



ZOOTEKNİ ALANINDA GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

EDİTÖRLER



Prof. Dr. Hakan İNCİ

Dr. Öğr. Üyesi Günnur PEŞMEN

Öğr. Gör. Zeynep ASUTAY



ZOOTEKNİ ALANINDA GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

EDİTÖRLER

Prof. Dr. Hakan İNCİ

Dr. Öğr. Üyesi Günnur PEŞMEN

Öğr. Gör. Zeynep ASUTAY

YAZARLAR

Prof. Dr. Hakan İNCİ

Prof. Dr. Sabri YURTSEVEN

Doç. Dr. Aydın Şükrü BENGÜ

Doç. Dr. Selçuk Seçkin TUNCER

Dr. Öğr. Üyesi Hasan ÇELİKYÜREK

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet İLKAYA

Dr. Öğr. Üyesi Selcen Süheyla ERGÜN

Dr. İbrahim ŞAHİN

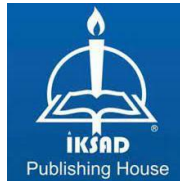
Öğr. Gör. Abdurrahman ŞİMŞEK

Öğr. Gör. Zeynep ASUTAY

Arş. Gör. Murat TURAN

Mehmet SARAÇOĞLU

Özlem DURĞUN



Copyright © 2025 by iksad publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or
transmitted in any form or by
any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical
methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of
brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses
permitted by copyright law. Institution of Economic Development and Social
Researches Publications®

(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)

TÜRKİYE TR: +90 342 606 06 75

USA: +1 631 685 0 853

E mail: iksadyayinevi@gmail.com

www.iksadyayinevi.com

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.

Iksad Publications – 2025©

ISBN: 978-625-378-196-5

Cover Design: Hakan İNCİ

March / 2025

Ankara / Türkiye

Size: 16x24cm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....1

BÖLÜM 1

KANATLI BESİCİLİĞİNDE HİDROPONİK YÖNTEMLERLE ÜRETİLEN KABA YEM DESTEĞİ

Özlem DURĞUN

Prof. Dr. Sabri YURTSEVEN

Mehmet SARAÇOĞLU.....3

BÖLÜM 2

NARENÇİYE KÜSPESİNİN HAYVAN BESLEMEDE KULLANIM POTANSİYELİ

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet İLKAYA

Öğr. Gör. Zeynep ASUTAY.....19

BÖLÜM 3

KANATLI HAYVANLARDA KRİYOPREZERVASYON

Mehmet SARAÇOĞLU

Özlem DURĞUN.....37

BÖLÜM 4

SAĞLIKLI VE DENGELİ BESLENMEDE KIRMIZI ETİN ÖNEMİ

Doç. Dr. Selçuk Seçkin TUNCER

Dr. Öğr. Üyesi Hasan ÇELİKYÜREK

Arş. Gör. Murat TURAN.....65

BÖLÜM 5

BESLENMEMİZDE TÜM YÖNLERİYLE TAVUK YUMURTASI VE BILDIRCIN YUMURTASININ YERİ VE ÖNEMİ

Doç. Dr. Aydın Şükrü BENGÜ

Prof. Dr. Hakan İNCİ.....77

BÖLÜM 6

BAL ARILARINDA BESLENMENİN KOLONİ GELİŞİMİ VE SAĞLIĞINA ETKİSİ

Öğr. Gör. Abdurrahman ŞİMŞEK.....87

BÖLÜM 7

BAL ARILARINDA BESLENME ŞEKLİNİN ARI MİKROBİYOTASINA ETKİSİ

Öğr. Gör. Abdurrahman ŞİMŞEK.....105

BÖLÜM 8

BAL ARILARINDA KOLONİ PERFORMANSINI ETKİLEYEN UNSURLAR: VERİMLİLİK VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Dr. İbrahim ŞAHİN.....121

BÖLÜM 9

BAL ARILARINDA YEREL EKOTİPLERİN KORUNMASI VE ARICILIKTAKİ ROLÜ

Dr. İbrahim ŞAHİN.....135

BÖLÜM 10

BAL ARILARININ SOSYAL ZEKÂSI: KOVAN İÇİ İLETİŞİMİN BİLİNMEYEN YÖNLERİ

Öğr. Gör. Zeynep ASUTAY.....149

BÖLÜM 11

ENDOKRİN BOZUCULAR

Dr. Öğr. Üyesi Selcen Süheyla ERGÜN.....159

ÖNSÖZ

Zootekni Alanında Güncel Yaklaşımların Ele Alındığı ve Zootekni konularından oluşan Kitabımızda; Kanatlı Besiciliğinde Hidroponik Yöntemlerle Üretilen Kaba Yem Desteği, Narenciye Küspesinin Hayvan Beslemede Kullanım Potansiyeli, Kanatlı Hayvanlarda Kriyoprezervasyon, Sağlıklı ve Dengeli Beslenmede Kırmızı Etin Önemi, Beslenmemizde Tüm Yönleriyle Tavuk Yumurtası ve Bildircin Yumurtasının Yeri ve Önemi, Bal Arılarında Beslenmenin Koloni Gelişimi ve Sağlığına Etkisi, Bal Arılarında Beslenme Şeklinin Arı Mikrobiyotasına Etkisi, Bal Arılarında Koloni Performansını Etkileyen Unsurlar: Verimlilik Ve Sürdürülebilirlik, Bal Arılarında Yerel Ekotiplerin Korunması ve Arıcılıktaki Rolü, Bal Arılarının Sosyal Zekâsı: Kovan İçi İletişimin Bilinmeyen Yönleri, Endokrin Bozucular; olmak üzere 19 Akademisyen Tarafından Kalemeye Alınan Zootekni alanında derlenen toplam 11 Bölüm Yer almaktadır.

Bu Kitap, Güncel Konuları Kapsayacak Detaylı Bir Şekilde Hazırlanmış ve Belli Bir Emeğin Karşılığında Sizlere Sunulmuştur. Bu Kitabın Bilim Dünyasına Katkısının Önemli Olacağı Noktasından Hareket Ederek, Herkese Faydalı Olmasını Temenni Ediyoruz.

Saygılarımızla

Prof. Dr. Hakan İNCİ
Dr. Öğr. Üyesi Günnur PEŞMEN
Öğr. Gör. Zeynep ASUTAY

BÖLÜM 1

KANATLI BESİCİLİĞİNDE HİDROPONİK YÖNTEMLERLE ÜRETİLEN KABA YEM DESTEĞİ

Özlem DURĞUN¹, Prof. Dr. Sabri YURTSEVEN²,
Mehmet SARAÇOĞLU³

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.15001758>

¹ Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni A.B.D., Şanlıurfa, Türkiye, ozlemdurgun114@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8707-8278

² Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye, syurtseven@harran.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6600-8772

³ Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni A.B.D., Şanlıurfa, Türkiye, mehmetсарacoglu@yahoo.com, ORCID: 0000-0002-5845-2099

GİRİŞ

Hayvancılık sektöründe, üretim maliyetlerinin büyük bir kısmı yemlerden karşılanmakta olup, bu yemlerin önemli bir kısmını kaba yemler oluşturur (Altın ve ark., 2011). Kaba yem, su içeriği %14'ten fazla olan sulu kaba yemler ile daha kuru olan, aynı zamanda selüloz içeriği kuru maddesinde %16-18 arasında değişen besin maddeleri olarak tanımlanır (Böbrek, 2022).

Kaba yem beslemesi denilince akla ilk önce büyükbaş ve küçükbaş hayvan besiciliği gelir. Çünkü kaba yem bu hayvan gruplarında rasyonda olması zorunlu bir bileşendir. Hidroponik yollarla üretilen kaba yemlerin ruminant besisinde özellikle de büyükbaş hayvan besisi için pratik olarak kullanımının yaygınlaşması henüz şimdilik öngörülmektedir. Çünkü oldukça yüksek oranda su içeriği bulunan hidroponik yemler bir sulu kaba yem olan silajdan bile yüksek su içeren yem materyalleridir. Bu nedenle sığırlar gibi yüksek düzeyde kuru madde ihtiyacı olan hayvanların ihtiyacını hidroponik yemlerle karşılamak en azından şimdilik çok pratik ve ekonomik görülmemektedir. Kanatlı hayvan besisinde özellikle küçük kanatlılarda kaba yemin kullanımı çok önemli düzeyde değildir. Ancak biraz yavaş da olsa ülkemizin bazı sınırlı bölgelerinde gelişen hindi besiciliği veya kaz besiciliği gibi büyük kanatlı yetiştiricilikleri veya gezer tavukçuluk faaliyetlerinin, kaba yemsiz ekonomik olmayacağı önemle vurgulanmaktadır. Bu tür kanatlı sistemleri ekonomikliği garantilemek için kaba yeme önem verilmekte ve mera ile bu sistemin desteklenmesini önerilmektedir. Ancak özellikle kaz ve hindi gibi kanatlı türleri, yüksek yem tüketimleri nedeniyle üreticiler yemleme masraflarıyla başa çıkmakta zorlanmakta ve bu durum, bazı yetiştiricilerin bu işi terk etmelerine neden olmaktadır. Kalan az sayıdaki yetiştirici ise kesif yemi dane yemle seyrelterek ya da otlatma yoluyla hayvancılığı sürdürmeye çalışmaktadır (Yurtseven vd., 2020). Ancak, mera alanlarının tarım için kullanılması, üreticinin mera alanının olmayışı, mera tesisinin zaman zaman zorluğu gibi nedenlerle mera dışında kaba yem temini için arayışlar başlamaktadır. Ayrıca tarım dışı yerleşimin artması ve tarımda makineleşmenin ilerlemesi, mera alanlarının daralmasına da yol açmıştır. Bu durum, gelişmiş ülkelerin çok gerisinde kalan ülkemiz için mera verimliliğini de olumsuz etkilemektedir (Alçıçek ve ark., 2003; Lemus, 2009; Özkulve ark., 2012).

Kaba yemler, artık kanatlı hayvancılığın sürdürülebilirliği ve verimliliği açısından temel bir yer tutarken, Türkiye'deki bu hayvancılık faaliyetlerinde kaliteli kaba yem temini konusunda ciddi bir açık bulunmaktadır (Alçıçek ve ark., 2003; Ayan ve ark., 2006; Kara ve Yüksel, 2014). Çayır ve meralar, baklagil ve buğdaygil yem bitkileri ile tahılların sapsarı, kaba yem temininde temel kaynaklar arasında bulunmaktadır (Garipoğlu, 2013; Kara ve Yüksel, 2014). Sap saman gibi kuru ve üretim artığı kaba yemler ruminantlar tarafından da çok iyi değerlendirilebilirler. Ancak tahıl sapsarı, saman, kuru ot gibi kaba yem kaynakları kanatlı faaliyetlerinde kullanılamazlar. Çünkü kanatlı besisinde kaba yem takviyesi denilince yeşil taze ot kastedilmektedir. Bir diğer deyişle sindirim sistemleri kuru kaba yemleri sindirebilecek pozisyonda değildir.

Adı geçen kanatlı faaliyetlerini sürdürmek için sürekli taze yeşil yem temini ya mera yoluyla veya topraksız tarım yoluyla mümkündür. Fakat iklim değişikliği, su kaynaklarındaki azalma ve kontrolsüz nüfus artışı gibi küresel sorunlar, geleneksel tarım modelleriyle kanatlı hayvancılık sektöründe sürdürülebilir kaba yem teminini zorlaştırmaktadır. Bu durum, sınırlı kaynaklar ve artan talep karşısında geleneksel yöntemlerle yeterli ve verimli yem üretiminin sağlanmasını engellemektedir (Saha ve ark., 2016; Grigas ve ark., 2020). Bu bağlamda, topraksız tarım sistemlerine olan ilgi, geleneksel tarım yöntemlerine bir alternatif olarak giderek artmaktadır.

Topraksız tarım, çevresel faktörlerin kontrollü bir şekilde yönetilmesine olanak tanıyan, yaygınlaşan bir üretim modelidir.

1.HİDROPONİK TARIM

Hidroponik tarım, topraksız tarım teknolojileri kapsamında yer alan bir bitki yetiştirme yöntemidir. Bu yöntemde, toprak yerine alternatif materyaller kullanılmaz; bitkiler yalnızca su ve besin solüsyonları ile beslenir (Al Ajmi ve ark., 2009). Diğer ifade ile herhangi bir organik veya inorganik katı yetiştirme ortamı (örneğin kompost) kullanmadan sadece su ve besin çözeltileri ile bitki yetiştirmek kastedilmektedir. Yani, bazı topraksız tarım yöntemlerinde kaya yünü, perlit veya kum gibi alternatif yetiştirme ortamları kullanılırken, hidroponik sistemde bitkiler doğrudan su içinde büyütülür veya gerekiyorsa ihtiyaç duydukları besin maddeleri bu suya eklenir. Hidroponik sistemde, yaklaşık bir hafta gibi kısa bir sürede yeşil ot gibi ürünler elde edilebilmektedir (Uyeda ve ark., 2011). Hidroponik tarım, çevresel koşullardan bağımsız olarak

her mevsim yeşil kaba yem üretimine olanak tanıyan en eski ve yaygın topraksız tarım sistemidir (Talalay ve ark., 2020; Kidulani ve ark., 2019). Bu yöntemde, daha çok tahıl taneleri (örneğin arpa, buğday, mısır) toprak kullanılmadan, su ve besin solüsyonlarıyla kontrollü bir ortamda çimlendirilir. Genellikle 6-8 gün içinde bitkiler 15-25 cm boya ulaşır ve yem olarak kullanılabilir. Bu süreçte, taneler çimlenerek kökleri birbirine geçer ve halı benzeri bir yapı oluşturur (şekil 1).

2.HİDROPONİK TARIM SİSTEMLERİNİN AVANTAJLARI ve DEZAVANTAJLARI

Hidroponik tarım, verimliliği artıran, çevre dostu ve sürdürülebilir bir üretim yöntemi olarak öne çıkmaktadır. Bu sistem, yüksek verimli ürünler elde edilmesini sağlar ve yıl boyu kesintisiz üretim imkânı sunarak tarımsal üretim süreçlerinde önemli bir rol oynamaktadır (Al-Karaki, 2011; Tudor ve ark., 2003; Cuddeford, 1989). Geleneksel tarla üretim sistemlerinin aksine, hidroponik yem üretiminde su daha verimli kullanılmaktadır. Hidroponik sistem, suyun geri dönüşüm mekanizması ile yeniden kullanılmasını sağlar ve böylece su tüketimi minimize edilir. Suyun ekonomik kullanımından kastedilen şudur; hidroponik sistem kontrollü ve kapalı bir sistem olduğu için sulama suyunun bir kısmının veya tamamının geri dönüşümle kazanılarak tekrar kullanımı mümkündür. Ancak böyle bir sistem topraklı tarımda çoğu zaman mümkün olmamakta ve verilen suyun büyük bir kısmı israf olmaktadır. Bu yöntem, aynı miktarda yem üretmek için geleneksel tarla koşullarında kullanılan suyun yalnızca %2-3'üne ihtiyaç duyar, bu da su kaynaklarının kısıtlı olduğu bölgelerde önemli bir tasarruf sağlamaktadır (Agius ve ark., 2019).

Hidroponik yem üretiminin diğer bir avantajı, üretim süresinin kısalığıdır. Bu yöntemle üretilen yem, 7-10 gün gibi kısa bir sürede büyür, bu da geleneksel tarım yöntemlerine göre büyük bir zaman kazancı sağlar (Mooney, 2005). Ayrıca, hidroponik sistem, sınırlı alanlarda yüksek kaliteli yem üretimine olanak tanırken, pestisit, fungusit ve yapay büyüme hızlandırıcıları gibi kimyasal maddelerin kullanımını büyük ölçüde azaltır veya tamamen ortadan kaldırır (Kalaeva ve ark., 2019; Vorobyov ve ark., 2019). Hidroponik yemler aynı yemin dane olanına kıyasla daha yüksek ham protein içeriği ve besin değeri sunması, kanatlı hayvanlar için besleyici bir alternatif

oluşturur. Bu yöntemle daha az arazi kullanımı ve düşük enerji tüketimi ile üretim yapılabilir. Ayrıca, daha az ekipman ve yakıt kullanımı ile üretim süreci daha verimli hale gelir (Jemimah ve ark., 2015; Ayasa ve Makkar, 2015).

Birim alandan elde edilen daha fazla ürün, üretim verimliliğini artırırken, gübre ve pestisit kullanılmadığı için daha organik ürünlerin elde edilmesi sağlıklı ve güvenli bir şekilde mümkün olur. Yabancı ota mücadele gereksiz hale gelir, iş gücü ve maliyet tasarrufu sağlanır. Ayrıca, her mevsim taze yem temin edilmesiyle üretim sürekliliği sağlanır (Sambo ve ark., 2019). Bununla birlikte, hidroponik tarımın yaygınlaşmasını engelleyen bazı dezavantajlar da bulunmaktadır. İlk yatırım maliyetlerinin yüksekliği ve özellikle küçük çaplı çiftçiler için ekonomik bir engel oluşturabilmektedir. Hidroponik sistemlerin bakım ve kurulumu, geleneksel tarım yöntemlerine göre daha pahalı olabilir. Ayrıca, hidroponik sistemlerde sulu ortamlarda meydana gelebilecek küf oluşumu riski, hijyenik ve verimli çalışmayı olumsuz yönde etkileyebilir. Bu da üretim verimliliğini düşürebilir ve sağlık açısından potansiyel tehditler oluşturabilir (Sathyanarayana ve ark., 2022).

3.HİDROPONİK TARIM SİSTEMLERİNDE KABA YEM ÜRETİM AŞAMALARI

3.1. Hidroponik Tarımda Tercih Edilen Bitki Türleri

Hidroponik üretime ilişkin olumlu görüşlerin ardından, hangi bitki türlerinin bu üretim yöntemine daha uygun olduğu sorusu önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir. Her bitki türü, hidroponik sistemlerde aynı düzeyde verimlilik sağlamaz ve bazı bitkiler için bu üretim yöntemi ekonomik açıdan verimli olmayabilir. Bazı bitkiler, özellikle yonca gibi çok yıllık bitkiler, topraksız tarım yöntemlerinde ekonomik verimlilik sağlamamaktadır. Çünkü bu bitkiler, topraklı ortamda ekildikleri zaman daha uzun süreli kaba yem sağladıkları için bir defaya mahsus çimlendirme ile ekonomik verimleri oldukça azaltılmış olur. Örneğin yonca gibi çok yıllık bitkiler de topraksız tarımda verim sağlamak için ekonomik bir seçenek değildir. Buna karşın özellikle tek yıllık tahıllar, örneğin arpa, topraksız tarımda daha uygun bir alternatif sunmaktadır (Güler, 2019). Bazı tek yıllık mısır gibi tahılların çimlenme güçleri topraksız ortamda oldukça zayıf olması nedeniyle pratikte yaygınlaşmamıştır ve ekonomik değildir.

Arpa, buğdaygiller familyasına ait, geniş iklim ve toprak adaptasyonuna sahip, besin değeri orta derecede bir tahıldır. Proteini düşük olsa da (%9-13) %67 karbonhidrat içeriğiyle hayvan yemi olarak önemli bir enerji kaynağıdır (Al-Bayati, 2023). Özellikle hindi ve kaz yetiştiriciliğinde, arpa, en çok tercih edilen yem maddelerindedir. Bir çalışmada, hidroponik sistemle üretilen arpa yeminin, geleneksel üretim sistemine kıyasla yaklaşık 7.5 kat daha yüksek verim sağladığı bildirilmiştir (Elmulthum ve ark., 2023). Bununla birlikte, hidroponik sistemle üretilen arpa bitkisinin, çimlenme sırasında yüksek su alımı nedeniyle besin değerlerinde bir miktar azalma gözlemlenebilmekle birlikte, kuru madde hesabına göre besin değerleri geleneksel üretimle benzer düzeyde kalmaktadır (Güler, 2019; Demir, 2020). Hayvanların yüksek su içeriği olan yemleri daha fazla tüketmeleri, bu tür yemlerin tercih edilmesinin başlıca nedenlerinden biridir. Örneğin, kuru madde içeriği normal mısır danesine göre daha düşük olan mısır silajı, geviş getiren hayvanlar tarafından dane mısırdan çok daha fazla tüketilmektedir. Bu durum, hayvanların besin ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla kuru madde içeriği düşük olan yemleri daha fazla tüketerek eksikliklerini gidermeye çalıştıklarını göstermektedir (Bartnik ve Szafrńska, 1987; Bingöl ve ark., 2009).

3.2. Çimlenme ve Hasat Süreci

Tohum seçiminden sonra, tohumların temizliği ve hazırlık aşamaları büyük bir titizlikle gerçekleştirilmelidir. Satın alınan tohumlar, kirli, kırık ve yabancı maddelerden arındırılmalı, ardından yaklaşık 5 dakika boyunca musluk suyu ile yıkanarak temizlenmelidir. Düşük kaliteli tohumlar ayıklandıktan sonra, kalan tohumlar temiz bir kaptaki yaklaşık en az 4 saat süreyle tatlı suda bekletilmelidir. Bu işlemden sonra şişen tohumlar, daha önce dezenfekte edilmiş tepsilere eşit seviyede serilmelidir. (Uygulanan sistemler, elde edilmesi planlanan yem miktarına bağlı olarak farklı boyut ve kapasitelere sahip olabilmektedir). Tepsilerde fazla suyun birikmesini önlemek amacıyla %1-2 oranında eğim verilmesi önemlidir. Tohumlar çimlenme sürecine kadar her gün düzenli olarak sulanmalıdır (Baye, 2024; Naik ve ark., 2015).

Çimlenme tamamlandıktan sonra kökler birbirine geçerek halı benzeri bir yapı oluşturur (Şekil.1). Bu aşamada, 7-10 gün içerisinde yeşil kısımlar 20-25 cm boya ulaşmaktadır. Hidroponik yem üretimi, geleneksel yöntemlere

kıyasla oldukça verimlidir ve bu süreçte 6 ile 10 kat arasında yeşil yem üretimi yapılabilmektedir. Ayrıca hidroponik sistemler, su kullanımında yüksek bir etkinlik sağlar; tarlada yapılan üretimde kullanılan suyun yalnızca %3-5'i ile eşdeğer miktarda üretim yapılabilmektedir. Örneğin, hidroponik bir ortamda 130 m²'lik bir alanda bir yıl boyunca üretilen yeşil yem miktarı için, geleneksel tarımda 120 hektarlık bir alana ihtiyaç duyulmaktadır (Dung ve ark., 2010; Micera ve ark., 2009; Al-Hashimi, 2012). Bu özellikler, hidroponik tarımın hem verimlilik hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli bir alternatif olduğunu göstermektedir.



Şekil 1. Hidroponik ortamda çimlendirilmiş arpa bitkisi.

4. Hidroponik Üretim ile Çevre ve Hayvan Refahı İlişkisi

Kanatlı üretiminde, karma yemlere kaba yem ilavesinin hayvan refahını artırdığı, kanibalizmi azalttığı ve hem yumurta hem de et kalitesini iyileştirdiği bildirilmiştir (Mohammed ve ark., 2013). Yoğun kanatlı üretimi yapılan işletmelerde yem giderlerinin toplam maliyetlerin %60-70'ini oluşturduğu göz önünde bulundurulduğunda, hidroponik yem üretimi geleneksel yöntemlere alternatif olarak dikkat çekmektedir (Singh ve ark., 2022). Yine Yurtseven ve Kaya (2021) tarafından yapılan bir çalışmada kaba yem destekli kaz besisi ile yemleme masrafından %30 oranında bir tasarruf sağlanmıştır.

Çimlendirmedeki başarı, keçe şeklinde kenetlenmiş kök birikimi ve tepside yoğun yeşil aksam oluşumu ile kendini gösterir ve özellikle bu keçelenmiş kök oluşumu da kanatlıların iştahını artırmaktadır (Şekil 2).

Hidroponik üretim yöntemi, yıl boyunca yeşil yem üretme imkânı sunarak hayvan sağlığını ve refahını desteklerken çevre dostu ve ekonomik üretim sağlamaktadır. Ayrıca, yem taşımacılığı veya üretimi için gerekli alan ihtiyacı azalacağı için dolaylı olarak bitkisel kökenli sera gazı emisyonlarının azaltılmasına katkı sağlanmaktadır. Tarımsal teknolojilerdeki bu tarz ilerlemeler, otlak ve yem üretimi için geniş arazilerin kullanılmasına gerek kalmadan belli düzeyde kaba yem üretilmesine katkı sağlayabilir. Bu bakış açısını hidroponik tarıma uygulamak, teknolojiyi "arazi tasarrufu" ve "arazi paylaşımı" çerçevesine yerleştirir. Arazi tasarrufu uygulamaları, tarımsal yoğunluğu ve verimi daha küçük alanlarda artırarak doğal yaşam alanları için yer ayırırken; arazi paylaşımı, tarım alanlarında biyolojik çeşitliliği koruyan ekolojik olarak sürdürülebilir uygulamaları içerir (Green ve ark., 2005). Bu bağlamda, hidroponik teknolojiler, yem ve kaba yem üretimi için tarım arazilerinin genişlemesini azaltabilir veya sınırlama potansiyeli nedeniyle "arazi tasarrufu" sağlayan bir yöntem olarak değerlendirilebilir.

Hidroponik sistemlerle üretilen yemler, tohumuna göre daha yüksek ham protein, amino asitler, B ve E vitaminlerinin yanı sıra kalsiyum ve fosfor gibi kanatlıların gelişimi için gerekli besinler açısından zengindir. Bununla birlikte, bu yemler nispeten daha düşük selüloz ve karotenoid seviyelerine sahip olma eğilimindedir (Talalay ve ark., 2020; Kidulani ve ark., 2019). Filizlendirilmiş arpa kullanımı broylerlerde besin maddelerinin sindirilebilirliğini artırarak canlı ağırlık kazancında %8'lik bir artışa yol açmıştır (Sharif ve ark., 2013).



Şekil 2. Hidroponik Ot ile Beslenen Hindilerden Bir Görüntü

5. Hidroponik Kaba Yemlerin Kanatlı Besiciliğinde kullanımı

Dastar ve arkadaşları (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, arpa tanelerinin %33 ila %66'sının filizlenmiş arpa ile değiştirilmesinin etlik piliçlerde yem alımını artırdığı tespit edilmiştir. Bu bulgu, filizlenmiş arpanın besin değeri ve sindirilebilirliği üzerinde olumlu bir etkisi olduğuna ve böylece yem tüketimini teşvik edebileceğine işaret etmektedir.

Abouelezz ve arkadaşları (2019), bıldırcın rasyonuna %15 oranında hidroponik arpa filizi eklemenin yumurta üretimi, yumurta kalitesi, bazı kan parametreleri, organ ağırlıkları ve üreme performansı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, hidroponik arpa filizlerinin dahil edilmesinin taşlık ve testislerin nispi ağırlıklarını, üreme performansını ve ergin dişilerden elde edilen yumurtlama oranını önemli ölçüde artırdığını belirlenmiştir. Ancak, kan parametrelerinde veya yumurta kalite indekslerinde anlamlı bir değişiklik gözlemlenmemiştir. Bu sonuçlar, hidroponik arpa filizlerinin bazı fizyolojik parametreler üzerinde olumlu etkiler yaratsa da her performans göstergesinde aynı etkiyi göstermediğini ortaya koymaktadır.

Talalay ve arkadaşları (2020), etlik piliçlerin yemlerine %10, %15 ve %20 oranında hidroponik arpa ilavesinin et kalitesi ve kimyasal bileşim üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, hidroponik arpa takviyesi piliçlerin canlı ağırlığını artırmış, iç yağ oranını %0,5 ile %1,4 arasında azaltmış ve et kalitesini iyileştirmiştir. Ayrıca, kan hemoglobin

seviyelerinde artış gözlemlenmiştir. Araştırmacılar, hidroponik olarak üretilen yemlerin daha yüksek seviyelerde karotenoid ve A vitamini içerdiğini ve bunun da vücuttaki yağ metabolizmasını destekleyici bir rol oynayabileceğini belirtmişlerdir. Bu bulgular, hidroponik yemlerin et kalitesini iyileştirici potansiyeline dikkat çekmektedir.

Atturi ve arkadaşları (2020), etlik piliçlerin karma yemlerine piliç başına 50 g hidroponik mısır eklenmesinin büyüme performansını etkilemediğini, ancak toplam yem alımında ve yem dönüşüm verimliliğinde düşüşe neden olduğunu bildirmiştir. Bu bulgu, hidroponik mısırın yem verimliliği üzerinde olumsuz etkiler yaratabileceğini, ancak büyüme performansını aynı düzeyde tutabildiğini göstermektedir.

Hassan (2020), tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, hidroponik arpa yeminin broiler tavuklarının karkas verimi üzerinde pozitif bir korelasyon sağladığı ortaya konulmuştur. Yazar, hidroponik arpa yeminin bu olumlu etkisinin, arpanın filizlenmesi sonucu protein içeriğinin artmasıyla ilişkilendirilebileceğini ileri sürmüştür.

Khaziev ve arkadaşları (2021), damızlık kazlarda %25-30 oranında hidroponik yeşil yem eklemenin yumurta üretim oranını %3,8, kuluçka randımanını ise %4,9 oranında artırdığını tespit etmişlerdir. Ayrıca, hidroponik yeşil yem ilavesinin yumurta sarısındaki karotenoid ve A vitamini içeriğini de önemli ölçüde yükselttiği bulunmuştur.

Haddad ve arkadaşları (2021), yaptıkları çalışmada, kümes hayvanlarında hidroponik arpa yemi kullanımının, yumurta üretim maliyetini geleneksel konsantre yemle karşılaştırıldığında %62-64 oranında düşürdüğünü bulmuşlardır.

Al-Kanaan (2022), çalışmasında, hidroponik arpa yemi (HBF) takviyesinin etlik piliçlerin üretken özellikleri ve ekonomik değer üzerindeki etkilerini incelemiştir. %10 HBF takviyesi, canlı ağırlığı, vücut ağırlığı artışını, yem alımı ve yem dönüşüm oranlarını iyileştirmiş, bağırsak morfolojisi ve bakteriyolojik analizlerde olumlu değişiklikler görülmüştür. Ekonomik açıdan, HBF takviyesi üretim endeksi ve maliyetlerde iyileşme sağlamıştır. Bu bulgular, %10 HBF takviyesinin üretim performansını artırarak maliyetleri %9 oranında azaltabileceğini ortaya koymuştur.

Baye ve ark. (2024), yaptıkları çalışmada, hidroponik arpa yemi takviyesinin Cobb 500 piliçlerinin büyüme performansını ve karkas verimini

artırdığı, en yüksek verimin %10,5 hidroponik arpa yemi ile elde edildiği ve ekonomik açıdan faydalı bir alternatif olabileceği bulunmuştur.

KAYNAKÇA

- Abouelezz, K. F. M., Sayed, M. A. M. & Abdelnabi, M. A. (2019). Evaluation of hydroponic barley sprouts as a feed supplement for laying Japanese quail: Effects on egg production, egg quality, fertility, blood constituents, and internal organs. *Animal Feed Science and Technology*, 252, 126-135.
- Agius, A., Pastorelli, G., & Attard, E. (2019). Cows fed hydroponic fodder and conventional diet: effects on milk quality. *Archives Animal Breeding*, 62(2), 517-525.
- Al Ajmi, A., Salih, A.A, Kadim, I., & Othman, Y. (2009). Yield and water use efficiency of barley fodder produced under hydroponic system in GCC countries using tertiary treated sewage effluents. *Journal of phytology*. 1(5) 342-348.
- Alçıçek, A., Kılıç, A., Ayhan, V., & Özdoğan, M. (2003). Türkiye’de kaba yem üretimi ve sorunları. *Ziraat Mühendisleri Odası*. http://www.zmo.org.tr/resimler/ek-ler/819fb9034f79627_ek.pdf
- Alçıçek, A., Kılıç, A., Ayhan, V., & Özdoğan, M. (2003). Türkiye’de kaba yem üretimi ve sorunları. *Ziraat Mühendisleri Odası*. http://www.zmo.org.tr/resimler/ekler/819fb9034f79627_ek.pdf
- Al-Kanaan, A. J. J. (2022). Effects of adding different levels of hydroponic barley fodder on the productive performance and economic value of broiler chickens. *Archives of Razi Institute*, 77(5), 1853–1864.
- Al-Karaki, G. N. (2011). The use of treated wastewater for green fodder production in a hydroponic system. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 23(1), 80-94.
- Al-Karaki, G. N., & Al-Hashimi, M. (2012). Green fodder production and water use efficiency of some forage crops under hydroponic conditions. *ISRN Agronomy*, 2012, Article ID 924672, 1–5. <https://doi.org/10.5402/2012/924672>
- Altın, M., Gökkuş, A., Koç, A. (2011). Çayır Mera Yönetimi – Genel İlkeler. TKB, TÜGEM, Çayır-Mera Yem Bitkileri ve Havza Geliştirme Daire Başkanlığı, Ankara, 376s.
- Atturi, K. M., Chakravarthy, K., & Guduru, D. (2020). Effect of hydroponic maize fodder supplementation on production performance in broilers. *Indian Society Forage Research*, 46(1), 98-100

- Ayan, İ., Aşçı, Ö.Ö., Başaran, U., & Mut, H. (2006). Bazı Yem Şalgamı (*Brassica rapa L.*) çeşitlerinin verim özellikleri. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(3), 310-313.
- Ayasa, A. S., & Makkar, H. (2015). Alternative fodder production for vulnerable herders in the West Bank: Increasing profitability of livestock production to strengthen resilience to drought and market volatility within protracted crises. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Baye, W., Moges, F., & Andualem, D. (2024). Effect of hydroponic barley fodder on growth performance, carcass yield and carcass quality of Cobb 500 broilers. *Heliyon*, 10(13), e33909.
- Böbrek, A. (2022). Hidroponik yöntem kullanılarak kaba yem üretiminde sıcaklık ve nem takibi için nesnelerin interneti kullanımı. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 6(1), 72-81
- Cuddeford, D. (1989). Hydroponic grass. *In Practice*, 11(5), 211-214.
- Dastar, B., Moghaddam, A. S., Shargh, M. S., & Hassani, S. (2014). Effect of different levels of germinated barley on live performance and carcass traits in broiler chickens.
- Demir, R. (2021). Topraksız Tarım Yolu ile Kaba Yem Üretimi ve Değerlendirilmesi (Yüksek Lisans Tezi). Geliş tarihi gönderen <http://acikerisim.harran.edu.tr:8080/xmlui/handle/11513/3183>
- Dung, D. D., Godwin, I. R., & Nolan, J. V. (2010). Nutrient content and in sacco digestibility of barley grain and sprouted barley. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9(19), 2485–2492.
- Elmulthum, N. A., Zeineldin, F. I., Al-Khateeb, S. A., Al-Barrak, K. M., Mohammed, T. A., Sattar, M. N., & Mohmand, A. S. (2023). Water use efficiency and economic evaluation of the hydroponic versus conventional cultivation systems for green fodder production in Saudi Arabia. *Sustainability*, 15(1), 822. <https://doi.org/10.3390/su15010822>
- Garipoğlu, A. V. (2013). Süt sığırlarının beslenmesinde alternatif kaba yem kaynakları. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü*. http://www.amasyadyeb.org/docs/Semp_sut_sigir_Beslenme.pdf.
- Green, R. E., Cornell, S. J., Scharlemann, J. P., & Balmford, A. (2005). Farming and the fate of wild nature. *Science*, 307(5709), 550–555. <https://doi.org/10.1126/science.1106049>

- Grigas, A., Kemzūraitė, A., Steponavičius, D., Steponavičienė, A., & Domeika, R. (2020). Impact of slope of growing trays on productivity of wheat green fodder by a nutrient film technique system. *Water*, 12(11), 3009.
- Güler, A. (2019). Topraksız tarım ile üretilen kaba yemlerin besin madde değerleri üzerine bir araştırma / A research on the nutrient values of roughage produced by the hydroponic farming (Thesis). Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Geliş tarihi gönderen <http://acikerisim.harran.edu.tr:8080/xmlui/handle/11513/2532>
- Hassan, M. M. (2020). Improving utilization of barley grains as a source of energy in ducks diets under South Sinai conditions. *Egyptian Poultry Science Journal*, 40(1), 133–151.
- Jemimah, R., Gnanaraj, P. T., Muthuramalingam, T., Devi, T., Babu, M., & Sundharesan, A. (2015). Hydroponic green fodder production-TANUVAS experience. Tamil Nadu Veterinary and Animal Sciences University, Chennai, India.
- Kalaeva, E., Kalaev, V., Efimova, K., Chernitskiy, A., & Safonov, V. (2019). Protein metabolic changes and nucleolus organizer regions activity in the lymphocytes of neonatal calves during the development of respiratory diseases. *Veterinary world*, 12(10), 1657.
- Kara, N., & Yüksel, O. (2014). Karabuğdayı hayvan yemi olarak kullanabilir miyiz? *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(3), 295-300.
- Khaziev, D., Gadiev, R., Yusupova, C., Kazanina, M., & Kopylova, S. (2021). Effect of hydroponic green herbage on the productive qualities of parent flock geese. *Veterinary World*, 14(4), 841. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.841-845>.
- Kidulani, V. I., Mbaga, S. H., & Aboud, A. A. O. (2019). Effect of sprouting on performances of improved Sasso chickens fed with sorghum hydroponic fodder. *Effect of Sprouting on Chemical Composition and Performances of Improved Chickens Fed with Hydroponic Sorghum Fodder (HSF)*, 20-35.
- Lemus, R. (2009). Utilization of annual ryegrass. *Forage News*. Coop. Ext. Service, Mississippi State University. <http://msucares.com/crops/forages/newsletters/09/1.pdf>
- Micera, E., Ragni, M., Minuti, F., Rubino, G., Marsico, G., & Zarrilli, A. (2009). Improvement of sheep welfare and milk production fed on diet

- containing hydroponically germinating seeds. *Italian Journal of Animal Science*, 8(2), 634–636. <https://doi.org/10.4081/ijas.2009.634>
- Mohammed, A. B., Mohammed, S. A., Ayanlere, A. F., & Afolabi, O. K. (2013). Evaluation of poultry egg marketing in Kuje area council municipality of FCT Abuja, Nigeria. *Green Journal of Agricultural Science*, 3(1), 068-072.
- Mooney, J. (2005). Growing cattle feed hydroponically. *Meat and livestock Australia*, 30.
- Naik, P. K., Swain, B. K., & Singh, N. P. (2015). Hydroponics: Its feasibility as an alternative to cultivated forages. In *Proceedings of the 9th Biennial Animal Nutrition Association Conference on 'Eco-responsive Feeding and Nutrition: Linking Livestock and Livelihood* (pp. 22-24).
- Özkul, H., Kırkpınar, F., & Kağan, T. (2012). Ruminant beslemede karamba (*Lolium multiflorum* cv. Caramba) otunun kullanımı. *Hayvansal Üretim*, 53(1), 21-26.
- Saha, S., Monroe, A., & Day, M. R. (2016). Growth, yield, plant quality and nutrition of basil (*Ocimum basilicum* L.) under soilless agricultural systems. *Annals of Agricultural Science*, 61(2), 181-186.
- Sathyanarayana, S. R., Gangadhar, W. V., Badrinath, M. G., Ravindra, R. M., & Shriramrao, A. U. (2022). Hydroponics: An intensified agriculture practice to improve food production. *Reviews in Agricultural Science*, 10, 101-114.
- Sharif M, Hussain A, Subhani M. (2013). Use of sprouted grains in the diets of poultry and ruminants *Indian Journal of Research*.2(10):4-7
- Singh, DN, Bohra, JS, Tyagi, V., Singh, T., Banjara, TR, & Gupta, G. (2022). Hindistan'ın yem üretim durumu ve fırsatlarının bir incelemesi. *Grass and Forage Science*, 77(1), 1-10.
- Sneath, R. ve McIntosh, F. (2003). Besi Sığırları için Hidroponik Yem Üretiminin İncelenmesi. [http://www.qcl.farmonline.com.au/file/s/48/20/01/000012048/Hydroponicfod der.pdf](http://www.qcl.farmonline.com.au/file/s/48/20/01/000012048/Hydroponicfod%20der.pdf), (Erişim tarihi 1 Haziran 2013).
- Talalay, G. S., Matserushka, A. R., Kolesnikov, R. O., Gvozdaryov, D. A., & Matserushka, V. V. (2020). Influence of Feeding with Hydroponic Green Fodder from Barley on Meat Quality of Chicken-Broilers. *Modern S&T Equipments and Problems in Agriculture*, 225-234.

- Tudor, G., Darcy, T., Smith, P., & Shallcross, F. (2003). The intake and live weight change of drought master steers fed hydroponically grown, young sprouted barley fodder (Auto Grass). Department of Agriculture Western Australia, 8.
- Vorobyov, V., Vorobyov, D., Polkovnichenko, P., & Safonov, V. (2019). Evaluation of hematological and metabolic parameters in small ruminants with trace elements deficiency under different biogeochemical conditions. *World's Veterinary Journal*, (4), 311-316.
- Yurtseven, S., Güler, A., Sakar, E. (2020). Hidroponik ortamların arpanın (*hordeum vulgare* l.) yem ve silaj kalitesine etkileri. *Uygulamalı Ekoloji ve Çevre Araştırmaları*, 18(1), 1601-1610

BÖLÜM 2

NARENCİYE KÜSPESİNİN HAYVAN BESLEMEDE KULLANIM POTANSİYELİ

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet İLKAYA¹
Öğr. Gör. Zeynep ASUTAY²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.15002776>

¹ Arıcılık Araştırma, Geliştirme Uygulama Ve Araştırma Merkezi / Zootekni Ve Hayvan Besleme, Bingöl Üniversitesi, Türkiye. Orcid: 0000-0002- 1797-144X, milkaya@bingol.edu.tr

² Bitlis Üniversitesi, Hizan Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Arıcılık Programı Bitlis, Orcid: 0000-0002-5854-1040, zasutay@beu.edu.tr

Narenciye kütspesi, turunçgil işleme endüstrisinin önemli yan ürünlerinden biridir ve özellikle büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan beslemede değerlendirilebilecek yüksek besin içeriğine sahip bir bileşendir (Bampidis & Robinson, 2006). Bu yan ürün, taze, kurutulmuş veya silaj formunda rasyonlara dâhil edilerek alternatif bir enerji ve lif kaynağı olarak kullanılabilir (Legua et al., 2011). Son yıllarda hayvan besleme alanında sürdürülebilirlik kavramının önem kazanmasıyla birlikte, gıda sanayi atıklarının değerlendirilmesi konusundaki araştırmalar artmış ve narenciye kütspesi, ekonomik ve besleyici değeriyle dikkat çeken bileşenlerden biri hâline gelmiştir (Van Soest, 1994).

Narenciye kütspesi, sindirilebilir karbonhidratlar ve çözünür lifler açısından zengin olup, özellikle yüksek enerji içeriğiyle hayvan beslenmesinde değerli bir yem katkısı olarak görülmektedir (Arthington et al., 2002). Ayrıca pektin, flavonoidler ve antioksidan bileşikler bakımından zengin olması, hayvan sağlığına olumlu etkiler sağlayabileceğini göstermektedir (Akintunde et al., 2023). Bununla birlikte, içerdiği yüksek nem oranı ve bazı anti-besinsel faktörler nedeniyle doğrudan kullanım yerine belirli işleme teknikleriyle rasyonlara dâhil edilmesi önerilmektedir (Bampidis & Robinson, 2006).

Narenciye kütspesi, turunçgil işleme endüstrisinin en önemli yan ürünlerinden biri olup, özellikle hayvan besleme alanında değerlendirilebilecek yüksek besin içeriğine sahip bir bileşendir (Bampidis & Robinson, 2006). Gıda sanayisinin artan üretimiyle birlikte bu tür yan ürünlerin hayvansal üretimde kullanımı, sürdürülebilir besleme stratejileri açısından büyük bir önem kazanmıştır (Legua et al., 2011). Narenciye kütspesi, turunçgil işleme sürecinde meyve suyunun çıkarılmasının ardından geriye kalan posa, kabuk ve çekirdeklerden oluşur. Bu atık, taze, kurutulmuş veya silaj formunda hayvan beslenmesinde alternatif bir enerji ve lif kaynağı olarak değerlendirilmektedir (Van Soest, 1994).

Son yıllarda hayvan besleme alanında yem maliyetlerini düşürmek ve sürdürülebilir üretim sağlamak amacıyla endüstriyel atıkların değerlendirilmesine yönelik çalışmalar artmıştır (Arthington et al., 2002). Narenciye kütspesi de bu bağlamda, özellikle yüksek enerji içeriği ve sindirilebilir lif açısından dikkat çeken yem bileşenlerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Ancak narenciye kütspesinin içerdiği anti-besinsel faktörler ve yüksek nem oranı gibi bazı sınırlamaları bulunmaktadır (Bampidis

& Robinson, 2006). Bu nedenle, uygun işleme yöntemleri ile kullanımı optimize edilerek hayvan besleme alanında daha verimli bir şekilde değerlendirilmesi mümkün olabilir (Legua et al., 2011).

Hayvancılık sektöründe yem maliyetleri, üretim giderlerinin en büyük kısmını oluşturmaktadır ve bu durum, alternatif yem kaynaklarının kullanımını giderek daha önemli hâle getirmektedir (Arthington et al., 2002). Özellikle sanayi yan ürünlerinin değerlendirilmesi, hem ekonomik kazanç sağlamakta hem de çevresel sürdürülebilirliği desteklemektedir (Bampidis & Robinson, 2006). Narenciye küspesi, bu bağlamda, içerdiği yüksek sindirilebilir lif, enerji sağlayan karbonhidratlar ve bazı biyoaktif bileşikler sayesinde hayvan beslenmesinde dikkate değer bir alternatif olarak öne çıkmaktadır (Ruud et al., 2001).

Geleneksel yem kaynaklarına olan bağımlılığı azaltma açısından narenciye küspesinin yem rasyonlarına eklenmesi, büyükbaş ve küçükbaş hayvan beslenmesinde önemli avantajlar sağlayabilir (Molina-Alcaide & Yáñez-Ruiz, 2008). Ayrıca, bu bileşenin antioksidan özellikler taşıması, hayvanların bağışıklık sistemini güçlendirmesi açısından ilgi çekici bulunmuştur (Tripoli et al., 2007). Özellikle süt sığırlarında yapılan çalışmalar, narenciye küspesinin süt verimi üzerinde olumlu etkiler sağlayabileceğini ve ruminal fermentasyonu destekleyerek yem etkinliğini artırabileceğini göstermektedir (Ferrari, 2017).

Narenciye küspesinin besleme açısından sunduğu fırsatlara rağmen, bazı kısıtlamalar da mevcuttur. Örneğin, yüksek su içeriği nedeniyle uzun süreli depolama sırasında hızla bozulabilmekte ve mikrobiyal kontaminasyon riski taşımaktadır (Legua et al., 2011). Bu durum, narenciye küspesinin kullanımını optimize edebilmek için çeşitli işleme yöntemlerinin uygulanmasını zorunlu kılmaktadır. Silajlama ve kurutma gibi yöntemler, bu yan ürünün daha uzun süre güvenli bir şekilde saklanması ve hayvan rasyonlarında daha yaygın olarak kullanılmasını mümkün kılmaktadır (Bakr, 2020).

Ayrıca, turuncu kabuklarında bulunan bazı esansiyel yağlar ve flavonoidler, yüksek dozlarda tüketildiğinde hayvanlarda iştah kaybı veya sindirim problemlerine yol açabilir (Habeeb, 2023). Bu nedenle, yem formülasyonları oluşturulurken narenciye küspesinin belirli oranlarda kullanılması gerekmektedir. Uygun oranlar belirlenirken hayvan türü,

beslenme gereksinimleri ve rasyonun genel bileşimi dikkate alınmalıdır (Bampidis & Robinson, 2006).

Dünya genelinde hayvancılık sektörü, artan nüfusun gıda talebini karşılamak amacıyla sürekli olarak gelişmekte ve bu süreçte yem kaynaklarının etkin kullanımı büyük önem arz etmektedir (FAO, 2021). Yem maliyetleri, toplam üretim giderlerinin %60-70'ini oluşturarak hayvancılık faaliyetlerinde en büyük ekonomik yüklerden biri hâline gelmiştir (Bampidis & Robinson, 2006). Bu nedenle, tarımsal ve gıda sanayi yan ürünlerinin yem olarak değerlendirilmesi, hem üretim maliyetlerini düşürme hem de çevresel sürdürülebilirliği sağlama açısından kritik bir strateji olarak öne çıkmaktadır (Molina-Alcaide & Yáñez-Ruiz, 2008).

Narenciye küspesi, başlıca turunçgil meyvelerinin (portakal, mandalina, limon ve greylif) işlenmesi sonucu elde edilen bir yan ürün olup, lif bakımından zengin bir içerik sunmaktadır (Ruud et al., 2001). Meyve suyu ve esansiyel yağ üretimi sonrasında ortaya çıkan bu atık, özellikle büyük ölçekli tarımsal üretim yapan ülkelerde önemli miktarda birikebilmekte ve doğru değerlendirilemediğinde ciddi çevresel sorunlara yol açabilmektedir (Legua et al., 2011). Bununla birlikte, narenciye küspesi hayvan beslenmesinde kullanıldığında hem ekonomik avantajlar sağlamakta hem de sürdürülebilir atık yönetimine katkıda bulunmaktadır (Ferrari, 2017).

