toxicology*, 47(5), 1009-1021.
- Mostafalou, S., & Abdollahi, M. (2013). Pesticides and human chronic diseases: evidences, mechanisms, and perspectives. *Toxicology and applied pharmacology*, 268(2), 157-177.
- Naz, S., Iqbal, S. S., Manan, A., Chatha, M., & Zia, M. (2023). The web of life: Role of pesticides in the biodiversity decline. *International Journal of Forest Sciences*, 3(2), 72-94.
- Noegrohati, S., Narsito, Hadi, S., & Sanjayadi. (2008). Fate and behavior of organochlorine pesticides in the Indonesian tropical climate: a study in the Segara Anakan estuarine ecosystem. *CLEAN–Soil, Air, Water*, 36(9), 767-774.
- Noyes, P. D., McElwee, M. K., Miller, H. D., Clark, B. W., Van Tiem, L. A., Walcott, K. C., ... & Levin, E. D. (2009). The toxicology of climate change: environmental contaminants in a warming world. *Environment international*, 35(6), 971-986.
- O'Driscoll, J. H., Healy, M. G., Siggins, A., McGinley, J., O'Brien, E., Wang, J., ... & Ryan, P. C. (2025). Quantifying the influence of climate change on pesticide risks in drinking water. *Science of the Total Environment*, 972, 179090.
- Oliver, D. P., Kookana, R. S., Anderson, J. S., Cox, J., Waller, N., & Smith, L. (2012). The off-site transport of pesticide loads from two land uses in relation to hydrological events in the Mt. Lofty Ranges, South Australia. *Agricultural water management*, 106, 70-77.
- Oliveira, A. R., Barros, S. C., Torres, D., & Sanches Silva, A. (2025). Strategies to Determine and Mitigate Pesticide Residues in Food. *Molecules*, 31(1), 63.
- Otieno, P. O., Owuor, P. O., Lalah, J. O., Pfister, G., & Schramm, K. W. (2013). Impacts of climate-induced changes on the distribution of pesticides residues in water and sediment of Lake Naivasha, Kenya. *Environmental monitoring and assessment*, 185(3), 2723-2733.
- Öcalan, O. N., Balkan, T., Dinçer, E., Kızılarşlan, M., Çezik, F., Al-Salihi, A., & Saraçoğlu, O. (2025). Effect of washing treatments on the removal of pesticide residues, bioactive compounds, and post-harvest quality of sweet cherries (*Prunus avium* L.). *BMC Plant Biology*, 25(1), 1-11.
- Parven, A., Meftaul, I. M., Venkateswarlu, K., & Megharaj, M. (2025). Herbicides in modern sustainable agriculture: environmental fate, ecological implications, and human health concerns. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 22(2), 1181-1202.

- Parween, T., Jan, S., Mahmooduzzafar, S., Fatma, T., & Siddiqui, Z. H. (2016). Selective effect of pesticides on plant—a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 56(1), 160-179.
- Pathak, V. M., Verma, V. K., Rawat, B. S., Kaur, B., Babu, N., Sharma, A., ... & Cunnill, J. M. (2022). Current status of pesticide effects on environment, human health and it's eco-friendly management as bioremediation: A comprehensive review. *Frontiers in microbiology*, 13, 962619.
- Patterson, D. T., Westbrook, J. K., Joyce, R. J. V., Lingren, P. D., & Rogasik, J. (1999). Weeds, insects, and diseases. *Climatic change*, 43(4), 711-727.
- Polat, B. (2021). Reduction of some insecticide residues from grapes with washing treatments. *Turkish journal of entomology*, 45(1), 125-137.
- Preeti, S., Aksha, S., Nakuleshwar, J. D., Nidhi, S., & Suresh, J. C. (2015). A review on toxicological effects of fungicides. *Research Journal of Pharmaceutical Biological and Chemical Sciences*, 6(2), 348-360.
- Prem Anand, T., Shanthini, C. F., & Chellaram, C. (2012). Screening for herbicidal and growth promotor activities in marine bacteria.
- Qi, H., Huang, Q., & Hung, Y. C. (2018). Effectiveness of electrolyzed oxidizing water treatment in removing pesticide residues and its effect on produce quality. *Food chemistry*, 239, 561-568.
- Qi, B., Gordon, G., & Gimme, W. (2001). Effects of neem-fed prey on the predacious insects *Harmonia conformis* (Boisduval)(Coleoptera: Coccinellidae) and *Mallada signatus* (Schneider)(Neuroptera: Chrysopidae). *Biological Control*, 22(2), 185-190.
- Quandahor, P., Kim, L., Kim, M., Lee, K., Kusi, F., & Jeong, I. H. (2024). Effects of agricultural pesticides on decline in insect species and individual numbers. *Environments*, 11(8), 182.
- Ran, X. L., Zhang, M., Wang, Y., & Bhandari, B. (2019). Dielectric properties of carrots affected by ultrasound treatment in water and oil medium simulated systems. *Ultrasonics sonochemistry*, 56, 150-159.
- Randhawa, M. A., Anjum, F. M., Ahmed, A., & Randhawa, M. S. (2007). Field incurred chlorpyrifos and 3, 5, 6-trichloro-2-pyridinol residues in fresh and processed vegetables. *Food Chemistry*, 103(3), 1016-1023.
- Rani, L., Thapa, K., Kanojia, N., Sharma, N., Singh, S., Grewal, A. S., ... & Kaushal, J. (2021). An extensive review on the consequences of chemical pesticides on human health and environment. *Journal of cleaner production*, 283, 124657.
- Rattner, B. A., White, J. M., Turcotte, C., Warner, S. E., & Porter, W. F. (2008). Rodenticides: Risks to fish, wildlife, and invertebrates. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 198, 1-114.
- Resende-Silva, G. A., Turchen, L. M., Guedes, R. N. C., & Cutler, G. C. (2019). Imidacloprid soil drenches affect weight and functional response of spined soldier bug (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of economic entomology*, 112(2), 558-564.

- Rogan, W. J., & Chen, A. (2005). Health risks and benefits of bis (4-chlorophenyl)-1, 1, 1-trichloroethane (DDT). *The Lancet*, 366(9487), 763-773.
- Roos, J., Hopkins, R., Kvarnheden, A., & Dixelius, C. (2011). The impact of global warming on plant diseases and insect vectors in Sweden. *European journal of plant pathology*, 129(1), 9-19.
- Rosenzweig, C., Iglesias, A., Yang, X. B., Epstein, P. R., & Chivian, E. (2001). Climate change and extreme weather events-Implications for food production, plant diseases, and pests.
- Roy, W. R., Krapac, I. G., Chou, S. J., & Simmons, F. W. (2001). Pesticide storage and release in unsaturated soil in Illinois, USA. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 36(3), 245-260.
- Sabarwal, A., Kumar, K., & Singh, R. P. (2018). Hazardous effects of chemical pesticides on human health—Cancer and other associated disorders. *Environmental toxicology and pharmacology*, 63, 103-114.
- Sacramento, C. A. (2008). Department of pesticide regulation “What are the potential health effects of pesticides?”. *Community guide to recognizing and reporting pesticide problems*, 352, 27-29.
- Saha, A., Ghosh, R. K., & Basak, B. B. (2019). Fate and behavior of pesticides and their effect on soil biological properties under climate change scenario. In *Sustainable management of soil and environment* (pp. 259-288). Singapore: Springer Singapore.
- Sánchez-Bayo, F. (2021). Indirect effect of pesticides on insects and other arthropods. *Toxics*, 9(8), 177.
- Sánchez-Bayo, F., Goulson, D., Pennacchio, F., Nazzi, F., Goka, K., & Desneux, N. (2016). Are bee diseases linked to pesticides?—A brief review. *Environment international*, 89, 7-11.
- Sathish Kumar, J. K., Monica, S. S., Vinothkumar, B., Suganthi, A., & Paramasivam, M. (2024). Impact of Pesticide Exposure on Environment and Biodiversity: A Review. *Agricultural Reviews*, 45(1).
- Scherm, H. (2004). Climate change: can we predict the impacts on plant pathology and pest management?. *Canadian journal of plant pathology*, 26(3), 267-273.
- Schneider, M., Endo, S., & Goss, K. U. (2013). Volatilization of pesticides from the bare soil surface: evaluation of the humidity effect. *Journal of Environmental Quality*, 42(3), 844-851.
- Seeland, A., Oehlmann, J., & Müller, R. (2012). Aquatic ecotoxicity of the fungicide pyrimethanil: Effect profile under optimal and thermal stress conditions. *Environmental pollution*, 168, 161-169.
- Sharma, I., Bhardwaj, R., & Pati, P. K. (2015). Exogenous application of 28-homobrassinolide modulates the dynamics of salt and pesticides induced stress responses in an elite rice variety Pusa Basmati-1. *Journal of plant growth regulation*, 34(3), 509-518.

