

BİYOLOJİK BİLİMLERDE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR VE ARAŞTIRMALAR

EDİTÖRLER

**DOÇ. DR. OKAN YAZICIOĞLU
DOÇ. DR. RAMAZAN YAZICI**

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

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

Birinci Basım / First Edition • © Aralık 2024

ISBN • 978-625-5552-45-7

© 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.seruvenyayinevi.com

e-mail: seruvenyayinevi@gmail.com

Baskı & Cilt / Printing & Volume

Sertifika / Certificate No: 47083

BİYOLOJİK BİLİMLERDE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR VE ARAŞTIRMALAR

EDİTÖRLER

DOÇ. DR. OKAN YAZICIOĞLU
DOÇ. DR. RAMAZAN YAZICI

İÇİNDEKİLER

Bölüm 1

BAKLA ZINNI, ELMA ÇİÇEĞİ BÖCEĞİ, ÇİÇEK ZINNI, BAKLA
ÇİÇEK YİYENİ *Tropinota (Epicometis) hirta* (PODA, 1761) VE
TÜRKİYE PERSPEKTİFİ

Tayfun KAYA1

Bölüm 2

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN ANTİMİKROBİYAL DİRENÇ
ÜZERİNDEKİ ETKİSİ VE TEK SAĞLIK YAKLAŞIMI

Belgin ERDEM13

Bölüm 3

TATLI SU EKOSİSTEMİNDE YAYIN BALIĞI (*Silurus glanis*): SU
KALİTESİ VE BİYOLOJİK ETKİLEŞİMLER*

Ramazan YAZICI31

Okan YAZICIOĞLU31

Mahmut YILMAZ31

Bölüm 4

GIDA PATOJENİ OLAN *Escherichia Coli* VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

Süeda Nur KERİMOĞLU39

Belgin ERDEM39

Bölüm 1

BAKLA ZINNI, ELMA ÇİÇEĞİ BÖCEĞİ, ÇİÇEK ZINNI, BAKLA ÇİÇEK YİYENİ *Tropinota* (*Epicometis*) *hirta* (PODA, 1761) VE TÜRKİYE PERSPEKTİFİ

*Tayfun KAYA*¹

¹ Doç. Dr. Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, ORCID ID: 0000-0001-9086-4520, tkaya@ahievran.edu.tr

GİRİŞ

Tropinota (Epicometis) hirta çeşitli yörelerinde bakla zınnı, çiçek zınnı, elma çiçeği böceği, bakla çiçek yiyeni, bakla çiçek böceği, sarı tüylü çiçek böceği olarak isimlendirilen eklembacaklıdır. Artropoda şubesinin tür çeşitliliği bakımından en büyük takımı olan Coleoptera üyesidir (Aile: Cetoniidae Alt aile: Cetoniinae / Kabile: Cetoniini / Cins: Tropinota / Alt cins: Epicometis).

Erginlerde vücut genel olarak oval-uzun şeklinde ve küçük-orta boyutlu (9-14 mm uzunluğunda, 6-8 mm genişliğinde) olup, geniş yuvarlak bir arka yüze sahiptir. Ayrıca vücut grimsi-siyah mat renkli vücut yüzeyi uzun krem/beyaz kıllarla yoğun bir şekilde kaplıdır. (Tür adı olan “hirta”, böceğin kaba, tüylü görünümü nedeniyle, Latince sert saç veya sert yün anlamına gelen hirtus kelimesinden gelebilir.) Klipheus (başın alın bölgesinin merkezinde bulunan dış iskeletin kalkan şeklindeki bölgesi) tepesi derin emarjinatlı, noktalı ve kıllıdır. Elitra (kitinleşmiş kanat yapısı, kanat örtüsü) üzerinde düzensiz şekilli fark edilir şekilde bezenmiş kahve-gri-beyaz mat renkli mikrotrochia yamaları-lekeleri bulunur (Şekil 1) (Brumley vd. 2020).



Şekil 1. *Tropinota (Epicometis) hirta* morfolojik görünüşü (Fotoğraf: Pia Scanlon, Brumley vd. 2020)

T. hirta univoltine (monovoltin- yılda bir yavru veya nesile sahip) türüdür (Hürka, 2005). Yılda bir defa dişi bireyler tarafından humusça zengin toprağa bırakılan 2.0-2.5 mm çapında, beyazımsı ve küre şeklindeki 10-15 adet (laboratuvar ortamında) yumurtadan 1-2 hafta sonra larvalar çıkar (Kara, 1995; TAGEM). Yumurtadan çıkan manas tipindeki (tıknaç ve silindirik yapılu vücut ve kıvrık şekilli) larvalar genellikle bireysel ve saprofit olarak yaşarlar. Çürümüş odun, ölü yapraklar ve yıllık bitki kökleriyle beslenmektedir (Stanek, 1984; Hürka, 2005; Demir 2005; Kaplan, 2022). Laboratuvar ortamında yapılan çalışmalara göre, larvaların 5 dönem geçirdiği (6-9 hafta) ve son dönem larvanın topraktan yapılmış bir odacık içerisinde pupa olduğu oluşturduğu belirlenmiştir. Pupalardan çıkan bireyler, kışı odacığı terk etmeden ergin halde geçirirler (Kara, 1995; Kaplan, 2022). Diğer yandan 15°C'nin altındaki sıcaklıklarda ise larva gelişmeleri tamamen durmaktadır (TAGEM).

Benzer şekilde erginler de sıcaklık artışı ile birlikte gerçekleşen çiçeklenme zamanında aktif olurlar. Öyle ki, yapılan çalışmalar kışı genel olarak toprak altında geçiren erginlerin, günlük hava sıcaklık ortalamasının 8-10 °C olduğu, çoğunlukla ağaçlarının fenolojik çiçeklenmesinin başladığı Mart başlangıcında çıkış yaptığını göstermiştir (Kaplan, 2022). Ancak sıcaklık ortalamalarının bölgesel farklılıklar göstermesi ve dolayısıyla konak bitki çiçeklenmesinin zamansal çeşitliliği gibi faktörlere bağlı olarak toprakta kışlayan erginlerin çıkışında bölge bazlı farklılıklar görülebilir ki, Şubat ayında tespitler söz konusudur (Avcı ve Özpınar, 2021). Aktif oldukları süreç boyunca, erginler gündüzleri (genel olarak sabah 10 ile akşam 4 saatleri arasında) aktiftirler ve geceleri ise toprakta saklanırlar (Endrödi, 1956; Homonnay ve Homonnayné-Csehi, 1990). Günlük ortalama sıcaklıkların 13-15 °C, günlük ortalama nemin ise %40-60 arasında seyrettiği (Mart'ın ikinci haftası ile Nisan ayının ikinci haftası arasındaki) dönemde popülasyon yoğunluğunun maksimum olur ve bu dönemde sadece çiçeklerle beslenir. *T. hirta*'nın popülasyon yoğunluğu, çiçeklenme döneminin sona ermesiyle birlikte azalmaya başlar ve mayıs ayının üçüncü haftasında (bazı bölgelerde Temmuz-Ağustos'ta) bariz bir şekilde sonlanır (Kaplan, 2022).

Morfolojik özellikleri (tüylü vücut formu gibi), biyolojik döngüsü, besin kaynakları ve beslenme şekli özellikleri ekolojik niş bakımından *T. hirta*'yı polinasyon (tozlaşma) için etkili böcek türlerinden biri haline getirmektedir. Öyle ki, *T. hirta* polinatör bir türdür. Nitekim, çiçekli bitkilerin çoğu polinasyon için çeşitli böcekler tarafından ziyaret edilir (Ollerton 1996; Waser vd., 1996; Hürka, 2005; Armbruster, 2017; Azpiazu vd., 2020). Böcekler ve bitkiler arasındaki ilişki oldukça çeşitli şekillerde olmakla birlikte, genel olarak antagonistik veya mutualist etkileşimler halindedir. Bu etkileşimlerden biri de bitkiler ile böcekler arasında karşılıklı faydaya dayalı mutualist ilişkidir ve entomofilidir (böcekler aracılığı ile olan tozlaşma),

ancak polinatör uzmanlaşması nispeten daha az yaygındır (Ollerton 1996; Waser vd., 1996; Armbruster, 2017). Dolayısıyla *T. hirta* ilk uçuş döneminde yayılış alanı içerisindeki floranın farklı çiçekleri ile beslenir.



Şekil 2. *T. hirta* 'nın biyolojik döngüsü (Fotoğraf: Yumurta ve larva; V. Bozkurt, TAGEM; Pupa: Polesel vd., 2022)

Türkiye'de *T. hirta* ilk uçuş döneminde Karahindiba (*T. officinale*), Çoban çantası (*C. bursa pastoris*), Yabani hardal (*S. arvensis*), Kırbash otu (*L. leontopetalum*), yabani turp (*R. raphanistrum*), Deli turp (*B. erucago*), Ballı baba (*L. amplexicaule*), Papatya (*Anthemis* sp.), Ak ballı baba (*L. album*), Kırmızı şahin sakalı (*C. rubra*), Gelincik (*P. rhoeas*), Aspir (*C. tinctorius*), Deve dikenini (*C. nutans*), Karaağaç böğürtleni (*R. ulmifolius*), Şahin otu (*P. hieracioides*) ve Kürdan otu (*A. majus*) bitkilerinin çiçekleri (Avcı ve Özpınar, 2021) olmak üzere *T. hirta* tek yıllık ve çok yıllık olmak üzere elliye yakın bitki türünü konak olarak kullanmaktadır (Oltean vd., 2015). Dolayısıyla polifag bir tür olan (Hurpin, 1962), özellikle meyve ağaçlarının çiçek açmasından sonra meyve plantasyonlarında yoğunlaşarak zarara neden olur.

Türkiye’de *T. hirta*’nın meyve üretimine verdiği zarar %70-90’ları aşması nedeniyle zirai üretim açısından son derece tehlikeli bir tür haline getirmektedir (Kara, 1995; Kutinkova ve Andreev 2004). Bu bağlamda, elma, armut, kiraz, kayısı, erik, şeftali, turunçgiller gibi birçok meyvede zarara ve ekonomik kayba neden olmaktadır. Diğer yandan etkili olduğu süreç içerisinde buğday, asma, süs bitkileri, çilek, gül, çalılar ile bazı sebzeler de (TAGEM) konakları arasındadır. Ergin böcekler, meyve ağaçlarının ve diğer bitkilerin çiçeklerinin dişi ve erkek organlarını (pistil, stamen), taç yapraklarını (petaller), genç yaprakları, hatta tomurcuk ve meyveleri yiyerek zarar verirler. Dolayısıyla da zarar gören çiçekler meyve oluşturmazlar (Hurpin, 1962; Racsó vd., 2007; Yaşar vd., 2013; TAGEM). Yapılan çalışma ve değerlendirmelere göre zararı oranının yaban mersininde %50 (Slav vd., 2018), kirazda %70 (Kutinkova ve Andreev, 2004) ve armutta %90-100’dür (Kara, 1995).

T. hirta’nın biyolojisine ve mücadelesine yönelik her ne kadar çalışmalar yapılmış olsa da veriler oldukça sınırlıdır. Özellikle son 20 yıldır Avrupa ülkelerinde ve Türkiye’de yapılan çalışmalar ile yeni bilgilere ulaşılmaya başlanmıştır. Bu kapsamda toprağın işlenmesi gibi kültürel ya da mekanik mücadele yöntemleri ile yumurta, larva ve ergin popülasyon yoğunluğunun azaltılması ile birlikte, *T. hirta*’nın mücadelesine yönelik önerilen en uygun yöntem olarak, erginlerin mavi renge olan yönelimleri dolayısıyla, biyoteknik mücadele yöntemi gösterilmektedir. Ayrıca sinnamil alkol, transanethol ve sinnamil asetat gibi çeşitli cezbedicilerin de kullanılabileceği vurgulanmaktadır (Toth vd., 2009; Vuts vd. 2010; Subchev ve ark. 2011; Aydın, 2011; Yaşar vd., 2013). Ek olarak sınırlı sayıda da olsa insektisit kullanımına yönelik çalışmada bulunmaktadır (Vuković vd., 2016; Atanasova ve Leather, 2018). Ancak, her ne kadar çalışmalar yapılmış olsa da başta doğal düşmanları ve biyolojik kontrol araçlarına ilişkin çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu kapsamda, özellikle entomopatojen funguslara (Akpınar vd., 2020; Uçar vd., 2023; Kutalmış vd., 2023) ve endosimbiyotik bakterilere (Başak ve Kaya, 2022) yönelik çalışmalar gerektirilmiştir. Akpınar vd. (2020) tarafından gerçekleştirilen çalışmada *Steinernema carpocapsae* (Weiser) (Nematoda: Rhabditida) E76-S izolatu ile elde edilen *T. hirta*’ya maksimum ölüm oranı (%100) ile elde edilen sonuçlar umut vaat eden gelişmeler arasındadır.

Yılda bir nesil veren (univoltine) ve yılda sadece bir kez görülen *T. hirta* (Hürka, 2005), oldukça tehlikeli ve kontrol altına alınması zor bir zararlıdır (Aydın ve Yaşar, 2019)). Bunun nedenleri arasında; i) Zarara neden olan erginlerin flora çiçeklenmesinin başlangıcında ya da ekonomik değeri olan meyve ağaçlarının tam çiçeklenme döneminde ortaya çıkar. Çiçek organları ve ana besin kaynakları olan besleyici zengin polenle beslenen erginlere yönelik etkili kimyasal mücadele yöntemlerinin (başta arılar olmak üzere

polinasyonda rol oynayan diğer yararlı böceklerle zarar verdiğinden/vereceğinden) uygulanamaması (Vuts vd. 2010), *ii*) Meyve türleri dışında buğday ve bakla gibi kültür bitkileri ile bir çok yabancı konukçu bitkinin çiçek organları, genç yaprakları, tomurcuk ve meyveleri beslenmeleri, *iii*) İlk ergin uçuşunda mera alanlarının önemli bir rezerv kaynağı olması ve özellikle erken çiçek açan yabancı hardal gibi bitkilerin beslenmesine ve dolayısıyla da zarar kapasitesine katkı sağlaması (Avcı ve Özpınar, 2021) *iv*) Yüksekten uçuş kabiliyeti nedeniyle beslenme sırasında farklı bitkilere geçerek zararını sürdürebilmeleri (Kutinkova ve Andreev 2004) ve hedef konaktaki yoğun beslenme aktivitesi, *v*) Günün belli saatlerinde aktif olup, geceyi toprakta geçirmeleri (Kaplan, 2022), *vi*) Larvaların saprofit beslenme ve yaşam şekline sahip olması (Stanek, 1984) ile *vii*) Yılın belli dönemlerinde aktif kalarak olası (kuraklık gibi) çevresel etkilerden korunması sayılabilir.

Artan nüfus ve gıdaya olan talebin yanı sıra çevresel kaynaklı nedenler de bitkisel üretim üzerinde baskı oluşturmaktadır. Öyle ki gerek aratan küresel ısınma tehdidi kaynaklı değişen / öngörülemeyen iklim olayları ve kuraklık gibi nedenler hem zararlıların yayılış alanını arttırma hem de etkisini daha hissedilir düzeye çıkarma riskini taşımaktadır. Hali hazırda *T. hirta* genel olarak Akdeniz'in kuzeyi başta olmak üzere bölge ülkelerinde ve Avrupada yaygın olarak görülmektedir (Şekil 3) (Toth vd., 2009; Löbl ve Löbl, 2016; Azpiazu vd., 2020; Byk vd., 2023; GBIF, 2024). Bununla birlikte Kuzey Amerika ve İran'da da yayılış gösterdiğini ifade edilmektedir (Güvenç ve Yaşar, 2014).



Şekil 3. *T. hirta*'nın küresel yayılışı (Global Biodiversity Information Facility, GBIF)

Türkiye'de ise özellikle meyveciliğin yoğun yapıldığı yöreler Isparta, Burdur, Afyonkarahisar, Tokat başta olmak üzere Çanakkale, İzmir, Manisa, Kırşehir, Mersin, Samsun, Elazığ gibi birçok noktadan *T. hirta* kayıtları bulunmakla birlikte (Kara, 1995; Tezcan ve Pehlivan, 2001; Öztürk ve Ulusoy, 2003; Kaya ve Kovancı, 2004; Özkan vd., 2005; Özbek, 2008; Sağdaş ve Yaşar, 2013; Yaşar ve Uysal, 2013; Gezer ve Özpınar, 2015; Başak ve Kaya,

2022) yayılış alanı ve/veya etkisini arttırmaktadır. Özellikle artan ısınmaya bağlı çevresel etkenler konak bitki türlerinde üreme kapasitesinde dramatik düşüşlere neden olurken, zararlı böcek türlerinde ise artışlara neden olmaktadır (Liu vd., 2011). Diğer bir değişle küresel ısınma ve iklim değişikliklerinin böcek biyolojisi-konak bitki fenolojisi ilişkilerini olumsuz etkilemektedir (Kondur ve Göl, 2016). Bu durum küresel ısınma ve kuraklık açısından riskli ülkeler arasından yer alan Türkiye içinde tehdit unsurudur. Nitekim bulunduğu enlem, jeopolitik coğrafi konumu ve küresel etkenler Türkiye'nin ortalama hava sıcaklıklarında anlamlı artma eğilimleri göstermektedir (Demir, 2009). Söz konusu bu sıcaklık ortalamalarındaki artışlarına bağlı olarak, özellikle de çoğu zararlı türün yayılışlarını etkileyeceğini ve daha geniş coğrafyalarda etkili olacakları ifade edilebilir (Demir, 2009; Kaya ve İpekdağ, 2017).