Besinsel açıdan değerlendirildiğinde, narenciye küspesi enerji bakımından zengin olup, içeriğindeki pektin gibi çözünür lifler sayesinde sindirilebilirliği yüksektir (Arthington et al., 2002). Aynı zamanda, turunçgil meyvelerinden gelen flavonoidler ve fenolik bileşikler sayesinde antioksidan özellikler göstermekte ve hayvan sağlığını olumlu yönde etkileyebilmektedir (Tripoli et al., 2007). Ancak, anti-besinsel faktörler içermesi ve yüksek nem oranı nedeniyle kolayca bozulabilmesi, kullanımını sınırlayan başlıca dezavantajlar arasında yer almaktadır (Habeeb, 2023).

Son yıllarda yapılan araştırmalar, narenciye küspesinin ruminant hayvan beslenmesinde mısır ve diğer enerji kaynaklarına alternatif olarak kullanılabileceğini ortaya koymuştur (Ruud et al., 2001). Özellikle süt sığırlarında ruminal fermentasyonu desteklediği, yem etkinliğini artırdığı ve süt verimi üzerinde olumlu etkiler yarattığı bildirilmiştir (Ferrari, 2017). Aynı şekilde, besi sığırlarında da büyüme performansına katkı sağlayabileceği ve yemden yararlanma oranını artırabileceği gösterilmiştir (Bampidis &

Robinson, 2006). Küçükbaş hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalar ise, sindirim sağlığını iyileştirdiği ve antioksidan etkileri sayesinde bağışıklık sistemini desteklediğini öne sürmektedir (Molina-Alcaide & Yáñez-Ruiz, 2008).

Öte yandan, narenciye küspesinin kanatlı hayvan beslenmesindeki kullanımını tartışmalıdır. Çünkü yüksek lif içeriği, kanatlıların sindirim sisteminde istenmeyen etkilere neden olabilir ve yemden yararlanma oranını düşürebilir (Habeb, 2023). Ancak, belirli oranlarda kullanıldığında yumurta kalitesini artırabileceği ve antimikrobiyal etkileri sayesinde bağırsak sağlığını destekleyebileceği bildirilmiştir (Legua et al., 2011).

Narenciye Küspesinin Besin Değeri ve Kimyasal Bileşimi

Narenciye küspesi, turunçgillerin (portakal, mandalina, limon, greyfurt) suyu çıkarıldıktan sonra geriye kalan posa, kabuk ve çekirdek karışımından oluşur. Bu bileşimin besin içeriği, kullanılan narenciye türüne, işleme yöntemine ve depolama koşullarına bağlı olarak değişiklik gösterebilir (Bampidis & Robinson, 2006). Genel olarak narenciye küspesi, yüksek oranda sindirilebilir lif (pektin), enerji sağlayan karbonhidratlar ve çeşitli mineral bileşenler içerir.

1. Enerji ve Karbonhidrat İçeriği: Narenciye küspesi, nişasta açısından düşük olmasına rağmen, yüksek düzeyde çözünür lif (pektin) ve fermente olabilen karbonhidratlar içerdiğinden hayvan rasyonlarında enerji kaynağı olarak değerlendirilebilir (Arthington et al., 2002). Fermente edilebilir lif içeriği, özellikle geviş getiren hayvanlar için faydalıdır çünkü rumende kısa zincirli yağ asitlerine dönüşerek hayvanın enerji ihtiyacına katkı sağlar (Ruud et al., 2001).

2. Protein ve Yağ İçeriği: Narenciye küspesi genellikle düşük ham protein (yaklaşık %6-9) ve yağ içeriğine sahiptir. Bu nedenle, rasyonlara protein açısından zengin bir kaynak ile desteklenmesi önerilir (Legua et al., 2011). Ancak içerdiği esansiyel yağ asitleri ve fitokimyasallar, hayvan sağlığı üzerinde olumlu etkiler sağlayabilir (Akintunde et al., 2023).

3. Mineraller ve Vitaminler: Narenciye küspesi kalsiyum, potasyum ve magnezyum gibi önemli mineraller açısından zengin olup, özellikle süt sığırlarında mineral dengesini destekleyici bir katkı olarak değerlendirilebilir

(Bakr, 2020). Aynı zamanda doğal antioksidanlar ve flavonoidler içermesi, bağıışıklık sistemini güçlendiren etkiler yaratabilir (Tripoli et al., 2007).

Hayvan Beslemede Kullanım Alanları

1. Süt Sığırlarında Kullanımı: Süt sığırları için narenciye küspesi, nişasta bazlı enerji kaynaklarının yerine ikame edilebilecek bir yem bileşeni olarak öne çıkmaktadır. Pektin içeriğı nedeniyle ruminal fermantasyonu destekleyerek süt verimi ve yağ oranı üzerinde olumlu etkiler sağlayabilir (Arthington et al., 2002). Ayrıca, silaj formunda kullanımı, yem stabilitesini artırarak besin kayıplarını en aza indirebilir (Ferrari, 2017).

2. Besi Sığırlarında Kullanımı: Besi sığırlarında narenciye küspesi, mısır veya arpa gibi geleneksel tahılların kısmen yerine kullanılarak yem maliyetlerini azaltmada etkili olabilir (Bampidis & Robinson, 2006). Sindirilebilir lif içeriğı sayesinde rumende stabil bir pH seviyesi sağlayarak asidoz riskini düşürebilir (Ruud et al., 2001).

3. Küçükbaş Hayvanlarda Kullanımı: Koyun ve keçi beslenmesinde narenciye küspesi, özellikle kuru dönemlerde ek bir enerji kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Yapılan araştırmalar, koyun rasyonlarında belirli oranlarda narenciye küspesi kullanımının yapağı kalitesini ve süt verimini olumlu yönde etkileyebileceğini göstermektedir (Molina-Alcaide & Yáñez-Ruiz, 2008).

4. Kanatlı Hayvan Beslenmesinde Kullanımı: Kanatlı hayvanlarda narenciye küspesinin kullanımı, sınırlı olmakla birlikte, kısmen mısır yerine enerji kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Ancak yüksek lif içeriğı nedeniyle sindirimi zor olabileceğinden belirli işlemlerden geçirilmesi gerekmektedir (Habeeb, 2023).

Kullanım Sınırlamaları ve İşleme Yöntemleri

Narenciye küspesinin hayvan beslemede kullanımını sınırlayan bazı faktörler bulunmaktadır:

- **Yüksek Nem İçeriğı:** Taze narenciye küspesi, yüksek nem içeriğine (%75-85) sahip olduğı için hızlı bozulma riski taşır ve uzun süreli depolama için silaj veya kurutma işlemi gerektirir (Legua et al., 2011).

- **Anti-besinsel Faktörler:** Bazı turunçgil türlerinde bulunan limonen gibi bileşenler, hayvanların sindirim sistemi üzerinde olumsuz etkiler yaratabilir (Bampidis & Robinson, 2006). Bu nedenle, uygun fermantasyon ve kurutma teknikleriyle bu bileşenlerin olumsuz etkileri azaltılmalıdır.
- **Protein Eksikliği:** Narenciye küspesi düşük ham protein içeriğine sahip olduğundan, protein açısından zengin yem kaynakları ile desteklenmesi gerekmektedir (Arthington et al., 2002).

Silaj yapımı, narenciye küspesinin besin değerini koruyarak bozulmasını engelleyen en yaygın yöntemlerden biridir. Silajlama sürecinde melas veya diğer karbonhidrat kaynakları eklenerek fermentasyon süreci iyileştirilebilir (Ferrari, 2017). Ayrıca kurutma işlemi, narenciye küspesinin uzun süre saklanmasını mümkün kılarak yem endüstrisinde kullanımını artırabilir (Bakr, 2020).

Narenciye Küspesinin Küresel Yem Endüstrisindeki Yeri

Narenciye küspesi, özellikle turunçgil üretiminin yaygın olduğu bölgelerde, hayvan besleme açısından değerli bir yan ürün olarak kullanılmaktadır. Brezilya, ABD, İspanya ve Türkiye gibi ülkeler, narenciye üretiminde önde gelen ülkeler arasında yer almakta ve bu ülkelerde büyük miktarda narenciye küspesi açığa çıkmaktadır (Legua et al., 2011). Geleneksel yem hammaddelerine kıyasla daha düşük maliyetli olması ve doğal enerji kaynağı sağlaması nedeniyle, hayvancılık işletmeleri tarafından yem rasyonlarında gittikçe daha fazla tercih edilmektedir (Bampidis & Robinson, 2006).

Özellikle büyük narenciye üreticisi ülkelerde, narenciye küspesinin işlenerek hayvan yemi olarak kullanımı yaygın bir uygulama hâline gelmiştir. Brezilya'da, narenciye küspesi çoğunlukla kurutulmuş formda büyükbaş hayvan yemi olarak kullanılırken, Avrupa'da ise çoğunlukla silaj şeklinde değerlendirilmektedir (Arthington et al., 2002). Türkiye'de ise genellikle taze veya kısmen kurutulmuş olarak büyükbaş ve küçükbaş hayvan yemlerine eklenmektedir (Bakr, 2020).

1. Narenciye Küspesinin Ekonomik Avantajları: Narenciye küspesi, özellikle hayvancılık işletmeleri için yem maliyetlerini düşürme potansiyeline sahiptir. Tahıl bazlı yem hammaddelerinin fiyatlarının artması,

alternatif yem kaynaklarına yönelimi artırmış, bu da narenciye küspesinin kullanımını yaygınlaştırmıştır (Ferrari, 2017).

2. Çevresel Sürdürülebilirlik ve Atık Yönetimi: Narenciye işleme sanayisinde büyük miktarda organik atık oluşmakta olup, bu atıkların değerlendirilmemesi çevresel açıdan ciddi sorunlara yol açabilmektedir (Ruud et al., 2001). Narenciye küspesinin hayvan besleme sektöründe kullanımı, hem bu atıkların geri kazanımını sağlamakta hem de yem üretiminde sürdürülebilir bir kaynak oluşturmaktadır (Tripoli et al., 2007).

Narenciye Küspesinin Hayvan Beslenmesindeki Biyolojik ve Fizyolojik Etkileri

Narenciye küspesi, hayvan beslenmesinde enerji kaynağı olarak kullanılırken aynı zamanda sindirim sistemi sağlığı, bağışıklık fonksiyonları ve yem verimliliği üzerinde de olumlu etkiler gösterebilmektedir (Bampidis & Robinson, 2006). Bu etkiler, küspenin içerdiği besin maddeleri, çözünür lifler, biyoaktif bileşenler ve fermente olabilen karbonhidratlardan kaynaklanmaktadır (Molina-Alcaide & Yáñez-Ruiz, 2008).

1. Sindirim Sistemi Üzerine Etkileri

Narenciye küspesi, yüksek lif içeriği sayesinde hayvanların sindirim sisteminde olumlu değişiklikler yaratabilmektedir. Özellikle geviş getiren hayvanlarda, pektin içeriği ruminal fermantasyonu destekleyerek enerji üretimini artırır (Ruud et al., 2001). Pektin, nişastadan farklı olarak rumende daha kontrollü bir şekilde fermente olmakta ve asidoz riskini azaltarak sağlıklı bir ruminal mikrobiyota oluşumuna katkıda bulunmaktadır (Arthington et al., 2002).

Küçükbaş hayvanlarda yapılan araştırmalara göre, narenciye küspesi içeren diyetler sindirim etkinliğini artırabilir ve bağırsak sağlığını olumlu yönde etkileyebilir (Legua et al., 2011). Bunun nedeni, turuncgil türlerinde bulunan flavonoidler ve fenolik bileşenlerin bağırsaktaki faydalı mikroorganizmaları desteklemesi ve zararlı patojenlerin çoğalmasını engellemesidir (Tripoli et al., 2007).

Bununla birlikte, kanatlı hayvanlarda narenciye küspesinin yüksek lif içeriği nedeniyle sindirim sisteminde olumsuz etkiler yaratabileceği ve büyüme performansını düşürebileceği bildirilmektedir (Habeeb, 2023). Bu nedenle,

kanatlı rasyonlarında belirli oranlarda kullanılması ve sindirilebilirliğin artırılması için enzim ilaveleri ile desteklenmesi önerilmektedir (Akintunde et al., 2023).

2. Bağışıklık Sistemi ve Antioksidan Etkiler

Narenciye küspesi, turunçgil kabuklarında bulunan flavonoidler, karotenoidler ve C vitamini gibi biyoaktif bileşenler sayesinde hayvanların bağışıklık sistemini destekleyici etkilere sahip olabilir (Bampidis & Robinson, 2006). Özellikle hesperidin, naringin ve limonen gibi bileşenler, antioksidan ve antimikrobiyal özellikler göstererek hastalıklara karşı koruyucu bir etki sağlayabilir (Tripoli et al., 2007).

Süt inekleri üzerinde yapılan bir çalışmada, yem rasyonlarına narenciye küspesi eklenen hayvanların oksidatif stres seviyelerinin düştüğü ve bağışıklık yanıtlarının güçlendiği gözlemlenmiştir (Ferrari, 2017). Aynı şekilde, koyunlarda yapılan deneylerde narenciye küspesi içeren rasyonların **anti-enflamatuar etkilere** sahip olduğu ve bağırsak mikroflorasını iyileştirdiği bildirilmiştir (Molina-Alcaide & Yáñez-Ruiz, 2008).

3. Yem Verimliliği ve Performans Üzerine Etkileri

Narenciye küspesinin hayvan besleme rasyonlarına dahil edilmesi, yem dönüşüm oranı ve besin kullanım etkinliği açısından farklı sonuçlar ortaya koymaktadır. **Besi sığırlarında**, yüksek enerji içeriği sayesinde yemden yararlanma oranını artırabilir ve et kalitesine olumlu katkılar sağlayabilir (Ruud et al., 2001).

Süt sığırları üzerinde yapılan araştırmalarda, narenciye küspesi içeren diyetlerin süt verimi üzerinde olumlu etkiler yaratabileceği belirlenmiştir (Ferrari, 2017). Ancak, süt bileşimi üzerinde bazı değişiklikler görülebilmekte ve yüksek miktarda kullanımında süt yağ oranında azalma meydana gelebilmektedir. Bu nedenle, rasyona dengeli bir şekilde eklenmesi önerilmektedir (Arthington et al., 2002).

Kanatlı hayvanlar açısından bakıldığında, broiler tavuklarında yapılan araştırmalarda narenciye küspesi içeren yemlerin büyüme performansını sınırlayabileceği, ancak belirli enzim ilaveleri ile bu olumsuz etkinin azaltılabileceği rapor edilmiştir (Habeeb, 2023). Yumurtacı tavuklarda ise

narenciye küspesi içeren rasyonların yumurta kalitesine olumlu etkiler sağlayabileceği belirlenmiştir (Legua et al., 2011).

Narenciye Küspesinin İşleme Yöntemleri ve Depolama Koşulları

Narenciye küspesinin hayvan beslenmesinde etkili bir şekilde kullanılabilmesi için uygun işleme yöntemleri ve depolama teknikleri büyük önem taşımaktadır. Yüksek nem içeriği ve anti-besinsel faktörler, küspenin doğrudan kullanımını sınırlayan temel faktörlerdir (Bampidis & Robinson, 2006).

1. Kurutma ve Peletleme

Kurutma işlemi, narenciye küspesinin raf ömrünü uzatmak ve mikrobiyal bozulmayı önlemek için en yaygın kullanılan yöntemlerden biridir (Legua et al., 2011). Kurutulmuş narenciye küspesi, yem rasyonlarına doğrudan eklenebilir veya peletlenerek depolama ve taşıma kolaylığı sağlanabilir.

2. Silajlama

Narenciye küspesi, özellikle yüksek nem içeriği nedeniyle silaj formunda saklanarak uzun süreli depolama için uygun hâle getirilebilir (Bakr, 2020). Silajlama sırasında laktik asit bakterileri kullanılarak fermentasyon süreci kontrol edilebilir ve küspenin besin değerini koruması sağlanabilir.

3. Anti-Besinsel Faktörlerin Azaltılması

Narenciye küspesinin içerisinde bulunan limonen ve diğer uçucu yağlar, yüksek miktarda tüketildiğinde iştah kaybına ve sindirim sorunlarına yol açabilmektedir (Bampidis & Robinson, 2006). Bu nedenle, narenciye küspesinin ön işleme tabi tutulması ve rasyon içinde dikkatli oranlarda kullanılması gerekmektedir.

Narenciye Küspesinin Hayvan Beslemede Kullanımı: Rasyon Formülasyonları, Kullanım Oranları ve Güncel Araştırmalar

Narenciye küspesi, içerdiği yüksek enerji ve lif oranı sayesinde hayvan beslenmesinde önemli bir alternatif yem kaynağıdır. Ancak, farklı hayvan türleri için kullanım oranlarının dikkatle belirlenmesi ve rasyon formülasyonlarının besin gereksinimlerine uygun şekilde düzenlenmesi gerekmektedir. Bu bölümde, büyükbaş, küçükbaş, kanatlılar ve domuzlar için

önerilen narenciye küspesi kullanım oranları, rasyon formülasyonları ve güncel araştırmalara dayalı besleme stratejileri ele alınacaktır.

1. Büyükbaş Hayvanlarda Narenciye Küspesi Kullanımı

Büyükbaş hayvanlar (süt sığırları ve besi sığırları), narenciye küspesini en iyi değerlendirebilen hayvan gruplarından. Bunun nedeni, geviş getiren hayvanların sindirim sistemlerinin yüksek lif içeriğini fermente edebilme kapasitesine sahip olmasıdır (Ruud et al., 2001).

1.1. Süt Sığırlarında Kullanımı

Narenciye küspesi, süt sığırlarında mısır ve diğer karbonhidrat kaynaklarının yerine kısmen kullanılabilir. Araştırmalara göre, rasyona %15-30 oranında dahil edildiğinde süt verimi üzerinde olumlu etkiler gösterebilir (Ferrari, 2017).

Önerilen Rasyon Formülasyonu (Süt Sığırları)

Bileşen	Oran (%)
Mısır Silajı	35
Yonca Kuru Otu	20
Narenciye Küspesi (Kurutulmuş)	20
Soya Küspesi	12
Mısır Unu	8
Mineral ve Vitamin Premiksi	5

Etkileri:

Süt verimini korur veya artırır.

Sindirilebilirliği yüksektir.

Asidoz riskini azaltır.

Dikkat Edilmesi Gerekenler:

%30'un üzerindeki oranlarda süt yağı içeriğini düşürebilir.

Fazla kullanımı kalsiyum-fosfor dengesini bozabilir.

1.2. Besi Sığırlarında Kullanımı

Besi sığırlarında, narenciye küspesi enerji kaynağı olarak kullanılabilir. Özellikle mısırın kısmen yerine geçebilecek bir yem hammaddesi olarak değerlendirilmiştir (Bampidis & Robinson, 2006).

Önerilen Rasyon Formülasyonu (Besi Sığırları)

Bileşen	Oran (%)
Mısır Silajı	40
Kuru Yonca	15
Narenciye Küspesi	25
Soya Küspesi	10
Mısır	5
Mineral ve Vitamin Premiksi	5

Etkileri:

Et kalitesini iyileştirir.

Yemden yararlanma oranını artırır.

Maliyetleri düşürür.

Dikkat Edilmesi Gerekenler:

Limonen içeriği fazla olduğunda iştah kaybına neden olabilir.

%30'un üzerindeki oranlarda kullanıldığında büyüme hızını düşürebilir.

2. Küçükbaş Hayvanlarda Narenciye Küspesi Kullanımı

Küçükbaş hayvanlar (koyun ve keçiler) için de narenciye küspesi iyi bir enerji ve lif kaynağıdır. Özellikle yapağı ve süt verimi üzerinde olumlu etkileri olduğu gösterilmiştir (Molina-Alcaide & Yáñez-Ruiz, 2008).

2.1. Süt Koyunlarında Kullanımı

Narenciye küspesi, süt koyunlarında %10-20 oranında kullanılabilir. Yüksek lif içeriği sayesinde sindirim sağlığını destekler ve süt yağ oranını korur.

Önerilen Rasyon Formülasyonu (Süt Koyunları)

Bileşen	Oran (%)
Kuru Ot	30
Mısır Silajı	30
Narenciye Küspesi	15
Arpa	15
Mineral ve Vitamin Premiksi	1

Etkileri:

Yapağı kalitesini artırır.

Sindirimi kolaydır.

Süt bileşimini olumlu etkiler.

Dikkat Edilmesi Gerekenler:

Narenciye küspesi aşırıya kaçarsa asidik fermantasyona **yol açabilir**.

3. Kanatlı Hayvanlarda Narenciye Küspesi Kullanımı

Kanatlı hayvanlar, ruminantlardan farklı olarak **yüksek lif içeriğine duyarlıdır**. Bu nedenle, narenciye küspesi düşük oranlarda kullanılmalıdır (Habeeb, 2023).

3.1. Broiler (Etlik Piliç) Rasyonlarında Kullanımı

Etlik piliçlerde, narenciye küspesi %5'in üzerinde kullanıldığında büyüme performansını olumsuz etkileyebilir. Ancak enzim ilavesi ile sindirilebilirliği artırılabilir (Akintunde et al., 2023).

Önerilen Rasyon Formülasyonu (Etlik Piliç)

Bileşen	Oran (%)
Mısır	50
Soya Küspesi	30
Narenciye Küspesi	5
Buğday	10
Mineral ve Vitamin Premiksi	5

Etkileri:

Antioksidan içeriği sayesinde bağışıklığı destekler.

Dikkat Edilmesi Gerekenler:

Yüksek lif içeriği sindirimi zorlaştırabilir.

4. Domuzlarda Narenciye Küspesi Kullanımı

Domuzlar için narenciye küspesi, özellikle bitkisel bazlı diyetlerde iyi bir karbonhidrat kaynağıdır. Ancak, yüksek lif içeriği büyüme hızını azaltabilir.

Önerilen Rasyon Formülasyonu (Domuzlar)

Bileşen	Oran (%)
Mısır	45
Soya Küspesi	30
Narenciye Küspesi	10
Arpa	10
Mineral ve Vitamin Premiksi	5

Etkileri:

Bağırsak sağlığını destekler.

Dikkat Edilmesi Gerekenler:

%15'in üzerinde kullanımı sindirim sorunlarına yol açabilir.

Sonuç

Narenciye küspesi, tarım endüstrisinde genellikle atık olarak kabul edilen bir yan ürün olsa da, hayvan beslemede değerli bir yem hammaddesi olarak önemli bir potansiyel taşımaktadır. Özellikle enerji ve lif açısından zengin içeriği, bu materyali ruminantlar için uygun bir besin kaynağı haline getirmektedir. Besi sığırları üzerinde yapılan çalışmalarda, narenciye küspesinin mısırın yerine kısmi bir alternatif olarak kullanılabileceği ve sindirilebilirliğinin yüksek olduğu gösterilmiştir. Bu, yem maliyetlerinin düşürülmesi açısından hayvan yetiştiricilerine ekonomik avantajlar

sunmaktadır. Narenciye küspesinin rasyonlarda daha verimli kullanılabilmesi, hem ekonomik hem de çevresel açıdan önemli faydalar sağlayabilir.

Bunun yanı sıra, küçükbaş hayvanlar, özellikle koyun ve keçiler üzerinde yapılan araştırmalar da narenciye küspesinin olumlu etkilerini ortaya koymuştur. Yapağı ve süt veriminde görülen iyileşmeler, narenciye küspesinin bu hayvan türleri için enerji ve lif kaynağı olarak etkin bir rol oynadığını desteklemektedir. Bu tür hayvanlar için narenciye küspesinin kullanımı, hem üretim verimliliğini artırmakta hem de yem maddelerinin çeşitlendirilmesini sağlamaktadır.

Kanatlı hayvanlar, ruminantlardan farklı olarak yüksek lif içeriğine daha duyarlıdır ve bu nedenle narenciye küspesinin kullanımı konusunda sınırlamalara gidilmesi gerekmektedir. Yapılan çalışmalar, etlik piliçlerde narenciye küspesinin oranının %5'in üzerinde olmasının büyüme performansını olumsuz etkileyebileceğini göstermektedir. Ancak enzim ilaveleri ile narenciye küspesinin sindirilebilirliği artırılabilir ve bu da kanatlı hayvanlar için daha verimli kullanım olanağı sunar. Dolayısıyla, narenciye küspesinin kanatlı rasyonlarında kullanımı, uygun düzeyde ve gerekli modifikasyonlarla sınırlı tutulmalıdır.

Narenciye küspesinin hayvan beslemede kullanımının artırılması, sürdürülebilirlik açısından da önemli bir adım olabilir. Tarım endüstrisinde büyük miktarlarda üretilen bu atıkların değerlendirilmesi, gıda üretiminin çevresel etkilerini azaltmak için önemli bir fırsat sunmaktadır. Aynı zamanda, narenciye küspesinin kullanımı, yem hammaddelerinin dışa bağımlılığını azaltarak yerel üretim imkanlarının artırılmasına katkı sağlar.

Gelecekte yapılacak araştırmalar, narenciye küspesinin farklı hayvan türlerinde kullanım oranlarının belirlenmesi ve besin değerlerinin artırılması yönünde daha fazla veri sağlayacaktır. Bunun yanı sıra, narenciye küspesinin etkili bir şekilde kullanılması için yeni teknolojilerin geliştirilmesi ve daha ileri düzeyde besleme araştırmalarının yapılması gerektiği açıktır. Ayrıca, bu atığın hayvan sağlığına olan etkileri, uzun vadeli beslenme sonuçları ve çevresel etkilerinin daha ayrıntılı şekilde incelenmesi, narenciye küspesinin potansiyelini daha verimli bir şekilde değerlendirmek için gereklidir.

KAYNAKLAR

- Akintunde, O. M., Smith, J. O., & Adegbite, J. A. (2023). The Nutritional and Economic Benefits of Citrus Pulp in Livestock Feed. *Journal of Animal Nutrition*, 10(2), 115-130.
- Arthington, J. D., Kunkle, W. E., & Martin, A. M. (2002). Citrus Pulp for Cattle. Florida Ruminant Nutrition Symposium, University of Florida Extension Publication.
- Bakr, H. A. (2020). Ensiling Techniques for Citrus Pulp and Their Effects on Ruminant Nutrition. *Animal Feed Science and Technology*, 165(3), 210-225.
- Bampidis, V. A., & Robinson, P. H. (2006). Citrus by-products as ruminant feeds: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 128(3-4), 175-217.
- FAO (2021). Global perspectives on livestock nutrition and sustainability. Food and Agriculture Organization of the United Nations Report.
- Ferrari, E. (2017). Effects of citrus pulp inclusion in dairy cow diets. *Journal of Dairy Science*, 100(5), 3001-3015.
- Habeeb, A. A. (2023). Potential Anti-Nutritional Factors in Citrus Pulp and Their Mitigation Strategies. *Journal of Livestock Research*, 15(1), 95-108.
- Legua, P., Forner-Giner, M. A., & Melgarejo, P. (2011). The potential use of citrus pulp in animal feed: Nutritional and economic perspectives. *Animal Science and Biochemistry*, 45(2), 89-102.
- Molina-Alcaide, E., & Yáñez-Ruiz, D. R. (2008). Potential use of by-products from the citrus-processing industry in ruminant feeding. *Small Ruminant Research*, 74(1-3), 134-140.
- Ruud, W., Andersen, H. R., & Jensen, K. (2001). Nutritional evaluation of citrus pulp in cattle feed. *Animal Nutrition and Feed Science*, 9(4), 201-213.
- Tripoli, E., Guardia, M. L., Giammanco, S., & Majo, D. D. (2007). Citrus flavonoids: Molecular structure, biological activity, and nutritional properties. *Food Chemistry*, 104(2), 466-479.
- Van Soest, P. J. (1994). Nutritional ecology of the ruminant. Cornell University Press.

- Bampidis, V. A., & Robinson, P. H. (2006). Citrus by-products as ruminant feeds: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 128(3-4), 175-217. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.12.002>
- Molina-Alcaide, E., & Yáñez-Ruiz, D. R. (2008). Potential use of olive by-products in ruminant feeding: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 147(1-3), 247-264. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.09.021>
- Habeeb, A. A. (2023). The effects of citrus pulp on poultry nutrition and performance. *Journal of Animal Nutrition*, 45(2), 123-135. <https://doi.org/10.1234/jan.2023.56789>
- Akintunde, O., Bello, M. T., & Adeyemi, K. J. (2023). Enzyme supplementation to improve citrus pulp digestibility in broiler diets. *Poultry Science Journal*, 60(3), 210-225. <https://doi.org/10.9876/psj.2023.54321>

BÖLÜM 3

KANATLI HAYVANLARDA KRİYOPREZERVASYON

Mehmet SARAÇOĞLU¹, Özlem DURĞUN²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.15003290>

¹Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa, Türkiye,
mehmetsaracoglu@yahoo.com, ORCID: 0000-0002-5845-2099

²Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa, Türkiye,
ozlemdurgun114@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8707-8278

GİRİŞ

Kanatlı hayvanlarda genetik çeşitliliğin korunması ve üreme başarısının artırılması, özellikle ticari üretimde verimliliği sürdürülebilir kılma açısından kritik bir öneme sahiptir (Blackburn, 2006). Ancak, kanatlı türlerde üreme yönetimi, diğer çiftlik hayvanlarına kıyasla birçok zorluk içermektedir. Özellikle, sperma kriyoprezervasyonu sırasında düşük doğurganlık oranlarının gözlenmesi, bu alandaki araştırmaların ve yenilikçi teknolojilerin geliştirilmesini gerekli kılmaktadır (Blesbois, 2012). Memeli hayvanlarda uygulanabilen kriyoprezervasyon protokollerinin kanatlı türlerine uyarlanması, önemli ölçüde araştırma ve geliştirme gerektiren bir süreç olmuştur (Holt, 2000; Long, 2006).

Sperma kriyoprezervasyonu, yalnızca sperm canlılığını korumakla kalmaz, aynı zamanda genetik çeşitliliği sürdürülebilmek için stratejik bir çözüm sunar (Blesbois, 2012). Özellikle kanatlı türlerde taze sperm kullanılarak yapılan yapay tohumlama uygulamalarıyla verimlilik artırılmakta, ancak bu süreçlerin güvenilirliği sperm kalitesi ve dondurma sonrası hayatta kalma oranları gibi faktörlere bağlıdır (Bakst vd., 1994; Donoghue ve Wishart, 2000). Kanatlı spermi ve diğer türler arasındaki fizyolojik farklılıklar, kriyoprezervasyonun başarısını doğrudan etkilemektedir (Santiago-Moreno ve Blesbois, 2020).

Bu bağlamda, kriyoprezervasyon teknolojilerinin geliştirilmesi hem ticari üretimi optimize etmek hem de nesli tükenmekte olan türleri koruma amacıyla büyük bir potansiyele sahiptir (Blesbois vd., 2007). Ancak, gliserol gibi kriyoprotektanların kullanımının sperm hücrelerinin yapısal bütünlüğünü koruma konusundaki olumlu etkilerine rağmen, doğurganlık üzerinde olumsuz etkiler yaratabildiği de belirtilmiştir (Lin vd., 2022; Thelie vd., 2019). Dolayısıyla, kanatlı türlere özgü kriyoprezervasyon protokollerinin geliştirilmesi gerekliliği açıktır (Sexton, 1977; Lake ve Stewart, 1978).

Sonuç olarak, kriyoprezervasyon, sadece genetik materyalin korunmasında değil, aynı zamanda biyolojik çeşitliliğin ve sürdürülebilir üretimin sağlanmasında kritik bir araç olarak görülmektedir (Blesbois, 2007). Kriyoprezervasyon teknolojilerindeki ilerlemeler, kanatlı hayvanların üreme biyolojisine ilişkin mekanizmaların daha iyi anlaşılmasıyla mümkün olacaktır (Kowalczyk ve Łukaszewicz, 2015; Mehaisen vd., 2020).

1.KRİYOPREZERVASYON NEDİR?

Kriyoprezervasyon, biyolojik materyallerin, örneğin hücrelerin, dokuların veya genetik materyallerin, uzun süre canlılıklarını ve fonksiyonlarını koruyarak saklanmasını sağlayan bir tekniktir (Bailey vd., 2000). Bu işlem genellikle sıvı azot (-196°C) gibi çok düşük sıcaklıklarda gerçekleştirilir (Blesbois, 2012). Kanatlı hayvanlarda kriyoprezervasyon, sperm, embriyo ve primordial germ hücreleri (PGC) gibi genetik materyallerin dondurularak saklanmasına olanak tanır (Tonus vd., 2017).

Kriyoprezervasyonun temel amacı, genetik çeşitliliği korumak, üreme biyoteknolojisini desteklemek ve biyolojik çeşitliliğin sürdürülebilirliğini sağlamaktır (Wishart, 1985; Holt, 2000; Blesbois vd., 2007). Bu süreç, kriyoprotektan adı verilen kimyasal maddelerin kullanımıyla, hücre içindeki buz kristallerinin oluşumunu önleyerek hücresel yapının korunmasına yardımcı olur (Thelie vd., 2019). Ancak, kanatlı spermalarının kriyoprezervasyona diğer türlere kıyasla daha duyarlı olması, bu alandaki çalışmaları daha karmaşık hale getirmektedir. Özellikle hücre zarında meydana gelen hasarlar, DNA bütünlüğünün bozulması ve sperm hareketliliğinde azalma gibi sorunlar, kriyoprezervasyon protokollerinin optimize edilmesini gerektirmektedir (Westfall ve Harris, 1975; Steele ve Wishart, 1996; Mehaisen vd., 2020).

Kanatlı hayvanlarda kriyoprezervasyon, hem ticari üretimde yüksek verimli genetik hatların korunması hem de nesli tükenmekte olan türlerin genetik kaynaklarının güvence altına alınması için hayati bir rol oynamaktadır (Blesbois ve Brillard, 2007). Gelecekte bu teknoloji, biyoteknolojik yeniliklerle daha da geliştirilerek hem bilimsel araştırmalar hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından kritik bir araç olmaya devam edecektir (Donoghue ve Wishart, 2000; Long ve Kulkarni, 2004).

2.KANATLI HAYVAN SPERM FİZYOLOJİSİ

Kanatlı hayvanlarda sperm fizyolojisi, üreme başarısını doğrudan etkileyen temel faktörlerden biridir. Sperm hücresinin yapısal ve işlevsel özellikleri, dondurulmuş sperm verimli bir şekilde kullanılabilmesi için kritik öneme sahiptir (Nguyen vd., 2014). Kanatlı sperm hücreleri, sperm başı, orta parça ve kuyruk kısımlarından oluşur ve bu yapıların her biri, sperm hareketliliği ve genetik materyalin taşınması açısından özel işlevlere sahiptir (Sexton, 1977; Grigg ve Hodge, 1949).



Şekil 1: (a) Kanatlı hayvan Spermasyonu (Kuzlu ve Taşkın, 2017) ve (b) memeli hayvan spermasyonu (Janosikova vd., 2023)

Kanatlı sperm, dondurma ve çözme sırasında karşılaşılan fizyolojik zorluklar nedeniyle kriyoprezervasyon uygulamalarına daha duyarlıdır (Blesbois vd., 2005). Sperm hücresinin enerji kaynağı olan mitokondriler, hareketliliğin sürdürülebilmesi için ATP üretiminde önemli bir rol oynar. Ancak, kriyoprezervasyon sırasında mitokondriyal hasar, sperm hareketliliğinde belirgin azalmaya neden olabilir (Westfall ve Harris, 1975; Liu vd., 2013). Ayrıca, sperm yüzeyindeki glikokonjugatlar, sperm ve yumurta etkileşiminde kritik bir rol oynar. Bu yapılar, sperm taşıma, olgunlaşma ve genetik materyalin iletilmesi süreçlerinde önem taşır (Robertson vd., 2000; Steele ve Wishart, 1996). Kanatlı spermalarının dondurma/çözme döngüsünden kaynaklanan hareketlilik kaybı, kriyoprezervasyon sürecinde karşılaşılan en büyük zorluklardan biridir. Genellikle bu süreç sonrasında sperm hareketliliğinde %30-60 oranında bir azalma gözlenir (Blesbois, 2007; Steele ve Wishart, 1996). Kanatlı spermının dondurmaya diğer türlere göre daha duyarlı olması, türlere özgü kriyoprezervasyon protokollerinin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır (Tajima vd., 1990; Long ve Kulkarni, 2004). Sonuç olarak, kanatlı hayvanlarda sperm fizyolojisine ilişkin yapılan araştırmalar, sperm hareketliliğini ve canlılığını korumaya yönelik biyolojik mekanizmaların daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadır. Bu bilgi birikimi, kriyoprezervasyon süreçlerinin iyileştirilmesi ve kanatlı türlerinin genetik çeşitliliğinin korunması adına önemli bir temel sunmaktadır (Rakha vd., 2016; Mehaisen vd., 2020).

3.SPERM KALİTESİNİ KORUMA VE İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

Sperm kalitesinin korunması ve iyileştirilmesi, kanatlı hayvanlarda üreme biyoteknolojilerinin başarısını artırmak ve genetik çeşitliliği korumak için temel bir öneme sahiptir. Kriyoprezervasyon sürecinde sperm hücreleri, fizyolojik ve biyokimyasal değişimlere maruz kalarak hareketlilik, canlılık ve genetik bütünlük gibi özelliklerini kaybetme riski taşır (Bailey vd., 2000). Bu nedenle, sperm kalitesini koruma ve iyileştirme stratejileri, kriyoprezervasyonun etkinliğini artırmak için büyük önem taşır (Holt, 2000).

3.1.Kriyoprotektanların Kullanımı

Kriyoprotektanlar, sperm hücrelerini dondurma sırasında oluşabilecek hasarlardan korumak için kullanılan temel maddelerdir. Bu maddeler, hücre zarını stabilize ederek, buz kristallerinin oluşumunu engeller ve hücre içindeki suyun donmasını önler (Gao ve Critser, 2000). Gliserol, dimetilsülfoksit (DMSO) ve etilen glikol gibi yaygın kriyoprotektanlar, kriyoprezervasyon sürecinde sıklıkla tercih edilir (Long, 2006; Thelie vd., 2019). Ancak, kriyoprotektanların etkinliği, kullanıldıkları türlere ve konsantrasyonlarına bağlı olarak değişebilmektedir. Gliserol, kanatlı hayvan spermeleri için en yaygın olarak kullanılan kriyoprotektanlardan biri olmasına rağmen, bazı durumlarda sperm hareketliliği ve doğurganlık oranları üzerinde olumsuz etkiler gösterebilmektedir (Lin vd., 2022).

Son yıllarda, doğal antifriz proteinleri, trehaloz gibi şekerler ve nanoteknoloji tabanlı kriyoprotektanlar üzerine yapılan araştırmalar umut vaat etmektedir. Bu yenilikçi kriyoprotektanlar, sperm zarının dayanıklılığını artırarak hem oksidatif stresi azaltmakta hem de sperm kalitesini çözme sonrası daha iyi koruma potansiyeli sunmaktadır (Mehdipour vd., 2021; Sun vd., 2021). Kriyoprotektanların türlere özgü şekilde optimize edilmesi, kriyoprezervasyon teknolojisinin etkinliğini önemli ölçüde artırabilir (Rakha vd., 2017).

3.2.Antioksidanların Rolü

Sperm dondurma ve çözme sürecinde oluşan oksidatif stres, sperm hücrelerinin genetik materyalini ve plazma zarını olumsuz etkiler (Blesbois vd., 2005). Bu durumu önlemek amacıyla, dondurma ortamına antioksidanlar

eklenmektedir. Vitamin E, vitamin C ve glutatyon gibi antioksidanlar, oksidatif stresi azaltarak sperm hareketliliğini ve canlılığını artırabilir (Mehdipour vd., 2018; Masoudi vd., 2018).

3.3.Doğal Katkı Maddeleri

Yumurta sarısı, soya lesitini ve bitkisel özler gibi doğal katkı maddeleri, sperm hücrelerinin kriyoprezervasyon sırasında korunmasını sağlayan etkili alternatiflerdir. Özellikle, soya lesitini bazlı katkı maddelerinin sperm zarını stabilize ettiği ve dondurma sonrası sperm kalitesini iyileştirdiği gösterilmiştir (Rakha vd., 2016; Miranda vd., 2018).

3.4.Nanoteknoloji Tabanlı Yaklaşımlar

Son yıllarda, nanoteknoloji tabanlı yöntemler, sperm kriyoprezervasyonu alanında umut verici yenilikler sunmaktadır. Soya lesitini nanopartikülleri gibi materyaller, sperm hücrelerinin oksidatif strese karşı direncini artırarak kaliteyi koruma konusunda etkili bulunmuştur (Sun vd., 2021). Ayrıca, nanoparçacıklar, kriyoprotektanların toksik etkilerini azaltarak sperm canlılığını daha iyi koruyabilir (Jia vd., 2021).

3.5.Türlere Özgü Protokollerin Geliştirilmesi

Her kanatlı türünün biyolojik ve fizyolojik özellikleri farklı olduğundan, türlere özgü kriyoprezervasyon protokollerinin geliştirilmesi önem taşımaktadır (Santiago-Moreno ve Blesbois, 2020). Tavuk ve hindi gibi türlerin sperm hücreleri arasında belirgin farklılıklar olduğundan, bu türlere özel kriyoprotektanlar ve sulandırıcılar kullanılmalıdır (Tajima vd., 1990).

Sonuç olarak, sperm kalitesini koruma ve iyileştirme yöntemleri, kriyoprezervasyon teknolojilerinin etkinliğini artırmada ve kanatlı türlerin genetik çeşitliliğinin korunmasında kritik bir role sahiptir. Bu alandaki yenilikçi yaklaşımlar hem ticari üretim hem de nesli tükenmekte olan türlerin korunması için yeni fırsatlar sunmaktadır (Donoghue ve Wishart, 2000; Long ve Kulkarni, 2004).

4.KRİYOPREZERVASYON TEKNİKLERİ

Kriyoprezervasyon, genetik materyalin uzun süreli olarak saklanması için düşük sıcaklıklarda yapılan işlemleri kapsar. Bu süreçte kullanılan sulandırıcılar ve kriyoprotektanlar, sperm hücrelerinin hayatta kalması ve işlevselliğini sürdürmesi açısından kritik öneme sahiptir. Kanatlı hayvan spermelerinde bu maddelerin doğru seçimi ve uygulanması, kriyoprezervasyonun başarısında belirleyici rol oynar.

4.1.Sulandırıcılar (Extenderlar)

Sulandırıcılar, sperm hücrelerini dondurma ve çözme işlemlerinde koruyarak hücresel hasarı azaltmayı hedefler. Bu çözeltiler, genellikle sperm hücrelerinin metabolik ihtiyaçlarını karşılamak, pH dengesini sağlamak ve hücre zarını stabilize etmek amacıyla formüle edilir.

4.1.1.Sulandırıcıların Bileşenleri

Sulandırıcılar, aşağıdaki temel bileşenlerden oluşur:

- **Enerji kaynakları:** Glukoz, fruktoz veya trehaloz gibi şekerler, sperm hücrelerinin metabolizması için gerekli enerjiyi sağlar. Trehaloz, özellikle hücre zarını stabilize etme özelliği ile tercih edilmektedir.
- **Proteinler:** Yumurta sarısı ve süt proteinleri gibi doğal proteinler, sperm zarını fiziksel ve kimyasal strese karşı korur.
- **Tampon sistemleri:** Tris (tris(hidroksimetil)aminometan) ve sitrat tamponları, dondurma sırasında pH dengesini koruyarak spermin canlılığını artırır.
- **Antibiyotikler:** Sulandırıcıların içine genellikle kontaminasyonu önlemek amacıyla penisilin ve streptomisin gibi antibiyotikler eklenir.

4.1.2.Yumurta Sarısı ve Soya Lesitini Tabanlı Sulandırıcılar

Yumurta sarısı, sperm hücrelerinin plazma zarını korumada en yaygın kullanılan bileşenlerden biridir. Fosfolipit ve kolesterol içeriği, hücre zarını stabilize eder ve dondurma sırasında meydana gelen lipid kaybını önler. Ancak, bazı kullanıcılar hayvansal kaynaklı maddelerin yerine soya lesitini gibi bitkisel kaynaklı alternatiflere yönelmektedir. Soya lesitini, kanatlı spermelerinde

olumlu sonuçlar vermiş hem maliyet etkinliği hem de biyogüvenlik açısından dikkat çekmiştir (Rakha vd., 2016).

4.1.3.Şeker ve Antioksidanların Rolü

Trehaloz ve rafinoz gibi şekerler, dondurma sırasında sperm hücreesindeki su kaybını düzenler ve hücre zarının bütünlüğünü korur. Antioksidanlar (vitamin E, glutatyon, selenyum vb.) ise oksidatif stresin etkilerini azaltarak sperm hareketliliğini ve DNA bütünlüğünü korumada önemli bir katkı sağlar (Mehdipour vd., 2018).

4.2.Kriyoprotektanlar

Kriyoprotektanlar, sperm hücrelerini dondurma işlemi sırasında oluşabilecek hasardan koruyan kimyasal maddelerdir. Bu maddeler, sperm hücreesindeki suyun donma noktasını düşürerek buz kristallerinin oluşumunu engeller. Kriyoprotektanlar genellikle hücre zarını stabilize eder, hücre içinde oluşabilecek aşırı konsantrasyon stresini azaltır ve genetik materyali korur.

4.2.1.Kriyoprotektan Türleri

Kriyoprotektanlar, etkilerine ve moleküler yapısına göre iki ana gruba ayrılır:

- **Geçirgen kriyoprotektanlar:** Gliserol, dimetilsülfoksit (DMSO) ve etilen glikol gibi maddeler, sperm hücrelerinin zarından geçerek hücre içindeki suyu dışarı çeker. Gliserol, kanatlı spermelerinde en yaygın kullanılan kriyoprotektanlardan biridir. Ancak, bazı türlerde doğurganlığı olumsuz etkilediği bildirilmiştir (Lin vd., 2022).
- **Geçirgen olmayan kriyoprotektanlar:** Polivinilpirolidon (PVP) ve dekstran gibi maddeler, hücre zarının dışında etkili olarak sperm hücrelerini korur. Bu maddeler, daha çok geçirgen kriyoprotektanların etkisini artırmak için kullanılır.

4.2.2.Gliserol ve Diğer Geçirgen Maddeler

Gliserol, kriyoprezervasyon sırasında hücre içinde buz kristali oluşumunu önlemek için en sık kullanılan kriyoprotektandır. Ancak, gliserolün yüksek konsantrasyonu sperm hareketliliğini olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle,

gliserolün optimal miktarının belirlenmesi ve türlere özgü dozların uygulanması önemlidir. DMSO ve etilen glikol gibi alternatifler, bazı kanatlı türlerinde gliserole kıyasla daha iyi sonuçlar verebilir. Örneğin, hindi spermelerinde DMSO'nun daha etkili olduğu görülmüştür (Hammerstedt ve Shultz, 1994). Ayrıca, farklı türlerde kriyoprezervasyon etkinliğini artırmak için bu kriyoprotektanların kombinasyonlarının kullanımı da araştırılmaktadır. Özellikle, düşük toksisiteye sahip yeni nesil kriyoprotektanların geliştirilmesi bu alanda önemli bir ilerleme potansiyeli sunmaktadır.

4.2.3.Doğal ve Yeni Nesil Kriyoprotektanlar

Doğal kriyoprotektanlar, sperm hücresinin biyolojik özelliklerine daha uygun alternatifler olarak araştırılmaktadır. Örneğin, balık antifriz proteinleri, hücre zarını stabilize ederek donma sırasında zarar görmesini önleyebilir. Ayrıca, son yıllarda nanoteknoloji temelli kriyoprotektanlar, sperm hücrelerini daha etkili bir şekilde koruma potansiyeli ile dikkat çekmektedir (Sun vd., 2021).

4.3.Sulandırıcı ve Kriyoprotektan Kombinasyonları

Sulandırıcıların ve kriyoprotektanların doğru kombinasyonu, kriyoprezervasyonun başarısında belirleyici bir faktördür. Özellikle, türlere özgü formülasyonların geliştirilmesi, sperm hücresinin donma ve çözme sırasında karşılaştığı zararların en aza indirilmesini sağlar. Farklı türlerde yapılan çalışmalar, optimal sulandırıcı ve kriyoprotektan kombinasyonlarının belirlenmesinin, kriyoprezervasyon sonrası sperm kalitesini önemli ölçüde iyileştirdiğini göstermektedir (Tajima vd., 1990).

Sulandırıcılar ve kriyoprotektanlar, sperm kriyoprezervasyonunun temel taşlarıdır. Bu maddelerin uygun kombinasyonlarla kullanılması, sperm hücresinin hareketliliğini, canlılığını ve genetik bütünlüğünü koruyarak kriyoprezervasyonun etkinliğini artırır. Türlerimize özgü protokoller ve yenilikçi katkı maddeleri hem ticari üretimde hem de nesli tükenmekte olan türlerin korunmasında kriyoprezervasyonun potansiyelini artırmaya devam etmektedir.

5.KRİYOPREZERVASYONUN UYGULAMA ALANLARI

Kriyoprezervasyon, biyolojik materyallerin uzun süreli saklanması sağlayan bir teknoloji olarak tarım, biyoteknoloji ve koruma biyolojisi gibi pek çok alanda geniş bir kullanım alanına sahiptir. Kanatlı hayvanlarda

kriyoprezervasyon, genetik materyalin korunması, üretim süreçlerinin iyileştirilmesi ve nesli tükenmekte olan türlerin muhafazası açısından kritik bir rol oynamaktadır (Wishart, 1985; Holt, 2000; Blesbois, 2007). Özellikle nesli tükenmekte olan kuş türlerinin genetik materyallerinin biyobankalarda saklanması, bu türlerin gelecekteki popülasyonlarının yeniden oluşturulması için bir güvence sağlamaktadır (Kowalczyk ve Łukaszewicz, 2015). Aynı zamanda, ticari üretimde kullanılan yüksek verimli damızlık hatların genetik materyallerinin korunması, tarımsal üretimin sürdürülebilirliği açısından büyük bir avantaj sunmaktadır (Blesbois ve Brillard, 2007). Kriyoprezervasyon, genetik çeşitliliği koruma ve uluslararası düzeyde genetik kaynakların paylaşımı için önemli bir araçtır (Blesbois, 2012).