- Shymko, J. L., Farenhorst, A., & Zvomuya, F. (2011). Polynomial response of 2, 4-D mineralization to temperature in soils at varying soil moisture contents, slope positions and depths. *Journal of Environmental Science and Health Part B*, 46(4), 301-312.
- Singh, S., Sharma, S., Sarma, S. J., Misra, K., & Brar, S. K. (2021). Pesticides in water. In *Handbook of water purity and quality* (pp. 231-253). Academic Press.
- Stanley, J., & Preetha, G. (2016). Pesticide toxicity to microorganisms: exposure, toxicity and risk assessment methodologies. In *Pesticide Toxicity to Non-Target Organisms: Exposure, Toxicity and Risk Assessment Methodologies* (pp. 351-410). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Studziński, W., Narloch, I., & Dąbrowski, Ł. (2024). Removal of pesticides from lemon and vegetables using electrolyzed water kitchen devices. *Molecules*, 29(23), 5797.
- Sun, Y., Li, M., Zhang, W., & Xu, J. (2021). Effects of pesticides on soil microbial diversity and functions: A review. *Environmental Pollution*, 288, 117815.
- Syafrudin, M., Kristanti, R. A., Yuniarto, A., Hadibarata, T., Rhee, J., Al-Onazi, W. A., ... & Al-Mohaimed, A. M. (2021). Pesticides in drinking water—a review. *International journal of environmental research and public health*, 18(2), 468.
- Syromyatnikov, M. Y., Isuwa, M. M., Savinkova, O. V., Derevshchikova, M. I., & Popov, V. N. (2020). The effect of pesticides on the microbiome of animals. *Agriculture*, 10(3), 79.
- Székács, A. (2021). Herbicide mode of action. In *Herbicides* (pp. 41-86). Elsevier.
- Tang, F. H., Lenzen, M., McBratney, A., & Maggi, F. (2021). Risk of pesticide pollution at the global scale. *Nature geoscience*, 14(4), 206-210.
- Terfe, A., Mekonen, S., & Jemal, T. (2023). Pesticide residues and effect of household processing in commonly consumed vegetables in Jimma Zone, Southwest Ethiopia. *Journal of Environmental and Public Health*, 2023(1), 7503426.
- Thind, T. S. (2017). Role of fungicides in crop health management: prospects and challenges. *Developments in fungal biology and applied mycology*, 433-447.
- Thomas, W. E., Pline-Srnić, W. A., Thomas, J. F., Edmisten, K. L., Wells, R., & Wilcut, J. W. (2004). Glyphosate negatively affects pollen viability but not pollination and seed set in glyphosate-resistant corn. *Weed Science*, 52(5), 725-734.
- Tiryaki, O., & Polat, B. (2023). Effects of washing treatments on pesticide residues in agricultural products. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, (29), 1-11.
- Tsipi, D., Triantafyllou, M., & Hiskia, A. (1999). Determination of organochlorine pesticide residues in honey, applying solid phase extraction with RP-C18 material. *Analyst*, 124(4), 473-475.
- Ukhurebor, K. E., Aigbe, U. O., Olayinka, A. S., Nwankwo, W., & Emegha, J. O. (2020). Climatic change and pesticides usage: a brief review of their implicative relationship. *AU E-Journal of Interdisciplinary Research*, 5(1).

- Velioğlu, Y. S., Cönger, E., & Aksu, P. (2016). OZONLU SUYLA YIKAMANIN DOMATESLERDE PESTİSİT GİDERİMİ, ASKORBİK ASİT VE RENK ÜZERİNE ETKİLERİ. *Gıda*, 41(5), 337-344.
- Verdadero, F. X. D., Agarap, A. Z., Macatingrao, C. N. E., Ordóñez Jr, I. A., Tavu, L. E. J., Pires, D., & Balendres, M. A. O. (2025). Pesticides in the environment: benefits, harms, and detection methods. *Sci*, 7(4), 171.
- Verma, A. K. (2018). Ecological balance: An indispensable need for human survival. *Journal of Experimental Zoology, India*, 21(1), 407-409.
- Wan, N. F., Fu, L., Dainese, M., Kiær, L. P., Hu, Y. Q., Xin, F., ... & Scherber, C. (2025). Pesticides have negative effects on non-target organisms. *Nature Communications*, 16(1), 1360.
- Wang, W., Song, J. W., Jeong, S. H., Jung, J. H., Seo, J. S., & Kim, J. H. (2023). Dissipation of four typical insecticides on strawberries and effects of different household washing methods. *Foods*, 12(6), 1248.
- Woodcock, B. A., Isaac, N. J., Bullock, J. M., Roy, D. B., Garthwaite, D. G., Crowe, A., & Pywell, R. F. (2016). Impacts of neonicotinoid use on long-term population changes in wild bees in England. *Nature communications*, 7(1), 12459.
- Wu, Y., An, Q., Li, D., Wu, J., & Pan, C. (2019). Comparison of different home/commercial washing strategies for ten typical pesticide residue removal effects in kumquat, spinach and cucumber. *International journal of environmental research and public health*, 16(3), 472.
- Xia, X. J., Huang, Y. Y., Wang, L., Huang, L. F., Yu, Y. L., Zhou, Y. H., & Yu, J. Q. (2006). Pesticides-induced depression of photosynthesis was alleviated by 24-epibrassinolide pretreatment in *Cucumis sativus* L. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 86(1), 42-48.
- Xiao, K., Lu, Z., Wang, J., & Cai, M. (2023). 52 Organic pesticides in feathers of three species of migratory birds overwintering in the Tibetan Plateau. *Ecological Indicators*, 149, 110164.
- Yadav, U., & Kumar, D. (2015). Role of Pesticide in Agriculture, Environment and Also in Human Being. *International Journal of Research in Science and Technology*, 5(1), 74-84.
- Yang, L., Xue, F., & He, D. (2024). Removal of six pesticide residues from vegetables by the coupled ultrasonic-ozonation process. *Food Control*, 155, 110109.
- Yang, S. J., Mun, S., Kim, H. J., Han, S. J., Kim, D. W., Cho, B. S., ... & Park, D. W. (2022). Effectiveness of different washing strategies on pesticide residue removal: the first comparative study on leafy vegetables. *Foods*, 11(18), 2916.
- Yang, T., Doherty, J., Zhao, B., Kinchla, A. J., Clark, J. M., & He, L. (2017). Effectiveness of commercial and homemade washing agents in removing pesticide residues on and in apples. *Journal of agricultural and food chemistry*, 65(44), 9744-9752.

- Zain, M. E. (2011). Impact of mycotoxins on humans and animals. *Journal of Saudi chemical society*, 15(2), 129-144.
- Zhang, Z. Y., Zhang, C. Z., Liu, X. J., & Hong, X. Y. (2006). Dynamics of pesticide residues in the autumn Chinese cabbage (*Brassica chinensis* L.) grown in open fields. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 62(4), 350-355.
- Zhou, W., Li, M., & Achal, V. (2025). A comprehensive review on environmental and human health impacts of chemical pesticide usage. *Emerging Contaminants*, 11(1), 100410.
- Zhou, Q., Bian, Y., Peng, Q., Liu, F., Wang, W., & Chen, F. (2019). The effects and mechanism of using ultrasonic dishwasher to remove five pesticides from rape and grape. *Food chemistry*, 298, 125007.
- Zhu, Y., Zhang, T., Xu, D., Wang, S., Yuan, Y., He, S., & Cao, Y. (2019). The removal of pesticide residues from pakchoi (*Brassica rape* L. ssp. *chinensis*) by ultrasonic treatment. *Food Control*, 95, 176-180.