Küresel ısınmanın da etkisi ile Türkiye'de ilkbahar ortalama sıcaklıklarının 2-3°C yaz sıcaklık ortalamalarının ise 4°C kadar artacağı öngörülmektedir. Benzer şekilde yağışlarında azalacağı beklenmektedir (Akçakaya vd., 2015). Diğer yandan Türkiye'de ortalama sıcaklık artışlarının güney ve batı bölgelerinde kuzey ve doğu bölgelerine göre; yazın görülen sıcaklık artışlarının ise kışa göre daha fazla olması eğiliminde olduğu/olacağı belirtilmektedir (Türkeş, 2007; Türkeş vd., 2000). Bunlara ek olarak, Türkiye'de de iklim değişiminin etkisi su ekosistemlerinde kara ekosistemlerine göre daha hızlı görülmesi, canlı türlerinin üretkenliği ve büyüme mevsimlerinde değişimler ile tür çeşitliliğinde çeşitlenme beklenmektedir. Bu durum hali hazırda Karadeniz dahil görülmeye başlamıştır (Öztürk, 2001; Çelik vd., 2002; Salihoğlu ve Öztürk, 2021). Türkiye bu karmaşık iklim yapısı içinde, iklim değişikliğinden en fazla etkilenebilecek ülkelerin başında gelmektedir. Daha sıcak ve kurak iklim koşullarının etkisi ile iklim kuşaklarının kuzeye kayması sonucu bölgesel ve mevsimsel farklılıklarla birlikte, türlere göre bir artış ya da azalış öngörülmektedir (Hekimoğlu ve Altındegir, 2008). Bu çevresel değişiklikler özellikle vücut sıcaklığını çevrelerindeki sıcaklığa göre ayarlayan ve özellikle zarar düzeyi ile biyolojik döngüsü göreceli olarak çevre sıcaklığı ile ilişkili *T. hirta* gibi türlerin yayılışını etkileyeceği kaçınılmaz olarak değerlendirilebilir.

Kaynaklar

- Akçakaya, A., Sümer, U. M., Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., Gürkan, H., & Yazıcı, B., (2015). Yeni senaryolar ile Türkiye iklim projeksiyonları ve iklim değişikliği. Araştırma Dairesi Başkanlığı Klimatoloji Şube Müdürlüğü, Ankara, ss 72.
- Akpınar, F., Yüksel, E., & Canhilal, R. (2020). Potential of Local Entomopathogenic Nematode Isolates to Control the Adults of the Scarab Beetle, *Epicometis hirta* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 6(3), 461-468.
- Atanasova, D., & Leather, S. R. (2018). Plant essential oils: the way forward for aphid control? *Annals of Applied Biology*, 2, 175-179
- Armbruster, W. S. (2017). The specialization continuum in pollination systems: diversity of concepts and implications for ecology, evolution and conservation. *Functional ecology*, 31(1), 88-100.
- Azpiazu, C., Medina, P., Adán, Á., Sánchez-Ramos, I., Del Estal, P., Fereres, A., & Viñuela, E. (2020). The role of annual flowering plant strips on a melon crop in central Spain. Influence on pollinators and crop. *Insects*, 11(1), 66.
- Avcı, H. İ., & Özpinar, A. (2021). Çanakkale İlinde Farklı Konukçularda (*Tropinota* (*Epicometis*) *hirta* (Poda, 1761) (*Cetoniidae*: *Coleoptera*))'nın Mevsimsel Uçuşu ve Ergin Popülasyon Gelişmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(2), 237-246.
- Aydin, G. (2011). Plant phenology-related shifts in color preferences of *Epicometis* (*Tropinota*) *hirta* (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae) adults-key to effective population monitoring and suppression. *Florida Entomologist*, 94(4), 832-838.
- Aydin, G., & Yaşar, B. (2019). Comparison of color and attractant traps effect used for sampling apple blossom beetle (*Tropinota hirta* (Poda, 1761) (Coleoptera, Scarabaeidae, Cetoniinae)). *Applied Ecology & Environmental Research*, 17(4), 7453-7462.
- Byk, A., Bidas, M., Gazurek, T., Akpınar, F., Yüksel, E., & Canhilal, R. (2020). Potential of Local Entomopathogenic Nematode Isolates to Control the Adults of the Scarab Beetle, *Epicometis hirta* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 6(3), 461-468.
- Başak, S., & Kaya, T. (2022). Çiçek böceği, *Tropinota* (*Epicometis*) *hirta* (Coleoptera: Cetoniidae)'da Maternal Kalıtılan Endosimbiyotik Bakterilerin Taranması. International Korkut Ata Scientific Researches Conference Osmaniye Korkut Ata University, 700-701.
- Çelik, O., Semerci, A., Şanlı, B., Belindir, B. & Gedik, Ö., 2002. Ankara Çevresinde Anadolu Karaçamlarında (*Pinus nigra* Arn. Ssp. *pallasiana*

- Lamb. Holmboe) Görülen Kurumaların Nedenleri, Orman Mühendisliği: 39; 7-16.
- Demir, A. (2009). Küresel iklim değişikliğinin biyolojik çeşitlilik ve ekosistem kaynakları üzerine etkisi. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 1(2), 37-54.
- Demir, A. 2005. Evaluation of Cetoniidae (Coleoptera) family specimens in Gazi University Zoology Museum. Master Thesis, Gazi University, Science and Technology. Institute, Ankara, 124 p
- Endrödi, S., 1956. Lemezescápú bogarak—Lamellicornia (Lamellicornin beetles). In: Székessy, V. (Ed.), Fauna Hungariae IX/4. Akadémiai Kiadó, Budapest (In Hungarian), pp. 188.
- Gezer, B., & Özpınar, A. (2015). Çanakkale ilinde şeftali, elma, kiraz ve kayısılarda Tropinota hirta (Poda) (Coleoptera: Cetoniidae) ergin yoğunluğunu belirlemede farklı tuzakların değerlendirilmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(2), 27-34.
- GTHB, 2017. Meyve bahçelerinde baklazının mücadelesi. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı (Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı). Sayı: 2. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr>
- Güvenç, C., & Yaşar, B. (2014). Mavi renkli huni tuzaklarda kullanılan farklı cezbeticilerin kiraz çiçeklerinde beslenen Tropinota hirta (Poda) (Coleoptera: Scarabaeidae) erginlerinin yakalanması üzerine etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 18(3), 97-104.
- Hekimoğlu, B., & Altindeğer, M. (2008). Küresel Isınma Ve İklim Değişikliği. Samsun Valiliği İl Tarım Müdürlüğü, 1-79.
- Homonnay, F., & Homonnayné-Csehi, É. 1990. Cserebogarak – Melolonthidae T Jermy, K Balázs (Eds.), A Növényvédelmi Állattan Kézikönyve (Handbook of Plant Protection Zoology). III/A, Akadémiai Kiadó, Budapest, (In Hungarian).pp. 156-215
- Hůrka K. Beetles of the Czech and Slovak Republics. Nakladatelství Kabourek; Zlín, Czech Republic: 2005. 388.
- Hurpin B. 1962. Super-Familiedes Scarabaeoideapp 24–204. In: Entomologie Appliquée a l'Agriculture Tome I. Coléoptère. (Ed: A. S., Balachowsky), Masson et Cie, Paris, 564 pp.
- Kara, K. (1995). Tropinota (Epicometis) hirta (Poda) (Coleoptera, Scarabaeidae)'nin Tokat ve çevresindeki konukçuları, yayılışı, zarar düzeyi, bazı biyolojik özellikleri üzerine araştırmalar. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG)*, 12, 15-26.

- Kaplan, M. (2022). Determination of *Tropinota hirta* (Poda)(Coleoptera: Cetoniidae) Caught in Different Traps Feeding on Almond (*Prunus amygdalus* Linnaeus) Flowers. *Entomological News*, 130(3), 286-295.
- Kaya, T., Ada, E., & Ipekdağ, K. (2017). Modeling the distribution of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera, Tephritidae) in Turkey and its range expansion in Black Sea Region. *Turkish Journal of Entomology*, 41(1), 43-52.
- Kaya, M., Kovancı, B., 2004. Bursa’da ahududu üzerinde saptanan coleoptera türleri. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Derg.*, 19 (3): 1–7.
- Kutinkova, H., & Andreev, R. (2004). Integrated pest management in sweet cherry (*Prunus avium* L.) orchards in Bulgaria. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 12(1), 41-47.
- Kondur, Y., & Göl, C. (2016). Effects of the Global Climate Change on Resin Production in Forest Trees and Harmful Insect Outbreaks. In International Forestry Symposium (IFS 2016) Kastamonu/TURKEY (pp. 911-915).
- Kutalmış, A., Terzioğlu, Z., Şen, R. H., & Sevim, A. (2023). Phylogenetic analysis and biocontrol potential of entomopathogenic fungi against *Tropinota* (= *Epicometis*) *hirta* (Poda)(Coleoptera: Cetoniidae) and the apple scab disease *Ventura inaequalis*. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 33(1), 5.
- Liu, Y., Reich, P. B., Li, G., & Sun, S. (2011). Shifting phenology and abundance under experimental warming alters trophic relationships and plant reproductive capacity. *Ecology*, 92(6), 1201-1207.
- Löbl, I. Löbl, D. (Eds.) Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Scarabaeoidea, Scirtoidea, Dascilloidea, Buprestoidea and Byrrhoidea. Revised and Updated Edition; Brill: Leiden, The Netherlands; Boston, MA, USA, 2016; p. 983.
- Ollerton, J. (1996). Reconciling ecological processes with phylogenetic patterns: the apparent paradox of plant–pollinator Systems. *Journal of Ecology*, 84(5), 767-769.
- Oltean, I., Macavei, L. I., Vasian, I., Totos, S., Varga, M., & Florian, T. (2015). Use of semiochemical products in monitoring and control of *Epicometis hirta* Poda. Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. *Agriculture*, 72(2), 453-456.
- Öztürk, N., Ulusoy, R., 2003. Mersin ili Kayısılarında Saptanan Zararlılar. *Alatırım Dergisi*, 2 (2), 21–26.
- Öztürk, K. (2001). Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye’ye Olası Etkileri”, *G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22(1), 47-65.

- Özkan, C., Gürkan, O., Hancıoğlu, Ö., 2005. Çubuk (Ankara) ilçesi vişne ağaçlarında zararlı olan türler, doğal düşmanları ve önemlileri üzerinde gözlemler. *Tarım Bilimleri Dergisi*. 11(1), 57-59.
- Özbek, H., 2008. Türkiye’de ılıman iklim meyve türlerini ziyaret eden böcek türleri. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 8(3), 92-103.
- GBIF, Global Biodiversity Information Facility <https://www.gbif.org/species/1084559>
- Polesel, I. M. G., Valle, N. G., Cave, R. D., & Damborsky, M. P. (2022). Descriptions of the larva and pupa of *Gymnetis pudibunda* Burmeister, 1866 (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae: Gymnetini), with notes on natural history and a key to the known larvae of New World Gymnetini. *Journal of Natural History*, 56(13-16), 969-987.
- Racsakó, J., Leite, G. B., Petri, J. L., Zhongfu, S., Wang, Y., Szabó, Z., & Nyéki, J. (2007). Fruit drop: The role of inner agents and environmental factors in the drop of flowers and fruits. *International Journal of Horticultural Science*, 13(3), 13-23.
- Sağdaş, A., Yaşar, B., 2013. Afyonkarahisar ili kiraz bahçelerinde cezbedici karışımı içeren farklı tipteki mavi renkli tuzakların Baklazınnı [Tropinota hirta (Poda) (Coleoptera: Scarabaeidae)] erginlerinin yakalanması üzerine etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 17 (3): 26-31.
- Slav, M., Hoza, D., & Asănică, A. (2018). Particularities of the blossom feeder attack, *Tropinota hirta* poda (Coleoptera: Scarabaeidae), on blueberry (*Vaccinium corymbosum*) in a commercial orchard from Vrancea county. *Journal of horticulture, forestry and biotechnology*, 22(4), 1- 6.
- Salihoğlu, B., & Öztürk, B. (2021). İklim Değişikliği ve Türkiye Denizleri Üzerine Etkileri. Turkish Marine Research Foundation, İstanbul.
- Subchev, M. A., Toshova, T. B., Andreev, R. A., Petrova, V. D., Maneva, V. D., Spasova, T. S., & Velchev, D. I. (2011). Employing floral baited traps for detection and seasonal monitoring of *Tropinota* (*Epicometis*) *hirta* (Poda) (Coleoptera: Cetoniidae) in Bulgaria. *Acta zoologica bulgarica*, 63(3), 269-276.
- Stanek, V.J., 1984. *Encyclopedie des Insectes Coleopteres*. Suoboda, Prague, Czech Republic. 224 p.
- TAGEM Bitki zararlıları zirai mücadele teknik talimatları. Bitki Sağlığı Araştırmaları Daire Başkanlığı. Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü. <https://www.tarimorman.gov.tr>

- Tezcan, S., & Pehlivan, E. (2001). Evaluation of the Lucanoidea and Scarabaeoidea (Coleoptera) fauna of ecological cherry orchards in İzmir and Manisa provinces of Turkey. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 38(2/3), 31-38.
- Toth, M., Vuts, J., Difrancio, F., Tabilio, R., Baric, B., Razov, J., Toshova, T., Subchev, M., Sredkov, L. (2009) Detection and monitoring of *Epicometis hirta* Poda and *Tropinota squalida* Scop. with the same trap. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 44 (2). pp. 337-344.
- Türkeş, M., Sümer, U. M. ve Çetiner, G. (2000). Küresel İklim Değişikliği ve Olası Etkileri, Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları (13 Nisan 2000, İstanbul Sanayi Odası), 7-24, ÇKÖK Gn. Md., Ankara.
- Türkeş, M. (2007). Küresel İklim Değişikliği Nedir? Temel Kavramlar, Nedenleri, Gözlenen ve Öngörülen Değişiklikler, 1. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi – TİKDEK 2007, 11 – 13 Nisan 2007, İTÜ, İstanbul.
- Brumley, C., Scanlon, P., Szito, A. (2020). Scarab Pests to Australia. Lucidcentral.org, Identic Pty Ltd, Queensland, Australia. <https://keys.lucidcentral.org/search/>
- Uçar, S., Atay, T., & Yanar, Y. (2022). Identification of some native entomopathogenic fungal species and their pathogenicity against Apple Blossom Beetle, *Tropinota* (*Epicometis*) *hirta* (Poda, 1761) (Coleoptera: Cetoniidae) adults. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 32(1), 1-8.
- Vuts, J., Szarukán, I., Subchev, M., Toshova, T., & Tóth, M. (2010). Improving the floral attractant to lure *Epicometis hirta* Poda (Coleoptera: Scarabaeidae, Cetoniinae). *Journal of Pest Science*, 83, 15-20.
- Vuković, S., Lazić, S., Gvozdenac, S., & Šunjka, D. (2016, October). The control of *Epicometis hirta* Poda in apple orchards with azadirachtin. In III International Symposium on Horticulture in Europe-SHE2016 1242 (pp. 775-778).
- Waser, N. M., Chittka, L., Price, M. V., Williams, N. M., & Ollerton, J. (1996). Generalization in pollination systems, and why it matters. *Ecology*, 77(4), 1043-1060.
- Yaşar, B., Çeşme, I., Baydar, M. S., Aysal, I., & Yazır, A. B. (2013). The effect on capturing of alleculid beetle (*Epicometis hirta* (Poda) (Coleoptera: Scarabaeidae) feeding on the flowers of cherry trees by the funnel traps and different blue colors. *Turkish Bulletin of Entomology*, 3(2), 99-105.
- Yaşar, B., Uysal, O., 2013. Evaluation of the efficacy of different traps in capturing apple blossom beetle (*Epicometis hirta* (Poda, 1761)) (Coleoptera: Scarabaeidae). *Türkiye Entomoloji Dergisi*. 37 (2):169–177.

Bölüm 2

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN ANTİMİKROBİYAL DİRENÇ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ VE TEK SAĞLIK YAKLAŞIMI

Belgin ERDEM¹

¹ Prof. Dr., Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Kırşehir / TÜRKİYE, ORCID ID: 0000-0001-9108-5561, berdem@ahievran.edu.tr

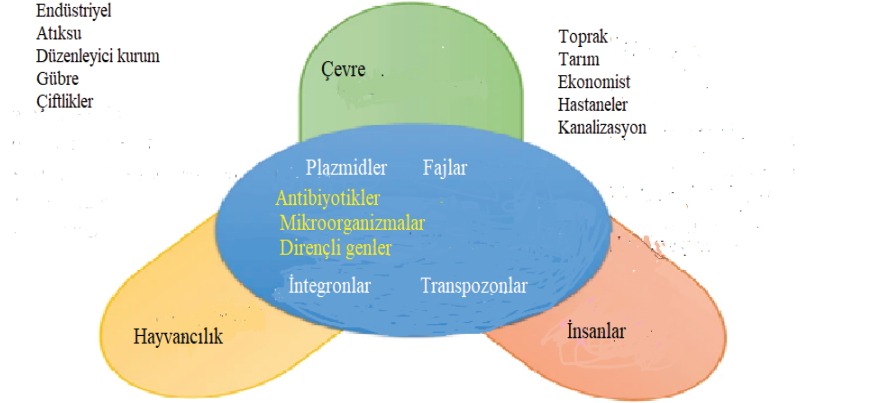
GİRİŞ

Küresel bir sağlık sorunu olan antimikrobiyal direnç, insanlarda ve hayvanlarda uygunsuz antibiyotik kullanımı ve direnç genlerinin aktarılması nedeniyle 2050 yılına kadar yılda 10 milyon kişinin ölümüne neden olabilir (Coque vd., 2023). Antibiyotik dirençli bakteriler (ARB), su, toprak ve hastaneler dahil olmak üzere çeşitli çevresel kaynaklarda bulunur ve antibiyotik direnç genlerini insan bakterilerine aktarabilir. Yanlış kullanılan antibiyotikler atık suya karışır ve dirençli enfeksiyon riskini artırır. Antibiyotiklere dirençli süper bakterilerin ortaya çıkması, insan sağlığına ve hayvan ve çevre sağlığına öncelik verilmesine yol açmıştır. ARB'yi kontrol etmek biyolojik, klinik, ilaç tasarımı ve politika önlemleri gerektirir (Aslam vd., 2021).

