

SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM VE YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR II

SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM VE YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR II



EDİTÖRLER

Prof. Dr. Tugay AYAŞAN

Prof. Dr. Hakan İNCİ

Dr. Öğr. Üyesi Benian Pınar AKTEPE

SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM VE YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR II

EDİTÖRLER

Prof. Dr. Tugay AYAŞAN

Prof. Dr. Hakan İNCİ

Dr. Öğr. Üyesi. Benian Pınar AKTEPE

YAZARLAR

Prof. Dr. Bünyamin SÖĞÜT

Prof. Dr. Hakan İNCİ

Prof. Dr. Turgut AYGÜN

Doç. Dr. Azize DEMİRPOLAT

Doç. Dr. Erine GÜMÜŞ

Doç. Dr. Günnur PEŞMEN

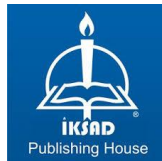
Dr. Öğr. Üyesi Emre ALARSLAN

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet İLKAYA

Dr. Öğr. Üyesi Semiramis KARLIDAĞ

Esra ERYATAN

Sinan ERDEM



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: 978-625-378-347-1

Cover Design: Hakan İNCİ

October / 2025

Ankara / Türkiye

Size: 16x24cm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	1
------------	---

BÖLÜM 1

PROPOLİSİN BÖBREK SAĞLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Prof. Dr. Hakan İNCİ

Sinan ERDEM

Prof. Dr. Bünyamin SÖĞÜT.....	3
-------------------------------	---

BÖLÜM 2

BALIN BİLEŞİMİ, KALİTE KRİTERLERİ VE TAĞŞIŞ: GENEL BİR BAKIŞ

Dr. Öğr. Üyesi Semiramis KARLIDAĞ.....	25
--	----

BÖLÜM 3

BAL ARILARINDA (*Apis mellifera*) BESLENME FİZYOLOJİSİ VE DOĞAL FLORA ETKİLEŞİMİ

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet İLKAYA.....	63
-----------------------------------	----

BÖLÜM 4

BAL ARILARININ BESLENME DİNAMİKLERİNDE DOĞAL FLORANIN KATKISI

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet İLKAYA.....	85
-----------------------------------	----

BÖLÜM 5

ARILARDA KSENOBİYOTİK, PESTİSİT VE MİKROPLASTİK ZARARI

Esra ERYATAN, Doç. Dr. Azize DEMİRPOLAT.....	109
--	-----

BÖLÜM 6

YENİ BİR KOYUN GEN KAYNAĞI OLARAK YALOVA KIVIRCIĞI

Dr. Öğr. Üyesi Emre ALARSLAN

Prof. Dr. Turgut AYGÜN.....	129
-----------------------------	-----

BÖLÜM 7

GIDA SANAYİ YAN ÜRÜNLERİ VE ATIKLARININ YUMURTACI KANATLI RASYONLARINDA KULLANIMI

Doç. Dr. Erinç GÜMÜŞ.....	153
---------------------------	-----

BÖLÜM 8

POZİTİF HAYVAN REFAHI (PAW)

Doç. Dr. Günnur PEŞMEN.....173

CHAPTER 9

POTENTIAL APPLICATION FIELDS OF MICROALGAE IN QUAIL NUTRITION

Assoc. Prof. Erinç GÜMÜŞ.....205

CHAPTER 10

CARING AND FEEDING OF DAIRY COWS AND QUALITY MILK PRODUCTION

Prof. Dr. Turgut AYGÜN.....225

ÖNSÖZ

Zootečni ve İlgili Alanlarda Güncel Yaklaşımların Ele Alındığı Kitabımızda; Propolisin Böbrek Sağlığı Üzerindeki Etkileri; Balın Bileşimi, Kalite Kriterleri Ve Tağşiş; Bal Arılarında (Apis Mellifera) Beslenme Fizyolojisi ve Doğal Flora Etkileşimi; Bal Arılarının Beslenme Dinamiklerinde Doğal Floranın Katkısı; Arılarda Ksenobiyotik, Pestisit Ve Mikroplastik Zararı; Yeni Bir Koyun Gen Kaynağı Olarak Yalova Kıvrırcığı; Gıda Sanayi Yan Ürünleri Ve Atıklarının Yumurtacı Kanatlı Rasyonlarında Kullanımı; Pozitif Hayvan Refahı (Paw); Potential Application Fields of Microalgae In Quail Nutrition; Caring And Feeding of Dairy Cows And Quality Milk Production olmak üzere 14 Akademisyen Tarafından Kaleme Alınan Zootečni alanında ve ilgili alanlarda derlenen toplam 10 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. Tugay AYAŞAN

Prof. Dr. Hakan İNCİ

Dr. Öğr. Üyesi. Benian Pınar AKTEPE

BÖLÜM 1

PROPOLİSİN BÖBREK SAĞLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Prof. Dr. Hakan İNCİ¹

Sinan ERDEM²

Prof. Dr. Bünyamin SÖĞÜT³

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17391734>

¹ Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootehni Bölümü, Bingöl, TÜRKİYE.
<https://orcid.org/0000-0002-9791-0435> hinci@bingol.edu.tr

² Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootehni Bölümü, Bingöl, TÜRKİYE.
<https://orcid.org/0000-0001-5342-6302> sinanerdem012@gmail.com

³ Bandırma Üniversitesi Bandırma Meslek Yüksekokulu Gıda Teknolojisi Bölümü
Orcid: 0000-0002-7644-7226, bsogutbandirma.edu.tr

1. GİRİŞ

Propolis, bal arılarının (*Apis mellifera*) bitkilerin tomurcuk, yaprak ve gövdelerinden topladığı reçineleri kendi salgıları ve balmumuyla karıştırmaları sonucu elde edilen doğal, yapışkan ve reçinemsi bir üründür. Yunanca “pro” (ön, savunma) ve “polis” (şehir) sözcüklerinden türeyen adı, arı kolonilerinde kovanın korunması işlevini yansıtmaktadır. Arılar, propolisi kovanın çatlaklarını kapatmak, dışarıdan gelebilecek mikroorganizmalara karşı savunma oluşturmak ve zararlıların girişini engellemek, arılar tarafından kovanın korunması ve dezenfekte edilmesi amacıyla kullanılan propolis, yüzyıllardır geleneksel tıpta da insan sağlığını destekleyen bir ürün olarak değerlendirilmektedir (Bankova, 2005). Propolisin kimyasal bileşimi, toplandığı bitki türüne, iklim koşullarına ve mevsime bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Genel olarak flavonoidler, fenolik asitler ve esterler propolisin ana bileşenlerini oluşturur (Sforcin, 2007).

Tarihsel kayıtlar incelendiğinde, propolisin insanlık tarafından binlerce yıldır sağlık amacıyla kullanıldığı görülmektedir. Eski Mısırlılar, propolisi mumyalama işleminde antiseptik özelliklerinden ötürü tercih etmişlerdir. Antik Yunan’da Hipokrat, propolisi yara ve ülser tedavisinde kullanmış; Romalılar ise savaş yaralarının iyileştirilmesinde propolisten faydalanmıştır. Orta Çağ’da Avrupa’da ağız ve diş sağlığında yaygın olarak kullanılmıştır (Bankova, 2005).

Osmanlı tıbbında da propolis, özellikle deri hastalıkları ve yanıkların tedavisinde kullanılmıştır. Anadolu halk hekimliğinde, propolisin su veya alkolde çözölmüş ekstrelerinin üst solunum yolu enfeksiyonları, mide ağrıları ve cilt hastalıklarına karşı tüketildiği bilinmektedir. Günümüzde ise propolis yalnızca geleneksel tıp çerçevesinde değil, aynı zamanda modern farmakoloji ve gıda bilimi alanında da yaygın araştırma konusudur (Yücel, Topal, Akçiçek & Kösoğlu, 2014).

Doğal ürünlerin insan sağlığı üzerindeki olumlu etkileri tarih boyunca farklı kültürlerde gözlemlenmiş ve bu ürünler hem geleneksel tedavi yöntemlerinde hem de modern tıp uygulamalarında destekleyici unsur olarak kullanılmıştır. Günümüzde ilaçların yan etkileri, artan antibiyotik direnci ve kronik hastalıkların yaygınlaşması, doğal ürünlere olan ilgiyi yeniden gündeme taşımıştır. Bu bağlamda arı ürünleri, özellikle de propolis, insan sağlığını destekleyici etkileriyle dikkat çekmektedir (Yücel, Topal, Akçiçek ve Kösoğlu, 2014; Acun & Gül, 2020; Küşümler & Çelebi, 2021).

Propolis, bal arılarının bitkilerin tomurcuk, yaprak ve gövdelerinden topladığı reçinelerin, balmumu ve arı salgılarıyla karıştırılması sonucu elde edilen reçinemsi bir üründür. Yunanca kökenli “pro” (ön, savunma) ve “polis” (şehir) kelimelerinin birleşimi, propolisin arılar için “şehri savunan” bir bariyer görevi gördüğünü açıkça ortaya koymaktadır. Arılar, propolisi kovan girişlerini daraltmak, çatlakları kapatmak, içeri giren zararlıları mumyalamak ve koloniyi patojenlerden korumak için kullanmaktadır (Acun & Gül, 2020). Bu özelliği nedeniyle propolis, “arı zambkı” veya “doğal antibiyotik” olarak da anlandırılmaktadır.

Tarihsel süreç incelendiğinde propolisin çok eski dönemlerden beri tedavi amacıyla kullanıldığı görülmektedir. Antik Mısır’da mumyalama işleminde antiseptik özelliği nedeniyle tercih edilen propolis, Antik Yunan’da yara iyileştirme ve enfeksiyonların önlenmesinde; Roma döneminde ise savaş yaralarının tedavisinde kullanılmıştır. Orta Çağ’da Avrupa’da propolis, özellikle ağız ve diş sağlığında yaygın bir kullanım alanı bulmuştur (Bankova, 2005). Anadolu’da halk hekimliğinde de yanık, kesik ve deri hastalıklarının tedavisinde propolis kullanıldığı bilinmektedir.

Modern bilimsel çalışmalar propolisin bu geleneksel kullanım alanlarını desteklemiş; kimyasal yapısında yer alan flavonoidler, fenolik asitler, esterler, vitaminler ve mineraller sayesinde geniş bir biyolojik aktivite yelpazesine sahip olduğunu ortaya koymuştur. Propolisin en çok bilinen özellikleri arasında antimikrobiyal, antioksidan, antifungal, antiviral, antitümör, immün sistemi güçlendirici ve antiinflamatuvar etkiler yer almaktadır (Küşümler & Çelebi, 2021). Bu özellikler sayesinde günümüzde propolis yalnızca geleneksel tıp uygulamalarında değil, aynı zamanda modern farmasötik, gıda ve kozmetik sektörlerinde de fonksiyonel bir ürün olarak değerlendirilmektedir.

Özellikle son yıllarda yapılan bilimsel çalışmalar, propolisin bağışıklık sistemini destekleyici rolü üzerine yoğunlaşmıştır. Bağışıklık sistemi üzerinde düzenleyici etkiler sağlayan kafeik asit fenetil ester (CAPE), en çok dikkat çeken bileşiklerden biridir. CAPE’in, sitokin üretimini baskılayarak inflamatuvar süreçleri azalttığı, oksidatif stresi önlediği ve kanser hücrelerinin büyümesini durdurduğu gösterilmiştir (Yücel ve ark., 2014). Benzer şekilde, artepillin C gibi bileşiklerin de tümör hücreleri üzerinde antiproliferatif etkiye sahip olduğu bildirilmektedir (Acun & Gül, 2020).

Dünya genelinde propolisle ilgili bilimsel yayınların sayısı hızla artmaktadır. “Web of Science” veri tabanında yalnızca 2000 yılından bu yana propolis üzerine yayımlanan makale sayısı birkaç bini bulmuş ve bu çalışmaların büyük bölümü farmakoloji, gıda bilimi ve tıp alanlarında yoğunlaşmıştır. Türkiye’de de propolis üzerine yapılan çalışmaların sayısı artmakta; üniversiteler, araştırma kurumları ve özel sektör tarafından farklı projeler yürütülmektedir. Bu durum, propolisin hem bilimsel hem de ticari açıdan stratejik bir ürün haline geldiğini göstermektedir. Genel olarak propolisin bileşimi şu şekilde özetlenebilir: yaklaşık %50 reçine, %30 balmumu, %10 uçucu yağ, %5 polen ve %5 diğer organik ve inorganik bileşenler (Küşümler & Çelebi, 2021).

Bu kitap bölümünde, propolisin tanımı ve tarihçesi, kimyasal bileşimi, biyolojik aktiviteleri, insan böbrek sağlığı üzerindeki etkileri ve sektörel kullanım alanları ayrıntılı olarak incelenecek; ayrıca güncel bilimsel bulgular ışığında propolisin gelecekteki potansiyeli değerlendirilecektir. Amaç, hem akademik hem de pratik düzeyde propolisin insan sağlığına olan katkısını bütüncül bir b Propolisin kimyasal içeriği, arıların topladığı bitkisel kaynaklara, coğrafi bölgeye, iklim koşullarına ve mevsimsel faktörlere göre önemli farklılıklar göstermektedir.

Bilimsel araştırmalar, propolisin antioksidan, antiinflamatuvar, antibakteriyel, antiviral ve immünomodülatör etkileri olduğunu göstermektedir. Bu özellikler, propolisi hem geleneksel hem de modern tıp uygulamalarında değerli kılmaktadır. Son yıllarda yapılan klinik çalışmalar, propolisin özellikle bağışıklık sistemi, sindirim sistemi, kardiyovasküler sağlık ve böbrek fonksiyonları üzerindeki etkilerini incelemiştir (Kocot et al., 2018).

Bugüne kadar propoliste 300’den fazla bileşik tanımlanmıştır. Propolis, kimyasal olarak kompleks bir yapıya sahiptir. İçeriğinde yaklaşık %50 reçine, %30 balmumu, %10 uçucu yağlar ve %5 polen bulunur. Ayrıca, mineral tuzlar, vitaminler ve organik bileşikler de propolisin yapısında yer alır (Bankova et al., 2014).

- **Flavonoidler:** Flavonoidler, propolisin en aktif bileşenlerinden biridir. Antioksidan özellikleri sayesinde serbest radikallerle savaşır ve hücre hasarını önler. En yaygın flavonoidler arasında kersetin, galangin ve pinocembrin bulunur.

- **Fenolik Asitler ve Esterler:** Fenolik bileşikler, propolisin antibakteriyel ve antiinflamatuvar etkilerini artırır. Örneğin, kafeik asit fenetil esteri (CAPE), hücresel seviyede inflamasyonu baskılar ve kanser hücrelerinin büyümesini engelleyebilir (Orsi, 2000).
- **Aromatik Asitler ve Terpenler:** Propolise karakteristik koku ve tat veren bileşiklerdir.
- **Vitaminler ve Mineraller:** B1, B2, B6, C ve E vitaminlerinin yanı sıra Mg, Ca, Zn, Mn ve Fe gibi mineraller içermektedir.
- **Diğer Bileşikler:** Amino asitler, polisakkaritler ve uçucu bileşenler (Acun & Gül, 2020).

Propolisin kimyasal bileşimi, coğrafi farklılıklara göre de çeşitlilik göstermektedir. Örneğin Brezilya propolisi yüksek oranda artepillin C içerirken, Avrupa propolisi flavonoidler açısından zengindir. Çin ve Japonya’da üretilen propolis türleri ise daha çok kafeik asit ve türevleri bakımından öne çıkmaktadır (Bankova, 2005). Bu farklılık, propolisin biyolojik aktivitelerindeki çeşitliliği de açıklamaktadır. Brezilya propolisi üzerine yapılan bir çalışmada, artepillin C’nin oksidatif stres kaynaklı hücre hasarını azalttığı ve DNA’yı serbest radikal saldırılarından koruduğu gösterilmiştir (Acun & Gül, 2020). Bu nedenle propolis, yaşlanma karşıtı doğal bir ürün olarak da değerlendirilmektedir.

Propolisin biyolojik aktivitelerinin temelini oluşturmakta; antioksidan, antimikrobiyal, antitümör ve immün sistemi düzenleyici etkilerinden sorumlu olmaktadır. Özellikle CAPE, yapılan çalışmalarda kanser hücrelerinin büyümesini engelleyen, inflamasyonu azaltan ve oksidatif stresi düşüren en önemli bileşiklerden biri olarak tanımlanmaktadır (Küşümler & Çelebi, 2021). Oksidatif stres, serbest radikallerin hücresel savunma mekanizmalarına baskın gelmesi sonucu DNA, protein ve lipitlerde hasara yol açar. Bu süreç yaşlanma, kanser, kardiyovasküler hastalıklar ve nörodejeneratif bozuklukların gelişiminde kritik rol oynamaktadır.

Propolis, içerdiği flavonoidler (kuersetin, galangin, pinosembrin) ve fenolik bileşikler sayesinde güçlü bir antioksidan etki göstermektedir. Bu bileşikler, serbest radikalleri yakalayarak hücre hasarını azaltmakta ve oksidatif stresi düşürmektedir (Küşümler & Çelebi, 2021). Özellikle CAPE, lipid peroksidasyonunu baskılamakta ve antioksidan enzimlerin (SOD, katalaz, glutatyon peroksidaz) aktivitesini artırmaktadır.