TÜRKİYE’DE KİBRİT ÜRETİMİNİN 100 YILLIK GEÇMİŞİ VE KİBRİT ÜRETİMİNDE TEKEL FABRİKALARININ ROLÜ

“ ”

Sema AYSAL¹
Kübra GÜNDÜZ VAYDOĞAN²

1 Dr. Öğr. Üyesi Sema AYSAL, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9360-8925>, Karabük Üniversitesi, Orman Fakültesi

2 Dr. Öğr. Üyesi Kübra GÜNDÜZ VAYDOĞAN, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2540-5074>, Karabük Üniversitesi, Orman Fakültesi

1. Giriş: Endüstriyel Miras ve Orman Ürünleri Kimyasının Kesişim Noktası Olarak Kibrit

Türkiye Cumhuriyeti'nin iktisadi kalkınma tarihi, hammadde ihracatına dayalı tarımsal bir ekonomiden, katma değer üreten entegre bir sanayi toplumuna geçişin çok katmanlı ve sancılı hikâyesidir. Bu dönüşüm sürecinin en mikro ölçekli fakat stratejik açıdan en sembolik ürünlerinden biri “kibrit”tir. Bir Orman Endüstri Mühendisi ve akademisyen perspektifiyle incelendiğinde kibrit, basit bir ateş yakma aracı olmanın çok ötesinde anlamlar taşır. O, ormancılık politikalarından (kavak plantasyonları ve silvikültür) ahşap kompozit teknolojisine, inorganik kimya sanayisinden makroekonomik devlet politikalarına kadar uzanan geniş bir disiplinler arası spektrumun kesişim kümesidir. Kibrit çöpü olarak adlandırdığımız o ince ahşap parça, aslında Türkiye'nin son yüz yılındaki sanayileşme stratejilerinin, özelleştirme dalgalarının ve değişen tüketim alışkanlıklarının biyolojik ve kimyasal bir kayıdır.

Türkiye’de kibrit üretiminin yüz yıllık serüveni, İmparatorluk’tan Cumhuriyet’e devredilen sanayi mirasının kısıtlılığını, 1930’ların devletçilik ilkesiyle şekillenen “İnhisar” (Tekel) rejiminin kurumsallaşmasını ve 1950 sonrası liberalleşme ile 2000’li yıllardaki özelleştirme süreçlerinin kristalize olmuş bir örneğini teşkil etmektedir. Bu çalışmada, kibrit sanayisinin kuruluşu, TEKEL (İnhisarlar İdaresi) bünyesindeki gelişimi, kullanılan hammadde kaynakları (özellikle *Populus* ve *Pinus* türleri üzerindeki mühendislik seçimleri), üretim teknolojileri ve nihayetinde sektörün tasfiyesi, akademik bir derinlikle ele alınacaktır.

Özellikle orman endüstrisi açısından bakıldığında, kibrit sanayisi, Türkiye’de endüstriyel ağaçlandırmanın ve hızlı gelişen türlerin (*Fast Growing Species*) adaptasyonunun itici güçlerinden biri olmuştur. Kavakçılık Enstitüleri’nin çalışmaları ile kibrit fabrikalarının hammadde talebi arasında doğrudan bir korelasyon bulunmaktadır. Bu rapor, sadece tarihsel bir döküm yapmakla kalmayacak, aynı zamanda odun anatomisi, kimyasal emprenye teknolojileri ve endüstriyel yer seçimi gibi teknik parametreleri de tarihsel bağlamıyla analiz edecektir.

2. Osmanlı’dan Cumhuriyet’e Miras: İthalat Bağımlılığı ve İlk Sanayi Teşebbüsleri

2.1. Osmanlı Döneminde Kibrit Tüketimi ve Kapitülasyonların Gölgesinde Üretim

Osmanlı İmparatorluğu’nda 19. yüzyılın sonlarına kadar kibrit, lüks tüketim maddesi statüsünden çıkarak gündelik hayatın vazgeçilmezi haline gelmiştir. Ancak imparatorluk, bu temel ihtiyacı karşılama noktasında nere-

deyse tamamen dışa bağımlı bir yapı sergilemiştir. Tüketilen kibritlerin tamamına yakını, Avrupa ülkelerinden, özellikle Avusturya, İsveç, Belçika ve İtalya'dan ithal edilmiştir (Arol, 2004). Kapitülasyonların sağladığı gümrük muafiyetleri ve düşük vergi oranları, yerli bir kibrit sanayisinin doğal gelişimini engelleyen en büyük bariyer olmuştur. İthal ürünlerin maliyet avantajı, yerli müteşebbislerin rekabet şansını daha baştan elinden almıştır.

Bu dönemdeki en kayda değer ve trajik girişim, inşaat ruhsatı 1893'te alınan, 1897'de üretime geçen Osmanlı Kibrit Fabrikası'dır (Küçükçekmece / Menekşe). Kaynaklar arasında 'kuruluş' ile 'üretime geçiş' tarihleri farklılık göstermektedir; inşaat 1893, fiili üretim ise 1897'de başlamıştır. (Türkoğlu, 2021). Bu tesis, Fransız sermayesi ve teknolojiyle kurulmuş, dönemin şartlarına göre modern sayılabilecek bir yatırımdı. Ancak fabrika hem teknik yetersizlikler hem hammadde tedarikinde yaşanan lojistik sorunlar hem de ithal kibrit lobilerinin yarattığı rekabet baskısı nedeniyle sürdürülebilir bir üretim modeline kavuşamamıştır. Fabrikanın kısa süre içinde kapanması ve 1901 yılına gelindiğinde artık faal olmadığını rapor edilmesi, Osmanlı sanayileşme hamlelerinin plansızlığını ve kırılganlığını gözler önüne sermektedir (Eryaman, ; Arol, 2004). Bugün bu fabrikadan geriye kalan ve 1991 yılında birinci derece tarihi eser olarak tescillenen bina kalıntıları, erken dönem sanayi arkeolojimiz açısından hüznü bir anıt niteliğindedir (Türkoğlu, 2021).

Birinci Dünya Savaşı yılları (1914-1918), küresel tedarik zincirlerinin kırılmasıyla birlikte kibritin ne denli stratejik bir ürün olduğunu Osmanlı toplumuna acı bir şekilde öğretmiştir. İthalatın durma noktasına gelmesi, karaborsayı tetiklemiş, bir kutu kibritin fiyatı fahiş seviyelere yükselmiş ve halkın en temel ihtiyacı olan ateş yakma eylemi bile bir krize dönüşmüştür. Bu dönemde yaşanan yokluk, Cumhuriyet'in kurucu kadrolarının hafızasında derin izler bırakmış ve "kendi kendine yetebilme" (autarky) fikrinin temel taşlarını döşemiştir (Arol, 2004).

2.2. Cumhuriyet'in İlk Yılları ve İnhisar (Tekel) Fikri

1923 yılında kurulan genç Türkiye Cumhuriyeti, siyasi bağımsızlığını Lozan Antlaşması ile tescil ettirmiş olsa da, iktisadi bağımsızlık henüz kazanılmamış bir savaştı. İzmir İktisat Kongresi'nde alınan "Misak-ı İktisadi" kararları doğrultusunda, yerli sanayinin korunması ve hammaddesi yurt içinde olan sanayi kollarının geliştirilmesi hedeflenmişti (Eryaman, 2020). Ancak özel sektörün sermaye birikiminin yetersizliği, devleti ekonomiye doğrudan müdahale etmeye ve belirli alanlarda tekeller (inhisarlar) oluşturmaya itmiştir.

1924 yılına gelindiğinde, yeni devletin bütçe açıklarını kapatmak, Duyun-u Umumiye borçlarını ödemek ve sanayileşme için kaynak yaratmak amacıyla kibritin inhisar (tekeli) altına alınması gündeme gelmiştir. 1924 se-

nesi Muvazene-i Umumiye Kanunu (Bütçe Kanunu) ile kibrit, devlet tekeline alınan stratejik ürünler arasına girmiştir (Eryaman, 2020). Bu karar, sadece mali bir gelir kapısı yaratmak (fiskal tekel) değil, aynı zamanda kurulacak fabrikalarla ülkenin sanayileşme hamlesine katkı sağlamak (iktisadi tekel) amacını taşıyordu. Kibrit inhisarı, tütün, tuz ve alkol ile birlikte Cumhuriyet maliyesinin dört ana sütunundan biri haline gelmiştir.

Tablo 1: Osmanlı'dan Cumhuriyet'e Kibrit Üretimi ve Devlet Tekelleşmesi Süreci

Tarih	Olay	Açıklama ve Etkisi
1897	İlk Fabrika Girişimi	Küçükçekmece'de Osmanlı Kibrit Fabrikası kuruldu. İthalat baskısı ve teknik sorunlarla kapandı (Türkoğlu, 2021).
1924	İnhisarın Tesisi	Bütçe Kanunu ile kibrit üretimi, ithali ve satışı devlet tekeline alındı (Eryaman, 2020).
1924	Belçika Ortaklığı	Sinop'ta fabrika kurma girişimi (Başarısızlık) (Kaya ve Yılmaz, 2016).
1929	Yasal Düzenleme	1503 Sayılı Kibrit ve Çakmak İnhisarı Kanunu yürürlüğe girdi (Eryaman, 2020).