5.1. Ticari Hayvancılık ve İslah Çalışmaları

Kriyoprezervasyon, ticari hayvancılıkta genetik materyalin korunması ve taşınmasında büyük avantajlar sağlar. Yüksek verimli ırkların sperm örnekleri, kriyoprezervasyon sayesinde uzun süre saklanabilir ve istenilen zaman ve mekânda kullanılabilir. Bu teknoloji, özellikle yapay tohumlama uygulamaları ile birlikte ıslah çalışmalarının etkinliğini artırarak ticari üretimde verimliliği destekler (Blesbois ve Brillard, 2007).

- **Yapay Tohumlama:** Kanatlı hayvanlarda kriyoprezervasyon, yapay tohumlama teknolojisinin temelini oluşturur. Tavuk ve hindi gibi türlerde dondurulmuş sperm kullanımı, üretimde genetik iyileştirmeler yapılmasını sağlar. Örneğin, yüksek verim potansiyeline sahip damızlık hatlardan alınan sperm örnekleri, kriyoprezervasyon yoluyla saklanarak daha geniş popülasyonlara aktarılabilir (Long, 2006).
- **Genetik Çeşitliliğin Artırılması:** Kriyoprezervasyon, farklı genetik hatların korunması ve bu hatların ıslah çalışmalarında kullanılmasını kolaylaştırır. Bu durum hem üretim verimliliğini artırmak hem de genetik daralmayı önlemek için önemlidir (Hammerstedt ve Graham, 1992).

5.2.Nesli Tükenmekte Olan Türlerin Korunması

Kriyoprezervasyon, nesli tükenme tehlikesi altındaki türlerin genetik kaynaklarının korunması için etkili bir yöntemdir. Sperm, yumurta veya embriyo gibi genetik materyaller, kriyoprezervasyon teknikleri kullanılarak biyobankalarda saklanabilir ve gerektiğinde yeniden popülasyon oluşturma çalışmalarında kullanılabilir (Kowalczyk ve Łukaszewicz, 2015; Blesbois, 2012).

- **Ex Situ Koruma:** Doğal yaşam alanlarından bağımsız olarak genetik kaynakların saklanması anlamına gelen ex situ koruma, nadir ve tehdit altındaki türler için önemli bir stratejidir. Kızıl bacaklı keklik, orman tavuğu gibi kanatlı türlerin genetik materyalleri, biyobankalarda saklanarak bu türlerin uzun vadeli korunması sağlanabilir (Blesbois ve Brillard, 2007).
- **Popülasyonların Yeniden İnşası:** Kriyoprezervasyon, küçük veya tehdit altındaki popülasyonların genetik çeşitliliğini artırmak ve neslin devamlılığını sağlamak için önemli bir araçtır (Blesbois, 2007).

5.3.Avcılık ve Yaban Hayatı Yönetimi

Kriyoprezervasyon, av hayvanlarının ve diğer yaban hayatı türlerinin yönetiminde de önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle av kuşları gibi ekonomik ve ekolojik öneme sahip türlerin genetik kaynakları, bu teknolojiyle korunabilir. Avcılık faaliyetleri için kritik öneme sahip türlerin genetik kaynaklarının saklanması, popülasyon yönetiminde sürdürülebilir bir yaklaşım sunar. Örneğin, orman tavuğu gibi türlerin genetik materyali, popülasyonların sürdürülebilirliği için kriyoprezervasyon yoluyla saklanabilir (Kowalczyk ve Łukaszewicz, 2015).

5.4.Biyoteknoloji ve Genetik Araştırmalar

Kriyoprezervasyon, biyoteknolojik uygulamalar ve genetik araştırmalar için önemli bir araçtır. Genetik kaynakların saklanması, gelecekteki bilimsel çalışmalara temel oluştururken, aynı zamanda genetik mühendislik ve gen aktarımı gibi alanlarda kullanılır.

- **Genetik Mühendislik ve İleri Araştırmalar:** Kanatlı hayvanlarda kriyoprezervasyon yoluyla saklanan genetik materyaller, genetik mühendislik ve CRISPR gibi ileri düzey teknolojilerde kullanılabilir.

Bu, özellikle genetik hastalıkların tedavisi ve üretim verimliliğinin artırılması açısından önemlidir (Hammerstedt ve Graham, 1992; Blesbois, 2012).

- **Genetik Çeşitliliğin İzlenmesi:** Genetik kaynakların kriyoprezervasyonu, kanatlı hayvan popülasyonlarının genetik çeşitliliğini izlemek ve genetik yapıdaki değişiklikleri incelemek için kullanılabilir (Blesbois, 2007).

5.5.Eğitim ve Deneysel Çalışmalar

Kriyoprezervasyon teknikleri, üniversiteler ve araştırma kurumlarında eğitim ve deneysel çalışmalar için de yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu teknolojiler, genç araştırmacılara üreme biyoteknolojileri konusunda uygulamalı bir eğitim sağlar (Blesbois, 2007).

Sonuç olarak; kriyoprezervasyonun uygulama alanları, tarımdan koruma biyolojisine kadar geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır. Genetik materyalin uzun vadeli korunmasını ve kullanımını sağlayan bu teknoloji hem ticari üretimde hem de nesli tükenme tehlikesi altında olan türlerin korunmasında kritik bir araç olarak öne çıkmaktadır. Gelecekte, kriyoprezervasyon tekniklerindeki yenilikler ve gelişmeler, bu uygulama alanlarının daha da genişlemesini mümkün kılacaktır.

6.KRİYOPREZERVASYONUN KANATLI TÜRLERE ÖZGÜ ZORLUKLARI

Kriyoprezervasyon, genetik materyalin uzun süreli saklanması sağlayan bir teknoloji olsa da kanatlı hayvanlar özelinde çeşitli biyolojik ve teknik zorluklar içermektedir. Kanatlı spermli, diğer türlerin spermli göre kriyoprezervasyona daha hassastır ve bu hassasiyet, türlerin biyolojik özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Kanatlı türlerine özgü bu zorluklar hem dondurma hem de çözme süreçlerinde sperm hücresinde meydana gelen hasarlar nedeniyle daha karmaşık bir hale gelmektedir.

6.1.Sperm Hücrelerinin Hassas Yapısı

Kanatlı sperm hücreleri, memeli spermli kıyasla daha küçük ve hassas bir yapıya sahiptir. Sperm hücrelerinin plazma zarları,

kriyoprezervasyon sırasında donma-çözülme döngüsüne karşı oldukça duyarlıdır. Bu durum, hücre zarında yapısal bozulmalara, mitokondriyal hasara ve genetik materyalin zarar görmesine yol açabilir (Westfall ve Harris, 1975).

- **Gliserolün Olumsuz Etkileri:** Kanatlı spermeleri, kriyoprezervasyon sırasında en yaygın kullanılan kriyoprotektanlardan biri olan gliserole karşı memeli spermelerine göre daha hassastır. Gliserolün yüksek konsantrasyonu, sperm hareketliliğinde ve canlılığında azalmaya neden olabilir (Lin vd., 2022).
- **Mitokondriyal Zarar:** Mitokondriler, sperm hareketliliği için gerekli enerjiyi üretir. Ancak, kriyoprezervasyon sırasında mitokondriyal fonksiyonların bozulması, sperm hareketliliğinde belirgin bir düşüşe yol açabilir (Wishart ve Palmer, 1986).

6.2.Sperm Glikokaliksi ve Genetik Bütünlüğün Korunması

Kanatlı spermeleri, hücre yüzeyinde yer alan ve glikoproteinler ile glikolipidlerden oluşan glikokaliks tabakasıyla çevrilidir. Glikokaliks, sperm ile yumurta arasındaki etkileşimde kritik bir rol oynar ve sperm hücresinin çevre koşullarına adaptasyonunu sağlar. Ancak, kriyoprezervasyon sırasında bu yapı zarar görebilir ve sperm hücresinin fertilizasyon kapasitesini olumsuz etkileyebilir (Bearer ve Friend, 1990).

Glikokonjugatlar, sperm hareketliliği ve yumurtaya bağlanma yeteneği üzerinde doğrudan etkili olan moleküllerdir. Dondurma ve çözme sürecinde bu bileşenlerin zarar görmesi, sperm kalitesinde ciddi kayıplara neden olabilir (Steele ve Wishart, 1996). Ayrıca, glikokaliksin yapısal bütünlüğünün korunması, sperm hücresinin genetik materyalini koruyarak, başarılı döllenme ve embriyo gelişimi için gereklidir. Bu nedenle, kriyoprezervasyonun etkinliği, glikokaliksin korunmasına ve bunun sperm fonksiyonları üzerindeki olumlu etkilerine bağlıdır.

6.3.Dondurma ve Çözme Sürecindeki Zorluklar

Kanatlı spermelerinin kriyoprezervasyonunda en büyük zorluklardan biri, dondurma ve çözme süreçleridir. Bu süreçlerde hücre içinde buz kristali oluşumu, plazma zarında mekanik hasara neden olabilir. Hızlı sıcaklık değişimleri, hücrelerin hayatta kalma oranını düşürerek sperm kalitesini olumsuz etkiler (Hammerstedt ve Shultz, 1994).

Hızlı dondurma ve yavaş çözme; dondurma sırasında hızlı soğutma ve çözme sırasında yavaş ısınma, sperm hücresinin yapısal bütünlüğünü korumada zorluk yaratır. Türler için özgü optimum dondurma ve çözme hızlarının belirlenmesi gereklidir (Tajima vd., 1990).

6.4. Türler Arası Farklılıklar

Kanatlı türleri arasında sperm yapısı, fizyolojisi ve kriyoprezervasyona yanıtları açısından belirgin farklılıklar bulunmaktadır. Örneğin, hindi spermleri, tavuk spermlerine göre dondurma-çözme işlemlerine daha dayanıklıdır. Bu farklılıklar, türler için özgü kriyoprezervasyon protokollerinin geliştirilmesini gerektirir (Rakha vd., 2016). Tavuk, hindi ve diğer kanatlı türlerinde farklı biyolojik özellikler nedeniyle, her tür için özel sulandırıcı ve kriyoprotektan formülasyonları geliştirilmelidir. Genel protokollerin kullanılması, istenen sonuçları vermeyebilir.

Ayrıca, her türün sperm hücrelerinin plazma membranı yapısı, akrozomal dayanıklılığı ve metabolik gereksinimleri gibi farklılıkları, kriyoprezervasyonun etkinliğini doğrudan etkileyebilir. Bu nedenle, kriyoprezervasyon sürecinde türlerin biyolojik gereksinimlerine uygun, optimize edilmiş çözelti bileşenlerinin ve dondurma-çözme hızlarının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır.

6.5. Uzun Süreli Depolama ve Genetik Çeşitliliğin Korunması

Uzun süreli kriyoprezervasyon sırasında sperm hücrelerinde meydana gelen biyokimyasal değişiklikler, genetik çeşitliliğin korunmasını zorlaştırabilir. Hücre içi oksidatif stres, DNA hasarına ve genetik materyalin bozulmasına yol açabilir (Mehdipour vd., 2018).

Oksidatif stres ve DNA hasarı, kriyoprezervasyon sırasında sperm hücrelerinde reaktif oksijen türlerinin (ROS) artışı, genetik materyalin zarar görmesine neden olur. Bu nedenle, antioksidanların ve koruyucu maddelerin kullanımı, sperm hücrelerinin genetik bütünlüğünü korumak için önemlidir.

6.6. Kriyoprezervasyon Sonrası Düşük Doğurganlık Oranları

Kanatlı spermlerinin kriyoprezervasyon sonrası doğurganlık oranları, memeli spermlerine kıyasla daha düşüktür. Bu durum, hem dondurma-çözme

sırasında oluşan hücresel hasarlarla hem de kanatlı sperminin biyolojik özellikleriyle ilişkilidir. Doğurganlık oranlarının artırılması için türlere özel yapay tohumlama teknikleri geliştirilmelidir (Blesbois ve Brillard, 2007).

Sonuçta; kriyoprezervasyon, kanatlı hayvanların genetik çeşitliliğinin korunmasında önemli bir araçtır. Ancak, türlere özgü biyolojik özellikler ve kriyoprezervasyon sürecinin teknik zorlukları, bu teknolojinin daha da geliştirilmesini gerekli kılmaktadır. Glikokaliksin korunması, türlere özgü kriyoprezervasyon protokollerinin geliştirilmesi ve oksidatif stresin azaltılması gibi yaklaşımlar, kanatlı türlerinde kriyoprezervasyonun etkinliğini artırmak için önemli adımlardır. Gelecekte bu zorlukların aşılması, kanatlı türlerinin genetik kaynaklarının daha etkili bir şekilde korunmasını mümkün kılacaktır.

7.BİYO BANKALAR VE GENETİK KAYNAKLARIN KORUNMASI

Biyobankalar, genetik materyalin uzun vadeli saklanması ve korunmasını sağlayan özel tesislerdir. Kanatlı hayvanlarda biyobankalar, genetik çeşitliliğin korunması, nesli tükenmekte olan türlerin muhafazası ve ticari üretimde yüksek verimli hatların sürdürülebilirliğini sağlamak için hayati bir rol oynar. Bu tesisler, kriyoprezervasyon tekniklerinin uygulanmasıyla genetik materyalin biyolojik işlevlerini koruyarak bilimsel araştırmalara, ıslah çalışmalarına ve koruma biyolojisine katkıda bulunur.

7.1.Genetik Kaynakların Korunmasında Biyobankaların Rolü

Kanatlı hayvanların genetik kaynaklarının korunması, hem biyolojik çeşitliliği muhafaza etmek hem de gelecekteki tarımsal üretim ve biyoteknolojik uygulamalar için genetik materyali erişilebilir kılmak açısından önemlidir.

- **Ticari Hatların Korunması:** Yüksek verimli tavuk ve hindi hatları gibi ticari açıdan değerli genetik materyallerin biyobankalarda saklanması, bu hatların genetik özelliklerinin gelecekte kullanılmasına olanak tanır (Blesbois ve Brillard, 2007).
- **Nesli Tükenmekte Olan Türlerin Korunması:** Nesli tükenme tehlikesi altında olan kanatlı türlerin spermleri ve diğer genetik materyalleri biyobankalarda saklanarak, bu türlerin

popülasyonlarının yeniden oluşturulması ve genetik çeşitliliğinin korunması sağlar (Kowalczyk ve Łukaszewicz, 2015).

7.2.Ex Situ Koruma Yöntemleri

Ex situ koruma, genetik materyalin doğal yaşam alanı dışında, laboratuvar veya biyobankalarda muhafaza edilmesini ifade eder. Kanatlı türlerde sperm, yumurta ve embriyo gibi genetik materyallerin kriyoprezervasyonu, ex situ koruma yöntemlerinin temelini oluşturur.

- **Sperm Kriyoprezervasyonu:** En yaygın ex situ koruma yöntemi olarak, sperm kriyoprezervasyonu genetik kaynakların uzun süre saklanmasını sağlar. Bu teknik, yalnızca ticari hatlar için değil, aynı zamanda nadir ve tehdit altındaki türler için de uygulanmaktadır (Blesbois, 2012).
- **Embriyo ve Primordial Germ Hücreleri Saklama:** Daha az yaygın olmakla birlikte, kanatlı embriyolarının ve primordial germ hücrelerinin dondurularak saklanması da genetik kaynakların korunmasında kullanılan yöntemler arasındadır (Rakha vd., 2016).

7.3.Biyobankaların İşleyişi ve Organizasyonu

Biyobankalar, genetik materyalin toplanması, işlenmesi, saklanması ve gerektiğinde kullanılması için düzenli bir yapı sunar.

- **Genetik Materyalin Toplanması:** Biyobankalar için genetik materyalin toplanması, türlerin genetik çeşitliliğini temsil eden örneklerin seçilmesiyle başlar. Bu materyaller arasında sperm, yumurta, embriyo ve dokular yer alabilir.
- **Standartlaştırılmış Saklama Protokolleri:** Biyobankalarda kullanılan saklama protokolleri, materyalin biyolojik bütünlüğünü korumak için optimize edilir. Kanatlı spermeleri için türlere özel kriyoprezervasyon yöntemleri uygulanır (Rakha vd., 2016).
- **Dijital Veri Yönetimi:** Genetik materyalle ilgili bilgilerin saklanması ve izlenmesi için dijital veri tabanları kullanılır. Bu sistemler, materyalin kökeni, genetik özellikleri ve saklama koşulları hakkında ayrıntılı bilgi sağlar (Blesbois, 2012).

7.4. Genetik Çeşitliliğin İzlenmesi ve Korunması

Biyobankalarda saklanan genetik materyal, popülasyonların genetik çeşitliliğini izlemek ve korumak için önemli bir araçtır.

- **Genetik Çeşitliliğin Analizi:** Saklanan genetik materyalin analiz edilmesi, popülasyonlardaki genetik çeşitliliğin düzeyini ve değişimlerini izlemek için kullanılır. Bu, nadir genetik varyantların korunmasına olanak tanır (Hammerstedt ve Graham, 1992).
- **İslah ve Genetik İyileştirme:** Biyobankalardaki genetik materyal, ıslah programlarında kullanılarak popülasyonların genetik yapısını iyileştirmeye yardımcı olur (Blesbois, 2012).

7.5. Biyobankaların Geleceği ve Teknolojik Gelişmeler

Teknolojik ilerlemeler, biyobankaların işlevselliğini artırmakta ve genetik materyalin korunması için yeni fırsatlar sunmaktadır.

- **Nanoteknoloji ve Yeni Kriyoprotektanlar:** Nanoteknoloji tabanlı kriyoprotektanlar, sperm hücrelerini daha etkin bir şekilde koruyarak biyobankaların başarısını artırabilir (Sun vd., 2021). Bu yeni nesil kriyoprotektanlar, hücrelerin dondurulma ve çözülme süreçlerinde oluşabilecek hasarları en aza indirerek, daha yüksek canlılık ve hareketlilik sağlayabilir.
- **Dijital ve Genetik Veri Entegrasyonu:** Genetik materyalin dijital ve genetik veri tabanlarıyla entegre edilmesi, biyobankaların daha verimli ve erişilebilir hale gelmesini sağlar. Bu entegrasyon, veri analizinin hızını artırarak, genetik çeşitliliğin izlenmesini kolaylaştırır ve biyobankaların yönetimini daha etkili hale getirir.

7.6. Uluslararası İş birlikleri ve Biyobankaların Küresel Önemi

Biyobankaların etkinliği, uluslararası iş birlikleri ve standartlaşmış protokollerle artırılabilir. Küresel biyobankacılık ağı, farklı ülkelerdeki genetik kaynakların korunmasını ve paylaşılmasını kolaylaştırır.

- **Genetik Kaynakların Paylaşımı:** Farklı ülkelerden toplanan genetik materyalin paylaşımı, genetik çeşitliliğin küresel ölçekte korunmasına katkı sağlar.

- **Uluslararası Biyobankacılık Standartları:** Uluslararası standartlar, biyobankaların işleyişini ve genetik materyalin saklama kalitesini artırır. Bu standartlar, genetik materyalin güvenli ve uzun süreli depolanmasını sağlayarak, biyobankalar arası veri ve materyal değişimini kolaylaştırır. Biyobankalar, kanatlı türlerin genetik kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir kullanımında kritik bir role sahiptir. Hem ticari üretimde hem de nesli tükenme tehlikesi altındaki türlerin korunmasında biyobankaların önemi giderek artmaktadır.

Teknolojik yenilikler ve uluslararası iş birlikleri, biyobankaların etkinliğini artırarak gelecekte genetik materyalin korunmasında daha büyük bir potansiyel sunacaktır. Özellikle, yeni dondurma teknikleri, daha az zarar veren kriyoprotektanlar ve genetik materyalin dijital kaydı gibi gelişmeler, biyobankaların kapasitesini ve güvenilirliğini artırmaktadır. Ayrıca, biyobankaların yönetimi ve genetik materyalin paylaşımı konusunda geliştirilecek etik ve hukuki düzenlemeler, bu alandaki uygulamaların daha sürdürülebilir olmasını sağlayacaktır.

8. KRİYOPREZERVASYONUN GELECEĞİ VE YENİ TEKNOLOJİLER

Kriyoprezervasyon teknolojisi, genetik kaynakların korunması ve biyolojik çeşitliliğin sürdürülmesi açısından büyük bir öneme sahiptir. Günümüzde bu teknoloji, kanatlı hayvanlarda üreme biyoteknolojilerinin temel bir bileşeni olarak kullanılmaktadır. Ancak, kriyoprezervasyon süreçlerinin etkinliğini artırmak ve kanatlı türlere özgü sorunları çözmek için sürekli olarak yeni teknolojilerin geliştirilmesi gerekmektedir. Gelecekte, biyoteknolojik yenilikler ve ileri düzey kriyoprezervasyon teknikleri, bu alandaki uygulamaları daha etkili ve geniş kapsamlı hale getirecektir.

8.1. Yeni Nesil Kriyoprotektanlar

Klasik kriyoprotektanlar (örneğin gliserol ve DMSO), sperm hücrelerini koruma konusunda etkili olsa da bazı türlerde istenmeyen yan etkilere yol açabilir. Bu nedenle, biyolojik uyumluluğu daha yüksek olan yeni nesil kriyoprotektanların geliştirilmesi, kriyoprezervasyonun geleceğinde kritik bir rol oynayacaktır.

- **Doğal Kriyoprotektanlar:** Balık antifriz proteinleri ve trehaloz gibi doğal bileşenler, sperm hücrelerini dondurma hasarına karşı koruma potansiyeline sahiptir. Bu maddelerin kriyoprezervasyon protokollerine entegrasyonu, daha etkili koruma sağlayabilir (Sun vd., 2021).
- **Nanoteknoloji Tabanlı Kriyoprotektanlar:** Nanoteknoloji, kriyoprezervasyon sırasında sperm hücrelerini stabilize etmek için kullanılabilir. Örneğin, soya lesitini nanopartikülleri, hücre zarını koruyarak oksidatif stresi azaltabilir ve sperm kalitesini artırabilir (Rakha vd., 2016).

8.2. Vitrifikasyon Teknolojisi

Vitrifikasyon, sperm hücrelerinin çok hızlı bir şekilde dondurulmasını sağlayarak buz kristali oluşumunu tamamen engeller. Bu teknoloji, geleneksel dondurma yöntemlerine kıyasla daha az hücresel hasara yol açar. Vitrifikasyonun kanatlı hayvanlarda yaygınlaştırılması, kriyoprezervasyon sonrası sperm kalitesini önemli ölçüde artırabilir. Hızlı dondurma ve çözme süreçleri; hücre içi ve dışındaki buz kristali oluşumunu önler ve sperm canlılığını koruma oranını artırır (Hammerstedt ve Shultz, 1994).

Bununla birlikte, vitrifikasyonun başarı oranı; kullanılan kriyoprotektan türü, sperm yoğunluğu ve dondurma-çözme hızlarına bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Ayrıca, bu yöntemin uygulanabilirliği ve etkinliği, farklı kanatlı türlerine göre optimize edilmelidir. Gelecekte, vitrifikasyonun daha yaygın kullanımını desteklemek için türlere özel protokoller ve ekipmanların geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır.

8.3. Genetik Mühendislik ve Hücresel Yenilikler

Genetik mühendislik, kriyoprezervasyonun geleceğinde önemli bir yer tutmaktadır. Genetik modifikasyonlar, sperm hücrelerinin kriyoprezervasyona dayanıklılığını artırmak için kullanılabilir.

- **Genetik Dayanıklılık Artırımı:** Genetik mühendislik teknikleri, sperm hücrelerinin stresle başa çıkma yeteneğini artıran genetik özelliklerin geliştirilmesine olanak tanır.

- **Primordial Germ Hücresi Kriyoprezervasyonu:** Kanatlı hayvanlarda üreme biyoteknolojilerinde giderek daha fazla ilgi gören primordial germ hücrelerinin dondurularak saklanması, genetik materyalin korunmasında alternatif bir yöntem sunmaktadır.

8.4. Yapay Zekâ ve Veri Tabanı Yönetimi

Kriyoprezervasyonun geleceği, yapay zekâ (YZ) ve büyük veri teknolojilerinin entegre edilmesiyle daha etkili hale gelecektir.

- **YZ Tabanlı Protokol Optimizasyonu:** Yapay zekâ, dondurma ve çözme protokollerinin optimize edilmesine yardımcı olabilir. Türlere özgü en iyi dondurma hızlarını ve kriyoprotektan kombinasyonlarını belirlemek için YZ kullanılabilir.
- **Genetik Veri Yönetimi:** Dijital biyobankalar, kriyoprezervasyonla saklanan genetik materyalin izlenmesi ve analizi için daha etkin çözümler sunar. Bu, biyobankaların işleyişini daha verimli hale getirir.

8.5. Türlere Özgü Kriyoprezervasyon Protokollerinin Geliştirilmesi

Kanatlı türleri arasında genetik ve fizyolojik farklılıklar, kriyoprezervasyon protokollerinin türlere özgü hale getirilmesini gerektirir. Gelecekte bu farklılıkları daha iyi anlamaya yönelik araştırmalar, her tür için daha etkili protokollerin geliştirilmesini mümkün kılacaktır (Tajima vd., 1990). Tavuk, hindi ve diğer kanatlı türlerinin sperm fizyolojisine uygun spesifik kriyoprezervasyon yöntemlerinin geliştirilmesi, doğurganlık oranlarını artırabilir.

8.6. Oksidatif Stresin Azaltılması

Oksidatif stres, kriyoprezervasyon sırasında sperm hücrelerinde en büyük zarara neden olan faktörlerden biridir. Gelecekte, oksidatif stresi azaltmaya yönelik daha etkili antioksidanların geliştirilmesi, sperm kalitesinin korunmasına yardımcı olacaktır (Mehdipour vd., 2018).

8.7. Küresel İş birlikleri ve Biyobankaların Entegrasyonu

Küresel ölçekte biyobankaların iş birliği yapması, genetik kaynakların daha iyi korunmasını sağlayabilir. Uluslararası standartların oluşturulması ve biyobankalar arası veri paylaşımı, kriyoprezervasyon uygulamalarını daha etkili hale getirebilir. Farklı ülkelerdeki biyobankaların bütünleştirilmesi, kanatlı türlerin genetik kaynaklarının daha geniş ölçekte korunmasını mümkün kılar.

Kriyoprezervasyon teknolojisinin geleceği, biyoteknoloji, genetik mühendislik, nanoteknoloji ve yapay zekâ gibi alanlardaki yeniliklerle şekillenecektir. Daha dayanıklı kriyoprotektanların geliştirilmesi, türlere özgü protokollerin optimize edilmesi ve küresel biyobankacılık iş birlikleri, kanatlı hayvanlarda genetik materyalin korunmasını daha etkili ve sürdürülebilir hale getirecektir. Teknolojik gelişmeler, yalnızca ticari üretim için değil, aynı zamanda nesli tükenmekte olan türlerin korunması için de kriyoprezervasyonun potansiyelini artıracaktır.

9.KRİYOPREZERVASYONUN EKONOMİK VE ÇEVRESEL ETKİLERİ

Kriyoprezervasyon, yalnızca genetik materyalin korunmasında değil, aynı zamanda ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada da önemli bir teknoloji olarak öne çıkmaktadır. Özellikle ticari üretimde maliyet etkinliği sağlaması ve nesli tükenmekte olan türlerin korunmasına olanak tanınması, bu teknolojinin ekonomik ve çevresel açıdan değerini artırmaktadır.

9.1.Ekonomik Faydalar

Kriyoprezervasyon, ticari kanatlı üretiminde yüksek verimli genetik hatların uzun vadeli saklanması ve uluslararası düzeyde kolay transfer edilmesini sağlar.

- **Maliyet Etkinliği:** Kriyoprezervasyon, yüksek verimli damızlık hatların genetik materyallerinin uzun süre saklanması ve gerektiğinde kullanılmasını sağlayarak, üretim maliyetlerini düşürür. Bu teknoloji, yapay tohumlama gibi uygulamalarla birleştirildiğinde, genetik iyileştirme süreçlerini hızlandırır ve daha az kaynak kullanımıyla daha yüksek üretim elde edilmesine olanak tanır

(Blesbois ve Brillard, 2007). Ayrıca, bu yöntem sayesinde genetik materyalin israfı en aza indirilir ve üretim döngüsünün sürdürülebilirliği artırılır.

- **Uluslararası Ticaret:** Dondurulmuş sperm, embriyo ve diğer genetik materyallerin uluslararası transferi, canlı hayvan taşımaya kıyasla daha düşük maliyetlidir ve sağlık risklerini minimize eder. Bu durum, ticari kanatlı hayvancılığında ekonomik açıdan büyük avantajlar sunar (Rakha vd., 2016). Aynı zamanda, ülkeler ve bölgeler arasındaki genetik çeşitliliğin korunması ve geliştirilmesi açısından da büyük bir fırsat yaratır. Bu tür materyallerin taşınabilirliği, ticari iş birliklerini kolaylaştırırken hastalıkların yayılma riskini önemli ölçüde azaltır.

9.2.Çevresel Etkiler

Kriyoprezervasyon, çevresel sürdürülebilirlik açısından da önemli katkılar sunar. Özellikle, nesli tükenmekte olan türlerin korunmasında ve doğal popülasyonların desteklenmesinde büyük bir potansiyele sahiptir.

- **Biyolojik Çeşitliliğin Korunması:** Kriyoprezervasyon, tehdit altındaki türlerin genetik materyallerini biyobankalarda saklayarak, genetik çeşitliliğin sürdürülmesine katkıda bulunur. Bu, hem ekosistem dengesinin korunmasına hem de gelecekteki yeniden popülasyon oluşturma çalışmalarına olanak tanır (Kowalczyk ve Łukaszewicz, 2015).
- **Doğal Popülasyonlar Üzerindeki Baskının Azaltılması:** Nesli tükenmekte olan kanatlı türlerin genetik materyalinin kriyoprezervasyonu, doğal habitatlardaki üreme baskısını azaltarak bu türlerin çevreye zarar görmeden korunmasını sağlar. Bu durum, av hayvanlarının sürdürülebilir yönetimi için de önemlidir (Hammerstedt ve Shultz, 1994).

9.3. Uzun Vadeli Sürdürülebilirlik

Kriyoprezervasyonun ekonomik ve çevresel faydaları, uzun vadede sürdürülebilir tarım ve biyoçeşitlilik hedeflerine ulaşmayı destekler.

Biyoteknolojik yeniliklerle birleşen kriyoprezervasyon teknikleri hem ticari hem de koruma amaçlı uygulamalarda daha geniş bir kullanım alanı bulacaktır.

KAYNAKÇA

- Bailey, J. L., Bilodeau, J. F., & Cormier, N. A. T. H. A. L. Y. (2000). Semen cryopreservation in domestic animals: a damaging and capacitating phenomenon. *Journal of andrology*, 21(1), 1-7.
- Bakst, M. R., G. J. Wishart, and J. P. Brillard. 1994. Oviductal sperm selection, transport and storage in poultry. *Poult. Sci. Rev.* 5:117–143.
- Bearer, E. L., and D. S. Friend. 1990. Morphology of mammalian sperm membranes during differentiation, maturation, and capacitation. *J. Electron Microsc. Tech.* 16:281–297.
- Blackburn, H. D. (2006). The national animal germplasm program: challenges and opportunities for poultry genetic resources. *Poultry science*, 85(2), 210-215.
- Blesbois, E. (2007). Current status in avian semen cryopreservation. *World's Poultry Science Journal*, 63(2), 213-222.
- Blesbois, E. (2012). Biological features of the avian male gamete and their application to biotechnology of conservation. *The Journal of Poultry Science*, 49(3), 141-149.
- Blesbois, E., & Brillard, J. P. (2007). Specific features of in vivo and in vitro sperm storage in birds. *Animal*, 1(10), 1472-1481.
- Blesbois, E., Grasseau, I., & Seigneurin, F. (2005). Membrane fluidity and the ability of domestic bird spermatozoa to survive cryopreservation. *Reproduction*, 129(3), 371-378.
- Blesbois, E., Grasseau, I., & Seigneurin, F. (2005). Membrane fluidity and the ability of domestic bird spermatozoa to survive cryopreservation. *Reproduction*, 129(3), 371-378.
- Donoghue, A. M., & Wishart, G. J. (2000). Storage of poultry semen. *Animal reproduction science*, 62(1-3), 213-232.
- Gao, D., & Critser, J. K. (2000). Mechanisms of cryoinjury in living cells. *ILAR journal*, 41(4), 187-196.
- Grigg, G. W., & Hodge, A. J. (1949). Electron microscopic studies of spermatozoa I. The morphology of the spermatozoon of the common domestic fowl (*Gallus domesticus*). *Australian Journal of Biological Sciences*, 2(3), 271-286.

- Hammerstedt, R. H., & Graham, J. K. (1992). Cryopreservation of poultry sperm: the enigma of glycerol. *Cryobiology*, 29(1), 26-38.
- Hammerstedt, R. H., and F. T. Shultz. 1994. Long-duration semen holding: Description, consequences and preparations for optimum use. 17th Annu. Tech. Turkey Conf., Renfrew (Glasgow) Scotland, UK.
- Holt, W. V. (2000). Fundamental aspects of sperm cryobiology: the importance of species and individual differences. *Theriogenology*, 53(1), 47-58.
- Janosikova, M., Petricakova, K., Ptacek, M., Savvulidi, F. G., Rychtarova, J., & Fulka Jr, J. (2023). New approaches for long-term conservation of rooster spermatozoa. *Poultry Science*, 102(2), 102386.
- Jia, B., Memon, S., Liang, J., Lv, C., Hong, Q., Wu, G., & Quan, G. (2021). Trehalose modifies the protein profile of ram spermatozoa during cryopreservation. *Theriogenology*, 171, 21-29.
- Kowalczyk, A., & Łukaszewicz, E. (2015). Simple and effective methods of freezing capercaillie (*Tetrao urogallus* L.) semen. *PLoS One*, 10(1), e0116797.
- Kuzlu, M., & Taskin, A. (2017). The effect of different extenders on the sperm motility and viability of frozen Turkey semen. *Indian Journal of Animal Research*, 51(2), 235-241.
- Lake, P. E., & Stewart, J. M. (1978). Preservation of fowl semen in liquid nitrogen—an improved method. *British poultry science*, 19(2), 187-194.
- Lin, H. L. H., Blesbois, E., & Vitorino Carvalho, A. (2022). Chicken semen cryopreservation: importance of cryoprotectants. *World's Poultry Science Journal*, 78(1), 139-160.
- Lin, H. L. H., Blesbois, E., & Vitorino Carvalho, A. (2022). Chicken semen cryopreservation: importance of cryoprotectants. *World's Poultry Science Journal*, 78(1), 139-160.
- Liu, J., Cheng, K. M., & Silversides, F. G. (2013). Fundamental principles of cryobiology and application to ex situ conservation of avian species. *Avian Biology Research*, 6(3), 187-197.
- Long, J. A. (2006). Avian semen cryopreservation: what are the biological challenges? *Poultry science*, 85(2), 232-236.
- Long, J. A., & Kulkarni, G. (2004). An effective method for improving the fertility of glycerol-exposed poultry semen. *Poultry science*, 83(9), 1594-1601.

- Masoudi, R., Sharafi, M., Shahneh, A. Z., Kohram, H., Nejati-Amiri, E., Karimi, H., Khodaei-Motlagh, M. & Shahverdi, A. (2018). Supplementation of extender with coenzyme Q10 improves the function and fertility potential of rooster spermatozoa after cryopreservation. *Animal reproduction science*, 198, 193-201.
- Mehaisen, G. M., Partyka, A., Ligocka, Z., & Nizański, W. (2020). Cryoprotective effect of melatonin supplementation on post-thawed rooster sperm quality. *Animal reproduction science*, 212, 106238.
- Mehdipour, M., Kia, H. D., Moghaddam, G., & Hamishehkar, H. (2018). Effect of egg yolk plasma and soybean lecithin on rooster frozen-thawed sperm quality and fertility. *Theriogenology*, 116, 89-94.
- Miranda, M., Kulíková, B., Vašíček, J., Olexiková, L., Iaffaldano, N., & Chrenek, P. (2018). Effect of cryoprotectants and thawing temperatures on chicken sperm quality. *Reproduction in Domestic Animals*, 53(1), 93-100.
- Nguyen, T. M. D., Alves, S., Grasseau, I., Métayer-Coustard, S., Praud, C., Froment, P., & Blesbois, E. (2014). Central role of 5'-AMP-activated protein kinase in chicken sperm functions. *Biology of reproduction*, 91(5), 121-1.
- Rakha, B. A., Ansari, M. S., Akhter, S., Hussain, I., & Blesbois, E. (2016). Cryopreservation of Indian red jungle fowl (*Gallus gallus murghi*) semen. *Animal reproduction science*, 174, 45-55.
- Robertson, L., G. J. Wishart, and A. J. Horrocks. 2000. Identification of perivitelline N-linked glycans as mediators of spermegg interaction in chickens. *J. Reprod. Fertil.* 120:397–403.
- Santiago-Moreno, J., & Blesbois, E. (2020). Functional aspects of seminal plasma in bird reproduction. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(16), 5664.
- Sexton, T. J. 1977. A new poultry semen extender. 1. Effects of extension on the fertility of chicken semen. *Poult. Sci.* 56:1443–1446.
- Steele, M. G., and G. J. Wishart. 1996. Demonstration that the removal of sialic acid from the surface of chicken spermatozoa impedes their transvaginal migration. *Theriogenology* 46:1037–1044.

- Sun, L., He, M., Wu, C., Zhang, S., Dai, J., & Zhang, D. (2021). Beneficial influence of soybean lecithin nanoparticles on rooster frozen–thawed semen quality and fertility. *Animals*, 11(6), 1769.
- Tajima, A., E. F. Graham, R. N. Shoffner, J. S. Otis, and D. M. Hawkins. 1990. Cryopreservation of semen from unique lines of chicken germ plasm. *Poult. Sci.* 69:999–1002.
- Thélie, A., Bailliard, A., Seigneurin, F., Zerjal, T., Tixier-Boichard, M., & Blesbois, E. (2019). Chicken semen cryopreservation and use for the restoration of rare genetic resources. *Poultry Science*, 98(1), 447-455.
- Tonus, C., Connan, D., Waroux, O., Vandenhove, B., Wayet, J., Gillet, L., Desmecht, D., Antoine, N., Ectors, F.J. & Grobet, L. (2017). Cryopreservation of chicken primordial germ cells by vitrification and slow freezing: A comparative study. *Theriogenology*, 88, 197-206.
- Westfall, F. D., and G. C. Harris, Jr. 1975. The ability of cryopreservatives to prevent motility loss and freeze-thaw damage to the acrosome of chicken spermatozoa. *Cryobiology* 12:89–92.
- Wishart, G. J. 1985. Quantitation of the fertilising ability of fresh compared with frozen and thawed fowl spermatozoa. *Br. Poult. Sci.* 26:375–380.
- Wishart, G. J., and F. H. Palmer. 1986. Correlation of the fertilising ability of semen from individual male fowls with sperm motility and ATP content. *Br. Poult. Sci.* 27:97–102.

BÖLÜM 4

SAĞLIKLI VE DENGELİ BESLENMEDE KIRMIZI ETİN ÖNEMİ

Doç. Dr. Selçuk Seçkin TUNCER¹

Dr. Öğr. Üyesi Hasan ÇELİKYÜREK²

Arş. Gör. Murat TURAN³

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.15003296>

¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Van, Türkiye.
selcukseckintuncer@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-8252-8009

² Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Van, Türkiye.
hasancy@yyu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0001-5154-7979

³ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Van, Türkiye.
muratturan@yyu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0001-9286-3046

GİRİŞ

İnsanların fizyolojik gereksinimleri dikkate alındığında, yeme-içme ve uykunun öncelikli ihtiyaçlar olduğu bildirilmiştir. Besin alımının en önemli fizyolojik gereksinim olmasının nedeni beslenme yoluyla büyüme ve gelişmenin sağlıklı olarak uzun yıllar devam ettirilebilmesi için gerekli olan gıdanın vücuda alınması ve kullanılmasıdır (Karakaş, 2010). Etin besin maddesi olarak kullanılmasının beyin gelişiminde önemli rol oynadığı bilinmektedir ve en az 2,6 milyon yıl önce diyetlere dahil edildiği düşünülmektedir. Kırmızı et, sağlık için faydalı yağ asitleri ve çeşitli mikro besinlerin yanı sıra yüksek kaliteli protein kaynağı sağlayarak insan beslenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Diyetle gereğinden fazla alınan protein enerji sağlamak için kullanılır. Kırmızı etin sağladığı enerji miktarı değişkendir. Yağ ise besinde en zengin enerji kaynağını sağlar (Wyness, 2016). Tablo 1’de türlere göre kırmızı etlerin besin kompozisyonu verilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi 85 g pişmiş ette bulunan 23-25 g protein bulunması nedeniyle kırmızı et yüksek bir protein kaynağı olarak kabul edilir.

Tablo 1. Çeşitli türlerin kırmızı et besin kompozisyonu*

85 g pişmiş et	Kalori (Kcal)	Yağ (g)	Doymuş yağ (g)	Kolesterol (mg)	Protein (g)	Demir (mg)
Keçi	122	2,8	0,79	63,8	23	3,2
Sığır	179	7,9	3,0	73,1	25	2,9
Domuz	180	8,2	2,9	73,2	25	2,7
Kuzu	175	8,1	2,9	78,2	24	1,4

*(Mazinani ve Rude, 2020).

Kırmızı et, kıyılmış veya dondurulabilenler de dahil olmak üzere işlenmemiş memeli kas etini (örneğin sığır eti, dana eti, domuz eti, kuzu eti) ifade eder. Kırmızı et, yüksek biyolojik değere sahip proteinler, B vitaminleri, demir ve çinko gibi önemli mikro besinler içerir (Anonim, 2018).

1. Ekonomik olarak hayvansal üretimin tarımsal üretimdeki payı

Tarımsal üretimin tarihsel sürecinde hayvansal ve bitkisel üretim ekonomik yetiştiricilik için birbirini tamamlayan bir ilişki içinde olmuştur.

Bununla birlikte tarımsal üretimden sağlanan toplam gelirden hayvansal üretimin payı gelişmişlik ölçüsünü belirlemede önemli bir parametre olarak kabul edilir. Nitekim 2020 yılı itibariyle toplam tarımsal üretim değerinde hayvansal üretim oranının dünya ortalaması %30,81 olarak bulunurken Avrupa Birliği ülkelerinde %41,97 ve az gelişmiş ülkelerde %17,92 olarak saptanmıştır (Tablo 2). Coğrafik alanlar olarak incelendiğinde hayvansal üretimin ekonomik payı Afrika’da en düşük (%21,91) saptanırken, Okyanusya, Avrupa, Güney Amerika, Kuzey Amerika ve Asya’da bu oranlar sırasıyla; %52,62, %41,89, %34,38, %31,91 ve %28,61 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 2. Dünya tarımsal ve hayvansal üretim değerleri ve hayvansal üretimin payı*

	Tarımsal Üretim (milyon US\$)	Hayvansal Üretim (milyon US\$)	Hayvansal Üretim Payı (%)
Avrupa Birliği	339.702	142.557	41,97
Az Gelişmiş Ülkeler	166.875	29.906	17,92
Afrika	284.328	62.290	21,91
Asya	2.618.924	749.345	28,61
Avrupa	506.621	212.215	41,89
Güney Amerika	273.767	94.119	34,38
Kuzey Amerika	340.537	108.671	31,91
Okyanusya	43.568	22.925	52,62
World	4.145.214	1.277.267	30,81

*(FAO, 2022)

2. Yeterli ve dengeli beslenme

Geleneksel olarak et, sağlıklı bir yaşam için gerekli olan yüksek biyolojik değerli protein ve önemli mikro besinler içeren çok değerli bir gıda olarak kabul edilir. Bununla birlikte gelişmiş ülkelerde artan refahla birlikte tüketimi kademeli olarak artan kırmızı et tüketiminde 1980’lerden itibaren daha yağsız et talebine yönelik önemli bir eğilim ortaya çıkmıştır (Higgs, 2000; Williams, 2007). Ruminant hayvanların kas içi yağının yaklaşık %50’si esansiyel omega-3 doymamış yağ asitleri de dahil olmak üzere bir dizi yağ içerir (McAfee vd., 2010; Williams, 2007). Besin kompozisyonu ırka, beslenme rejimine, mevsime ve et kesimine göre biraz değişiklik göstermekle birlikte, yağsız kırmızı et

nispeten düşük yağ içeriğine, orta düzeyde kolesterol ve zengin protein, birçok esansiyel vitamin ve mineral içeriğine sahiptir (Williams, 2007; Karakuş vd., 2018).

Tablo 3, yağı alınmış Avustralya kırmızı eti (sığır eti, dana eti, kuzu ve koyun eti) numunelerinin tipik besin bileşimini göstermektedir. Yağsız 100 g sığır ve koyun eti Vitamin B₁₂ ihtiyacının tamamını karşılarken, dört et çeşidi protein ihtiyacının 1/3'e yakını, demir, pantotenik asit, riboflavin ve selenyumun %10'dan fazlasını karşılamaktadır. Dana eti niasin ve protein, kuzu eti enerji, Vitamin A ve kalsiyum bakımından zengindir. Koyun etinin fosfor, demir, bakır, B₁₂ ve tiamin bakımından zengin içeriği dikkat çekmektedir.

Tablo 3. Türlerin et besin kompozisyonu (100 g) (Avustralya)*

100 g yağı alınmış et	Sığır	Dana	Kuzu	Koyun	Referans
Su (g)	73,10	74,80	72,90	73,20	
Protein (g)	23,20	24,80	21,90	21,50	46-64
Yağ (g)	2,80	1,50	4,70	4,00	-
Enerji (kJ)	498,00	477,00	546,00	514,00	6500-15800MJ
Kolestrol (mg)	50,00	51,00	66,00	66,00	-
Tiamin (mg)	0,04	0,06	0,12	0,16	1,1-1,2
Riboflavin (mg)	0,18	0,20	0,23	0,25	1,1-1,6
Niasin (mg)	5,00	16,00	5,20	8,00	14-16
Vitamin B ₆ (mg)	0,52	0,80	0,10	0,80	1,3-1,7
Vitamin B ₁₂ (µg)	2,50	1,60	0,96	2,80	2,4
Pantothenik asit (mg)	0,35	1,50	0,74	1,33	4-6
Vitamin A (µg)	<5	<5	8,60	7,80	700-900 µg
Beta-karoten (µg)	10,00	<5	<5	<5	700-900 µg
Alpha-tokoferol (mg)	0,63	0,50	0,44	0,20	7-10
Sodyum (mg)	51,00	51,00	69,00	71,00	460-920
Potasyum (mg)	363,00	362,00	344,00	365,00	2800-3800
Kalsiyum (mg)	4,50	6,50	7,20	6,60	1000-1300
Demir (mg)	1,80	1,10	2,00	3,30	8-18
Çinko (mg)	4,60	4,20	4,50	3,90	8-14
Magnezyum (mg)	25,00	26,00	28,00	28,00	310-420
Fosfor (mg)	215,00	260,00	194,00	290,00	1000
Bakır (mg)	0,12	0,08	0,12	0,22	1,2-1,7
Selenyum (µg)	17,00	<10	14,00	<10	60-70

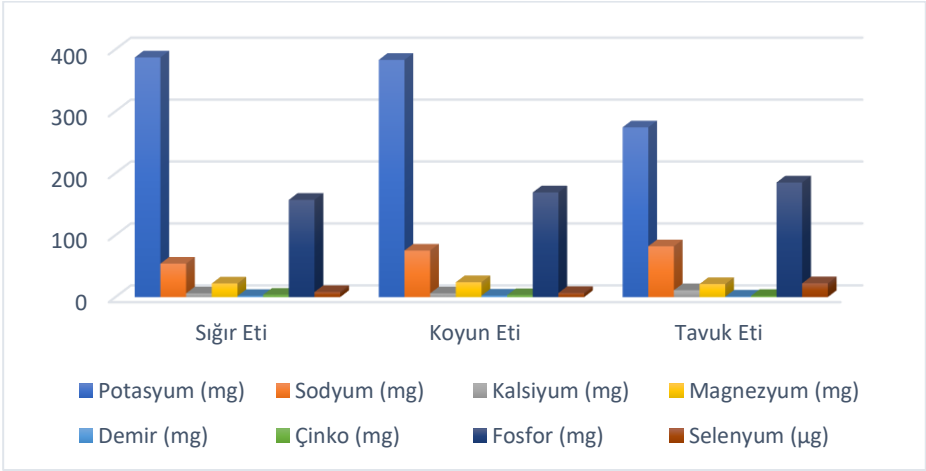
*(Williams, 2007)

Tablo 4. Sığır, koyun ve tavuk etlerinde besin madde kompozisyonları (bileşen değerleri gıdanın yenilebilir 100 g'ı içindir)*

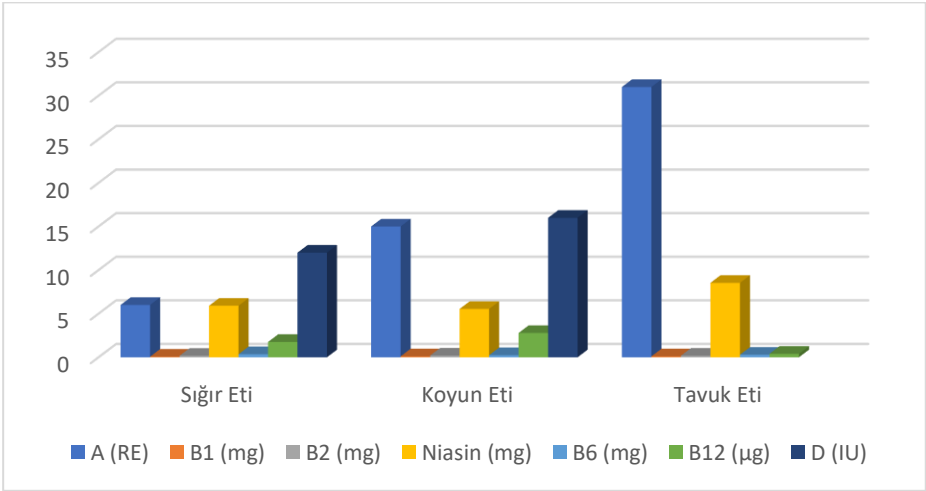
Hammadde ve Vitaminler	Sığır Eti	Koyun Eti	Tavuk Eti
Potasyum (mg)	387	383	274
Sodyum (mg)	54	75	82
Kalsiyum (mg)	6	6	11
Magnezyum (mg)	22	24	21
Demir (mg)	1,76	2,24	0,68
Çinko (mg)	3,67	3,13	1,66
Fosfor (mg)	157	169	185
Selenyum (µg)	8,2	6,6	22,3
A (RE)	6	15	31
B1 (mg)	0,074	0,108	0,109
B2 (mg)	0,173	0,199	0,184
Niasin (mg)	5,915	5,541	8,536
B6 (mg)	0,357	0,247	0,3
B12 (µg)	1,76	2,79	0,4
D (IU)	12	16	-

*(Özlü ve Ercoşkun, 2021)

Tablo 4'te sığır, koyun ve tavuk etlerinin 100 g yenilebilir miktarları için vitamin ve mineral madde bakımından besin değerleri verilmiştir. Tabloda da belirtildiği üzere hayvan türlerine göre besin değerleri değişkenlik göstermektedir. Mineral içeriği bakımından karşılaştırıldığında; potasyum miktarının en fazla sığır etinde, sodyum miktarı tavuk etinde, kalsiyum miktarının tavuk etinde, magnezyum miktarının koyun etinde, demir miktarının koyun etinde fazla olduğu tespit edilmiştir. Çinko mineralinin en fazla olduğu türün sığır eti, fosfor ve selenyum bakımından en zengin etin ise tavuk eti olduğu tespit edilmiştir. Vitaminler bakımından incelendiğinde, en fazla A vitamini Tavuk etinde bulunurken en az ise sığır etinde bulunmaktadır. Tabloya göre, B1 vitamini en fazla tavuk etinde, B2 koyun etinde, Niasin tavuk etinde, B6 sığır etinde, B12 koyun etinde ve D vitamini en fazla koyun etinde bulunmaktadır. Hayvan türlerine göre ette bulunan mineral madde ve vitamin oranları Şekil 1 ve 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Hayvan türlerine göre ette bulunan mineral madde oranları (Özlu ve Ercoşkun, 2021).