Propolis, tarihsel süreçte “doğal antibiyotik” olarak adlandırılmasının temel nedeni güçlü antimikrobiyal etkileridir. Propolis özellikle Gram(+) bakterilere karşı etkinliği ile öne çıkmaktadır.

- **Gram(+) bakteriler:** *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus mutans* ve *Bacillus subtilis* üzerinde belirgin antibakteriyel etki göstermektedir.
- **Gram(-) bakteriler:** *Escherichia coli* ve *Pseudomonas aeruginosa* gibi türlere karşı daha sınırlı etki göstermektedir.
- **Mekanizma:** Hücre duvarı ve zar geçirgenliğini bozarak bakteri çoğalmasını durdurmaktadır.

Dış hekimliği alanında yapılan çalışmalar, propolisin *Streptococcus mutans* üzerine etkili olduğunu ve çürük oluşumunu azalttığını göstermektedir (Yücel ve ark., 2014). Ayrıca propolis ekstrelerinin antibiyotiklerle sinerjik etki göstererek antibiyotik direncini azaltabileceği rapor edilmiştir.

Propolis, bağışıklık hücrelerinin aktivitesini artırarak vücudun enfeksiyonlara karşı savunmasını güçlendirir. Makrofaj, doğal öldürücü hücreler ve lenfositler üzerinde uyarıcı etkiler yapabilir.

Propolisin *Candida albicans* başta olmak üzere birçok mantar türüne karşı güçlü antifungal etki gösterdiği kanıtlanmıştır. Klinik araştırmalarda propolis ekstrelerinin vajinal kandidiyazis tedavisinde etkili olduğu belirtilmiştir. Ayrıca derideki mantar enfeksiyonlarına karşı topikal kullanımının iyileştirici etki sağladığı bildirilmiştir (Acun & Gül, 2020).

Propolis, mantar hücre zarında geçirgenliği artırarak ve hücre içi metabolizmayı bozarak antifungal aktivite göstermektedir. Bu nedenle dermatoloji ve kadın sağlığı alanında propolisin kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır.

Propolis, virüslere karşı da belirgin biyolojik aktivite göstermektedir. Araştırmalar, propolisin influenza, herpes simplex, adenovirüs, HIV ve hepatit virüsleri üzerinde antiviral etki gösterdiğini ortaya koymuştur.

Mekanizma olarak, virüslerin hücreye girişini engellediği ve viral replikasyonu baskıladığı düşünülmektedir. CAPE ve diğer flavonoidlerin viral RNA/DNA polimeraz enzimlerini inhibe ettiği rapor edilmiştir. Örneğin influenza A virüsü üzerinde yapılan bir çalışmada, propolis ekstraktlarının virüs çoğalmasını anlamlı ölçüde baskıladığı gözlenmiştir (Küşümler & Çelebi, 2021). Propolis, yüksek oranda flavonoid ve fenolik bileşik içerdiğinden güçlü

bir antioksidan olarak görev yapar. Antioksidanlar, serbest radikallerin neden olduğu oksidatif stresi azaltarak hücresel hasarı önler. Oksidatif stresin kalp hastalıkları, diyabet, kanser ve nörodejeneratif hastalıklarla ilişkili olduğu bilinmektedir (Banskota et al., 2001).

Propolisin en önemli biyolojik aktivitelerinden biri antiinflamatuvar etkisidir. CAPE, NF- κ B yolaklarını baskılayarak inflamatuvar sitokinlerin (TNF- α , IL-1 β , IL-6) üretimini azaltmaktadır. Bu durum özellikle romatoid artrit, inflamatuvar bağırsak hastalıkları ve astım gibi kronik inflamatuvar hastalıkların tedavisinde propolisin destekleyici rolünü ortaya koymaktadır (Acun & Gül, 2020).

CAPE ve diğer fenolik bileşikler, inflamatuvar yanıtları modüle ederek kronik inflamasyonla ilişkili hastalıkların riskini azaltır. Klinik çalışmalarda, propolis takviyesi alan bireylerde inflamasyon belirteçlerinde anlamlı düşüşler gözlemlenmiştir (Sforcin & Bankova, 2011). Propolisin antibakteriyel etkisi, özellikle *Staphylococcus aureus* ve *Escherichia coli* gibi patojenler üzerinde belirgindir. Ayrıca, antiviral etkileri sayesinde grip ve herpes virüsü gibi enfeksiyonlara karşı da koruyucu olabilir (Marcucci, 1995).

Fareler üzerinde yapılan deneysel çalışmalarda propolisin ödem ve kızarıklık azalttığı; ayrıca yara iyileşmesini hızlandırdığı gösterilmiştir. Bu nedenle dermatolojik uygulamalarda propolis bazlı kremler yaygın olarak kullanılmaktadır. Propolis, kan lipid profili üzerinde olumlu etkiler gösterir; LDL kolesterolü düşürür ve HDL kolesterolü artırabilir. Ayrıca, damar endotel fonksiyonunu iyileştirerek hipertansiyon ve ateroskleroz riskini azaltabilir (Ghisalberti, 1979).

Propolisin antikanser etkileri çok sayıda laboratuvar ve hayvan çalışmasında gösterilmiştir. Özellikle CAPE ve kuersetin gibi flavonoidler, kanser hücrelerinde apoptozu (programlanmış hücre ölümü) indüklemekte ve hücre çoğalmasını durdurmaktadır (Orsolić, 2006).

- **Meme kanseri:** CAPE'nin MCF-7 hücrelerinde büyümeyi baskıladığı bildirilmiştir.
- **Prostat kanseri:** Propolis ekstraktının PC-3 hücrelerinde apoptotik etki gösterdiği rapor edilmiştir.
- **Kolon kanseri:** Artepillin C'nin kolon kanseri hücrelerinde tümör gelişimini yavaşlattığı gözlenmiştir.

- **Akciğer kanseri:** Propolis ekstrelerinin hücre siklusunu durdurucu etki gösterdiği belirlenmiştir (Yücel ve ark., 2014).
- **Bağışıklık sistemi:** Düzenli propolis kullanımı, üst solunum yolu enfeksiyonlarının sıklığını azaltabilir ve bağışıklık yanıtını güçlendirebilir (Sforcin, 2007).
- **Diş sağlığı:** Propolis içeren ağız gargaralarının, diş eti iltihabı ve plak oluşumunu azalttığı görülmüştür (Koo et al., 2000).
- **Dişabet ve kardiyovasküler risk:** Tip 2 dişabetli bireylerde propolis takviyesi, kan şekeri ve lipid profili üzerinde olumlu etkiler göstermiştir (Shahzad et al., 2016).

Buna ek olarak, radyoterapi ve kemoterapi sırasında sağlıklı hücreleri oksidatif stresten koruyarak tedaviye yardımcı olduğu da bildirilmiştir.

Propolis, sahip olduğu biyolojik aktiviteler sayesinde insan sağlığında geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bu bölümde propolisin bağışıklık sistemi, kanser tedavisi, nörolojik sağlık, ağız ve diş sağlığı, dermatolojik uygulamalar, sindirim sistemi, solunum ve üriner sistem üzerine etkileri ayrıntılı olarak ele alınmaktadır.

Bağışıklık sistemi, organizmayı dış etkenlere ve patojenlere karşı koruyan en temel savunma mekanizmasıdır. Propolis, bağışıklık sistemini hem uyarıcı hem de düzenleyici etkiler göstermektedir.

- **İmmünmodülatör Etki:** Propolis bileşenlerinden CAPE ve flavonoidler, sitokin üretimini baskılayarak aşırı inflamasyonu engeller, ancak aynı zamanda fagositik hücrelerin aktivitesini artırarak bağışıklık yanıtını güçlendirir.
- **Antikor Üretimi:** Fareler üzerinde yapılan çalışmalarda propolis ekstrelerinin IgG ve IgM üretimini artırdığı gösterilmiştir.
- **Enfeksiyonlara Karşı Koruma:** Propolis, grip ve soğuk algınlığı gibi üst solunum yolu enfeksiyonlarına karşı koruyucu etki sağlamaktadır (Küşümler & Çelebi, 2021).

Kanser tedavisi, modern tıbbın en önemli mücadele alanlarından biridir. Propolis, antikanser özellikleriyle hem önleyici hem de tedaviye destekleyici bir ajan olarak değerlendirilmektedir.

- **Apoptoz İndüksiyonu:** CAPE, kuersetin ve artemisin C gibi bileşikler, kanser hücrelerinde programlanmış hücre ölümünü başlatmaktadır.
- **Tümör Büyümesini Baskılama:** Meme, prostat, kolon ve akciğer kanseri hücrelerinde antiproliferatif etkiler rapor edilmiştir.
- **Kemoterapiye Destek:** Propolis, kemoterapi ilaçlarıyla birlikte kullanıldığında sağlıklı hücreleri korumakta ve tedavinin yan etkilerini azaltabilmektedir.
- **Radyoterapi Koruyuculuğu:** Antioksidan özellikleri sayesinde radyoterapi sırasında oluşan oksidatif hasarı hafiflettiği bildirilmiştir (Yücel ve ark., 2014).

Oksidatif stres ve inflamasyon, Alzheimer, Parkinson ve inme gibi nörolojik hastalıkların gelişiminde kritik rol oynamaktadır. Propolis bu süreçlerde koruyucu etki göstermektedir.

- **Nöroprotektif Etki:** CAPE, hipoksi-iskemi modellerinde beyin hücrelerini oksidatif stresten korumuştur.
- **Anestezik Özellik:** Propolisin lokal anestezik etkisi prokainden yaklaşık 50 kat daha güçlü bulunmuştur. Bu etki, sinir hücre zarındaki sodyum kanallarının bloke edilmesiyle açıklanmaktadır (Yücel ve ark., 2014).
- **Bellek ve Öğrenme:** Hayvan modellerinde propolis ekstrelerinin hafıza performansını artırdığına dair bulgular elde edilmiştir.

Ağız içi mikroflora, diş çürükleri ve periodontal hastalıkların gelişiminde önemli rol oynamaktadır. Propolis bu alanda uzun süredir kullanılmaktadır.

- **Antibakteriyel Etki:** *Streptococcus mutans* ve *Lactobacillus* türlerine karşı güçlü etki göstererek diş çürüklerini azaltır.
- **Ağız Gargaraları:** Propolis bazlı gargara çözeltilerinin diş eti iltihabını azalttığı ve ağız kokusunu önlediği rapor edilmiştir.
- **Kanal Dolgu Malzemeleri:** Diş hekimliğinde propolis ekstraktlarının kök kanal tedavisinde dolgu malzemesi olarak kullanılabileceği bildirilmektedir (Acun & Gül, 2020).

Propolis, cilt sağlığında hem geleneksel hem de modern tedavi yaklaşımlarında kullanılmaktadır.

- **Yara ve Yanık Tedavisi:** Propolisin topikal uygulaması yara iyileşmesini hızlandırır, epitelizasyonu artırır ve enfeksiyon riskini azaltır.
- **Antifungal Etki:** Ciltteki mantar enfeksiyonlarına karşı krem veya merhem formunda etkilidir.
- **Kozmetik Kullanımlar:** Akne tedavisinde, cilt yenileyici ve nemlendirici ürünlerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Küşümler & Çelebi, 2021).

Sindirim sistemi hastalıklarının tedavisinde propolisin destekleyici rolü giderek daha fazla araştırılmaktadır.

- **Ülser ve Gastrit:** *Helicobacter pylori* üzerine antibakteriyel etki göstererek mide ülserinin iyileşmesine yardımcı olur.
- **Kolon Sağlığı:** Antiinflatuvar özellikleri sayesinde ülseratif kolit ve Crohn hastalığı gibi inflamatuvar bağırsak hastalıklarında olumlu etkiler bildirilmiştir.
- **Karaciğer Koruyuculuğu:** Deneysel çalışmalarda propolisin hepatoprotektif etki göstererek karaciğeri toksinlerden koruduğu ortaya konmuştur (Acun & Gül, 2020).
- **Solunum Yolu Enfeksiyonları:** Propolis ekstraktları, grip, soğuk algınlığı ve bronşit tedavisinde bağışıklık sistemini destekleyici olarak kullanılmaktadır.
- **Astım ve Alerjiler:** Anti-inflatuvar özellikleri nedeniyle astım ataklarının şiddetini azaltıcı etkiler rapor edilmiştir.
- **Üriner Sistem:** Propolis, idrar yolu enfeksiyonlarına neden olan *E. coli* gibi bakterilere karşı etkinlik göstermektedir. Bu nedenle bitkisel takviye formunda üriner sistem sağlığını destekleyici olarak kullanılmaktadır (Yücel ve ark., 2014).

Propolisin böbrekler üzerindeki etkisi son yıllarda dikkat çekmiştir. Antioksidan ve antiinflatuvar özellikleri sayesinde glomerüler hasarı azaltabilir ve kronik böbrek hastalığı riskini düşürebilir. Bazı hayvan modellerinde propolis, nefrotoksik ajanlara karşı koruyucu etki göstermiştir (Kocot et al., 2018).

Böbrek hastalıkları, dünya genelinde giderek artan bir halk sağlığı sorunudur. Kronik böbrek hastalığı (KBH), küresel nüfusun yaklaşık %10'undan fazlasını etkilemekte ve kardiyovasküler mortalite için önemli bir

risk faktörü oluşturmaktadır (Jha et al., 2013). Mevcut tedavi seçenekleri, hastalığın ilerlemesini yavaşlatmaya ve komplikasyonları kontrol etmeye yöneliktir; fakat tam bir iyileştirme sağlayamamaktadır. Bu nedenle, alternatif ve tamamlayıcı yaklaşımlar araştırmacıların dikkatini çekmiştir.

Propolis, arıların bitki reçinelerini balmumu ve enzimlerle işleyerek oluşturduğu kompleks bir ürün olup tarih boyunca halk hekimliğinde yara iyileşmesinden enfeksiyonların tedavisine kadar farklı amaçlarla kullanılmıştır (Bankova et al., 2019). Günümüzde propolisin antioksidan, antiinflamatuvar, antimikrobiyal ve immünmodülatör özellikleri bilimsel olarak da gösterilmektedir. Bu biyolojik etkiler, özellikle oksidatif stres ve inflamasyonun ön planda olduğu böbrek hastalıklarında propolisin potansiyel bir koruyucu veya destekleyici ajan olabileceğini düşündürmektedir (Salami et al., 2024).

Tablo 1. Propolis'in bazı böbrek hastalıkları üzerindeki etkileri

Hastalık	Malzeme	İdare edilen doz	Türler	Etkileri	Referans
Diyabet	Propolis	100, 200, ve 300 mg / kg	Sıçan	-Serum BUN ve kreatinin önemli ölçüde arttı -Ürinary albüm yorumu yeniden düzenlendi	(Yoshida M 2005)
Diyabet	Kafes asit fenethyl ester	10 µM / kg / gün	Sıçan	-Rinyumun neden olduğu renal borsal hasar ve oksidatif stresi olan bir sıçan modelinde geliştirilmiş böbrek fonksiyonu	(Okutan, 2024)
Diyabet	Etanolik ve sulu propolis özleri	1 ml / 100 g	Sıçan	-Azatılmış glikoz, MDA, nitrik oksit, toplam kolesterol, TG ve LDL-C -Dibetik sıçanlarda HDL-C ve SOD	(Valadares B, 2007)
Diyabet	Propolis	Toplam günlük 48.75 mg flavonoid dozu	Fareler İnsan	Sağlıklı kadınlarda ve erkeklerde kanıtlanmış lipit profili, MDA ve SOD aktivitesi	(Abo-Salem 2009)
Diyabet	Chrysin	10 mg / kg / gün	Fareler	-Yüksek glikoz seviyelerine maruz kalan podositlerin apoptozu giderildi -Anti-proteinij etkisi	(Wagh 2013)

Hastalık	Malzeme	İdare edilen doz	Türler	Etkileri	Referans
Diyabet	Brezilya yeşil propolis özü	500 mg / gün	İnsan	-12 aylık tedavi boyunca idrar MCP-1'de progresif azalma	(Granados-Pineda 2018)
Röntgen kanseri	MeOH propolis özü	3.5 µg / ml 8.1 ve 6.7 µg / ml	Hücre hattı Hücre hattı	- <i>Vetto'da</i> insan böbrek hücresi karsinomunun (RCC) çoğalmasını önledi	(Silveira 2019)
Septik akut böbrek hasarı (S-AKI)	Kırmızı propolis	150 mg / kg / gün	Sıçan	-Bölünme hipertansiyonu, proteiniyür, serum kreatinin, makrofaj sızması ve 5/6 renal ablasyon hayvan modelinde renal oksidatif stresi azaltır	(Wang, 2005)
Septik akut böbrek hasarı (S-AKI)	Pinosembrin	10 mg / kg 50 mg / kg	Sıçan Fareler	-Uzatılmış pro-inflamatuvar sitokinler (TNF- α , interlekin-1beta (IL-1 β), kemokinler, indüklenebilir nitrik oksit sentezi (iNOS) ve orta beyiner arter tıkanıklığı olan sıçanlarda aquaporin-4 (MOO) -Bastırılmış NF- κ B ve diyabetik ensefalopati (DE) fare modelinde aşağı düzenlenmiş TNF- α ifadesi	(Araujo, 2012)
Böbrek rahatsızlığı	İran poplar tipi propolis		İnsan	İnflamasyon belirteçlerinde azalma	(Chermut et al., 2023)
Böbrek rahatsızlığı	Brezilya yeşil propolis RCT		İnsan	Proteinüride azalma	(Silveira et al., 2019)
İskemi-reperfüzyon	Propolis			Serum kreatinin azalması, histolojik hasarın azalması	(da Costa et al., 2015)
Gentamisin/kontrast	Propolis			MDA azalması, SOD artışı	(Baykara et al., 2015)
Diyabetik nefropati	Propolis			Proteinüri azalması, glomerüler koruma	(Oršolić et al., 2012)
Kronik böbrek yetmezliği	Propolis			Proteinüri ve hipertansiyon azalması	(Teles et al., 2015)

Propolis genellikle güvenli olarak kabul edilir, ancak bazı kişilerde alerjik reaksiyonlar gözlemlenebilir. Özellikle arı ürünlerine karşı hassasiyeti

olan bireylerde deri döküntüleri, kaşıntı veya astım benzeri reaksiyonlar görülebilir (Bankova, 2005).