3. Erken Cumhuriyet Dönemi Sanayileşme Kazaları: Sinop Kibrit Fabrikası Vakası

Bir fabrikanın başarısı; sadece makine parkının kalitesine değil, hammaddeye yakınlığa (transport maliyetleri), zemin etüdüne (inşaat mühendisliği) ve su kaynaklarına erişime bağlıdır. Cumhuriyet'in ilk kibrit fabrikası girişimi olan Sinop Kibrit Fabrikası, sanayide yer seçiminin (location theory) ve sözleşme yönetiminin önemini gösteren, ne yazık ki başarısızlıkla sonuçlanmış tarihi bir ders niteliğindedir.

3.1. Belçika Şirketi ile Ortaklık ve Beklentiler

1924 yılında kibrit tekeli (inhisarı) kanunla kurulduktan sonra, işletme hakkı Belçikalı SOGALFOR (Société Générale Allumettière et Forestière) adlı Belçika şirketine (hukuki ve resmi adıyla Türkiye Kibrit İnhisarı Türk Anonim Şirketi) verilmiştir (Kaya ve Yılmaz, 2016). Anlaşma gereği şirket, inhisar hakkı karşılığında Türkiye'de modern bir kibrit fabrikası kuracak ve iç piyasanın ihtiyacını yerli üretimle karşılayacaktı.



Şekil 1. Sinop Kibrit Fabrikası (Fotoğraf: Hamsi Bülten, Tuğba Dilara Doğruyol)

Fabrikanın yeri olarak Sinop seçilmişti. Bu seçim tesadüfi olmayıp, ham madde tedariki ve coğrafi konumun sağladığı lojistik avantajlar dikkate alınarak yapılmıştı.

1. **Hammaddeye Yakınlık:** Sinop ve çevresi (Ayancık ormanları), kibrit üretiminde kullanılan yumuşak dokulu ağaç türleri açısından zengindi. Zingal A.Ş. gibi orman işletmeleri bölgede faaldi (Kaya ve Yılmaz, 2016).
2. **Lojistik:** Sinop, doğal bir limana sahipti. Bu, hem üretilen kibritin İstanbul gibi tüketim merkezlerine deniz yoluyla nakliyesini hem de üretimde kullanılan kimyasalların (kükürt, fosfor) ithalatını kolaylaştıracaktı (Kaya ve Yılmaz, 2016).

3.2. Mühendislik Hataları, Sabotaj ve Fesih

Ancak pratik uygulamada büyük sorunlar yaşandı. Belçikalı şirket, ithalattan elde ettiği yüksek kâr marjını kaybetmemek için fabrika inşaatını sürekli olarak yokuşa sürmüştür. Şirket, inhisar hakkını bir üretim aracı olarak değil, bir “ithalat imtiyazı” olarak kullanma eğilimindeydi (Kaya ve Yılmaz, 2016). Daha vahim olanı, fabrikanın inşa edileceği arazinin jeolojik yapısıydı. Sinop civarında seçilen arazi, zemin mekaniği açısından ağır sanayi yapısına uygun olmayan, heyelan riski taşıyan ve oturma yapan bozuk bir zemine sahipti. İnşaat sürecinde duvarlarda çatlaklar oluşmuş, temel oturmamış ve bina, hassas üretim hattının (soyma makineleri, elekler, dizme makineleri) kurulumuna elverişsiz hale gelmiştir (Kaya ve Yılmaz, 2016). Yüksek vibrasyon üreten makinelerin (özellikle tomruk soyma tornalarının) kullanılacağı bu tür üretim alanlarında, statik yapının sağlamlığı hayati önem taşır. “Belçikalı şirketin fabrika zeminindeki teknik aksaklıkları öne sürmesi, dönemin meclis müzakerelerinde ve günümüz tarih yazımında üretimi kasıtlı olarak

geciktirme ve Türkiye’yi kârlı bir ithalat pazarı olarak tutma stratejisi olarak değerlendirilmektedir (Kaya ve Yılmaz, 2016; Eryaman, 2020).

Sonuç olarak, Sinop Kibrit Fabrikası hiç üretime geçmeden “batık bir proje” olarak tarihe gömülmüş, devlet 1928-1929 yıllarında sözleşmeyi feshederek inhisarı geri almak zorunda kalmıştır. Bu süreç, Türkiye’ye **1503 sayılı “Kibrit ve Çakmak İnhisarı Kanunu”nu (8 Haziran 1929)** çıkartarak inhisarı daha sıkı devlet kontrolüne alma yolunu açmıştır (Eryaman, 2020). Sinop’taki yarım kalan tesisler ise daha sonra kereste fabrikası gibi farklı amaçlarla kullanılmış olsa da kibrit sanayisi için kayıp bir on yıl anlamına gelmiştir.

4. İnhisarların Dönüm Noktası: Ivar Kreuger, Amerikan Sermayesi ve Büyükdere Fabrikası

Sinop fiyaskosunun ardından Türkiye, 1929 Büyük Buhranı’nın gölgesinde hem sanayileşmek hem de acil nakit ihtiyacını karşılamak zorundaydı. Bu dönemde sahneye, dünya kibrit piyasasını manipüle eden, finans tarihinin en tartışmalı figürlerinden biri olan ve “Kibrit Kralı” olarak bilinen İsveçli finansçı Ivar Kreuger çıkmıştır.

4.1. 10 Milyon Dolarlık Kredi ve İnhisarın Devri

Ivar Kreuger, kurduğu karmaşık şirket ağıyla, nakit sıkıntısı çeken devletlere (özellikle Doğu Avrupa ve Güney Amerika ülkeleri) borç veriyor, karşılığında o ülkenin kibrit tekeli hakkını (imtiyazını) alıyordu. Türkiye de bu furyaya katıldı. 1930 yılında, Kreuger’in paravan şirketi olduğu sonradan anlaşılan The American Turkish Investment Corporation ile bir anlaşma imzalandı (Yılmaz, 2021).

Bu anlaşmanın şartları, dönemin ekonomi politiği açısından son derece kritiktir:

1. **Mali Destek:** Amerikan şirketi, Türk hükûmetine 10 milyon ABD Doları tutarında uzun vadeli bir kredi (istikraz) sağlayacaktı. Bu meblağ o dönem için devasa bir kaynaktı ve bu paranın devlet hazinesine aktarıldığı ve önemli bir kısmının, yeni kurulan Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası’nın (TCMB) kuruluş sermayesi ve altın rezervi olarak kullanıldığı ileri sürülmektedir (Eryaman, 2020)¹.
2. **İnhisar Hakkı:** Buna karşılık, Türkiye’de kibrit, çakmak ve çakmak taşı üretimi, ithali ve satışı 25 yıl süreyle bu şirkete devredilecekti (Arol, 2004).

¹ Eryaman (2020) bu krediyi ATAM arşiv kaynakları temelinde belgelemiştir. Ancak TCMB’nin resmi tarihsel kayıtlarına göre (1930), kurumun kuruluş sermayesi 100 milyon lira olarak belirlenmiştir. Kibrit inhisarından elde edilen gelirlerin TCMB’nin hangi kalemleri finanse ettiği konusunda daha spesifik arşiv belgelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışma Eryaman (2020)’in bulgularına dayansa da, konunun daha detaylı araştırılması önerilir.

3. **Yatırım Taahhüdü:** Şirket, Türkiye’de modern, tam kapasiteli ve ülkenin ihtiyacını karşılayacak bir kibrit fabrikası kurmayı taahhüt ediyordu. Şirket ayrıca, karın %60’ını Türk hükümetine verecekti (Yılmaz, 2021).

Bu anlaşma, o dönem için Türkiye ekonomisine can suyu olmuş, ancak stratejik bir sektörün yabancı bir tekele devredilmesi mecliste ve basında eleştirileri de beraberinde getirmiştir.

4.2. Büyükdere Kibrit Fabrikası’nın Kuruluşu ve Mimarisi

Anlaşmanın en somut ve kalıcı çıktısı, İstanbul Boğazı’nın kıyısında, Sarıyer ilçesi Büyükdere Çayırbaşı mevkiinde kurulan **Büyükdere Kibrit Fabrikası** olmuştur. Fabrika, daha önce aynı arazide bulunan ancak kapanan Nektar Bira Fabrikası’nın yerine ve arazisine inşa edilmiştir (Türk, 2004). 1930’da başlayan inşaat süreci, Amerikan mühendisliğinin hızıyla tamamlanmış ve fabrika 1932 yılında resmen üretime geçmiştir (Arol, 2004).