Disiplinler arası iş birliğini içeren Tek Sağlık yaklaşımı, küresel sağlık güvenliği için hayati öneme sahiptir. AMR, enfeksiyonlara ve ölümlere neden olan önemli bir sağlık sorunudur. Yükselen sıcaklıklar, ısıya bağlı ölüm oranları ve yüksek yoğunluklu fırtınalardan etkilenen iklim değişikliği bir tehdit oluşturmaktadır (Wolf vd., 2015). Artan sıcaklık, kuraklık ve yoğun yağış gibi iklim değişikliği, patojenlerin hayatta kalma oranlarının değişmesi, su kaynaklarının tükenmesi ve gıda kaynaklı hastalıklar nedeniyle su kaynaklı hastalık risklerinin artmasına yol açabilir (Levy vd., 2018). İklim değişikliği, özellikle savunmasız popülasyonlarda su kaynaklı hastalıkların dağılımını ve görülme sıklığını değiştirerek küresel hastalık yüküne katkıda bulunabilir (Grilo vd., 2021). Fosil yakıt yakımı ve ormansızlaşma gibi insan faaliyetleriyle tetiklenen iklim değişikliği, küresel sıcaklık artışına, aşırı hava olaylarına ve yükselen deniz seviyelerine neden olarak ekosistemler, ekonomiler, halk sağlığı ve gıda güvenliği için riskler oluşturmaktadır. İklim değişikliği, vektör kaynaklı hastalık bulaşmasını önemli ölçüde etkileyerek salgın risklerini ve halk sağlığı risklerini, özellikle *Aedes aegypti* ve *Aedes albopictus* sivrisinekleri tarafından bulaşan Dang humması, Chikungunya ve Zika virüslerini artırmıştır (Delrieu vd., 2023).

Tek Sağlık yaklaşımı, insan-hayvan bağlarını güçlendirerek, güvenli gıda ve su sağlayarak, sürdürülebilir tarım uygulamaları, hastalık gözetimi ve hükümet politikalarını uyumlu hale getirerek uzun vadeli sürdürülebilirliğe ulaşmayı hedeflemektedir. Antimikrobiyal dirence karşı stratejik eğitim, öğretim, önleme, tanı ve yeni tedavileri içerir ve bu da verimli iletişim ve küresel erişimle sonuçlanır (Şekil 1). Tek Sağlık yaklaşımı, insan, hayvan ve çevre sağlığının birbirine bağlılığını vurgulayan disiplinler arası bir stratejidir. Türler arasında bulaşan hastalıkları, özellikle zoonotik enfeksiyonları önlemeyi ve kontrol etmeyi amaçlamaktadır. Bu yaklaşım, insan popülasyonlarını, yaban hayatını ve doğal çevreleri koruyarak etkili sağlık politikaları ve müdahaleleri geliştirmek için sektörler arası iş birliğini de teşvik eder.

Ayrıca iklim değişikliği, habitat tahribatı ve kirlilik gibi çevresel faktörleri de göz önünde bulundurarak ekosistemleri korurken insan ve hayvan sağlığını ilerleten sürdürülebilir uygulamaları teşvik eder. İklim değişikliği, artan küresel sıcaklıklar ve aşırı hava olayları nedeniyle antimikrobiyal direnci (AMR) etkileyen önemli bir faktör olarak bildirilmektedir. Buda, antibiyotik dirençli bakterilerin yayılmasına yol açabilir. Tarım sektörü ayrıca hayvancılık ve mahsul üretiminde antibiyotik kullanımı yoluyla AMR'e katkıda bulunur. İklim değişikliği zorluklarının ele alınması, AMR risklerini azaltmak ve gıda güvenliğini sağlamak için çok önemlidir. Politikacılar, araştırmacılar ve sağlık profesyonelleri arasındaki iş birliği, iklim adaptasyonu ve azaltma stratejileri için olmazsa olmazdır (MacFadden vd., 2018; National Centers for Environmental Information, 2018).



Şekil 1. Tek sağlık modeli ve paydaşlar (Singh vd., 2021)

Antimikrobiyal direncin artmasına katkıda bulunan faktörler

Antimikrobiyal direnç (AMR), tıpta ve tarımda antibiyotiklerin aşırı ve yanlış kullanımından kaynaklanan küresel bir sağlık sorunudur. Aşırı reçete uygulamaları, hasta baskısı ve hayvancılıkta ve tarımda rutin antibiyotik kullanımı, dirençli bakterilerin artışına katkıda bulunur. Bazı ülkelerde düzenleyici önlemler başlamıştır, ancak tarım sektöründe katı yönergeler henüz hak ettiği kadar değerlendirilmemiştir. İlaç endüstrisi, sınırlı kazançlar nedeniyle antibiyotik araştırmalarına yatırım yapmada zorluklarla karşı karşıyadır. AMR'nin etkisini azaltmak için politikacılara, sağlık hizmeti çalışanlarına ve tarım sektörü çalışanlarına ihtiyaç vardır (Burnham vd., 2021).

İnsanlarda, veterinerlikte ve tarımda antibiyotikler

Antibiyotikler, insanlarda, hayvanlarda ve tarımda bakteri kaynaklı enfeksiyonları tedavi eder; bazıları her ikisinde de kullanılabilirken, diğ-
erleri toksisite veya enfeksiyon sıklığı nedeniyle yalnızca hayvanlarla sını-
rılıdır. Antibiyotiklerin terapötik olmayan kullanımı, çeşitli enfeksiyon-
ları önlemek için sularına ve/veya yemlerine eklendiğinden hayvanlarda,
özellikle çiftlik hayvanlarında kullanılması daha yaygındır (Van Boeckel
vd., 2015). Çiftlik hayvanlarında kullanılan bazı antibiyotikler, terminal
enfeksiyonları veya çoklu ilaca dirençli patojenlerin (MDR) neden oldu-
ğu enfeksiyonları tedavi etmek için kullanılmaktadır (DSÖ, 2016). MDR
patojenleri birçok antibiyotiğe karşı dirence sahiptir ve bunların yaygın
kullanımı çiftlik atıklarındaki sayılarını artırarak birden fazla antibiyoti-
ğe karşı direnç gösteren daha fazla mikroorganizma ortamda bulunmak-
tadır. İnsanlar ve hayvanlar arasında kullanılan yaygın antibiyotik sınıf-
larının metafilaksisiyle (hastalık önleme) ilişkili riskler, sefalosporinler
gibi üçüncü nesil antibiyotikler için de geçerli olduğu bildirilmiştir (DSÖ,
2016). Şimdi, sefalosporin dozunun hayvanlara kıyasla insanlarda artırıl-
ması gerekmektedir yalnız geniş spektrumlu beta-laktamazlar (ESBL'ler)
ve Amp C, antibiyotiklere karşı direnç geliştirmektedir (European Me-
dicines Agency, 2009). ESBL'ler, beta-laktam antibiyotiklere karşı direnç
sağlayan ve insanlar için büyük bir sağlık riski oluşturan son derece ha-
reketli olan antibiyotik direnç genleridir (Rawat ve Nair, 2010). Bu anti-
biyotiklerin aşırı kullanımı, direnç genlerinin plazmidler aracılığıyla eş
zamanlı transferi nedeniyle diğer antibiyotiklere karşı dirence yol açar-
bilir. Örneğin, sefalosporinlerin aşırı kullanımı nedeniyle karbapenem-
ler *E. coli*, *Salmonella spp.* ve *K. pneumoniae*'ye karşı direnç kazanmıştır
(Nordmann, 2014).

Antimikrobiyal direnç, bakteriyofajlar, hayvanlar ve halk sağlığı

Hayvancılıkta antibiyotiklerin aşırı kullanımı, antibiyotiklerin hayvan
vücudunda yeterince emilmemesi ve atılmaması nedeniyle antibiyotik di-
renç genlerinin artmasına yol açmıştır (Ronquillo ve Hernandez, 2017).
Danimarka ve Avrupa Birliği 1995'ten beri 11 antibiyotiğin kullanımını
yasakladı ve bunun sonucunda antibiyotik direncinde %50'lik bir azalma
oldu (Hollis ve Ahmed, 2013). Fajların antibiyotik kullanımına kıyasla
insan terapisiyle ilişkili bazı avantajlara sahip olduğu bilinmektedir (Lo-
c-Carrillo ve Abedon, 2011). Bakteriyel patojenlerde antibiyotik direncinin
artması ve yeni antibiyotiklerin düşük oranı, fajların biyolojik kontrol ve
hastalık önlemedeki potansiyeline daha fazla odaklanılmasına yol açmış-
tır. Fajlar bakterisidaldır, tedavi sırasında sayıları artar, minimal bozulma-
ya neden olur, antibiyotik dirençli bakterilere karşı etkilidir, kolayca tespit
edilebilir ve düşük doğal toksisitelere sahiptir. Patojen kontrolüne gerçekçi

bir yaklaşım olarak kullanımları son yıllarda önemli ilgi görmüştür (Sulakvelidze, 2011).

Toprak ve su kütlelerinde antimikrobiyal direnç

Toprak, fiziksel değişimi kolaylaştıran ve antibiyotik direnç genlerini depolayan önemli bir ekolojik niştir (Monier vd., 2011). Birçok gen henüz tanımlanmamıştır ve tarım arazileri diğer kaynaklardan antibiyotik alabilir. Özellikle hayvan çiftliklerinden gelen gübre ile desteklenen toprak genellikle yüksek antibiyotik konsantrasyonları içerir. Çiftliklerden, gübrelerden, sulama suyundan, ilaç üretiminden, hastanelerden ve insanlardan gelen atıklar genellikle tarım arazilerine ulaşarak antibiyotik seviyelerini artırır (Rodgers vd., 2019). Bu arazilerden gelen sebze ve meyveler antibiyotik ve dirençli mikroplar edinir ve bu da taşıma ve depolama sırasında insanlara antimikrobiyal direnç bulaştırma riski oluşturur (Kumar vd., 2005). Göller, nehirler, yapay sistemler ve deniz gibi su kütleleri de antibiyotik dirençli bakteriler ve genler için rezervuar görevi görür. Su kütlelerinin yakınındaki lokantalar, parklar, spor ve su parkları gibi toplu etkinlikler *Enterobacter*, *Serratia*, *Klebsiella*, *Citrobacter* ve *Pantoea* gibi dirençli mikropları çeker. Bu karışma, toprak ve su kütlelerini etkileyerek antimikrobiyal direncin yayılmasını kolaylaştırır (Khan vd., 2019).

Antimikrobiyal direnç ve insanlar

Antibiyotik tüketimi, bulaşıcı hastalıklar, yaşam standartları ve toplum hijyenindeki farklılıklar nedeniyle küresel olarak değişmektedir (Hatakka ve Saxelin, 2008). Mukus bağlayıcı protein, fibronektin bağlayıcı protein (Bisht vd., 2018) ve oligosakkaritler (Anand vd., 2018) gibi yüzey proteinlerine sahip probiyotikler gibi yeni tedaviler önerilmiştir ancak bunlar hala ticari olarak başarılı değildir (Singh vd., 2018).

Antimikrobiyal dirençde küresel çözümler

AMR, daha uzun süreli hastalık, daha yüksek ölüm oranları, artan maliyetler ve etkisiz antibiyotik tedavileriyle ilişkilidir. AMR'nin ekonomik yükü, etkili antibiyotiklerin yokluğunda ameliyat veya tedavi yapamama nedeniyle daha da kötüleşmektedir (Magnano San Lio vd., 2023). 20. yüzyılda keşfedilen antibiyotikler Antimikrobiyal Direnç (AMR) ile karşı karşıya kalmaktadır, bu da enfeksiyonların tedavisini zorlaştırmaktadır ve özellikle "süper mikropların" hızla küresel yayılmasıyla birlikte hastalık bulaşma riski artmaktadır (Dhanusha vd., 2023). AMR'yi kontrol etmek için gözetim, direnç tespiti, farkındalık kampanyaları ve antibiyotik yönetimi programları gibi kapsamlı stratejiler uygulanmalıdır. Reçete yazanlar, ilaç dağıtıcıları ve hastalar arasındaki iş birliği, önemli bir azalma için esastır (Tang vd., 2023). AMR'ye yönelik çözümler arasında yönetim programları,

sağlık hizmeti sağlayıcısı eğitimi, gözetim, uluslararası hareketlilik kontrolü, araştırma, geliştirme, enfeksiyon kontrolü ve teşhis testleri ile yerel/bölgesel stratejiler yer almaktadır. AMR, öncelikle bakteriyel mutasyonlar, antibiyotik seçim baskısı ve Enterobacteriaceae gibi çoklu ilaca dirençli patojenlerin yayılması nedeniyle oluşur. AMR'nin ekonomik yükü, etkili antibiyotikler olmadan ameliyat veya tedavi yapamama nedeniyle daha da kötüleşir. AMR'yi kontrol etmek için gözetim, direnç tespiti, farkındalık kampanyaları ve antibiyotik yönetimi programları gibi kapsamlı stratejiler uygulanmalıdır. Reçete yazanlar, ilaç dağıtıcıları ve hastalar arasındaki iş birliği, önemli bir azalma için esastır.

Antimikrobiyal Direnç ve İklim Değişikliği

Antibiyotik mikrobiyal direnç ve iklim değişikliği zorlukları, su ürünleri yetiştiriciliğinde antibiyotik kullanımını azaltma, hijyeni teşvik etme, önleyici tedbirler uygulama ve antibiyotiklerin aşırı kullanımından kaçınmayı içeren kapsamlı bir yaklaşım gerektirir. İklim değişikliği, özellikle artan sıcaklıklar, bakterilerde antibiyotik direncine katkıda bulunabilir ve CO₂ emisyonları gibi antropojenik etkileri azaltma ihtiyacını vurgular. Bu karmaşık sorunların üstesinden gelmek için disiplinler ve sektörler arası iş birliği çok önemlidir (Pepi ve Focardi, 2021). İklim değişikliği, aşırı hava olaylarının ve doğal afetlerin sıklığını, yoğunluğunu ve süresini artırarak insan sağlığını etkiler ve olumsuz sağlık sonuçlarına neden olur. Küresel ısınma iklim modellerini değiştirerek, aşırı hava olaylarının ve doğal afetlerin artmasına yol açar ve bu da sağlık sonuçlarını olumsuz etkilemektedir (Şekil 2). İklim değiştiren olaylar ile sağlık sonuçları arasındaki etkileşim sosyoekonomik, demografik ve çevresel faktörlerden de etkilenmektedir. Belirli bölgeler için potansiyel faydalar arasında daha yaşanabilir bir çevre ve Yeterli gıda ürünü yer almaktadır (Zhao vd., 2022).

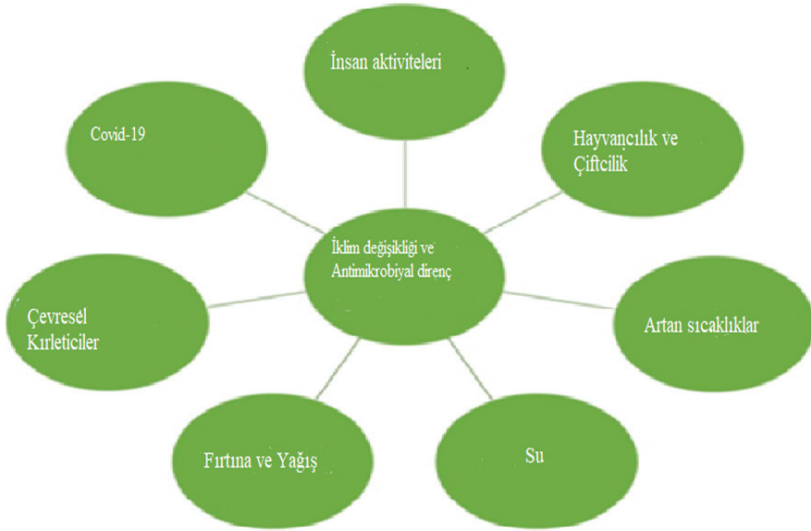
İklim değişikliğinin antimikrobiyal direnç üzerindeki etkileri

İklim değişikliği hem doğal ekosistemler hem de insan sağlığı üzerinde önemli etkileri olan küresel bir sorundur. En çok göz ardı edilen etkilerden biri antimikrobiyal dirençtir (AMR). Sıcaklıklar arttıkça ve hava desenleri daha düzensiz hale geldikçe, patojenlerin çoğalma olasılığı artar ve bu da daha yaygın hastalıklara yol açar. Daha sıcak sıcaklıklar, bakterilerin, parazitlerin ve virüslerin gelişmesi için daha uygun koşullar yaratır ve yayılma ve insanları ve hayvanları enfekte etme yeteneklerini artırır. Sel ve kuraklık gibi aşırı hava olayları, sanitasyon sistemlerini bozar ve temiz suya erişimi azaltır ve bu da antibiyotiklere olan bağımlılığın artmasına neden olur (Tablo 1).

Yükselen sıcaklıklar su ve gıda güvenliğini tehdit eder ve daha sıcak iklimler bulaşıcı hastalıkların yayılması için ideal koşullar yaratır (Schwab

vd., 2020). İklim değişikliği, havadaki alerjenlerin ve zararlı kirleticilerin artmasıyla bağlantılıdır ve küresel ısınmadaki her küçük artış için riskleri artırır (Meinen vd., 2023; DSÖ, 2019).

İklim değişikliği, bulaşıcı hastalıkları etkileyen iklimle ilgili faktörlerin karmaşıklığı nedeniyle büyük bir küresel sağlık endişesidir ve bu da etkisini ölçmeyi zorlaştırır. Antimikrobiyal direnç (AMR), 2019'da bakteriyel AMR ile ilişkili tahmini 4,95 milyon ölümle küresel halk sağlığı için en büyük tehdit haline gelmiştir (Murray vd., 2022). İklim değişikliği nedeniyle artan sıcaklık, bakteri büyümesini ve üremesini etkiler ve kanıtlar, plazmit transferinin ve potansiyel olarak direnç genlerinin gen transferinin artan sıcaklıkla kolaylaştırıldığını göstermektedir. Son çalışmalar, *S. aureus*, *E. coli* ve *K. pneumoniae* gibi yaygın patojenlerde AMR'nin artan sıcaklıkla arttığını bulmuştur (MacFadden vd., 2018).



Şekil 2. İklim değişikliği ile antimikrobiyal direnç arasında rol oynayan temel faktörler. (Magnano San Lio vd., 2023).

Tablo 1. İklim değişikliği ile enfeksiyonlar arasındaki ilişki (Magnano San Lio vd., 2023).