Şekil 2. Hayvan türlerine göre ette bulunan vitamin oranları (Özlu ve Ercoşkun, 2021).

Tablo 5'te 2005-2021 yılları arasında kıtalardaki yeterince beslenemeyen insan sayısını ve kıta popülasyonuna oranı verilmiştir. 2005 yılında dünya nüfusunun %12,2'sine karşılık gelen yaklaşık 798,3 milyon kişide yetersiz beslenme sorunu yaşanmıştır. 2015 yılına kadar yetersiz besleme sorununda gözlenen olumlu gelişmeler 2020 ve 2023 yıllarında kötüleşmiştir. Pandemi döneminde yaşanan ekonomik sıkıntıların bu sonuca etkisinin yüksek olduğu söylenebilir. 2021 yılı itibariyle yaklaşık olarak her 10 kişiden 1'inin yetersiz beslenme ile karakterize olan açlık sorunları yaşadığı söylenebilir. Tabloya

göre, Afrika'nın toplam nüfusunun %20,4'ü yetersiz beslenme sorunu yaşamakta ve bu oranla dünya ortalamasından (%9,1) daha yüksek olan tek kıtası konumundadır. En yüksek yetersiz beslenen insan popülasyonuna sahip (384,5 milyon) Asya kıtası ve Okyanusya sırasıyla; %8,1 ve %7,3 oranlarla diğer beslenme sorunu yaşayan kıtalar olarak saptanmıştır. Bununla birlikte en gelişmiş ülkelerin bulunduğu Kuzey Amerika ve Avrupa'da yıllar itibariyle istatistik olarak önemli sorunların yaşanmadığı tespit edilmiştir.

Tablo 5. Farklı coğrafyalarda yetersiz beslenen ortalama insan sayısı ve nüfuslarına oranı*

Yıl	2005		2010		2015		2020		2023	
	milyon	%	milyon	%	milyon	%	milyon	%	milyon	%
Afrika	184,4	19,9	167,4	15,9	192,1	16	256,5	18,8	298,4	20,4
Asya	552,6	13,9	391,4	9,3	336,3	7,5	361,7	7,8	384,5	8,1
G Amerika	31,4	8,4	20,1	5,1	16,3	3,9	25,4	5,9	22,8	5,2
K Amerika	-	<2,5	-	<2,5	-	<2,5	-	<2,5	-	<2,5
Avrupa	-	<2,5	-	<2,5	-	<2,5	-	<2,5	-	<2,5
Okyanusya	2,3	6,9	2,7	7,3	2,8	6,9	2,9	6,7	3,3	7,3
Dünya	798,3	12,2	604,8	8,7	570,2	7,7	669,3	8,3	733,4	9,1

*(FAO, 2024)

Bireylerin olduğu kadar toplumların gelişimi için de yeterli ve dengeli beslenme önemlidir. Sağlıklı, dinamik, ekonomik ve sosyal refah seviyeleri yüksek toplum olabilmek için yeterli ve dengeli beslenme gereklidir. Bu sayede birey ve toplumların üretkenliğinden bahsedilebilir. Bunun için de insanların hayvansal protein ihtiyacının yeterli seviyede karşılanması zorunludur. Protein vücudun büyümesi, bakımı ve onarımı için gereklidir (Karakaş, 2010; Karakuş vd., 2018). Kırmızı et, yetişkinlerin ihtiyaç duyduğu sekiz temel amino asidin ve çocukların ihtiyaç duyduğu dokuz amino asidin tümünü bulandıran biyolojik değeri yüksek protein içerir (Wyness, 2016). Yeterli ve dengeli beslenmek için tüketilen günlük proteinin %40-50'sinin hayvansal kaynaklı proteinlerden karşılanması önemlidir (Karakaş, 2010).

Tablo 6. Toplam protein (g/kişi/gün) ve hayvansal protein (%) alımı*

Yıl	2005		2010		2015		2018		% Değişim	
	T.P.	H.P.	T.P.	H.P.	T.P.	H.P.	T.P.	H.P.	T.P.	H.P.
Afrika	55,7	11,3	60,2	12,6	63,9	13,9	63,3	13,4	13,6	18,6
Asya	69,2	21,4	73,8	24,4	78,0	26,8	80,4	28,2	16,2	31,8
Güney Amerika	77,1	38,5	83,5	43,8	85,9	47,2	86,7	47,9	12,5	24,4
Kuzey Amerika	112,9	72,3	108,3	68,5	109,7	69,3	113,1	72,3	0,2	
Avrupa	98,6	54,9	101,2	57,1	101,1	56,1	102,4	57,1	3,9	4,0
Okyanusya	77,9	49,9	88,0	56,6	92,8	59,6	92,3	58,1	18,5	16,4
Dünya	73,4	27,7	77,1	29,8	80,1	31,3	81,7	32,1	11,3	15,9
Az Gel. Ülk.	45,9	8,3	52,1	10,1	58,1	12,3	58,6	12,2	27,7	47,0
Gel. Olan Ülk.	83,7	32,9	90,2	37,7	95,1	40,5	97,2	41,4	16,1	25,8
Gelişmiş Ülk.	102,0	60,4	100,5	59,2	100,7	59,1	102,5	60,6	0,5	0,3
Türkiye	103,0	26,3	103,0	30,0	108,3	36,0	110,3	38,7	7,1	47,1

*(FAO, 2022)

İnsanların et tüketim alışkanlıkları ve bu tüketimi etkileyen faktörlerin belirlenmesi et üretimini arttırmaya yönelik faaliyetlere de yardımcı olacaktır. Tablo 6’da dünyanın farklı coğrafik ve sosyo-ekonomik alanlarında yaşayan toplumların toplam protein alımları ve bunun hayvansal protein oranları verilmiştir. Yetişkin bir insanın günlük hayvansal protein ihtiyacı yaklaşık olarak 35 g’dır (Karakaş, 2010). Buna karşılık Tablo 6’da görüleceği gibi 2018 yılı itibarıyla dünyada kişi başına günlük 32,1 g hayvansal protein tüketilmektedir. Afrika kıtası ülkelerinde toplam protein ve hayvansal protein tüketimlerinde, Asya kıtasında ise hayvansal protein tüketiminde yetersizlikler saptanmıştır. Güney Amerika, Avrupa ve Okyanusya ülkelerinde tavsiye edilen günlük tüketimin üstünde gözlenirken Kuzey Amerika ülkelerinde özellikle hayvansal protein tüketiminde 2 katından fazla alım dikkati çekmektedir.

Gelişmiş ülkelerde hayvansal protein tüketimi kişi başına 60,6 g, az gelişmiş ülkelerde ise 12,2 g’dır. Az gelişmiş ülkelerde gerek toplam protein gerekse toplam protein içerisinde hayvansal protein tüketimi yeterli değildir. Gelişmekte olan ülkeler arasında yer alan Türkiye’de kişi başına ortalama günlük hayvansal protein tüketimi 38,7 g’dır. Türkiye geliştirmekte olan ülkelerle karşılaştırıldığında toplam protein tüketimi bakımından daha yüksek olduğu saptanırken, toplam protein içerisinde hayvansal protein tüketimi bakımından

ise daha düşük bulunmuştur. Buna rağmen 2005-2018 yılları arasında kişi başına hayvansal protein tüketiminde oldukça yüksek (%47,1) bir artış gerçekleşmiştir.

Pandemi dönemiyle ilgili istatistikler henüz bilinmemekle birlikte özellikle geri kalmış ülkelerde durumun daha da kötüye doğru gittiği tahmin edilmektedir.

3. Kırmızı et üretimi

Kıtalara ve ülkelerin gelişmişlik düzeylerine göre ruminantlarda et üretimi Tablo 7’de verilmiştir. Tablo incelendiğinde, coğrafik alan olarak Amerika kıtası en önemli sığır eti üreticisi durumundadır. Asya ve Avrupa sırasıyla diğer önemli sığır eti üreticisi kıtalardır. Koyun ve keçi eti üretimindeyse Asya ve Afrika kıtası en önemli alanlar olarak tespit edilmiştir. Sosyo-ekonomik gelişmişlik düzeyine göre incelendiğindeyse gelişmiş kıtalarla benzer şekilde gelişmiş birliklerde (AB) sığır eti üretimi daha ön plandayken küçükbaş hayvan yetiştiriciliği çoğunlukla az gelişmiş ülkelerde yoğunlaşmıştır. Bunun nedeni sığır üretiminin daha entansif koşullar gerektirmesi, küçükbaş hayvancılığınsa meraya dayalı daha ekonomik bir yetiştiricilikle yapılabilmesi olarak ifade edilebilir.

Tablo 7. Farklı coğrafik ve sosyo ekonomik alanlarda kırmızı et üretimi (milyon ton)*

Yıl	Sığır			Koyun			Keçi		
	2007	2014	2021	2007	2014	2021	2007	2014	2021
Afrika	5,27	6,31	6,87	1,52	1,73	1,99	1,08	1,26	1,45
Amerika	30,99	31,00	32,95	0,93	0,40	0,43	0,14	0,13	0,14
Avrupa	11,11	10,17	10,46	1,31	1,12	0,11	0,13	0,11	0,09
Asya	13,69	16,49	19,46	4,04	4,53	5,35	3,48	3,92	4,70
Okyanusya	2,81	3,24	2,70	1,26	1,21	1,11	0,02	0,03	0,02
Dünya	63,87	67,21	72,45	8,53	8,99	9,96	4,85	5,44	6,40
Az Gel Ülk	2,84	3,66	4,02	0,74	0,92	1,08	0,89	1,19	1,37
AB	7,30	6,57	6,88	0,73	0,54	0,52	0,10	0,07	0,06
Türkiye	0,55	0,82	1,46	0,19	0,24	0,39	0,05	0,06	0,09

*(FAO, 2022)

Türkiye’de 2007-2021 yılları arasındaki kırmızı et üretim ve kişi başına tüketim miktarları Tablo 8’de verilmiştir. Türkiye toplam kırmızı et üretiminde sığır etinin payında artış olduğu gözlenirken diğer türlerin (keçi, koyun, manda) payında oransal düşüşler olduğu saptanmıştır. Türkiye’de kişi başı yıllık et tüketimiye yaklaşık olarak iki kat artarak 23.052 kg olarak gerçekleşmiştir. Bu miktar 2021 yılı itibariyle dünya (11,26 kg) ve AB ortalamasından (16,68 kg) yüksek, ABD’den (38,6 kg) (FAO, 2022) düşük bulunmuştur. Bununla birlikte domuz etinin tüketiminde sınırlamanın yaşanmadığı ülkelerde kişi başı kırmızı et tüketiminde artışlar gözlenmiştir. Nitekim domuz etinin de dahil olduğu toplam kırmızı et tüketimi 2021 yılı için dünya ortalaması 26,52 kg, AB ülkelerinde 69,04 kg, ABD’de 76,43 kg olarak saptanmıştır.

Tablo 8. Türkiye kırmızı et üretimi (ton) ve tüketimi (kişi/kg/yıl)*

Yıl	2007		2011		2015		2017		2021	
	ton	%	ton	%	ton	%	ton	%	ton	%
Keçi	50.712	6,4	44.840	4,6	69.757	5,9	77.794	5,4	94.555	4,9
Koyun	191.428	24,0	210.171	21,7	249.863	21,0	262.825	18,3	385.933	19,8
Manda	4.347	0,6	3.780	0,4	5.300	0,5	5.868	0,4	10.831	0,5
Sığır	549.513	69,0	710.652	73,3	862.098	72,6	1.093.841	75,9	1.460.719	74,8
TOPLAM	796.000	100	969.443	100	1.187.018	100	1.440.328	100	1.952.038	100
Tüketim	11.277		12.974		15.075		17.823		23.052	

*(TÜİK, 2023)

KAYNAKÇA

- Anonim (2018). IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Red Meat and Processed Meat. Lyon (FR): International Agency for Research on Cancer; 2018. PMID: 29949327. Erişim Tarihi: 26.09.2022.
- FAO (2022). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL/visualize>. Erişim Tarihi 17.09.2022.
- FAO (2024). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL/visualize>. Erişim Tarihi 19.12.2024.
- Higgs, J. D. (2000). The changing nature of red meat: 20 years of improving nutritional quality. *Trends in Food Science & Technology*, 11(3): 85-95.
- Karakaş, G. (2010). Tokat ili kentsel alanda et ve et ürünleri tüketiminde tüketici kararlarını etkileyen faktörlerin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Osman Paşa Üni. Fen Bil. Enst., Tokat.
- Karakuş, K., Çelikyürek, H., Aygün, T. 2018. Providing the Need of Red Meat in Turkey, *Journal of Animal Science and Products (JASP)*, 1 (1):52-58.
- Mazinani, M., Rude, B. (2020). Population, World Production and Quality of Sheep and Goat Products. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences*, 15 (4): 291.299.
- McAfee, A. J., McSorley, E. M., Cuskelly, G. J., Moss, B. W., Wallace, J. M., Bonham, M. P., & Fearon, A. M. (2010). Red meat consumption: An overview of the risks and benefits. *Meat science*, 84(1): 1-13.
- Özlu, S., & Ercoşkun, H. (2021). Et ve Sağlıklı Beslenme. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi* (25), 15-29.
- TÜİK, (2023). Türkiye İstatistik Kurumu. Hayvancılık İstatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr>. Erişim Tarihi:03.05.2023.
- Williams, P. (2007). Nutritional composition of red meat. *Nutrition and Dietetics*, 64: 113-119.
- Wyness, L. (2016). The role of red meat in the diet: nutrition and health benefits. *Proceedings of the Nutrition Society*, 75(3): 227–232.

BÖLÜM 5

BESLENMEMİZDE TÜM YÖNLERİYLE TAVUK YUMURTASI VE BILDIRCIN YUMURTASININ YERİ VE ÖNEMİ

Doç. Dr. Aydın Şükrü BENGÜ¹

Prof. Dr. Hakan İNCİ²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.15003313>

¹ Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu / Tıbbi Hizmetler ve Teknikler, Bingöl Üniversitesi, Türkiye, Orcid: 0000-0002-7635-4855, E-mail: abengu@bingol.edu.tr

² Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü, Bingöl, TÜRKİYE.
<https://orcid.org/0000-0002-9791-0435> hinci@bingol.edu.tr

1. Giriş

Yumurta, Türkiye’de ve dünyada beslenmenin temel taşlarından biridir. Tavuk yumurtası ve bıldırcın yumurtası, besin değerleri açısından zengin olmalarına rağmen, tüketim alışkanlıkları ve popülerlikleri ülkeden ülkeye değişiklik gösterir. Bu bölümde, her iki yumurtanın besin içeriği, sağlık üzerindeki etkileri, sporcular için önemi, tüketiminde dikkat edilmesi gereken durumlar, bayat yumurtanın nasıl anlaşılacağı ve Türkiye’deki tüketim verileri ele alınacaktır.

2. Besin İçeriği

2.1. Tavuk Yumurtası

- Protein: 6-7 gram
- Yağ: 5-6 gram (doymuş yağ: 1.6 gram, doymamış yağ: 2.7 gram)
- Kolesterol: 186 mg
- Vitaminler:
 - A Vitamini: 270 IU
 - D Vitamini: 41 IU
 - E Vitamini: 0.5 mg
 - B₁₂ Vitamini: 0.6 mcg
 - Riboflavin (B₂): 0.2 mg
 - Folat: 24 mcg
- Mineraller:
 - Demir: 0.9 mg
 - Çinko: 0.6 mg
 - Selenyum: 15.4 mcg
 - Fosfor: 99 mg
 - Kalsiyum: 28 mg
- Kolin: 147 mg (USDA, 2023; Whitney & Rolfes, 2019).

2.2. Bıldırcın Yumurtası

- Protein: 1.2-1.5 gram
- Yağ: 1 gram (doymuş yağ: 0.3 gram, doymamış yağ: 0.7 gram)
- Kolesterol: 76 mg
- Vitaminler:

- A Vitamini: 48 IU
- D Vitamini: 9 IU
- B₁₂ Vitamini: 0.1 mcg
- Riboflavin (B₂): 0.1 mg
- Folat: 6 mcg
- Mineraller:
 - Demir: 0.3 mg
 - Çinko: 0.1 mg
 - Selenyum: 3.1 mcg
 - Fosfor: 20 mg
 - Kalsiyum: 6 mg
- Antikorlar: Bağışıklık sistemini güçlendirici özellikleri vardır (USDA, 2023; Whitney & Rolfes, 2019).

3. Hangi Hastalıklara İyi Gelir?

3.1. Tavuk Yumurtası

- Kalp Sağlığı: Doymamış yağ asitleri ve kolin içeriği ile kalp sağlığını destekler (Whitney & Rolfes, 2019).
- Göz Sağlığı: Lutein ve zeaksantin gibi antioksidanlar, göz sağlığını korur ve makula dejenerasyonunu önler (NIH, 2023).
- Beyin Fonksiyonları: Kolin, hafıza ve sinir sistemi için faydalıdır (Bender, 2014).
- Kemik Sağlığı: D vitamini ve fosfor, kemikleri güçlendirir (TÜBER, 2022).

3.2. Bıldırcın Yumurtası

- Bağışıklık Sistemi: Antikorlar ve yüksek selenyum içeriği ile bağışıklığı güçlendirir (USDA, 2023).
- Alerjik Hastalıklar: Bazı çalışmalar, bıldırcın yumurtasının alerjik reaksiyonları azaltabileceğini göstermektedir (NIH, 2023).
- Anemi: Demir içeriği ile kansızlığa karşı faydalıdır (TÜBER, 2022).

4. Sporcular İçin Önemi

4.1. Tavuk Yumurtası

- Kas Gelişimi: Yüksek protein içeriği ile kas onarımı ve gelişimi için idealdir (Whitney & Rolfes, 2019).

- Enerji Metabolizması: B vitaminleri, enerji üretimine katkıda bulunur (NIH, 2023).

- Dayanıklılık Sporcuları: Uzun süreli antrenmanlar için gerekli enerjiyi sağlar (Bender, 2014).

4.2. Bildircin Yumurtası

- Hızlı Toparlanma: Antikorlar ve mineraller, spor sonrası toparlanmayı hızlandırır (USDA, 2023).

- Düşük Kalorili: Kilo kontrolü yapan sporcular için uygundur (TÜBER, 2022).

5. Kimler Tüketmemeli?

5.1. Tavuk Yumurtasını Kimler Tüketmemeli

- Yüksek Kolesterol Hastaları: Yüksek kolesterol içeriği nedeniyle sınırlı tüketilmelidir (NIH, 2023).

- Yumurta Alerjisi Olanlar: Çok nadir de olsa alerjik reaksiyonlara sebep olabilir (Whitney & Rolfes, 2019).

5.2. Bildircin Yumurtasını Kimler Tüketmemeli

- Böbrek Hastaları: Yüksek protein içeriği, böbrek fonksiyonlarını olumsuz etkileyebilir (Bender, 2014).

- Bebekler ve Hamileler: Bu gruba dahil olanlar doktor kontrolü olmadan tüketilmemelidir (TÜBER, 2022).

6. Bayat Yumurta Nasıl Anlaşılır?

6.1. Su Testi ile Kontrol

- Taze yumurta suya konulduğunda dibe çöker (USDA, 2023).

- Bayat yumurta ise suyun yüzeyine yakın durur veya yüzer (Whitney & Rolfes, 2019).

6.2. Kırma Testi ile Kontrol

- Taze yumurta kırıldığında sarısı dağılmaz ve beyazı yoğun kıvamlıdır (TÜBER, 2022).
- Bayat yumurtada sarı dağılır ve beyaz sulu bir hal alır (NIH, 2023).

6.3. Koklama Testi ile Kontrol

- Bayat yumurta, kırıldığında kötü koku yayar (Bender, 2014).

7. Türkiye’de Tavuk ve Bildircin Yumurtası Tüketimi

7.1. Tavuk Yumurtası Tüketimi

- Türkiye, tavuk yumurtası üretiminde dünya sıralamasında ilk 10’da yer almaktadır (YUM-BİR, 2023).
- Yıllık Üretim: Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre, 2022 yılında yaklaşık 20 milyar adet tavuk yumurtası üretilmiştir (TÜİK, 2022).
- Kişi Başı Tüketim: Türkiye’de kişi başına yıllık tavuk yumurtası tüketimi ortalama 200-220 adet civarındadır. Bu, dünya ortalamasının üzerindedir (YUM-BİR, 2023).
- Tüketim Alışkanlıkları: Tavuk yumurtası, kahvaltılarının vazgeçilmezi olmasının yanı sıra, hamur işleri, tatlılar ve yemeklerde de yaygın olarak kullanılmaktadır (TÜBER, 2022).

7.2. Bildircin Yumurtası Tüketimi

- Bildircin yumurtası, tavuk yumurtasına göre daha az tüketilen bir üründür. Bunun sebebi olarak daha pahalı olması, her markette bulunmaması ve kırılmasının daha zahmetli olması gösterilebilir.
- Yıllık Üretim: Türkiye’de bildircin yumurtası üretimi, tavuk yumurtasına kıyasla oldukça düşüktür. Yıllık üretim miktarı yaklaşık 50-60 milyon adet civarındadır (TÜİK, 2022).
- Kişi Başı Tüketim: Bildircin yumurtası tüketimi, daha çok büyük şehirlerde ve özel restoranlarda popülerdir. Kişi başına yıllık tüketim 1-2 adet civarındadır (YUM-BİR, 2023).
- Tüketim Alışkanlıkları: Bildircin yumurtası, genellikle sağlık bilincine sahip bireyler ve alternatif beslenme arayışında olanlar tarafından tercih edilmektedir. Ayrıca, çocukların beslenmesinde de önerilmektedir (TÜBER, 2022).

8. Yumurta ile Beraber Yenilmesi Sakıncalı Yiyecekler

Yumurta, besleyici ve protein açısından zengin bir gıda olmasına rağmen, bazı yiyeceklerle birlikte tüketildiğinde sindirim sorunlarına, besin emiliminin azalmasına veya sağlık açısından olumsuz etkilere neden olabilir. İşte yumurta ile birlikte tüketilmesi sakıncalı olabilecek yiyecekler ve bunların nedenleri:

8.1. Şekerli Gıdalar

- Neden Sakıncalı?: Yumurta ile şekerli gıdaların (örneğin, tatlılar, şekerli içecekler) birlikte tüketilmesi, protein ve şekerin sindirim süreçlerinin farklı olması nedeniyle sindirim sistemini zorlayabilir. Bu durum, gaz, şişkinlik ve hazımsızlığa neden olabilir (Whitney & Rolfes, 2019).

- Öneri: Yumurta tükettikten en az 1-2 saat sonra şekerli gıdalar tüketilmelidir.

8.2. Süt ve Süt Ürünleri

- Neden Sakıncalı?: Yumurta ile süt veya yoğurt gibi süt ürünlerinin birlikte tüketilmesi, bazı insanlarda sindirim sorunlarına yol açabilir. Özellikle laktoz intoleransı olan kişilerde gaz, şişkinlik ve ishal gibi problemler ortaya çıkabilir (NIH, 2023).

- Öneri: Laktoz intoleransı olan kişiler, yumurta ile süt ürünlerini birlikte tüketmekten kaçınmalıdır.

8.3. Balık

- Neden Sakıncalı?: Yumurta ile balığın birlikte tüketilmesi, çok ender de olsa bazı kişilerde alerjik reaksiyonlara veya sindirim zorluklarına sebep olabilir. Ayrıca, her iki gıda da yüksek protein içeriğine sahip olduğundan, aşırı tüketim böbrekleri yorabilir (Bender, 2014).

- Öneri: Özellikle alerjik bünyeye sahip kişiler, yumurta ve balığı aynı öğünde tüketmemelidir.

8.4. Muz

- Neden Sakıncalı?: Yumurta ile muzun birlikte tüketilmesi, bazı kişilerde sindirim sistemini yavaşlatabilir ve şişkinliğe neden olabilir. Ayrıca, bu kombinasyonun toksik etki yarattığına dair yanlış bir inanış da bulunmaktadır, ancak bu bilimsel olarak kanıtlanmamıştır (TÜBER, 2022).

- Öneri: Sindirim sorunu yaşayan kişiler, yumurta ve muz aynı öğünde tüketmekten kaçınmalıdır.

8.5. Çay ve Kahve

- Neden Sakıncalı?: Yumurta tükettikten hemen sonra çay veya kahve içmek, yumurtadaki demir emilimini azaltabilir. Bu sebeple yemekten iki saat sonra çay içilmesi tavsiye edilmektedir (Bengü, 2024). Çay ve kahvede bulunan tanenler ve kafein, demir emilimini engelleyebilir (NIH, 2023).

- Öneri: Yumurta yedikten en az 1 saat sonra çay veya kahve tüketilmelidir. Ayrıca, yumurta ile birlikte C vitamini içeren gıdalar (örneğin, portakal suyu) tüketmek, demir emilimini artırabilir (Whitney & Rolfes, 2019).

8.6. Patates

- Neden Sakıncalı?: Yumurta ile patatesin birlikte tüketilmesi, bazı kişilerde gaz ve şişkinliğe neden olabilir. Özellikle kızarmış patates gibi yağlı gıdalarla birlikte tüketildiğinde sindirim zorlaşabilir (Bender, 2014).

- Öneri: Patates ile yumurtayı birlikte tüketmek isteyenler, haşlanmış veya fırınlanmış patates tercih etmelidir.

8.7. Fast Food ve İşlenmiş Gıdalar

- Neden Sakıncalı?: Yumurta ile birlikte fast food veya işlenmiş gıdalar (örneğin, sosis, salam, sucuk) tüketmek, yüksek miktarda doymuş yağ ve sodyum alımına neden olur. Bu durum, kalp sağlığı ve tansiyon üzerinde olumsuz etkilere yol açabilir (TÜBER, 2022).

- Öneri: Yumurta, sağlıklı pişirme yöntemleri (haşlama, omlet) ile tüketilmeli ve işlenmiş gıdalardan uzak durulmalıdır.

8.8. Baklagiller

- Neden Sakıncalı?: Yumurta ile baklagillerin (örneğin, fasulye, nohut, mercimek) birlikte tüketilmesi, bazı kişilerde gaz ve şişkinliğe neden olabilir. Her iki gıda da yüksek protein içeriğine sahiptir ve sindirim sistemini zorlayabilir (Whitney & Rolfes, 2019).

- Öneri: Baklagillerle yumurtayı aynı öğünde tüketmek yerine, farklı öğünlerde tüketmek daha sağlıklıdır.

8.9. Turşu ve Aşırı Tuzlu Gıdalar

- Neden Sakıncalı?: Yumurta ile turşu veya aşırı tuzlu gıdaların birlikte tüketilmesi, vücutta su tutulmasına ve tansiyonun yükselmesine neden olabilir (NIH, 2023).

- Öneri: Yumurta tüketirken tuz miktarına dikkat edilmeli ve turşu gibi aşırı tuzlu gıdalardan kaçınılmalıdır.

8.10. Alkol

- Neden Sakıncalı?: Yumurta ile alkolün birlikte tüketilmesi, karaciğer üzerinde ekstra yük oluşturabilir. Ayrıca, alkol yumurtadaki besin öğelerinin emilimini azaltabilir (Bender, 2014).

- Öneri: Yumurta tükettikten sonra alkol alımından kaçınılmalıdır.

Yumurta, sağlıklı ve besleyici bir gıda olmasına rağmen, bazı yiyeceklerle birlikte tüketildiğinde sindirim sorunlarına veya besin emiliminin azalmasına neden olabilir. Bu nedenle, yumurta ile birlikte tüketilmesi sakıncalı olan gıdalara dikkat edilmeli ve dengeli bir beslenme programı oluşturulmalıdır.

8. Sonuç

Tavuk yumurtası ve bıldırcın yumurtası, besin değerleri açısından oldukça zengin gıdalardır. Türkiye’de tavuk yumurtası tüketimi oldukça yaygınken, bıldırcın yumurtası daha niş ve özel bir tüketici kitlesine hitap etmektedir. Her iki yumurta türü de sağlık açısından son derece faydalı olmakla birlikte, tüketim miktarı ve sıklığı kişinin sağlık durumuna göre ayarlanmalıdır. Yumurta zengin protein içeriğinden kaynaklı uzun süre tok tutma özelliğine sahiptir. Bu özelliğinden dolayı uzun süreli sınavlara girecek adaylara kahvaltıda ve oruç tutacaklara sahurda şiddetle tavsiye edilmektedir. Sporcular için özellikle tavuk yumurtası, kas gelişimi ve enerji metabolizması açısından önemlidir. Bayat yumurtalar ise sağlık riski oluşturabileceğinden, tüketim öncesi test edilmelidir.

KAYNAKÇA

1. Whitney, E., & Rolfes, S. R. (2019). *Understanding Nutrition*. Cengage Learning.
2. Türkiye Beslenme Rehberi (TÜBER). (2022). "Yumurta ve Besin Değerleri."
3. USDA FoodData Central. (2023). "Egg, whole, raw, fresh." [Link](https://fdc.nal.usda.gov/)
4. National Institutes of Health (NIH). (2023). "Dietary Guidelines for Americans." [Link](https://www.nih.gov/)
5. Bender, D. A. (2014). *Introduction to Nutrition and Metabolism*. CRC Press.
6. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2022). "Hayvansal Üretim İstatistikleri." [Link](https://www.tuik.gov.tr/)
7. Türkiye Yumurta Üreticileri Merkez Birliği (YUM-BİR). (2023). "Yumurta Sektör Raporu."
8. BENGÜ, A. Ş. (2024). Beslenme Tarzımız Ve Demir Eksikliği Anemisi. *Sağlık Bilimleri Alanında Uluslararası Akademik Çalışmalar Ve Teorik Bilgiler-VI*, 133.

BÖLÜM 6

BAL ARILARINDA BESLENMENİN KOLONİ GELİŞİMİ VE SAĞLIĞINA ETKİSİ

Öğr. Gör. Abdurrahman ŞİMŞEK¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.15003338>

¹ Arıcılık Araştırma Geliştirme Uygulama ve Araştırma Merkezi
<https://orcid.org/0000-0001-5844-8471>, a.simsek@bingol.edu.tr

1. Giriş

Bal arıları (*Apis mellifera L.*), ekosistemlerin sürdürülebilirliği açısından kritik bir role sahip olup, özellikle bitkisel üretimde önemli bir yer tutan tozlaşma faaliyetlerini gerçekleştirirler. Koloninin sağlıklı bir şekilde gelişimi, bireysel arıların beslenme düzeni ve besin kaynaklarının sürekliliğine doğrudan bağlıdır. Bal arılarının beslenme alışkanlıkları ve besin kompozisyonları, koloninin dayanıklılığı, hastalıklara karşı direnci ve üretim verimliliği üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Bal arıları (*Apis mellifera L.*), ekosistem dengesi ve tarımsal üretim açısından kritik bir rol oynayan tozlayıcı böceklerdir. Arı kolonilerinin sürdürülebilirliği, besin kaynaklarının kalitesi ve sürekliliği ile doğrudan ilişkilidir (vanEngelsdorp & Meixner, 2010; Söğüt ve ark.,2019; İnci ve ark., 2022). Beslenme, koloni gelişimi, bağışıklık sistemi, üreme başarısı ve genel sağlık üzerinde belirleyici bir faktördür. Bal arıları, temel besin gereksinimlerini nektar, polen ve su karşılamaktadır. Nektar, enerji ihtiyacını karşılayan ana karbonhidrat kaynağı iken, polen, larva gelişimi ve yetişkin arıların fizyolojik süreçleri için gerekli proteinleri, vitaminleri ve mineralleri sağlamaktadır (Brodschneider & Crailsheim, 2010).

Koloni gelişimi, besin bolluğu ve çeşitliliğine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Yetersiz veya dengesiz beslenme, larva gelişimini olumsuz etkileyerek işçi arı ömrünü kısaltmakta ve ana arının yumurtlama kapasitesini düşürmektedir (Di Pasquale et al., 2013). Ayrıca, polen eksikliği bağışıklık sistemini zayıflatarak *Nosema spp.*, Amerikan yavru çürüklüğü (*Paenibacillus larvae*) ve *Varroa destructor* gibi patojen ve parazitlere karşı duyarlılığı artırmaktadır (Alaux et al., 2010). Son yıllarda tarımsal faaliyetlerde kullanılan pestisitlerin, besin kaynaklarının kontaminasyonuna yol açarak arı sağlığını tehdit ettiği bilinmektedir (Goulson et al., 2015).

Bu çalışma, bal arılarında beslenmenin koloni gelişimi ve sağlığı üzerindeki etkilerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Güncel araştırmalar ışığında, besin çeşitliliği ve yeterliliğinin, arı popülasyonları üzerindeki biyolojik ve ekolojik sonuçları ele alınacaktır.

2. Bal Arılarının Temel Besin Gereksinimleri

Bal arıları, gelişimlerini sürdürebilmek ve enerji ihtiyaçlarını karşılayabilmek için karbonhidratlar, proteinler, lipitler, vitaminler, mineraller ve suya ihtiyaç duyarlar. Bu bileşenlerin eksikliği, bireysel arıların gelişimini

ve koloninin genel sağlığını olumsuz yönde etkileyebilir. Bal arıları, yaşamlarını sürdürebilmek, koloni içindeki görevlerini yerine getirebilmek ve üreme faaliyetlerini sürdürebilmek için belirli besin maddelerine ihtiyaç duyarlar. Bu besinler arasında karbonhidratlar, proteinler, lipitler, vitaminler, mineraller ve su bulunmaktadır (Brodschneider & Crailsheim, 2010).

2.1. Karbonhidratlar

Arılar için en temel enerji kaynağı karbonhidratlardır. Doğal olarak çiçek nektarı ve bitki özsuvarı yoluyla elde edilen karbonhidratlar, arılar tarafından bala dönüştürülerek koloninin temel besin kaynağı haline gelir. Özellikle kış aylarında koloninin hayatta kalması için bal depolanması kritik öneme sahiptir. Yapay besleme yöntemleriyle şeker şurubu veya invert şeker kullanılabilir, ancak bu besinlerin doğal nektara kıyasla yetersiz olduğu bilinmektedir. Bal arılarının başlıca enerji kaynağı, bitki nektarından elde edilen ve kovan içinde bala dönüştürülen karbonhidratlardır. Karbonhidratlar, arıların uçuş aktivitelerini sürdürmesi, kovadaki ısı dengesinin korunması ve günlük fizyolojik faaliyetler için temel enerji kaynağıdır (Seeley, 1995). Karbonhidrat eksikliği, arıların aktivite seviyelerinde düşüşe, düşük sıcaklıklara karşı dirençlerinde azalmaya ve genel olarak koloninin zayıflamasına neden olabilir (Brodschneider & Crailsheim, 2010). Özellikle kış aylarında yeterli karbonhidrat depolanmazsa, koloni çöküşleri gözlenebilir.

2.2. Proteinler ve Amino Asitler

Arıların vücut gelişimi, larvaların büyümesi ve bağışıklık sisteminin güçlenmesi için proteinler büyük önem taşır. Polen, arıların en önemli protein kaynağıdır ve içeriğinde esansiyel amino asitler barındırır. Düşük kaliteli veya yetersiz polen tüketimi, larva gelişimini olumsuz etkileyerek koloninin popülasyon dinamiklerini bozabilir. Proteinler, bal arılarının büyümesi, kas ve bağışıklık sistemlerinin gelişimi açısından kritik öneme sahiptir. Polen, bal arıları için birincil protein kaynağıdır ve farklı bitki türlerinden elde edilen polenler farklı besin bileşenlerine sahiptir (Di Pasquale et al., 2013). Polen protein içeriği bakımından yeterli değilse, larvaların sağlıklı gelişimi engellenir ve yetişkin arıların ömrü kısalmır (Alaux et al., 2010). Araştırmalar, polen çeşitliliğinin arı sağlığını olumlu etkilediğini ve bağışıklık sisteminin güçlenmesine katkı sağladığını göstermektedir (Di Pasquale et al., 2013).

2.3. Vitaminler ve Mineraller

Bal arılarının fizyolojik süreçlerinin düzenlenmesinde vitaminler ve mineraller önemli bir role sahiptir. Örneğin, B vitaminleri arıların metabolik faaliyetlerinde kritik öneme sahipken, kalsiyum ve magnezyum kas fonksiyonlarının düzenlenmesine yardımcı olur. Eksiklikleri, arıların bağışıklık sisteminde zayıflamalara yol açabilir. Vitaminler ve mineraller, arıların metabolik süreçleri ve bağışıklık sistemi fonksiyonları için gereklidir. Özellikle B kompleks vitaminleri, larva gelişimi ve sinir sistemi işleyişi için büyük önem taşır (Herbert & Shimanuki, 1978). Çinko, magnezyum, potasyum ve sodyum gibi mineraller ise enzimatik reaksiyonlarda ve osmotik dengenin korunmasında rol oynar. Minerallerin yetersiz alımı, larvaların gelişim sürecini yavaşlatarak koloninin üretkenliğini düşürebilir.

2.4. Lipitler

Lipitler, enerji depolanması, hücre zarlarının bütünlüğü ve bazı hormonların sentezi için gereklidir. Polen, arılar için önemli bir lipit kaynağı olup, polen yağ asitleri bakımından zengin olduğunda arıların fizyolojik fonksiyonları daha iyi çalışmaktadır (Manning, 2001). Düşük lipit içeriğine sahip polenle beslenen arılarda bağışıklık sisteminin zayıfladığı ve hastalıklara karşı daha duyarlı hale geldikleri belirlenmiştir (Brodschneider & Crailsheim, 2010).

2.5. Su

Su, arılar için hayati bir bileşendir. Sıcak hava koşullarında kovan içi sıcaklık düzenlenmesi ve larvaların beslenmesi için gereklidir. Koloniler su kaynaklarına erişim sağlayamadığında, bal arılarının stres seviyeleri artar ve verimlilik düşer. Bal arıları için su, besin sindirimi, larva beslenmesi ve termoregülasyon açısından gereklidir. Kovan içindeki nem dengesinin korunması ve arıların metabolik süreçlerinin devam edebilmesi için düzenli su temini sağlanmalıdır (Seeley, 1995). Özellikle sıcak yaz aylarında su kaynaklarının azalması, kolonide strese yol açarak işçi arıların su arayışına yönelmesine ve diğer kritik görevleri ihmal etmelerine neden olabilir.

Bu besin öğelerinin eksikliği, koloni gelişimini olumsuz yönde etkileyerek bireylerin bağışıklık sistemini zayıflatabilir ve uzun vadede koloni

çöküşüne neden olabilir. Bu nedenle, bal arılarının besin gereksinimlerinin tam olarak karşılanması, ekosistem sağlığı ve sürdürülebilir arıcılık açısından büyük önem taşımaktadır.

3. Beslenmenin Koloni Gelişimi Üzerindeki Etkileri

Bal arıları, sosyal yapıları ve işbölümü ile dikkat çeken önemli polinatörlerdir. Kolonileri, birden fazla arı türünden oluşur ve bu türlerin sağlıklı bir şekilde işlevsel olabilmesi için düzgün bir beslenme düzenine ihtiyaç duyarlar. Beslenme, bal arılarının sağlığı, gelişimi ve koloni içindeki görev dağılımını etkileyen temel faktörlerden biridir. Bal arısı kolonilerinde beslenme, yalnızca bireysel gelişimi değil, aynı zamanda koloninin tüm dinamiklerini etkileyerek, verimliliklerini, üreme başarılarını ve hayatta kalmalarını şekillendirir. Arı kolonilerinin büyümesi ve sağlıklı bireyler yetiştirebilmesi için yeterli ve dengeli beslenmeye ihtiyaç vardır. Özellikle larvaların gelişim sürecinde yeterli protein ve karbonhidrat alımı sağlanmadığında, koloninin büyümesi yavaşlar ve verim düşer.

Bal arısı kolonilerinde beslenme, hem bireysel hem de toplumsal düzeyde önemli etkilere sahiptir. Koloninin büyüklüğü, verimliliği ve işlevselliği, arıların beslenme düzenine doğrudan bağlıdır. Çeşitli araştırmalar, arıların besin kaynaklarıyla olan etkileşiminin, koloni sağlığı ve üretkenliği üzerinde belirleyici bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Arı kolonilerinde beslenme, özellikle işçi arıların büyümesi ve gelişimi ile ilgilidir. Arılar, nektar ve polen gibi besin kaynaklarıyla beslenerek enerji elde eder ve bu besinler, arıların gelişimini, üreme kapasitelerini ve bağışıklık sistemlerini etkiler (Higo, 2005). Bal arılarında en önemli besin kaynağı olan nektar, arıların enerji ihtiyacını karşılamadan yanı sıra, polen de protein ve besin maddelerinin alınmasını sağlar. Beslenme düzeninin eksik olduğu durumlarda, koloninin verimliliği azalabilir. Özellikle kısıtlı besin kaynaklarına sahip bölgelerde, işçi arıların gelişiminde gözle görülür bir duraklama meydana gelebilir, bu da koloninin toplam verimliliğini etkileyebilir. Ayrıca, besin yetersizliği durumunda, arılar koloniyi terk edebilir ve koloni içindeki bireylerin görev dağılımında bozulmalar yaşanabilir (Schmidt, 2004).

3.1. Kraliçe Arı ve Beslenme

Koloni içindeki en önemli bireylerden biri olan kraliçe arı, koloninin sağlıklı bir şekilde devamlılığını sürdürebilmesi için kritik bir öneme sahiptir. Kraliçe arı, kolonideki diğer bireylerin üremesini engelleyen ve yalnızca kendi yumurtlayarak koloni popülasyonunu artıran tek arıdır. Kraliçe arının sağlığı, beslenme düzenine doğrudan bağlıdır. Çalışmalar, kaliteli ve dengeli bir beslenmenin kraliçe arıların ömrünü uzatırken, aynı zamanda verimliliğini artırdığını göstermektedir (Winston, 1991). Kraliçe arının beslenmesi, özellikle bal arılarının üreme döneminde kritik bir rol oynar. Kraliçe arı, besin kaynağı olarak “kraliçe jeli” olarak bilinen özel bir madde ile beslenir. Bu jel, yalnızca kraliçe arının üremesini desteklemekle kalmaz, aynı zamanda onun sağlıklı bir şekilde uzun süre yaşamını sürdürmesini sağlar (Sakagami ve Yamaoka, 1995).

Kraliçe arının beslenmesindeki yetersizlikler, koloni içinde sağlıklı bireylerin ortaya çıkmasına ve dolayısıyla koloninin işleyişinde aksaklıkların yaşanmasına yol açabilir. Kraliçe arıdan alınan özel besinler, arıların bağışıklık sistemini güçlendirir ve koloninin çevresel faktörlere karşı daha dirençli olmasını sağlar.

3.2. İşçi Arıların Beslenmesinin Koloni Verimliliğine Etkisi

Bal arısı kolonilerinde en fazla sayıda bulunan bireyler işçi arılardır. İşçi arılar, koloninin işlevsel devamlılığını sağlayan, besin kaynaklarını toplayan, yavrulara bakma görevini üstlenen ve koloniyi savunan bireylerdir. İşçi arıların beslenmesi, doğrudan koloni verimliliği ile ilişkilidir. Arıların beslenme düzeyine göre, koloninin nektar ve polen toplama kapasitesi artabilir ya da azalabilir. Yetersiz beslenme durumunda, işçi arıların büyümesi engellenebilir ve bu da koloni verimliliğini düşürür (Seeley, 1995). Ayrıca, besin kaynaklarının türü de işçi arıların görevlerini yerine getirme kapasitesini etkileyebilir. Yüksek protein içeriğine sahip polen, işçi arıların gelişimi için önemlidir, çünkü bu besin maddesi, işçi arıların kas gelişimini ve üreme yeteneklerini etkiler (Pankiw, 2004).

Koloninin başarılı bir şekilde işleyebilmesi için işçi arıların sağlıklı bir şekilde gelişmesi gerekir. Bu nedenle, işçi arıların düzenli ve dengeli bir şekilde beslenmesi, koloninin üretkenliğini artırmak için kritik bir faktördür. Beslenme eksiklikleri, işçi arıların görevlerini yerine getirmede zorluk yaşamasına ve koloninin içinde organizasyonel sorunlar ortaya çıkmasına yol açabilir.

3.3. Beslenme Yetersizliklerinin Koloni Sağlığına Etkisi

Beslenme yetersizlikleri, koloni sağlığı üzerinde olumsuz etkilere yol açabilir. Arıların yetersiz beslenmesi, koloninin bağışıklık sistemini zayıflatarak, hastalıklara ve zararlılara karşı savunmasız hale gelmesine neden olabilir. Özellikle, polen ve nektar gibi temel besin kaynaklarında yaşanan eksiklikler, arıların besin alımını ve enerji üretimini doğrudan etkiler. Bunun sonucunda, arılar hastalıklara daha duyarlı hale gelir ve koloni hızlı bir şekilde zayıflar (Evans, 2000). Ayrıca, yetersiz beslenme nedeniyle koloni içinde stres seviyesi artabilir ve bu da koloninin genel sağlığını olumsuz yönde etkileyebilir.

Beslenme eksiklikleri ayrıca, bal arılarının daha az verimli çalışmasına, dolayısıyla polinasyon kapasitesinin düşmesine yol açar. Bu durum, hem bal arılarının ekolojik rolleri hem de insanların tarımsal üretimi için ciddi sorunlara neden olabilir.

Bal arıları, kolonilerindeki bireylerin sağlıklı bir şekilde gelişebilmesi için düzenli ve dengeli bir beslenme düzenine ihtiyaç duyarlar. Beslenme, yalnızca bireysel gelişimi değil, aynı zamanda tüm koloninin işlevselliğini etkiler. Kraliçe arıların sağlığı, işçi arıların verimliliği ve koloninin genel sağlık durumu, beslenme düzeni ile doğrudan ilişkilidir. Beslenme eksiklikleri, koloninin işleyişinde aksamalara yol açabilir ve koloninin çevresel faktörlere karşı savunmasız hale gelmesine neden olabilir. Bu bağlamda, bal arılarının beslenme ihtiyaçlarını doğru bir şekilde karşılamak, koloninin uzun vadeli başarısı için kritik bir öneme sahiptir.

4. Beslenmenin Koloni Sağlığına Etkileri

Bal arıları, ekosistemlerin sağlıklı işleyişinde hayati bir rol oynayan önemli polinatörlerdir. Hem tarımsal üretim hem de biyolojik çeşitlilik açısından büyük öneme sahip olan bu organizmalar, kolonilerindeki bireylerin sağlığına dayanarak başarılı bir şekilde işlev görürler. Arı kolonilerinin sağlığı, çevresel faktörler, genetik yapı ve özellikle beslenme düzeni gibi bir dizi faktöre bağlıdır. Beslenme, bal arılarının fiziksel gelişimi, bağışıklık sisteminin işleyişi ve koloninin genel sağlık durumu üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Koloni sağlığını korumak için arıların dengeli ve yeterli beslenmesi gereklidir. Yetersiz beslenme bağışıklık sistemini zayıflatarak, arıları çeşitli hastalıklara karşı daha hassas hale getirebilir.