Teknik ve Mimari Özellikler:

Tesis, dönemin endüstriyel mimarisini yansıtan, geniş açıklıklı çelik konstrüksiyonları, yüksek tavanlı üretim holleri ve tuğla cepheleriyle dikkat çeken bir yapıydı. Teknik kapasite açısından incelendiğinde, fabrikanın günlük 5.000 kutu (dönemin ölçü birimlerine göre bu rakam ‘koli’ veya büyük paket olabilir, zira yıllık kapasite milyon kutularla ifade edilmektedir) üretim kapasitesine sahip olduğu belirtilmektedir. Yıllık kapasite ise 800 bin ile 1 milyon kutu/paket arasında planlanmıştır (Yılmaz, 2021).



Şekil 2. Büyükdere Kibrit Fabrikası (Fotoğraf: Ömer Güvercin)

Makine parkuru, dönemin en ileri teknolojisi olan İsveç menşeli sistemlerden oluşuyordu:

- Buharla yumuşatma havuzları.
- Yüksek devirli soyma tornaları (Peeling lathes).
- Otomatik çöp kesme (Chopping) ve eleme üniteleri.
- Sürekli tip emprenye ve kurutma fırınları.
- Enerji ihtiyacı için 200 beygir gücünde bir lokomobil buhar kazanı sistemi kurulmuştu (Yılmaz, 2021). Bu, fabrikanın elektrik şebekesine tam bağımlı olmadan kendi enerjisini üretebildiğini gösterir.

Fabrikanın konumu, Sinop'un aksine stratejik bir başarıydı. İstanbul gibi devasa bir tüketim pazarına (nüfus yoğunluğu) ve dağıtım ağına yakındı. Ayrıca Boğaz kıyısında olması, Karadeniz'den (Bartın, Sinop, İnebolu) gelecek kavak tomruklarının mavnalarla doğrudan fabrikanın rıhtımına indirilmesine ve kimyasal hammaddelerin (parafin, potasyum klorat) ithalatına olanak tanıyordu (Arol, 2004; Kaya ve Yılmaz, 2016).

5. Devletleştirme ve TEKEL (İnhisarlar İdaresi) Dönemi

Kreuger İmparatorluğu'nun 1932'de Ivar Kreuger'in intiharıyla çökmesi ve ardından ortaya çıkan küresel finansal skandallar, Türkiye'deki operasyonları da etkiledi. Ancak fabrika, Amerikan şirketi adı altında üretime devam etti. 1940'lı yıllara gelindiğinde, İkinci Dünya Savaşı'nın yarattığı devletçi atmosfer, "Milli Korunma Kanunu" şartları ve stratejik sektörlerin millileştirilmesi politikaları gereği, inhisarın yabancı sermayeden alınması gündeme geldi.

1943 yılında, sözleşme süresi henüz dolmadan önce yapılan bir düzenleme ile Büyükdere Kibrit Fabrikası ve İnhisar işletme hakkı, Türk Hükümeti tarafından şirketten satın alınarak millileştirildi (Eryaman, 2020; Arol, 2004).²

5.1. TEKEL Çatısı Altında Üretim ve Yönetim

TEKEL idaresi altında Büyükdere fabrikası, 1950'lerin ortalarına kadar Türkiye'nin tek kibrit tedarikçisi olarak "mutlak tekel" konumunda çalıştı. TEKEL, kibritin sadece üretimini değil, dağıtımını, bayılık sistemini ve fiyatlandırmasını da merkezi olarak kontrol ediyordu. Kibrit kutuları üzerindeki "TEKEL" logosu, devletin gücünün ve varlığının her hanedeki, her cepteki simgesi haline geldi.

² Kreuger şirketi ile imzalanan anlaşma 1930 yılında 25 yıllık bir süre için belirlenmiştir. Ancak İkinci Dünya Savaşı'nın stratejik koşulları ve Türkiye'nin millileştirme politikaları gereği, 1943 yılında sözleşme 13 yıl erken feshedilmiş ve fabrika devlet denetimine alınmıştır. Bu erken fesih işlemi için şirkete tazminat ödenmiştir.

TEKEL döneminde fabrika, aynı zamanda bir sosyal politika aracı olarak işlev gördü. Fabrikada çalışan işçilerin büyük bir kısmını Büyükdere, Sarıyer ve Çayırbaşı çevresinde yaşayan yerel halk oluşturuyordu. Özellikle Roman vatandaşlar ve kadın işçiler için fabrika, düzenli gelir ve sosyal güvence kaynağıydı (Kaya ve Yılmaz, 2016)³. Kadın istihdamının yoğun olduğu bu tesiste, üretim bandında (kutu dolumu, paketleme) çalışan kadınların el çabukluğu üretimin hızını belirliyordu. Fabrika, lojmanları, yemekhanesi, kreşi ve sosyal haklarıyla tipik bir Cumhuriyet dönemi Kamu İktisadi Teşebbüsü (KİT) özelliği gösteriyordu; yani sadece kâr odaklı değil, aynı zamanda bir sosyal refah kurumu gibi çalışıyordu.

6. Orman Endüstri Mühendisliği Açısından Kibrit Üretimi: Hammadde ve Teknoloji

Orman endüstrisinde tomruktan nihai ürüne geçiş süreçlerinin en hassas örneklerinden birini kibrit imalatı oluşturmaktadır. Kibrit çöpü üretimi, odunun lif düzgünlüğü, emiş kapasitesi (parafin ve kimyasalları tutabilmesi) ve kırılma direnci gibi mekaniksel ve kimyasal özellikleri yönünden oldukça seçici bir teknolojik altyapıya sahiptir. Sektörün bu spesifik ham madde ihtiyacı, endüstriyel yer seçimi kriterlerini ve dolayısıyla orman kaynaklarının yönetim politikalarını doğrudan etkilemiştir. Türkiye’de erken Cumhuriyet döneminden itibaren şekillenen kibrit inhisarı (TEKEL) ve fabrikalaşma hareketleri, orman endüstrisi ile hammadde havzaları arasındaki bu teknik ve lojistik bağı açıkça ortaya koyan tarihsel ve sektörel bir model teşkil etmektedir.

6.1. Kullanılan Ağaç Türleri: Kavak (*Populus spp.*) Hakimiyeti

Türkiye’de ve dünyada kibrit üretiminde en çok tercih edilen ağaç cinsi Kavak’tır (*Populus*). Literatürde Titrekkavak (*Populus tremula*) en kaliteli kibritlik odun olarak kabul edilse de, endüstriyel talebi karşılamak için melez kavak türlerine geçilmiştir. Mühendislik açısından kavak odununun tercih edilme nedenleri şunlardır:

1. **Düşük Yoğunluk ve Homojen Yapı:** Kavak odunu, düşük yoğunluklu (0.35 - 0.45 g/cm³) ve lif yapısı itibarıyla yumuşaktır. Bu özellik, soyma (rotary peeling) makinelerinde işlenmeyi kolaylaştırır. Sert ağaçlar (örneğin meşe veya kayın) soyma bıçaklarını çabuk kôrletir ve çok fazla enerji gerektirir (Berkel, 1970; As, 2020).
2. **Renk ve Doku:** Kavak odunu beyazımsı-krem rengindedir. Bu, tüketici algısı açısından “temiz” ve “hijyenik” bir görünüm sağlar. Ayrıca düzgün

³ Kaya ve Yılmaz (2016) ise aynı dönemin işçi perspektifinden alternatif bir görüş sunmaktadır. Roman nüfusun fabrika çalışanları arasındaki oranı hakkında kesin istatistiksel veriler için, Petrol-İş Sendikası ve İstatistik Kurumu arşivleri incelenmelidir.

lif yapısı (straight grain), kibrit çöpünün üretim sırasında kırılmadan kesilmesine olanak tanır (Bozkurt ve Erdin, 1997).

3. **Porozite ve Emicilik:** Gözenekli yapısı, yanmayı düzenleyen emprenye kimyasallarının (amonyum fosfat) ve yanmayı başlatan parafinin emilimini (impregnation) kolaylaştırır Bozkurt ve Erdin, 1997; Tekin, 1983).
4. **Kokusuzluk:** Yanma sırasında rahatsız edici bir koku veya is çıkarmaması tercih sebebidir (Tekin, 1983).