Mikroorganizmalar	İklim değişikliğinin rolü	Hastalıklar
<i>Campylobacter</i> spp. ve <i>Salmonella</i> spp.	Su sistemindeki artan sıcaklıklar mikroorganizmaların hayatta kalmasını sağlar	Su ve gıda kaynaklı hastalıklar
<i>Vibrio cholerae</i>	Artan sıcaklıklar doğal afetlere yol açarak mikroorganizmaların hayatta kalması için daha iyi koşullar oluşturdu	Su kaynaklı hastalıklar (Kolera)
<i>Candida auris</i>	Sulak alan ekosisteminde ısıya ve tuza tolerans kazanıldı	Mantar enfeksiyonu (Kandidiyazis)
<i>Plasmodium falciparum</i>	Artan sıcaklıklar ve nem, bulaşıcılığın artmasına katkıda bulunur	Vektör kaynaklı hastalık (Sıtma)
Zika, Chikungunya ve Dengue viruses, <i>Tripanosoma cruzi</i>	Daha fazla hava sıcaklıkları vektörlerin kış aylarında bile artan bir şekilde yayılmasına yol açtı	Vektör kaynaklı hastalıklar (Zika, Chikungunya, Dang ve Chagas hastalıkları)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Escherichia coli</i> ve <i>Staphylococcus aureus</i>	Sıcak mevsimdeki sıcaklık değişiklikleri, 32–36 °C'de optimum büyüme koşullarına katkıda bulunur	Gram negatif enfeksiyonlar (özellikle sağlık ortamlarında)
SARS-CoV-2	Artan kuraklık ve uzun süren kuraklıklar yarasaların göç etmesine ve virüs bulaşmasının artmasına neden oldu	COVID-19 hastalığı

İklim değişikliği, öncelikle insanlığın fosil yakıtları kullanımı ve bunların yakılmasından kaynaklanan sera gazları tarafından yönlendirilir. İklim değişikliğinin insan sağlığı üzerindeki etkileri sayısızdır ve iklim değişikliğinin hızı arttıkça giderek daha da şiddetli hale gelir. Sağlık ve iklim değişikliği arasındaki nispeten az bildirilen bir kesişim noktası, enfeksiyonlar, özellikle antibiyotik dirençli enfeksiyonlardır. Bu perspektif incelemesinde, iklim değişikliğinin antibiyotik direncinin yayılmasını ve yayılmasını halihazırda etkilemiş, etkileyecek ve muhtemelen etkileyebilecek yönleri tartışılmaktadır (Burnham, 2021).

Yapay zekanın (YZ) iklim krizi ve Antimikrobiyal direnç üzerindeki etkisi

Son 20 yılda antimikrobiyal direnç (AMR) üzerine 254.738 makaleyi derlemek için kapsamlı bir veri tabanı ve YZ metodolojisi kullanıldı. Bulgular, sektörler ve bölgeler arasında araştırma yöntemlerinin uyumlu hale getirilmesi ve düşük gelirli ülkelerde kapasite oluşturmaya daha fazla yatırım yapılması ihtiyacını vurgulamaktadır (Chen vd., 2024). YZ tabanlı metodolojiler, YZ araştırmalarındaki küresel kalıpları haritalamak için Doğal Dil İşleme (NLP) kullanılarak büyük literatür veri tabanlarının analiz edilmesinde kullanıldı. Çalışma, *S. aureus*, *P. aeruginosa*, *Salmonella* spp.

ve *K. pneumoniae* dahil ESKAPE patojenlerini yayınlarda en çok çalışılan patojenler olarak tanımlandı (Rice, 2008). AMR araştırmalarında Tek Sağlık yaklaşımlarına doğru eğilim, girişimin 2011’de başlatılmasından bu yana yüksek gelirli ortamlarda belirginleşti. Ancak, özellikle bitki sağlığını diğer sektörlerle ilişkilendiren sektörler arası araştırmalarda boşluklar bulunmaktadır. Farklı düşük gelirli ortamlardaki AMR araştırmalarının kalıpları bölgeye özgü olma eğilimindedir ve yerel sağlık öncelikleriyle yakından bağlantılıdır.

Antimikrobiyal direnç ve iklim değişikliğinin ekonomiye katkısı

İklim değişikliği ve antimikrobiyal direnç, politika değişiklikleri gerektiren küresel sorunlardır. AMR’nin ekonomik maliyetleri, küresel ortalama yüzey sıcaklığındaki 2°C’lik bir artışın maliyetlerine benzerdir ve bu da onu politika yapımcılar için acil bir öncelik haline getirir (Harring ve Krockow, 2021). Reçete yazanlara alınıp satılabilir izinler veren ve piyasanın fiyatı belirlemesine izin veren bir düzenleyici kurum kurmak, önemli antibiyotikler için daha öngörülebilir lisans ücretleri yoluyla öngörülebilir bir gelir akışı yaratabilir (McDonnell vd., 2017). Uygunsuz antibiyotik kullanımını azaltırken temel erişimi genişletmek, özellikle düşük ve orta gelirli ülkelerde zorlu bir meydan okumadır. Bu acil küresel sorunu ele almak için çeşitli alanlardan ekonomistlere ihtiyaç duyulmaktadır (Harring ve Krockow, 2021). Antimikrobiyal direnç (AMR), öncelikle aşırı kullanım, yanlış kullanım ve standart altı kullanım dahil olmak üzere antimikrobiyallerin yetersiz kullanımından kaynaklanmaktadır. Yolsuzluk, kültürel belirleyiciler ve ulusal ekonomilerdeki farklılıklar gibi faktörler de AMR’e katkıda bulunabilir.

Koronavirüsün Antimikrobiyal Direnç ve İklim Değişikliği üzerindeki etkisi

Devam eden COVID-19 salgını artık küresel bir krizdir. Yazım sırasında 9 milyondan fazla doğrulanmış vakaya ve 400.000’den fazla ölüme neden oldu ve küresel nüfusun önemli bir bölümünü sınırlayan ve ‘sosyal mesafeyi’ yeni bir küresel davranış normu olarak belirleyen benzeri görülmemiş önleyici tedbirleri tetikledi. COVID-19 krizi günlük yaşamın ve işin her yönünü ve küresel ekonomiyi ağır bir şekilde etkiledi. Bu kriz ayrıca küresel iklim krizinin nasıl yönetilebileceğine dair benzeri görülmemiş durumları ortaya koymuştur. Son olarak, iklim krizini ‘çözebilecek’ güvenli iklim değişikliği aşları veya geliştirilecek potansiyel tedaviler yoktur ve iklim değişikliğini tersine çevirmeyi amaçlayan herhangi bir faaliyetin sonuçları muhtemelen on yıllar veya daha fazla sürecektir. COVID-19 krizi bize önleme ve erken eylemin önemini gösteriyor ve bu, iklim krizinin en kötü sonuçlarını önlemede daha da önemli olabilir (Lai vd., 2021).

Antimikrobiyal direnç ve tek sağlık yaklaşımı

“Tek sağlık” kavramı, özellikle insan patojenlerinin çevredeki patojenik olmayan akrabalarından direnç kazanması, antimikrobiyal dirençle başa çıkmada sayısız fayda sağlar (Forsberg vd., 2012). Bu konu, insan-hayvan-çevre etkileşimleriyle ilişkilidir ve etkili kontrol ve azaltma için ‘Tek sağlık’ gibi kapsayıcı stratejiler benimsenmelidir. ‘Tek sağlık’ yaklaşımı, gözetim ağlarına ve kamuoyu bilinçlendirme programlarına uygulandığında insanlar için faydalıdır.

Duyarlı doktorlar, hastaları iyi hijyen uygulamalarını, hayvan atıklarının güvenli bir şekilde bertaraf edilmesini ve zoonotik hastalık salgınları sırasında genel davranışları benimsemeye teşvik edebilir, bu da düşük enfeksiyonlara ve halk sağlığı sorunlarının sağlam bir şekilde ele alınmasına yol açar. Antibiyotikler ve bunların bozulmuş ürünleri, tüm alanlarda direnci büyük ölçüde artırır ve bazen mikroplarda biyofilm oluşumunu, hareketliliği ve stres tepkisini aktive etmekten sorumludur (Subbiah vd., 2016). Tarımsal sistemlere yönelik daha az düzenleyici denetim ve bunları antimikrobiyal direnç rezervuarları olarak tanımamak da durumu daha da kötüleştirmektedir. Veteriner patojenleri durumunda karbapenemlere ve kolistine karşı direnci dikkate almadan hayvanlara dikkatsizce antibiyotik reçete edilmesi hala hayvan-insan-çevre etkileşimine katkıda bulunmakta ve direncin gelişimini kötüleştirmektedir (Romero vd., 2011).

İklim Değişikliği ve Antimikrobiyal Direnç İçin Tek Sağlık Perspektifi

Tek Sağlık Perspektifi, gıda güvenliği, kapsamlı hayvancılık sistemleri, çevresel sanitasyon ve zoonotik hastalıkların gözetimi ile insanları, hayvanları ve çevreyi iklim değişikliğinin etkilerinden korumayı amaçlamaktadır (Gudipati vd., 2020). Bu yaklaşım, kamu ve hayvan sağlığı sektörlerinde birlikte çalışarak hayat kurtarır ve maliyetleri azaltır. Gıda güvenliğine, kapsamlı hayvancılık sistemlerine, çevresel sanitasyona ve katkıda bulunabilir. Vektör kaynaklı zoonotik patojenlerin erken tespiti salgın maliyetlerini azaltabilir. Antimikrobiyal direnç (AMR), insanları, çevreyi ve hayvanları etkileyerek küresel sağlık güvenliği için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ, 2016), antibiyotik kullanımı konusunda farkındalık programları ve eğitim yoluyla AMR’yi önlemek için FAO ve OIE (Gıda ve Tarım Örgütü ve Dünya Hayvan Sağlığı Örgütü) gibi diğer kuruluşlarla iş birliği yapan Tek Sağlık girişiminin bir parçasıdır (Salam vd., 2023). İklim değişikliği, sıcaklık, yağış ve bölgesel iklim üzerindeki etkileri yoluyla dang humması ve sıtma gibi vektör kaynaklı hastalıkların bulaşmasını ve yayılmasını etkileyebilir (Ma vd., 2022). Arazi kullanımı, insan hareketliliği ve iklim koşulları gibi faktörler bu hastalıklarla etkileşi-

me girebilir. Bulaşıcı hastalıkların ve AMR'nin yükünü azaltmak için, Tek Sağlık perspektifi içinde insanları, hayvanları ve çevreyi çağdaş bir şekilde korumak gerekir. İklim değişikliği, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* ve *Staphylococcus aureus* gibi yaygın patojenlerde antimikrobiyal direnç artırabilir, antibiyotik dirençli patojenlerin gelişmesini ve yayılmasını kolaylaştırarak AMR ile ilişkili halk sağlığı sorunlarını şiddetlendirebilir (Hiller vd., 2019).

İklim Değişikliği ve Antimikrobiyal Direnç, Tek Sağlık stratejileriyle azaltma

Tek Sağlık yaklaşımı, insan sağlığı, hayvanlar ve çevrenin birbirine bağlı olduğunu kabul ettiği için iklim değişikliği ve antimikrobiyal direnç ele almada çok önemlidir. Hayvan popülasyonlarının toplu aşılınması, çiftlik hayvanlarından kaynaklanan zoonozları azaltabilir ve hastalık bulaşmasını hafifletebilir. Ancak, tarımda, hayvancılıkta ve insan tıbbında antimikrobiyallerin aşırı kullanımı küresel bir sorundur. Uygunsuz yönetim, enfeksiyonların kontrolü, tarımsal atıklar, çevre kirleticileri ve enfekte bireylerin ve hayvanların göçü AMR'nin yayılmasına katkıda bulunur (Velazquez-Meza vd., 2022).

İklim değişikliğine ve antimikrobiyal direnç karşı alınacak önlemler

Sağlık sistemleri antibiyotik yönetiminden, kritik kontrol noktalarının belirlenmesinden ve düzenleyici önlemlere sıkı sıkıya uyulmasından faydalanabilir (Uchil vd., 2014). Bu yöntemler, antimikrobiyal direnç etkileyen kalıpları ve ekolojik faktörleri belirlemeye yardımcı olarak azaltma stratejileri ve düzenleyici politikalar tasarlamaya yardımcı olur (Martínez vd., 2015). Yeni antibiyotikler geliştirmek ve kitlesel antibiyotik kullanımını azaltmak, antimikrobiyal dirençle mücadelede yardımcı olabilir, ancak bu çabaların 'Tek Sağlık' yaklaşımı altında bütünleştirilmesi gerekir. İklim krizi sorunu daha da karmaşık hale getirir ve antimikrobiyal direnç üzerindeki iklim değişikliği etkilerini azaltmak, sera gazlarını sınırlamak, iklim adaptasyonu çözümlerini uygulamak ve ilaç dirençli enfeksiyonları topluca kontrol altına almak için yeni müdahalelerin geliştirilmesini hızlandırmak amacıyla araştırma ve politika eylemleri gerekmektedir.

Sonuç

İklim değışikliğı, iklim bilimcilerin onlarca yıllık uyarılarına rağmen günümüz medyasında tartışmalı bir konu haline gelmiştir ve bulaşıcı patojenlerin artan yaygınlığı ve antimikrobiyal direnç katkısı ile insan sağlığını önemli ölçüde etkilemiştir. İklim değışikliğı, giderek artan bir şekilde antimikrobiyal direnç (AMR) dinamiklerini etkileyen önemli bir faktör olarak kabul ediliyor ve bu nedenle halk sağlığını, tarımı ve çevre sağlığını etkilemektedir. Yükselen sıcaklıklar, değışen yağış düzenleri ve aşırı hava olayları, antibiyotik dirençli patojenlerin büyümesini ve yayılmasını destekleyen koşullar yaratabilmektedir. Sıcaklıkların artması, bakteri metabolizmasını artırabilir ve direnç özelliklerine etki edebilir. Bunun yanı sıra iklim değışikliğı ekosistemleri bozabilir hem insan hem de hayvanlarda dirençli mikropların yayılmasını daha da kötüleştirebilir. İklim değışikliğı ile AMR arasındaki bu etkileşim, küresel sağlık sistemleri için önemli bir zorluk oluşturmaktadır. Yeni bulaşıcı patojenler endişe verici olsa da “Tek Sağlık” stratejilerine odaklanırsak iklim değışikliğı çağında bulaşıcı hastalıkların yükünü azaltabiliriz. Sonuç olarak, Tek Sağlık yaklaşımı, insanları, hayvanları ve çevreyi iklim değışikliğı ve antimikrobiyal etkilerden eş zamanlı olarak korumayı amaçlamaktadır.

KAYNAKLAR

- Anand, S., Mandal, S., Singh, K.S., Pati, I P., & Tomar, S.K. (2018). Synbiotic combination of *Lactobacillus rhamnosus* NCDC 298 an Organization (fructooligosaccharides prevents enterotoxigenic *Escherichia coli* infection. *LWT- Food Science and Technology*, 98: 329–334. Doi: 10.1016/j.lwt. 2018. 08. 061.
- Aslam, B., Khurshid, M., Arshad, M.I., Muzammil, S., Rasool, M., Yasmeen, N., Shah, T., Chaudhry, T.H., Rasool, M.H., Shahid, A., Xueshan, X., & Baloch, Z. (2021). Antibiotic Resistance: One Health One World Outlook. *Front Cell Infect Microbiol.*, 25; 11:771510. Doi: 10.3389/fcimb.2021.771510.
- Bisht, S., Singh, K.S., Choudhary, R., Kumar, S., Grover, S., Mohanty, A.K., Pande, V., & Kaushik, J.K. (2018). Expression of fibronectin-binding protein of *L. acidophilus* NCFM and in vitro refolding to adhesion capable native-like protein from inclusion bodies. *Protein Expr. Purif*, 145: 7–13. Doi: 10.1016/j.pep. 2017. 11. 007
- Burnham, J.P. (2021). Climate change and antibiotic resistance: a deadly combination. *Ther. Adv. Infectious. Dis.*, 8: 1–7. Doi: 10.1177/2049936121991374.
- Chen, C., Li S., Xu Y., Liu J., Graham D. W., & Zhu Y. (2024). Characterising global antimicrobial resistance research explains why One Health solutions are slow in development: an application of AI-based gap analysis. *Environ. Int.* 187, 108680. Doi: 10.1016/j.envint.2024.108680
- Coque, T.M., Cantón, R., Pérez-Cobas, A.E., Fernández-de-Bobadilla, M.D., & Baquero, F. (2023). Antimicrobial Resistance in the Global Health Network: Known Unknowns and Challenges for Efficient Responses in the 21st Century. *Microorganisms*, 17; 11 (4): 1050. Doi: 10.3390/microorganisms11041050.
- Delrieu, M., Martinet, J.P., O'Connor, O., Viennet, E., Menkes, C., Burtet-Sarramegna, V., Frentiu, F.D., & Dupont-Rouzeyrol, M. (2023). Temperature and transmission of chikungunya, dengue, and Zika viruses: A systematic review of experimental studies on *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*. *Curr Res Parasitol Vector Borne Dis.*, 24 (4): 100139. Doi: 10.1016/j.crpvbd.2023.100139.
- Dhanusha, K., Amirtha Lakshmi, B., Ayisha Siddiqkha, A., & Vijayalakshmi, M.K. (2023). An increasingly dangerous threat to global public health: Anti- microbial resistance. *Journal of Pharma Insights and Research*, 01(02), 117–124 Doi: 10.5281/zenodo.10232836
- European Medicines Agency (EMA) (2009). Revised reflection paper on the use of 3rd and 4th generation cephalosporins in food producing animals in the European Union: development of resistance and impact on human and animal health. EMA, London, United Kingdom. EMEA/CVMP/SAGAM/81730/2006-Rev.1