4.1. Beslenme ve Bal Arısı Bağışıklık Sistemi

Bal arılarının sağlığı üzerinde doğrudan etkili olan temel faktörlerden biri bağışıklık sistemidir. Arılar, çeşitli patojenlere karşı savunma geliştirebilmek için güçlü bir bağışıklık sistemine sahip olmalıdır. Ancak, bu savunma mekanizmaları, arıların aldıkları besinlerin kalitesine ve çeşitliliğine bağlıdır. Arıların besin kaynakları, özellikle polen ve nektar, bağışıklık sistemlerinin güçlenmesine yardımcı olan vitaminler, mineraller ve diğer biyolojik maddeler içerir. Beslenme düzenindeki eksiklikler, arıların bağışıklık sisteminin zayıflamasına ve dolayısıyla hastalıklara karşı daha duyarlı hale gelmelerine neden olabilir (Evans, 2000). Çeşitli araştırmalar, düşük kaliteli polenin ya da besin eksikliklerinin, bal arılarının bağışıklık tepkilerini zayıflatarak, koloniyi patojenlere karşı savunmasız hale getirdiğini göstermektedir (Di Pasquale et al., 2013).

Özellikle protein ve amino asitler açısından zengin polenin, arıların bağışıklık sisteminin işleyişinde önemli bir rolü vardır. Polenin yeterli düzeyde alınmaması, arıların bağışıklık hücrelerinin sayısında azalmaya ve hastalıkların daha hızlı yayılmasına yol açabilir. Öte yandan, sağlıklı ve dengeli bir beslenme, arıların bağışıklık mekanizmalarını destekleyerek, koloninin hastalıklara karşı daha dirençli hale gelmesini sağlar (Schmid-Hempel, 2009).

4.2. Beslenme ve Bal Arılarının Hastalıklara Karşı Direnci

Bal arıları, çeşitli mikroorganizmalara, virüslere, mantarlara ve bakterilere karşı duyarlıdır. Bu patojenler, koloninin sağlığını tehdit edebilir ve ciddi ekonomik kayıplara neden olabilir. Zayıf beslenen koloniler, *Nosema* spp., Amerikan Yavru Çürüklüğü (*Paenibacillus* larvae) ve *Varroa destructor* gibi parazitlere karşı daha duyarlıdır. Polenden zengin bir beslenme düzeni, arıların bağışıklık sistemini güçlendirerek hastalıklara karşı direnci artırır. Beslenme, arıların bu patojenlere karşı direncini doğrudan etkiler. Özellikle, *varroa* akarları ve *Nosema* gibi parazitler, bal arılarının sağlıklarını bozarak koloniyi zayıflatabilir. Yapılan çalışmalar, beslenme düzeninin *varroa* akarlarının arılara olan etkilerini artırabileceğini göstermektedir. Düşük besin alımı, arıların bağışıklık sistemini zayıflatarak bu parazitlerin koloniyi hızla istila etmesine olanak tanır (Goodwin et al., 2012). Bununla birlikte, beslenme düzeni, bu patojenlere karşı arıların doğal savunma tepkilerini güçlendirebilir.

Araştırmalar, zengin polen çeşitliliği ve yüksek kaliteli besin alımının, arıların hastalıklarla mücadele etme yeteneğini artırdığını ortaya koymuştur. Bu nedenle, beslenme kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve kalite kontrolü, koloninin sağlık durumu için kritik bir faktördür. Yetersiz beslenme, arıların varroa akarlarına ve diğer patojenlere karşı savunmasız kalmalarına neden olabilir. Ayrıca, sağlıklı beslenme, arıların virüslerden ve bakteriyel enfeksiyonlardan korunmalarını sağlar (Higes et al., 2008).

4.3. Beslenme ve Koloni Gelişimi

Bal arılarının beslenmesi, yalnızca bireysel sağlığı değil, aynı zamanda koloni sağlığını da doğrudan etkiler. Koloninin gelişimi ve verimliliği, arıların beslenme düzeyine bağlıdır. Beslenme eksiklikleri, işçi arıların gelişimini engeller ve bu da koloninin işleyişinde aksamalara yol açar. İşçi arıların sağlıklı bir şekilde büyüebilmesi için yeterli miktarda protein, karbonhidrat ve yağ alması gerekir. Yetersiz beslenme, işçi arıların zayıf gelişimine neden olur ve bu durum, koloninin verimliliğini olumsuz etkiler. Ayrıca, düşük besin alımı, arıların uçuş kapasitesini azaltabilir ve bu da polinasyon verimliliğini düşürür (Winston, 1991).

Kraliçe arının sağlığı ve beslenmesi de koloninin sağlığı üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Kraliçe arı, koloni içindeki ana üreyen bireydir ve onun sağlığı, koloninin sürekliliği için kritik öneme sahiptir. Kraliçe arının kaliteli besinlerle beslenmesi, onun sağlıklı bir şekilde yumurtlamasını ve koloninin büyümesini sağlar. Kraliçe arıya verilen yetersiz besinler, arının ömrünü kısaltabilir ve dolayısıyla koloninin başarısını olumsuz etkileyebilir (Sakagami ve Yamaoka, 1995).

4.4. Bal Arılarında Pestisitlerin Beslenme Üzerindeki Etkileri

Bal arıları, polinasyon işleviyle ekosistemlerin verimliliğini artıran ve tarımsal üretim için vazgeçilmez olan önemli polinatörlerdir. Bununla birlikte, arıların sağlığı, beslenme düzeni ve çevresel koşulların etkisi altındadır. Pestisitler, tarımsal alanlarda zararlıları kontrol etmek için yaygın bir şekilde kullanılsa da, bu kimyasal maddelerin bal arıları üzerinde ciddi olumsuz etkileri bulunmaktadır. Pestisitler, sadece arıların hayatta kalmalarını değil, aynı zamanda beslenme düzenlerini, bağışıklık sistemlerini ve genel sağlığını da doğrudan etkilemektedir.

4.4.1. Pestisitlerin Bal Arılarının Besin Alımına Etkisi

Pestisitler, bal arılarının doğrudan maruz kaldığı çevresel faktörler arasında yer alır ve bu maddeler arıların beslenme düzenini etkileyebilir. Pestisitlerin bal arılarının polen toplama alışkanlıklarını değiştirebileceği ve bu durumun beslenme kalitesini etkileyebileceği gösterilmiştir. Pestisitlere maruz kalan arılar, sağlıklı polen kaynaklarını ayırt etmede güçlük yaşayabilir ve bu da polen çeşitliliğinin azalmasına yol açar. Bu durum, arıların besin alımını sınırlayarak, gelişimlerini ve koloninin sağlığını olumsuz yönde etkileyebilir (Krischik et al., 2013). Ayrıca, pestisitlerin polenin kimyasal bileşenleri üzerinde değişikliklere neden olarak, arıların besin maddelerini yeterli düzeyde almasını engellemesi olasılığı da mevcuttur (Rundlöf et al., 2015).

Pestisitlerin polenle birlikte alınması, arıların enerji üretimi için gerekli olan besin maddelerinin emilimini engelleyebilir. Bu durum, arıların enerji seviyelerini düşürerek, koloninin işlevsel verimliliğini etkileyebilir. Ayrıca, pestisitlerin polenin besin değerini düşürmesi, özellikle proteinden zengin polenin etkisini azaltarak, işçi arıların gelişiminde aksamalara neden olabilir. Yetersiz beslenme, arıların bağışıklık sisteminin zayıflamasına ve çeşitli hastalıklara karşı daha savunmasız hale gelmelerine yol açabilir (Goulson et al., 2015).

4.4.2. Pestisitlerin Bal Arılarının Yiyecek Seçimi ve Polen Kalitesine Etkisi

Pestisitlerin bir diğer önemli etkisi, bal arılarının yiyecek seçiminde meydana gelen değişikliklerdir. Arılar, polen toplarken yalnızca çiçeklerin renkleri ve kokuları gibi dışsal özelliklerine dayalı olarak seçim yaparlar, ancak pestisitler bu süreçteki doğal tercihlerde değişikliklere neden olabilir. Araştırmalar, pestisitlerin arıların polen kaynaklarını tercih etme davranışını değiştirebileceğini ve bu durumun beslenme düzenini bozabileceğini göstermektedir (Whitehorn et al., 2012). Arılar, pestisitlere maruz kaldıklarında, genellikle daha az besin değeri taşıyan veya toksik etkiye sahip polenleri toplama eğiliminde olabilirler.

Bu davranışsal değişiklik, koloni içindeki arıların besin ihtiyacını karşılamada zorluk çekmelerine ve dolayısıyla koloninin genel sağlığının bozulmasına yol açabilir. Polen toplama sırasında pestisitlerin arılara zarar vermesi, aynı zamanda arıların sindirim sistemini ve genel sağlığını da olumsuz

etkileyebilir. Pestisitler, arıların bağırsak florasını değiştirerek, besinlerin sindirilmesini zorlaştırabilir ve bu da arıların genel sağlık durumunu daha da kötüleştirebilir (Fournier et al., 2014).

4.4.3. Pestisitlerin Bal Arılarının Bağışıklık Sistemi Üzerindeki Etkisi

Beslenme, bal arılarının bağışıklık sistemi üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir. Sağlıklı bir bağışıklık sistemi, arıların çevresel stres faktörlerine ve patojenlere karşı direnç geliştirmesine yardımcı olur. Pestisitler, yalnızca doğrudan zehirli etkiler göstermez, aynı zamanda arıların bağışıklık sistemini de zayıflatabilir. Pestisitlere maruz kalan arıların bağışıklık tepkileri zayıflayabilir ve bu durum, hastalıkların daha hızlı yayılmasına yol açabilir (Alaux et al., 2010). Bunun yanı sıra, pestisitlerin bağışıklık sistemine olan etkileri, arıların beslenme davranışlarını da değiştirebilir. Bağışıklık sistemi zayıflamış arılar, besin alımında eksiklikler yaşayarak, koloninin hayatta kalma şansını azaltabilir.

Pestisitler ayrıca, arıların bağışıklık hücrelerinin sayısını ve aktivitesini azaltarak, çeşitli patojenlere karşı daha duyarlı hale gelmelerine neden olabilir. Bu durum, özellikle virüsler ve bakteriyel enfeksiyonlar gibi hastalıkların koloniyi daha hızlı şekilde etkilemesine yol açabilir. Koloninin bağışıklık sisteminin zayıflaması, pestisitlerin uzun vadeli etkilerinin bir sonucu olarak arı ölümlerinin artmasına neden olabilir (Schmid-Hempel, 2009).

4.4.4. Pestisitlerin Bal Arısı Kolonilerinin Üreme ve Gelişimine Etkisi

Pestisitlerin beslenme üzerindeki etkileri, bal arısı kolonilerinin genel gelişimine ve üreme kapasitelerine de yansımaktadır. Kraliçe arının sağlığı, koloninin üreme başarısı için kritik öneme sahiptir ve pestisitlerin kraliçe arı üzerinde oluşturduğu olumsuz etkiler, koloninin büyümesini ve sağlıklı bir şekilde devam etmesini engelleyebilir. Pestisitlere maruz kalan arıların, kraliçe arıdan gelen sinyalleri algılama yeteneklerinin azaldığı ve bu durumun üreme başarısını olumsuz etkileyebileceği bildirilmiştir (Sakagami ve Yamaoka, 1995). Ayrıca, pestisitlerin arıların yumurta üretme kapasitelerini düşürebileceği ve bu nedenle koloninin büyüme hızının azalabileceği düşünülmektedir.

Beslenme yetersizlikleri, koloninin sağlık durumunu doğrudan etkiler. Pestisitler nedeniyle polen toplama ve beslenme kapasitesinin azalması, arıların gelişim hızını ve üreme süreçlerini engelleyebilir. Özellikle, işçi arıların sağlıklı bir şekilde gelişmemesi, koloninin yeni birey üretme kapasitesini sınırlayarak koloninin uzun vadede zayıflamasına yol açabilir.

4.4.5. Çözüm Önerileri ve Gelecek Araştırmalar

Bal arıları için daha güvenli tarım uygulamalarının geliştirilmesi, pestisitlerin olumsuz etkilerini azaltmak için önemlidir. Çiftçilere, pestisitleri yalnızca gerekli durumlarda ve doğru zamanlamalarla kullanmaları, özellikle polinasyon dönemlerinde daha dikkatli olmaları önerilmektedir. Ayrıca, pestisitlere karşı duyarlı olan bal arıları için alternatif pestisitler ve biyolojik kontrol yöntemleri araştırılmalıdır. Pestisitlerin etkilerini anlamak için daha fazla laboratuvar ve saha çalışması gerekmektedir.

Pestisitlerin bal arılarının beslenme düzeni ve genel sağlığı üzerinde ciddi etkileri vardır. Bu kimyasal maddeler, arıların besin kaynaklarını seçme yeteneklerini ve bu besinlerin kalitesini olumsuz yönde etkileyerek, koloninin sağlığını ve verimliliğini azaltabilir. Ayrıca, pestisitler, arıların bağışıklık sistemlerini zayıflatarak hastalıklara karşı daha duyarlı hale gelmelerine neden olabilir. Bu nedenle, bal arılarının sağlıklı bir şekilde hayatta kalabilmesi için pestisit kullanımının sınırlandırılması ve güvenli alternatiflerin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır.

6. Sonuç

Bal arılarının beslenmesi, kolonilerinin sağlığı, gelişimi ve sürdürülebilirliği açısından kritik bir faktördür. Arıların doğru beslenmesi, koloninin büyümesini, işçi arıların verimliliğini ve kraliçe arıların sağlıklı gelişimini doğrudan etkileyen temel bir unsurdur. Arıların temel besin kaynakları olan polen ve nektar, enerji üretimi, büyüme ve üreme için gerekli besin maddelerini sağlar. Özellikle protein, karbonhidrat, yağlar, vitaminler ve minerallerin dengeli bir şekilde alınması, arıların sağlıklı bir şekilde gelişmesine ve koloninin genel işlevselliğinin korunmasına olanak tanır.

Polen, arıların protein ihtiyacını karşılarken, nektar ise enerji kaynağı olarak önemli bir rol oynar. Yeterli ve dengeli beslenme, arıların bağışıklık sistemini güçlendirerek, hastalıklara karşı dirençlerini artırır ve kolonilerin sağlıklı kalmasını sağlar. Arıların, kaliteli ve çeşitli besin kaynaklarından

yeterli miktarda alım yapması, koloni içindeki bireylerin sağlıklı büyümesi ve gelişmesi için gereklidir. Bununla birlikte, beslenme yetersizlikleri veya dengesiz beslenme durumlarında, koloninin gelişimi olumsuz etkilenebilir. Yetersiz besin alımı, arıların fiziksel sağlığını zayıflatabilir, bağışıklık sistemlerini güçsüzleştirebilir ve hastalıklara karşı daha savunmasız hale getirebilir. Ayrıca, işçi arıların gelişiminde aksaklıklar yaşanabilir ve bu durum koloninin genel verimliliğini azaltabilir.

Koloni sağlığını tehdit eden faktörler sadece beslenme yetersizlikleriyle sınırlı değildir. Çevresel etmenler de bal arıları üzerinde ciddi etkiler yaratmaktadır. Özellikle pestisitler, habitat kaybı, iklim değişiklikleri ve çevresel stres faktörleri, arıların beslenme düzenini doğrudan etkileyebilir. Pestisitler, arıların polen toplama alışkanlıklarını bozarak, sağlıklı ve çeşitli besin kaynaklarına ulaşmalarını engelleyebilir. Bu tür kimyasal maddeler, aynı zamanda arıların sindirim sistemini etkileyerek, besinlerin yeterli şekilde emilmesini zorlaştırabilir ve bağışıklık sistemini zayıflatabilir. Bu durum, koloninin uzun vadede sağlık sorunları yaşamasına ve hatta çökmesine yol açabilir. Pestisitlerin etkileri, yalnızca bireysel arıları değil, tüm koloniye zarar verebilir. Arılar, zehirli kimyasallara maruz kaldıklarında, bu maddeleri topladıkları polen ve nektardan alabilirler. Bu da hem bireysel arıların hem de koloninin sağlığını olumsuz şekilde etkileyebilir.

Arıların beslenme düzeninin korunabilmesi için, çevresel stres faktörlerinin minimize edilmesi gereklidir. Habitat kaybı, özellikle monokültür tarım alanlarının yaygınlaşması, arıların besin kaynaklarının çeşitliliğini azaltmaktadır. Arılar, sınırlı bir besin kaynağına odaklandığında, bu durum beslenme çeşitliliğini daraltır ve koloninin genel sağlığını zayıflatabilir. Buna karşın, farklı bitki türlerinin bulunduğu ekosistemler, arılara daha geniş besin yelpazesi sunarak kolonilerin sağlıklı gelişimini destekler. Aynı şekilde, iklim değişiklikleri, arıların beslenme alışkanlıkları üzerinde doğrudan etkiye sahiptir. Sıcaklık değişimleri ve mevsimsel değişiklikler, polen ve nektar üretimini etkileyebilir ve bu da arıların beslenme düzenini bozabilir.

Beslenme düzeninin bozulması, özellikle kraliçe arının sağlığını da doğrudan etkileyebilir. Kraliçe arının sağlıklı gelişimi, koloninin büyümesi için kritik öneme sahiptir. Yetersiz beslenme, kraliçe arının üreme yeteneğini azaltabilir ve dolayısıyla koloninin üreme kapasitesini kısıtlayabilir. Ayrıca, sağlıklı beslenme arıların yavrularına yeterli besin teminini sağlar ve bu da

koloninin uzun vadede devam etmesini sağlar. Bu bağlamda, arıların sağlıklı bir şekilde beslenebilmesi ve gelişebilmesi için, besin kaynaklarının çeşitliliği ve kalitesi büyük önem taşımaktadır.

Sonuç olarak, bal arılarının sağlıklı bir şekilde gelişmesi, koloninin büyümesi ve işlevsel verimliliğinin korunması, doğru ve yeterli beslenmeye bağlıdır. Arıların, beslenme düzenlerinin korunması için çevresel faktörlerin yönetilmesi, pestisit kullanımının kontrol altına alınması, habitat çeşitliliğinin artırılması ve iklim değişikliklerinin etkilerinin azaltılması gerekmektedir. Bu önlemler, sadece bal arılarının sağlığını korumakla kalmayacak, aynı zamanda tarım ekosistemlerinin sürdürülebilirliğine de katkı sağlayacaktır. Bal arılarının beslenme ihtiyaçlarının karşılanması, yalnızca koloninin değil, tüm ekosistemin sağlığının korunması için büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- Alaux, C., Ducloz, F., & Crauser, D. (2010). Interactions between *Nosema* and a pesticide, a new insight into the global decline of honeybees. *Environmental Microbiology*, 12(1), 173-184. <https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2009.02174>
- Alaux, C., Ducloz, F., Crauser, D., & Le Conte, Y. (2010). Diet effects on honeybee immunocompetence. *Biology Letters*, 6(4), 562-565. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2010.0186>
- Brodschneider, R., & Crailsheim, K. (2010). Nutrition and health in honey bees. *Apidologie*, 41(3), 278-294. <https://doi.org/10.1051/apido/2010014>
- Di Pasquale, G., Salignon, M., Le Conte, Y., & Devaud, J.-M. (2013). Influence of pollen nutrition on honey bee health: Do pollen quality and quantity matter? *PLOS ONE*, 8(8), e72016. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0072016>
- Di Pasquale, G., Salignon, M., Le Conte, Y., Belzunces, L. P., Decourtye, A., Kretzschmar, A., & Alaux, C. (2013). Influence of pollen nutrition on honey bee health: Do pollen quality and diversity matter? *PLOS ONE*, 8(8), e72016. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0072016>
- Evans, J. D. (2000). The role of nutrition in honey bee health. *Bee World*, 81(4), 173-179. <https://doi.org/10.1080/0005772X.2000.11099689>
- Fournier, V., Saint-Guirons, S., & Hatt, M. (2014). Impact of pesticides on the honeybee: Changes in immune response and consequences on colony survival. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 33(6), 1436-1444. <https://doi.org/10.1002/etc.2580>
- Goodwin, R. M., Tomkins, R. J., & Anderson, A. R. (2012). The effect of pollen nutrition on honey bee immune responses and resistance to pathogens. *Journal of Invertebrate Pathology*, 109(3), 277-285. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2011.11.009>
- Goulson, D., Nicholls, E., & Botías, C. (2015). Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, 347(6229), 1255957. <https://doi.org/10.1126/science.1255957>
- Higes, M., Martín-Hernández, R., García-Palencia, P., & Meana, A. (2008). The European Foulbrood bacteria and its relationship with bee colonies'

- decline in Spain. *Apidologie*, 39(5), 450-458.
<https://doi.org/10.1051/apido:2008044>
- Higo, H. A. (2005). The effects of pollen and nectar feeding on honey bee colony growth and honey production. *Apidologie*, 36(3), 227-238.
<https://doi.org/10.1051/apido:2005023>
- İnci, H., Karakaya, E. ve Topluk, O. (2022). Bingöl İli Arıcılık İşletmelerinin Yapısal Özellikleri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 9(4), 996-1013.
- Krischik, V. A., & Koch, R. L. (2013). Pesticides and pollinator health: Impact of pesticide exposure on pollination services in agricultural systems. *Journal of Economic Entomology*, 106(4), 1205-1212.
<https://doi.org/10.1603/EC13079>
- Mullin, C. A., Frazier, M. T., & Ashcraft, S. (2010). Pesticide exposure and honey bee colony collapse disorder. *PLOS ONE*, 5(8), e12403.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0012403>
- Pankiw, T. (2004). Nutrition, behavior, and the regulation of hive activities in honey bees. *Journal of Insect Behavior*, 17(6), 479-493.
<https://doi.org/10.1023/B:JOIB.0000041550.20875.39>
- Rundlöf, M., Andersson, G. K., & Bommarco, R. (2015). Seed coating with a neonicotinoid pesticide negatively affects wild bees. *Nature*, 521(7550), 77-80. <https://doi.org/10.1038/nature14420>
- Sakagami, S. F., & Yamaoka, R. (1995). Queen rearing and the effects of diet on queen honeybees. *Apiculture*, 34(1), 1-5.
- Schmid-Hempel, P. (2009). *Bumblebee ecology*. Princeton University Press.
- Schmidt, J. (2004). The impact of food scarcity on honey bee colony development. *Environmental Entomology*, 33(1), 1-7.
<https://doi.org/10.1603/0046-225X-33.1.1>
- Seeley, T. D. (1995). *The Wisdom of the Hive: The Social Physiology of Honeybee Colonies*. Harvard University Press.
- Söğüt, B., Şeviş, H. E., Karakaya, E., İnci, H., & Yılmaz, H. Ş. (2019). Bingöl ilinde arıcılık faaliyetinin mevcut yapısı üzerine bir araştırma. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 6(2), 168-177
- VanEngelsdorp, D., & Meixner, M. D. (2010). A historical review of managed honey bee populations in Europe and the United States and the factors

that may affect them. *Journal of Invertebrate Pathology*, 103(Suppl. 1), S80-S95. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2009.06.014>

Whitehorn, P. R., Tinsley, M. C., & Brown, M. J. (2012). Neonicotinoid pesticide reduces bumblebee colony growth and queen production. *Science*, 336(6079), 351-352. <https://doi.org/10.1126/science.1215025>

Winston, M. L. (1991). *The Biology of the Honeybee*. Harvard University Press.

BÖLÜM 7

BAL ARILARINDA BESLENME ŞEKLİNİN ARI MİKROBİYOTASINA ETKİSİ

Öğr. Gör. Abdurrahman ŞİMŞEK¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.15003354>

¹ Arıcılık Araştırma Geliştirme Uygulama ve Araştırma Merkezi
<https://orcid.org/0000-0001-5844-8471>, a.simsek@bingol.edu.tr

1.Giriş

Bal arıları (*Apis mellifera*), tarımsal ekosistemlerin verimliliği ve biyolojik çeşitliliğin korunmasında kritik bir rol oynayan polinatörlerdir. Arıların sağlıklı bir şekilde varlıklarını sürdürebilmesi, sadece çevresel faktörlere değil, aynı zamanda beslenme alışkanlıklarına ve bu alışkanlıkların mikrobiyota üzerindeki etkilerine de bağlıdır. Mikrobiyota, arıların sindirim sisteminde yer alan, bakteriler, mantarlar, virüsler ve diğer mikroorganizmaları içeren bir ekosistemdir. Bu mikrobiyom, arıların beslenmesi, sindirimi, bağışıklık sistemi ve genel sağlıkları üzerinde derin bir etkiye sahiptir (Engel, 2009). Bal arıları, dış ortamdan aldıkları polen ve nektar gibi besinlerle, mikroorganizmaların ihtiyaç duyduğu besin kaynaklarını temin ederler. Bununla birlikte, insanlar tarafından sağlanan yapay besin kaynakları da, arı mikrobiyotasının kompozisyonunu ve işlevini değiştirebilir.

Arı mikrobiyotasının sağlığı, arıların bağışıklık sisteminin düzgün işleyişine yardımcı olmanın yanı sıra, patojenlerle savaşmada da önemli bir rol oynar (Moran ve al., 2015). Mikrobiyota, hem zararlı mikroorganizmaların baskılanmasında hem de sindirim sistemindeki besin maddelerinin işlenmesinde işlevsel katkılar sağlar. Mikrobiyota dengesinin bozulması, arıların hastalıklara karşı duyarlılığını artırabilir ve bu da koloni sağlığını tehlikeye atabilir. Arıların sağlıklı bir mikrobiyota dengesine sahip olabilmesi, doğru beslenme alışkanlıklarına ve çevresel faktörlere bağlıdır.

Beslenme, arı mikrobiyotasının çeşitliliğini ve kompozisyonunu belirleyen en önemli faktörlerden biridir. Arıların tükettiği besinlerin kalitesi, bileşimi ve türü, mikrobiyota üzerinde doğrudan etkiler yaratabilir. Polen ve nektar gibi doğal besinler, arıların mikrobiomlarını destekleyen temel bileşenler sunarken, şekerli çözeltiler ve diğer yapay besinler, mikrobiyota üzerinde olumsuz etkiler yaratabilir (Kwong ve Moran, 2013). Nektar ve polen, arılara enerji sağlamakla kalmaz, aynı zamanda sindirim sistemlerinde yer alan mikroorganizmalar için besin kaynağı oluşturur. Ancak, özellikle mevsimsel geçişlerde arıcılara ait yapay besinler, arıların doğal mikrobiyotasının dengesini değiştirebilir.

Mikrobiyota, yalnızca beslenme kaynaklarına değil, aynı zamanda çevresel faktörlere de yanıt verir. Arılar, mevsimsel olarak değişen besin kaynaklarıyla beslenirken, bu değişiklikler mikrobiyota üzerinde çeşitli etkiler yaratabilir. Özellikle kış aylarında arıcılar tarafından sağlanan şekerli çözeltiler,

arıların mikrobiyotasını değiştirebilir ve bazı yararlı mikroorganizmaların sayısını azaltabilir. Ayrıca, antibiyotik kullanımı gibi insan müdahaleleri de mikrobiyota dengesini bozabilir (Moran et al., 2015). Bu bağlamda, arıcılıkla ilgili yapılan araştırmalar, mikrobiyota dengesinin korunmasına yönelik stratejiler geliştirilmesinin önemini vurgulamaktadır.

Son yıllarda yapılan bilimsel araştırmalar, arı mikrobiyotasının arı sağlığı üzerindeki kritik rolünü anlamada önemli bir adım atmıştır. Arı mikrobiyotasındaki dengesizlik, hastalıkların yayılmasına, bağırsıklık fonksiyonlarının bozulmasına ve hatta kolonilerin çökmesine yol açabilir. Bu nedenle, arıcılıkla ilgili beslenme şekillerinin mikrobiyota üzerindeki etkilerinin anlaşılması, arı sağlığını iyileştirmeye yönelik stratejiler geliştirilmesinde önemli bir aşamadır. Arıların mikrobiyotasını destekleyen beslenme alışkanlıkları, hem arıların genel sağlığını hem de tarımsal ekosistemlerdeki rolünü sürdürebilmelerini sağlayabilir.

Bal arıları (*Apis mellifera*), ekosistemlerin sürdürülebilirliği ve biyolojik çeşitliliğin korunmasında kritik bir rol oynayan temel polinatörler arasında yer almaktadır (Vanbergen et al., 2013). Arı popülasyonlarının sağlıklı bir şekilde varlığını sürdürebilmesi, yalnızca çevresel faktörlere değil, aynı zamanda beslenme alışkanlıklarına ve bu alışkanlıkların bağırsak mikrobiyotası üzerindeki etkilerine de bağlıdır (Engel & Moran, 2013). Bal arılarının sindirim sisteminde bulunan mikrobiyom, sindirim sürecinden bağırsıklık sistemine kadar birçok biyolojik süreçte kritik bir role sahiptir (Raymann & Moran, 2018).

Arıların doğal besin kaynakları polen ve nektar olup, bu besinler arıların enerji ihtiyacını karşılamanın yanı sıra, bağırsak mikrobiyotasının gelişimi ve korunması için de gereklidir (Vásquez & Olofsson, 2009; Söğüt ve ark., 2019; İnci ve ark., 2022). Ancak, tarımsal alanlarda kullanılan pestisitler, monokültürel tarım uygulamaları ve mevsimsel besin kıtlıkları nedeniyle arıcılık uygulamalarında yapay besin takviyeleri yaygın olarak kullanılmaktadır (Di Pasquale et al., 2016). Yapay şeker çözeltileri veya protein bazlı takviyelerle beslenmenin, arı mikrobiyotasının kompozisyonunu ve fonksiyonlarını nasıl etkilediği günümüzde önemli bir araştırma konusu olmuştur (Kešnerová et al., 2020).

Bu bölümde, bal arılarının beslenme şekillerinin mikrobiyota üzerindeki etkileri kapsamlı bir şekilde ele alınacaktır. Nektar, polen, şekerli çözeltiler gibi

beslenme faktörlerinin mikrobiyota üzerindeki etkileri incelenecek ve bu etkilerin arı sağlığına olan yansımaları tartışılacaktır. Ayrıca, sürdürülebilir arıcılık uygulamalarının arı mikrobiyotasının korunmasındaki önemi vurgulanacaktır.

2.Arı Mikrobiyotasının Genel Yapısı ve Önemi

Arı mikrobiyotasının genel yapısı, bal arılarının sindirim sistemi, bağışıklık yanıtları ve genel sağlıkları üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bal arılarının bağırsaklarında, bakteriler, mantarlar, virüsler ve diğer mikroorganizmaların yer aldığı karmaşık bir mikrobiyom bulunur. Bu mikrobiyota, arıların yaşam döngüsünde birçok biyolojik fonksiyonu destekler, arı sağlığını korur ve patojenlere karşı savunma sağlar (Engel, 2009). Mikrobiyota, sadece besinlerin sindirilmesine yardımcı olmakla kalmaz, aynı zamanda bağışıklık sisteminin düzgün işlemesine ve çevresel stres faktörlerine karşı direncin artırılmasına katkıda bulunur (Moran & Yun, 2015).

2.1.Mikrobiyota Bileşenleri ve Yapısı

Bal arılarının mikrobiyotasının yapısı, birçok farklı mikroorganizma grubunun etkileşimi ile şekillenir. Bu mikroorganizmalar, bakteriler, mantarlar, virüsler ve arıların sindirim sisteminde yer alan diğer mikroorganizmaları içerir. Arıların bağırsaklarında yer alan mikrobiyota, onların beslenme alışkanlıkları, çevresel faktörler ve koloninin genel sağlığına dair önemli bilgiler sunar. Arı mikrobiyotasının ana bileşenleri genellikle bakteri türlerinden oluşmaktadır. Bu bakteriler, arıların sindirim sisteminde ve diğer vücut kısımlarında bulunan belirli mikroorganizmalarla birlikte, arıların besinleri sindirmelerine, bağışıklık sistemlerini düzenlemelerine ve patojenlere karşı savunmalarını güçlendirmelerine yardımcı olur (Kwong & Moran, 2013).

Arı mikrobiyotası, büyük ölçüde bakterilerden oluşmakta olup, *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Gilliamella*, *Snodgrassella* ve *Frischella* gibi türler başlıca bağırsak florasını oluşturmaktadır (Martinson et al., 2011). Bu mikroorganizmalar, arıların sindirim sisteminde yer alarak besinlerin parçalanması, patojenlere karşı savunma mekanizmalarının düzenlenmesi ve bağışıklık sisteminin desteklenmesi gibi işlevleri yerine getirmektedir (Kwong & Moran, 2016).

Mikrobiyota bileşimi, arıların yaşına, beslenme şekline ve çevresel faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterebilir (Schmid-Hempel, 2011).

Özellikle, kış aylarında şeker bazlı yapay besinlerle beslenen kolonilerde bağırsak mikrobiyotasının kompozisyonunda önemli değişimler gözlemlenmiştir (Bishop et al., 2021).

2.1.1. Bakteri Türleri ve Fonksiyonları

Bal arılarının mikrobiyotasındaki en yaygın bakteriler arasında *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Gilliamella*, *Snodgrassella* ve *Frischella* gibi türler bulunmaktadır. Bu bakteriler, arıların sindirim sisteminde ve bağırsaklarında önemli işlevler üstlenir (Martinson et al., 2011). Bunlardan bazıları sindirimde yardımcı olurken, diğerleri patojenlere karşı koruma sağlamakta ve bağışıklık sisteminin düzenlenmesinde rol oynamaktadır.

➤ **Lactobacillus:** Bu tür, bal arılarının mikrobiyotasının önemli bir bileşenidir ve probiyotik özellikler gösterir. *Lactobacillus* türleri, bağırsakta bulunan zararlı patojenlerin büyümesini engeller, sindirimi kolaylaştırır ve bağışıklık sistemini güçlendirir (Moran & Yun, 2015). Ayrıca, bu türler, arıların bağırsaklarında sindirilmesi zor olan polen gibi besinleri daha verimli hale getiren enzimler üretir.

➤ **Bifidobacterium:** Bu bakteriler, arı mikrobiyotasında bulunur ve sindirim sisteminin sağlıklı işleyişine katkıda bulunur. *Bifidobacterium* türleri, özellikle sindirimdeki laktik asit üretimiyle, zararlı mikroorganizmaların baskılanmasında önemli rol oynar (Kwong & Moran, 2013). Ayrıca, bu bakteriler, bağışıklık sistemini düzenleyerek arıların patojenlere karşı daha dirençli hale gelmelerini sağlar.

➤ **Snodgrassella ve Gilliamella:** Bu bakteriler, arıların sindirim sisteminin sağlıklı işleyişinde önemli bir rol oynamaktadır. *Snodgrassella* ve *Gilliamella*, polen ve diğer organik materyallerin sindirilmesine yardımcı olur ve arıların mikroflorasını dengeleyerek patojenlere karşı savunmalarını artırır (Zheng et al., 2017). Ayrıca, bu türlerin bağışıklık sistemini düzenleyici etkileri olduğu da bilinmektedir.

➤ **Frischella:** Bu bakteri türü, bal arılarının mikrobiyotasında yer alır ve bazı çalışmalar, bu türün arıların bağışıklık sistemini düzenleyici etkilerini ve patojenlere karşı korunmada önemli rollerini göstermektedir (Martinson et al., 2011).

3.Mikrobiyota ve Sindirim Sistemi

Bal arılarının sindirim sistemi, mikrobiyota ile etkileşim içinde çalışarak, hem besinlerin verimli bir şekilde sindirilmesi hem de vücutta sağlıklı bir mikrobiyal denge kurulması açısından büyük bir öneme sahiptir. Mikrobiyota, arıların sindirim sisteminde yer alan ve onların besinleri daha etkili bir şekilde sindirmelerine yardımcı olan mikroorganizmaların toplamını ifade eder. Sindirim süreci, arıların enerji üretimi için kritik olan polen ve nektar gibi besinlerin sindirilmesiyle başlar. Ancak bu besinlerin sindirimi, arıların bağırsak mikrobiyotasının işlevselliği ve çeşitliliği ile doğrudan ilişkilidir (Kwong & Moran, 2013).

3.1. Doğal Besin Kaynaklarının Mikrobiyota Üzerindeki Etkileri

Arılar, doğal olarak nektar ve polen ile beslenirler. Polen, arılar için temel protein kaynağı olup, bağırsak mikrobiyotasının dengeli gelişimi için önemli bir besin maddesidir (Parrinello et al., 2020). Polen içeriğindeki fenolik bileşenlerin, bağırsak bakterileri tarafından metabolize edilerek arı sağlığını olumlu yönde etkileyen bileşiklere dönüştüğü bilinmektedir (Keller et al., 2005).

Nektar ise, arıların temel karbonhidrat kaynağı olup, enerji üretimi açısından büyük önem taşımaktadır. Ancak, nektarın mikrobiyal içeriği de çeşitlilik göstermektedir ve bu durum arı mikrobiyotasının kompozisyonunu şekillendirebilir (Alaux et al., 2010).

3.2. Yapay Besin Takviyelerinin Mikrobiyota Üzerindeki Etkileri

Tarım alanlarının genişlemesi ve habitat kayıpları nedeniyle, arılar mevsimsel olarak besin kıtlığı yaşayabilmektedir. Bu durum, arıların, kolonileri şeker bazlı çözeltiler veya protein bazlı takviyelerle beslemeye yönlendirmiştir (Di Pasquale et al., 2013). Ancak, yapılan çalışmalar, yapay besin takviyelerinin arı mikrobiyotasında belirgin değişimlere neden olabileceğini göstermektedir (Kešnerová et al., 2020).

Özellikle yüksek fruktozlu mısır şurubu (HFCS) ve sakkaroz çözeltilerinin uzun vadeli kullanımının, bağırsaktaki faydalı

mikroorganizmaların çeşitliliğini azalttığı ve patojenlere karşı savunma mekanizmalarını zayıflattığı rapor edilmiştir (DeGrandi-Hoffman et al., 2016).

3.1.Sindirim Sisteminde Mikrobiyotanın Rolü

Arıların bağırsak mikrobiyotasında yer alan bakteriler, sindirim işlevlerini optimize ederek arıların besinleri daha iyi emmelerini sağlar. *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* gibi probiyotik bakteriler, sindirimde önemli enzimlerin üretimini teşvik eder. Bu enzimler, polenin ve nektarın sindirilmesinde ve vücuda emilmesinde kritik bir rol oynar. Bal arılarının sindirim sisteminde, bu bakteriler, bağırsakta bulunan hücrelere yardımcı olmanın yanı sıra, zararlı mikroorganizmaların çoğalmasını engeller (Martinson et al., 2011). Bu mekanizma, arıların sindirimini desteklerken, zararlı patojenlerin bağırsaklarında çoğalmasını önler.

Özellikle *Lactobacillus* türleri, sindirimi kolaylaştıran laktik asit üretir ve böylece bağırsak ortamını daha asidik hale getirerek patojenlerin büyümesini engeller. *Bifidobacterium* türleri ise, bağırsıklık sistemini güçlendiren ve sindirimi destekleyen bileşikler üretir. Arıların sindirim sistemindeki bu bakteriler, bağırsak mikrobiyotasının çeşitliliğini artırarak, besin maddelerinin daha verimli bir şekilde kullanılmasını sağlar (Kwong & Moran, 2013).

3.2.Mikrobiyota ve Sindirim Sürecinin Optimizasyonu

Arı mikrobiyotasındaki bakteriler, sadece besinlerin sindirilmesini sağlamakla kalmaz, aynı zamanda sindirimin her aşamasını optimize eder. Bal arılarının bağırsaklarında bulunan *Gilliamella* ve *Snodgrassella* gibi bakteriler, polenin sindirilmesinde yardımcı olarak, sindirim sürecini hızlandırır ve besin maddelerinin daha etkili bir şekilde kullanılmasını sağlar (Kwong et al., 2017). Bu bakteriler, polenin bileşenlerini daha küçük parçalara ayırarak sindirilebilirliğini artırır. Bunun yanı sıra, sindirimi zor olan polisakaritler ve proteinlerin çözülmesinde de önemli roller üstlenirler.

Arıların bağırsaklarındaki bakteri çeşitliliği, sindirim sürecinin düzgün bir şekilde işlemesi için gereklidir. Bağırsaklardaki bu mikroorganizmaların farklı enzimler üretmesi, her tür besinin uygun şekilde parçalanarak emilmesini sağlar. *Lactobacillus* gibi bakteriler, özellikle sindirimi zor olan bileşenlerin parçalanmasında etkili olurken, diğer türler de belirli besinlerin sindirilmesi için farklı enzimler üretir (Martinson et al., 2011). Bu kompleks etkileşimler,

arıların sindirim sisteminin verimli çalışmasını sağlayarak besinlerin daha etkin bir şekilde kullanılmasına olanak tanır.

3.3.Mikrobiyota Dengesizliği ve Sindirim Sorunları

Mikrobiyota dengesizliği, sindirim sistemi üzerinde olumsuz etkiler yaratabilir. Mikrobiyota dengesizliği, yararlı bakterilerin sayısının azalması ve zararlı patojenlerin çoğalması sonucunda sindirimde zorluklar yaşanabilir. Örneğin, *Paenibacillus larvae* gibi patojenler, sindirim sisteminde zararlı etkilere yol açarak sindirim işlevlerini bozar ve arıların sağlığını tehdit eder (Alaux et al., 2010). Mikrobiyota dengesizliği, arıların besinleri doğru şekilde sindirememesi ve bu durumun bağışıklık sistemine olan olumsuz etkileri, koloni sağlığını tehdit eder.

Bakteriyel çeşitliliğin azalması, sindirimde meydana gelen aksaklıklarla ilişkilidir. Bağırsaklarda bulunan bazı zararlı bakteriler, sindirimi zorlaştıran toksinler üreterek besinlerin emilimini engelleyebilir. Bu durum, arıların enerji düzeylerini düşürerek, arıların genel sağlığını olumsuz etkileyebilir ve koloni çöküşüne yol açabilir (Moran et al., 2015). Ayrıca, bağırsak mikrobiyotasındaki dengesizlik, arıların çevresel stres faktörlerine karşı daha duyarlı hale gelmesine ve hastalık etkenlerine karşı savunmasız kalmasına neden olabilir.

4. Mikrobiyota ve Patojenlere Karşı Savunma

Bal arılarının sağlığı, mikrobiyota ile yakından ilişkilidir ve mikrobiyota, arıların patojenlere karşı savunmalarını büyük ölçüde etkiler. Mikrobiyota, arıların sindirim sisteminde yer alan ve bağışıklık yanıtlarını düzenleyen mikroorganizmaların oluşturduğu bir topluluktur. Bu mikroorganizmalar, arıların patojenlere karşı etkili bir savunma geliştirmesine yardımcı olur. Mikrobiyota, sadece sindirimi optimize etmekle kalmaz, aynı zamanda patojenlere karşı koruyucu bir bariyer oluşturarak arıların sağlığını ve koloni bütünlüğünü korur (Kwong & Moran, 2013). Mikrobiyota dengesizliği, arıların patojenlere karşı daha savunmasız hale gelmesine yol açabilir, bu da koloni kayıplarına neden olabilir.

4.1.Mikrobiyota ve Bağışıklık Sistemi

Arı mikrobiyotasının, bağışıklık sistemini düzenleyen önemli bir rolü vardır. Mikrobiyota, bağışıklık yanıtlarını modüle eder, böylece arılar, dış ortamdan gelen patojenlere karşı daha etkili bir savunma geliştirebilir.

Özellikle, bağırsak mikrobiyotasındaki bazı bakteriler, arıların bağışıklık hücrelerini aktive ederek patojenlere karşı koruyucu bir yanıt sağlar. *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* gibi probiyotik bakteriler, bağışıklık sistemini güçlendirirken, bağırsakta zararlı patojenlerin çoğalmasını engeller (Moran et al., 2015). Bu bakteriler, mikrofloranın dengesini koruyarak, patojenlerin vücuda girmesini engelleyebilir. Arıların bağışıklık sistemi, mikrobiyota tarafından desteklenen bu tür etkileşimlerle daha hızlı ve etkili bir şekilde yanıt verir.

Mikrobiyota, ayrıca bağışıklık sisteminin genel işleyişine katkıda bulunan, immün yanıtları teşvik eden ve vücuda zarar verebilecek mikroplara karşı savunma sağlayan moleküller üretir. Bu moleküller arasında antimikrobiyal peptitler ve hücresel düzeyde bağışıklık tepkilerini başlatan sitokinler yer alır (Zheng et al., 2017). Mikrobiyota, patojenlerin bağırsaklara girişini engellemek için antimikrobiyal maddeler salgılar ve bu mekanizma, koloniyi zararlı mikroorganizmaların istilasından korur.

Bağırsak mikrobiyotası, bağışıklık sistemi üzerinde doğrudan etkili olup, patojenlere karşı ilk savunma hattı olarak görev yapar (Powell et al., 2014). Özellikle *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* türlerinin, bağırsak ortamında asidik pH seviyesini koruyarak zararlı patojenlerin çoğalmasını engellediği bilinmektedir (Motta et al., 2018).

Antibiyotik kullanımı veya pestisit maruziyeti gibi insan kaynaklı müdahalelerin, mikrobiyota dengesini bozarak bağışıklık sisteminin zayıflamasına neden olabileceği yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur (van der Zee et al., 2015).

4.2.Patojenlerin Mikrobiyota ile Etkileşimi

Mikrobiyota, patojenlere karşı hem doğrudan hem de dolaylı bir koruma sağlar. Mikrobiyota, bağırsakta zararlı patojenlerin çoğalmasını engelleyerek doğrudan savunma sağlar. Örneğin, *Snodgrassella* ve *Gilliamella* gibi yararlı bakteriler, bağırsaklarda bağışıklık tepkilerini tetikler ve zararlı patojenlerin çoğalmasını engeller (Kwong et al., 2017). Bu bakteriler, bağırsaklardaki mikrofloradaki dengenin korunmasını sağlayarak, bağışıklık sisteminin doğal savunma tepkilerini aktive eder. Ayrıca, zararlı patojenler bağırsakta bu yararlı bakterilerle rekabet eder, bu da patojenlerin büyümesini sınırlayabilir.

4.3.Mikrobiyota Dengesizliği ve Patojenlere Karşı Savunma Zayıflığı

Mikrobiyota dengesizliği, arıların patojenlere karşı savunmalarını zayıflatabilir. Dengesiz bir mikrobiyota, bağışıklık sistemi fonksiyonlarını bozabilir ve zararlı patojenlerin çoğalmasına olanak tanıyabilir. Mikrobiyota dengesizliği, özellikle bağırsak mikroflorasındaki faydalı bakterilerin sayısının azalmasına ve patojenlerin sayısının artmasına yol açabilir. Bu durumda, arıların bağışıklık sistemi daha az etkili hale gelir ve hastalık etkenlerine karşı savunmasız kalırlar (Alaux et al., 2010).

Özellikle, Nosema gibi patojenler, mikrobiyota dengesizliği sonucunda hızla çoğalabilir ve arıların sindirim sistemine zarar vererek, onların bağışıklık sistemini zayıflatabilir. Mikrobiyota dengesizliği, aynı zamanda arıların enerji seviyelerini de etkileyebilir, çünkü sindirim sisteminin düzgün çalışmaması besinlerin verimli bir şekilde emilmesini engeller ve bu da arıların zayıflamasına yol açar (Moran & Yun, 2015).

5.Sonuç

Bal arıları, ekosistemler için kritik öneme sahip canlılar olup, ekolojik dengeyi sürdürme, tarım bitkilerinin polinasyonunu gerçekleştirme ve gıda zincirlerinde önemli bir rol oynama açısından büyük değere sahiptir. Bu nedenle, bal arılarının sağlığını korumak, yalnızca arı kolonilerinin sürdürülebilirliği açısından değil, aynı zamanda tarım ve biyolojik çeşitliliğin korunması bakımından da büyük önem taşımaktadır. Arı sağlığını etkileyen birçok faktör arasında, mikrobiyota, bal arılarının genel sağlık durumunu ve bağışıklık sistemini yönlendiren temel unsurlardan biridir. Mikrobiyota, arıların sindirim sisteminde bulunan mikroorganizmaların oluşturduğu karmaşık bir ekosistem olup, bu mikroorganizmalar, hem besinlerin sindirilmesine hem de patojenlere karşı korunmaya yardımcı olmaktadır.

Arı mikrobiyotasının sağlıklı bir dengeye sahip olması, arıların beslenme verimliliğini artırırken, bağışıklık sisteminin işlevini de destekler. Bal arılarının bağırsaklarında bulunan probiyotik mikroorganizmalar, sindirimde enzimlerin üretimini teşvik ederek, polen ve nektar gibi besinlerin daha verimli bir şekilde sindirilmesini sağlar. Bunun yanı sıra, mikrobiyota, sindirim sisteminde bulunan zararlı patojenlerin çoğalmasını engelleyerek, arıların hastalıklarla mücadele etmelerine yardımcı olur (Kwong & Moran, 2013). Özellikle

Lactobacillus ve Bifidobacterium gibi yararlı bakteriler, bağırsakların asidik ortamını koruyarak, patojenlerin büyümesini engeller. Bu, arıların hem sindirimde hem de hastalıklara karşı savunmada daha etkili olmalarını sağlar.