Türkiye’de kibrit sanayisinin hammadde ihtiyacını karşılamak için İzmit Kavakçılık Enstitüsü öncülüğünde yoğun çalışmalar yapılmıştır. Özellikle *Populus x euramericana* (I-214 Klonu), 1962 yılında Kavakçılık Araştırma Enstitüsü’nün faaliyete geçmesiyle birlikte Türkiye’de yaygınlaştırılmıştır. Bu melez kavak; kısa idare süresi, düzgün gövde formu ve tornada soyulmaya elverişli silindirik yapısı sayesinde kibrit ve ambalaj sanayisinin temel hammadde kaynağı haline gelmiştir (DPT, 2001; Birler vd., 2005a, 2005b). TEKEK ve daha sonra özel sektör fabrikaları, Bartın, Samsun, Adapazarı gibi bölgelerdeki orman işletmelerinden ve özel kavaklıklardan bu tomrukları temin etmişlerdir.

6.2. Üretim Akış Şeması ve Kimyasal İşlemler

Kibrit üretimi, mekanik ve kimyasal işlemlerin iç içe geçtiği bir süreçtir. TEKEK fabrikalarında uygulanan tipik üretim akışı şöyledir:

1. **Tomruk Hazırlama ve Soyma (Peeling):** Kavak tomrukları fabrikaya geldikten sonra kabukları soyulur (debarking). Yumuşaması ve liflerin gevşemesi için sıcak su veya buhar havuzlarında bekletilir. Ardından tomruk, soyma tornasına (lathe) bağlanır. Tomruk kendi ekseninde dönerken, sabit bir bıçak vasıtasıyla milimetrik kalınlıkta (yaklaşık 2.0 - 2.2 mm) sonsuz bir ahşap şerit (papel/veneer) elde edilir (DPT, 2001).
2. **Kıyma (Chopping):** Elde edilen şeritler, üst üste dizilerek giyotin benzeri yüksek hızlı kıyma makinelerine verilir. Burada şeritler, kibrit çöpü (splint) boyutlarında (örneğin 2x2x42 mm) kesilir (DPT, 2001).
3. **Emprenye (Impregnation):** Bu aşama güvenlik açısından en kritik adımdır. Kibrit çöpleri, genellikle Amonyum Fosfat $[(NH_4)_2HPO_4]$ veya Monoamonyum Fosfat çözeltisi içeren havuzlara daldırılır (Yılğör vd., 2003; DPT, 2001). Bu kimyasal işlem, “afterglow” denilen, alev söndükten sonra çöpün kor halinde için için yanmaya devam etmesini engeller (LeVan, 1984). Emprenye edilmemiş bir kibrit çöpü, söndürüldükten sonra yere atıldığında yangın çıkarma riski taşır (Drysedale, 2011).

4. Kurutma ve Parlatma (Polishing): Kimyasal banyodan geçen ıslak çöpler, devasa döner fırınlarda kurutulur. Daha sonra dönen tamburlarda birbirine sürtülerek yüzeylerindeki kıymıklar temizlenir ve pürüzsüz hale getirilir (DPT, 2001).

5. Uç Kimyasalı (Eczalama - Dipping):

- **Parafinleme:** Çöplerin uç kısmı önce erimiş Parafin banyosuna batırılır. Parafin, kibrit başındaki kimyasal alevin ahşaba geçişini sağlayan “yakıt köprüsü” görevini görür. Parafin olmazsa, uçtaki kimyasal “parlar” ve söner, ahşap tutuşmaz (Vovelle vd., 1970; Babrauskas, 2003).
- **Başlık (Head) Oluşumu:** Parafinli uçlar, Potasyum Klorat ($KClO_3$ - oksitleyici), Kükürt (yanıcı), cam tozu (dolgu), boya ve hayvansal tutkal (bağlayıcı) içeren hamura batırılır. Bu karışım kibritin başını oluşturur (Conkling ve Mocella, 2019; Shidlovskiy, 1997).

6. Kutu ve Yanma Yüzeyi: Emniyetli kibritlerde (Safety Matches), kibritin ucunda fosfor bulunmaz. Tutuşmayı sağlayan Kırmızı Fosfor, kibrit kutusunun yan yüzeyindeki sürtünme şeridinde bulunur. Kibrit başı (Potasyum Klorat) ile kutu yan yüzeyi (Kırmızı Fosfor) sürtündüğünde oluşan ısı, kimyasal reaksiyonu başlatır (Vovelle vd., 1970; Conkling ve Mocella, 2019). Bu ayırım, malzemenin kendi kendine veya istenmeyen yüzeylerde sürtünmeyle tutuşmasını engelleyen temel emniyet kriteridir (Babrauskas, 2003).

Tablo 3: Kibrit Üretiminde Kullanılan Temel Kimyasallar ve Fonksiyonları (Conkling ve Mocella, 2019).

Kimyasal Bileşen	Uygulama Yeri	Fonksiyonu
Amonyum Fosfat	Ahşap Çöp (Splint)	Korlaşmayı Önleyici (Anti-afterglow): Alev söndükten sonra çöpün kül olmasını ve yangın riskini engeller.
Parafin	Çöpün Uç Kısmı	Alev İletici: Kimyasal başlıktaki ani yanmanın ahşaba transferini sağlar.
Potasyum Klorat	Kibrit Başı	Oksitleyici: Yanma reaksiyonu için gerekli oksijeni sağlar.
Kükürt / Antimon Sülfür	Kibrit Başı	Yanıcı: Isı ile tutuşarak alevi besler.
Kırmızı Fosfor	Kutu Yan Yüzeyi	Tutuşturucu: Sürtünme ısısı ile reaksiyona girerek ilk kıvılcımı yaratır.
Hayvansal Tutkal	Kibrit Başı	Bağlayıcı: Kimyasal tozları bir arada tutar ve çöpün ucuna yapışmasını sağlar.

7. Tekelin Kaldırılması ve Özel Sektörün Yükselişi (1950-1980)

1950’li yıllar, Türkiye’de Demokrat Parti iktidarı ile birlikte devletçi politikalarından liberal ekonomi politikalarına geçişin başladığı bir dönemdir. Bu rüzgâr, kibrit inhisarını da doğrudan etkilemiştir. Artan nüfus ve sanayileşme ile birlikte TEKEL’in mevcut kapasitesi (Büyükdere Fabrikası) yetersiz kalmaya başlamış, karaborsa riski yeniden doğmuştur.

Bu bağlamda, 1952 yılında yapılan yasal düzenleme ile kibrit üzerindeki “üretim ve ithalat tekeli” resmen kaldırılmıştır (Arol, 2004; Bozbay, *t.y.*). Bu karar, kibrit sanayisinde devletin tek oyuncu olma vasfını sona erdirmiş, ancak TEKEL bir piyasa düzenleyicisi ve üreticisi olarak varlığını sürdürmüştür. Özel sektörün gerekli sermaye birikimini sağlaması ve teknoloji transferini gerçekleştirmesi birkaç yıl almış ve 1956 yılından itibaren özel fabrikalar faaliyete geçmiştir.

7.1. Özel Sektör Aktörleri: KAV ve Malazlar

Özel sektörün devreye girmesiyle Türkiye kibrit piyasası oligopolistik bir yapıya dönüşmüştür. Bu dönemin iki büyük özel aktörü şunlardır:

1. **KAV Orman Sanayii A.Ş.:** Vehbi Koç’un girişimiyle özel sektörün ilk kibrit fabrikası olan Türkay Kibrit Fabrikası 1956’da İstinye’de kurulmuştur. 1986 yılında Kav Orman Sanayi A.Ş.’ye katılarak üretim faaliyetleri Bursa Orhangazi’ye taşınmıştır. Koç’un Orhangazi’deki asıl kibrit üretim tesisi olan KAV Kibritleri ise 1970 yılında kurulmuştur. Şirketin %60 hissesi 1998’de İsveçli Swedish Match AB’ye satılmış, tam ortaklık ise 2000’de tamamlanmıştır. Fabrikanın Swedish Match ile kuruluştaki ortaklık ilişkisi olmayıp, ortaklık onlarca yıl sonra gerçekleşmiştir. KAV ayrıca, Orhangazi bölgesinde kavakçılığın gelişmesini teşvik ederek bir “sözleşmeli tarım/ormancılık” modeli yaratmıştır.
2. **Malazlar Kibrit Sanayii:** Sektörün bir diğer devi, Kayserili iş insanı Şükrü Malaz tarafından kurulan Malazlar’dır. Hikayesi, 1961 yılında Pendik’te kurulan Safina Kibrit fabrikasının 1967-68’de Malaz ailesi tarafından devralınmasıyla başlar. Yani fabrika 1961’de kurulmuş, Malazlar ise bu tesisi sonradan satın almıştır. Malazlar, yaptığı yatırımlarla kapasitesini artırmış ve özellikle Anadolu pazarında “Malazlar” ve “Geyik” markalı kibritleriyle hakimiyet kurmuştur (Petrol-İş, 2011; DPT, 2001). Malazlar, yerli sermaye ile büyümesi ve sendikal hareketlerin (Petrol-İş) güçlü olduğu bir işçi havuzuna sahip olmasıyla bilinir.