- Forsberg, K.J., Reyes, A., Wang, B., Selleck, E.M., Sommer, M.O.A., & Dantas, G. (2012). The Shared Antibiotic Resistome of Soil Bacteria and Human Pathogens. *Science*, 337 (6098): 1107–1111. Doi: 10. 1126/ science. 12207 61
- Grilo, M.L., Pereira, A., Sousa-Santos, C., Robalo, J.I., & Oliveira, M. (2021). Climatic Alterations Influence Bacterial Growth, Biofilm Production and Antimicrobial Resistance Profiles in *Aeromonas* spp. *Antibiotics*, 10 (8): 1008. Doi: [10.3390/antibiotics10081008](https://doi.org/10.3390/antibiotics10081008)
- Gudipati, S., Zervos, M., & Herc, E. (2020). Can the One Health Approach Save Us from the Emergence and Reemergence of Infectious Pathogens in the Era of Climate Change: Implications for Antimicrobial Resistance? *Antibiotics*, 9 (9): 599. Doi: 10.3390/antibiotics9090599
- Harring, N., & Krockow, E.M. (2021). The social dilemmas of climate change and antibiotic resistance: an analytic comparison and discussion of policy implications. *Humanit. Soc. Sci. Commun.*, 8, 125. Doi: [10.1057/s41599-021-00800-2](https://doi.org/10.1057/s41599-021-00800-2)
- Hatakka, K., & Saxelin, M. (2008). Probiotics in intestinal and non-intestinal infectious diseases-Clinical evidence. *Curr. Pharm. Des.*, 14 (14): 1351–1367.
- Hiller, C.X., Hübner, U., Fajnorova, S., Schwartz, T., & Drewes, J.E. (2019). Antibiotic microbial resistance (AMR) removal efficiencies by conventional and advanced wastewater treatment processes: A review. *Sci. Total Environ.* 685, 596–608. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.05.315
- Hollis, A., & Ahmed, Z. (2013). Preserving antibiotics, rationally. *N. Engl. J. Med.*, 369 (26): 2474–2476.
- Khan, S., Beattie, T.K., & Knapp, C.W. (2019). Rapid selection of antimicrobial-resistant bacteria in complex water systems by chlorine and pipe materials. *Environ. Chem. Lett.*, 17(3): 1367–1373. Doi: 10. 1007/ s10311- 019- 00867-z
- Kumar, K.C., Gupta, S., Chander, Y., & Singh, A.K. (2005). Antibiotic use in agriculture and its impact on the terrestrial environment. *In. Adv. Agron.*, 87, 1–54. Doi: 10.1016/ S0065- 2113(05) 87001-4
- Lai, C.C., Chen, S.Y., Ko, W.C., & Hsueh, P.R. (2021). Increased antimicrobial resistance during the COVID-19 pandemic. *Int. J. Antimicrob. Agents*, 57, 106324. Doi: 10.1016/j.ijantimicag.2021.106324
- Levy, K., Smith, S.M., & Carlton E.J. (2018). Climate Change Impacts on Waterborne Diseases: Moving Toward Designing Interventions. *Curr. Environ. Health Rep.*, 5(2): 272–282. Doi: 10.1007/s40572-018-0199-7
- Loc-Carrillo, C., and Abedon, S.T. (2011). Pros and cons of phage therapy. *Bacteriophage*, 1: 111–114. Doi: 10.4161/bact.1.2.14590

- Ma, J., Guo, Y., Gao, J., Tang, H., Xu, K., Liu, Q., & Xu, L. (2022). Climate Change Drives the Transmission and Spread of Vector-Borne Diseases: An Ecological Perspective. *Biology*, 11, 1628. Doi:10.3390/biology11111628
- MacFadden, D.R., McGough, S.F, Fisman, D., Santillana, M., & Brownstein, J.S. (2018). Antibiotic resistance increases with local temperature. *Nat. Clim. Chang.*, 8:510-514. Doi: 10.1038/s41558-018-0161-6
- Magnano San Lio, R., Favara, G., Maugeri, A., Barchitta, M., & Agodi A. (2023). How Antimicrobial Resistance Is Linked to Climate Change: An Overview of Two Intertwined Global Challenges. *Int J Environ Res Public Health.*, 17; 20 (3):1681. Doi: 10.3390/ijerph20031681.
- McDonnell, L., Armstrong, D., Ashworth, M., Dregan, A., Malik, U., & White, P. (2017). National disparities in the relationship between antimicrobial resistance and antimicrobial consumption in Europe: an observational study in 29 countries. *J. Antimicrob. Chemother.*, 72, 3199-3204. Doi: [10.1093/jac/dkx248](https://doi.org/10.1093/jac/dkx248)
- Meinen, A., Tomczyk, S., Wiegand, F.N., Abu Sin, M., Eckmanns, T., & Haller, S. (2023). Antimicrobial resistance in Germany and Europe- A systematic review on the increasing threat accelerated by climate change. *J Health Monit.*, 1; 8 (Suppl 3): 93-108. doi: 10.25646/11404.
- Monier, J.M., Demaneche S., Delmont, T.O., Mathieu, A., Vogel, T.M., and Simonet, P. (2011). Metagenomic exploration of antibiotic resistance in soil. *Curr. Opin. Microbiol.*, 14 (3): 229–235. Doi: 10.1016/j.mib.2011.04.010
- Murray, C.J.L., Ikuta, K.S., Sharara, F., Swetschinski, L., Robles Aguilar, G., Gray, A., et al., (2022). Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: A systematic analysis. *Lancet*, 399 (10325): 629–655. Doi: 10.1016/S0140-6736(21)02724-0
- National Centers for Environmental Information. (2018). Assessing the U.S. climate in August 2018, Doi: ncei.noaa.gov/news/national-climate-201808
- Nordmann, P. (2014). Carbapenemase-producing Enterobacteriaceae: Overview of a major public health challenge. *Med. Mal. Infect.*, 44 (2): 51–56. Doi: 10.1016/j.medmal.2013.11.007
- Pepi, M., & Focardi, S. (2021). Antibiotic-Resistant Bacteria in Aquaculture and Climate Change: A Challenge for Health in the Mediterranean Area. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 18, 5723. Doi: 10.3390/ijerph18115723
- Rawat, D., & Nair, D. (2010). Extended-spectrum β -lactamases in gram-negative bacteria. *J. Glob. Infect. Dis.*, 2(3): 263–274. Doi: 10.4103/0974-777X.68531

- Rice, L.B. (2008). Federal funding for the study of antimicrobial resistance in nosocomial pathogens: No ESKAPE *J. Infect. Dis.*, 197 (8): 1079-1081. Doi: 10.1086/533452
- Rodgers, K., McLellan, I., Peshkur, T., Williams, R., Tonner, R., Hursthouse, A.S., Knapp, C.W., & Henriquz, F.L. (2019). Can the legacy of industrial pollution influence antimicrobial resistance in estuarine sediments? *Environ. Chem. Lett.*, 17(2): 595–607. Doi: 10.1007/s10311-018-0791-y
- Romero, D., Traxler M.F., Lopez, D., & Kolter, R. (2011). Antibiotics as signal molecules. *Chem. Rev.*, 111 (9): 5492–5505. Doi: 10.1021/cr2000509s41598-018-32417-y
- Ronquillo, M.G, & Hernandez, J.C.A. (2017). Antibiotic and synthetic growth promoters in animal diets: review of impact and analytical methods. *Food Control*, 72: 255–267. Doi: 10.1016/j.foodc.ont.2016.03.001
- Salam, M.A., Al-Âmin, M.Y., Salam, M.T., Pawar, J.S., Akhter, N., Rabaan, A.A., & Alqumber, M.A.A. (2023). Antimicrobial Resistance: A Growing Serious Threat for Global Public Health. *Healthcare (Basel)*, 5;1 1(13): 1946. Doi: 10.3390/healthcare11131946.
- Schwab, F., Gastmeier, P., Hoffmann, P., & Meyer, E. (2020). Summer, sun and sepsis-The influence of outside temperature on nosocomial bloodstream infections: A cohort study and review of the literature. *PLoS One*. 19; 15(6): e0234656. Doi: 10.1371/journal.pone.0234656.
- Singh, K.S., Anand, S., Dholpuria, S., Sharma, J.K., Blankenfeldt, W., & Shouche , Y. (2021). Antimicrobial resistance dynamics and the one-health strategy: a review. *Environ. Chem. Lett.*, 19: 2995–3007. Doi: 10.1007/s10311-021-01238-3
- Singh, K.S., Kumar, S., Mohanty, A.K., Grover, S., & Kaushik, J.K. (2018). Mechanistic Insights into the host-microbe interaction and pathogen exclusion mediated by the Mucus binding protein of *Lactobacillus plantarum*. *Sci. Rep.*, 8(1):14198. Doi: 10.1038/s41598-018-32417-y
- Subbiah, M., Mitchell, S.M., & Call, D.R. (2016). Not all antibiotic use practices in food-animal agriculture afford the same risk. *J. Environ. Qual.* 45(2): 618–629. Doi: 10.2134/jeq2015.06.0297.
- Sulakvelidze, A. (2011). Safety by nature: potential bacteriophage applications. *Microbe*, 6 (3):122–126.
- Tang, K.W.K., Millar, B.C., & Moore, J.E. (2023). Antimicrobial Resistance (AMR). *Br. J. Biomed. Sci.*, 80, 11387. Doi: 10.3389/bjbs.2023.11387
- Uchil, R.R., Kohli, G.S., Katekhaye, V.M., & Swami, O.C. (2014). Strategies to combat antimicrobial resistance. *J. Clinic. Diagn. Res.: JCDR*, 8(7), ME01–ME04. Doi:10.7860/JCDR/2014/8925.4529.

- Van Boeckel, T.P., Brower, C., Gilbert, M., Grenfell, B.T., Levin, S.A., Robinson, T.P., Teillant, A., & Laxminarayan, R. (2015). Global trends in antimicrobial use in food animals. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 112 (18): 5649. Doi: 10.1073/pnas.1503141112
- WHO Advisory Group on Integrated Surveillance of Antimicrobial Resistance (AGISAR) (2016) Critically Important Antimicrobials for Human Medicine, 4th revision. WHO, Geneva, Switzerland.
- Wolf, T., Lyne, K., Martinez, G.S., & Kendrovski, V. (2015). The Health Effects of Climate Change in the WHO European Region. *Climate*, 3, 901-936. Doi: [10.3390/cli3040901](https://doi.org/10.3390/cli3040901)
- Zhao, Q., Yu P., Mahendran, R., Huang, W., Gao, Y., Yang Z., Ye, T., Wen, B., Wu, Y., Li, & Guo S.Y. (2022). Global climate change and human health: pathways and possible solutions. *Eco-Environ. Health*, 1 (2): 53-62. Doi:10.1016/j.eehl.2022.04.004

Bölüm 3

TATLI SU EKOSİSTEMİNDE YAYIN BALIĞI (*Silurus glanis*): SU KALİTESİ VE BİYOLOJİK ETKİLEŞİMLER*

Ramazan YAZICI¹,

Okan YAZICIOĞLU²,

Mahmut YILMAZ³

1 Doç. Dr., Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Çiçekdağı Meslek Yüksekokulu, Veterinerlik Bölümü, ORCID ID: 0000-0003-2274-0707, rmznyci@gmail.com

2 Doç. Dr., Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, ORCID ID: 0000-0003-4302-2181, oknycoglu@gmail.com

3Prof. Dr., Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, ORCID ID: 0000-0002-0118-9111, mahmuty20@gmail.com

* Bu çalışma aşağıda künyesi verilen doktora tezinden türetilmiştir.

Yazıcı Ramazan (2018). Sıddıklı Küçükboğaz baraj gölündeki yayın balığı (*Silurus glanis* L., 1758)'nın biyolojik özellikleri. Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Danışman: Prof. Dr. Mahmut YILMAZ

GİRİŞ

Yayın balığı (*Silurus glanis*), Siluridae familyasının en büyük temsilcisi olup, Avrupa ve Asya'nın geniş bir bölgesinde doğal olarak bulunur. Bu tür, özellikle büyük nehirler, göller ve baraj gölleri gibi tatlı su ekosistemlerinde yaygın olarak görülür ve ekosistemlerdeki üst düzey yırtıcı rolüyle dikkat çeker (Kottelat ve Freyhof, 2007).

Yayın balığının morfolojik özellikleri arasında geniş ve yassı bir kafa, uzun bıyıklar ve vücut boyunca uzanan uzun bir anal yüzgeç bulunur. Bu özellikler, türün avlanma stratejileri ve habitat tercihleriyle yakından ilişkilidir (Copp vd., 2009). Beslenme alışkanlıkları açısından yayın balığı, balıklar, amfibiler, kuşlar ve küçük memeliler dahil olmak üzere geniş bir av yelpazesine sahiptir. Bu durum, türün bulunduğu ekosistemlerdeki diğer türler üzerinde önemli bir predasyon baskısı oluşturmaya neden olur (Carol vd., 2007).

Üreme döneminde, yayın balıkları genellikle ilkbahar ve yaz aylarında, su sıcaklığının 18-20°C'ye ulaştığı dönemlerde üremeye başlar. Dişiler, su bitkilerinin yoğun olduğu sığ alanlara yapışkan yumurtalarını bırakır ve erkekler bu yumurtaları korur (Alp vd., 2004). Yüksek üreme potansiyeli ve geniş çevresel toleransı nedeniyle, yayın balığı bazı bölgelerde istilacı bir tür olarak kabul edilmekte ve yerel balık popülasyonları üzerinde olumsuz etkiler yaratabilmektedir (Tarkan vd., 2016).

Tatlı su ve deniz ekosistemlerindeki su kalitesi parametreleri, balıkların biyolojisi ve ekolojik rollerini şekillendiren en önemli çevresel faktörler arasında yer alır. Su sıcaklığı, pH, çözünmüş oksijen (DO), tuzluluk, toplam çözünmüş madde (TDS) ve elektriksel iletkenlik gibi fiziksel ve kimyasal parametreler, balıkların büyüme oranı, metabolizması, üreme başarısı ve genel fizyolojik dengesi üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir (Allan ve Castillo, 2007). Bu parametreler arasındaki değişimler hem doğal ekosistemlerdeki popülasyon dinamiklerini hem de kültür balıkçılığı sistemlerindeki verimliliği doğrudan etkiler.

Sıcaklık, balıkların biyolojik süreçlerini belirleyen en önemli çevresel faktörlerden biridir. Özellikle ektotermik organizmalar olan balıklar, vücut sıcaklıklarını çevre sıcaklığına göre düzenledikleri için, sıcaklık değişimleri büyüme oranı, beslenme davranışları ve üreme döngüleri üzerinde doğrudan etkilidir (Jobling, 1995). Örneğin, uygun sıcaklık aralığında üreyen türler, sıcaklık anomalilerinden kaynaklanan stres nedeniyle üreme başarısızlıkları gösterebilir. Benzer şekilde, çözünmüş oksijen seviyeleri, balıkların metabolik aktivitelerini sürdürebilmeleri için hayati öneme sahiptir. Çözünmüş oksijen miktarındaki düşüş, özellikle büyük balıklarda, enerji dengesi ve büyüme oranlarında ciddi kayıplara neden olabilir (Brett ve Groves, 1979).

pH ve suyun kimyasal bileşimi de balıkların fizyolojik işlevleri üzerinde belirgin bir etkiye sahiptir. Optimal pH aralığının dışındaki koşullar, balıklarda solunum zorlukları, iyon dengesizliği ve stres tepkilerine yol açabilir (Wedemeyer, 1996). Özellikle asidik veya bazik sular, üreme davranışlarını, yumurta gelişimini ve larvaların hayatta kalma oranlarını olumsuz etkiler. Ayrıca, amonyak ve nitrat konsantrasyonları gibi azotlu bileşenlerin yüksek seviyelerde birikmesi, balıklar için toksik etkiler yaratabilir ve yoğun yetiştiricilik yapılan sistemlerde ölüm oranlarını artırabilir (Boyd, 1990).

Çözünmüş oksijen (DO), balıkların aerobik metabolizması için hayati bir parametredir. DO seviyeleri, su sıcaklığı, fotosentez hızı ve su hareketliliği gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterir. Yetersiz oksijen seviyeleri, balıkların büyüme hızını azaltır, stres seviyelerini artırır ve ölüm oranlarını yükseltir (Brett ve Groves, 1979). Özellikle oksijen tüketimi yüksek olan hızlı büyüyen türlerde, düşük DO seviyeleri enerji dengesini bozar ve solunum performansını düşürür.

Tuzluluk ve TDS, balıkların ozmoregülasyon süreçlerini etkileyen önemli su kalitesi parametreleridir. Balıklar, yaşadıkları ortamın tuzluluk seviyesine adapte olmak için büyük miktarda enerji harcar. Örneğin, deniz balıkları hipoozmotik bir ortamda su kaybını dengelemeye çalışırken, tatlı su balıkları aşırı su alımını önlemek için sürekli iyon kaybını telafi etmek zorundadır (Evans vd., 2005). TDS seviyelerindeki ani değişimler, özellikle larval ve genç balıklarda ozmotik stres yaratarak büyüme ve hayatta kalma oranlarını olumsuz etkileyebilir.

Elektriksel iletkenlik, suyun iyonik yapısını belirleyen bir parametre olup, suyun genel mineral yoğunluğunu ifade eder. Balıklar için optimal iletkenlik aralığının dışında kalan değerler, iyon dengesini bozarak stres tepkilerine neden olabilir (Boyd, 1990). Özellikle, kültür balıkçılığı sistemlerinde iletkenlik seviyelerinin kontrol edilmesi, sağlıklı büyüme koşullarının sağlanması açısından önemlidir.

Bu çalışma, su kalitesinin çözünmüş oksijen, tuzluluk, TDS ve elektriksel iletkenlik gibi kritik parametrelerinin Sıddıklı Küçükboğaz Baraj Gölü'nde yaşayan yayın balıklarının biyolojik süreçlerine olan etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır.

Sıddıklı Küçükboğaz Baraj Gölü

Kırşehir ilinin 40 km batısında, Sıddıklı Küçükboğaz Köyü yakınlarında konumlanan Sıddıklı Küçükboğaz Baraj Gölü, sulama amacıyla inşa edilmiştir. Barajın toplam hacmi 28,5 hm³, yüzey alanı 1,65 km², gövde

yüksekliği ise 53 metre olarak belirtilmiştir. 1998 yılında inşası tamamlanan baraj, 2009 yılından itibaren işletilmeye başlanmıştır. Barajın sağladığı su ile 4945 hektar tarım arazisi sulanabilmektedir. Bunun yanı sıra, baraj gölü ekonomik değeri olan balıkçılık faaliyetlerine de ev sahipliği yapmaktadır (Kırşehir Valiliği, 2008).

Habitatın bazı fizikokimyasal parametreleri

Baraj suyunun özelliklerini belirlemek amacıyla, fiziksel ve kimyasal parametrelerden sıcaklık, tuzluluk, çözünmüş oksijen, elektriksel iletkenlik, toplam çözünmüş madde (TDS) ve pH değeri, saha çalışmaları sırasında YSI marka bir su analiz kiti kullanılarak ölçülmüştür (Yazıcı, 2018).