Diyabetes mellitus, yükselmiş serum glukozu ve serbest radikal düzeyleri nedeniyle renal glomeruloskleroz ve tübülinterstisyel hasara yol açarak diyabetik nefropati gelişimini tetikleyebilir (). Propolis tedavisi, bu hasarı azaltmada önemli bir rol oynamakta; hem böbrek ağırlığında hem de genel vücut durumunda iyileşme sağlamaktadır. Propolis, güçlü bir serbest radikal temizleyici olarak antioksidan kapasiteyi artırır (Yoshida et al., 2005).

Yapılan bir çalışmada propolisinden izole edilen pinocembrin maddesinin, diyabetik nefropatili sıçanlarda hem önleyici (böbrek hasarı gelişmeden önce) hem de düzeltici (hasar geliştikten sonra) şemalarda etkisi araştırılmıştır. Önleyici tedavi, lipid profilini ve glomerüler filtrasyon oranını iyileştirirken oksidatif stresi azaltmış; ancak düzeltici etkisi sınırlı kalmıştır. Bu bulgular, pinocembrin'in böbrek hasarı gelişmeden önce koruyucu etki gösterdiğini ortaya koymaktadır. Malezya propolisi üzerine yapılan bir başka çalışmada, propolis uygulaması diyabetik sıçanlarda antioksidan enzim aktivitesini artırmış, serum kreatinin, üre, ürik asit ve laktat dehidrojenaz (LDH) düzeylerini düşürmüştür. Ayrıca toplam antioksidan kapasiteyi yükselterek böbrek fonksiyonlarını iyileştirmiştir (Nna et al., 2021).

Klinik düzeyde, 2007 yılında yapılan bir araştırmada, propolis uygulamasının sağlıklı bireylerde lipid profilini, MDA düzeyini ve SOD aktivitesini iyileştirdiği rapor edilmiştir (Luan et al., 2000).

Monosit kemotaktik protein-1 (MCP-1), böbrek iltihaplanması ve kronik böbrek hastalığı (CKD) ilerlemesiyle ilişkilidir (Nadkarni et al., 2016). Propolis tedavisi, 12 ay süresince idrar MCP-1 düzeylerini azaltmış ve bu yolla proteinürinin hafifletilmesine katkıda bulunmuştur (Silveira et al., 2019).

Kronik böbrek hastalığının (CKD) ilerlemesinde oksidatif stres önemli bir rol oynar. Propolisin hayvan modellerinde böbrek koruyucu etkiler ortaya koyduğu birçok çalışmada doğrulanmıştır. Böbrek dokusu üzerinde de hücresel bütünlüğü koruyucu etkiler göstermektedir. Bhadauria (2012), karbon tetraklorür (CCl₄) ile hasar oluşturulan sıçan böbrek dokusunda propolis tedavisinin glomerüler yapıyı koruduğunu ve doku şişmesini azalttığını bildirmiştir. Benzer şekilde, diyabetik sıçanlarda propolis uygulaması, glomerüler bazal membran kalınlaşmasını önlemiştir (Abo-Salem et al., 2009). Moleküler düzeyde propolis, apoptozu azaltarak böbrek hücrelerini korur. CCl₄

ile hasar gören böbreklerde caspase-9 ekspresyonunu baskımlarken, antiapoptotik Bcl-2 geninin aktivitesini artırır. Metotreksat ile indüklenen nefrotoksisite modellerinde de propolis, apoptozu ve morfolojik bozulmayı azaltmıştır (Bhadauria, 2012).

Ayrıca propolis, gentamisin kaynaklı nefrotoksisiteyi azaltarak tübüler hasar, kolajen birikimi ve apoptozu önlemiştir. Serum üre ve kreatinin seviyeleri propolis tedavisiyle belirgin biçimde düşerken, renal oksidatif stres de azalmıştır. Propolis, iskemik-reperfüzyon kaynaklı akut böbrek hasarı modellerinde de endotel fonksiyonunu koruyarak doku nekrozunu azaltmış ve nitrik oksit sentezini artırmıştır (Ozyurt et al., 2001).

Propolisin TGF- β /SMAD sinyal yolu üzerindeki düzenleyici etkisi, böbrek fibrozisinin ilerlemesini sınırlamaktadır. Bu mekanizma, proinflatuar genlerin (ör. IL-1 β , VEGFA, ICAM1, MAPK1) aşağı regülasyonu ve antioksidan genlerin yukarı regülasyonu ile desteklenmektedir (Chang et al., 2020). Ayrıca propolis, CXCL9 ve CXCL10 gibi kemokinlerin ekspresyonunu baskılayarak immün hücre infiltrasyonunu azaltır.

Klinik düzeyde, Silveira ve arkadaşlarının (2019) kronik böbrek hastalarında yürüttüğü randomize, çift kör, plasebo kontrollü araştırmada, 500 mg/gün propolis özütü uygulamasının proteinüriyi ve idrar MCP-1 düzeylerini anlamlı biçimde azalttığı bildirilmiştir. Aynı çalışmada propolisin hs-CRP seviyelerini düşürdüğü ve hemodiyaliz hastalarında güvenle kullanılabileceği belirtilmiştir. Cisplatin kaynaklı nefrotoksisite modellerinde propolis, katalaz ve glutatyon düzeylerini normale döndürmüş; oksidatif stres belirteçlerini azaltmıştır (Kumar et al., 2016). Streptozotosin ile diyabet oluşturulan sıçanlarda da plazma glukoz düzeylerinin düşürüldüğü saptanmıştır (Nna et al., 2021).

Propolis, 300'den fazla biyolojik aktif bileşen içeren karmaşık bir doğal ürün olup, CAPE, galangin, chrysin, cardanol, pinocembrin, ferulik asit, naringenin ve quercetin gibi fitokimyasallar sayesinde apoptoz, oksidatif stres ve inflamasyon mekanizmaları üzerinde çok yönlü etkilere sahiptir. Bu nedenle propolis, diyabet, böbrek hastalıkları ve kanser gibi çok sayıda kronik hastalıkta destekleyici bir tedavi seçeneği olarak öne çıkmaktadır. Ancak, etkinliğin bileşenlerin saflığına, türüne ve dozajına bağlı olduğu göz önüne alındığında, moleküler düzeyde etkileşimlerinin daha ayrıntılı biçimde araştırılması gerekmektedir.

Dozaj, kullanılan propolis formuna (sıvı ekstrakt, kapsül, macun) ve bireyin sağlık durumuna göre değişiklik gösterir. Çoğu klinik çalışmada günlük 500–1000 mg propolisin güvenli ve etkili olduğu bildirilmiştir. Hamile ve emziren kadınlar için propolis kullanımı sınırlı olduğundan doktor kontrolünde önerilmektedir.

2. SONUÇ

Propolis biyolojik olarak, aktif bileşikler içeren doğal bir ürün olarak, sağlık, gıda ve kozmetik alanlarında önemli potansiyel taşımaktadır. Yapılan çalışmalar, propolisin antioksidan, antimikrobiyal ve antienflamatuvar özellikleri sayesinde hücresel düzeyde koruyucu etkiler sağladığını ortaya koymaktadır. Bu özellikler, kronik hastalıkların yönetimi, bağışıklık sistemi desteği ve yara iyileşmesi gibi alanlarda propolisin kullanımını desteklemektedir.

Propolisin kimyasal bileşimi, coğrafi köken, bitki kaynakları ve mevsimsel değişimlere bağlı olarak farklılık göstermektedir. Bu nedenle, propolisin farmasötik ve fonksiyonel gıda ürünlerinde güvenli ve etkili bir şekilde kullanılabilmesi için standardizasyon ve kalite kontrolü kritik öneme sahiptir. Mevcut veriler, düşük ve orta dozlarda propolis kullanımının genel olarak güvenli olduğunu göstermektedir; ancak alerjik bireyler, çocuklar ve hamileler özel dikkat gerektirmektedir.

Sektörel açıdan propolis, fonksiyonel gıdalarda doğal katkı maddesi, kozmetikte cilt bakım ve yara iyileştirici ürünlerde değerli bir bileşen ve farmasötik ürünlerde potansiyel terapötik ajan olarak kullanılmaktadır. Gelecekte propolisin etkisini artırmak amacıyla biyoyararlanımı yüksek formülasyonların geliştirilmesi, klinik çalışmaların yaygınlaştırılması ve tüketici farkındalığının artırılması önerilmektedir.

Bunun yanı sıra, propolisin sürdürülebilir ve çevre dostu üretim yöntemleriyle temin edilmesi, hem ekosistem dengesi hem de ürün kalitesi açısından önem taşımaktadır. Biyoteknolojik yaklaşımlar sayesinde, propolis bileşenlerinin optimize edilmesi ve hedefe yönelik terapötik ürünlerin geliştirilmesi, gelecekte bu doğal ürünün potansiyelini daha etkin bir şekilde kullanmayı mümkün kılacaktır.

Sonuç olarak, propolis hem güncel araştırmalarda hem de gelecekteki uygulamalarda sağlık, gıda ve kozmetik alanlarında değerli bir kaynak olarak öne çıkmaktadır. Ancak, bu potansiyelin etkin ve güvenli şekilde

değerlendirilmesi için araştırmaların derinleştirilmesi, standardizasyon çalışmalarının artırılması ve tüketici bilincinin yükseltilmesi gerekmektedir.

Propolis, zengin kimyasal bileşimi ve çok yönlü biyolojik etkileri ile hem geleneksel hem modern tıpta önemli bir doğal maddedir. Antioksidan, antiinflamatuar, antibakteriyel, antiviral ve immünomodülatör etkileri, propolisi çeşitli sağlık durumlarında potansiyel bir yardımcı olarak öne çıkarmaktadır.

Gelecekte yapılacak propolis araştırmalarının odaklanması gereken alanlar:

- İnsan klinik çalışmaları ile dozaj ve güvenlik profillerinin belirlenmesi
- Propolisin kanser, böbrek ve karaciğer hastalıklarındaki terapötik etkilerinin doğrulanması
- Propolisin biyoyararlanımı ve farmakokinetik özelliklerinin incelenmesi
- Farklı bitki kaynaklı propolis türlerinin biyolojik etkilerinin karşılaştırılması

propolis, doğal bir ürün olarak geniş bir terapötik potansiyele sahiptir; ancak modern tıp uygulamalarında güvenli ve etkili bir şekilde kullanılabilmesi için daha sistematik ve kontrollü araştırmalara ihtiyaç vardır.

3. KAYNAKÇA

- Abo-Salem, O. M., El-Edel, R. H., Harisa, G., El-Halawany, N., & Ghonaim, M. M. (2009). *Experimental diabetic nephropathy can be prevented by propolis: Effect on metabolic disturbances and renal oxidative parameters. Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 22(2), 205–210.
- Acun, S., & Gül, H. (2020). Fonksiyonel bir ürün olan propolisin sağlık üzerine etkisi. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 20(2), 189–208. <https://doi.org/10.31467/uluaricilik.770477>
- Araujo, M. A., Libério, S. A., Guerra, R. N., Ribeiro, M. N. S., & Nascimento, F. R. (2012). *Mechanisms of action underlying the anti-inflammatory and immunomodulatory effects of propolis: A brief review. Revista Brasileira de Farmacognosia*, 22(2), 208–219.
- Bankova, V. (2005). Chemical diversity of propolis and the problem of standardization. *Journal of Ethnopharmacology*, 100(1-2), 114–117.
- Bankova, V. (2005). Recent trends and important developments in propolis research. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2(1), 29–32. <https://doi.org/10.1093/ecam/neh059>
- Bankova, V., Popova, M., & Trusheva, B. (2014). Propolis: Chemical diversity and biological activity. *Advances in Phytomedicine*, 1, 67–78.
- Bhadauria, M. (2012). *Propolis prevents hepatorenal injury induced by chronic exposure to carbon tetrachloride. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2012, Article 235358. <https://doi.org/10.1155/2012/235358>
- Banskota, A. H., Tezuka, Y., & Kadota, S. (2001). Recent progress in pharmacological research of propolis. *Phytotherapy Research*, 15(7), 561–571.
- Baykara, M., et al. (2015). Propolis prevents contrast medium-induced nephropathy in rats. *Diagnostic and Interventional Radiology*, 21(4), 317–321.
- Chang J-F, Hsieh C-Y, Lu K-C, Chen Y-W, Liang S-S, Lin C-C, et al. Therapeutic targeting of aristolochic acid induced uremic toxin retention, SMAD 2/3 and JNK/ERK pathways in tubulointerstitial fibrosis: Nephroprotective role of propolis in chronic kidney disease. *Toxins*. 2020;12 doi: 10.3390/toxins12060364.

- Chermut, T. R., et al. (2023). Effects of propolis supplementation on inflammation in chronic kidney disease patients. *Journal of Renal Nutrition*, 33(1), 45–53.
- da Costa, M. F. B., et al. (2015). Red propolis ameliorates ischemic-reperfusion acute renal failure in rats. *Journal of Medicinal Food*, 18(2), 195–202.
- Granados-Pineda, J., Uribe-Uribe, N., García-López, P., Ramos-Godínez, M. D. P., Rivero-Cruz, J. F., & Pérez-Rojas, J. M. (2018). *Effect of pinocembrin isolated from Mexican brown propolis on diabetic nephropathy. Molecules*, 23(4), 852. <https://doi.org/10.3390/molecules23040852>
- Ghisalberti, E. L. (1979). Propolis: A review. *Bee World*, 60(2), 59–84.
- Kocot, J., Kiełczykowska, M., Luchowska-Kocot, D., Musik, I., & Kurzepa, J. (2018). Antioxidant potential of propolis, bee pollen, and royal jelly: Possible medical application. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2018, 7074209.
- Koo, H., Rosalen, P. L., Cury, J. A., Park, Y. K., & Bowen, W. H. (2000). Effects of compounds found in propolis on *Streptococcus mutans* growth and on glucosyltransferase activity. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 44(3), 741–746.
- Kubec, R., Muselík, J., & Velíšek, J. (2002). Anti-inflammatory effects of propolis. *Fitoterapia*, 73(6), 494–500.
- Küşümler, A. S., & Çelebi, A. (2021). Propolis ve sağlık üzerine etkileri. *Akademik Gıda*, 19(1), 89–97. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.927709>
- Luan J, Wang N, Tian L. Study on the pharmacologic effect of propolis. *Zhong Yao Cai*. 2000;23:346–348.
- Marcucci, M. C. (1995). Propolis: Chemical composition, biological properties and therapeutic activity. *Apidologie*, 26(2), 83–99.
- Mishima, S., Yoshida, C., Akino, S., & Sakamoto, T. (2005). Antihypertensive effects of Brazilian propolis: Identification of caffeoylquinic acids as constituents involved in the hypotension in spontaneously hypertensive rats. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 28(10), 1909–1914.
- Nna, V. U., Abu Bakar, A. B., Zakaria, Z., Othman, Z. A., Jalil, N. A. C., & Mohamed, M. (2021). *Malaysian propolis and metformin synergistically mitigate kidney oxidative stress and inflammation in streptozotocin-*

- induced diabetic rats. Molecules*, 26(11), 3441. <https://doi.org/10.3390/molecules26113441> Okutan, H., Ozcelik, N., Yilmaz, H. R., & Uz, E. (2005). *Effects of caffeic acid phenethyl ester on lipid peroxidation and antioxidant enzymes in diabetic rat heart. Clinical Biochemistry*, 38(2), 191–196. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2004.10.003>
- Orsi, R. O. (2000). Biological and pharmacological activities of propolis. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, 10(2), 85–92.
- Orsolić, N. (2006). Immunomodulation by water-soluble derivative of propolis: The effect on tumor growth. *Journal of Ethnopharmacology*, 105(1-2), 132–137.
- Oršolić, N., et al. (2012). The effect of Croatian propolis on diabetic nephropathy in mice. *Phytomedicine*, 19(1), 36–42.
- Ozyurt H, Irmak MK, Akyol O, Söğüt S. (2001) Caffeic acid phenethyl ester changes the indices of oxidative stress in serum of rats with renal ischaemia-reperfusion injury. *Cell Biochem Funct.*;19:259–263. doi: 10.1002/cbf.923.
- Salami, F., et al. (2024). Propolis and its therapeutic effects on renal diseases: A review. *Journal of Complementary Medicine Research*, 13(2), 45–60.
- Sallam, S. M., Ghanem, H. M., & Abd El-Tawab, S. (2015). Protective effect of propolis on liver injury. *Journal of Food and Drug Analysis*, 23(3), 542–548.
- Sforcin, J. M. (2007). Propolis and the immune system: A review. *Journal of Ethnopharmacology*, 113(1), 1–14.
- Sforcin, J. M., & Bankova, V. (2011). Propolis: Is there a potential for the development of new drugs? *Journal of Ethnopharmacology*, 133(2), 253–260.
- Shahzad, M., Ahmed, S., Saeed, M., & Qamar, M. (2016). Effect of propolis on glycemic control in type 2 diabetes: A systematic review. *Journal of Diabetes & Metabolic Disorders*, 15(1), 65.
- Silveira, M. A. D., et al. (2019). Effects of Brazilian green propolis on proteinuria and renal function in chronic kidney disease: A randomized clinical trial. *BMC Nephrology*, 20(1), 140.
- Teles, F., et al. (2015). Brazilian red propolis attenuates hypertension and renal injury in rats. *PLoS One*, 10(8), e0136761.