Bunların yanı sıra İnegöl Kibrit Fabrikası gibi daha küçük ölçekli girişimler de (1993’te işletmeye açılan) yerel pazarda rol oynamıştır (DPT,

2001). TEKEL'in Büyükdere fabrikası ile özel sektör fabrikaları (Kav ve Malazlar) arasında 1960'lar, 70'ler ve 80'ler boyunca kıyasıya bir rekabet yaşanmıştır. Ancak TEKEL, bir kamu kuruluşu olmanın getirdiği hantallık, bürokrasi ve yatırım eksikliği nedeniyle teknolojik yenilenmede özel sektörün gerisinde kalmaya başlamıştır. Buna rağmen, devletin geniş dağıtım ağı ve fiyat sübvansiyonları sayesinde pazar payını korumaya çalışmıştır.

1970'ler ve 80'lerde Türkiye'nin kibrit üretimi, iç talebi fazlasıyla karşılayacak seviyeye ulaşmış, hatta KAV ve Malazlar üzerinden ihracat potansiyeli (Kıbrıs, Orta Doğu ülkeleri) doğmuştur (DPT, 2001). Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE) verilerine göre bu dönem, kibrit üretiminin zirve yaptığı yıllardır.

8. Sona Doğru: Teknoloji Değişimi ve Çakmakların Zaferi (1990-2000)

Kibrit endüstrisinin altın çağı, 1980'lerin sonundan itibaren başlayan teknolojik bir değişimle sarsılmaya başlamıştır. Bu değişimin adı “kullan-at çakmak”tır.

8.1. Tek Kullanımlık Çakmakların Etkisi ve Pazarın Daralması

1980'lerde plastik enjeksiyon teknolojisinin ucuzlaması ve piezo-elektrik (manyetolu) ateşleme sistemlerinin yaygınlaşmasıyla, bütan gazlı ucuz çakmaklar dünya piyasalarını istila etmiştir. Özellikle Çin menşeli, doldurulmayan, “Tokai” tipi ucuz çakmakların Türkiye pazarına girmesi, kibrit tüketim alışkanlıklarını kökten değiştirmiştir (Arol, 2004).

Kibritin pazar kaybetmesinin temel nedenleri:

- **Kullanım Kolaylığı:** Çakmak, rüzgarda sönmez, ıslanmaz (gazı bitene kadar), tek elle yakılabilir ve binlerce kez ateşleme sağlar. Oysa bir kutu kibrit ortalama 40-50 çöp içerir ve nemden etkilenir.
- **Maliyet:** Bir adet çakmak, kullanım ömrü başına maliyet (cost per ignition) hesaplandığında kibritten çok daha ekonomiktir.
- **Mutfak Teknolojisi:** Evlerdeki tüplü ocakların ve fırınların otomatik ateşleme (kıvılcım) sistemlerine sahip olması, “mutfak kibriti” (aile boyu büyük kutu) kavramını bitirmiştir. Mutfak tipi uzun namlulu çakmaklar da bu pazarı ele geçirmiştir.

1990'lara gelindiğinde kibrit, artık bir zorunluluktan ziyade, sigara tiryakilerinin nostaljik tercihi veya acil durum yedeği haline gelmiştir. Bu durum, fabrikaların kapasite kullanım oranlarını düşürmüş ve birim maliyetleri artırmıştır.

9. Özelleştirme Süreci, Kapanışlar ve Endüstriyel Miras (2000-Günümüz)

2000’li yıllar, Türkiye ekonomisinde neo-liberal dönüşümün en keskin yaşandığı, KİT’lerin özelleştirildiği bir dönemdir. IMF programları ve AB uyum süreçleri çerçevesinde TEKEL’in özelleştirilmesi hayati bir gündem maddesi olmuştur.

9.1. TEKEL’in Parçalanması ve Büyükdere’nin Sonu

TEKEL’in özelleştirilme sürecinde, kurumun “Sigara” ve “Alkollü İçkiler” bölümleri, yüksek kârlılık potansiyelleri nedeniyle yerli ve yabancı yatırımcıların (British American Tobacco - BAT, Mey İçki vb.) iştahını kabartmıştır. Ancak “Kibrit” ve “Tuz” gibi daha küçük ve kârlılığı düşük işletmeler, bu devasa satış paketlerinin gölgesinde kalmıştır.

TEKEL’in amiral gemisi olan Büyükdere Kibrit Fabrikası, teknolojisinin eski oluşu, arazisinin boğazdaki rant değeri ve üretim maliyetlerinin yüksekliği nedeniyle sürdürülebilir bulunmamıştır. Fabrika, 2002 yılında yapılan bir ihale ile özel bir şirkete satılmıştır (ZMO, 2009). Ancak bu satış, üretimin devamı amacıyla değil, daha çok gayrimenkul değeri üzerinden gerçekleşmiştir. Satışın ardından üretim durdurulmuş, makineler sökülmüş ve fabrika binası kaderine terk edilmiştir.

Fabrikanın tarihi binaları uzun süre atıl kalmış, ancak endüstriyel miras değeri nedeniyle yıkılmamıştır. 2010’lu yıllarda yapılan restorasyon çalışmalarıyla (Kibrithane projesi), fabrika binası bir “dijital çekim platosu” ve etkinlik alanı olarak yeniden işlevlendirilmiştir (Kibrithane, t.y.). Bugün dizilerde ve filmlerde görülen o tuğla duvarlı, yüksek tavanlı mekanlar, bir zamanlar binlerce ton kavağın işlendiği o tarihi fabrikadır.

9.2. Özel Sektörün Çöküşü: Malazlar’ın Vedası

TEKEL’in çekilmesinden sonra meydan özel sektöre kalsa da daralan pazar onların da sonunu getirmiştir. Türkiye’nin son büyük kibrit üreticisi olan **Malazlar Kibrit Fabrikası**, artan hammadde maliyetleri, ağır vergi yükleri ve ucuz ithal çakmaklarla rekabet edememe gibi nedenlerle büyük bir krize girmiştir. Sendikal örgütlülüğün güçlü olduğu fabrikada işçiler, üretimin devamı için uzun süreli direnişler ve grevler yapmışlardır (Petrol-İş, 2008). Ancak ekonomik gerçekler ağır basmış ve Malazlar da 2000’lerin sonunda kapısına kilit vurmaya zorunda kalmıştır (Petrol-İş, 2008). KAV ise strateji değiştirerek Swedish Match bünyesinde farklı ortaklıklarla (Cricket çakmakları vb.) ticari hayatına devam etse de, yerli kibrit üretimi fiilen sona ermiştir.

Günümüzde Türkiye’de satılan kibritlerin (market markalı veya bilinen markalar) neredeyse tamamı ithal edilmekte (genellikle Pakistan, Hindistan veya Doğu Avrupa menşeli) veya yurt dışında fason olarak üretilir ve paketlenmektedir.

10. Sonuç ve Orman Endüstri Mühendisliği Perspektifinden Değerlendirme

Türkiye’de kibrit sanayisinin 100 yıllık öyküsü, bir ürünün üretim tarihinden çok daha fazlasını ifade eder. Bu süreç, Genç Cumhuriyet’in “üç beyaz” (un, şeker, bez) kadar olmasa da stratejik gördüğü “ateşi” millileştirme çabasının bir ürünüdür.

Bir orman endüstri mühendisi gözüyle bakıldığında, kibrit sanayisinin mirası şu başlıklarda özetlenebilir:

1. **Kavakçılığın Gelişimi:** Kibrit sanayisi, Türkiye’de endüstriyel plantasyon kültürünün (kavakçılık) gelişmesinde lokomotif rol oynamıştır. *Populus x euramericana* I-214 klonunun Anadolu’ya yayılması, doğrudan bu fabrikaların talebiyle ilişkilidir. Bugün Türkiye, dünya kavak üretiminde önemli bir yere sahipse, bunda kapanmış kibrit fabrikalarının payı büyüktür.
2. **Kimya ve Ahşap Entegrasyonu:** Kibrit üretimi, ahşabın sadece fiziksel olarak işlendiği değil, kimyasal olarak modifiye edildiği (emprenye) ilk kitlesel üretim örneklerinden biridir. Bu bilgi birikimi, daha sonra yonga levha (sunta) ve MDF sektörlerinin gelişimine dolaylı katkı sağlamıştır.
3. **Endüstriyel Miras:** Sinop’taki yarım kalan hayalden, Büyükdere’deki restore edilen platoya kadar geriye kalan binalar, sanayileşmenin mekân-sal hafızasını oluşturmaktadır.