Su kalitesi verilerinin yorumlanması için gerekli olan biyolojik bilgiler YAZICI (2018) adlı araştırmacının Sıddıklı Küçükboğaz Baraj Gölü'nde yapmış olduğu çalışmadan alınmıştır. Bu çalışmada Sıddıklı Küçükboğaz Baraj Gölü'nde yapılmış bilimsel araştırmalar incelenmiş ve eser sahiplerinden veri kullanım izni alınmıştır.

Tablo 1. *Sıddıklı Küçükboğaz Baraj Gölü'nün bazı fizikokimyasal parametreleri (Yazıcı, 2018)*

Aylar	Su Değişkenleri					
	Sıcaklık (°C)	pH	Çözünmüş O ₂ (mg/Lt)	Tuzluluk (‰)	TDS (mg/Lt)	İletkenlik (μs /cm)
Eylül 2015	22,91	8,22	9,38	0,48	6,63	940,00
Ekim 2015	15,77	7,51	14,90	0,52	6,73	850,00
Kasım 2015	10,40	8,41	7,16	0,78	9,95	1100,0
Aralık 2015	3,68	8,41	11,03	0,63	8,29	750,00
Ocak 2016	3,10	8,21	11,79	0,40	5,35	820,00
Şubat 2016	7,40	8,15	11,76	0,44	5,77	890,00
Mart 2016	8,78	8,25	9,24	0,35	4,55	700,00
Nisan 2016	14,93	8,16	8,79	0,34	4,48	690,00
Mayıs 2016	18,10	8,31	7,18	0,34	4,52	700,00
Haziran 2016	20,85	8,40	6,86	0,32	4,28	650,00
Temmuz 2016	24,48	8,31	6,02	0,33	4,42	680,00
Ağustos 2016	23,05	8,37	5,97	0,33	4,72	700,00
Ortalama	14,45	8,23	9,17	0,44	5,78	790,00

TARTIŞMA

Su ekosistemlerinde fiziko-kimyasal parametreler, tüm canlılar için kritik bir öneme sahiptir. Sucul omurgalılar arasında yer alan balıklar, özellikle sıcaklık gibi çevresel değişkenlerden oldukça etkilenmektedir. Sıcaklık, tuzluluk, pH ve çözünmüş oksijen gibi faktörler, balıkların büyüme, üreme ve gelişim süreçlerinde belirleyici bir rol oynamaktadır (Boeuf ve Le Bail, 1999; Tanyolaç, 2009).

Su sıcaklığı, mevsimsel değişiklikler, barajın derinliği ve genişliği, sudaki çözünmüş madde miktarı ve güneş enerjisinin emilimi gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak farklılık göstermektedir (Tanyolaç, 2009). Poikilotherm canlılar olan balıklar, sıcaklık değişimlerine karşı oldukça duyarlıdır ve fizyolojik süreçleri büyük ölçüde çevresel sıcaklık tarafından kontrol edilir (Boeuf ve Le Bail, 1999). Sıcaklık doğrudan metabolizmayı ve buna bağlı olarak büyümeyi etkilerken, besin kaynaklarının bolluğunu da dolaylı olarak etkilemektedir (Jones, 2009). Yayın balıkları için en uygun büyüme sıcaklığının 26-27 °C olduğu rapor edilmiştir (Hilge, 1985). Ancak Sıddıklı Küçükboğaz Barajı'nda yıllık ortalama sıcaklık 14,45 °C olarak ölçülmüş ve sıcaklığın yalnızca yaz aylarında (Temmuz, Ağustos, Eylül) 20 °C'nin üzerinde olduğu gözlenmiştir. Bu durum, barajdaki sıcaklık koşullarının yayın balıkları için optimal değerlerin altında olduğunu göstermektedir. Ayrıca yayın balıklarının 10 °C'nin altındaki sıcaklıklarda beslenme faaliyetlerini durdurduğu belirtilmiştir (David, 2006). Üreme öncesindeki düşük sıcaklık koşulları, yetersiz beslenme nedeniyle fekonditede azalmaya yol açabilir. Tanyolaç (2009), sıcaklığın artmasıyla suyun viskozitesinin azaldığını ve bunun da balıkların daha kolay hareket etmesine olanak sağladığını ifade etmektedir.

Suda canlı yaşamını etkileyen önemli faktörlerden biri olan pH, hidrojen iyon konsantrasyonunun bir ölçütüdür. Hidrojen iyon yoğunluğundaki artış pH'yı düşürürken, OH iyonlarının artışı pH değerini yükseltmektedir (Tanyolaç, 2009). Balıklar, genellikle 6,5-9,0 aralığındaki pH değerlerinde optimum büyüme göstermektedir. Durgun sularda pH'nın 7,3-9,2 arasında değiştiği bilinmektedir (Stone vd., 2013). Sıddıklı Küçükboğaz Baraj Gölü'nde yapılan ölçümlerde pH değerlerinin 7,51-8,41 arasında değiştiği ve ortalama pH'nın 8,23 olduğu belirlenmiştir. Bu değerler, balık biyolojisi açısından kabul edilebilir sınırlar içinde yer almakta ve göl suyunun hafif bazik özellik gösterdiğini işaret etmektedir. Ancak, pH'nın 8,8'in üzerine çıkması durumunda, suyun alkalitesi artabilir ve bu da solunum aktivitelerini olumsuz etkileyerek balık ölümlerine neden olabilir (Dastagir vd., 2014).

Bir su sütununun elektriksel iletkenliği, çözünmüş maddelerin genel bir göstergesidir. Tatlı sularda elektriksel iletkenliğin 60-2000 µS/cm ara-

sında olması önerilmektedir (Stone vd., 2013). Kirlilik düzeyindeki artış, iletkenlik değerini $1000 \mu\text{S}/\text{cm}'\text{nin}$ üzerine çıkarabilmektedir (Polat, 1997). Sıddıklı Küçükboğaz Baraj Gölü'nde iletkenlik değerlerinin $650\text{-}1100 \mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değiştiği ve ortalama $262,94 \mu\text{S}/\text{cm}$ olduğu tespit edilmiştir. Bu değerler, sucul canlılar açısından uygun sınırlar içinde değerlendirilmektedir.

Çözünmüş oksijen (DO), doğal sulardaki en kritik değişkenlerden biridir. Oksijenin sudaki çözünürlüğü düşük olduğu için sudaki miktarı atmosferik havaya kıyasla daha azdır. Çözünmüş oksijen miktarı, suyun sıcaklığı, biyolojik aktivite, hava basıncı ve çözünmüş tuz oranına bağlı olarak değişir (Tanyolaç, 2009). Bu çalışmada DO değerleri $5,97\text{-}14,90 \text{ mg/L}$ arasında değişmiş ve ortalama $9,17 \text{ mg/L}$ olarak belirlenmiştir. Yayın balıkları, düşük oksijen seviyelerine tolerans gösterebilmekle birlikte ani oksijen düşüşlerinde adaptasyon zorlukları yaşayabilmektedir (Pruszyński ve Pistelok, 1999). Tür için ideal oksijen seviyesi, $25^\circ\text{C}'\text{de}$ $8,26 \text{ mg/L}$ olarak rapor edilmiştir (Mongirdas ve Kusta, 2006).

Toplam çözünmüş katı madde (TDS), sucul organizmaların yaşamını doğrudan etkileyebilecek kritik bir parametredir. Yüksek TDS konsantrasyonları balık solungaçlarını tahriş edebilir, fotosentezi engelleyerek su bitki örtüsünü olumsuz etkileyebilir ve balık yumurtalarının gelişimini bozabilir (Viadero, 2005). Bu çalışmada TDS değerleri $4,28\text{-}9,95 \text{ mg/L}$ arasında ölçülmüş ve ortalama $5,78 \text{ mg/L}$ olarak hesaplanmıştır. Bu değerlerin, balık biyolojisi açısından uygun aralıkta olduğu görülmüştür.

Tuzluluk, tatlı sularda anyon ve katyonların toplam yoğunluğu olarak tanımlanır (Tanyolaç, 2009). Yayın balıkları, $\%0,15$ tuzluluk seviyelerine kadar dayanabilir ve düşük tuzluluk koşullarında yaşamaya adapte olabilmektedir (Copp vd., 2009). Sıddıklı Küçükboğaz Baraj Gölü'nde tuzluluk değerleri $\%0,32\text{-}0,78$ arasında değişmiş ve ortalama $\%0,44$ olarak tespit edilmiştir. Bu değerler, yayın balıklarının biyolojik süreçlerini sağlıklı bir şekilde sürdürebilmesi için uygun kabul edilmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma veri toplama ve arazi çalışmaları aşamasında Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi tarafından desteklenmiştir (Proje No: PYO-FEN.4001.15.004 ve PYO. MYO. 4001. 15. 001). Örnekleme sırasında yardımlarından dolayı Abdulkadir YAĞCI ve Ali AYDEMİR'e teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Allan, J. D., & Castillo, M. M. (2007). *Stream ecology: Structure and function of running waters*. Springer Science & Business Media.
- Alp, A., Kara, C., & Büyükçapar, H. M. (2004). Reproductive biology of the catfish (*Silurus glanis* L.) in Menzelet Reservoir. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 28(5), 613-622.
- Boeuf, G., & Le Bail, P. Y. (1999). Does light have an influence on fish growth? *Aquaculture*, 177(1-4), 129-152.
- Boyd, C. E. (1990). *Water quality in ponds for aquaculture*. Auburn University Press.
- Brett, J. R., & Groves, T. D. D. (1979). Physiological energetics. In W. S. Hoar, D. J. Randall, and J. R. Brett (Eds.), *Fish physiology* (Vol. 8, pp. 279-352). Academic Press.
- Carol, J., Zamora, L., & García-Berthou, E. (2007). Preliminary telemetry data on the movement patterns and habitat use of *Silurus glanis* in a reservoir of the Ebro River, Spain. *Ecology of Freshwater Fish*, 16(3), 450-456.
- Copp, G. H., Britton, J. R., Cucherousset, J., García-Berthou, E., Kirk, R., Peeler, E., & Stakėnas, S. (2009). Voracious invader or benign feline? A review of the environmental biology of European catfish *Silurus glanis* in its native and introduced ranges. *Fish and Fisheries*, 10(3), 252-282.
- Dastagir, G., Narejo, N. T., & Jalbani, S. (2014). Physicochemical parameters and their variations in relation to fish production in Zhob River Balochistan. *Pakistan Journal of Analytical and Environmental Chemistry*, 15(2), 77-81.
- David, J. A. (2006). Water quality and accelerated winter growth of European catfish using an enclosed recirculating system. *Water and Environment Journal*, 20(4), 233-239.
- Hilge, V. (1985). The influence of temperature on the growth of the European catfish (*Silurus glanis* L.). *Journal of Applied Ichthyology*, 1(1), 27-31.
- Jobling, M. (1995). *Environmental biology of fishes*. Springer Science and Business Media.
- Kırşehir Valiliği. (2008). *Kırşehir İl Çevre Durum Raporu* (pp. 18-19). Kırşehir, Turkey.
- Kottelat, M., & Freyhof, J. (2007). *Handbook of European freshwater fishes*. Publications Kottelat.
- Mongirdas, V., & Kusta, A. (2006). Oxygen mass balance in a recirculation aquaculture system for raising European wels (*Silurus glanis* L.). *Ekologija*, 4, 58-64.

- Polat, M. (1997). Akarsu ve göllerde izlenen fiziksel ve kimyasal parametreler. *Su Kalitesi Yönetimi Semineri*, 45-57.
- Pruszyński, T., & Pistelok, F. (1999). Biological and economical evaluation of African and European catfish rearing in water recirculation systems. *Archives of Polish Fisheries*, 7(2), 343-352.
- Stone, N. M., Shelton, J. L., Haggard, B. E., & Thomforde, H. K. (2013). *Interpretation of water analysis reports for fish culture*. Southern Regional Aquaculture Center.
- Tanyolaç, J. (2009). *Limnoloji*. Hatiboğlu Yayınevi.
- Tarkan, A. S., Marr, S. M., & Ekmekçi, F. G. (2016). Non-native and translocated freshwater fish species in Turkey. *Fisheries Management and Ecology*, 22(3), 290-300.
- Viadero, R. (2005). Factors affecting fish growth and production. In J. H. Lehri and J. Keeley (Eds.), *Water encyclopedia: Surface and agricultural water* (Vol. 3, pp. 58-72). John Wiley and Sons Publishing.
- Wedemeyer, G. A. (1996). *Physiology of fish in intensive culture systems*. Springer Science and Business Media.
- WDFW. (2009). Direct and indirect effects: Water quality modifications. *Compiled white papers for hydraulic project approval HCP* (pp. 208-209). Washington Department of Fish and Wildlife.
- Yazıcı, R. (2018). Sıddıklı Küçükboğaz baraj gölündeki yayın balığı (*Silurus glanis* L., 1758)'nın biyolojik özellikleri. Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırşehir, TÜRKİYE.

Bölüm 4

GIDA PATOJENİ OLAN *Escherichia coli* VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

Süeda Nur KERİMOĞLU¹

Belgin ERDEM²

1 Y.Lisans Öğrencisi, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Bölümü, Kırşehir, Türkiye, ORCID ID: 0009-0001-3461-9560

2²Prof. Dr., Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Kırşehir, Türkiye, ORCID ID: 0000-0001-9108-5561, berdem@ahievran.edu.tr

GİRİŞ

Son yıllarda iklim değışikliği, tüm ekosistemler ve insanlar için bir tehdit oluşturması nedeniyle giderek dikkat çekmektedir. İlim değışikliği, ‘doğrudan veya dolaylı olarak insan faaliyetlerine atfedilen, küresel atmosferin bileşimini değıştiren ve gözlemlenen doğal iklim değışikliğine ek olarak meydana gelen iklim değışikliği’ olarak tanımlanmıştır. Ancak iklim değışikliği sadece küresel sıcaklığın artması anlamına gelmemektedir.

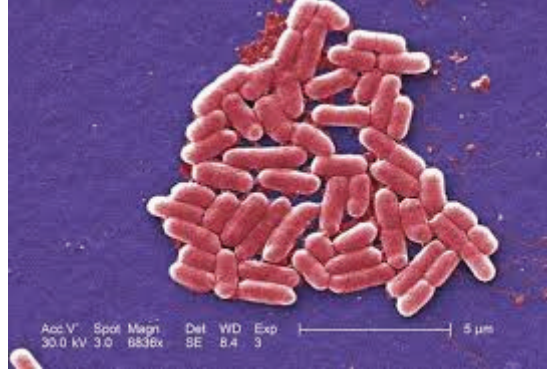
İlim değışikliğinin ek etkileri arasında seller, kuraklıklar, kasırgalar, tsunamiler vb. gibi hava olayları ve doğal afetler, şiddetli yağış olaylarının sıklığının artması, kurak dönemlerin uzaması, suyun asitleşmesi ve potansiyel olarak deniz seviyesinin yükselmesi yer almaktadır. İlim değışikliğinin yukarıda belirtilen yolları tarım, balığcılık ve hayvancılık üretimini etkileyebilir (FAO, 2008). Gıda retimi tüm bu farklı sektörlerle ilişkili olduğundan, iklim değışikliğinden dünya çapında doğrudan ve/veya dolaylı olarak etkilenebilir.

Gıda kaynaklı patojenler, kontamine gıda veya su kaynakları yoluyla tüketildiğinde hastalığa neden olabilen mikroorganizmalardır. Bu patojenler bakterileri, virüsleri ve parazitleri içerdiği gibi önemli salgınlara ve sağlık komplikasyonlarına yol açabilir (Keerthana vd., 2022; Awad vd., 2024). Gıda kaynaklı patojenler her yıl küresel çapta milyonlarca hastalık ve binlerce ölümden sorumludur ve Dünya Sağlık rgt her yıl 10 kişiden 1’inin kontamine gıda tüketmesi nedeniyle hastalandığını tahmin etmektedir (WHO, 2022a). Küresel olarak, kontamine gıdalar yılda 600 milyon gıda kaynaklı hastalığa ve 420.000 lme neden olmaktadır (Lee ve Yoon, 2021).

Gıda kaynaklı yaygın patojenler, *Bacillus cereus*, *Campylobacter jejuni*, *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, *Staphylococcus aureus*, *Vibrio spp.* ve *Yersinia enterocolitica* oluşmaktadır (Bintsis, 2017). *E. coli* gübre, toprak ve tohumlarda uzun süre hayatta kalabilir ve UV radyasyonu, besin eksiklikleri ve gün içindeki sıcaklığ değışimleri gibi olumsuz koşullarla karşılaşabilir (Thao vd., 2019). *E. coli* O157:H7 enfeksiyonları, içerdiği Shiga toksini ile kanlı ishal ve hemolitik üremik sendrom gelişimi nedeniyle hayatı tehdit eden sonuçlara neden olabilir.

Alman Doktor Theodor Escherich tarafından 1885 yılında ilk olarak, bebek dışısından izole edilerek tanımlanmış gram-negatif, çubuk şeklinde bir bakteri türü olan *Escherichia coli*, *Gammaproteobacteria* sınıfı içinde *Enterobacteriaceae* familyasına aittir. Bakterinin gram-negatif olması, hücre zarının çift katmanlı oluşunu ifade eder (şekil 1). Bakterinin ana yaşam alanı, insanlar da dahil olmak üzere sıcakkanlı hayvanların bağırsaklarıdır.

İnsanlara genellikle çiğ süt, çiğ ya da az pişmiş et yoluyla bulaşsa da, bakteri serbest hayvancılık nedeniyle su ve sulama sistemlerinde de bulunur. Bu nedenle çiğ sebze ve filizler de bakterinin bulaşma yollarındandır (WHO, 2018). Belirtiler arasında şiddetli mide krampları, ishal, ateş, bulantı ve kusma yer almaktadır (WHO, 2018).



Şekil 1. *Escherichia coli* elektron mikroskobu görüntüsü (URL-1, 2024)

Fakültatif anaerobik özellik gösterir. Ortam olarak oksijenli ve oksijensiz ortamlarda yaşayabilmektedir. Hareketsiz, zorunlu patojenlerdir, tipik olarak laktozu fermente edemezler ve lizin dekarboksilaz ve indol negatiflerdir. Optimum büyüme şartlarında ~20 dakika içerisinde çoğalabilmekte hızlı bir şekilde büyümektedir. İlk kez 1982 yılında iki hemorajik kolit salgınında *E. coli* suşlarının son derece yaygın ve karmaşık bir insan patojeni olduğu anlaşılmıştır (Mead ve Griffin, 1998).