- Wagh, V. D. (2013). *Propolis: A wonder bees product and its pharmacological potentials*. *Advances in Pharmacological Sciences*, 2013, Article 308249. <https://doi.org/10.1155/2013/308249>
- Wang, D., Xiang, D.-B., He, Y.-J., Li, Z.-P., Wu, X.-H., Mou, J.-H., et al. (2005). *Effect of caffeic acid phenethyl ester on proliferation and apoptosis of colorectal cancer cells in vitro*. *World Journal of Gastrointestinal Endoscopy*, 11(26), 4008. <https://doi.org/10.3748/wjg.v11.i26.4008>
- Valadares, B., Graf, U., & Spanó, M. (2008). *Inhibitory effects of water extract of propolis on doxorubicin-induced somatic mutation and recombination in Drosophila melanogaster*. *Food and Chemical Toxicology*, 46(3), 1103–1110.
- Yoshida, M., Kimura, H., Kyuki, K., & Ito, M. (2005). *Effect of combined vitamin E and insulin administration on renal damage in diabetic rats fed a high cholesterol diet*. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 28(11), 2080–2086. <https://doi.org/10.1248/bpb.28.2080>
- Yücel, B., Topal, E., Akçiçek, E., & Kösoğlu, M. (2014). Propolisin insan sağlığına etkileri. *Anadolu Journal of AARI*, 24(2), 41–49.

BÖLÜM 2

BALIN BİLEŞİMİ, KALİTE KRİTERLERİ VE TAĞŞIŞ:

GENEL BİR BAKIŞ

Dr. Öğr. Üyesi Semiramis KARLIDAĞ¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17391776>

¹ ¹Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Battalgazi Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Malatya, Türkiye. E-mail: semiramis.karlidag@ozal.edu.tr
<https://orcid.org/0000-0002-9637-2479>

GİRİŞ

Bal, bal arıları (*Apis mellifera* L.) tarafından çiçeklerin nektarından oluşturulan veya bitkilerin canlı kısımlarının salgılarından veya bitkilerin canlı kısımları üzerindeki bitki emici böceklerin sindirimlerinden elde edilen ve petek gözlerine depolanan doğal tatlı bir arı ürünüdür (Özcan ve Ölmez, 2014; Bobis vd., 2020; Chen vd., 2019; Keskin vd., 2020; Xie vd., 2022).

Balın bileşimi nektar kaynağı, flora, iklimsel özellikler, hasat zamanı ve şekli gibi çeşitli faktörlere göre değişiklik gösterir (Keskin vd., 2020; Özcan ve Ölmez, 2014; Bobis vd., 2020). Balın kaynağı olan bitkinin orijinine bağlı olarak balın bileşimi de değişebilmektedir (Çiftçi ve Parlat, 2018).

Bal arıları balı oluşturmak için nektar sağladıkları bitki kaynakları dikkate alınarak balın sınıflandırılması yapılır. Bu amaçla bal; çiçek ve salgı balı olarak iki genel gruba ayrılır (Özenirler vd., 2019). Bal, tek bir nektar kaynağından yapılan bal olarak tanımlanan monofloral bal ve farklı nektarların karışımından yapılan bal olarak tanımlanan multifloral bal olmak üzere iki ana gruba ayrılabilir (Chen vd., 2019).

Balların renk, tat ve bileşim bakımından birbirlerinden farklılık göstermeleri elde edildiği nektar kaynağından ortaya çıkmaktadır (Karadal ve Yıldırım, 2012). Balın kuru maddesinin büyük çoğunluğu genellikle şekerlerden (% 95) meydana gelmektedir. Esasen bal, özellikle başlıca şekerler olan fruktoz (%38) ve glukozun (%31) bir karışımıdır (Alghamdi vd., 2020; Bobis vd., 2020).

Bal kompleks yapıya sahip bir gıda maddesidir (Xie vd., 2022). Karbonhidratlar balda beslenme ve sağlık yönünden önemli bir yere sahiptir. Balın bileşiminde başlıca monosakkaritler olan glukoz ve fruktoz yanında 25 farklı oligosakkaritte bulunmaktadır (Karadal ve Yıldırım, 2012). Ayrıca balın bileşiminde enzimler, amino asitler, mineraller, iz elementler, proteinler, vitaminler, aroma bileşenleri ve polifenol gibi maddeler de düşük miktarlarda yer almaktadır. Bu maddelerin varlığı bala şifalı fonksiyonel bir gıda özelliği kazandırmaktadır (Karadal ve Yıldırım, 2012; Xie vd., 2022). Aynı zamanda bal antioksidan aktivite gibi tıbbi değeri yüksek olan özellikleri de sağlar (Xie vd., 2022). Diğer taraftan, balın antimikrobiyal, antiviral, antiparaziter, antiinflamatuvar, antioksidan, antitümör özellikleri de yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır (Karadal ve Yıldırım, 2012).

Taksonlardan elde edilen polen taneleri ile çiçeğin nektar içeriğinde bulunan polen taneleri arasında az veya çok ilişki bulunmaktadır (Terrab vd., 2002). Türkiye'nin farklı bölgelerinde bitki florasına göre farklı ballar elde edilmektedir. Özellikle Çam balı (Muğla'da), narenciye balı (Akdeniz'de), kestane balı (Karadeniz'de) gibi bazı monofloral ballar ile tüm bölgelerde üretilen çeşitli multifloral çiçek balları bulunmaktadır (Özcan ve Ölmez, 2014).

Bitki kaynağına göre çiçek balları multifloral veya çok çiçekli ve monofloral veya tek çiçekli olarak sınıflandırılır. Multifloral bal çeşitli bitki kaynaklarından elde edilirken, monofloral ballar esas olarak yoğun olarak bir tür çiçeğin nektarından elde edilir ve polenin kaynağı bitkiye göre adlandırılır. Piyasada en çok bulunan çiçek balları çok çiçekli ballardır. Bununla birlikte, monofloral ballar, üretildikleri bitkilerin özelliklerini taşıma olasılığı nedeniyle tüketicilerin dikkatini çekmektedir. Aslında, birçok bitkinin tıbbi özelliklerinin bal yoluyla aktarılabilmesi ve bal söz konusu özelliklerin taşınması için bir araç haline geldiği öne sürülmüştür. Bu anlamda, monofloral gibi alışılmadık bal türlerine olan ilgi, bu türün farklılaşmış besinsel, duyuşsal ve olası terapötik özellikleri nedeniyle son zamanlarda artmıştır (Bobis vd., 2020).

Balda Kalite Kriterleri ve Tağşiş

Son yıllarda iklim değişkenliğine bağlı olarak nektar akımının kurak geçtiği dönemlerde arıcılar tarafından bal üretim sezonunda kolonilere mısır şurubu, şeker kamışı, şeker pancarı gibi farklı şuruplarla besleme yapılarak tağşişli bal üretilmektedir (Karlıdağ ve Solak-amet, 2025; Zábrowská ve Vorlová, 2014).

Kolonilerde ana arıyı yumurtlamaya teşvik etmek ve koloni arı mevcudunu artırmak için ilkbahar aylarında kolonilere uygun miktarlarda şurupla besleme yapılmaktadır. Diğer taraftan, bal hasadından sonra kolonileri kışa hazırlamak amacıyla kısa süreli besleme yapmak teknik olarak önerilen bir uygulamadır (Belli, 2019).

Küresel olarak bal, özgünlüğü ve saflığıyla ilişkili olarak yüksek ekonomik değere sahip doğal fonksiyonel gıda olarak tüketilmektedir (Brar vd., 2023). Ulusal ve uluslararası kanun ve yönetmeliklere göre; bala dışarıdan herhangi bir madde eklenmemeli ya da balı oluşturan bileşenlerden biri çıkarılmamalıdır (Karadal ve Yıldırım, 2012). Bala olan yüksek talep nedeniyle, düşük kaliteli veya düşük fiyatlı bal şuruplarıyla gıda sahteciliği

yapılmış ve bal pazarını etkilemiştir (Brar vd., 2023). Kolonilere nektar akımı döneminde besleme yapılması doğru değildir. Tağşiş; gıda maddelerinin mevzuata veya izin verilen özelliklerine aykırı olarak üretilmesi hali olarak tanımlanmaktadır. Taklit; gıda maddesinin kendisinde olmayan özelliklere sahip gibi gösterilmesidir. Dünyadaki araştırmalarda, balda yapılan taklit veya tağşişi tespit etmek ve balın özgünlüğünü korumak için ileri teknolojiler geliştirilmiştir. Nitekim, tağşiş veya taklit bal üretimi hem tüketiciler hem de saf bal üreticileri için bir haksızlıktır (Karlıdağ ve Solak-amet, 2025; Záborská ve Vorlová 2014; Çiftçi ve Parlat, 2018; Lozano-Torres vd., 2022; Brar vd., 2023). Bal tağşişi ve takliti konusu güncelliğini korumaktadır. Çünkü her geçen gün sahtecilik yöntemleri sürekli olarak geliştirilmektedir ve balın kalite parametreleri incelenirken ballardaki sahtecilik her zaman kolay tespit edilememektedir (Záborská ve Vorlová, 2014).

Koloniler geçmiş zamanlarda fruktozlu mısır şurubu ve şeker kamışı şurubu (Simsek vd., 2012) gibi maddelerle besleniyordu. Ancak günümüzde ise invert şurup veya mısır nişastasından elde edilen fruktoz ve glukoz şuruplarıyla besleme yaygınlaşmıştır. Diğer taraftan, hasat edilen bal miktarını artırmak ve maliyetini azaltmak için bala, endüstriyel, fiyatı düşük, tadı ve akışkanlığı bala benzer olan mısır şurupları ilave edilerek taklit bal piyasaya sürülmektedir (Belli, 2019).

Şeker şurubu ile beslenen kolonilerden elde edilen balların sakkaroz varlığı saf bala göre daha yüksektir ve balın rengi açık ve tadı daha az yoğundur. Tüketicilerin bu hileleri tespit etmesi mümkün değildir. Çünkü bala yapılan hileleri balın rengine, kokusuna ve tadına bakarak tespit etmek hiç kolay değildir. Hileleri tespit etmek için laboratuvar çalışmalarının yapılması ve uzmanlarca değerlendirilmesi gerekir. Laboratuvarda yapılan analizlerde; polen analizi, prolin miktarı, balın şeker kompozisyonu ve balın $\delta^{13}\text{C}$ değerleri farkı ve bu değerlerden hesaplanan % C4 şeker oranı gibi parametreler incelenmektedir (Belli, 2019). $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ izotop oranı, ‰ biriminde $\delta^{13}\text{C}$ olarak ifade edilir ve bu, dahili bir standart olan Vienna Pee Dee'den sapmayı temsil etmektedir (Simsek vd., 2012). Ayrıca balın su muhtevası, kül ile asitlik miktarı ve iletkenlik gibi kriterlerde balda kalite parametresi olarak değerlendirilen kimyasal faktörlerdir (Güzel ve Savaş Bahçeci, 2020). Balın saflığını araştırmada karbon izotop (C^{13}) ve C4 şeker oranı analizi de kullanılmaktadır.

Bu analizlerle doğada az bulunan C13 izotopu ile fazla olan C12 izotopu arasındaki oran belirlenmektedir (Belli, 2019).

Bal piyasasında Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği (2020/7) mevzuatı uygulanmaktadır (Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, 2020). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği oranları Tablo 1’de özetlenmiştir. Türk Gıda Kodeksi (2020/7)’ye göre çiçek balında şu standart değerler olmalıdır; sakkaroz en fazla 5g/100g, nem en fazla %20, fruktoz/glukoz 0.9-1.85, fruktoz+glukoz en az 60g/100g, asitlik 50 meq/kg, iletkenlik en fazla 0.8 mS/cm, diastaz en az 8, HMF en fazla 40 mg/kg, C13/C4 şekeri en fazla %7, prolin en az 300 mg/kg, naftalin miktarı en fazla 10 ppb.

Baldaki taşışın belirlenmesi, farklı bal tiplerinin doğal içeriklerinin ayrıntılı olarak bilinmesine bağlıdır. Bu nedenle, balın hangi bitkisel kaynaktan elde edildiğini belirlemek için polen analizleri yapılmaktadır. Gerçekçiliği ise kimyasal analizler yapılarak özellikleri belirlenmektedir. Balın kalite değerlendirmelerinde esas alınan sınır değerler, standart tanımlamalar ve kalite parametreleri ise Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği’nde yer alan Bal Tebliği’ndeki kriterlere dayandırılmaktadır (Çiftçi ve Parlat, 2018).

Balda taşışın monofloral balları etkileme eğilimi daha yüksektir. Çünkü bunların piyasadaki yüksek fiyatı daha büyük bir kar marjı oluşturmaktadır. Tüketiciler, funda balındaki antioksidan aktivite veya narenciye balı gibi spesifik duyuşal farklar gibi atfedilen tedavi edici özelliklere sahip monofloral bal için daha fazla ödeme yapmaktadır (Lozano-Torres vd., 2022).

Fotosentetik döngülerdeki C⁴ ve C³ bitkilerinin karbon izotop oranları farklı olduğundan, arılar nektarlarını dikotiledon çiçekli bitkilerden topladıklarından doğal bir balın C3 bitkilerinin karakteristik özelliklerine sahip olması beklenir. Arılar tarafından bala taşınan izotop oranı sahte bal tespiti için resmi bir yöntem olarak kabul edilen izotop oranı kütle spektrometrisi (IRMS) ile belirlenebilmektedir (Simsek vd., 2012).

Tablo 1. Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği Oranları (2020/7)

Nem, %	≤ 20	Serbest Asitlik, meq/kg	≤ 50 meq/kg	Sakkaroz, %	≤ 5	Früktöz+Glukoz, %	≥ 60	Früktöz/ Glukoz	Çiçek balı için 0.9- 1.4 Kestane balı için 1-1.85	Elektrik İletkenliği, mS/cm	Çiçek balı için ≤ 0.8 mS/cm Kestane balı için 0.8 mS/cm ≤	Diafraz Sayısı, dn	≤ 8	HMF, mg/kg	≤ 40 mg/kg	Bal δ ¹³ C değeri (δ ¹³ C _{bal})	-23 ve daha negatif	C13 Fark	-1.0 veya daha pozitif	C4, %	≤ 7
--------	------	-------------------------	-------------	-------------	-----	-------------------	------	-----------------	--	-----------------------------	--	--------------------	-----	------------	------------	--	---------------------	----------	------------------------	-------	-----

Doğada yaklaşık 1–99 olan $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ izotopik oranı ($\delta^{13}\text{C}$), bitkiler tarafından CO_2 kullanımı ve fiksasyonu ile ilgili fotosentetik döngüleri yansıtır. Atmosferik CO_2 'nin ribuloz-1-5-difosfat aracılığıyla döngüye girdiği ve altı karbonlu bir ara madde oluşturduğu Calvin ve Benson döngüsü (C3) gibi farklı fotosentetik döngüler vardır. Hızla ribuloz-1,5-difosfat karboksilaz tarafından karbonhidrata dönüştürülen iki 3-fosfoglisarat molekülüne parçalanır. İkinci Hatch-Slack döngüsünde (C4), atmosferik CO_2 , fosfoenolpiruvat aracılığıyla döngüye girerek oksalik asit oluşturur ve bu daha sonra malik ve aspartik asitlere dönüştürülür. Ayrıca, Crassulacean Asit Metabolizması olan bitkiler hem C3 hem de C4 döngülerini gerçekleştirir. C3 ve C4'ün $\delta^{13}\text{C}$ oranları sırasıyla -23'ten -28‰'e ve -9'dan -15‰'e değişir. Bunlar IRMS ölçümleri için önemli verilerdir ve fotosentez sırasında C4 bitkileri tarafından $^{13}\text{CO}_2$ emiliminin C3 bitkilerine göre nispeten daha fazla olduğunu gösterir. Örneğin, bir C4 bitkisi olan şeker kamışının $\delta^{13}\text{C}$ 'si yaklaşık -11.5‰ iken, şeker pancarının $\delta^{13}\text{C}$ 'si yaklaşık -25.5‰'dir. Arılar balı esas olarak C3 bitkilerinden ürettikleri için, $\delta^{13}\text{C}$ -23.5‰'den daha az negatif olan bal örnekleri şüpheli olabilir. Bir bal örneğinin kararlı karbon izotop oranları ($\delta^{13}\text{C}$ ‰) ile protein fraksiyonu arasındaki farkın 1‰'den fazla olmaması gerektiği konusunda genel bir fikir birliği vardır. Bu tekniği uygulayarak, yapay tatlandırıcı içeren bir bal örneğinin tağşiş yüzdesi belirlenebilir (Simsek vd., 2012).