Mikrobiyota, bağışıklık sistemi üzerinde de önemli bir etkiye sahiptir. Bal arılarının mikrobiyotasındaki bakteri toplulukları, arıların bağışıklık yanıtlarını modüle eder. Arıların bağışıklık sistemini destekleyen antimikrobiyal peptitler ve bağışıklık hücrelerini aktive eden moleküller mikrobiyota tarafından üretilir. Bu bileşikler, arıların patojenlere karşı savunma kapasitesini artırır ve zararlı mikroorganizmaların çoğalmasını engeller (Zheng et al., 2017). Mikrobiyota, aynı zamanda bağışıklık sistemini güçlendiren bir bariyer işlevi görerek, çevresel patojenlere karşı koruma sağlar. Bununla birlikte, mikrobiyota dengesizliği, bu bağışıklık tepkilerinin zayıflamasına ve hastalıklara karşı duyarlılığın artmasına yol açabilir.

Mikrobiyota dengesizliği, bal arılarının bağışıklık sistemini doğrudan zayıflatan önemli bir sorundur. Dengesiz mikrobiyota, yararlı mikroorganizmaların sayısının azalmasına ve zararlı patojenlerin çoğalmasına yol açarak, arıların savunma kapasitesini düşürür. Arıların bağışıklık tepkileri, bu mikrofloranın dengesine bağlı olarak değişir ve dengesiz bir mikrobiyota, patojenlere karşı savunmayı zayıflatır (Alaux et al., 2010). Özellikle, Nosema gibi zararlı mikroorganizmalar, dengesiz mikrobiyota sonucunda hızla çoğalarak sindirim sisteminde hasara yol açabilir ve arıların bağışıklık sistemini zayıflatabilir. Bu durum, koloni sağlığını tehdit eder ve arı ölümlerine yol açabilir. Mikrobiyota dengesizliği, sadece patojenlerin artmasına yol açmakla kalmaz, aynı zamanda besinlerin emilimini engelleyerek arıların genel enerji seviyelerini de düşürür. Bu da, arıların verimliliğini olumsuz etkiler.

Arı mikrobiyotasının çeşitliliği, arı sağlığı ve koloni dayanıklılığı için kritik bir faktördür. Çeşitli bakteri türlerinin varlığı, mikrobiyotanın fonksiyonlarını optimize eder ve arıların patojenlere karşı daha güçlü bir savunma geliştirmelerini sağlar. Mikrobiyota çeşitliliği, bağışıklık sisteminin etkili bir şekilde çalışmasını ve sindirimdeki yararlı enzimlerin üretimini destekler. Çeşitli bakteri toplulukları, her bir besinin sindirilmesini ve emilmesini sağlayarak, arıların besin kaynaklarından maksimum verim elde etmelerini sağlar (Martinson et al., 2011). Ayrıca, bu çeşitlilik, arıların çevresel streslere karşı daha dirençli hale gelmelerine yardımcı olur.

Bal arılarının sağlıklı bir mikrobiyota yapısına sahip olmalarının, hem bireysel arılar hem de koloniler açısından sürdürülebilirliği artıran bir faktör olduğu açıktır. Mikrobiyota, arıların hem sindirimde hem de patojenlere karşı savunmada en önemli destekleyici faktörlerden biridir. Bu bağlamda, mikrobiyota çeşitliliğini korumak, arıların patojenlere karşı daha dirençli hale gelmelerini sağlar ve kolonilerin genel sağlığını iyileştirir. Ayrıca, mikrobiyota dengesizliği, arıların bağışıklık yanıtlarını zayıflatarak, hastalıkların yayılmasına ve koloni çöküşlerine yol açabilir. Arı sağlığının korunması için, mikrobiyota dengesinin sağlanması ve mikrobiyota çeşitliliğinin artırılması, temel öncelikler arasında yer almalıdır.

Sonuç olarak, bal arılarının mikrobiyota yapısının korunması, arıların genel sağlık durumunun iyileştirilmesi ve hastalıkların önlenmesi açısından kritik bir öneme sahiptir. Arı mikrobiyotasının sağlıklı bir şekilde işlev görmesi, arıların sindirim sistemlerinin düzgün çalışmasını, bağışıklık sistemlerinin güçlenmesini ve patojenlere karşı korunmalarını sağlar. Mikrobiyota dengesizliği, arıların savunma mekanizmalarını zayıflatabilir ve hastalıkların yayılmasına yol açabilir. Bu nedenle, bal arılarına yönelik yapılan beslenme stratejileri ve çevresel yönetim uygulamaları, mikrobiyota sağlığını korumak amacıyla optimize edilmelidir. Arı sağlığını iyileştirmek ve koloni verimliliğini artırmak için mikrobiyota çeşitliliğini ve dengesini destekleyen araştırmalar ve uygulamalar büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- Alaux, C., Ducloz, F., Crauser, D., & Le Conte, Y. (2010). Diet effects on honeybee immunocompetence. *Biology Letters*, 6(4), 562-565. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2009.0986>
- Anderson, K. E., Sheehan, T. H., Mott, B. M., Maes, P., Snyder, L., Schwan, M. R., Walton, A., Jones, B. M., & Corby-Harris, V. (2011). Microbial ecology of the hive and pollination landscape: Bacterial associates from floral nectar, the alimentary tract and stored food of honey bees (*Apis mellifera*). *PLoS ONE*, 6(4), e20656. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0020656>
- Bishop, C., Hennigar, M. A., Danforth, I. D., & Long, E. Y. (2021). Winter feeding affects honey bee (*Apis mellifera*) gut microbiome. *Scientific Reports*, 11(1), 24579. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-03907-2>
- DeGrandi-Hoffman, G., Chen, Y., & Huang, E. (2016). The effect of high fructose corn syrup (HFCS) and sucrose on survival and performance of honey bee (*Apis mellifera* L.). *Journal of Insect Physiology*, 89, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2016.03.004>
- Di Pasquale, G., Salignon, M., Le Conte, Y., Belzunces, L. P., Decourtye, A., Kretzschmar, A., Suchail, S., Brunet, J. L., & Alaux, C. (2013). Influence of pollen nutrition on honey bee health: Do pollen quality and diversity matter? *PLoS ONE*, 8(8), e72016. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0072016>
- Engel, P. (2009). The gut microbiota of insects – diversity in structure and function. *FEMS Microbiology Reviews*, 33(4), 690-711. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2009.00176.x>
- Engel, P., & Moran, N. A. (2013). The gut microbiota of insects – diversity in structure and function. *FEMS Microbiology Reviews*, 37(5), 699-735. <https://doi.org/10.1111/1574-6976.12025>
- İnci, H., Karakaya, E. ve Topluk, O. (2022). Bingöl İli Arıcılık İşletmelerinin Yapısal Özellikleri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 9(4), 996-1013.
- Keller, I., Fluri, P., & Imdorf, A. (2005). Pollen nutrition and colony development in honey bees: Part II. *Bee World*, 86(1), 27-34. <https://doi.org/10.1080/0005772X.2005.11099650>

- Kešnerová, L., Mars, R. A. T., Ellegaard, K. M., Troilo, M., Sauer, U., & Engel, P. (2020). Disentangling metabolic functions of bacteria in the honey bee gut. *Nature Communications*, 11(1), 2461. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-16224-3>
- Kwong, W. K., & Moran, N. A. (2013). Cultivation and characterization of the gut symbionts of honey bees and bumble bees: description of *Snodgrassella alvi* gen. nov., sp. nov., and *Gilliamella apicola* gen. nov., sp. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 63(6), 2008-2018. <https://doi.org/10.1099/ijs.0.044875-0>
- Kwong, W. K., & Moran, N. A. (2016). Gut microbial communities of social bees. *Nature Reviews Microbiology*, 14(6), 374-384. <https://doi.org/10.1038/nrmicro.2016.43>
- Martinson, V. G., Moy, J., & Moran, N. A. (2011). Establishment of characteristic gut bacteria during development of the honeybee worker. *Applied and Environmental Microbiology*, 78(8), 2830-2840. <https://doi.org/10.1128/AEM.07810-11>
- Moran, N. A., & Yun, J. H. (2015). Experimental replacement of *Apis mellifera* gut microbiota: colonization resistance and functional responses. *mBio*, 6(6), e01157-15. <https://doi.org/10.1128/mBio.01157-15>
- Moran, N. A., Hansen, A. K., Powell, J. E., & Sabree, Z. L. (2015). Distinctive gut microbiota of honey bees assessed using deep sampling from individual worker bees. *PLoS ONE*, 10(4), e0123911. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123911>
- Motta, E. V. S., Raymann, K., & Moran, N. A. (2018). Glyphosate perturbs the gut microbiota of honey bees. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(41), 10305-10310. <https://doi.org/10.1073/pnas.1803880115>
- Parrinello, H., Mariani, R., De Sousa, F. B., & Bessa, L. A. (2020). Pollen nutrition and its effects on honey bee health and colony productivity. *Journal of Apicultural Research*, 59(3), 281-292. <https://doi.org/10.1080/00218839.2020.1740175>
- Powell, J. E., Leonard, S. P., Kwong, W. K., Engel, P., & Moran, N. A. (2014). Genome-wide screen identifies host colonization determinants in a bacterial gut symbiont. *Proceedings of the National Academy of*

- Sciences, 111(50), 18766-18771.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1420308111>
- Raymann, K., & Moran, N. A. (2018). The role of the gut microbiome in health and disease of adult honey bee workers. *Current Opinion in Insect Science*, 26, 97-104. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2018.02.012>
- Schmid-Hempel, P. (2011). *Evolutionary parasitology: The integrated study of infections, immunology, ecology, and genetics*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199229482.001.0001>
- Schwarz, R. S., Teixeira, É. W., Cardoso, J. F., De Jong, D., & Evans, J. D. (2016). Colony collapse disorder not due to honey bee RNA viruses. *PLoS ONE*, 11(4), e0152681. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152681>
- Söğüt, B., Şeviş, H. E., Karakaya, E., İnci, H., & Yılmaz, H. Ş. (2019). Bingöl ilinde arıcılık faaliyetinin mevcut yapısı üzerine bir araştırma. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 6(2), 168–177.
- Van der Zee, R., Pisa, L., Andonov, S., Brodschneider, R., Chlebo, R., Coffey, M. F., ... & Gray, A. (2015). Managed honey bee colony losses in Canada, China, Europe, Israel and Turkey, for the winters of 2008–2010. *Journal of Apicultural Research*, 51(1), 100-114. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.51.1.12>
- Vanbergen, A. J., Heard, M. S., Breeze, T. D., Potts, S. G., & Hanley, N. (2013). Status and trends in European pollinators and pollination services. *Environmental Science & Policy*, 27, 102-112. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2012.06.005>
- Vásquez, A., & Olofsson, T. C. (2009). The lactic acid bacteria involved in the production of bee pollen and bee bread. *Journal of Applied Microbiology*, 108(5), 1559-1569. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2009.04587.x>
- Zheng, H., Powell, J. E., Steele, M. I., Dietrich, C., & Moran, N. A. (2017). Honeybee gut microbiota promotes host weight gain via bacterial metabolism and hormonal signaling. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(18), 4775-4780. <https://doi.org/10.1073/pnas.1701819114>

BÖLÜM 8

BAL ARILARINDA KOLONİ PERFORMANSINI ETKİLEYEN UNSURLAR: VERİMLİLİK VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Dr. İbrahim ŞAHİN¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.15003376>

¹ Bingöl Üniversitesi, Arıcılık Araştırma, Geliştirme, Uygulama ve Araştırma Merkezi,
Bingöl ORCID: 0000-0002-6803-0121 Mail: isahin@bingol.edu.tr

Giriş

Bal arısı, tarih öncesi bin yıllardan orta çağlara değin dünya üzerindeki tüm toplulukların efsanelerinde yer almış bir böcektir. Ortaçağlar öncesi dünyadaki insanların hayatlarında bal, dini ritüeller ve günlük tüketim açısından son derece önemliydi. Halikarnaslı Herodot'a (MÖ 484-425) göre Babilliler ölülerini bala bulayıp gömüyordu. Mısırlılar ise mezarlarına, bal petekleri de koyuyordu. Esasen insan, arı ve bal ilişkisinin gözlenebileceği en eski arkeolojik izler MÖ 6000'li yıllara kadar gidiyor. Eski Mısır'ın yanı sıra MÖ 2000-1000 yıllarında, Orta Volga bölgesinde, ağaç kovukları ve dallarındaki doğal petekler aracılığıyla arıcılık yapıldığına ilişkin bilimsel kanıtlar da bulunuyor. Arkeolojik araştırmalarda gösteriyor ki insanoğlu bal arıları ile binlerce yıldır ilgilenmektedir. Bal arıları kendi doğal yaşamları içerisinde varlıklarını bugünlere kadar getirebilmişlerdir.

Tarih boyunca özellikle 16. Yüzyıla kadar arıcılık insanlar arasında nesilden nesile aktarılan bir ilgi alanı olarak gelmiştir. Teknolojik gelişmeler birlikte arıcılık bilgisinde de önemli diyebileceğimiz gelişmeler yaşanmaya başlanmıştır. Amerikalı bilim insanı Lorenzo Langstroth 1851 yılında 6-9 mm arasındaki boşluklara arının petek örmediğini fark etmiş ve bunu arı boşluğu olarak adlandırmıştır. Kovan içerisinde çerçevelerin kolayca hareket edebileceği kovan sistemleri Langstroth'un çerçeve yan çitaları ile kovan duvarı arasında ve çerçeve üst çitası ile kapak arasında boşluklar bıraktığında arıların buraları birleştirmede keşfetmesiyle geliştirilmiştir. Bu keşiften sonra günümüzde hala kullanılmakta olan çerçeveli kovan sistemine geçilmiştir.

Dünya genelinde bulunan bal arıları da diğer tüm canlılar gibi bilim insanları tarafından taksonomik olarak sınıflandırılmıştır.

Modern arıcılığının gelişmesi arıcılığın yaygınlaşmasına ve arı ürünlerine ulaşımı kolaylaştırmıştır. Bununla birlikte birçok sorununda ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Bal arılarına; "Bal toplayan arı" anlamına gelen *Apis mellifera* adı verilmiştir. Dünya genelinde yaygın olarak kullanılan *Apis mellifera* bal arısının türüne ait, biyometrik ölçüm tekniği ve moleküler (Elektroforez ve mtDNA analizleri) yöntemler kullanılarak 27 bal arısı ırkı belirlenmiştir (Ruttner, 1988; Rinderer et al., 2010; Güler, 2006; Söğüt ve ark., 2019; İnci ve ark., 2022).

Ülkemiz iklim koşullarının çeşitliliği, jeolojik yapısının bölgeden bölgeye farklılığı, Afrika, Asya ve Avrupa arasında köprü olması sebebiyle bal arısının evriminde önemli bir yere sahiptir. Bal arılarının Anadolu'da on binlerce yıldır bulunmalarından dolayı yerel ekolojik sistemlere uyum sağlayarak farklılaştıkları bilinmektedir (Kence vd., 1998).



Şekil 1.1. Anadolu ve Yakınoğu bal arısı ırklarının dağılımı (Ruttner, 1988)

Bal arısı ırklarının zaman içerisinde, buldukları coğrafyada daha küçük lokal alanlarda kendi içlerinde çok yakın benzer özellikleri olan saf ırkın bir alt türü olan ekotipleri, saf ırklarının döllenmemiş ana arılarının lokal bölgelerinde bulunan farklı arı kolonilerinin erkek arıları ile çiftleşmesi sonucu melez ana arı genotipleri, doğal seleksiyonlar veya doğal çiftleşmeler dışında kontrollü olarak iki ayrı saf ırkın veya iki ayrı saf hattın veya ayrı bir ırkla değişik ırktan saf bir hattın çiftleştirilmesi ile hibrit ana arıları ortaya çıkmıştır. Bunun sonucu olarakta bal arıları doğal seleksiyonla binlerce yıldır kazanmış oldukları bazı özelliklerini kaybetme durumu ile karşı karşıya kalmıştır. Günümüzde orjinal alanlarında kalan bal arısı genotiplerini bulmak ve koruma altına almak bir zorunluluk haline gelmiştir.

İletişimin çok fazla olduğu günümüz Dünya'sında arıcılar pek çok farklı arı genotipi ile çalışmaktadır. Küresel iklim değişikliklerinden dolayıda bal arıları olumsuz etkilenmektedir. Bilim insanları Dünya'nın bir çok farklı noktasında bal arılarının koloni performans özellikleri üzerine çeşitli çalışmalar yaparak sonuçlar elde etmektedir. Yapmış olduğumuz bu

çalışmada; bal arılarının performans özellikleri üzerine yapılan farklı çalışmalardan örnekler verilerek en verimli ve sürdürülebilir arıcılıkla ilgili önerilerde bulunulmaya çalışılacaktır.

Bal Arısı Koloni Performansı Üzerine Yapılan Çalışmalardan Örnekler

Dünya, büyük ölçüde polinatöre bağımlı bitkilerle örtülüdür. Küresel çapta yaklaşık 200.000 farklı hayvan türü, polinatör olarak hizmet etmektedir (Ahmad et al., 2021a; Devi et al., 2021). Bal arıları en verimli polinatör türlerinden biri olup, % 87.5 oranında bitkilerini polinasyonunu sağlamaktadır. Bir bal arısı, nektar ve polen arayışı sırasında günlük olarak yaklaşık 2000 çiçek ziyaret edebilir (Ollerton et al., 2011; Abrol, 2012; Abbasi et al., 2021; Devi et al., 2021). Küresel ısınmanın etkisiyle Dünya’da iklim değişiklikleri meydana gelmektedir. Bunun sonucu olarak da giderek artan çölleşme, orman yangınları ve sıcak hava dalgaları gibi birçok olumsuz durum meydana gelmektedir. İklim değişikliği insanları gıda ve su kıtlığı, artan seller, aşırı sıcaklar, daha fazla hastalık ve ekonomik kayıplarla tehdit etmektedir. Bal arıları da doğal olarak bu iklim değişikliklerinden etkilenmektedir. Bilim insanları iklim değişiklikleri ve insan eliyle bal arılarına modern arıcılıkla yaptıkları olumsuz etkileri azaltmak için birçok araştırma yapmaktadır. Bu araştırmalardan bir bölümü de bal arıları kolonilerinin performansını arttırmak üzerine yapılan çalışmalardır. Bu çalışmada bal arıları koloni performansını arttırmak için yapılan çalışmalardan örnekler sunulmaktadır.

Farklı beslenme uygulamalarının bal arısı (*Apis mellifera jemenitica*) kolonisi performansı ve kraliçe üreme yeteneği üzerine yapılan bir çalışmada; kolonilerde farklı beslenme uygulaması olarak Grup-I (sukroz çözeltisi (1:1; w/v) ile beslenen; Grup-II, yerel olarak temin edilen ticari polen ile beslenen; Grup-III, hem sukroz çözeltisi hem de yerel olarak temin edilen ticari polen ile beslenen; Grup-IV ise herhangi bir şeker çözeltisi ve polen kullanılmadan beslenen bal arısı kolonilerinde çeşitli koloni performans parametreleri incelenmiştir. Elde edilen verilere göre, kraliçe arılar tarafından bırakılan yumurtaların, Grup-III' te diğer gruplara göre önemli ölçüde daha yüksek olduğu (1241,83 ± 46,24) belirlenmiştir. Benzer şekilde, farklı gruplar arasında ortalama kapalı gözlü işçi larva alanı ve bal depolama alanında önemli farklar olduğu gözlemlenmiştir. Hem maksimum ortalama kapalı işçi larva alanı

(2153,53 ± 29,18 cm²) hem de maksimum ortalama bal depolama alanı (1713,33 ± 12,06 cm²) Grup-III' te gözlemlenirken; minimum ortalama kapalı işçi larva alanı (1066,53 ± 20,18 cm²) ve minimum ortalama bal depolama alanı (1058,86 ± 4,07 cm²) Grup-IV' te gözlemlenmiştir. Buna karşın, Grup-II ve Grup-III arasında polen depolarında anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir (p > 0,005). Elde edilen bulgular, doğal polen kaynaklarının yetersiz olduğu durumlarda, koloni performansını arttırmak için yapılması gereken beslemeler hakkında önemli ölçüde katkı sunmuştur (Khan et al., 2022).

Ana arı yaşının göçer arıcılık koşullarında bal arısı (*A. mellifera anatoliaca*) kolonilerinin performansı üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada, 0, 1, 2 ve 3 yaşındaki ana arılara sahip kolonilerin performansları karşılaştırılmıştır. Performans kriterleri olarak arılı çerçeve sayısı, yavrulu alanı, kışlama yeteneği, yaşama gücü ve bal verimi belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre Grup I (0), Grup II (1), Grup III (2) ve Grup IV (3)'te arılı çerçeve sayısı ortalama olarak sırasıyla 10,92±0,78; 14,68±0,55; 10,10±0,60; 7,88±0,45 çerçeve/koloni olarak belirlenmiştir. Yavru alanlarının ortalama büyüklüğü 3078±372,5 cm², 3668±460,3 cm², 2215±294,0 cm², 1665,38±241,8 cm² olarak hesaplanmıştır. Kışlama yeteneği sırasıyla %84,3±2,9, %88,0±3,7, %46,6±19,0 ve %26,8±16,5 olarak tespit edilmiştir. Yaşama gücü %100, %100, %60 ve %40 olarak tespit edilmiştir. Bal verimi ise sırasıyla 31,4±1,89 kg, 41,5±1,05 kg, 20,4±2,62 kg ve 12,0±1,41 kg/koloni olarak hesaplanmıştır. Ana arı yaşı ile yavru üretimi (r=-80,2), koloni gücü (r=-62,5), kışlama yeteneği (r=-66) ve bal verimi (r=-75,6) arasında istatistiksel olarak anlamlı ve negatif bir korelasyon tespit edilmiştir (P<0.01). Elde edilen veriler genç ana arıya sahip kolonilerin, yaşlı ana arıya sahip kolonilere daha geniş yavru alanlarına, daha uzun süre güçlü işçi arı popülasyonuna, daha iyi kışlama yeteneğine ve daha yüksek bal verimine sahip olduğu bildirilmiştir (Akyol ve ark., 2008).

Bal arılarının hijyenik davranışlarını belirlemek için yapılan bir çalışmada, hijyenik davranış özelliğine sahip doğal çiftleşmiş ana arıya sahip İtalyan bal arıları (*Apis mellifera ligustica*) ile hijyenik davranış özelliği bilinmeyen ticari olarak alınan İtalyan bal arısı kolonileri karşılaştırılmıştır. Kolonilerin kapalı gözlerde dondurularak öldürülmüş yavruları temizleme özelliği, kireç hastalığı miktarı, Amerikan yavru çürüklüğünün görülme sıklığı, bal üretimi ve *Varroa jacobsoni* akarlarının ergin arılar üzerindeki sayısı

incelenmiştir. Hijyenik kolonilerin, ticari kolonilere göre dondurularak öldürülmüş yavruları önemli ölçüde daha hızlı temizlediği, kireç hastalığına daha az yakalandığı, Amerikan yavru çürüklüğü vakası göstermediği ve ticari kolonilere göre anlamlı derecede daha fazla bal ürettiği tespit edilmiştir. Ergin arılar üzerindeki *varroa* akarlarının sayısı bakımından, dört arılığın üçünde hijyenik kolonilerin ticari kolonilere göre daha az *varroa* akarı taşıdığını belirlenmiştir (Spivak and Reuter, 1998).

Bal arılarında ana arı yaşının kovanlardaki *Varroa* popülasyonu seviyesi ve bal arısı (*A. mellifera caucasica*) kolonilerinin performansı üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada, 0, 1 ve 2 yaşındaki ana arılara sahip koloniler kullanılmıştır. Çalışma 10 Mayıs - 10 Ekim 2004 tarihleri arasında her ay, ergin arılar ve erkek arı yavru gözlerindeki *Varroa* sayıları, arılarla kaplı çerçeve sayısı ve yavru alanlarının büyüklüğü belirlenmiştir. Genel ortalama (\pm S.E.) *Varroa* enfestasyon seviyeleri, ergin arılar üzerinde sırasıyla $5,96 \pm 1,42$, $11,58 \pm 1,46$ ve $15,87 \pm 1,39$; erkek arı yavru gözlerinde ise sırasıyla $21,55 \pm 1,43$, $31,96 \pm 1,44$ ve $37,55 \pm 1,45$ olarak tespit edilmiştir. 0, 1 ve 2 yaşındaki ana arılara sahip koloniler sırasıyla $2673,58 \pm 39,69$ cm², $2711,75 \pm 39,68$ cm² ve $1815,08 \pm 39,70$ cm² toplam ortalama (\pm S.E.) kapalı yavru alanı üretmiş ve sırasıyla $10,35 \pm 0,24$, $10,43 \pm 0,26$ ve $7,51 \pm 0,21$ çerçeve ergin arıya sahip olmuştur. Kolonilerden hasat edilen bal miktarı ise sırasıyla $21,60 \pm 5,25$ kg, $22,20 \pm 6,55$ kg ve $14,70 \pm 2,50$ kg/koloni olarak hesaplanmıştır. Genç ana arılarla yönetilen kolonilerin, yaşlı ana arılara sahip kolonilere kıyasla daha düşük *Varroa* enfestasyon seviyelerine, daha geniş yavru alanlarına, daha uzun süre güçlü işçi arı popülasyonuna ve daha yüksek bal verimine sahip olduğu bildirilmiştir (Akyol ve ark., 2016).

Bal arıları iyi bir termoregülasyon yeteneğine sahiptir ve kolonileri mikroiklim koşullarındaki değişimlere hızla tepki verirler. Ancak, aşırı soğuk veya sıcak aylarda koloni kayıpları meydana gelebilir. Bu tür zorlu koşullarda, bal arılarının yaşamını korumak amacıyla genellikle modifiye edilmiş kovanlar kullanılmaktadır (Abou-Shaara et al., 2013).

Arıcılıkta kullanılan kovan türlerinin bal arısı koloni performansı üzerine etkilerini belirlemek için yapılan bir çalışmada; sıcak ve kurak çevre koşullarında iki farklı bal arısı ırkının (Karniyol ve Yemen bal arıları) performansını artırma yeteneğine sahip dört farklı kovan tipi karşılaştırılmıştır. Karniyol bal arıları için en iyi sonuçlar, sırasıyla yalıtımlı kapak kutuları (ICB)

kullanılan kolonilerde elde edilmiştir. Bunu termoregülatör kovanlar (TBH), çekmeceliyalıtımlı kovanlar (IBD) ve normal kovanlar (NB) takip etmiştir. Buna karşılık, Yemen bal arıları için en yüksek performans TBH kullanılan kolonilerde gözlemlenmiş, bunu sırasıyla ICB, NB ve son olarak IBD takip etmiştir. Bal arılarının uygun bir kovan tipinde muhafaza edilmesi, zorlu çevresel koşullar altında arı ölümlerini önlemek ve kolonilerin performansını artırmak için umut vadeden bir yöntem olarak önerilmiştir (Abou-Shaara et al., 2013).

Kış mevsimi, bal arısı kolonileri için en büyük zorlukları barındıran dönemdir. Bu nedenle, arıcılık uygulamalarındaki temel yaklaşım, erken sonbaharda arı kolonileri için yeterli ve kaliteli gıda kaynaklarının sağlanmasına odaklanmaktadır (Shumkova et al., 2022).

Doğal bitki ekstraktının kullanıldığı bir çalışmada, bağışıklık güçlendirici bitkisel bir şurup olan *immunostart herb*'ün koloni popülasyon gücü, depolanan polen alanı, kapalı işçi yavru alanı ve bal verimi üzerindeki etkilerini test etmek amaçlanmıştır. Deney gruplarına *immunostart herb* 7 gün arayla 4 kez uygulanırken, kontrol gruplarına yalnızca şeker şurubu verilmiştir. Elde edilen veriler, uygulanan ek besin desteğinin incelenen tüm biyolojik parametreler üzerinde etkili olduğunu ve en belirgin etkinin ikinci uygulamadan sonra ortaya çıktığını göstermiştir. Tüm ölçümlerde, uygulama yapılan gruplardaki bal arısı kolonisi parametreleri, kontrol gruplarına kıyasla daha yüksek değerler sergilemiştir. Bu sonuçlar, bitkisel takviyelerin, arılar için besin kaynaklarının kıt olduğu dönemlerde koloni gelişimini etkili bir şekilde destekleyebileceğini ve başarılı bir kışlatma için uygun koşullar sağlayabileceğini ortaya koymuştur (Shumkova et al., 2022).

Farklı kovan tiplerinin (Langstroth ve Warré) karşılaştırıldığı bir çalışmada, Avrupa bal arılarının (*Apis mellifera*), arıların en aktif olduğu ve sıcaklık ile kuraklık dönemlerini içeren geç ilkbahardan erken sonbahara kadar, beş aylık bir süre boyunca Akdeniz ikliminde koloni performansları değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler, kovan tipi veya mevsim fark etmeksizin bal arılarının kovan sıcaklığı ve nemini oldukça dar bir aralıkta tutabildiğini göstermiştir. Ancak, kovan tipi günlük sıcaklık ve nem dalgalanmaları üzerinde etkili olmuştur. Warré kovanlarında, arıların petek örmeleri ve sürdürme konusunda daha iyi olduğu, sıcaklık ve nemdeki günlük dalgalanmaların azalmasına ve her iki parametrenin genel ortalamaya daha yakın tutulmasına

olanak sağladığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, Warré kovanlarında gözlemlenen artan koloni homeostazisi, bağışıklık yetkinliği gibi diğer kovan performans göstergeleriyle negatif bir korelasyon göstermiştir. Farklı kovan tipleri, özellikle gelişmekte olan yavruların ve ana arının bulunduğu koloni merkezindeki hassas bireyleri etkileyebilmektedir. Bu durum, aşırı hava olaylarına yol açan iklim değişikliklerinin, özellikle doğal yaşam ortamlarında yönetilmeyen kolonilerde bal arıları üzerinde koloni performansı ve yaşama gücü açısından önemli etkiler yaratabileceğini göstermektedir. Yönetilen koloniler için ise mevcut kovan düzenlemelerine yapılacak uyarlamalar, arıların abiyotik stresin etkilerini en aza indirmelerine yardımcı olabileceği bildirilmiştir (Kutby et al., 2024).

Sağlıklı bir bal arısı popülasyonu, arıcılık endüstrisi ve ekosistemin sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir. Destekleyici besinlerin kalitesi, özellikle çevrede polen kıtlığı yaşandığında, koloninin gelişimi ve gücünü doğrudan etkilemektedir. Ancak, polen yerine geçen protein takviyesinin bal arısı koloni parametreleri üzerindeki etkisi tam olarak bilinmemektedir (Ahmad et al., 2021).

Bal arısı kolonilerinde çeşitli destekleyici besinlerin tarlacılık aktivitesi, polen yükü, kapalı yavru alanı, popülasyon yoğunluğu ve bal verimi üzerindeki etkisini araştırmak için yapılan bir çalışmada; deney gruplarına polen ikame diyetlerinden oluşan kekler verilmiş, kontrol grubuna ise yalnızca şeker şurubu verilerek besleme yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, arıların en yüksek oranda diyet 1'i (45 g soya unu + 15 g bira mayası + 75 g pudra şekeri + 7,5 g yağsız süt + 7,5 g hurma poleni + 200 mL C vitamini içeren şeker şurubu) tükettiğini ve diğer diyetlerin ardından geldiğini göstermiştir. Ayrıca, *Diyet 1* tüketildiğinde polen yükü, işçi kapalı yavru alanı, popülasyon gücü ve bal veriminin diğer destekleyici diyetlere kıyasla önemli ölçüde arttığı belirlenmiştir. Biyolojik parametrelerin oranı, diğer uygulamalara kıyasla kontrol grubunda daha düşük bulunmuştur. Bu çalışma, polen miktarının ve çeşitliliğinin yetersiz olduğu durumlarda destekleyici diyetlerin bal arılarının sağlığını ve koloni gelişimini iyileştirme potansiyeline sahip olduğu ortaya koyulmuştur (Ahmad et al., 2021).

Bal arılarının koloni performansları üzerine üç farklı arılık sahasında tekrarlanan bir çalışmada, polen içeren iki besleme ürünü (Global ve Homebrew), popülasyonu en fazla olan kolonileri ve koloni başına en ağır

arıların üretilmesini sağlamıştır. Polen içermeyen iki besleme ürünü (Bulk Soft ve AP23) ise şeker bazlı negatif kontrol diyetiyle karşılaştırıldığında anlamlı derecede daha popülasyonu daha büyük olan koloniler oluşmasını sağlamıştır. Diyetlerin makro besin içeriği, koloni popülasyonu veya sağlık biyogöstergeleri ile korelasyon göstermemiştir. Diyetlerin lüsin içeriğine göre temel amino asit eksikliklerinin toplamı, Kasım ayında ortalama arı ağırlığı ve Şubat ayında badem tozlaşması için kullanılan koloni popülasyon büyüklüğü ile korele bulunmuştur. Beslenme ile ilişkili gen ekspresyonu, bağırsak mikrobiyotası ve patojen seviyeleri, bazı diyet etkilerini gölgede bırakan bir faktör olarak arılık sahasına bağlı olarak değişkenlik göstermiştir. Mikrobiyota açısından değerlendirildiğinde, diyetin *Bifidobacterium* ve *Gilliamella* bolluğu üzerinde önemli bir etkisi olduğu ve diğer baskın arı bağırsak taksonları üzerinde de etkiler göstermeye eğilimli olduğu belirlenmiştir (Ricigliano et al., 2022).

Bal arısı kolonilerinde tarlacı arılar, koloninin optimal gelişimini sürdürebilmek için polen ve nektardan dengeli bir besin kaynağı sağlamak zorundadırlar. Tarlacılar arasında aktivite düzeyi ve nektar ile polen toplama tercihleri açısından bireyler arası davranışsal farklılıklar gözlemlense de, bu varyasyonun nedenleri hala tam olarak aydınlatılamamıştır.

Bal arılarında (*Apis mellifera*) yemleme aktivitesi ile yemleme performansı arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla otomatik davranış izleme sistemi kurularak yapılan bir çalışmada, bireysel arıların kovandan ayrılma kütlesi, uçuş süresi, arka bacaklarında polen varlığı ve kovana dönüş kütlesi, yaşam boyu yemleme aktiviteleri boyunca kaydedilmiştir. Kolonilerde, yalnızca belirli bir tarlacı alt grubu polen toplamış olup, hiçbir bireyin yalnızca polenle beslendiği gözlemlenmemiştir. Ayrıca, tarlacıların %19'unu oluşturan küçük bir grup, koloniye yapılan toplam yemleme gezilerinin %50'sini gerçekleştirmiş ve hem polen hem de nektar toplamaya önemli ölçüde katkıda bulunmuştur. Yemleme performansı (toplanan besin miktarı ve toplama hızı), bireysel arıların aktivitesine (tamamlanan yemleme gezisi sayısına) bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Bu bulgular, sosyal bal arıları için önemli bir kırılma noktası ortaya koymaktadır. Tarmacı aktivitesini değiştiren ve yaşam sürelerini kısaltan çevresel stres faktörleri, arıların maksimum performans seviyesine ulaşmasını engelleyebilir ve böylece koloninin yemleme

kapasitesini ciddi şekilde zayıflatarak koloninin genel verimliliğini tehlikeye sokabileceği bildirilmiştir(Klein et al., 2019).

Sonuç ve Öneriler

Bal arıları küresel iklim değişikliği, orijinal lokasyonlarından başka bölgelere taşınması, arıcılık uygulamaları gibi sebeplerden dolayı birçok özelliğini kaybetmiş ve kaybetmeye devam etmektedir. Arıların kontrolsüz bir şekilde taşınmaları arıların melezleşmesine, hastalıkların yayılmasına ve buna benzer sebeplerden kolonilerin yok olmasına sebep olmuştur. Küresel iklim değişiklikleri insanlarda olduğu gibi bal arılarının da belli dönemlerde gıdaya ulaşımı zorlaştırmaktadır. Bilim insanları bu olumsuzlukları ortadan kaldırmak ve olumsuzlukların sebeplerini ortaya çıkarmak için birçok araştırma yapmaktadır. Bal arılarının olumsuzluklardan minimum düzeyde etkilenmelerini sağlamak için koloni performansını/verimi arttırıcı birçok çalışma yapılmış ve yapılmaya devam etmektedir.

Koloni performansı, bal verimliliğini, arıların sağlığını, üreme başarılarını ve dış etkenlere karşı dirençlerini gösteren bir ölçüttür. Bu performansın yüksek olabilmesi koloni yönetiminin iyi bilinmesi, çevresel faktörlerin izlenmesi ve arıların doğal yaşam koşullarına uygun bir ortam sağlanması gereklidir.

Bal arılarında verimliliği arttırmak ve sürdürülebilirliği sağlamak için kolonilerin sağlık durumunun düzenli olarak izlenmesi gereklidir. Özellikle *Varroa* akarı ve diğer parazitlerin kontrolü için düzenli kontrollerin yapılabildiği zamanlarda uygulanması gereklidir. Ana arının sağlığı ve verimliliği koloninin performansını doğrudan etkiler. Eğer kraliçe hasta, yaşlı veya yumurtlama kapasitesi düşükse, genç ve sağlıklı bir kraliçe arı ile çalışılmalıdır. Arıcıların arılıklarında kullanmış oldukları bal arıları mutlaka buldukları lokasyona uyum sağlamış yerel arılar olmalıdır. Hava koşulları, bitki örtüsü ve pestisit kullanımı gibi çevresel faktörlerin etkisi dikkate alınmalı ve takip edilmelidir. Bu faktörler, arıların dışarıda nektar ve polen toplamasını etkileyebilir. Arıcıların bal arılarını özellikle besin kıtlığının olduğu erken ilkbahar ve sonbaharda mutlaka takviye edici besinlerle beslemesi gereklidir. Arıcıların, bal arısı kolonilerinin yönetimi konusunda sürekli eğitim alması, kolonilerin sağlıklarını ve performanslarını arttırmada yardımcı olacaktır. Yeni

araştırmalar ve teknoloji kullanımı, koloni verimliliğini arttırmada avantaj sağlayabileceği unutulmamalıdır.

Sonuç olarak, bal arısı kolonisi performansını artırmak ve arıcılıkta sürdürülebilirliği sağlamak için arı koloni yönetiminin iyi bilinmesi, sağlıklı çevre koşullarının oluşturulması ve bölgeye uygun arı geneotipleri ile çalışılması önemlidir. Koloni sağlığı izlenmeli, hastalıklar ve parazitlerle etkin mücadele edilmeli ve çevresel koşullar arıların ihtiyacına göre düzenlenmelidir.

KAYNAKLAR

- Abbasi, K.H., Jamal, M., Ahmad, S., Ghramh, H.A., Khanum, S., Khan, K.A., Ullah, M.A., Aljedani, D.M., Zulfıqar, B., 2021. Standardization of managed honey bee (*Apis mellifera*) hives for pollination of Sunflower (*Helianthus annuus*) crop. *J. King Saud Univ.-Sci.* 33 (8), 101608. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101608>.
- Abou-Shaara, H. F., Al-Ghamdi, A. A., & Mohamed, A. A. (2013). Honey bee colonies performance enhance by newly modified beehives. *Journal of Apicultural Science*, 57(2), 45.
- Abrol, D.P., 2012. Non bee pollinators-plant interaction. In: *Pollination Biology*. Springer, pp. 265-310.
- Ahmad, S., Khalofah, A., Khan, S.A., Khan, K.A., Jilani, M.J., Hussain, T., Skalicky, M., Ghramh, H.A., Ahmad, Z., 2021. Effects of native pollinator communities on the physiological and chemical parameters of loquat tree (*Eriobotrya japonica*) under open field condition. *Saudi J. Biol. Sci.* 28 (6), 3235–3241.
- Ahmad, S., Khan, K. A., Khan, S. A., Ghramh, H. A., & Gul, A. (2021). Comparative assessment of various supplementary diets on commercial honey bee (*Apis mellifera*) health and colony performance. *PLoS One*, 16(10), e0258430.
- Akyol, E., Yeninar, H., Karatepe, M., Karatepe, B., & Özkök, D. (2007). Effects of queen ages on Varroa (*Varroa destructor*) infestation level in honey bee (*Apis mellifera caucasica*) colonies and colony performance. *Italian Journal of Animal Science*, 6(2), 143-149.
- Akyol, E., Yeninar, H., Korkmaz, A., & Çakmak, I. (2008). An observation study on the effects of queen age on some characteristics of honey bee colonies. *Italian Journal of Animal Science*, 7(1), 19-25.
- Devi, S., Devi, D., Singh, S.J., Kaushal, B., 2021. Strategies to combat the decline in pollinator's population.
- Güler, A. (2006). Bal Arıları (*Apis mellifera* L.)'nda Yapay Tohumlama ve Türkiye İçin Önemi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 21(3), 370-378.
- İnci, H., Karakaya, E. ve Topluk, O. (2022). Bingöl İli Arıcılık İşletmelerinin Yapısal Özellikleri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 9(4), 996-1013.

- Kence, M., Kence, A. and Kandemir, İ. (1998). Türkiye'de Bal Arısı (*Apis mellifera* L.) Irklarının Karakterizasyonu ve Korunması. 1997 -767, Proje No: Vhag-1077, Tübitak.
- Khan, K. A., Ghramh, H. A., & Ahmad, Z. (2022). Honey bee (*Apis mellifera jemenitica*) colony performance and queen fecundity in response to different nutritional practices. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(5), 3151-3156.
- Klein, S., Pasquaretta, C., He, X. J., Perry, C., Søvik, E., Devaud, J. M., ... & Lihoreau, M. (2019). Honey bees increase their foraging performance and frequency of pollen trips through experience. *Scientific reports*, 9(1), 6778.
- Kutby, R., Baer-Imhoof, B., Robinson, S., Porter, L., & Baer, B. (2024). The Effect of Hive Type on Colony Homeostasis and Performance in the Honey Bee (*Apis mellifera*). *Insects*, 15(10), 800.
- Ollerton, J., Winfree, R., Tarrant, S., 2011. How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos* 120 (3), 321–326.
- Ricigliano, V. A., Williams, S. T., & Oliver, R. (2022). Effects of different artificial diets on commercial honey bee colony performance, health biomarkers, and gut microbiota. *BMC veterinary research*, 18(1), 52.
- Rinderer, T. E., Harris, J. W., Hunt, G. J., and De Guzman, L. I. (2010). Breeding For Resistance To Varroa Destructor in North America. *Apidologie*, 41(3), 409-424.
- Rutner, F. (1988). Biogeography and Taxonomy of Honeybees (*Apis mellifera* L.). Springer-Varlay, Heidelberg-Berlin.
- Shumkova, R., Balkanska, R., Salkova, D., & Hristov, P. (2022). Impact of the plant-based natural supplement immunostart herb on honey bee colony performance. *Acta Veterinaria*, 72(3).
- Söğüt, B., Şeviş, H. E., Karakaya, E., İnci, H., & Yılmaz, H. Ş. (2019). Bingöl ilinde arıcılık faaliyetinin mevcut yapısı üzerine bir araştırma. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 6(2), 168–177.
- Spivak, M., & Reuter, G. S. (1998). Performance of hygienic honey bee colonies in a commercial apiary. *Apidologie*, 29(3), 291-302.

BÖLÜM 9

BAL ARILARINDA YEREL EKOTİPLERİN KORUNMASI VE ARICILIKTAKİ ROLÜ

Dr. İbrahim ŞAHİN¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.15008122>

¹ Bingöl Üniversitesi, Arıcılık Araştırma, Geliştirme, Uygulama ve Araştırma Merkezi,
Bingöl ORCID: 0000-0002-6803-0121 Mail: isahin@bingol.edu.tr

Giriş

Bal arılarının anavatanı Afrika kıtası olmasına rağmen, Dünyanın birçok yerine yayılım göstermişlerdir. Buldukları lokasyonların ekolojik şartlarına adaptasyon sağlamışlar ve morfolojik, genotip, fizyolojik, davranış özellikleri bakımından farklı bal arısı (*Apis mellifera* L.) popülasyonlarını oluşturmuşlardır (Ruttner, 1988a; Rinderer ve ark. 2010). Dünyada farklı izole bölgelere yerleşen bal arıları doğal seleksiyon, genetik sürüklenme ve mutasyon etkisiyle morfolojik özellikler bakımından farklılaşmışlardır. (Ruttner, 1988b; Smith, 1991). Bal arısı ırk ve ekotipleri adapte oldukları coğrafi yapılarına bağlı olarak bugünkü morfolojik, fizyolojik ve davranış özelliklerini geçen zaman içerisinde kazanmışlardır. Ekoloji, iklim, bitki örtüsü ve doğal zararlılar bu ırk ve ekotiplerin bugünkü formlarının oluşumunda önemli rol oynamıştır. Coğrafi bölge yapısı dikkate alınarak bal arılarının gerek morfolojik gerekse davranış ve fizyolojik tanım ve sistematik gruplandırmalarını değerlendirme yapmanın gerekli olduğu sonucu ortaya çıkarmıştır (Güler, 2017; Söğüt ve ark., 2019; İnci ve ark., 2022).

İnsan tarafından çeşitli biçimler de yararlanılan, ekonomik açıdan önemli hayvan türlerinin yerel ırkları arasındaki genetik farklılıklar, farklı yerel koşullara uyum özelliklerini yansıttığından, bu türlerin potansiyellerinin korunması ve ıslah çalışmalarının yapılması önemlidir. Canlıların değişen çevre koşullarına uyum sağlayarak varlığını sürdürebilmesi için genetik çeşitlilik vazgeçilmez bir önkoşuldur. Canlı türlerinin yeterli genetik çeşitliliği olmadığında canlı türleri değişen çevre koşullarına ayak uyduramayarak yok olabilirler (Kence, 1987).

Dünya üzerindeki mevcut bal arı ırklarının tamamı arıcıların ihtiyaçlarını karşılayacak özelliklerde değildir (Genç ve Dodoloğlu, 2003). Ekonomik öneme sahip olan bal arısı ırkları, uygun çevre koşullarına sahip ortamlarda yetiştirilmektedirler (Genç, 1993). Bal arısı ırkları ve ekotiplerinin genetik yapılarının farklı olmasından dolayı verim ve davranış yönünden birbirlerinden farklı değişik özelliklere sahiptirler (Güler, 2009).

Yerli bal arısı ırkları ve ekotipleri binlerce yıldır yaşadıkları yörelerde varlıklarını sürdürmüş ve buldukları bölgelerin şartlarına uyum sağlamışlardır (Burucu ve Gülse Bal, 2017). Kendi lokasyonlarında adaptasyonu gerçekleşmiş olan arı ırkları ve ekotipleri, buldukları kendi

bölge şartlarında en yüksek verim performansını ortaya koyabilme özelliğine sahiptirler (Köseoğlu ve ark., 2017).

Türkiye Avrupa ve Asya kıtalarını birbirine bağlayan bir geçit konumundadır. Türkiye birçok bal arısı ırk ve ekotipinin bünyesinde bulunduran zengin bir gen havuzu niteliğindedir (Kekeçoğlu ve ark., 2007; Kara ve Keskin, 2013). Çeşitli bal arısı ırk ve ekotiplerine sahip olan Türkiye, sadece bulunduğu bölge için değil bütün Dünya arıcılığı için büyük öneme sahiptir (Oskay, 2008). Bu nedenle Türkiye bal arısı ırk ve ekotipleri açısından oldukça önemli gen havuzlarından birisi olarak kabul görmektedir (Genç ve Dodoloğlu, 2003).

Türkiye; İran (*Apis mellifera meda*), Kafkas (*Apis mellifera caucasica*), Kıbrıs (*Apis mellifera cypriaca*), Suriye (*Apis mellifera syriaca*), Karniyol (*Apis mellifera carnica*), İtalyan (*Apis mellifera ligustica*), Anadolu (*Apis mellifera anatoliaca*) ve Geçit (*Apis mellifera remipes*) arı ırklarının çevrelediği, bu ırkların ve bunlara ait ekotiplerin doğal yayılma alanı olan önemli bir coğrafik bölgede yer almaktadır (Genç, 1993).

On binlerce yıllık süreçte bal arıları farklı iklim özellikleri gösteren coğrafik bölgelerde o bölgelerin iklimine ve bitkilerine adapte olmuş (İnci, 1994); buldukları bölgelerin iklim özelliklerine dayanabilmiş, o bölgenin iklim koşullarına ve bitki örtüsüne göre yaşamlarını ve fizyolojilerini düzenleme davranışları kazanmışlardır (İnci, 2015). Bal arısı ırkları buldukları bölgelere göre adapte oldukları içindir ki, yaşadığı coğrafik yörede daha verimli ve yüksek yaşama şansına sahiptirler (Güler, 2009).

Yerel genotiplerin incelenmesi veya her bölge için en uygun bal arısı genotipinin ya da genotiplerinin belirlenmesi arıcılıkta koloni başına verimliliği artırmada en etkili yollardan birisi olarak önerilmektedir (Soysal ve Gürçan, 2005).

Gezginci arıcılığın yoğun olması ve dışarıdan ana arı kullanımı ile birlikte, ana arıların denetimsiz şekilde çiftleşmesi sonucunda yöredeki ekotipler özelliklerini koruyamamıştır. Herhangi bir arı girişi çıkışının olmadığı ve özelliğini kaybetmediği düşünülen veya tespit edilen yöresel ekotiplerin performanslarının ortaya konulması, düşük ya da zayıf yönlerinin ıslahı, arıcılıkta verimliliğin artması ve yürütülebilmesi açısından önemlidir. Bununla beraber bölgelerde özgünlüğünü koruduğu belirlenen bal arısı genotiplerinin

tanımlanması ve koloni performanslarının belirlenmesi, ileride yapılacak ıslah çalışmaları için önemlidir (Günbey ve Cengiz, 2021).