Sonuç olarak, kibrit, teknolojinin gelişimiyle (çakmak) işlevini yitiren bir ürün gibi görünse de, Türkiye’nin sanayi tarihinde, ormancılık politikalarında ve işçi sınıfı kültüründe silinmez bir iz bırakmıştır. TEKEL’in kibrit kutuları üzerindeki o basit logo, bir dönemin devletçi üretim felsefesinin en somut ve en yaygın simgesi olarak koleksiyonlarda yaşamaya devam etmektedir.

Kaynakça

- Bozbaş, H., (t.y.) 100 Sene 100 Nesne. *Kibrit*. <https://100sene100nesne.com/kibrit/> Erişim Tarihi: 15.12.2025.
- Arol, F. H. (2004). Türkiye’de kibrit sanayiinin gelişimi. *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Mecmuası*, 55(1), 159-218.
- As, N. (2020). *Ağaç malzeme fiziği ve mekaniği*. İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Yayınları.
- Babrauskas, V. (2003). *Ignition handbook*. Fire Science Publishers.
- Berkel, A. (1970). *Ağaç malzeme teknolojisi*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Birler, A. S., Korukçuoğlu, A., & Çatal, Y. (2005a). *Endüstriyel kavak plantasyonlarında hasılat ve ekonomi*. Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Müdürlüğü Yayınları.
- Birler, A. S., Zengingönül, A. K., Alanay, A., & Toplu, F. (2005b). Türkiye orijinli *Populus nigra*’lar ile Kuzey Amerika orijinli *Populus deltoides*’ler arasında yapılacak yapay çaprazlamalar. *Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Dergisi*.
- Bozkurt, A. Y., & Erdin, N. (1997). *Ağaç malzeme anatomisi*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Conkling, J. A., & Mocella, C. J. (2019). *Chemistry of pyrotechnics: Basic principles and theory* (3. bs.). CRC Press.
- Devlet Planlama Teşkilatı. (2001a). *Sekizinci beş yıllık kalkınma planı: Kimya sanayii özel ihtisas komisyonu kibrit alt komisyonu raporu*.
- Devlet Planlama Teşkilatı. (2001b). *Sekizinci beş yıllık kalkınma planı: Ormancılık özel ihtisas komisyonu raporu, orman ürünleri sanayii alt komisyonu raporu* (Yayın No: 2611).
- Drysdale, D. (2011). *An introduction to fire dynamics* (3. bs.). John Wiley & Sons.
- Eryaman, A. (2020). Cumhuriyet’in ilk yıllarındaki inhisar uygulamalarına bir örnek: Kibrit inhisarı (1924-1943). *Atatürk Araştırma Merkezi Dergisi*, 36(102), 85-116.
- Kibrithane. (t.y.). *Tarihçe*. <https://kibrithane.com/> Erişim Tarihi: 30.12.2025.
- LeVan, S. L. (1984). Chemistry of fire retardancy. R. M. Rowell (Ed.), *The chemistry of solid wood* içinde (s. 531-574). American Chemical Society.
- Petrol-İş Sendikası. (2011). *Üretimi durduran Malazlar Kibritte 70 üyemiz işsiz kaldı*. <https://www.petrol-is.org.tr/haber/uretimi-durduran-malazlar-kibritte-70-uyemiz-issiz-kaldi-98/> (Metin içinde 2008 olarak hatalı tarihlendirilmiştir)
- Shidlovskiy, A. A. (1997). *Principles of pyrotechnics*. Pyrotechnics Guild International.
- Tekin, M. (1983). *Türkiye’de orman sanayi ürünlerinin ihracat imkanları*. Strateji ve Bütçe Başkanlığı.

- Türk, A. (2004). *Endüstriyel yapıların yeniden işlevlendirilmesi: Büyükdere kibrit fabrikası örneği* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Türkoğlu, İ. (2021). Osmanlı'nın ilk kibrit fabrikası 70 milyon liraya satışa çıkarıldı. *İstanbul Gelişim Üniversitesi Haberleri*.
- Vovelle, C., Mellottee, H., & Delbourgo, R. (1970). Kinetics of the chemical reactions involved in the combustion of matches. *Symposium (International) on Combustion*, 13(1), 939-947.
- Yılğör, N., Erdin, N., & Ünsal, O. (2003). *Odun koruma teknolojisi ve emprenye endüstrisi*. İstanbul Üniversitesi Yayınları.
- Yılmaz, C. (2021). A factory in a time of turmoil: The establishment and engineering of the Büyükdere match factory in 1930s Istanbul. *Journal of Design and Built Environment*, 21(3).
- Yılmaz, C., & Kaya, M. (2016). Sanayide yer seçimini etkileyen faktörlere bir örnek: Türkiye kibrit inhisarı ve Sinop kibrit fabrikası. *Tarih Araştırmaları Dergisi*, 35(59), 385-414.
- Ziraat Mühendisleri Odası. (2009). TEKEl'in özelleştirilmesinin düşündürdükleri. *Bağımsız Dergisi*.

Ekler: İstatistiksel Veriler ve Teknik Karşılaştırmalar

Tablo 4: *Türkiye Kibrit Sanayisinin Tarihsel Gelişim Matrisi*

Dönem	Başlıca Olaylar & Gelişmeler	Kaynaklar
1924-1929	Kibrit inhisarının kurulması (1924 Bütçe Kanunu); SOGALFOR (Belçika) ile sözleşme; Sinop'ta fabrika girişi (1926 inşaat, 1927 sınırlı üretim) ve zemin sorunları nedeniyle başarısızlık; 1503 sayılı Kanun (1929)	Eryaman (2021); Kaya & Yılmaz (2016)
1930-1943	ATIC (Kreuger) ile 14 Haziran 1930 anlaşması ve 10 milyon dolarlık istikraz; Büyükdere Kibrit Fabrikası'nın kuruluşu (1931 inşaat, 1932 üretim); 25 yıllık inhisar	Eryaman (2020); Tekin (1983); Arol (2004)
1943-1950	Sözleşmenin erken feshi; Büyükdere fabrikasının ATIC'ten satın alınarak millileştirilmesi (18 Mayıs 1943); tazminat ödenmesi; Tekel İdaresi'nin doğrudan işletmeye geçişi	Tekin (1983.); Eryaman (2020); Arol (2004)
1952-1956	Kibrit üzerindeki üretim ve ithalat tekelinin kaldırılması (1952); özel sektörün girişe hazırlanması; Türkay Kibrit Fabrikası'nın kuruluşu (1956, İstinye)	Kaya ve Yılmaz (2016); Arol (2004); Bozbay, H., (t.y.)
1956-1990	Tekel ve özel sektör (Türkay/KAV, Malazlar) rekabeti; KAV Kibritleri'nin kuruluşu (1970, Orhangazi); üretimin zirve dönemi; ihracat	Arol (2004); DPT (2001)
1990-2004	Çakmak rekabetiyle pazarın daralması; Kelkit Kibrit Fabrikası'nın kapatılması (2004); özelleştirme tartışmaları	Hürriyet (2006); Bozbay, H., (t.y.)
2002-2008	Büyükdere fabrikasının satışı ve üretimin durması (2002); KAV üretiminin sonu (2006); Malazlar'ın kapanışı (2008)	Petrol-İş (2011); Arol (2004)
2008-Günümüz	Türkiye'de yerli kibrit üretiminin fiilen sona ermesi; Büyükdere'nin Kibrithane projesiyle yeniden işlevlendirilmesi	Kibrithane (t.y.).

Tablo 5: *Büyükdere ve Sinop Kibrit Fabrikaları Karşılaştırması*

Özellik	Sinop (1926-1928)	Büyükdere (1932-2002)
Durum	İnşa edildi, zemin çökmesi nedeniyle üretime tam geçemedi	Tam kapasiteyle 70 yıl işledi
İşletmeci	Türkiye Kibrit İnhisarı T.A.Ş. (SOGALFOR)	ATIC (1932-43) → Tekel (1943+)
Operasyon	Birkaç ay/sınırlı; makineler Büyükdere'ye taşındı	1932-2002
Kapanış nedeni	Bozuk zemin, sözleşme feshi	Rant değeri, çakmak rekabeti, eski teknoloji