Bal Tebliğinde balın paketlenmesi ve etiketlenmesi hakkında kurallar bildirilmektedir. Balın tipi ve orijini etikette yazılmaktadır. Polen analizi yapılan balların etiketinde bitki orijini belirtilmektedir. Balın ihtiva ettiği nem miktarının en fazla %20 olması gerekmektedir (Özenirler vd., 2019).

En çok tağşiş yapılan gıdalardan birisi baldır. Balda en çok görülen tağşiş şekli ise bala şeker katılmasıdır. Bala en yaygın katılan şekerler fruktoz ve glukozdur. Saf baldan ekstrakte edilen proteinin $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ($\delta^{13}\text{C}$) standart değeri, test edilen balın $\delta^{13}\text{C}$ değeri ile karşılaştırılarak karbon izotop oranı belirlenir. Saf bala mısır ve şeker kamışı maddeleri katılması halinde balın karbon izotop oranını değiştirir. Fakat proteinin karbon izotop oranı değişmeden kalır. Bal arıları, topladıkları nektara enzimler katarak balın olgunlaşmasını sağladıkları için saf balın izotop oranı ile proteinlerinin izotop oranı sabit kalmaktadır. Bu yüzden de balın karbon izotop oranı ve ekstrakte edilen proteinin karbon izotop oranı, minimum düzeydeki tağşişin bile tespitini mümkün kılmaktadır (Ferek, 2016).

Baldaki kamış şekeri veya mısır bazlı şeker ilavesinin belirlenmesi için en çok kullanılan metot $\delta^{13}\text{C}$ analizidir. Bu metot ilk defa 1978 yılında çalışılmıştır (Çiftçi ve Parlat, 2018). Bal ve proteinin $\delta^{13}\text{C}$ değerinin, bal sahteciliğini tespit etmek için kararlı karbon izotop oranı analizi (SCIRA) ile belirlenebileceği bildirilmiştir. Ayrıca, bal taşıyış ve takliti çalışmalarında balın bitki kaynağı da önemli bir konudur ve çeşitli coğrafi kökenlere sahip ballar arasındaki farklar, karbon ve nitrojenin kararlı izotoplarının parmak izleri aracılığıyla belirlenebilir. Başka bir metot, kararlı karbon ve nitrojen izotop oranlarıyla birlikte toplam yansıma X-ışını floresan spektrometrisi (TXRF) yoluyla element içeriğini tespit etmektir (Chen vd., 2019).

Taşıyışlı balın tespiti için kullanılan maddelerin kaynağı olan bitkiler, karbon metabolizmalarına göre C3 veya C4 bitkileri olarak sınıflandırılabilir. C3 bitkileri, Calvin (C3) halkasını kullanarak atmosferik CO_2 'i sabitler ve Hatch-Slack (C4) halkasını kullanarak CO_2 'yi sabitleyen C4 bitkilerinden daha düşük bir $\delta^{13}\text{C}$ oranına sahip olmaktadır (Záborská ve Vorlová, 2014). C4 bitkileri C3 bitkilerinden daha fazla CO_2 harcamaktadır. Balın taklit veya taşıyış bal olup olmadığı, bal ve proteinin arasındaki karbon izotop farkı ile belirlenebilmektedir. İzotop atomlar proton ve elektron sayıları aynı nötron sayıları farklı olan atomlardır. Karbonun ^{13}C ve ^{12}C olarak iki tane izotopu mevcuttur. Bitkinin dahil olduğu fotosentez grubu, bitkilerde ve besin maddelerinde C izotop dağılımını belirleyen en önemli bir parametredir. Bitkilerden şeker pancarı, buğday, arpa, pamuk, yonca, korunga, elma ve üzüm C3; Şeker kamışı, mısır, sorgum, sudan otu ve darı C4, kaktüs ve ananas da CAM (Crassulacean Asit Metabolizması) bitkilerini temsil etmektedir (Ferek, 2016).

Bontempo vd., (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, İtalya'nın çeşitli ballarının karbon izotop oranları incelenmiştir. Çalışmada $\delta^{13}\text{C}$ bal değerleri akasya ‰ (-24.1), kestane ‰ (-25.2), narenciye ‰ (-24.3), okaliptüs ‰ (-24.4), salgı ‰ (-25.3), ormangülü ‰ (-24.5) ve multifloral balda ‰ (-25.3) olup, $\delta^{13}\text{C}$ protein değerleri ise akasya ‰ (-23.9), kestane ‰ (-24.8), narenciye ‰ (-24.7), okaliptüs ‰ (-24.2), salgı ‰ (-24.6), ormangülü ‰ (-23.8) ve multifloral balda ‰ (-24.7) olduğu bulunmuştur. Başka bir çalışmada (Simsek vd., 2012) Kocaeli ve İstanbul ilindeki yerel pazarlardan temin edilen 43 farklı ticari bal örneği incelenmiştir. Örneklerin EA-IRMS (izotop oranı kütle spektrometrisi) ile

yapılan $\delta^{13}\text{C}$ oranı ölçümleri analizi sonucunda, 43 bal örneğinden 10'unun (%23) sahte olduğu tespit edilmiştir. Bal örneklerinin $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin -23.91 ± 0.35 ile $-27.58 \pm 0.41\%$ arasında olduğu, proteinlerin karbon izotop oranlarının ise -24.57 ± 0.34 ile $-26.76 \pm 0.37\%$ arasında olduğu bulunmuştur.

Bir çalışmada (Elflein ve Ræzke, 2008) çeşitli C3 ve C4 bitki kaynaklarından elde edilen invert şeker şuruplarıyla beslenen kolonilerden elde edilen 451 bal örneğinde bal sahteciliğini tespit etmek amacıyla EA/LC-IRMS (element analizörü sıvı kromatografisi kütle spektrometresi) kullanılmıştır. Bal örneklerinin $\delta^{13}\text{C}$ oranı -23.0% ile -27.3% arasında tespit edilmiştir.

Balın protein miktarı çok düşüktür. Ancak balda amino asitlerin varlığı balın kaynağının belirlenmesinde önemli bir parametredir (Belli, 2019). Bir çalışmada Tunus'un farklı bölgelerinden sağlanan 6 bal örneğinin (Nane, Biberiye, Okalıptüs, Karahindiba, Kekik, Portakal) fizikokimyasal özellikleri incelenmiştir. Bal örneklerinin tüm incelenen parametreler bakımından Avrupa Mevzuatına (EC Direktifi 2001/110) uygun olduğu ifade edilmiştir. Bal örneklerinin protein değerinin %0.13 (biberiye) - %0.16 (nane) arasında değiştiği bildirilmiştir (Boussaid vd., 2014). Başka bir çalışmada ise bal örneklerinin protein değerleri %0.60-%0.99 arasında olduğu belirlenmiştir (Özcan ve Ölmez, 2014). Diğer bir çalışmada bal örneklerinin $\delta^{13}\text{C}$ protein değerleri -22.7% ile -26.7% arasında değiştiği bulunmuştur (Elflein ve Ræzke, 2008).

$\Delta^{13}\text{C}$ değerleri farkı ve C4 şeker oranı balda taklit ve tağşişin belirlenmesinde kullanılan parametrelerdendir. Fotosentez sisteminde genellikle 3 karbonlu fotosentez sistemini kullanılır (Belli, 2019). Karbon izotop analizi için AOAC'ın kabul ettiği kütle spektroskopisi yöntemi kullanılmaktadır. Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği (2020)'ne göre çiçek ballarında, balda protein ve ham bal $\delta^{13}\text{C}$ değerleri arasındaki farkın -1.0 veya daha pozitif olması gerektiği ifade edilmektedir. Bal ve balın protein fraksiyonu arasındaki $\delta^{13}\text{C}$ farkı, balın saflığının nicel ve nitel bir kriteri olarak kullanılmaktadır (Çiftçi ve Parlat, 2018).

Muğla'dan elde edilen bal örneklerinin $\delta^{13}\text{C}$ değerleri farkı -2.52 ile -2.51 arasında bulunmuştur (Belli, 2019). Başka bir çalışmada (Elflein ve Ræzke, 2008) çeşitli C3 ve C4 bitki kaynaklarından elde edilen invert şeker şuruplarıyla beslenen kolonilerden elde edilen bal örneklerinde balda protein

ve bal $\delta^{13}\text{C}$ değerleri arasındaki farkın -0.9‰ ile 1.5‰ arasında değiştiği bildirilmiştir.

Kambur vd., (2015) Yığılca bal örneklerinde $\delta^{13}\text{C}$ farkı -0.39 ile 0.53 arasında bildirmiştir. Başka bir çalışmada ise (Çiftçi ve Parlat, 2018) Konya’da piyasada satılan çiçek balı örneklerinin içerikleri Bal Tebliğine uygunluğu araştırılmıştır. Firmalara ait bal örneklerinin sırasıyla balda protein ve ham bal $\delta^{13}\text{C}$ değerleri arasındaki fark; -0.55, -0.28, 0.25, 1.95 ve 0.13 olarak bulunmuştur.

C4 şekeri, balda protein ve ham bal $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinden tespit edilir. Türk Gıda Kodeksi’nin 2020/7 sayılı Bal Tebliği’ne göre C4 şeker oranı en fazla %7 olarak belirlenmiştir (Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, 2020).

Bal arıları C_3 bitkilerinden nektar topladığı için, C_4 bitkilerinden elde edilen şeker genellikle taşış tespiti materyali olarak kullanılmıştır. Bu özelliğe dayanarak, C_3 bitkilerinin $\delta^{13}\text{C}$ değeri 23‰ ile 28‰ iken, C_4 bitkilerinin $\delta^{13}\text{C}$ değeri 9‰ ile 15‰ arasında değişmektedir. Crassulacean asit metabolizması (CAM) bitkilerinin $\delta^{13}\text{C}$ değeri 11‰ ile 13.5‰ arasındadır. Bu ifadeye göre, karbonun kararlı izotopları, sahte balı C_4 bitki şurubundan ayırt etmek için potansiyel bir yöntem olarak kabul edilebilir (Chen vd., 2019). Bu nedenle C4 şeker oranı bala kamış şekeri veya yüksek fruktozlu mısır şurubu katkısının varlığının bir göstergesi olarak kabul edilir. Protein ve balda $\delta^{13}\text{C}$ değeri arasındaki farkın ‰1’den büyük olmaması gerekmektedir. C4 oranının hesaplanmasında da bu değer %7’ye denk gelmektedir. Balda bulunan ve ham bal delta C13 değerinden hesaplanan C4 şeker oranının en fazla %7 olması gerektiği bildirilmiştir (Çiftçi ve Parlat, 2018). Diğer taraftan, balın saflığının kabul edilmesi için $\delta^{13}\text{C}$ değeri ‰ -23.5’ten daha düşük olmalıdır (Ferek, 2016).

Yapılan bir çalışmada (Elflein ve Ræzke, 2008), çeşitli C_3 ve C_4 bitki kaynaklarından elde edilen invert şeker şuruplarıyla beslenen kolonilerden elde edilen bal örneklerinde bal taşışını tespit etmek amacıyla yapılan çalışmada C4 şeker oranı (%) 0-5.7 arasında tespit edilmiştir. Muğla ilinden sağlanan bal örneklerinin C4 şeker oranı (%) 0-16.81 miktarında belirlenmiştir (Belli, 2019).

Konya bölgesindeki marketlerden sağlanan çiçek bal örnekleri incelenmiştir. Firmalara ait bal örneklerinin sırasıyla C4 şeker oranı (%); 3.53, 1.93, 0.00, 0.00, 0.00 olarak tespit edilmiştir. Bal örnekleri arasında ($P < 0.01$)

önemli farklar olmasına rağmen Türk Gıda Kodeksi-Bal Tebliğine uygun olduğu ifade edilmiştir (Çiftçi ve Parlat, 2018). Kambur vd., (2015) tarafından Yığılca bal örneklerinin C4 oranı %0.43-8.72 arasında bildirilmiştir.

Kararlı izotop oranı yalnızca C₄ ve C₃ bitkilerinden elde edilen balın kaynağı hakkında bilgi verebildiğinden, bir bal örneğinin kalitesini anlamak için diastaz aktivitesi, HMF içeriği, elektriksel iletkenlik ve nem ölçümlerinin standart kalite parametrelerine ihtiyaç duyulmaktadır (Simsek vd., 2012).

Balın elektriksel iletkenliği ve asitliği gibi parametrelerin fizikokimyasal analizleri, balın genel özelliklerini tanımlamada ve balın kalitesini değerlendirmede önemli bir role sahiptir (Baloş vd., 2018). Düşük moleküler kütleli alifatik organik asitler veya organik asitler balda %0.5 ile %0.6 arasındaki seviyelerde bulunur. Bu bileşikler, asitlik, pH ve elektriksel iletkenlik gibi organoleptik ve fiziko-kimyasal özellikleriyle yakından ilişkilidir ve aynı zamanda depolama ve depolamaya bağlı bozulmanın karakterize edici bir göstergesi olarak da veya saflık ve orijinalliğin ölçülmesi için kullanılabilir (Bobis vd., 2020).

Manolova vd., (2021) tarafından Bulgaristan'da üretilen 27 ayçiçeği balı örneğinin fizikokimyasal özellikleri araştırılmıştır. Ayçiçeği bal örneklerinin su içeriği, indirgeyici şekerler, sakaroz, diastaz, HMF, toplam asitlik, elektriksel iletkenlik, prolin ve özgül rotasyon parametrelerinin uluslararası yönetmeliklerle belirlenen kalite parametrelerini karşıladığı vurgulanmıştır. Elde edilen verilerin Bulgaristan'dan ayçiçeği balının karakterizasyonu için faydalı bilgiler sağladığı ifade edilmiştir.

Kambur vd., (2015) Yığılca bal örneklerinin serbest asitliğini 21.0-70.0 meq/kg arasında bildirmiştir. Dadalı (2021) hayıt balı asitliğini 20.45-27.30 meq/kg arasında bulmuştur. İçli (2022) incelediği markasız 22 bal örneğinde serbest asitlik değerini 5.1-37.7 meq/kg arasında tespit etmiştir. Yaşar ve Söğütü (2020) çalışmada Bingöl yöresinden elde edilen bazı bal numunelerinin analizinde ortalama serbest asitliği 10.675 meq/kg olarak bildirmişlerdir. Manolova vd., (2021) 27 ayçiçeği balı örneklerinde toplam asitliği 17.70 – 36.00 meq/kg arasında olduğunu bulmuşlardır.

Yurt ve Çakır (2020) tarafından Iğdır bölgesinden sağlanan 30 adet bal örneğinin incelenmesinde asitlik 22.64 ± 4.16 meq/kg olarak belirlenmiştir. Yücel ve Sultanoğlu (2013) serbest asitlik oran değerlerini 18.06 ile 34.88 meq/kg arasında bulmuştur. Terrab vd., (2002) *Eucalyptus* balının serbest

asitliğini ortalama 19.5 meq/kg, salgı balı serbest asitliğini ortalama 88.2 meq/kg olarak bildirmiştir.

Muğla bal örneklerinin serbest asitlik 8.95-27.9 meq/kg arasında bulunmuştur (Belli, 2019). Aydın ve Orta Anadolu'dan sağlanan bal örneklerinin hayıt, karışım çiçek ve çam ballarında sırasıyla serbest asitlik (meq/kg) 26.6 ± 0.3 , 36.03 ± 0.534 ve 27.3 ± 0.36 olarak tespit edilmiştir (Uçak Koç vd., 2017). Konya ilinden sağlanan 5 adet bal örneğinin sırasıyla asitlik değerleri (meq/kg); 25.75, 22.78, 22.39, 34.06, 20.27 olarak tespit edilmiştir (Çiftçi ve Parlat, 2018).