Konakçılar ile kommensal olarak karşılıklı fayda sağlayan bir ilişki içinde yaşamaktadırlar (Allocati vd., 2013). *Escherichia coli*, birçok bakteriyel enfeksiyonun en temel nedenlerinin başında gelmektedir. Canlılarda özellikle insanlarda görülen ciddi enfeksiyonlara sebebiyet vermesi nedeniyle farklı suşlarının otokton mikrobiyotasına ait önemli bir kısmını temsil etmesinden kaynaklı mikrobiyolojide spesifik ve ayrı bir yeri olan bakteri olarak belirtilmektedir (Poirel vd., 2018). *E. coli*'nin altı patojenik serotipi bulunmaktadır: enteropatojenik *E. coli* (EPEC), Shiga toksini üreten *E. coli* (STEC), enterotoksijenik *E. coli* (ETEC), enteroagregatif *E. coli* (EAEC), enteroinvaziv *E. coli* (EIEC) ve yaygın derecede yapışkan *E. coli* (DAEC). Bu serotipler patojenite özellikleri ve enfeksiyon mekanizmalarına göre sınıflandırılmaktadır (Jang vd, 2017). (Tablo 1.).

Tablo 1. *Escherichia coli* 'nin Patojenik Türleri ve Belirtileri (Allocati vd., 2013).

Patotip (Kısaltma)	Hastalıklar	Belirtiler
Enteropatojenik <i>E. coli</i> (EPEC)	Çocuklarda ishal	Sulu ishal ve kusma
Enterohemorajik <i>E. coli</i> (EHEC)	Hemolitik üremik sendrom (HÜS)	Kanlı ishal
Enterotoksijenik <i>E. coli</i> (ETEC)	Turist ishali	Sulu ishal ve kusma
Enteroaggregatif <i>E. coli</i> (EAEC)	Çocuklarda ishal	Mukus ve kusma ile ishal
Üropatojenik <i>E. coli</i> (UPEC)	Daha düşük idrar yolu enfeksiyonu (İYE) ve sistemik enfeksiyonlar	Sistit, piyelonefrit
Yapışkan invazif <i>E. coli</i> (AIEC)	Crohn hastalığı ile ilişkili	Kalıcı bağırsak iltihabı
Diffuse Adherent <i>E. coli</i> (DAEC)	Çocuklarda akut ishal	Tekrarlayan idrar yolu enfeksiyonu (İYE), sulu ishal
Yenidoğan Menenjit <i>E. coli</i> (NMEC)	Yenidoğan Menenjit	Akut menenjit, sepsis

Gıda kaynaklı patojenler zehirlenme ve enfeksiyon yoluyla hastalıklara neden olmaktadır. Zehirlenme, toksijenik bir patojenin ürettiği toksinleri içeren bir gıda tüketildiğinde meydana gelirken, enfeksiyon bulaşıcı patojenlerle kontamine olmuş bir gıda tüketildiğinde ve patojen insan vücuduna yerleştiğinde meydana gelir (USDA, 2023).

Isıl işlem, kimyasal dezenfektanlar ve antibiyotikler yaygın olarak kullanılan antimikrobiyal ajan ve yöntemlerdendir. Ancak bu yöntemlerin hepsinin dezavantajları vardır. Çiğ ve taze olarak servis edilen ürünler için ısıtma işlemi kullanılamaz. Ayrıca, ısıtma işlemi gıdanın besleyici ve duyu özelliklerini olumsuz etkiler. Kimyasal dezenfektanların kullanılması gıda maddesi üzerinde insan sağlığına zararlı kimyasal kalıntılar bırakmaktadır. Bu nedenle, kimyasal dezenfektanların kodekste belirtilen izin verilen doz aralığında kullanılması sağlanması gerekmektedir. Antibiyotik kullanımı bakterilerin antibiyotik direnci geliştirmesine yol açmaktadır (Tekiner ve Özpınar, 2016; WHO, 2020).

Dünya Sağlık Örgütü'ne göre antibiyotik direnci gıda güvenliği ve insan sağlığı için en büyük sorunlardan biridir ve antibiyotiklerin kötüye kullanımını daha da artırmaktadır (WHO, 2020). Türkiye'de 2016 yılında yapılan bir çalışmada, çiğ inek sütü, tavuk eti ve inek sütünden yapılan peynirde en yaygın genişlemiş spektrumlu beta-laktamaz (GSBL) pozitif bakterinin *E. coli* olduğu bulunmuştur (Tekiner ve Özpınar, 2016).

Tespit edilen gıda kaynaklı hastalıkların sayısı 200'ü aşmıştır (Bintsis, 2017). Türkiye'de 2016-2020 yılları arasında yılda ortalama 100 civarında salgın rapor edilmiştir. Genel olarak, bu salgınlar 27.000'den fazla vakaya neden olmuştur (Başaran, 2021). EFSA (Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi), Avrupa'da 2021 yılında su kaynaklı salgınlar da dahil olmak üzere 4.088 sal-

gın meydana geldiğini bildirmiştir. Genel olarak, bu salgınlar 33.813 vaka-ya, 2.560 hastaneye yatışa ve 33 ölüme neden olmuştur. 2016 ve 2021 yılları arasında yılda ortalama 5.000 salgın, 45.000 vaka, 3.850 hastaneye yatış ve 41 ölüm meydana gelmiştir. Tüm vakaların %28'inin etkeni bilinmemektedir. Tespit edilenler arasında bakteriler en yaygın etkenlerdir (EFSA, 2021).

GIDA KAYNAKLI PATOJEN *ESCHERİCHİA COLİ*

Escherichia coli (*E. coli*), insan ve hayvanların bağırsaklarında yaygın olarak bulunan gram-negatif bir bakteridir. Ayrıca dünya çapında gıda kaynaklı hastalıkların önemli bir etiyolojik ajanıdır (Lee ve Yoon 2021). İklim değişikliği, *E. coli*'nin hayatta kalmasını önemli ölçüde etkileyebilir (Lamew ve Ameha 2019). İklim değişikliği ve *E. coli* arasındaki ilişkiyi araştıran birçok çalışma, iklim değişikliğinin bakteriyi etkileyebileceği çeşitli durumları vurgulamıştır. İklim değişikliği potansiyel olarak çevredeki *E. coli* varlığını ve konsantrasyonunu etkileyebilir (Samut vd., 2023). Yapılan çalışmalar sonucunda artan sıcaklığın *E. coli* ile ilişkili olduğu ve bu da ortam sıcaklığı ile *E. coli*'den kaynaklı hastalık riski arasında pozitif bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır (Iqbal vd., 2019).

Sıcaklık ve yağış düzenindeki değişiklikler, enterik bakterilerin taşınmasının yanı sıra büyüme ve hayatta kalmalarını da etkileyerek hasat öncesi yeşil yapraklı sebzelerde *E. coli* yaygınlığını artırabilir (Philipsborn vd., 2016). *E. coli*'nin hayatta kalması ve büyümesi sıcaklık, nem gibi çevresel faktörlerden etkilenir. Yüksek besin konsantrasyonları ve ılıman sıcaklıklara sahip ortamlarda konakçı dışında hayatta kalabilmekte ve büyüyebilmektedir. Ayrıca gübre gibi besin maddelerinin topraktaki *E. coli* konsantrasyonunu artırabileceği gibi ılıman ortamlardaki uygun koşulların *E. coli*'nin büyümesini destekleyebileceğini göstermektedir (Ishii ve Sadowsky, 2008).

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE GIDA SİSTEMİ

İklim değişikliği nedeniyle gıda, değişen iklim koşullarında üretilmektedir. Bu değişiklikler ve gıda sistemi arasındaki etkileşimler karmaşık olabilmekle birlikte ortaya çıkan etkiler üzerinde de büyük belirsizlikler vardır. Bu durumda yeni patojenik bakterilerin, virüslerin ve parazitlerin ortaya çıkma veya yeniden ortaya çıkma potansiyeli mevcuttur. Bu etkiler doğrusal değildir, tahmin edilmesi zordur ve birçok yol aracılığıyla meydana gelebilmektedir (Şekil 2). Örneğin, ısı stresiyle mücadele etmek için kapalı alanda hayvan yetiştiriciliğinin artması, zoonotik patojenlerin hayvandan hayvana bulaşma potansiyelini artırabilmektedir.

Aracı Faktörler				
İklim Değişikliği Yağış Sıcaklık Ekstrem Hava Olayları	Çevresel Koşullar Coğrafya Mevcut Hava Durumu	Gıda Üretimi/ Dağıtım/ Tüketimi Patojen Ekolojisi Tarımsal Uygulamalar Gıdanın hazırlanması ve taşınması	Gıda Sistemi Kapasitesi Salgın tespiti ve kontrol Kamusal Sağlık Uygulamaları Tüketicilerin Farkındalığı	Sağlık Üzerine Etkileri Gıdalardaki Patojenlerle İlişkisi

Şekil 2. İklim Değişikliğinin Gıdalarda Hastalıklara Sebep Olma Yolları (Lake ve Barker, 2018)

İklim değişikliği nedeniyle ekili tarım alanların su altında kalmasına ve bu durumdan etkilenen ürünlerin çiğ olarak tüketilmesi durumunda patojenlerin gıda zincirine yayılma potansiyeli vardır. Bu suyun (ve ürünleri yıkamak için kullanılan suyun) kalitesi kritik öneme sahiptir ve birçok hastalık salgını düşük kaliteli sulama suyu ile ilişkilendirilmiştir.

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE PATOJEN BAKTERİLER ARASINDAKİ İLİŞKİ

İklim değişikliği ve varyasyonları, özellikle su ve gıda yoluyla bulaşanlar olmak üzere, iklime duyarlı bulaşıcı hastalıkların yaygınlığını etkilemektedir. İklim değişikliğinin, dünyanın birçok bölgesinde yetersiz su, sanitasyon ve hijyenden kaynaklı sağlık risklerini arttırmasına dair endişeler bulunmaktadır (Cissé vd., 2011). İklim değişikliğinin insan sağlığı üzerindeki etkisi çeşitli sosyal, çevresel, ekolojik ve ekonomik faktörlerden etkilenmekte olup, patojenlerin yayılması, hayatta kalması ve büyümesi hastalıkların bulaşmasında rol oynamaktadır.

Sıcaklık ve Nem

Sıcaklık ve nem, gıda kaynaklı patojenlerin büyümesi ve hayatta kalmasında kritik bir rol oynamaktadır. İklim değişikliğinin neden olduğu yüksek sıcaklıklar ve değişen yağış modelleri, gıda kaynaklı birçok patojenin çoğalması için ideal koşullar yaratmaktadır. Örneğin, *Salmonella*, *Escherichia coli* (*E. coli*) ve *Campylobacter jejuni* sıcak ve nemli ortamlarda gelişen en yaygın gıda kaynaklı patojenlerdir (Dietrich vd., 2023). Yüksek sıcaklıklar ayrıca mikroorganizmaların metabolik aktivitesini artırarak daha

hızlı büyümelerine ve çoğalmalarına olanak sağlamaktadır (Qiu vd., 2022).

Birçok patojen sıcak ortamlarda gelişir ve optimum büyüme sıcaklıkları 20 ila 45 °C arasında değişir (Bintsis 2017). İklim değişikliği nedeniyle sıcaklıklar arttıkça, gıda kaynaklı patojenlerin yayılımının ve dağılımının da değişmesi beklenmektedir (Smith ve Fazil 2019). Sera gazlarının sürekli salınımı, Dünya'nın iklim sistemindeki çeşitli iklimsel tehlikeleri artırmakta ve bu da insanlarda meydana gelen patojenik hastalıklarının oluşumunu arttırmaktadır (Mora vd., 2018).

İklim değişikliğinin patojenik hastalıklara neden olan gıda kaynaklı patojenlerin görülme sıklığını arttırdığı kabul edilmektedir (Patz vd., 2005). Bununla birlikte, iklim değişikliğinden etkilenen patojenik hastalıklara karşı insanların duyarlılığının derecesi henüz tam olarak belirlenmemiştir.

Sıcaklık ve yağış düzenindeki değişiklikler bazı gıda kaynaklı patojenlerin coğrafi dağılımını değiştirebilmektedir. Örneğin, tahılları ve fındıkları kirleten mikotoksinler üreten mantar patojeni *Fusarium*, yüksek sıcaklıklara ve değişen nem seviyelerine sahip bölgelerde daha yaygın hale gelmektedir (Perrone vd., 2020).

İklim değişikliğinden kaynaklı Dünya'nın sıcaklığındaki artış, nem seviyeleri ve gıda kaynaklı hastalıkların yaygınlığı üzerinde önemli etkilere sahiptir. Sıcaklıklar arttıkça, nem seviyelerinde de buna karşılık gelen bir artış meydana gelmektedir (Matthews, 2018). Sıcaklık ve nemdeki bu artış, sıcaklıkla doğrusal bir ilişkisi olduğu tespit edilen *Salmonella* enfeksiyonları gibi gıda kaynaklı hastalıkların daha yüksek oranda görülmesine yol açabilmektedir (Ebi, 2011).

Ekstrem Hava Olayları ve Deniz Seviyesinin Yükselmesi

Gıda güvenliği, iklim değişikliği nedeniyle meydana gelen ekstrem hava koşulları ve deniz seviyesi yükselmesinden etkilenmektedir. Kasırgalar, hortumlar ve orman yangınları gibi ekstrem hava olayları gıda üretim ve işleme sistemine zarar vererek kontaminasyon ve gıda kaynaklı hastalık salgınları riskini artırabilmektedir (Duchenne-Moutien ve Neetoo, 2021). Sel baskınları, ekinleri, çiftlik hayvanlarını ve su ürünlerini kanalizasyon ve diğer kirleticilerle kirlitebilmektedir ve böylece gıda kaynaklı patojenlerin büyümesi için ideal bir ortam yaratabilmektedir (IPCC, 2022). Sel baskınları patojenleri tarım alanlarından, hayvancılık alanlarından ve su arıtma tesislerinden sulara ve toprağa yayabilmektedir (Okaka ve Odhiambo, 2018). Hindistan, Brezilya, Bangladeş, Mozambik ve ABD'de meydana gelen sel baskınlarının ardından su ve gıda kaynaklı ishalleri hastalıklarda artışlar bildirilmiştir (Tirado vd., 2010). Fırtına dalgaları ve kıyı taşkınları soğuk hava depoları ve gıda depoları gibi tesisleri tahrip ederek gıdaların

bozulmasına yol açabilmekte ve gıda kaynaklı hastalık salgınları olasılığını artırabilmektedir. Seller ve fırtınalar genellikle atık suların taşmasına neden olarak norovirüs, hepatit ve *Cryptosporidium*'un doğrudan ve gıda kaynaklı bulaşmasına yol açmaktadır (Boxall vd., 2009).

Kuraklık suda patojen konsantrasyonlarının artmasına neden olabilmektedir. Kuraklık patojenleri su kaynaklarında yoğunlaştırarak ekinler ve hayvanları daha kolay kontamine edebilir hale getirebilmektedir (Wang vd., 2022). Tersine, şiddetli yağış ve sel su kaynaklarını hayvan atıkları, kanalizasyon ve diğer kaynaklardan gelen patojenlerle kirletebilir (Okaka ve Odhiambo, 2018). 2012 meydana gelen Sandy Kasırgası sırasında yaşanan elektrik kesintileri ve soğutma sistemlerindeki aksaklıklar, Amerika Birleşik Devletleri'nin kuzeydoğusunda büyük bir salmonelloz salgınına yol açmıştır (Nyserda, 2018). Ayrıca, doğal afetler nedeniyle insanların yerlerinden edilmesi ve göç etmesi, gıda kaynaklı hastalıkların bulaşma olasılığını artırabilmektedir (McMichael, 2015).

İklim değişikliğinin neden olduğu deniz seviyesindeki yükselme, kıyı bölgesini tehdit etmekte ve tatlı su kaynaklarına tuzlu su girmesi olasılığını artırmaktadır. Ayrıca, tatlı su ve tuzlu suyun bir karışımı olan acı su, fırsatçı patojenler de dahil olmak üzere birçok mikrobiyal topluluğun büyümesini destekleyebilmektedir (Oppenheimer vd., 2022).

KONTAMİNASYON KAYNAKLARI

Gübre

Çiftlik hayvanlarının ve doğal yaşamdaki hayvanların dışkısı, *E. coli* gibi patojenlerle çevresel kontaminasyonun birincil kaynağını oluşturmaktadır. Çiftlik hayvanları ve doğal yaşamdaki hayvanlar dışkısını karaya veya suya yapabilmektedir. Gübrede bulunan patojenler, uzun süreli depolama ve/veya kompostlama gibi farklı işlemlerle öldürülmektedir. Uygun olmayan şekilde işlenmiş gübre kullanımı, mikrobiyal güvenlik açısından önemli bir risk faktörüdür (Jiang ve Shepherd, 2009). Bu tür hayvan gübreleri, bitki büyümesi için uygulandığında hem bitkiyi hemde su kaynaklarını kirletebilmektedir. Kontamine gübre katkılı topraklarda yetişen bitkilerde meydana gelen kontaminasyon yağmur yoluyla diğer bitkilere de geçebilmektedir. (Monaghan ve Hutchison, 2012).

Toprak

Kontamine gübre karıştırılmış toprak, toprakta birkaç aya kadar kalabilen *E. coli*'nin kaynağı olabilmektedir (Semenov vd., 2009; Van der Zaag vd., 2010). Yapılan çalışmalarda kirlenmiş topraklarda yetiştirilmiş bitkiler-

de patojenik *E. coli* bulunmuştur (Deering vd., 2012). Ancak bu sürecin tarla koşullarında nadir olduğu düşünülmektedir ve ayrıca *E. coli* yapraklarda yedi günden fazla yaşayamamaktadır (Erickson vd., 2010).

Su Kaynakları

Hayvanlar kontamine suyun tüketilmesiyle (yeniden) enfekte olabilmektedir. Su kaynakları meyve ve sebzeleri sadece sulama yoluyla değil (Steele ve Odumeru, 2004), aynı zamanda (aşırı) yağmur olaylarından sonra üretim alanlarının sular altında kalması sonucunda da kontamine edebilmektedir (Orozco vd. 2008). Kontamine sulama suyunun kullanılması sonucunda *E. coli* bitkilerin açık stomalarında sebze ve meyvelerin yenilebilir kısmına yerleşebilmektedir (Kroupitski vd., 2009).