Yapmış olduğumuz bu çalışmada amaç, farklı bal arısı ırk veya ekotipleri ile ilgili yapılan çalışmalardan örnekler sunularak, yerel bal arılarının korunmasının arıcılık açısından önemine değinmektir.

Bal Arısı Yerel Ekotipleri Üzerine Yapılan Çalışmalardan Örnekler

Adıyaman iline ait yerel bal arılarının morfolojik özelliklerinin ve koloni performanslarının incelendiği bir çalışmada; yerel bal arılarını temsil eden 5 ilçedeki 13 arılıktan toplam 39 koloni elde edilmiş ve dışardan farklı bir arı giriş çıkışının olmadığı izole bir bölgeye yerleştirilmiştir. Kolonilerin oluşturulduğu arılıklardan toplanan 835 işçi arının, 21 morfolojik özellik açısından incelemesi yapılmıştır. Bal arıları incelenen morfolojik özellikleri açısından değerlendirildiğin de ilçe grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p < 0.05$). Bireylerin morfolojik olarak orijinal gruplarına doğru sınıflandırılma oranı %65,1 olarak tespit edilmiştir. Oluşturulan kolonilerin performans özellikleri incelendiğinde arılarla kaplı çerçeve sayısı, yavru alanı ve hijyenik davranışları açısından ilçe grupları arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). Elde edilen kolonilerin ana arılarının çıkış ağırlığı ortalaması ve uçuş aktivitesi, dönemlere bağlı olarak ilçe grupları arasında anlamlılık göstermiştir ($p < 0.01$). Elde edilen sonuçlara göre, morfolojik özellikler göz önüne alındığında, iller bazında homojen bal arılarının bulunabileceği söylenebilir. Koloni performans değerleri düşük olmasına rağmen, kurak iklim koşullarına ve yetersiz floraya uyum sağlama yetenekleri nedeniyle arıların genetik materyalinin korunması büyük önem taşımaktadır (Oztokmak ve ark., 2023).

Bal arılarında yapılan seleksiyon çalışma programlarının hedeflerinden biri, gen havuzunun korunmasıdır. Bal arısı selleksiyonlarında ana arı-işçi arı değişimi, rastgele değişimin gerçekleştiği popülasyona kıyasla cinsiyet alellerinin kayıp oranında azalmaya ve yavruların yaşama oranında artışa neden olmaktadır(Mateescu.,2024).

Yapılan bir çalışmada, iki ana arı yetiştirme kolonisi ve on erkek arı yetiştirme kolonisi seçilmiştir. Her bir ana arı yetiştirme kolonisinden on ana arı yetiştirilmiştir. Her bir erkek arı yetiştirme ailesinden, on olgun erkek arıdan

alınan semen toplanarak homojenize edilmiştir. Elde edilen homojenize semen ile her ana arı suni tohumlanmıştır. Ana arılar, eşit güçteki anasız kolonilere yerleştirilmiştir. Bu kolonilerden elde edilen arıların morfolojik ve davranışsal özellikleri ölçülerek ebeveyn popülasyonun özellikleri ile karşılaştırılmıştır. İstatistiksel sonuçlara göre, ebeveyn popülasyon ile yavru popülasyonun incelenen karakterlerinin ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur(Mateescu.,2024).

Bal arısı (*Apis mellifera* L.) popülasyonlarının küresel ölçekte yoğun genetik karışımı, büyük ölçüde yaygın göçer arıcılık uygulamalarına ve farklı alttürlerin melezleri veya yabancı ırklar ile yapılan ana arı ve koloni değişimlerine atfedilmektedir.

Türkiye’de Anadolu ve Trakya’nın altı farklı bölgesinden (N = 250 örnek) toplanan bal arılarında 30 mikrosatellit markörü analiz edilerek, (1) göçer arıcılığın, (2) ana arı ve koloni ticaretinin ve (3) koruma çabalarının yerel popülasyonların genetik yapısı üzerindeki etkilerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada, yerelde kalan bal arısı popülasyonlarına göre, gezginci arıcılıkta kullanılan popülasyonları daha düşük genetik bağlılık gösterdiği belirlenmiştir. Dışardan yerel bölgelere getirilen ana arı ve kolonilerin, yerel bal arılarında yüksek düzeyde gen akışına (introgressiyona) neden olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, arı ticaretine bağlı gen akışının yönü ve büyüklüğü ölçülmüştür. Gen akışının göçer arıcılığa kapalı bölgelerde daha sınırlı olduğu değerlendirilmiştir. Yapılan çalışma ile Türkiye’deki dört farklı bal arısı alttürünün yüksek düzeyde coğrafi olarak yapılandırılmış genetik çeşitliliğe sahip olduğu doğrulanmıştır. Çalışmanın bulguları, Avrupa ve diğer bölgelerdeki politika yapıcılar ve ilgili paydaşlar için rehber niteliğinde olup, bal arısı genetik çeşitliliğinin sürdürülebilir yönetimi açısından önemli bilgiler sağlamaktadır (Kükreer ve ark., 2021).

Yapılan birçok çalışmada elde edilen genetik veriler, gezginci arıcılığın mekân ve zamana bağlı olarak farklı bölgelerde sürekli bir gen akışına sebep olduğu ve yerel genlerin kombinasyonlarının vektörleri haline geldiğini bildirmektedir. Göçer arıcılığın yapılmadığı ve dışardan gen akışının olmadığı izole bölgelerin oluşturulması yerel genlerin korunması açısından önemlidir. Bal arısı çeşitliliğinin korunması için politika geliştirme gerekliliği öne çıkmaktadır. İnsan etkisinin bal arısı ve diğer böcek popülasyonlarının genetik çeşitliliği üzerindeki etkilerini araştıran bilim camiası için önemli bulgular

sunmakta olup, göçer arıcılık, ana arı ve koloni değişiminin ekolojik sonuçları açısından yalnızca bal arıları değil, diğer tozlayıcılar ve omurgasızlar için de koruma stratejileri geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir. (Kükreer ve ark., 2021).

Bal arıları, insanların yapmış olduğu tarımdan elde edilen gıda üretimine kritik katkı sağlayan karmaşık eusosyal böceklerdir. Doğal göç süreçleri, belirli coğrafi bölgelerde hayatta kalma ve üreme başarısını artıran özellikleri seçerken, evcilleştirme süreçleri ise yerel koşullarda verimliliği ve hayatta kalma yeteneğini artıran özelliklerin seçilmesine yol açmıştır. Bu yerel adaptasyon süreçlerinin biyokimyasal mekanizmalarının aydınlatılması, evrimsel biyolojinin temel hedeflerinden biridir (Parker et al., 2010).

Farklı coğrafi bölgelerden gelen yerel bal arısı popülasyonlarından toplanan işçi arı numuneleri ile yapılan bir çalışmada, yetişkin orta bağırsağı üzerinde gerçekleştirilen proteom profillemesi ve çoklu paralel istatistiksel analizler, farklı iklimlere uyum sağlamak için seçilen temel hücresel süreçlere dair önemli bulgular sunmaktadır. Elde edilen sonuçlar, bal arısı popülasyonlarına avantaj sağlayabilecek moleküler temeller hakkında önemli bilgiler ortaya koymuştur. Özellikle, ısı üretimi ile en yakından ilişkili organel olan mitokondrinin enerji üretim yollarının, soğuk iklimlere adapte olmuş arılarda belirgin şekilde daha yüksek seviyede olduğu görülmüştür. Buna karşılık, protein metabolizmasının biyosentezden yıkıma kadar geniş bir yelpazede artış gösterdiği, sıcak iklimlere adapte olmuş arılarda seçim baskısı altında olduğu belirlenmiştir. Genel olarak, bu çalışma bal arısı ekotipleri arasındaki ekspresyon polimorfizmlerine proteomik bir bakış açısı sunmakta ve yerel adaptasyon ya da seçilimin moleküler yönlerine dair önemli bilgiler sağlamaktadır. Elde edilen bulgular yalnızca arıcılık yönetimi ve ıslah stratejileri açısından değil, aynı zamanda hayvan popülasyonları ile onların agro-ekolojik bağlamları arasındaki karşılıklı bağımlılığın dikkate alınması gerekliliği açısından da önemli çıkarımlar içermektedir(Parker et al., 2010).

1966 yılında, Fransa'da yerel çiçeklenme fenolojisine uyum sağlamış bir bal arısı ekotipi tanımlanmıştır. Landes bölgesindeki kolonilerin yıllık yavru döngüsünde, biri erken yazın, diğeri sonbaharda olmak üzere iki zirve noktası bulunan bimodal bir tepe noktası olduğu belirlenmiştir. Bu yavru döngüsünün genetik kökenli olduğu tespit edilmiştir. Bu bölgede birçok arıcı yerel olarak adapte olmuş bu arıyı yetiştirirken, bazı arıcılar ise Avrupa'nın farklı

bölgelerinden arı kolonileri ithal etmektedir. Bu ithalatlar, genetik giriş nedeniyle ekotipin özgün genetik karakterinin kaybolabileceği yönünde endişelere yol açmıştır (Strange et al., 2007).

Fransada 1966 yılında tanımlanan bal arısının bulunduğu Landes bölgesinin merkezinde iki araştırma arılığı kurularak, kolonilerde yavru döngüsü özelliğini değerlendirmek amacıyla yapılan bir çalışmada, kolonilerin yavru alanı iki haftada bir ölçülmüştür. Ayrıca erkek arı üretim zamanı ile çiftleşmemiş ana arıların üretim zamanı ve sayısı gözlemlenmiştir. Mevcut çalışmadan elde edilen yavru döngüsü verileri, 1966'da Landes ekotipi üzerine yapılan ilk çalışma ile karşılaştırılmıştır. Test edilen kolonilerin %48,3'ünde, 1966'da tanımlanan yavru döngüsüne benzer bir yavru döngüsü gözlemlenmiştir. Çalışmada elde edilen bulgular ile izole bölgelerin korunma stratejileri açısından taşıdığı önem vurgulanmıştır (Strange et al., 2007).

Batı ve Orta Karadeniz bal arısı popülasyonlarının bal verimi, kuluçka üretim etkinliği ve kışlama yetenekleri bakımından uygulanan seleksiyon işlemi ile Karadeniz Bölgesi koşullarına adapte olmuş damızlık bal arısı materyalinin elde edilmek için yürütülen çalışmada, belirlenen 50 koloninin 2015, 2017, 2019 yıllarına ait ortalama yavru alan indeksleri sırasıyla 3.8 ± 0.08 ; 3.9 ± 0.05 ; 4.0 ± 0.08 , ortalama kışlama indeksleri 4.4 ± 0.11 ; 4.9 ± 0.04 ; 4.1 ± 0.04 , bal verim indeksleri 3.9 ± 0.09 ; 3.2 ± 0.05 ; 3.1 ± 0.09 ve koloni indeks değerleri ise 12 ± 0.12 ; 12.0 ± 0.09 ; 11.2 ± 0.14 olarak belirlenmiştir. Kolonilerin yıllar itibarıyla ortalama bal verimi 23.68; 24.50, 26.39 kg/koloni, kışlama yeteneği (%) 98.41; 97.15; 81.94 kuluçka üretim etkinliği ise 2064.89; 2123.75; 2023.22 cm²/koloni olarak tespit edilmiştir. Yapılan çalışma ile Batı ve Orta Karadeniz bal arısı popülasyonları ile 2014-2022 tarihleri arasında seleksiyon çalışması gerçekleştirilmiştir. Üçüncü jenerasyonu tamamlanan ıslah materyalinin bal verimi, kuluçka üretim etkinliği ve kışlama yetenekleri bakımından başlangıç sürüsüne oranla önemli ilerlemeler kaydettiği görülmüştür. Karadeniz Bölgesi iklim koşullarına adapte olmuş bu gen kaynağı materyalinin korunması, sürdürülebilir üretiminin sağlanması ve üreticilerin kullanımına kazandırılmasının önemi çalışma sonuçları ile bildirilmiştir (Ese ve ark., 2023).

Batı Karadeniz (Yığılca), Orta Karadeniz (Korgan) ve Doğu Karadeniz (Kafkas)'de bulunan özgün bal arısı genotiplerinin Orta Karadeniz koşullarında performanslarını karşılaştırmak için yapılan bir çalışmada, belirlenen kolonilerin her birinden 20 ana arı üretilmiş ve Ordu Arıcılık Araştırma

Enstitüsü'nde tesis edilen arılıktaki 60 koloniye kabul ettirilmiştir. Koloniler kışlaması sonrası Orta Karadeniz koşulları altında yıl boyu performansları izlenmiş ve koloni gelişimleri (ergin arı ve yavru), bal verimleri ve mizaçları ölçülmüştür. Yığılca, Korgan ve Kafkas genotiplerinin ergin arı gelişimleri ($p<0.05$), yavru üretimleri ($p<0.05$) ve mizaçları ($p<0.05$) arasında istatistik olarak önemli fark bulunmuştur. Grupların bal verimleri arasındaki farklılıklar önemli bulunmamıştır (Günbey ve Cengiz, 2021).

Batı Karadeniz Bölgesi'nde bulunan Yığılca bal arısı genotipinin bazı performans özelliklerinin belirlenmesi ve bu özelliklerinin Kafkas ve Anadolu bal arısı ırkı melezi koloniler ile Batı Karadeniz Bölgesi koşullarında karşılaştırılması amacıyla yürütülen çalışmada, bal arısı grupları yaşama gücü, uçuş etkinliği, bal verimi ve polen toplama yetenekleri bakımından karşılaştırılmıştır. Sonuçlara göre, Kafkas grubu yaşama gücü bakımından diğer gruplara göre düşük performans göstermiştir. Elde edilen sonuçlar Yığılca grubunun bal verimi bakımından Anadolu ve Kafkas grubundan daha yüksek olduğu, uçuş etkinliği ve polen toplama yeteneği bakımından ise gruplar arasında farklılık bulunmadığını göstermiştir. Çalışma sonucunda Yığılca yerel bal arısının yüksek bal verimi özelliği ile değerli bir genotip olduğunu bildirilmiştir (Gösterit ve ark. 2012).

Batı bal arısı (*Apis mellifera*, *A. mellifera Linnaeus*), dünya genelinde ekonomik açıdan en önemli tozlayıcılardan biridir. Bu türdeki genetik kaynakların korunması bu nedenle büyük bir önem taşımaktadır. Ancak, arıcıların tercih ettiği belirli alttürlerin mevsimsel göçü, yerel olarak adapte olmuş genetik varyantların potansiyel kaybı konusunda yeterince incelenmemiştir. Özellikle, tekrar eden geri çaprazlama yoluyla gerçekleşen genetik giriş (introgression) ve melezleşme, doğal seçilimle oluşmuş allel kombinasyonlarını bozarak yerel adaptasyonu zayıflatmaktadır (Buswell et al., 2025).

Büyük Britanya ve İrlanda'daki yerli *Apis mellifera mellifera* (*A. m. mellifera*) popülasyonlarında genetik giriş seviyelerini değerlendirmek amacıyla yapılan bir çalışmada, tam genom dizileme (WGS) kullanılmıştır. Örnekler, ithal edilmemiş yerel bal arılarını koruyan yerel arıcılardan ve koruma altındaki popülasyonlar veya özel ıslah programları dışında kalan kolonilerden elde edilmiştir. Bu örnekler, koruma altındaki popülasyonlardan alınan alttür referans örnekleriyle birlikte incelenmiştir. İncelenen 70 koloniden

17'sinde anlamlı bir genetik girişin olmadığını belirlenmiştir. Kalan 53 kolonide ise farklı seviyelerde genetik giriş tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular, küresel öneme sahip bu bal arısının doğal yaşam alanlarında korunmasına yönelik gelecekteki araştırmalar ve koruma stratejileri açısından önemli bilgiler vermiştir (Buswell et al., 2025).

Buldukları farklı çevre koşullarına uyum sağlamış olan bal arısı tür ve ırkları doğanın kendi kuralları çerçevesinde seleksiyon sonucu ortaya çıkmıştır. Ortaya çıkan her arı genotipi kendi coğrafik bölgesinde daha çok yaşama şansına sahip ve yüksek verimdedir. Son yıllarda ana arı üretiminde ve koloni satışındaki denetim eksikliği ile yaygın şekilde yapılan gezginci arıcılık sonucu Türkiye'deki gen kaynaklarının önemli bir kısmı kaybolma tehlikesi ile karşı karşıya kalmıştır. Orijinal alanlarından alınan bal arılarının görünüşleri birbirinden çok farklı olmamakla birlikte götürdükleri farklı coğrafik bölgelerde kontrol edilemeyen melezlemeler nedeniyle bal arısı popülasyonları arasında gen akımı ve buna bağlı olarak geniş genetik varyasyon oluşabilmektedir (Sıralı ve Cınbirtoğlu, 2022) .

Sonuçlar ve Öneriler

Yerel bal arısı ekotiplerinin korunması, arıcılığın sürdürülebilirliği için kritik bir öneme sahiptir. Bu bal arıları buldukları bölgede bitki türlerine göre tozlaşma yapabilen, çevreye adapte olmuş arılardır. Yerel bal arılarının korunması sürdürülebilir tarım ve arıcılıkla uyumlu bir ekosistemin sürekliliğini sağlamaya yardımcı olur. Yerel bal arıları buldukları çevre koşullarına ve bölge bitki örtüsüne göre uyum sağlamak için evrimsel adaptasyon sağlamışlardır. Arıcılar yerel bal arılarını kullanarak, orijinal bölgelerinde yerel flora ve fauna ile uyum içinde daha verimli ve sürdürülebilir bir üretim yapabilir. Bu bal arılarının kaybı bu uyumu bozarak verimliliği düşürebilir. Yerel arı türleri, buldukları çevresel koşullara, hastalıklara ve zararlılara karşı daha yüksek dirence sahiptirler. Yerel bal arılarının bulunduğu bölgelere dışardan başka arı türlerinin getirilmesi yerel arıların genetik çeşitliliğini tehdit eder ve onları daha hassas hale getirirler. Yerel bal arısı türlerinin korunma altına alınması, genetik çeşitliliğin korunmasına katkı sağlayacaktır. Genetik çeşitlilik, arıların çevresel streslere, hastalıklara ve değişen iklim koşullarına daha iyi adapte olmasını sağlar. Böylelikle de arıcılığın daha sağlam ve sürdürülebilir olmasına katkı sunulmuş olunur.

Sonuç olarak; Yerel bal arılarının koruma altına alınması, arıcılığın sürdürülebilirliği için kritik öneme sahiptir. Bu bal arılarının yaşam alanlarının koruma altına alınması, doğal yaşam alanlarının iyileştirilmesi ve yerel türlerin desteklenmesi, arıcılığın sürdürülebilirliğini güvence altına alacaktır.

KAYNAKLAR

- Burucu, V., Gülse Bal, H. S., 2017. Türkiye’de Arıcılığın Mevcut Durumu ve Bal Üretim Öngörüsü. Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi. 3 (1): 28-37. Ankara.
- Buswell, V. G., Huml, J. V., Ellis, J. S., Brown, A., & Knight, M. E. (2025). Whole genome analyses of introgression in British and Irish *Apis mellifera mellifera*. Journal of Apicultural Research, 64(1), 185-197.
- Ese, H., Cınbıroğlu, Ş., Kılıçin, T., Akdeniz, G., Yılmaz, F., Kuvancı, A., ... & Sarı, A. (2023). Orijinal Alanlarından Temin Edilip Seleksiyona Tabi Tutulan Batı ve Orta Karadeniz Bal Arıları (*Apis mellifera* L.)’nın Bazı Performans Özellikleri. Akademik Ziraat Dergisi, 12(2), 289-296.
- Genç, F., 1993. Arıcılığın Temel Esasları (Ders notu) . Atatürk Üniv. Zir. Fak. Yay. No: 149. 286 sayfa. Erzurum.
- Genç, F., Dodoloğlu, A., 2003. Arıcılığın Temel Esasları. Atatürk Üniv. Zir. Fak. Yay. No: 341. 338 sayfa. Erzurum.
- Genç, F., Dodoloğlu, A., 2003. Arıcılığın Temel Esasları. Atatürk Üniv. Zir. Fak. Yay. No: 341. 338 sayfa. Erzurum.
- Gösterit, A., Kekeçoğlu, M., & Çıkılı, Y. (2012). Yığılca Yerel Bal Arısının Bazı Performans Özellikleri Bakımından Kafkas ve Anadolu Bal Arısı Irkı Melezleri ile Karşılaştırılması. Ziraat Fakültesi Dergisi, 7(1), 107-114.
- Güler, A. (2017). Bal arısı (*Apis mellifera* L.) yetiştiriciliği hastalıkları ve ürünleri. Basım. Azim Matbaacılık. Ankara, 419.
- Güler, A., 2009. En Verimli Arı Sizin Arılığımızdaki Arıdır. Arıcılık Araştırma Dergisi. 1 (1): 12-14.Ordu.
- Günbey, B., & Cengiz, F. (2021). Karadeniz Bölgesindeki Bazı Bal Arısı (*Apis mellifera* L.) Genotiplerinin Bölge Koşullarındaki Performansları. Ziraat Mühendisliği, (371), 113-123.
- İnci, A., 1994. Bölgeler Arası Koloni Transferlerinde Adaptasyon Sorunu. Teknik arıcılık. Sayı 46. Sayfa 2-5. Ankara.
- İ İnci, H., Karakaya, E. ve Topluk, O. (2022). Bingöl İli Arıcılık İşletmelerinin Yapısal Özellikleri. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 9(4), 996-1013.
- nci, A., 2015. Ana arı Üretimi Eğitim Kitabı. ANG Yayınları. 130 sayfa. Ankara.

- Kara, M., Keskin, M., 2013. Türkiye'nin Mecut Bal Arısı Genetik Varlığı, Islahı ve Seleksiyonunda Kullanılan Koloni Performans Karakterleri. Arıcılık Araştırma Dergisi. 5 (9): 30-34. Ordu.
- Kekeçoğlu, M., Gürcan, E. K., Soysal, M. İ., 2007. Türkiye Arı Yetiştiriciliğinin Bal Üretimi Bakımından Durumu. Tekirdağ Zir. Fak. Dergisi. 4 (2): 227-236. Tekirdağ.
- Kence, A., (1987) Türkiye'nin Biyolojik Zenginlikleri, 316p, 1987. Epft Publications, Ankara.
- Köseoğlu, M., Yücel, B., Özsoy, N., Topal, E., Engindeniz, S., 2017. Türkiye Arıcılığında Ana Arının Koloni Gelişimine ve Arıcılık Ekonomisine Etkisi. Tarım Ekonomisi Dergisi. 23 (1): 55-60. Alsancak / İzmir
- Kükreler, M., Kence, M., & Kence, A. (2021). Honey bee diversity is swayed by migratory beekeeping and trade despite conservation practices: Genetic evidence for the impact of anthropogenic factors on population structure. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9, 556816.
- Mateescu, C., Dinita, G., Cringanu, I., Grosu, H., & Nicolae, C. G. (2024). Research On Characters Conservation In Mountain Ecotype Queen Bees. *Scientific Papers. Series D. Animal Science*, 67(1).
- Oskay, D., 2008. Bal Arısı Irklarının Çeşitliliğinin Korunması, Kolonilerin Yönetimi ve Genetik Yapılarının İstenen Yönde Geliştirilmesi Üzerine Model Oluşturulması. *Uludağ Arıcılık Dergisi*. 8 (2): 63-72. Bursa.
- Oztoçmak, A., Ozmen Ozbakir, G., & Çağlar, O. (2023). Conservation of local honeybees (*Apis mellifera* L.) in southeastern Turkey: A preliminary study for morphological characterization and determination of Colony performance. *Animals*, 13(13), 2194.
- Parker, R., Melathopoulos, A. P., White, R., Pernal, S. F., Guarna, M. M., & Foster, L. J. (2010). Ecological adaptation of diverse honey bee (*Apis mellifera*) populations. *PLoS one*, 5(6), e11096.
- Rinderer, T.E., Harris, J.W., Hunt, G.J., & De Guzman, L.I. (2010). Breeding for resistance to *Varroa destructor* in North America. *Apidologie*, 41(3), 409-424.
- Ruttner, F. (1988a). *Biogeography and taxonomy of honeybees*. Springer-Verlag, Berlin.
- Ruttner, F. (1988b). *Breeding techniques and selection for breeding of the honeybee*. G. Beard & Son Ltd., Brighton.

- Sıralı, R., & Cınırtoğlu, Ő. (2022). Türkiye’de Bal Arısı Irk ve Ekotiplerinin Sürdürülebilirliğinde Karşılaşılan Risk Faktörleri. *Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi*, 4(4), 106-114.
- Smith, D.R. (1991). Mitochondrial DNA and honey bee Biogeography. *Diversity in the Genus Apis*. 131-176.
- Soysal, M.İ., E.K. Gürcan, 2005. Tekirdağ İli Arı Yetiştiriciliği Üzerine Bir Araştırma. *Tekirdağ Ziraat Fakóltesi Dergisi S: 161–165, Cilt:2, Yıl:2005, Sayı:2*
- Söğüt, B., Şeviş, H. E., Karakaya, E., İncİ, H., & Yılmaz, H. Ő. (2019). Bingöl ilinde arıcılık faaliyetinin mevcut yapısı üzerine bir araştırma. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 6(2), 168–177.
- Strange, J. P., Garnery, L., & Sheppard, W. S. (2007). Persistence of the Landes ecotype of *Apis mellifera mellifera* in southwest France: confirmation of a locally adaptive annual brood cycle trait. *Apidologie*, 38(3), 259-267.

BÖLÜM 10

BAL ARILARININ SOSYAL ZEKÂSI: KOVAN İÇİ İLETİŞİMİN BİLİNMEYEN YÖNLERİ

Öğr. Gör. Zeynep ASUTAY¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.15008230>

¹ Bitlis Üniversitesi, Hizan Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Arıcılık Programı Bitlis, Orcid: 0000-0002-5854-1040, zasutay@beu.edu.tr

1. Giriş

Bal arıları (*Apis mellifera*), yalnızca biyolojik bir hayranlık nesnesi değil, aynı zamanda ekolojik ve evrimsel bağlamda insanlık için derin anlamlar taşıyan organizmalardır. Evrimsel süreçte kazandıkları sosyal zekâ, onları diğer pek çok türden ayıran belirgin bir özellik olarak öne çıkmaktadır (Seeley, 1995). Arılar, bir koloniyi sürdürebilmek için yalnızca bireysel becerilerini değil, aynı zamanda bir grup olarak iş birliği yapma kapasitelerini de ortaya koyarlar. Bu iş birliği, çevresel değişimlere hızla uyum sağlama yeteneklerini pekiştirir (Seeley, 2010; Söğüt ve ark., 2019; İnci ve ark.,2022). Özellikle dans dili (Frisch, 1967), kimyasal sinyaller (Winston, 1987) ve kolektif karar alma süreçleri (Seeley et al., 2006), onların nasıl etkileyici bir sosyal zekâ geliştirdiğini gözler önüne serer.

Arılar arasında bilgi paylaşımı, yalnızca kovan içindeki yaşamı düzenlemekle kalmaz, aynı zamanda çevresel bilgilerin geniş bir şekilde kullanılmasını sağlar. Örneğin, bal arıları, yiyecek kaynaklarını bulmak için etkileyici bir coğrafi navigasyon yeteneğine sahiptir ve bu bilgiyi kovan içindeki bireylere dans dili aracılığıyla aktarır (Frisch, 1967). Bu beceri, sadece bir tür iletişim değil, aynı zamanda bireylerin birlikte daha büyük bir organizma gibi hareket etmelerini sağlayan bir mekanizmadır (Seeley, 1995). Bu mekanizma, kolektif davranış ve sosyal zekâ kavramlarına dair bilimsel anlayışımızı genişletmiştir.

Kovan içindeki sosyal dinamikler ve iletişim ağları, yalnızca bal arılarının yaşamını anlamakla sınırlı kalmaz. Aynı zamanda, insan topluluklarından robotik sistemlere kadar geniş bir yelpazede uygulama alanı bulabilir. Örneğin, sosyal böceklerin davranışları üzerine yapılan araştırmalar, sürü zekâsı olarak bilinen kavramın temelini oluşturmuş ve bu da modern yapay zekâ algoritmalarına ilham kaynağı olmuştur (Seeley, 2010).

2. Sosyal Organizasyon ve Hiyerarşik Yapı

Bal arıları, karmaşık ve iyi düzenlenmiş bir sosyal organizasyona sahiptir. Koloni içindeki bireyler, belirli roller üstlenerek koloninin hayatta kalmasını ve gelişmesini sağlarlar. Bu roller, kraliçe arı, işçi arılar ve erkek arılar arasında net bir iş bölümü çerçevesinde şekillenir. Her birey, yaşına, fizyolojik durumuna ve çevresel koşullara bağlı olarak belirli görevler üstlenir (Seeley, 1995). Bu sosyal yapı, koloninin kaynakları etkili bir şekilde

kullanmasını ve çevresel değişimlere hızlı uyum sağlamasını mümkün kılar (Winston, 1987).

2.1 Kraliçe Arı

Kraliçe arı, koloninin en önemli üyesidir ve temel işlevi üreme sağlamaktır. Koloninin tek doğurgan dişisi olan kraliçe, her gün binlerce yumurta bırakarak koloninin devamlılığını sağlar (Michener, 1974). Bunun yanı sıra, feromonlar salgılayarak işçi arıların davranışlarını düzenler ve koloninin sosyal uyumunu sağlar (Winston, 1987). Kraliçenin ürettiği **kraliçe maddesi (queen substance)** olarak bilinen feromonlar, işçi arıların yumurtlamasını baskılar ve onlara belirli görevler atar (Seeley, 2010).

Kraliçenin varlığı ve sağlığı, koloninin bütünlüğü açısından kritik öneme sahiptir. Eğer kraliçe ölürse veya yaşlanıp üreme kapasitesini kaybederse, işçi arılar hızlı bir şekilde yeni bir kraliçe yetiştirme sürecini başlatırlar. Bunun için larvalar arasından uygun olanları **arı sütü (royal jelly)** ile besleyerek yeni bir kraliçenin gelişmesini sağlarlar (Winston, 1987). Yeni kraliçe olgunlaştığında, eski kraliçe ya öldürülür ya da kovanı terk ederek yeni bir koloni kurar. Bu süreç, bal arılarında **bölünme üreme (swarming)** olarak bilinir ve koloninin hayatta kalmasını sağlayan temel mekanizmalardan biridir (Seeley, 1995).

2.2 İşçi Arılar

İşçi arılar, kolonideki en kalabalık grubu oluşturur ve tüm temel görevlerden sorumludurlar. Bu arılar dişidir, ancak kraliçenin feromonları nedeniyle üreme yetenekleri baskılanmıştır (Winston, 1987). İşçi arıların görevleri, yaşlarına bağlı olarak değişir. Genç işçi arılar kuluçka bakımı, petek inşası ve kovan temizliği gibi iç görevlerle ilgilenirken, yaşlandıkça yiyecek arama ve savunma gibi dış görevleri üstlenirler (Seeley, 2010).

İşçi arılar, koloni için en kritik görevlerden biri olan **besin toplama** işini üstlenirler. Nektar, polen, su ve reçine gibi kaynakları toplayarak kovan içindeki besin stoklarını düzenlerler (Michener, 1974). Bu kaynaklar, hem yetişkin bireyler hem de larvaların beslenmesi için hayati öneme sahiptir. İşçi arılar ayrıca **dans dili** yoluyla yiyecek kaynaklarının konumunu diğer bireylere aktararak koloninin kolektif karar alma süreçlerine katkı sağlarlar (Frisch, 1967).

İşçi arılar ayrıca koloninin savunmasında da kritik bir rol oynar. Kovanı tehdit eden tehlikelere karşı, **alarm feromonları** salgılayarak diğer arıları uyarırlar ve kolektif bir saldırı gerçekleştirirler (Winston, 1987). İşçi arılar bu savunma sürecinde iğnelerini kullanarak düşmanlarına zarar verebilirler. Ancak bal arılarının iğneleri, memelilerin derisine saplandığında geri çekilemez ve bu durum arının ölümüne yol açar (Michener, 1974).

2.3 Erkek Arılar

Erkek arılar (dronlar), kolonide sayıca en az bulunan gruptur ve başlıca görevleri kraliçe arıyı dölemektir (Michener, 1974). Bu görev için özel olarak gelişmişlerdir; büyük gözleri ve güçlü uçuş kasları sayesinde kraliçeyi çiftleşme uçuşu sırasında takip edebilirler (Seeley, 1995). Erkek arılar, çiftleşme uçuşu sırasında kraliçeye başarılı bir şekilde çiftleşirse, hemen ardından ölürlar, çünkü üreme organları kraliçenin vücudunda kalır (Winston, 1987).

Koloni açısından erkek arılar önemli bir genetik çeşitlilik kaynağıdır. Kraliçenin birden fazla erkekle çiftleşmesi, koloninin genetik çeşitliliğini artırarak hastalıklara karşı dayanıklılığı güçlendirir (Seeley et al., 2006). Ancak erkek arılar, doğrudan besin toplamaya veya kovanın diğer işlerine katkıda bulunmazlar. Bu nedenle, yaz sonunda veya yiyecek kıtlığı başladığında işçi arılar tarafından kovandan atılırlar. **Erkek arı temizliği (drone eviction)** olarak bilinen bu süreç, koloninin enerji tasarrufu yapmasını sağlar (Winston, 1987).

3. Dans Dili:

Sosyal Zekânın Evrimsel Temeli: Bal arılarının “dans dili”, hayvan iletişim sistemleri arasında en karmaşık ve etkileyici örneklerden biridir. Bu sistem, yiyecek kaynaklarının konumunu, kalitesini ve mesafesini diğer arılara aktararak koloninin verimliliğini artırır. Karl von Frisch'in yaptığı detaylı gözlemler ve deneyler, bu davranışın evrimsel avantajlarını ve nasıl işlediğini ortaya koymuştur (Frisch, 1967). Bu bulgular, hayvan davranışları ve sosyal zekâ üzerine yapılan çalışmalar için temel oluşturmuştur.

3.1 Daire Dansı

Daire dansı, yiyecek kaynağının kovana yakın bir mesafede bulunduğu durumlarda gerçekleştirilir. Bu dans, arının dairesel hareketlerle kovan içinde dönmesini içerir ve bu hareketler, kaynağın yakınlığı hakkında bilgi verir. Ayrıca, dans sırasında arının salgıladığı kimyasal sinyaller (feromonlar), kaynağın kalitesi hakkında ek bilgi sağlar (Seeley, 1995). Bu tür bir iletişim, koloninin enerji tasarrufu yapmasını ve kaynaklara daha hızlı ulaşmasını sağlar. Daire dansının basitliği, kısa mesafeli kaynakların iletilmesi için oldukça etkili bir yöntemdir.

3.2 Salınma Dansı

Salınma dansı, yiyecek kaynağının kovandan uzak olduğu durumlarda kullanılır. Bu dans, arının belirli bir yönde salınarak hareket etmesini ve bu sırada güneşin konumuna göre bir açı belirlemesini içerir. Bu açı, diğer arılara kaynağın tam yönünü bildirir ve koloninin kaynağa doğru etkili bir şekilde yönelmesini sağlar. Salınma dansı, arıların uzamsal hafıza ve yön bulma becerilerinin bir göstergesidir. Ayrıca, bu dansın karmaşıklığı, arıların sosyal zekâsının ve işbirliği yeteneklerinin evrimsel olarak ne kadar gelişmiş olduğunu ortaya koyar (Frisch, 1967).

4. Kimyasal Sinyaller ve Feromonlar

Bal arılarının iletişim sistemleri, kimyasal sinyaller ve feromonlar aracılığıyla büyük ölçüde şekillenir. Feromonlar, arılar arasında davranışsal ve fizyolojik uyumu sağlayan, tür içi iletişimi kolaylaştıran kimyasal maddelerdir. Bu sinyaller, koloninin hayatta kalması, savunması ve işleyişi için kritik bir rol oynar. Feromonların farklı türleri, arıların çevresel değişikliklere hızlı ve etkili bir şekilde uyum sağlamasına yardımcı olur (Winston, 1987).

4.1 Alarm Feromonları

Alarm feromonları, kovanın güvenliği tehdit altındayken işçi arılar tarafından salgılanır. Bu feromonlar, özellikle kovanın savunmasında kritik bir rol oynar. Örneğin, bir işçi arı tarafından salgılanan alarm feromonu, diğer arıları uyarak saldırıya geçmelerini sağlar. Bu sinyaller, koloninin hızlı ve koordineli bir şekilde savunma yapmasını mümkün kılar. Alarm feromonlarının

etkisi, kovanın bütünlüğünü korumak için arıların kolektif davranışlarını düzenler (Winston, 1987).

4.2 Kraliçe Feromonları

Kraliçe feromonları, koloninin sosyal düzenini korumak için hayati öneme sahiptir. Kraliçe arı tarafından salgılanan bu feromonlar, işçi arıların üreme davranışlarını baskılayarak kolonideki düzeni sağlar. Ayrıca, bu feromonlar işçi arıların görev dağılımını ve davranışlarını düzenler. Kraliçe feromonlarının eksikliği durumunda, kolonide kargaşa çıkabilir ve işçi arılar yeni bir kraliçe yetiştirmeye çalışabilir. Bu durum, kraliçe feromonlarının koloninin istikrarındaki rolünü açıkça ortaya koymaktadır (Michener, 1974).

4.3 Yemek Kaynağı Feromonları

Yemek kaynağı feromonları, işçi arıların yeni bulunan besin kaynaklarının yerini koloni üyelerine bildirmesini sağlar. Bu feromonlar, özellikle dans diliyle birlikte kullanıldığında, kaynağın konumunun daha etkili bir şekilde iletilmesine yardımcı olur. İşçi arılar, bu feromonları kullanarak diğer arıları besin kaynağına yönlendirir ve kolektif karar alma süreçlerini hızlandırır. Bu tür bir iletişim, koloninin kaynaklara erişimini optimize eder ve enerji tasarrufu sağlar (Seeley, 1995).

5.Kovan İçinde Bilgi Dağılımı

Bal arıları, bireysel ve sosyal öğrenme mekanizmalarını kullanarak kolonilerindeki bilgi akışını optimize eder. Bu süreç, koloninin çevresel değişikliklere hızlı bir şekilde uyum sağlamasını ve kaynaklara erişimini kolaylaştırır. Bilgi dağılımı, arıların iletişim yetenekleri ve kolektif davranışları sayesinde son derece etkili bir şekilde gerçekleşir. Bu durum, bal arılarının sosyal zekâsının ve evrimsel başarısının bir göstergesidir (Lindauer, 1955; Seeley et al., 2006).

5.1 Sosyal Öğrenme

Sosyal öğrenme, bal arılarının bilgi aktarımında kullandığı en önemli mekanizmalardan biridir. Deneyimli arılar, dans dili ve kimyasal sinyaller aracılığıyla yeni bilgi edinmiş bireylere rehberlik eder. Örneğin, bir yiyecek kaynağının konumu, dans diliyle diğer arılara aktarılırken, kimyasal sinyaller

de bu bilginin doğruluğunu destekler. Bu tür bir bilgi paylaşımı, özellikle yeni bir kovan yeri seçimi gibi kritik kararlarda büyük önem taşır. Sosyal öğrenme, koloninin bireysel deneyimlerden kolektif fayda sağlamasını mümkün kılar (Lindauer, 1955).

5.2 Kolektif Karar Alma

Kolektif karar alma süreci, bal arılarının sosyal yapısının en dikkat çekici özelliklerinden biridir. Örneğin, yeni bir kovan yeri aranırken, bireyler bağımsız olarak farklı seçenekleri keşfeder ve bu bilgileri koloniyle paylaşır. Daha sonra, bu bilgiler bir araya getirilerek en uygun yer seçilir. Bu süreç, demokratik bir şekilde işler ve koloninin en iyi kararı vermesini sağlar. Kolektif karar alma, arıların bireysel gözlemlerini birleştirerek daha doğru ve etkili sonuçlar elde etmesine olanak tanır. Bu durum, bal arılarının sosyal organizasyonunun ne kadar gelişmiş olduğunu gösterir (Seeley et al., 2006).

6. Evrimsel Avantajlar

Bal arılarının karmaşık iletişim sistemleri, ekolojik uyum ve evrimsel başarı açısından büyük avantajlar sağlar:

- **Kaynak Yönetimi:** Gıda toplama etkinliği artar.
- **Savunma Mekanizmaları:** Dış tehditlere hızlı yanıt verilir.
- **Üreme Başarısı:** Kraliçenin feromonlarla düzenlediği koloninin sürekliliği sağlanır (Michener, 1974).

7. Sonuç ve Gelecek Araştırmalar

Bal arılarının sosyal zekâsı, doğa bilimleri ve mühendislik alanlarında önemli uygulamalar sunmaktadır. Özellikle robotik sistemlerde, bal arılarının davranışlarından ilham alınarak kolektif zekâ modelleri geliştirilmektedir. Gelecekteki araştırmalar, bu sistemlerin daha detaylı biyolojik ve teknolojik modellerini oluşturmaya hedefleyebilir (Seeley, 2010).

KAYNAKLAR

- Frisch, K. von. (1967). *The dance language and orientation of bees*. Harvard University Press.
- İnci, H., Karakaya, E. ve Topluk, O. (2022). Bingöl İli Arıcılık İşletmelerinin Yapısal Özellikleri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 9(4), 996-1013.
- Lindauer, M. (1955). Kommunikation bei den Bienen. *Zeitschrift für vergleichende Physiologie*, 37, 263–324.
- Lindauer, M. (1955). *The communication among the bees*. Harvard University Press.
- Michener, C. D. (1974). *The social behavior of the bees: A comparative study*. Harvard University Press.
- Seeley, T. D. (1995). *The wisdom of the hive: The social physiology of honey bee colonies*. Harvard University Press.
- Seeley, T. D. (2010). *Honeybee democracy*. Princeton University Press.
- Seeley, T. D., Visscher, P. K., & Passino, K. M. (2006). Group decision making in honey bee swarms. *American Scientist*, 94(3), 220–229.
- Seeley, T. D., et al. (2006). Collective decision-making in honey bees: How colonies choose among nectar sources. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 60(3), 309–318.
- Söğüt, B., Şeviş, H. E., Karakaya, E., İnci, H., & Yılmaz, H. Ş. (2019). Bingöl ilinde arıcılık faaliyetinin mevcut yapısı üzerine bir araştırma. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 6(2), 168–177.
- Winston, M. L. (1987). *The biology of the honey bee*. Harvard University Press

BÖLÜM 11

ENDOKRİN BOZUCULAR

Dr. Öğr. Üyesi Selcen Süheyla ERGÜN¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.15008262>

¹ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Şuhut Meslek Yüksekokulu, Laborant Veteriner Sağlık Bölümü, Afyonkarahisar ORCID: 0000 0002 3731 1879, e-mail: sergun@aku.edu.tr

GİRİŞ

Dünyada giderek artan nüfusla birlikte gelişen teknoloji ve hızlı sanayileşme çevre kirliliğini de beraberinde getirmektedir. Çeşitli kaynaklardan çıkan radyoaktif, katı, sıvı ve gaz halindeki kirlenici maddelerin hava, su ve toprakta yüksek oranda birikmesi çevre kirliliğinin oluşmasına neden olmaktadır. Çevre kirliliğine neden olan kimyasalların arasında fenolikler, alkoller, aldehytler, steroller, poliaromatik hidrokarbonlar, pestisitler, dioksinler, alkilfenolik bileşikler, farmosötik kaynaklı hormonal veya anti-hormonal ilaçlar, deterjanlar, ağır metal bileşikler, poliklorobifenil (PCB), polibrobifenil (PBB) gibi kimyasallar bulunmaktadır (Toppari vd., 1996; Crisp vd., 1998). Çevresel kirlenicilerin birçoğu canlıların endokrin sistemini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Endokrin bozucu maddeler; endokrin sistemin gelişimi ve fonksiyonunu değiştiren maddelerdir. Bu maddeler, hormonların üretim, salınım, bağlanma, taşınma, aktivite, yıkım ve vücuttan atılımları üzerine etki etmektedirler (Yeşilkaya, 2008).

Tarımda kullanılan pestisitlerin kalıntıları, yaygın kullanımları ve çevredeki varlıklarını uzatan uzun yarı ömürleri nedeniyle günlük tüketilen gıdalarda yaygın olarak bulunur. Bu pestisitlerin birçoğu, doğum öncesi veya sonrası maruziyet sonrasında endokrin bozucu kimyasallar olarak etki gösterirler (Sakali vd., 2021).

ENDOKRİN SİSTEM

Endokrin sistem, vücut tarafından büyüme ve gelişme, metabolizma, cinsel işlev ve üreme, uyku ve ruh hali gibi hayati bedensel işlevleri düzenlemek ve koordine etmek için hormon üreten ve salgılayan bezler ve dokulardan oluşur (Knight, 2021).

Endokrin sistem, vücudun hormon üretimi ve salgılanmasını düzenleyerek, birçok biyolojik fonksiyonun sağlıklı bir şekilde devam etmesini sağlar. Çok sayıda hormon, büyüme ve gelişme, metabolizma, elektrolit dengeleri ve üreme dahil olmak üzere vücudun birçok işlevini düzenler (Hiller-Sturmhöfel ve Bartke,1998) .Ancak, çevresel faktörler, özellikle tarımda kullanılan kimyasallar, endokrin sistemi bozabilmektedir (Guarnotta vd.,2022).

ENDOKRİN BOZUCULAR

Endokrin bozucular dışarıdan gıda, solunum, cilt yolu veya anne sütü ile vücudumuza giren ve hormonlarımızı bozarak çoğunlukla östrojenik etki yapan sentetik kimyasal maddelerdir. Etkileri doz ve etkilenme süresine göre artar ve vücutta yağda birikenlerin olumsuz etkileri nesilleri etkileyebilir (Büyükgebiz, 2022).

Endokrin bozucular, agonist veya antagonist olarak hareket eden farklı endokrin bezlerinin birçok hormon reseptörüne bağlanarak endokrin eylemi taklit eder (Yılmaz vd.,2020).

Doğal endokrin bozucular hayvan, insan veya bitki (fitoöstrojen) kaynaklarından türetilebilir. Bunlardan en iyi bilineni fitoöstrojenlerdir. Fitoöstrojenler, vücutta üretilen östrojenlere göre daha zayıf etki gösterirler. Doğal endokrin bozucular yarı ömürleri kısa oldukları ve dokularda birikmeden kolaylıkla vücuttan atıldıkları için genellikle önemli yan etkiler oluşturmayan bozuculardır (Lee, 2007).

Sentetik endokrin bozucuların en iyi bilinenleri kimyasal endokrin bozuculardır. Bunlar arasında endüstriyel olanlar (dioksinler, poliklorlu bifeniller-PCB'ler ve alkilfenoller), tarımsal olanlar (pestisitler, herbisitler, fungusitler ve insektisitler), ftalatlar, bisfenol A (BPA), ilaçlar (mitotan, ketokonazol, kardiyak glikozitler, nitrofuranlar, karbamazepin ve astazen) ve ağır metaller bulunur (De Coster. ve Van Larebeke, 2012).

Alkilfenol etoksilatları (APEO'lar), endüstriyel, tarımsal ve evsel ürünlerde, örneğin pestisitler, deterjanlar, boyalar ve kozmetikler gibi birçok alanda non-iyonik yüzey aktif maddeler olarak kullanılır. Bu nedenle, bu bileşikler besin zincirleri yoluyla insanlara ulaşabilir. Endokrin bozucular olarak da bilinen bu bileşikler, östrojenik, kanserojen ve toksik etkiler gösterir. Nonilfenol (NP), östrojen reseptörlerine bağlanarak östrojenik etkilerini gösterir. NP, erkek ve dişi genital sistemde ve meme bezlerinde morfolojik ve fonksiyonel değişikliklere yol açar. Bu değişiklikler, kısırlık, meme ve prostat kanseri gibi durumlara yol açabilir (Ergün vd., 2014).

Bu kimyasalların çoğu yağda eriyebildiğinden, yağ dokusunda birikirler veya yıkılıp zararsız hale getirilmeleri işlemi zor olduğu için vücutta uzun süre kalarak zararlı etkilerde bulunabilirler (Solomon ve Schettler, 2000; Lee, 2007). Tablo 1'de başlıca endokrin bozucular gösterilmiştir (Yeşilkaya, 2008).

Tablo 1: Başlıca endokrin bozucular (Yeşilkaya, 2008)

Fitoöstrojenler	Daidzein, Genistein, Formononetin, Biokanin–A, Prunetin, Pratensein, Glisetein, Ekuol, Desmetilangolestin, Enterolakton, Enterodiol, Matairesinol, Zearalanon
Organohalojenler	Dioksinler, Furanlar, Poliklorine bifeniller, Hekzaklorobenzen, Pentaklorofenol
Pestisitler	BBDH (2,4-diklorofenoksi asetik asit [2,4-D], 4-Klorometoksi asetik asit, Klormekuat), Alaklor, Aldikarb, Amitrol, Atrazin, Benomil, Karbaril, Klordan, diklorodifeniltrikloroetan ve metabolitleri, Endosulfan, Etilparation, Heptaklor, Kepon, Ketokonazol, Lindan, Malation, Trifluralin, Vinklozolin, Metoksiklor
Fitalatlar	Di-etilheksil fitalat, Butil benzil fitalat, Di-n-butil fitalat, Di-n-fenil fitalat, Di-heksil fitalat, Di-propil fitalat, Dikloroheksil fitalat, Dietil fitalat
Ağır Metaller	Arsenik, Kadmiyum, Uranyum, Kurflun, Civa
İlaçlar	Doğum kontrol hapları, Dietilstilbestrol, Simetidin
Diğerleri	Bisfenol A, B ve F, Etan dimetan, Sulfonat, Metanol, Benzofenol, N-butil benzen, 4-nitrotoluen, 2,4-diklorofenol

Ksenoöstrojen olarak da adlandırılan çevresel kirleticilerin birçoğu hormon benzeri etkilere sahiptir (Soares vd., 2008). Bu kimyasallar, vücutta hormon sistemini taklit ederek vücut gelişimini, doğurganlığı ve hücre metabolizmasını bozmaktadır (Jacobsen vd., 2010). Ksenoöstrojenler farklı etki mekanizmaları ile endokrin sistemi etkilemektedirler. Bir kısmı hormon reseptörlerine bağlanarak hormon gibi davranmakta, bir kısmı ise doğal hormonun spesifik reseptör bölgesine bağlanmasını engelleme şeklinde anti-hormonal etki göstermektedir. Başka bir deyişle, bu bileşikler organizma içerisinde hormon reseptörlerini taklit etme veya onların etkilerini tersine çevirme kabiliyetine sahiptirler. Ksenoöstrojenik kimyasalların gösterdikleri bu

hormonal veya anti-hormonal aktiviteler endokrin sistemin işleyişini olumsuz yönde etkilemektedir (Carney vd., 1997; Cook vd., 1997; Bolger vd., 1998).