Güneybatı Anadolu'dan dört loasyondan (hayıt, kekik, turuncgil ve funda) elde edilen 40 adet monofloral bal analiz edilmiştir. Bal örneklerinin serbest asitlik değerleri 8.96-33.92 meq/kg arasında belirlenmiştir (Karataş vd., 2019). Etiyopya bal örneklerinin incelendiği bir çalışmada (Berhanu vd., 2022), genel olarak, parametrenin ortalama değerlerinin, genel çiçek balı kalitesi için izin sınırı gereksinimi olarak belirlenen Ulusal, AB ve FAO/WHO'nun kabul edilebilir aralıkları içinde olduğu bildirilmiştir. Bal örneklerinin serbest asitlik değerinin 23.2 ± 10 meq/kg olarak bulunduğunu ifade etmişlerdir.

Çorum iline ait incelenen bal örneklerinin serbest asitlik değeri 32.2 meq/kg (21.1-47.8) olarak tespit edilmiştir (Güzel ve Savaş Bahçeci, 2020). Başka bir çalışmada Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde üretilen 68 adet bal örneğinin balın fizikokimyasal kalite özellikleri araştırılmıştır. Bal örneklerinin ortalama serbest asitlik değeri 14.94 ± 6.81 meq/kg olarak bulunmuş ve bütün örnekler serbest asitlik için Türkiye'de belirlenen uluslararası standartlara ve yasal limitlere uygunluk göstermiştir (Gürbüz vd., 2020). Farklı coğrafik orijinlerden elde edilen okaliptus ballarının serbest asitlik değerleri 15-46 meq/kg arasında bildirilmiştir (Bobis vd., 2020).

Bitlis ili Hizan ilçesinde 20 farklı lokasyondan alınan bal örneklerinin çeşitli kimyasal özelliklerini incelenmiştir. Örneklerin serbest asitlik değerinin 16.0 meq/kg – 26.1 meq/kg arasında olduğu belirlenmiştir (Kilic vd., 2016). Başka bir çalışmada Tunus'un farklı bölgelerinden sağlanan 6 bal örneğinin (nane, biberiye, okaliptüs, karahindiba, kekik, portakal) fizikokimyasal özellikleri incelenmiştir. Bal örneklerinin toplam asitlik değerinin 7.11 (biberiye) – 27.20 meq/kg (karahindiba) arasında değiştiği bildirilmiştir (Boussaid vd., 2014).

Elektriksel iletkenlik, balın bitkisel kökeni hakkında bilgi sağlayan bir parametredir (Chirsanova vd., 2021). Türk Gıda Kodeksi'nin 2020/7 sayılı Bal Tebliği'ne göre; salgı ballarının elektriksel iletkenliği en az 0.8 mS/cm ve çiçek ballarının ise en fazla 0.8 mS/cm olmalıdır (Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, 2020).

Balın elektriksel iletkenliğini mineral içeriği ve asitliği etkiler. Bu nedenle balın elektriksel iletkenliğinde iyonların, organik asitlerin ve proteinlerin varlığı önemlidir (Yücel ve Sultanoğlu, 2013; Silva vd., 2016). Balın çiçek balı mı veya salgı balı mı olduğunu tespit etmek için en önemli parametre balın elektriksel iletkenliğidir (Nombre vd., 2010; Ferek, 2016). Balın yüksek mineral içeriğine veya asitliğine sahip olması, elektriksel iletkenlik değerinin artmasına sebep olabilir. İletkenlik ölçümü kül, proteinler ve bazı kompleks şekerlere dayanmaktadır. Elektriksel iletkenlik aynı zamanda balın bitkisel kaynağı ile içerdiği kül miktarını belirlemede de kullanılır. Balın içerdiği kül miktarı ve asitliği arttıkça elektriksel iletkenliği de artmaktadır. Salgı ballarında kül içeriği %0.5'ten, elektriksel iletkenliği ise 0.8 mS/cm'den daha yüksek çıkmaktadır (Ferek, 2016).

Litvanya'nın farklı bölgelerinden elde edilen ballarda yapılan çalışmada (Kaskoniene vd., 2010), bal örneklerinde bitki poleni miktarı azaldığında elektriksel iletkenlik değişmelerine rağmen, balların coğrafi kökeninin belirlenmesinin tamamen bu ölçüme dayandırılmayacağı ifade edilmiştir. Ancak monofloral balların polen içeriği ile elektriksel iletkenliği arasında güçlü bir korelasyon olduğu vurgulanmıştır.

Ordu ilinden elde edilen multifloral, kestane, ormangülü ve akasya ballarının incelenmesi sonucunda, ormangülü balında en yüksek asitlik ($p<0.05$) ve kestane balında en yüksek iletkenlik (1.13 ± 0.25 mS/cm) ($p<0.05$) tespit edilmiştir (Akgün vd., 2021). Yapılan başka bir çalışmada (Baloš vd., 2018) ise, Voyvodina bölgesinden elde edilen 55 adet bal örneklerinin elektriksel iletkenliği ve serbest asit konsantrasyonu araştırılmıştır. İncelenen 5 adet bal örneğinin elektriksel iletkenliğinin Sırbistan Cumhuriyeti Bal Kalitesi Yönetmeliği standartlarını karşılamadığı bildirilmiştir. İncelenen örneklerde serbest asitlik değerleri 1.5 ile 30 mEq/kg arasında değişmiş ve elektriksel iletkenlik değerleri 0.08 ile 1.99 mS/cm aralığında bulunmuştur.

Çorum yöresi bal örneklerinde elektriksel iletkenlik ortalama 350 μ S/cm (205-674) olarak tespit edilmiştir (Güzel ve Savaş Bahçeci, 2020). Başka bir

çalışmada Bitlis ili Hizan ilçesinde farklı lokasyonlardan alınan bal örneklerinin çeşitli kimyasal özelliklerini incelenmiştir. Örneklerin elektriksel iletkenlik değerinin 0,18 ms/cm-1 - 0,25 ms/cm-1 arasında olduğunu bildirilmiştir (Kilic vd., 2016). Muğla ilinde üretilen bal örneklerinin elektriksel iletkenlik değerleri 0.63-1.67 mS/cm arasında belirlenmiştir (Belli, 2019). Yine Muğla ilinde farklı lokasyonlarında mevcut olan *Marchalina hellenica* salgısından üretilen 15 adet çam balı örneğinin incelendiği çalışmada elektriksel iletkenlik değerleri 0.892- 1.838 mS/cm arasında bulunmuştur (Ferek, 2016). Etiyopya bal örneklerinin incelendiği bir çalışmada ise balın elektriksel iletkenlik değeri 0.41 ± 0.16 mS/cm olarak tespit edilmiştir (Berhanu vd., 2022). Başka bir çalışmada (Gürbüz vd., 2020) Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde üretilen 68 adet bal örneğinin ortalama elektriksel iletkenlik değerleri 0.21 ± 0.04 mS/cm olarak bulunmuştur. İncelenen tüm örneklerin elektriksel iletkenliğinin Türkiye'de belirlenen uluslararası standartları ve yasal limitleri karşıladığı ifade edilmiştir.

Bhalchandra ve Joshi (2021) tarafından yapılan çalışmada, Aurangabad bölgesinin üç farklı lokasyonundan sağlanan bal örneklerinin özellikleri araştırılmıştır. Nem içeriği, pH, elektriksel iletkenlik, toplam indirgeyici şekerler, glukoz, fruktoz, fruktoz ile glukoz oranı, sakaroz, HMF, prolin, protein içeriği, C vitamini, lipit içeriği gibi parametrelerin değerleri AOAC yöntemi (2000) ile analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçların uluslararası standartlara uyduğu bulunmuştur. Bal örneklerinin farklı bitki kaynağı, iklim koşulları ve lokasyondan elde edilmeleri, örneklerin fizikokimyasal özellikler bakımından farklılık göstermesine neden olduğu vurgulanmıştır. Elde edilen bulgular, balın besin değerinin türden türe ve lokasyondan lokasyona farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur.

Kambur vd. (2015) Yığılca bal örneklerinde elektriksel iletkenliği 0.28-0.80 mS/cm değerleri arasında bildirirken, Manolova vd. (2021) Bulgaristan'dan alınan 27 ayçiçeği balı örneğinin elektriksel iletkenliğini 0.23 – 0.48 mS/cm arasında tespit etmişlerdir. Elektriksel iletkenlik ile özgül arasında normal seviyede anlamlı korelasyon ($r=0.582$, $p<0.05$) bulunduğunu belirtmişlerdir. Yurt ve Çakır (2020), Iğdır'dan sağlanan çiçek ballarının elektriksel iletkenliğini 0.17 ± 0.15 mS/cm olarak, Yücel ve Sultanoğlu (2013) bal örneklerinde elektrik iletkenliğini 0.17–1.04 mS/cm olarak bildirmişlerdir.

Yapılan bir çalışmada hayıt, çiçek ve çam ballarında elektriksel iletkenlik (mS/cm) sırasıyla 0.42 ± 0.001 , 0.73 ± 0.009 ve 1.17 ± 0.08 olarak tespit edilmiştir (Uçak Koç vd., 2017). Karaçalı ballarının elektrik iletkenliği 0.26-1.25 mS/cm arasında bulunmuştur (Malkoç vd., 2019).

Moldova Cumhuriyeti'nin güney kesimindeki Causeni ilçesinden toplanan farklı tipteki bal örnekleri (Ayçiçeği, Kolza, Manna ve Polifloral) incelenmiştir. Ayçiçeği, Kolza, Manna ve Polifloral bal örneklerinin sırasıyla elektrik iletkenliği 371, 161, 775 ve $355 \mu\text{S/cm}$ olarak tespit edilmiştir. Çiçek balının, manna balından daha düşük bir elektriksel iletkenliğe sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu parametrenin manna balını çiçek balından ayırt etmek için bir araç olarak kullanılabilecek bir kalite göstergesi olduğu ifade edilmiştir (Chirsanova vd., 2021).

Bir çalışmada Tunus'un farklı bölgelerinden sağlanan 6 bal örneğinin (nane, biberiye, okaliptüs, karahindiba, kekik, portakal) fizikokimyasal özellikleri incelenmiştir. Bal örneklerinin elektrik iletkenliği değerinin 0.39 (kekik) – 0.89 mS/cm (portakal) arasında değiştiği bildirilmiştir (Boussaid vd., 2014). Başka bir çalışmada, Güneybatı Anadolu'dan elde edilen dört farklı kaynağa (hayıt, kekik, turuncgil ve funda) ait kırk adet monofloral bal örneklerinin elektriksel iletkenlik değerleri 0.15-1.41 $\mu\text{S/cm}$ olarak bulunmuştur (Karataş vd., 2019).

Başka bir çalışmada (Kanbur vd., 2021), incelenen yayla balı ve kestane balı örneklerinde elektriksel iletkenlik değerleri sırasıyla 189.66 – 328.05 $\mu\text{S/cm}$ ve 559.30 - 714.06 $\mu\text{S/cm}$ arasında tespit edilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada (Can vd., 2015), en yüksek elektrik iletkenliği kestane balının gösterdiği, bunu çam balının takip ettiği bildirilmiştir. Akasya, lavanta ve keven gibi açık renkli balların daha düşük elektriksel iletkenlik gösterdiği vurgulanmıştır. Elektriksel iletkenlik değerleri açısından kestane ve yayla balı örnekleri istatistiksel olarak farklılık ($p < 0.05$) göstermiştir.

Balın karbonhidratlı bir madde olmasından dolayı kuru maddesinin % 95- 99'unu şekerlerden meydana gelmektedir. Bunun % 85- 95'ini fruktoz ve glukoz şekerleri oluşturur. Sakkaroz, maltoz, izomaltoz, erloz, kestoz, melezitoz, refinoz, ve dektroz bal içerisinde tespit edilen diğer şekerlerden öne çıkanlarıdır. Balda en fazla fruktoz ve glukoz bulunmaktadır. Balın tatlılık, higroskopik özelliği, viskozite, granülasyon, enerji değeri (304 kcal/100g) gibi özellikleri fruktoz ve glukoz monosakkaritlerinden kaynaklanmaktadır.

Genellikle bütün ballarda fruktoz miktarı glukoz miktarından daha yüksektir. Fakat kolza (*Braspicanapus*) ve karahindiba çiçeği (*Taraxacum officinale*) gibi bitkilerden elde edilen ballarda glukoz oranı daha yüksek olabilmektedir. Şeker profili analizi ile belirlenen melezitoz ve erloz gibi oligosakkaritlerin miktarı salgı balını çiçek balından ayırımında bir belirteç olarak kullanılabilir. Nektarın bileşiminde bulunan sakkaroz bal arısı tarafından invertaz enzimi vasıtasıyla glukoz ve fruktoz monosakkaritlerine dönüştürülür. Balın bileşimdeki sakkaroz miktarı balın olgunlaşma derecesine göre değişmektedir. Bu nedenle erken hasat edilen ballarda fazla miktarda sakkaroz bulunmaktadır (Ferek, 2016).

Monosakkaritler, balda bulunan en yaygın karbonhidratlardır ve toplam kuru madde %65 ile %80'i arasında değişir (Silva vd., 2016). Fruktoz (yaklaşık %38.5) ve glukoz (yaklaşık %31.0) balda daha yüksek konsantrasyonda bulunan bileşiklerdir. Fruktoz ve glukozun ortalama oranı 1,2:1'dir. Ancak bu oran büyük ölçüde balın elde edildiği nektarın kaynağına bağlı bulunmaktadır. Bu oran, glukozun fruktoza kıyasla sudaki çözünürlüğünün daha düşük olması nedeniyle balın kristalleşmesini değerlendirmek için kullanılmaktadır (Silva vd., 2016).

Cezayir, Arjantin, Brezilya, Etiyopya ve İspanya'da yapılan bal örneği çalışmalarında sakkarozun yanı sıra okalıptüs balında çeşitli disakkaritler (izomaltöz, maltöz ve turanoz) tanımlanmıştır. Ayrıca okalıptüs balında erlos, melezitoz, panoz, maltotrioz ve rafinoz gibi trisakkarit grubu da rapor edilmiştir (Bobis vd., 2020).

Bitlis ili Hizan ilçesinde 20 farklı lokasyondan alınan bal örneklerinin toplam şeker ortalamasının %69.09-%75.28 arasında olduğu belirlenmiştir (Kilic vd., 2016). Bingöl ve yöresindeki 7 ayrı bölgeden elde edilen 7 adet bal örneğinin analizi yapılmıştır. Elde edilen bulgulara göre tüm bal örneklerinin değerleri Türk Gıda Kodeksi ve TS 3036 kriterlerine uygun olduğu tespit edilmiştir (Ateş ve Yaşar, 2020). İçli (2022) tarafından yapılan çalışmada markasız bal örneklerinin toplam şeker oranı ortalama %67.87 (%46.2-81.6) olarak bildirilmiştir.

Yapılan bir çalışmada Çorum yöresi ballarının ortalama fruktoz oranı %35.3 (31.5-39.1) olarak bulunmuştur (Güzel ve Savaş Bahçeci, 2020). Muğla ilinde farklı lokasyonlarında üretilen 15 adet çam balı örneğinin incelendiği

çalışmada fruktoz oranı % 28.6- 35.6 arasında bildirilmiştir (Ferek, 2016). Bir çalışmada, Samarra-Salah al-din-Irak'ta 3 bal tipi (doğal, şekerli ve endüstriyel bal) örneği incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre sırasıyla doğal, şekerli ve endüstriyel balın fruktoz oranı %51.86, %36.86 ve %31.27 olarak tespit edilmiştir (Mahmood ve Abbas, 2020).

İçli (2022) incelediği 22 bal örneğinde fruktoz oranını %21.5-43.0 arasında belirlemiştir. Yurt ve Çakır (2020) Iğdır ve yöresinde (Kağızman, Tuzluca, Aralık) üretilen 30 adet süzme çiçek ballarının fruktoz oranını 38.62 ± 2.36 olarak bulmuşlardır. Gençay Çelemlı (2021) Türkiye'nin Rize ili Ayder ilçesinde üretilen 20 adet bal örneğinin fruktoz değerlerini 26.43-35.57g/100g arasında (ortalama: 31.39 ± 2.41 g/100g) tespit etmiştir. Ghramh vd., (2020) bal örneklerinin fruktoz oranını %33.10-%44.77 arasında bildirmişlerdir. Kambur vd., (2015) Yığılca bal örneklerinde fruktoz içeriğini %30.27-32.73 arasında bulmuşlardır.

Yayla ve kestane ballarında sırasıyla fruktoz içeriği 40.91–53.94 g/100 g ve 44.65–53.88 g/100 g arasında bildirilmiştir (Kanbur vd., 2021). Türkiye karahindiba monofloral balının fruktoz oranı % 46.02 olarak bulunmuştur (Özenirler vd., 2018). Karaçalı balların şeker profili olarak 3 şeker türü HPLC-RID ile tespit edilmiştir. Fruktoz değeri %30-%38 arasında belirlenmiştir. Bitlis ilinden alınan bal örneklerinin çeşitli kimyasal özellikleri incelenmiştir. Örneklerin fruktoz oranının 27.9 mg/100 g–41.3 mg/100 g arasında olduğu bildirilmiştir (Kilic vd., 2016).