Kanalizasyon

Gelişmekte olan ülkelerde ve kurak bölgelerde kanalizasyon genellikle sulama için kullanılmaktadır (Amoah vd., 2005; WHO/UNICEF JMP, 2010). Kanalizasyon aynı zamanda evsel atıklardan kaynaklanan yüksek konsantrasyonda biyolojik olarak kullanılabilir azot ve fosfor içermektedir. Normalde kanalizasyon, atık su arıtma tesisinde arıtıldıktan sonra su kaynaklarına geri akmaktadır. Arıtılmamış kanalizasyon veya sulama için kullanılan atık su yüksek seviyelerde patojen içermektedir (Gerba ve Smith, 2005). Kanalizasyon taşmaları birçok kommensal *E. coli*'nin (McLellan vd., 2007) doğrudan su kaynaklarına ve/veya toprağa karışmasına neden olabilmektedir.

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE İNSAN SAĞLIĞI

İklim değişikliği günümüzde halk sağlığı için önemli bir tehdit olarak kabul edilmektedir (DeJarnett vd., 2018). Çok sayıda çalışma, iklim değişikliğinin gıda kaynaklı hastalıklar, su kaynaklı hastalıklar ve özellikle ishalleri hastalıkların ortaya çıkması üzerinde küresel bir etkisi olacağını göstermektedir (Lake ve Barker, 2018; Levy vd. 2018). Sadece Afrika bölgesinde, gıda kaynaklı hastalıklar yılda 91 milyon hastalık vakasına ve 137.000 ölüme sebep olmaktadır (WHO 2022a). Bu hastalıklar arasında ishalleri hastalıklar toplam %70'ini oluşturmaktadır.

Levy ve arkadaşlarına (2018) göre, aşırı sıcaklık ve yağışlar, özellikle fekal-oral yollarla bulaşan enterik patojenleri etkileyerek gastrointestinal ve ishal hastalıklarının riskini arttırmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü'ne (WHO, 2014a) göre, Moritanya gibi ülkelerde her yıl 1700'ü 5 yaş altı çocuk olmak üzere yaklaşık 2150 kişi ishalleri hastalıklardan ölmektedir ve bu ölümlerin yaklaşık %90'ı doğrudan kirli su, sanitasyon ve hijyen koşullarıyla bağlantı-

lıdır. İklım değişikliğinin gıda kaynaklı hastalıkların görülme sıklığında küresel çapta bir artışa yol açacağı öngörülmektedir. Hükümetler arası İklım Değişikliği Paneli'ne (IPCC) göre, iklim değişikliğinin sıcak hava dalgalarının, kuraklıkların ve yoğun yağış olaylarının sıklığında ve şiddetinde artışa yol açmaktadır ve bunların tümü gıda kaynaklı patojenlerin büyümesine ve yayılmasına sebep olmaktadır (IPCC 2022). Dünya Sağlık rgt (WHO), iklim değişikliğinin, çoğunlukla yetersiz beslenme, sıtma, ishal nedeniyle yılda 150.000 lme sebep olduğunu tahmin etmektedir (WHO 2022a).

İKLİM DEĞİşİKLİĞİ ETKİSİNİ AZALTMA

İklım değişikliğinin gıda kaynaklı patojenler üzerindeki etkilerinin azaltılması, Gıda Güvenliği Yönetim Sistemleri ve HACCP sistemi gibi nleme, uyarılma ve yönetim stratejilerini birleştiren çok yönlü bir yaklaşım gerektirmektedir. Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktaları (HACCP) gıda güvenliğinin sağlanması için çok önemli bir önleyici sistemdir (Wido-do vd., 2022). alışmalar, HACCP temelli prosedürlerin, hijyen ve üretim uygulamalarıyla birlikte, iklim değişikliğinin etkileri karşısında bile gıda ve içme suyundaki mikrobiyolojik tehlikelerin yönetiminde etkili olduğunu göstermiştir (Svanström vd., 2022). İklım değişikliği, gıda ve sudaki mikrobiyolojik tehlikeleri etkileyebileceğini gösteren çalışmalarla gıda güvenliği için önemli zorluklar oluşurmaktadır (Svanström vd., 2022). İklım değişikliğinin gıda kalitesi ve güvenliği üzerindeki etkilerini yönetmek için HACCP-Kantitatif Mikrobiyolojik Risk Değerlendirmesi (QMRA) yaklaşımının uygulanması önerilmiştir (Xiong vd., 2020). Sürdürülebilir tarım uygulamalarının benimsenmesi, sanitasyon ve hijyenin iyileştirilmesi, erken uyarı sistemlerinin kurulması ve araştırmalar teşvik edilerek iklim değişikliği karşısında daha güvenli ve dirençli bir gıda sistemine ulaşabiliriz.

SONUÇ

İklim değişikliğinden dolayı, yaygın bir gıda kaynaklı patojen, *Escherichia coli*, daha sıcak çevrede büyüme ve hayatta kalma özelliğini mutasyona uğrayarak kazanabilir. Ayrıca, iklim değişikliği ile bağlantılı aşırı hava olayları su kaynaklarının kirlenmesine yol açabilir, bu da gıda ürünlerinde *E. coli* salgınları riskini daha da artırır ve bu da halk sağlığı için daha büyük bir tehdit oluşturur. Bu nedenle, gıda güvenliği önlemlerinin iklim değişikliğine uyum sağlaması, gıda kaynaklı hastalıkların yayılmasını önlemek ve hafifletmek için çok önemlidir. Bu nedenle halk sağlığını korumaya ve iklim değişikliğinin gıda güvenliği üzerindeki etkilerini azaltmaya yönelik çalışabiliriz. Hükümetler, sanayi ve tüketiciler arasındaki iş birliği, değişen iklimin etkilerine dayanabilecek dayanıklı bir gıda sistemi oluşturmak gerekmektedir.

Bu işbirlikçi çaba, gelecekteki nesillerin gıda arzını korumaya yardımcı olacak yenilikçi çözümlerin ve uygulamaların geliştirilmesine yardımcı olacaktır. Birlikte çalışarak, iklim değişikliğinin getirdiği zorluklarla başa çıkmaya daha iyi hazırlıklı, daha sürdürülebilir ve güvenli bir gıda sistemi oluşturabiliriz. Sürdürülebilir tarımı teşvik ederek ve araştırma ile teknolojiye yatırım yaparak, değişen çevresel koşullara uyum sağlayabilen daha dayanıklı bir gıda sistemi sağlayabiliriz. Eğitim ve farkındalık yoluyla, bireyleri daha sağlıklı ve sürdürülebilir, güvenli ve besleyici gıdaya erişebileceği bir gelecek yaratabiliriz. Gelecek nesiller için gıdaları korumak adına şimdi harekete geçmemiz çok önemli. Şimdi harekete geçerek, herkesin güvenli ve besleyici gıdaya erişebileceği bir gelecek yaratabiliriz.

KAYNAKLAR

- Allocati, N., Masulli, M., Alexeyev, M. F., & Di Ilio, C. (2013). *Escherichia coli* in Europe: An Overview, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10, (12): 6
- Amoah, P., Drechsel, P., & Abaidoo, R.C. (2005). Irrigated urban vegetable production in Ghana: sources of pathogen contamination and health risk elimination. *Irrigation and Drainage*, 54, 49-61.
- Awad, D.A., Masoud, H.A., & Hamad, A. (2024). Climate changes and food-borne pathogens: the impact on human health and mitigation strategy. *Climatic Change*, 177, 92
- Başaran, B. (2021). A Study of Food Poisoning Cases in Turkey from 2016 to 2020 According to the Written and Visual Media. *Akademik Gıda*, 19(3), 281-290.
- Bintsis, T. (2017). *Foodborne pathogens*. *AIMS Microbiol.*, 3:529–563.
- Boxall, ABA., Hardy, A., & Beulke S. (2009). Impacts of climate change on indirect human exposure to pathogens and chemicals from agriculture. *Environ Health Perspect*, 117:508-514.
- Cissé, G., Koné, B., & Bâ, H. (2011). Ecohealth and Climate Change: adaptation to flooding events in Riverside Secondary Cities, *West Africa. Resilient Cities* 55–67.
- DeJarnett, N., Robb, K., & Castellanos, I. (2018). The American Public Health Association's 2017 year of Climate Change and Health: Time for Action. *Am J Public Health*, 108: S76–S77.
- Dietrich, J., Hammerl, J-A., & Johne, A. (2023). Impact of climate change on foodborne infections and intoxications. *J. Health Moni.*, 8:78–92.
- Duchenne-Moutien, RA., & Neetoo, H. (2021). Climate Change and Emerging Food Safety issues: a review. *J Food Prot.*, 84:1884-1897.
- Ebi, K. (2011). Climate change and health risks: assessing and responding to them through 'adaptive management'. *Health Aff.*, 30(5):924–930.
- EFSA. (2021). Foodborne outbreaks report | EFSA. <https://www.efsa.europa.eu/en/microstrategy/FBO-dashboard>
- Erickson, M.C., Webb, C.C., Diaz-Perez, J.C., Phatak, S.C., Silvoy, J.J., Davey, L., Payton, A.S., Liao, J., Ma, L., & Doyle, M.P. (2010). Infrequent Internalization of *Escherichia coli* O157:H7 into field-grown leafy greens. *Journal of Food Protection*, 73, 500–506.
- FAO. (2008). Climate change: Implications for food safety. Erişim Tarihi:29.10.2024, <http://www.fao.org/3/i0195e/i0195e00.htm>.

- Franz, E., van Hoek, A.H.A.M., Bouw, E., & Aarts, H.J.M. (2011). Variability of *Escherichia coli* O157 strain survival in manure-amended soil in relation to strain origin, virulence profile, and carbon nutrition profile. *Applied and Environmental Microbiology*, 77, 8088–8096.
- Gerba, C.P., & Smith, J.E. (2005). Sources of pathogenic microorganisms and their fate during land application of wastes. *Journal of Environmental Quality*, 34, 42–48.
- IPCC. (2022). Contributors to the IPCC Special Report on Global Warming of 1,5°C. Global Warming of 1,5°C 573–580.
- Iqbal, M.S., Islam, M.M.M., & Hofstra, N. (2019). The impact of socio-economic development and climate change on *E. coli* loads and concentrations in Kabul River, Pakistan. *Sci Total Environ.*, 650:1935–1943.
- Ishii, S., & Sadowsky, M.J. (2008). *Escherichia coli* in the Environment: implications for Water Quality and Human Health. *Microbes Environ.*, 23:101–108.
- Jang, J., Hur, H.-G., Sadowsky, M. J., Byappanahalli, M. N., Yan, T., & Ishii, S. (2017). Environmental *Escherichia coli*: ecology and public health implications-a review. *Journal of Applied Microbiology*, 123(3): 570–581.
- Jiang, X., & Shepherd, M. (2009). The rold of manure and compost in produce safety. In: Fan, X., Niemira, B.A., Doona, C.J., Feeherry, F.E., Gravani, R.B. (Eds.), *Microbial Safety of Fresh Produce*. *Blackwell Publishing*, p. 143.
- Keerthana, K., George, L., & Dhasarathan, S.S. P. (2022). Molecular Characterization of Food Borne Pathogens By Using Pcr Method. *YMER Digit*, 21:33-39.
- Kroupitski, Y., Golberg, D., Belausov, E., Pinto, R., Swartzberg, D., Granot, D., & Sela, S. (2009). Internalization of salmonella enterica in leaves is induced by light and involves chemotaxis and penetration through open stomata. *Applied and Environmental Microbiology*, 75, 6076–6086.
- Lake, I.R., & Barker, GC. (2018). Climate Change, Foodborne Pathogens and Illness in Higher-Income Countries. *Curr Environ Health Rep* 5:187–196.
- Lamenew, F., & Ameha, K. (2019) Effect of climate change on food and water borne diseases outbreak: a mini review. *FSQM*, 88(2):11–23.
- Lee, H., & Yoon, Y. (2021). Etiological Agents Implicated in Foodborne Illness World Wide. *Food science of animal resources*, 41(1), 1–7.
- Levy, K., Smith, SM., & Carlton, EJ. (2018). Climate Change impacts on Waterborne diseases: moving toward Designing interventions. *Curr Environ Health Rep* 5:272–282.

- Matthews T. (2018). Humid heat and climate change. *Progress Phys Geogr Earth Environ* 42(3):391–405.
- McIelllan, S.L., Hollis, E.J., Depas, M.M., Van Dyke, M., Harris, J., & Scopel, C.O. (2007). Distribution and fate of *Escherichia coli* in Lake Michigan following contamination with urban stormwater and combined sewer overflows. *Journal of Great Lakes Research* 33, 566–580.
- McMichael C. (2015). Climate change-related migration and infectious disease. *Virulence* 6:548–553.
- Mead, P. S. & Griffin, P. M. (1998). *Escherichia coli* O157:H7, *Lancet*, 352, 9135, 1207–1212.
- Monaghan, J.M., & Hutchison, M.L. (2012). Distribution and decline of human pathogenic bacteria in soil after application in irrigation water and the potential for soil-splash-mediated dispersal onto fresh produce. *Journal of Applied Microbiology* 112, 1007–1019.
- Mora, C., Spirandelli, D., & Franklin, E.C. (2018). Broad threat to humanity from cumulative climate hazards intensified by greenhouse gas emissions. *Nat Clim Chang*, 8:1062–1071.
- Nyserda (2018). Health Impacts of Power Outages and Warm Weather on Food Safety- Report Summary. New York
- Okaka, F., & Odhiambo, B. (2018). Relationship between flooding and out Break of Infectious Diseasesin Kenya: a review of the literature. *J. Environ. Public Health.*, 5452938:1-8.
- Oppenheimer, M., Glavovic, B.C., & Hinkel, J. (2022). Sea Level Rise and Implications for Low-Lying Islands, Coasts and Communities. In: *The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. Cambridge University Press*, pp 321–446.
- Orozco, R.L., Iturriaga, M.H., Tamplin, M.L., Fratamico, P.M., Call, J.E., Luchansky, J.B., & Escartin, E.F. (2008). Animal and environmental impact on the presence and distribution of Salmonella and Escherichia coli in hydroponic tomato greenhouses. *Journal of Food Protection*, 71, 676–683.
- Patz, J.A., Campbell-Lendrum, D., Holloway, T., & Foley, J.A. (2005). Impact of regional climate change on human health. *Nature*, 438:310–317.
- Philipsborn, R., Ahmed, S.M., Brosi, B.J., & Levy, K. (2016). Climatic drivers of Diarrheagenic Escherichia coli incidence: a systematic review and Meta-analysis. *J Infect Dis*, 214:6–15.
- Qiu, Y., Zhou, Y., & Chang Y. (2022). The effects of Ventilation, Humidity, and temperature on bacterial growth and bacterial genera distribution. *Int J Environ Res Public Health*, 19:15345.

- Samut, H., Namli, Ş., Özdemir, F., Çömlekçioglu, N., & Soyer, Y. (2023). Climate change and food safety: temperature impact on the attachment of *Escherichia coli* pathogroups on cress leaf. *J. Food Saf.*, 43 (5): e13059.
- Smith, B., & Fazil, A. (2019). How will climate change impact microbial foodborne disease in Canada. *Can Commun Dis Rep.*, 45:108-113.
- Steele, M., & Odumeru, J. (2004). Irrigation water as source of foodborne pathogens on fruit and vegetables. *Journal of Food Protection*, 67, 2839–2849.
- Svanström, Å., Egervärn, M., Nyberg, K., & Lindqvist, R. (2022). Impact of climate change on microbiological hazards in food and drinking water in Sweden. *Eur J Nutr Food Saf.*, 95–98.
- Tekiner, İ. H., & Özpınar, H. (2016). Occurrence and characteristics of extended spectrum beta-lactamases-producing Enterobacteriaceae from foods of animal origin. *Brazilian Journal of Microbiology*, 47(2), 444–451.
- Thao, S., Brandl, M. T., & Carter, M. Q. (2019). Enhanced formation of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* persister variants in environments relevant to leafy greens production. *Food Microbiology*, 84, 103241.
- Tirado, M.C., Clarke, R., & Jaykus, L.A. (2010). Climate change and food safety: a review. *Food Res Int.*, 43:1745–1765.
- URL-1 <https://tr.wikipedia.org/wiki/Escherichia_coli>, Erişim Tarihi:18.11.2024
- USDA. (2023). What is the difference between food illness and food poisoning? The US Department of Agriculture. <https://ask.usda.gov/s/article/What-is-the-difference-between-foodborne-illness-and-food-poisoning>
- Van der Zaag, A.C., Campbell, K.J., Jamieson, R.C., Sinclair, A.C., & Hynes, L.G. (2010). Survival of *Escherichia coli* in agricultural soil and presence in tile drainage and shallow groundwater. *Canadian Journal of Soil Science*, 90, 495–505.
- Wang, P., Asare, E., & Pitzer, V.E. (2022). Associations between long-term drought and diarrhea among children under five in low- and middle-income countries. *Nat. Commun.* 13: 3661.
- WHO. (2014a). Environmental Health challenges in Mauritania. World Health Organization: Geneva, Switzerland. Erişim Tarihi: 04.11.2024
- WHO. (2018). *E. coli*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ecoli#:~:text=been%20found%20infected.,E.,meat%20products%20and%20raw%20milk>. Erişim Tarihi: 04.11.2024
- WHO. (2020). Antibiotic resistance. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/antibiotic-resistance>. Erişim Tarihi: 04.11.2024

- WHO (2022a) Food Safety. In: Facts sheets. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>. Erişim Tarihi: 04.11.2024
- WHO/UNICEF JMP. (2010). Indonesia: improved sanitation coverage estimates (1980–2008), Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation, Updated 2010 ed. World Health Organization (WHO)/United Nations Children's Fund (UNICEF), Geneva. 5.
- Widodo, R., Cahyani, W., Wibowo, T., & Wulandari, A. (2022). Application of hazard analysis and critical control points (haccp) on the production process line of noni juice drink (*morinda citrifolia* l). *Food Sci Technol J (Foodscitech)* 69–80.
- Xiong, Y., Li, W., & Liu, T. (2020) Risk early warning of food quality safety in meat processing industry. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 17(18): 6579.