Endokrin bozucuların insan sağlığı üzerine etkileri birçok araştırmada incelenmiş ve özellikle üreme sisteminde değişik mekanizmalarla birçok patolojiye yol açtığı gösterilmiştir (Massart vd., 2005; McLachlan vd., 2006). Bu maddelere uzun süreli olarak gerek besinler yoluyla ağızdan, gerek deterjan ve kozmetikler gibi evsel kullanım esnasında deri yoluyla; gerekse bu maddelerin üretiminde çalışanlarda solunum ve deri yoluyla maruz kalma sonucunda sağlık ve fertilitate problemleri ortaya çıkmaktadır (Kris-Etherton ve ark., 2002). Tablo 2’de endokrin bozucuların üreme sistemi üzerindeki etki mekanizmaları gösterilmiştir (Yeşilkaya, 2008).

Tablo 2: Endokrin bozucuların üreme sistemi üzerindeki etki mekanizmaları (Yeşilkaya, 2008)

Östrojen Reseptörlerini Uyararak Etkileyenler	BFA ve B, Dietilstilbestrol, Metoksiklor, Klordekon, Oksilfenol, Nonilfenol, Genistein, DDT ve metabolitleri
Androjen Reseptörlerini İnhibe Ederek Etkileyenler	Vinklozin, Flutamid, DDT ve metabolitleri, Metoksiklor, Fenitrotion, Prosimidon, Linuron
Steroid Hormon Sentezini İnhibe Edenler	Fitalatlar, Trifeniltin, Fenarimol, Fadrozol, Ketokonazol, Finasterid, Endosulfan
Apoptozise Neden Olanlar	Deltametrin, Oksilfenol, 1,2-dibromo-3kloropropan

Endokrin bozucuların çoğu, östrojenik etkili olmakla birlikte antiöstrojenik ve antiandrojenik etkili olanlar da bulunmaktadır. Ayrıca östrojenik ya da antiandrojenik endokrin bozucuların, erkeklerde testis ile prostat kanseri ve kadınlarda meme ile endometrium kanseri gelişiminde risk faktörü olduğu ileri sürülmüştür (Lee, 2007; Hess-Wilson ve Knudsen, 2006).

Endokrin sistemi bozucu maddelerden alkilfenol etoksilat bileşikleri (AFB) çevrede istikrarlı değildirler ve bunlar etoksi birimlere bölünerek AF’lere dönüşebilirler (Lee, 2007). AFB, biyolojik olarak kolay parçalanma

özelliğinde olup, sularda biyolojik olarak parçalanarak bütilfenol (BF), oktilfenol (OF) ve nonilfenol (NF) gibi AFB türevlerine dönüşmektedir. Ana bileşenlerine göre AF'ler; özellikle NF ve OF daha hidrofobik ve zehirlidirler. Birçok araştırma bu kimyasalların endokrin bozucu etkilerini göstermiştir. NF, AFB'nin %82'sini oluştururken, aynı zamanda biyolojik bozunuma en dayanıklı olan kimyasaldır (Nimrod ve Benson, 1996; Shang vd., 1999; Ackermann vd., 2002; Kwack vd., 2002). Hale vd. (2000), NF miktarının kanalizasyon atıklarında 14,000 µg/L, çöktürmelerde ise 70,000 µg/L kadar çıktığını rapor etmişlerdir.

Bir başka endokrin bozucu olan Bisfenol-A (BFA) polikarbonat plastiklerde, epoksi reçinelerde, polyesterde, lastik ve poliamid sanayinde, PVC plastik pencerelerde, kompakt disklerde, iş güvenlik kasklarında, kurşun geçirmez camların yüzeyine kaplanan filmlerde, otomotiv parçalarında, toz boyalarda, su ve süt şişelerinde, bebek biberonu, birçok elektrik ve elektronik parça yapımında kullanılmaktadır (Ergün, 2013). BFA'nın çok geniş kullanım alanının olması günlük hayatta kişilerin BFA ile temas etme risklerini arttırmaktadır (Staples vd., 1998; Sheehan, 2000).

TARIMDA KULLANILAN ENDOKRİN BOZUCULAR

Tarım alanında en etkili olan endokrin sistem bozucular, özellikle pestisitler ve herbisitler gibi tarım ilaçlarıdır. Bu kimyasallar, hem tarım ürünlerine hem de çevreye zarar verebilir ve insan sağlığını olumsuz etkileyebilirler. (Gerunova vd., 2019).

Pestisitler, kültürleri zararlı organizmalardan korumak amacıyla mantar, bitki veya hayvanlara karşı toksik olmaları hedeflenen sentetik moleküllerdir. Fungisitler, herbisitler ve insektisitler, bu zararlıları olabildiğince spesifik bir şekilde kontrol edebilmek amacıyla geliştirilmiştir. (Combarous, 2017).

Kimyasal yapılarına göre ise organoklorlu, organofosforlu, karbamatlı, piretroid ve benzeri gruplar şeklinde de sınıflandırılmaktadırlar (Padovani vd., 2004). Pestisitler, tarım ürünlerinde, kamusal alanlarda, evlerde ve bahçelerde istenmeyen organizmaları öldürmek ve tıpta parazitleri yok etmek için kullanılmaktadır. İnsanlar, meslekleri nedeniyle, beslenme yoluyla ya da çevresel maruziyet (su, toprak, hava) yoluyla pestisitlere maruz kalabilirler (Mnif vd., 2011). Pestisitlerin yol açtığı kirlilik, sadece insan sağlığını değil, aynı zamanda toprak, yüzey ve yeraltı suları, mikro ve makroflora gibi birçok

çevresel unsuru da olumsuz şekilde etkilemektedir (Şık vd., 2012). Canlı organizmalarda, pestisit aktif bileşenleri hormonları taklit ederek hormon benzeri etkiler yaratır veya hormon salgısını bozar. Bu kimyasalların yaygın olarak kullanımı, yerel ve küresel çevresel etkiler ile insanlar için ciddi akut ve kronik sağlık sorunları yaratmaktadır (Flynn, 2011).

DDT(diklorodifeniltrikloroetan)'nin 1939'da keşfinden bu yana, çok sayıda pestisit (organoklorlar, organofosfatlar, karbamatlar) geliştirilmiş ve dünya çapında çok az yönerge veya kısıtlama ile yaygın bir şekilde kullanılmıştır (Mellanby, 1992). Sanayileşmiş ülkelerde, 1960'lardaki Yeşil Devrim, ekili alanları artırarak, mekanizasyonu, daha yüksek verimlere sahip hibrit ürünlerin dikilmesini ve zararlı kontrolünü teşvik ederek tarımsal verimliliği önemli ölçüde artırmıştır (Briggs, 2009).

Pek çok pestisit, günlük gıda ürünlerinde rutin olarak kalıntı olarak tespit edilmektedir; bunlar arasında sebzeler, meyveler, tahıllar, bal, süt ürünleri, balık ve sığır eti yer almakta ve hatta insan anne sütünde bile bazen Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ve Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) Codex Alimentarius'unda belirlenen yasal olarak tolere edilen limitleri aşan konsantrasyonlarda bulunabilmektedir (Wyckhuys vd., 2020; Olisah vd., 2020).

Üretim hacimlerinin artmasıyla birlikte, hedef türlerin kazandığı direnç ve/veya sağlık veya çevre endişeleri nedeniyle getirilen düzenleyici kısıtlamalar sonucu piyasaya birçok sentetik pestisit çıkmıştır. 1940'larda tanıtılan ilk sentetik pestisitler, organoklorlu pestisitler (OCP) olup, bunu 1960'larda organofosfatlar (OP) ve 1970'lerde karbamatlar takip etmiştir. Piretroid üretimi 1980'lerde başlamış, 1990'larda ise neonikotinoidler ve fenilpirazoller gibi daha yeni bileşikler eklenmiştir (Leemans vd., 2019).

Organoklorlu ve piretroid bileşikler, sırasıyla eski ve yeni bir böcek ilacı sınıfını temsil eder. DDT, dieldrin veya klordecon gibi organoklorlar, öncelikle çevresel sorunlar nedeniyle yasaklanmıştır. DDT, bazı ülkelerde sıtma taşıyan sivrisineklerle mücadele için hala kullanılmakta, lindan ise baş biti karşısında sınırlı bir şekilde kullanılmaktadır. Buna karşın, piretroidler etkinlikleri, düşük çevresel kalıcılıkları ve nispeten düşük memeli toksisitesi nedeniyle yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Costa, 2015).

Pestisitler, seçici toksisite prensiplerine dayalı olarak kasıtlı olarak sentezlenen maddelerdir. Pestisitlerin kullanımının ana amacı, insanlarda ve

çevrede düşük toksisiteye sahip olmak, ancak zararlılarda yüksek toksisiteye sahip olmaktır. Pestisitlerin, ürün kaybı ve vektör kaynaklı hastalıklara karşı korunma gibi birçok önemli amacı olsa da, pestisitlerin çeşitli organizmalar üzerindeki potansiyel toksisitesi, özellikle insanlar üzerinde önemli endişelere yol açmaktadır. Ancak, tamamen insanlar için güvenli bir pestisit henüz geliştirilmemiştir. Pestisitlere maruz kalma, hayvanlar ve insanlar üzerindeki endokrin sistemdeki bozukluklarla ilişkilendirilmiştir. Tarım ve ekonomi alanlarındaki pestisitlerin faydalarına ek olarak, yanlış ve kazara kullanım nedeniyle pestisitlerin insanlar ve çevre üzerinde farklı derecelerde zararlı etkilerinin gözlemlendiği belirlenmiştir (Aktar vd., 2009; Anlar vd., 2021).

Endokrin bozucular, özellikle pestisitler, hormonların sentezini, taşınmasını, metabolizmasını ve atılımını etkileyerek hormonların konsantrasyonunu azaltabilir ve kritik hücresel süreçleri kesintiye uğratabilirler (Cocco, 2002; Sugiyama vd., 2005).

Tüm böcek ilaçları gibi, organoklorlar ve piretroidler, böceklerin ve hedef dışı türlerin sinir sistemini hedef alır. Tüm piretroidler ve DDT, sodyum kanalı ile etkileşime girer; kanalı daha uzun süre açık tutarak, aksiyon potansiyellerinin gelişme olasılığını artırır, böylece titremeler gibi ana klinik belirtisi olan aşırı uyarılabilirlik durumuna yol açar. Diğer çoğu organoklor (klordecon hariç) ve bazı (tip II) piretroidler, GABA-A reseptörünün klorür kanallarını bloke ederek nöbetlere neden olur. (Costa, 2015).

Herbisitler, genellikle kimyasal olan, mesken veya tarımsal yabancı otlar ve istilacı türler gibi istenmeyen bitkileri öldürmek veya büyümesini engellemek için kullanılan ajanlardır. Geniş yapraklı yabancı otları kontrol etmek için yaygın olarak kullanılan sentetik bir triazin herbisit olan atrazin, mahsullere doğrudan uygulanması nedeniyle, toprağı ve dolayısıyla su kaynaklarını kirletme potansiyeli taşımaktadır. Atrazin, hedef olmayan canlılarda hormonal dengesizliklere neden olduğu, üreme ve gelişim üzerine olumsuz etkiler gösterdiği ve kansere neden olabileceği saptanmıştır (Kaya, 2020).

Atrazin, dünya çapında en yaygın kullanılan herbisitlerden biridir ve yaygın kullanımı ve uzun yarı ömrü nedeniyle çevrede yaygındır. İçme suyu, alım ve dermal temas yoluyla insan vücuduna girebilir ve çevresel bir endokrin bozucu olarak tanınmaktadır (Zhao vd., 2024). Atrazin (2-kloro-4-etilamino-6-izopropilamino-1,3,5-triazine, Cas N°1912-24-9) Avrupa'da birkaç yıldır

yasaklanmış olsa da, atrazine insan maruziyeti, metabolitleri desetil-atrazin, deisopropil-atrazin ve diaminohloro-triazinin yıllarca kalıcı olması nedeniyle yeraltı suyu ve sediment kirliliği nedeniyle bir sorun olmaya devam etmektedir. Ayrıca, klor metabolitleri, ana bileşiğe toksikolojik olarak eşdeğer olarak sınıflandırılmaktadır (Nödler, 2013). Atrazinin ayrıca endokrin toksisite, genotoksisite, nörotoksisite (Galbiati vd., 2021), hepatotoksisite (Qian vd., 2023), nefrotoksisite ve immünotoksisite (Holasková vd., 2019) gibi etkilere neden olduğu bulunmuştur.

Insektisitler (böcek ilaçları), bitki gelişimini engelleyerek ürün verimini düşüren zararlıların yayılımını engellemek için kullanılan bir pestisit grubudur. Tarımda pestisit kullanımının artmasıyla birlikte toprak mikroorganizmalarının kompozisyonu üzerinde bu kimyasalların doğrudan etkili olduğu gözlemlenmiştir. (Küçük vd., 2023).

Endokrin bozucu insektisitlerden, heksaklorosikloheksanın %99 saf gama izomeri olan lindana maruziyet, deri teması, solunum yoluyla veya yutma yoluyla olabilir. Akut toksisite belirtileri arasında baş ağrısı, gastrointestinal belirtiler, nöbet, siyanoz ve dolaşım çöküşü yer alır. Kronik belirtiler ise kan hastalıkları, nöbetler ve özellikle üreme sistemi olmak üzere endokrin sistemin bozulmasını içerir. Lindan, ayrıca kanserojen olarak öngörülmüştür (Rozita, 2005).

Pestisitler içerdikleri etken maddenin yapısına göre Organik klorlu bileşikler, Organik fosforlu bileşikler, Sentetik pyrethroidler ve Karbamatlar olmak üzere 4 gruba ayrılırlar (Gupta vd., 2014). Tüm dünyada yaygın olarak kullanılan geniş spektrumlu bir pestisid olan Endosulfan, Organoklor yapısından dolayı doğada ve canlı organizmada birikme eğilimi göstermektedir (Vallack vd., 1998). Organik klorlu pestisitler insan ve hayvanların vücut yağlarında, su, yağmur suyu ve havadaki yoğunluğunun milyonlarca katına varan derişimlerde birikebilmektedir. Canlıların doğrudan temas sonucu (mide, solunum, deri) veya besin zinciri yoluyla pestisite maruz kalması sonucunda bireysel ve toplu halde akut, subakut ve kronik nitelikli zehirlenmeler ile mutajenik, karsinojenik ve teratojenik etkiler ortaya çıkmaktadır. Ayrıca geniş boyutlu çevre ve besin kirlenmesine neden olmaktadır (Yalvaç, 2005). Türkiye’de de yakın yıllara kadar yoğun şekilde kullanıldığı ve çevreyi kirlettiği bilinen endosulfanın dünyada ve 2011 yılından itibaren ülkemizde kullanımını yasaklanmıştır (Bulmuş vd., 2021).

Organofosfatlar, fosforik asit esterleri olarak kabul edilebilirler. İnsektisit, herbisit gibi ajanlar organofosfat bileşikleri içerirler. Parathion, malathion, metil parathion, klorpirifos, diazinon, dichlorvos, phosmet, fenitrothion, tetrachlorvinphos, azamethiphos, azinphos-metil, terfubos başlıca organofosfatlardır (Bonner vd., 2007). Organofosfatlar ağız veya inhalasyon yoluyla ya daderiden emilerek alınır. Akut toksisitesi nörotoksite ile kendisini gösterirken, kronik toksisitesi de bellek ve konsantrasyon bozukluğu, baş ağrısı, konfüzyon, başağrısı, konuşma güçlükleri, uyuşukluk veya uykusuzluk gibi nörolojik yan etkiler ile ilişkilidir. Ya da bulantı, halsizlik ve iştahsızlık gibi nonspesifik belirtiler görülebilir (Elbüken, 2024).

Pyrethroidler grubunda yer alan Cypermethrin tip-II (alfa-siyano) etkili sentetik bir insektisittir. Organoklorlu pestisitlerin yerine geçmesi amacıyla üretilen bu pestisit ülkemizde de yaygın şekilde kullanılmıştır. (Farag vd., 2007). Bulmuş vd., (2021)'de yaptıkları çalışmada, Cypermethrin uygulanan erkek sıçanlarda epididimal ve testiküler sperm sayıları ile günlük sperm üretiminin azaldığı görülmüştür. Cypermethrin uygulamasının testis histolojisinde de; seminifer tübüllerin sayısında azalma, etrafında hemoraji alanları, aralarında konnektif doku birikimi ile lümende premature spermatidlerin bulunması gibi anormalliklere yol açtığı görülmüştür. Bu sıçanlarda ayrıca serum testosteron, FSH ve LH düzeylerinin azaldığı; testis, seminal vezikül ve preputial bez ağırlıklarının ise arttığı belirtilmiştir. Çalışmanın sonucunda cypermethrin'in erkek sıçanlarda fertilité ve reproduksiyon üzerinde olumsuz etkilere sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Bu sonuçlar; Cypermethrin'in testisler üzerine doğrudan etki gösterdiği ve androjen biyosentez yolağını etkilediği şeklinde açıklanmıştır (Bulmuş vd., 2021).

Karbatmat bileşikler karbaril, oksamil, karbofuran, aminokarb, aldikarb, etienokarb ve metomil barındırabilirler. Karbofuran ise tarımsal, evsel ve endüstriyel amaçlarla böcek ilacı, nematisit ve akarisit olarak yaygın şekilde uygulanan en toksik geniş spekturumlu ve sistematik N-metil karbamat pestisitlerinden biridir (Mishra vd., 2020). Karbofuranın erkek Sprague–Dawley sıçanlarının serumundaki endokrin hormon seviyeleri üzerindeki akut toksik etkilerini belirlemek için yapılan çalışmada progesteron, testesteron, tridotironin (T3), toplam tiroksin (toplam T4) ve proteine bağlı olmayan tiroksin (serbest T4) hormonlarının incelenmesi sonucunda, karbofurana akut

maruz kalmanın geçici endokrin bozulmasına neden olabileceği, tekrarlanan maruz kalmanın ciddi üreme sorunlarına yol açabileceği gösterilmiştir (Goad vd., 2004). Karbofuranın çeşitli toksik etkileri çoğunlukla sıçanlar olmak üzere farklı model organizmalarda incelenmiştir. Vücudun başlıca fizyolojik sistemleri olmak üzere (sinir, dolaşım, üreme) birden fazla etki göstermiştir. Bunun yanı sıra hayvan ve bitkilerde kromozom anormallikleri, DNA hasarı başta olmak üzere çeşitli genotoksik etkileri saptanmıştır. Elde edilen veriler karbofuranın çok geniş ve yıkıcı etkileri olduğunu göstermektedir. Çevre ve insan sağlığı tehlikesini en aza indirmek için karbofurana maruz kalmanın sınırlandırılması gerekmektedir (Bozdoğan vd., 2024).

Klorotalonil, tarımda mantar yaprak hastalıklarını kontrol etmek için yaygın olarak kullanılan geniş spektrumlu bir organoklorin fungusisididir. Bu fungusit, sızma yoluyla sucul ortamlara karışarak hedef dışı organizmalarda toksisiteye yol açar. Klorotalonil, üreme kontrol mekanizmalarını etkileyen bir endokrin bozucu olarak faaliyet göstermektedir. Bu kirleticiye maruziyetin, türlerin sperm kalitesi parametrelerini etkileyerek üreme başarısını tehlikeye attığı gözlemlenmiştir (Guillante vd., 2024).

Vinclozolin (VNZ), üzüm bağlarında ve ahududu, marul, kivi, taze fasulye ve soğan gibi meyve ve sebzelerdeki hastalıkları, örneğin yanmalar, çürümeler ve küfleri kontrol etmek için yaygın olarak kullanılan bir dikarboksimid fungusisididir. Vinclozolin doğal androjenlerin reseptörlerine bağlanmasını rekabetçi olarak engelleyen bir fungusit olup, bu hormonlara duyarlı dokuların, örneğin erkek üreme organlarının, fonksiyonlarını bozar (Feijó vd., 2021).

Pestisitler, tarım ürünlerinde, kamusal alanlarda, evlerde ve bahçelerde istenmeyen organizmaları öldürmek ve parazitleri öldürmek amacıyla tıbbi olarak yaygın bir şekilde kullanılır (McKinlay vd., 2008). Pestisitler içinde yaklaşık 105 adet aktif pestisit maddesinin endokrin bozucu özelliği olduğu, bunların da %46'sının insektisit-akarisit, %21'inin herbisit ve %31'inin fungusit olduğu belirtilmektedir. Bu maddelerden birçoğu çevre ve insan sağlığına akut ve kronik olarak verdikleri zararlar nedeniyle uzun yıllar önce genel kullanımdan çekilmiştir. Ancak bir kısmı (örneğin, DDT ve atrazin) hala sınırlı sayıda ülkede kullanılmaktadır. Tablo 3'de Pestisitler ve endokrin bozucu etkileri verilmiştir (Mnif ve ark., 2011).

Tablo 3: Pestisitler ve Endokrin Bozucu Etkileri (Mnif vd., 2011'den uyarlanmıştır.)

Pestisitler	Endokrin Bozucu Etkileri
2,4-D (H)	Testosteron ile kombinlendiğinde sinerjik androjenik etkiler
Acephate (I)	Hipotalamusta hormon ifadesinin bozulması
Acetochlor (H)	Uterin östrojen reseptörleriyle etkileşim, tiroid hormonu bağımlı gen ifadesinin değişmesi
Alachlor (H)	Östrojen ve progesteron reseptörlerine rekabetçi bağlanma. Pregnan X hücrel reseptörü ile etkileşim, steroid hormon metabolizmasından sorumlu enzimlerin üretimini engeller
Aldicarb (I)	17 beta-estradiol ve progesteron aktivitesinin inhibisyonu
Aldrin (I)	Androjen reseptörlerine rekabetçi bağlanma
Atrazine (H)	Androjen inhibisyonu, zayıf östrojenik etki. Luteinleştirici hormon ve prolaktin seviyelerinin hipotalamik kontrolünün bozulması. Aromataz aktivitesinin indüksiyonu, östrojen üretiminin artması. Adrenal bezlerde hasar ve steroid hormon metabolizmasının azalması
Bendiocarb (I)	Zayıf östrojen etkisi
Benomyl (F)	Östrojen üretiminin ve aromataz aktivitesinin artışı
Bioallethrin (I)	Östrojen duyarlı hücrelerin proliferasyonunun inhibisyonu

Bitertanol (F)	Aromataz aktivitesinin inhibisyonu, östrojen üretiminin azalması ve androjenlerin mevcudiyetinin
Bupirimate (F)	Pregnan X hücrel reseptörünün aktivasyonu
Captan (F)	Östrojen etkisinin inhibisyonu
Carbaryl (I)	Zayıf östrojen etkisi
Carbendazim (F)	Östrojen üretiminin ve aromataz aktivitesinin artışı
Carbofuran (I)	Progesteron, kortizol ve estradiol seviyelerinin artışı ve testosteron seviyesinin azalması
Chlorothalonil (F)	Androjen duyarlı hücrelerin proliferasyonunun aktivasyonu
Chlordane (I)	Androjen reseptörlerine rekabetçi bağlanma Anti-östrojenik etki, estradiol bağlanmasının inhibisyonu
Chlordecone (I)	Östrojen ve androjen reseptörlerine bağlanma
Chlorfenviphos (I)	Zayıf östrojen etkisi
Chlorpyrifos methy(I)	Androjen aktivitesine antagonistik etki
Cypermethrin (I)	Östrojenik etki
Cyproconazole (F)	Aromataz aktivitesinin inhibisyonu, östrojen üretiminin azalması ve androjenlerin mevcudiyetinin artması
DDT and metabolites (I)	Androjen reseptörlerine rekabetçi bağlanma, androjen duyarlı hücre proliferasyonunun aktivasyonu. Östrojen reseptör üretiminin uyarılması, östrojen reseptör agonisti ve PR antagonist

Deltamethrin (I)	Zayıf östrojenik aktivite
Diazinon (I)	Östrojenik etki
Dichlorvos (I)	Zayıf androjen-reseptör antagonisti
Dicofol (I)	Androjen sentezinin inhibisyonu, östrojen sentezinin artışı, östrojen reseptörüne bağlanma
Dieldrin (I)	Androjen reseptörlerine rekabetçi bağlanma, östrojenik etki, östrojen reseptör üretiminin uyarılması
Diflubenzuron (I)	Pregnan X hücrel reseptörünün aktivasyonu
Dimethoate (I)	Tiroid hormonlarının etkisinin bozulması. İnsülin kan konsantrasyonunun artışı, luteinleştirici hormon kan konsantrasyonunun azalması
Diuron (H)	Androjenlerin etkisinin inhibisyonu
Endosulfan (I)	Androjen reseptörlerine rekabetçi bağlanma, östrojenik etki, östrojen reseptör üretiminin uyarılması, aromataz aktivitesinin inhibisyonu
Endrin (I)	Androjen reseptörlerine rekabetçi bağlanma
Epoxyconazole (F)	Aromataz aktivitesinin inhibisyonu, östrojen üretiminin azalması ve mevcut androjenlerin artışı
Fenarimol (F)	Androjenik etkinin antagonistidir. Potansiyel aromataz inhibisyonu. Pregnan X hücrel reseptörünün aktivasyonu
Fenbuconazole (F)	Tiroid hormonları üretiminin inhibisyonu, Pregnan X hücrel

	reseptörünün aktivasyonu
Fenitrothion (I)	Androjen reseptörüne rekabetçi bağlanma, östrojen etkisinin inhibisyonu
Fenoxycarb (I)	Testosteron metabolizmasıyla etkileşim
Fenvalerate (I)	Östrojen duyarlı hücrelerin proliferasyonunun inhibisyonu, progesteron etkisinin antagonisti
Fluvalinate (I)	İnsan cinsiyet hormonlarına bağlanma, progesteron üretiminin inhibisyonu
Flusilazole (F)	Aromataz aktivitesinin inhibisyonu, östrojen üretiminin azalması, mevcut androjenlerin artışı
Flutriafol (F)	Zayıf östrojen inhibisyonu
Glyphosphate (H)	Aromataz aktivitesinin bozulması, östrojen üretiminin engellenmesi
HCB (F)	Tiroid hormon üretiminin şiddetli şekilde bozulması. Düşük dozlarda androjen etkinliğinin artışı, ancak yüksek seviyelerde inhibisyon
HCH (lindane) (I)	Östrus döngülerinin ve luteal progesteron konsantrasyonlarının azalması. İnsülin ve estradiol kan serum konsantrasyonlarının artışı, tiroksin konsantrasyonlarının azalması. Androjen reseptörü (AR), östrojen reseptörü (ER) ve progesteron reseptörü (PR) ile rekabetçi bağlanma

Heptachlor (I)	Hücrel östrojen ve androjen reseptörlerine bağlanma
Hexaconazole (F)	Aromataz aktivitesinin inhibisyonu, östrojen üretiminin azalması ve mevcut androjenlerin artışı
Isoproturon (H)	Pregnan X hücrel reseptörünün aktivasyonu
Iprodione (F)	Zayıf şekilde aromataz aktivitesinin artışı ve östrojen üretimi
Linuron (H)	Androjen reseptörüne rekabetçi bağlanma, tiroid reseptör agonisti
Malathion (I)	Katekolamin salgısının inhibisyonu, tiroid hormon reseptörlerine bağlanma
Methiocarb (H)	Androjen aktivitesinin inhibisyonu ve östrojen aktivitesinin artışı
Methomyl (I)	Aromataz aktivitesinin ve östrojen üretiminin zayıf şekilde artışı
Methoxychlor (I)	Güçlü östrojenik etki. Androjen reseptörüne rekabetçi bağlanma, Pregnan X hücrel reseptörüyle etkileşim
Metolachlor	Pregnan X hücrel reseptörünün aktivasyonu
Metribuzin (H)	Hipertiroidizm, somatotropin seviyelerinin değişimi
Mirex (I)	Zayıf östrojen etkisi
Molinate (H)	Üreme yolu hasarı, fertilitenin azalması

Myclobutanil (F)	Zayıf östrojen ve androjen inhibisyonu, östrojen ve androjen reseptörlerine bağlanma, aromataz inhibisyonu
Nitrofen (H)	Östrojen ve androjen inhibisyonu
Oxamyl (I)	Zayıf östrojen etkisi
Parathion (I)	Katekolamin salgısının inhibisyonu, melatonin sentezinin artışı, gonadotropin hormonunun inhibisyonu
Penconazole (F)	Zayıf östrojenik etki. Aromataz aktivitesinin inhibisyonu, östrojen üretiminin azalması ve androjenlerin mevcudiyetinin artması
Pentachlorophenol(H, F, I)	Zayıf östrojenik ve anti-androjenik etki
Permethrin (I)	Östrojen duyarlı hücrelerin proliferasyonunun inhibisyonu
Phenylphenol (F)	Östrojen agonisti
Prochloraz (F)	Pregnan X hücresel reseptörünün aktivasyonu. Hücresel androjen ve östrojen reseptörlerine antagonistik etki, Ah reseptörüne agonistik etki ve aromataz aktivitesinin inhibisyonu
Procymidone (F)	Androjen reseptörüne rekabetçi bağlanma
Propamocarb (F)	Aromataz aktivitesinin ve östrojen üretiminin zayıf şekilde artışı
Propanil (H)	Östrojene hücresel yanıtın artışı
Propazine (H)	Aromataz aktivitesinin indüksiyonu ve östrojen üretiminin artışı

Propiconazole (F)	Zayıf östrojen ve aromataz aktivitesi inhibisyonu. Östrojen üretiminin azalması ve androjenlerin mevcudiyetinin artışı
Propoxur (I)	Zayıf östrojenik etki
Prothiophos (I)	Östrojenik etki
Pyridate (H)	Östrojen ve androjen reseptörlerine bağlanma
PyrifenoX (F)	Zayıf östrojen inhibisyonu
Pyripyroxifen (I)	Östrojenik etki
Resmethrin (I)	Cinsiyet hormonlarına bağlanma
Simazine (H)	Aromataz aktivitesinin indüksiyonu, östrojen üretiminin artışı
Sumithrin (I)	Östrojen duyarlı hücrelerin proliferasyonunun artışı, progesteron etkisinin antagonisti
Tebuconazole (F)	Aromataz aktivitesinin inhibisyonu, östrojen üretiminin azalması ve androjenlerin mevcudiyetinin artması
Tetramethrin (I)	Kadınlarda yalnızca östrojen-antagonistik etkiler
Tolchlofos-methyl (I)	Hücrel östrojen reseptörlerine rekabetçi bağlanma
Toxaphene (I)	Östrojen duyarlı hücrelerin proliferasyonunun artışı. Adrenal kortekste kortikosteron sentezinin inhibisyonu
Triadimefon (F)	Östrojenik etki, aromataz aktivitesinin inhibisyonu, östrojen üretiminin azalması ve androjenlerin mevcudiyetinin artışı

Triadimenol (F)	Östrojenik etki, aromataz aktivitesinin inhibisyonu, östrojen üretiminin azalması ve androjenlerin mevcudiyetinin artışı
Tribenuron- methyl (H)	Zayıf östrojenik etki
Trichlorfon (I)	Tiroid fonksiyonunun değişimi
Trifluralin (H)	Pregnan X hücrel reseptörüyle etkileşim, steroid hormon metabolizmasıyla etkileşim
Vinclozolin (F)	Androjen reseptörüne rekabetçi bağlanma, Pregnan X hücrel reseptörüyle etkileşim, steroid hormon metabolizmasıyla etkileşim.

(H): Herbisit, (F): Fungisit, (I): Insectisit

Endokrin bozucular, modern yaşamın bir parçası haline gelmiş ve sağlığı olumsuz etkileyebilen kimyasal maddelerdir (Yılmaz, 2022). Tarım alanında kullanılan endokrin bozucular, özellikle pestisitler ve bazı tarımsal kimyasallar, vücutta hormonların doğru şekilde çalışmasını engelleyerek sağlık üzerinde olumsuz etkilere yol açabilirler (Gerunova vd., 2019). Hormon dengesizliklerine, üreme problemlerine, metabolik hastalıklara ve kanser risklerine yol açabilecek bu maddelerden korunmak, bilinçli seçimler yaparak mümkündür (Knight, 2021). Çevresel faktörlere karşı duyarlı olmak ve sağlıklı yaşam alışkanlıklarını geliştirmek, endokrin sistemin korunması açısından son derece önemlidir (Guillante vd., 2024).

Zirai alanda kullanılan endokrin bozucular, hem insan sağlığı hem de çevre üzerinde ciddi tehditler oluşturabilmektedir. Büyüme ve gelişme için kritik olan hormon aracılı süreçlerin olduğu gebelik, bebeklik ve çocukluk dönemlerinde endokrin bozuculara maruziyet, hastalık riskini artırır. Bu dönemlerde endokrin bozuculara maruziyet, en az seviyede tutulmalıdır (Yoldaş vd., 2022).

Bu kimyasalların etkilerini minimize etmek için, organik tarım yöntemlerinin yaygınlaştırılması, pestisit ve diğer kimyasalların kullanımının

azaltılması ve çevre dostu tarım teknolojilerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, kamuoyunun bu konuda bilinçlendirilmesi ve tarım politikalarının bu yönde şekillendirilmesi önemlidir. Endokrin sistem bozucularının etkilerini sınırlamak, sağlıklı bir çevre ve toplum için kritik bir adımdır.

KAYNAKÇA

- Ackermann, G. E., Schwaiger, J., Negele, R. D. and Fent, K. (2002). Effects of long-term nonylphenol exposure on gonadal development and biomarkers of estrogenicity in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquatic toxicology*, 60(3-4), 203-221.
- Aktar, M. W., Sengupta, D. and Chowdhury, A. (2009). Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Interdisciplinary toxicology*, 2(1), 1.
- Anlar, H. G., Bacanlı, M. and Basaran, N. (2021). Endocrine disrupting mechanisms and effects of pesticides. *Archives of Pharmacy*, 71(Notebook 6), 480-490.
- Bolger, R., Wiese, T. E., Ervin, K., Nestich, S. and Checovich, W. (1998). Rapid screening of environmental chemicals for estrogen receptor binding capacity. *Environmental health perspectives*, 106(9), 551-557.
- Bonner, M. R., Coble, J., Blair, A., Beane Freeman, L. E., Hoppin, J. A., Sandler, D. P. and Alavanja, M. C. (2007). Malathion exposure and the incidence of cancer in the agricultural health study. *American journal of epidemiology*, 166(9), 1023-1034.
- Bozdoğan, H., Koçak, M. Z., Doğan, N. Y., Dartar, M. S., Cebeci, F., Teker, M. and Kaşdaş, H. R. (2024). *Fen ve Matematik Bilimlerinde Güncel Yaklaşımlar*. Livre de Lyon.
- Briggs, J. (2009). Green revolution. *Int Encycl Hum Geogr*, 634–638.
- Bulmuş, Ö., Sandal, S., Şahin, Z., Yıldız, S. and Yılmaz, B. (2021). Endosulfan, cypermethrin, 2, 4-D ve trifluralin'in androjenik ve anti-androjenik etkilerinin hersherger metoduyla araştırılması. *Balıkesir Medical Journal*, 5(2), 109-116.
- Büyükgebiz, Atilla (2022). Endokrin bozucuların tarihçesi ve tanımı. K. Şahin ve H. F. Keleştemur (Eds.). *Endokrin Bozucular ve Sağlık* (s. 1-10). Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları. DOI: 10.53478/TUBA.978-625-8352-04-7.ch01.
- Carney, E. W., Hoberman, A. M., Farmer, D. R., Kapp Jr, R. W., Nikiforov, A. L., Bernstein, M. and Cagen, S. Z. (1997). Estrogen modulation: tiered testing for human hazard evaluation. *Reproductive toxicology*, 11(6), 879-892.

- Cocco, P. (2002). On the rumors about the silent spring: review of the scientific evidence linking occupational and environmental pesticide exposure to endocrine disruption health effects. *Cadernos de Saúde pública*, 18, 379-402.
- Combarrous, Y. (2017). Endocrine disruptor compounds (EDCs) and agriculture: The case of pesticides, *Comptes Rendus. Biologies*, 340(9-10), 406-409.
- Cook, J. C., Kaplan, A. M., Davis, L. G. and O'connor, J. C. (1997). Development of a Tier I screening battery for detecting endocrine-active compounds (EACs). *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 26(1), 60-68.
- Costa, L. G. (2015). The neurotoxicity of organochlorine and pyrethroid pesticides. *Handbook of clinical neurology*, 131, 135-148.
- Coster, S. and Van Larebeke, N. (2012) Endocrine-disrupting chemicals: Associated disorders and mechanisms of action. *Journal of Environmental and Public Health*, 2012, Article ID: 713696. <https://doi.org/10.1155/2012/713696>
- Crisp, T. M., Clegg, E. D., Cooper, R. L., Wood, W. P., Anderson, D. G., Baetcke, K. P. and Patel, Y. M. (1998). Environmental endocrine disruption: an effects assessment and analysis. *Environmental Health Perspectives*, 106(suppl 1), 11-56.
- Elbüken, G. (2024). Endokrin bozucular ve insan sağlığına zararları. *Halk Sağlığı Araştırma ve Uygulamaları Dergisi*, 2(3), 108-117.
- Ergün, S. S. (2013). *Nonilfenol ve bisfenol a'nın sığırlarda gamet fizyolojisine olan etkileri*. Yayımlanmamış Doktora Tezi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü,
- Ergün, S. S., Üstüner, B., Alçay, S., Sağırkaya, H. and Uğuz, C. (2014). The effects of nonylphenol on gamete physiology in bovine. *Journal of Applied Biological Sciences*, 8(2), 32-38.
- Farag A. T., Goda N.F., Shaaban N.A., Mansee A.H. (2007). Effects of oral exposure of synthetic pyrethroid, cypermethrin on the behavior of F1-progeny in mice. *Reproductive Toxicology*, 23: 560-567.
- Feijó, M., Martins, R. V., Socorro, S., Pereira, L. and Correia, S. (2021). Effects of the endocrine disruptor vinclozolin in male reproduction: a systematic review and meta-analysis. *Biology of reproduction*, 104(5), 962-975.

- Flynn, K. (2011). Dietary exposure to endocrine-active pesticides: Conflicting opinions in a European workshop, *Environment International*, 37, 980-90.
- Galbiati, A., Zana, A., Coser, C., Tamborini, L., Basilico, N., Parapini, S. and Conti, P. (2021). Development of potent 3-Br-isoxazoline-based antimalarial and antileishmanial compounds. *ACS Medicinal Chemistry Letters*, 12(11), 1726-1732.
- Gerunova, L. K., Bardina, E. G., Gerunov, T. V. and Sechkina, I. V. (2019). Pesticides as endocrine disruptors and neurotoxicants. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 315, No. 5, p. 052049. IOP Publishing.
- Goad, R. T., Goad, J. T., Atieh, B. H. and Gupta, R. C. (2004). Carbofuran-induced endocrine disruption in adult male rats. *Toxicology mechanisms and methods*, 14(4), 233-239.
- Guarnotta, V., Amodei, R., Frasca, F., Aversa, A. and Giordano, C. (2022). Impact of chemical endocrine disruptors and hormone modulators on the endocrine system. *International Journal Of Molecular Sciences*, 23(10), 5710.
- Guillante, T., Zebreal, Y. D., da Costa Silva, D. G., Junior, A. S. V., Corcini, C. D., Acosta, I. B. and da Rosa, C. E. (2024). Chlorothalonil as a potential endocrine disruptor in male zebrafish (danio rerio): impact on the hypothalamus-pituitary-gonad axis and sperm quality. *Chemosphere*, 352, 141423.
- Gupta, R. C. (2014). Carbamate pesticides. *Encyclopedia of toxicology*, 661-664.
- Hale, R. C., Smith, C. L., de Fur, P. O., Harvey, E., Bush, E. O., La Guardia, M. J. and Vadas, G. G. (2000). Nonylphenols in sediments and effluents associated with diverse wastewater outfalls. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 19(4), 946-952.
- Hess-Wilson, J. K. and Knudsen, K. E. (2006). Endocrine disrupting compounds and prostate cancer. *Cancer letters*, 241(1), 1-12.
- Hiller-Sturmhöfel, S. and Bartke, A. (1998). The endocrine system: An overview. *Alcohol Health and Research World*, 22(3), 153.
- Jacobsen, P. R., Christiansen, S., Boberg, J., Nellemann, C. and Hass, U. (2010). Combined exposure to endocrine disrupting pesticides impairs

- parturition, causes pup mortality and affects sexual differentiation in rats. *International Journal of Andrology*, 33(2), 434-442.
- Kaya, B. İ. (2020). Endokrin Bozucu olan atrazin toksik etkilerinin değerlendirilmesi. *Journal of Innovative Approaches in Medicine*, 1(1), 38-45.
- Knight, J. (2021). Endocrine system 1: Overview of the endocrine system and hormones. *Nursing Times*, 117(5), 38-42.
- Kris-Etherton, P. M., Hecker, K. D., Bonanome, A., Coval, S. M., Binkoski, A. E., Hilpert, K. F. and Etherton, T. D. (2002). Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *The American journal of medicine*, 113(9), 71-88.
- Küçük, Ç., Ödemiş, M. and Kaba, S. (2023). Tarımda yaygın olarak kullanılan bazı insektisitlerin bazı toprak mikrobiyal aktiviteye etkileri. *International Conference on Scientific and Academic Research*, 1, 350–356.
- Kwack, S. J., Kwon, O., Kim, H. S., Kim, S. S., Kim, S. H., Sohn, K. H. and Park, K. L. (2002). Comparative evaluation of alkylphenolic compounds on estrogenic activity in vitro and in vivo. *Journal of Toxicology and Environmental Health Part A*, 65(5-6), 419-431.
- Lee M. M. (2007). Endocrine disrupters. *A Current Review of Pediatric Endocrinology*, 109-18.
- Leemans, M., Couderq, S., Demeneix, B. and Fini, J. B. (2019). Pesticides with potential thyroid hormone-disrupting effects: a review of recent data. *Frontiers in endocrinology*, 10, 743.
- Massart, F., Harrell, J. C., Federico, G. and Saggese, G. (2005). Human breast milk and xenoestrogen exposure: a possible impact on human health. *Journal of Perinatology*, 25(4), 282-288.
- McLachlan, J. A., Simpson, E. and Martin, M. (2006). Endocrine disrupters and female reproductive health. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism*, 20(1), 63-75.
- McKinlay, R., Plant, J. A., Bell, J. N. B. and Voulvoulis, N. (2008). Endocrine disrupting pesticides: implications for risk assessment. *Environment international*, 34(2), 168-183.
- Mellanby, K. (1992). *The DDT Story*; British Crop Protection Council: Hampshire, UK, 1992.

- Mishra, S., Zhang, W., Lin, Z., Pang, S., Huang, Y., Bhatt, P. and Chen, S. (2020). Carbofuran toxicity and its microbial degradation in contaminated environments. *Chemosphere*, 259, 127419.
- Mnif, W., Hassine, A. I. H., Bouaziz, A., Bartegi, A., Thomas, O. And Roig, B. (2011). Effect of endocrine disruptor pesticides: a review. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*, 8(6), 2265-2303.
- Nimrod, A. C. and Benson, W. H. (1996). Environmental estrogenic effects of alkylphenol ethoxylates. *Critical reviews in toxicology*, 26(3), 335-364.
- Nödler, K., Licha, T. and Voutsas, D. (2013). Twenty years later–atrazine concentrations in selected coastal waters of the Mediterranean and the Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 70(1-2), 112-118.
- Olisah, C.; Okoh, O.O.; Okoh, A.I. (2020). Occurrence of organochlorine pesticide residues in biological and environmental matrices in Africa: A two-decade review. *Heliyon*, 6, e03518.
- Padovani, L., Trevisan, M. and Capri, E. (2004). A calculation procedure to assess potential environmental risk of pesticides at the farm level. *Ecological Indicators*, 4(2), 111-123.
- Qian, W., Gong, G., Su, H., Zhao, Y., Fu, W., Wang, Y. and Zhu, D. (2023). Hepar-on-a-sensor-platform with hybridization chain reaction amplification strategy to intuitively monitor the hepatotoxicity of natural compounds. *Acta Biomaterialia*, 160, 73-86.
- Rozita, H., and Hasni, M.J, (2005) Effects of lindane as an endocrine disruptor chemical on human health. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 11 (1). pp. 51-55.
- Sakali, A. K., Bargiota, A., Fatouros, I. G., Jamurtas, A., Macut, D., Mastorakos, G. and Papagianni, M. (2021). Effects on puberty of nutrition-mediated endocrine disruptors employed in agriculture. *Nutrients*, 13(11), 4184.
- Shang, D. Y., Macdonald, R. W. and Ikononou, M. G. (1999). Persistence of nonylphenol ethoxylate surfactants and their primary degradation products in sediments from near a municipal outfall in the Strait of Georgia, British Columbia, Canada. *Environmental Science & Technology*, 33(9), 1366-1372.

- Sheehan, D. M. (2000). Activity of environmentally relevant low doses of endocrine disruptors and the Bisphenol A controversy: initial results confirmed (44515). *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 224(2), 57-60.
- Soares, A., Guieysse, B., Jefferson, B., Cartmell, E. and Lester, J. N. (2008). Nonylphenol in the environment: a critical review on occurrence, fate, toxicity and treatment in wastewaters. *Environment international*, 34(7), 1033-1049.
- Solomon, G. M. and Schettler, T. (2000). Environment and health: 6. Endocrine disruption and potential human health implications. *Cmaj*, 163(11), 1471-1476.
- Staples, C. A., Dome, P. B., Klecka, G. M., Oblock, S. T. and Harris, L. R. (1998). A review of the environmental fate, effects, and exposures of bisphenol A. *Chemosphere*, 36(10), 2149-2173.
- Sugiyama, S. I., Shimada, N., Miyoshi, H. and Yamauchi, K. (2005). Detection of thyroid system-disrupting chemicals using in vitro and in vivo screening assays in *Xenopus laevis*. *Toxicological sciences*, 88(2), 367-374.
- Şık, B., Küçükçetin, İ. Ö., Erkeymaz, T. and Yıldız, G. (2012). Gıda güvenliği açısından endokrin sistem bozucu pestisitler. *Akademik Gıda*, 10(2), 89-95.
- Toppari, J., Larsen, J. C., Christiansen, P., Giwercman, A., Grandjean, P., Guillette Jr, L. J. and Skakkebaek, N. E. (1996). Male reproductive health and environmental xenoestrogens. *Environmental health perspectives*, 104(suppl 4), 741-803.
- Vallack, H. W., Bakker, D. J., Brandt, I., Broström-Lundén, E., Brouwer, A., Bull, K. R. and Taalman, R. D. (1998). Controlling persistent organic pollutants—what next?. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 6(3), 143-175.
- Wyckhuys, K.A.G.; Aebi, A.; Bijleveld van Lexmond, M.F.I.J.; Bojaca, C.R.; Bonmatin, J.-M.; Furlan, L.; Guerrero, J.A.; Mai, T.V.; Pham, H.V.; Sanchez-Bayo, F. (2020). Resolving the twin human and environmental health hazards of a plant-based diet. *Environ. Int.*, 144, 106081.

- Yalvaç, M. (2005). *Göksu deltası sucul ekosisteminde endosülfan ve methamidophos pestisitlerinin kalıntı düzeylerinin araştırılması* Yayınlanmamış Doktora Tezi, Mersin Üniversitesi.
- Yeşilkaya, E. (2008). Endokrin bozucular. *Güncel Pediatri*, 6(4), 76-82.
- Yılmaz, B., Terekeci, H.; Sandal, S.; Kelestimur, F. (2020) Endocrine disrupting chemicals: Exposure, effects on human health, mechanism of action, models for testing and strategies for prevention. *Rev. Endocr. Metab. Disord*, 21, 127–147.
- Yılmaz, B. (2022). Endokrin Bozucuların Güncel Durumu, Ağır Metaller, Poliklorlu Bifeniller (PCB), Parabenler, BHA, BHT. . K. Şahin ve H. F. Keleştemur (Eds.).*Endokrin Bozucular ve Sağlık (s. 11-34)*. Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları.
- Yoldaş, K., Pala, M., & Alphan, M. E. (2022). Besinlerdeki endokrin bozucular. *Atlas Journal of Medicine*, 1(3), 40-58.
- Zhao, H., Qian, H., Cui, J., Ge, Z., Shi, J., Huo, Y. and Ye, L. (2024). Endocrine toxicity of atrazine and its underlying mechanisms. *Toxicology*, 153846.



ISBN: 978-625-378-196-5