Ticari glukoz ve nişasta katkılı üretilen ballar sahte bal olup, bu sahte balların hem besin değeri düşük olmakta hem de tüketicilerin sağlığını riske atmaktadır. Kahraman vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada Türkiye'de üretilen bal örnekleri incelenmiş, analiz edilen balların hiçbirinde ticari glukoz ve nişasta bulunmadığı bildirilmiştir. Aydın vd. (2008) tarafından yapılan çalışmada ise analiz edilen 20 bal örneğinin 10 tanesinde ticari glukoz olduğu belirlenmiştir. Bitlis ili Hizan ilçesinde 20 farklı lokasyondan alınan bal örneklerinin çeşitli kimyasal özellikleri incelenmiştir. Örneklerin glukoz oranı 30.6 mg/100 g – 34.6 mg/100 g arasında bildirilmiştir (Kilic vd.,2016). Muğla ilinin farklı lokasyonlarından elde edilen 15 adet çam balı örneğinin incelendiği çalışmada, glukoz oranı %22.1- 28.76 arasında bulunmuştur (Ferek, 2016). Türkiye karahindiba monofloral balının glukoz % 35.21 olarak bulunmuştur (Özenirler vd., 2018). Tunceli bal örneklerinin glukoz değerleri 21.84-45.6

g/100g aralığında (ortalama 33.04 ± 5.22 g/100g) olduğu tespit edilmiştir (Ozkok vd., 2021). Başka bir çalışmada incelenen bazı bal örneklerinin glukoz oranı %26.68-%37.91 arasında olduğu bildirilmiştir (Ghranh vd., 2020). Çorum yöresi ballarının bazı kalite parametrelerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada 47 bal örneğinin glukoz oranı ortalama %30.4 (26.0-34.3) olarak tespit edilmiştir (Güzel ve Savaş Bahçeci, 2020).

İçli (2022) incelediği 22 adet bal örneğinde glukoz oranını %17.5-38.9 arasında bildirmiştir. Yurt ve Çakır (2020) Iğdır ve yöresinden (Kağızman, Tuzluca, Aralık) elde edilen 30 adet süzme çiçek ballarının glukoz oranını % 32.46 ± 2.24 olarak bildirmiştir. Kanbur vd. (2021) yayla ve kestane ballarında glukozu sırasıyla 27.56–40.95 g/ 100 g ve 24.91–30.14 g/100 g olarak bildirmişlerdir. Kambur vd. (2015) Yığılca bal örneklerinde glukoz içeriğini %23.13-26.97 arasında bildirmiştir. Gençay Çelemlı vd. (2021) Türkiye'nin Rize ili Ayder ilçesinde üretilen 20 adet balın glukoz değerlerini 20.11-30.58 g/100g (ortalama 26.83 ± 2.16 g/100g) olarak belirlemişlerdir. Başka bir çalışmada, Samarra-Salah al-din-Irak'ta 3 bal tipi örneği incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre sırasıyla doğal, şekerli ve endüstriyel tipi balın glukoz oranı %36.66, %30.66 ve %28.04 olarak tespit edilmiştir (Mahmood ve Abbas, 2020).

Balda bulunan sakkaroz miktarı balın olgunluğunun belirlenmesinde önemli bir kriterdir. Balda yapılan sakkaroz analizi balda herhangi bir sahtecilik olup olmadığını ortaya koyabilir. Bu nedenle balda yüksek düzeyde sakkarozun bulunması bala şeker ilavesinin bir göstergesi olabildiği gibi, erken hasat dolayısıyla, sukrozun, glukoz ve fruktoza tam olarak dönüştürülememiş olmasından da kaynaklanabilir. Yine bal arılarının uzun süre şeker şurubu ile beslenmesi de benzer sonuçlara neden olabilir (Güzel ve Savaş Bahçeci, 2020).

Kanbur vd. (2021) incelediği bal örneklerinde ortalama sukroz içeriğini yayla balında %0.04 ve kestane balında %0.03 olarak bildirmişlerdir. Ferek (2016) incelediği Muğla çam balı örneklerinde sakkaroz oranını % 0- 2.1 arasında bulmuştur.

Bitlis ili Hizan ilçesinde farklı lokasyondan alınan bal örneklerinin çeşitli kimyasal özellikleri incelenmiştir. İncelenen iki bal örneği dışında hiçbir bal örneğinde sakkaroz tespit edilmemiştir. Bu durumun, arıların beslenmesinde şeker kullanılmadığını ortaya koyduğu vurgulanmıştır. Sonuçların AB

standartlarına ve Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne uygun olduğu ifade edilmiştir (Kilic vd., 2016). Etiyopya bal örneklerinin incelendiği bir çalışmada balın indirgeyici şeker (70.46 ± 3.5) ve sakkaroz (2.75 ± 1.1) değerlerinin düşük olduğu, bu değerlerin Etiyopya balının kaliteli olduğunu gösterdiği vurgulanmıştır (Berhanu vd., 2022). Başka bir çalışmada, 3 tip balın sakkaroz oranları 4.07 (doğal bal), 34.99 (şekerli bal) ve 33.88 (endüstriyel bal) olarak tespit edilmiştir (Mahmood ve Abbas, 2020). Çorum yöresi ballarının incelendiği çalışmada bal örneklerinin sakkaroz oranı 0.34 ($<0.05-4.64$) olarak tespit edilmiştir (Güzel ve Savaş Bahçeci, 2020).

Dadalı (2021) hayıt balının sakkaroz miktarını $1.03-3.27$ g/100 g arasında bildirmiştir. Kambur vd. (2015) Yığılca dört bal örneğinde sakkaroz oranını $0.16-0.34$ arasında belirlemiştir. Manolova vd. (2021) Bulgaristan'dan alınan 27 ayçiçeği balı örneğinin sakkaroz içeriğini $0.50 - 3.70$ ve indirgeyici şekerleri $72.51-80.80$ arasında bildirmişlerdir. İçli (2022) incelediği bal örneklerinde sakkaroz oranını ortalama 0.18 olarak bildirmiştir. Sakkaroz içeriğinin hiçbir örnekte 5 'lik sınır değerini aşmadığını vurgulamıştır. Smetanska vd. (2021) inceledikleri bal örneklerinde sakkaroz içeriğini $2.07-6.38$ arasında bulmuştur. Örneklerde tespit edilen 6.38 değerinin bal kodeksine uymadığı ifade edilmiştir. Sakkaroz oranının yüksek olması ya aşırı besleme yapılmasından veya balı erken hasat etmekten kaynaklanabileceği vurgulanmıştır. Başka bir çalışmada Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde üretilen bal örneklerinin ortalama sakkaroz değeri 0.90 ± 1.35 olarak bulunmuştur. Tüm örnekler sakkaroz için Türkiye'de belirlenen uluslararası standartları ve yasal limitleri karşılamıştır (Gürbüz vd., 2020).

Ghramh vd. (2020) incelediği bal örneklerinin maltoz ortalama değerleri $0.37-2.97$ arasında değişmiştir. Kambur vd. (2015) Yığılca bal örneklerinin maltoz oranını $0.80-1.39$ arasında bildirmiştir. Ferek (2016) çam balı örneklerinin maltoz oranı $0.02-0.65$ arasında tespit etmiştir. Kilic vd. (2016) Bitlis ilinin farklı lokasyonlarından elde edilen bal örneklerinin hiçbirinde maltoz bulunmadığını, sadece iki örnekte 2.7 mg/100 g ve 2.1 mg/100 g gibi çok az miktarlarda maltoz bulunduğunu bildirmişlerdir. Gürbüz vd. (2020) inceledikleri bal örneklerinde maltoz değerini ortalama 2.88 ± 1.42 olarak belirlemişlerdir.

Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde (2020) çiçek ballarındaki glukoz ve fruktoz toplamının en az 60 g/100g olması gerekmektedir. Balın doğal ve

katkısız olduğunu belirlenmesi amacıyla dünyanın farklı coğrafyalarında çalışmalar yapılmaktadır (Güzel ve Savaş Bahçeci, 2020). Balda bulunan karbonhidratların çoğunluğunu fruktoz ve glukoz oluşturmaktadır. Fruktoz ve glukoz miktarları ile fruktoz/glukoz oranı balın orijinini belirlemede kullanılmaktadır (Belli, 2019).

Muğla ilinde üretilen ballarda şeker içeriği (Fruktoz+Glukoz) 41.61-64.85 g/100g arasında bulunmuştur (Belli, 2019). Bitlis ili Hizan ilçesinde 20 farklı lokasyondan alınan bal örneklerinin çeşitli kimyasal özellikleri incelenmiştir. Örneklerin 100 gramdaki fruktoz+glukoz miktarının 67.5 g/100 g – 75.9 g/100 g arasında değiştiği belirlenmiştir (Kilic vd., 2016). Bir çalışmada Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde üretilen 68 adet bal örneğinin fizikokimyasal kalite özellikleri araştırılmıştır. Bal örneklerinin ortalama fruktoz + glukoz değerleri 70.97 ± 3.27 olarak bulunmuştur. Tüm örnekler fruktoz + glukoz değeri için Türkiye'de belirlenen uluslararası standartları ve yasal limitleri karşılamıştır (Gürbüz vd., 2020).

Aydın ilinde yapılan çalışmada hayıt, karışım çiçek ve çam ballarında sırasıyla glukoz+fruktoz oranı 73.76 ± 0.572 , 60.92 ± 1.195 ve 60.9 ± 0.426 olarak tespit edilmiştir (Uçak Koç vd., 2017). Konya bölgesinden sağlanan farklı firmalara ait çiçek ballarının bazı kimyasal özelliklerinin Türk Gıda Kodeksi-Bal Tebliğine uygunluğu kıyaslaması yapılmıştır. Firmalara ait bal örneklerinin sırasıyla fruktoz + glukoz oranı (%); 70.39, 73.39, 73.52, 65.20, 70.30 olarak bulunmuştur (Çiftçi ve Parlat, 2018). Çorum yöresi ballarının bazı kalite parametrelerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen çalışmada bal örneklerinde ortalama glukoz ve fruktoz toplamı 65.8 (57.5 - 73.4) olarak tespit edilmiştir (Güzel ve Savaş, 2020).

Özcan ve Ölmez (2014) yaptığı çalışmasında toplam glukoz + fruktoz miktarını 51.31 -% 68.30 arasında bildirmiştir. Yurt ve Çakır (2020) tarafından Iğdır ve yöresinde üretilen süzme çiçek ballarının incelenmesinde ortalama glukoz + fruktoz miktarı 71.09 ± 3.66 civarında bulunmuştur. Kambur vd. (2015) Yığılca bal örneklerinde fruktoz+glukoz içeriğini 53.67 - 59.61 arasında bildirmiştir. İçli (2022) bal örneklerini incelediği çalışmasında bir kalite kriteri olan fruktoz+glukoz içeriğini ortalama 67.69 olarak belirlemiştir. Beş çiçek balının %fruktoz+glukoz (invert şeker) içeriği ilgili yasal düzenlemelerle belirlenen minimum sınır değerini (%60) altında olduğunu

bildirmiştir. Bu durumun nedeni çiçek balı adı altında satılan bu tür balların aslında bal özü ballarıyla (minimum sınır değer %45) karıştırılması veya şeker şuruplarıyla üretilmesi olabileceğini vurgulamıştır.

Ballardaki fruktoz/glukoz oranı balın kökeni ve kristalleşme özelliğini gösteren önemli bir kalite parametresidir. Genellikle bal içerisindeki fruktoz miktarı glukozdan fazladır. Fruktoz/glukoz oranı büyüdükçe balın kristalleşme eğilimi azalmaktadır. Fruktoz/glukoz oranı 1.0-1.2 arasında olduğunda kristalizasyon hızlı, 1.3 veya daha yüksekse kristalizasyon yavaşlamaktadır (Silva vd., 2016; Çiftçi ve Parlat, 2018). Olgunlaşmamış bir balda ise glukozla göre daha fazla sakkaroz bulunduğu için kristalleşme yavaş olmaktadır (Silva vd., 2016; Çiftçi ve Parlat, 2018; Çetin vd., 2011). Sakkaroz miktarının balın olgunlaşma derecesine ve nektar içeriğine göre değişiklik gösterdiği, çok erken hasat edilen olgunlaşmamış ballarda sakkaroz değerinin daha yüksek olduğu vurgulanmaktadır (Kanbur vd., 2021).

Bitlis ili bal örneklerinin fruktoz/glukoz oranı 1.19 g/100 g – 1.28 g/100 g arasında belirlenmiştir (Kilic vd., 2016). Aydın ili hayıt balı, çam balı ve çiçek ballarının sırasıyla fruktoz/glukoz oranı 1.16 ± 0.03 , 1.15 ± 0.5 ve 1.36 ± 0.104 olarak tespit edilmiştir (Uçak Koç vd., 2017). İncelenen Tunceli bal örneklerinin fruktoz/glukoz oranı 0.83-1.13 aralığında (ortalama 0.97 ± 0.07) olduğu bulunmuştur (Ozkok vd., 2021). Türkiye karahindiba monofloral balının fruktoz/glukoz oranı 1.3 olarak bulunmuştur (Özenirler vd., 2018).

Yurt ve Çakır (2020) tarafından Iğdır ve yöresinden (Kağızman, Tuzluca, Aralık) elde edilen süzme çiçek ballarının incelenmesinde fruktoz/glukoz oranı 1.20 ± 0.10 olarak tespit edilmiştir. İçli (2022) ise incelediği çiçek balı örneklerinde ortalama fruktoz/glukoz değerini 1.23 olarak belirlemiştir. Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne göre çiçek balında fruktoz/glukoz oranı 0.9-1.4 olması gerekirken, çalışmasında 2 örnekte bu oranın 1.4'ten anlamlı derecede yüksek bulunduğunu tespit etmiştir. Örneklerdeki fruktoz miktarının bu ballarda gereken miktardan fazla olduğunu vurgulamıştır. Bu durumun bu ballara fruktoz şurubu eklenmiş olabileceğini ifade etmiştir. Kambur vd., (2015) Yığılca bal örneklerinde fruktoz/glukoz içeriğini 1.18-1.32 arasında bildirmiştir.

Bir çalışmada Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde üretilen 68 adet bal örneğinin balın fizikokimyasal kalite özellikleri araştırılmıştır. Tüm örneklerin %8.82'sinin standartları ve yasal limitleri karşılamadığı ifade

edilmiştir (Gürbüz vd., 2020). Çorum yöresine ait bal örneklerinde fruktoz/glukoz oranı 1.16 (1.03-1.24) olarak bulunmuştur (Güzel ve Savaş Bahçeci, 2020). Tunceli bal örneklerinin fruktoz değerlerinin 25.97-43.44 g/100g aralığında (ortalama 32.28 ± 3.32 g/100g) olduğu tespit edilmiştir (Ozkok vd., 2021). Yapılan bir çalışmada (Kanbur vd., 2021) yayla balı örneklerinde ortalama fruktoz/glukoz oranı 1.43 ve kestane balı örneklerinde bu oran 1.76 olarak bulunmuştur. Yayla ve kestane balı örnekleri arasında fruktoz/glukoz oranı değerleri açısından fark istatistiksel olarak anlamlı olduğu bildirilmiştir ($p < 0.05$). Bilecik ilinden toplanan 16 adet bal örneğinin fruktoz/glukoz oranlarının 0.96-1.19 aralığında olduğu belirlenmiştir (Keskin vd., 2020).

Gençay Çelemlı (2021) Türkiye'nin Rize ili Ayder ilçesinde üretilen balının fruktoz/glukoz oranını 1.03-1.34 (ortalama 1.17 ± 0.10) olarak bildirmiştir. Konya'da yapılan çalışmada çiçek ballarının bazı kimyasal özelliklerinin Türk Gıda Kodeksi-Bal Tebliğine uygunluğu kıyaslaması yapılmıştır. Firmalara ait bal örneklerinin fruktoz/glukoz oranı 1.06, 1.09, 1.09, 1.19, 1.09 olarak bulunmuştur (Çiftçi ve Parlat, 2018).

Çetin vd., (2011) marketlerden topladığı 50 adet bal örneğinin fruktoz/glukoz oranını 1.01 ve 1.85 arasında, Demir (2013) ise Ayder yaylasından topladığı 41 adet bal örneğinin fruktoz/glukoz oranını 0.6 ve 1.6 arasında bildirmiştir.

Hidroksimetilfurfural (HMF) düzeyi ve diastaz aktivitesi yıllardır balın kalitesini belirlemede kullanılan önemli bir kriterdir (Simsek vd., 2012; Güzel ve Savaş Bahçeci, 2020; Karadal ve Yıldırım, 2012). Bala uygulanan ısıtma işlemi, uçucu bileşenlerin kaybolmasına ve şekerlerin karamelizasyonu gibi kalite üzerine negatif etkili reaksiyonlar gerçekleşmektedir. Isıtma işlemi yanında uzun depolama süresi de HMF konsantrasyonunda önemli düzeyde artışa yol açmaktadır. Bu nedenle HMF miktarı balda aşırı ısıtma veya uygun olmayan depolamayı ortaya koyması bakımından indikatör olarak kullanılmaktadır (Ferek, 2016; Güzel ve Savaş Bahçeci, 2020; Smetanska vd., 2021). Balda HMF'nin Maillard reaksiyonları (proteinler ve indirgen şekerler arasında gelişen enzimatik olmayan esmerleşme) ile de oluşan hem karsinogenik, hem mutajenik etkiye sahip önemli bir üründür (Belli, 2019; İçli, 2022; Bobis vd., 2020). Balın HMF miktarının sakaroz içeriği, şeker türü, sıcaklık, pH, balın

deponlama süresi, çiçek kaynağı ve fruktoz/glukoz oranı gibi birçok faktörden etkilendiği bildirilmiştir (Smetanska vd., 2021).

Türk Gıda Kodeksi'nin 2020/7 sayılı Bal Tebliği'ne göre balda HMF, en fazla 40 mg/kg olmalıdır. Uçak Koç vd. (2017) Aydın ilinden elde edilen hayıt balı, çam balı ve Orta Anadolu'dan temin edilen çiçek ballarının HMF miktarı (mg/kg) sırasıyla 4.92 ± 0.08 , 0.56 ± 0.037 ve 0.93 ± 0.0305 olarak bulmuşlardır. Dadalı (2021) hayıt balının HMF içeriğini 0.09-1.31 mg/kg arasında bildirmiştir. Smetanska vd., (2021) inceledikleri bal örneklerinde HMF miktarını 3.69 - 22.47 arasında tespit etmişlerdir.

Bir çalışmada Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde üretilen bal örneklerinin incelenmesinde HMF değerleri ortalama 18.5 ± 31.43 mg/kg olarak bulunmuştur. Yedi (%10.29) bal örneğinin yasal olarak izin verilen maksimum seviye olan 40 mg/kg'dan daha yüksek HMF içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir (Gürbüz vd., 2020). Başka bir çalışmada Tunus'un farklı bölgelerinden sağlanan bal örneklerinin HMF değerinin 12.07-27.43 mg/kg arasında değiştiği bildirilmiştir (Boussaid vd., 2014). Muğla ilinde üretilen ballarda yapılan çalışmada bal örneklerinin HMF içeriği 0-93.8 mg/kg arasında bulunmuştur (Belli, 2019).

Türkiye karahindiba monofloral balının HMF değeri 1.73 ppm olarak tespit edilmiştir (Özenirler vd., 2018). Başka bir çalışmada Bingöl yöresinden üretilen 32 adet bal örneğinde HMF miktarı 36.37 ± 2.35 olarak tespit edilmiştir (Bengü ve Kutlu, 2018). Moldova Cumhuriyeti'nin güney kesimindeki Causeni ilçesinden toplanan farklı tipteki bal örnekleri incelenmiştir. Ayçiçeği, kolza, salı ve polifloral bal örneklerinin sırasıyla HMF değerleri 8.13, 12.9, 42.11 ve 11.2 mg/kg olarak tespit edilmiştir (Chirsanova vd., 2021). İncelenen 31 adet bal örneğinin tüm numunelerinin HMF miktarı standartlara uygun olduğu bulunmuştur (Simsek vd., 2012). Yirmi iki bal örneğinin incelendiği bir çalışmada (İçli, 2022) 5 bal örneğinin HMF seviyelerinin Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde verilen yasal sınırı aştığı belirlenmiştir.

Yaşar ve Söğütü (2020) çalışmasında Bingöl ve ilçelerinde üretilen bazı bal örneklerinin ortalama HMF değerini 45.148 mg/kg olarak bildirmişlerdir. Yurt ve Çakır (2020) tarafından Iğdır ve yöresinde (Kağızman, Tuzluca, Aralık) üretilen 30 adet süzme çiçek ballarının incelenmesinde HMF 39.85 ± 30.41 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Etiyopya bal örneklerinin incelendiği bir

çalışmada balın ortalama HMF değeri 9.46 ± 7.11 mg/kg olarak bildirilmiştir (Berhanu vd., 2022).

Farklı çalışmalarda incelenen bal örneklerinin HMF değerlerini Özcan ve Ölmez (2014) 1.34-31.28 mg/kg arasında ve Terrab vd., (2002) salgı balında ortalama 31.6 mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Suudi balı örneğinin bazı özellikleri yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) cihazı ile incelenmiştir. Çalışma, Sider (*Ziziphus spina-christi*), Dhuhya (*Acacia asak*), Sumra (*Acacia tortilis*), Qatada (*Acacia hamulosa*), Dhurum (*Lavandula dentata*), majraile multiflora gibi farklı çiçek ballarının şeker profilleri ve HMF değerleri araştırılmıştır. Tüm çiçek ballarının ülkede en iyi kalitede olduğu ve uluslararası kalite parametrelerine uygunluk gösterdiği ifade edilmiştir (Ghramh vd., 2020).

Bobis vd. (2020) okaliptüs ballarındaki HMF içeriğinin uluslararası standartların izin verdiği değerleri aşmadığını (arasında 1.5-40 mg/kg) bildirmiştir. Ghramh vd. (2020) incelediği yedi bal örneğinde HMF tespit edememiş, bir bal örneğinde ise sınırın altında (0.13 mg/kg) bulmuştur. Kambur vd. (2015) Yığılca bal örneklerinde HMF miktarını 10.50-36.02 mg/kg arasında bildirmiştir. Gençay Çelemlı (2021) Türkiye'nin Rize ili Ayder ilçesinde üretilen balın HMF analizi için sonuçların 0.7- 11.31 ppm (ortalama 3.8 ± 2.6 ppm) arasında olduğunu bulmuşlardır.

Konya bölgesindeki marketlerden elde edilen çiçek ballarının bazı kimyasal özelliklerinin Türk Gıda Kodeksi-Bal Tebliğine uygunluğu kıyaslaması yapılmıştır. Firmalara ait bal örneklerinin sırasıyla HMF içerikleri (mg/kg); 4.17, 17.12, 13.06, 6.75, 23.75 olarak tespit edilmiş, sakkaroz miktarları (%) ise tespit edilememiştir. Araştırmada kullanılan firmalara ait bal örnekleri arasında ($P < 0.01$) önemli farklar olmasına rağmen Türk Gıda Kodeksi-Bal Tebliğine uygun bulunmuştur (Çiftçi ve Parlat, 2018).

Çorum yöresine ait bal örneklerinde ortalama HMF değerleri 3.5 mg/kg (0.3-36.5) olarak tespit edilmiştir (Güzel ve Savaş Bahçeci, 2020). İki farklı ısıtma işlemi (45 °C/48 saat ve 65 °C/6 saat) uygulanan Adaçayı (*Salvia officinalis* L.) bal örneklerinin HMF miktarları arasında farklılık önemsiz bulunmuştur (Flanjak vd., 2022). Manolova vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada Bulgaristan'dan alınan 27 ayçiçeği balı örneğinin HMF değerleri 0.69 – 12.40 mg/kg arasında bildirilmiştir. Bitlis ili Hizan ilçesinden alınan bal

örneklerinin çeşitli kimyasal özellikleri incelenmiştir. Örneklerin HMF değerinin 6.5 mg/kg – 20.8 mg/kg arasında olduğu belirlenmiştir (Kilic vd., 2016). Türkiye'nin Ordu ilinden toplanan multifloral, kestane, ormangülü ve akasya balları incelenmiş, HMF değeri en yüksek akasya balında (11.83 mg/kg), en düşük ise kestane balında (1.59 mg/kg) tespit edilmiştir (Akgün vd., 2021).

Aydın ilinin arıcılarından sağlanan bal örneklerinin HMF düzeyi 26.94 ± 2.07 mg/kg olarak, ticari ballarının ise HMF düzeyi 56.70 ± 3.83 mg/kg olduğu bulunmuştur. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli ($P < 0.001$) bulunmuştur (Ünübol Aypak vd., 2019).

Türk Gıda Kodeksi'nin 2020/7 sayılı Bal Tebliği'ne göre prolin miktarı en az çiçek ve salgı ballarında 300 mg/kg, kanola, ıhlamur, narenciye, lavanta, okaliptüs ballarında 180 mg/kg, biberiye ve akasya ballarında 120 mg/kg ve kestane ballarında ise 500 mg/kg olmalıdır (Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği 2020).

Prolin balda çok fazla miktarda bulunan aminoasittir ve elastin ve kollagenin bünyesinde bulunan hidroksiprolinin ön maddesidir (Belli, 2019). Balın prolin içeriği balın kalitesini, antioksidan aktivitesini ve botanik kökenini belirlemede bir kriter olarak kullanılmaktadır (Truzzi vd., 2014). Prolin miktarı balda saflığın bir göstergesidir. Tağışlı ballarda prolin değeri daha düşük bulunmaktadır. Doğada bulunan 20 farklı aminoasitten 18 tanesi balda bulunmaktadır. Bu aminoasitler histidin, aspartik asit, treonin, sistin, lisin, valin, metiyonin, lösin, izolösin, serin, arginin, glutamik asit, prolin, alanin, glisin, fenilalanin, tirozin ve triptolindir. Aminoasitlerin kaynağını nektar ve polenler oluşturmaktadır. Baldaki amino asitlerin % 50- 85'ini prolin oluşturduğu için balın protein içeriği genelde prolin miktarı olarak ifade edilmektedir (Ferek, 2016).

Muğla ilinde çam balı örneklerinin incelendiği çalışmada, prolin değerleri 388- 682 mg/kg arasında bulunmuştur. Analiz edilen çam balı örneklerinin prolin değerlerinin standartlara uygunluk sağladığı ifade edilmiştir (Ferek, 2016). Yine Muğla ilinde üretilen ballarda taklit ve tağış gibi hileli durumların olup olmadığı araştırmak amacıyla yapılan çalışmada bal örneklerinin prolin miktarları 158.45-1217.45 mg/kg arasında tespit edilmiştir (Belli, 2019). Bitlis ilinden elde edilen bal örneklerinin çeşitli özellikleri incelenmiştir. Örneklerin prolin miktarının 414.2 mg/kg – 880.8 mg/kg arasında

olduğu, bal örneklerinde yapılan çalışmalar sonucunda özellikle prolin miktarının yüksek olduğu vurgulanmıştır (Kilic vd., 2016). Türkiye'nin Ordu ilinden toplanan multifloral, kestane, ormangülü ve akasya balları incelenmiş, prolin değeri en yüksek kestane balında (758.56 mg/kg), en düşük ise Akasya balında (377.00 mg/kg) tespit edilmiştir (Akgün vd., 2021).

Aydın ili sınırları içinde üretilmiş hayıt ve çiçek ballarının prolin miktarı sırasıyla 980 ± 37.4 mg/kg ve 922 ± 45.8 mg/kg olarak bulunmuştur (Uçak Koç vd., 2017). Karaçalı balının incelendiği çalışmada balın prolin değerleri bir bal örneğinde 310 mg/kg bulunurken, diğer tüm ballarda 600 mg/kg 'ın üzerinde bulunmuş ve ortalama değer 720 mg/kg olarak bulunurken standart sapma çok yüksek tespit edilmiştir. Ortalamayı sapan değer çıkarıldığında ise prolinin ortalama değerinin 807.57 ± 213.50 mg/kg olarak bulunduğu bildirilmiştir (Malkoç vd., 2019).

Konya'dan elde edilen çiçek ballarının prolin miktarları (mg/kg); 597.55, 515.17, 581.23, 699.05, 487.81 olarak bulunmuştur. Araştırmada kullanılan firmalara ait bal örnekleri arasında ($P < 0.01$) önemli farklar olmasına rağmen Türk Gıda Kodeksi-Bal Tebliğine uygun bulunmuştur (Çiftçi ve Parlat, 2018). Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde üretilen bal örneklerinin ortalama prolin değerleri 420 ± 174 mg/kg olarak bulunmuştur (Gürbüz vd., 2020).

Bir çalışmada Tunus'un farklı bölgelerinden sağlanan bal örneklerinin incelenen parametreler bakımından Avrupa Mevzuatına (EC Direktifi 2001/110) uygun olduğu ifade edilmiştir. Bal örneklerinin prolin değerinin 39.62 – 102.60 mg/kg arasında değiştiği bildirilmiştir (Boussaid vd., 2014). Łozowicka vd. (2021) inceledikleri bal örneklerinde prolin değerini 70.8-461.4 mg/kg arasında bulmuşlardır. Terrab vd. (2002) incelediği salı bal örneklerinin prolin değerlerini ortalama 227 mg/100 g olarak bildirmişlerdir. Manolova vd., vd. (2021) Bulgaristan'dan sağlanan bal örneklerinin prolin içeriğini 218.50 – 679.50 mg/kg arasında bildirmiştir.

Olgunlaşmış bal genellikle %13 - %23 oranında nem içermektedir. Balda nem oranı %18'in üzerine ulaştığında fermentasyon riski artmaktadır (Simsek vd., 2012). Balın nem içeriği balın en büyük ikinci bileşenidir. Nektarın bitkisel ve coğrafi kökeni, toprak özellikleri, iklim koşulları, hasat sırasındaki koşullar, olgunlaşma derecesi, hasat ve depolamada arıcılar tarafından uygulanan yöntemler balın nem içeriğini etkilemektedir (Silva vd., 2016; Bobis vd., 2020;

Ferek, 2016; Belli, 2019; Smetanska vd., 2021). Balın nem içeriği, balın depolanması süresince fermentasyonun önlenmesi ve balın dayanıklılığı açısından önem taşımaktadır (Ferek, 2016; Smetanska vd., 2021). Yüksek oranda neme sahip ballarda mayalar balın bozulmasına neden olurken, olgunlaşmış balın nem içeriği düşük olduğu için mikroorganizmaların gelişimine uygun bir ortam oluşturmamaktadır. Balın olgunluğunu ve raf ömrünü değerlendirmede, balın nem oranı önemli bir kriterdir. Nem, balın kristalizasyonu ve viskozitesi gibi fiziksel özelliklerini etkilemektedir. Aynı zamanda balda bulunan nem balın rengini, lezzetini, tadını, özgül ağırlığını ve çözünübilirliğini de değiştirmektedir (Ferek, 2016).

Muğla ilinde yapılan çalışmada bal örneklerinin nem değerleri % 14.64-20.88 arasında bulunmuştur (Belli, 2019). Dadalı (2021) hayıt balının nem içeriğini %16.30-17.50 arasında bildirmiştir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nden elde edilen bal örneklerinin balın fizikokimyasal kalite özellikleri araştırılmıştır. Bal örneklerinin ortalama nem değerleri 15.91 ± 1.05 olarak bulunmuştur (Gürbüz vd., 2020). Ordu ilinden toplanan multifloral, kestane, ormangülü ve akasya balları incelenmiş, nem değeri en yüksek ormangülü balında (%18.89), en düşük ise akasya balında (%17.99) tespit edilmiştir (Akgün vd., 2021).

Aydın yöresinde hayıt, çiçek ve çam ballarında sırasıyla nem oranı 15.95 ± 0.040 , 16.86 ± 0.341 ve 17.11 ± 0.273 olarak belirlenmiştir (Uçak Koç vd., 2017). Manolova vd. (2021) Bulgaristan'da üretilen ayçiçeği balı örneğinin nem içeriğini %15.60 – 19.30 arasında, Yurt ve Çakır (2020) Iğdır ve yöresinde üretilen süzme çiçek ballarının ortalama nem içeriğini 15.06 ± 0.75 olarak bildirmişlerdir. Kambur vd. (2015) Yığılca bal örneklerinin nem oranını %16.20-19.40 arasında, İçli (2022) 22 bal örneğinde nem içeriğini %9.8-17.8 arasında bulmuştur.

Konya bölgesindeki marketlerde satışa sunulan farklı firmalara ait çiçek bal örneklerinin nem değerleri (%); %17.13, %16.55, %15.48, %16.48, %17.63 olarak bulunmuştur (Çiftçi ve Parlat, 2018). Tunus'un farklı bölgelerinden sağlanan 6 bal örneğinin fizikokimyasal özellikleri incelenmiştir. Örneklerin nem değerinin %17.27 - 19.80 arasında değiştiği bildirilmiştir (Boussaid vd., 2014). Türkiye monofloral balları içerisinde yeni olan karahindiba balının nem içeriği %14.9 (Özenirler vd., 2018), Karaçalı balının nem değeri %12 - %16 arasında olduğu bulunmuştur (Malkoç vd., 2019).

Smetanska vd., (2021) inceledikleri bal örneklerindeki nem içeriğini % 16.81–19.30 arasında bildirmişlerdir. Özenirler vd., (2019) inceledikleri bal örneklerinde nem oranını %13.5 - %18.3 aralığında belirlemişlerdir. Özcan ve Ölmez (2014) bal örneklerinin nem oranını %17.1-%20.0, Terrab vd., (2002) monofloral ballarının nem içeriğini %14.0-%21.3 arasında, *Eucalyptus* ballarının nem içeriğini ortalama %17.3 ve oranında ve ortalama salgı balının nem içeriğini %20.3 olarak bildirmişlerdir.

Bingöl yöresinde üretilen bal örneklerinin ortalama nem miktarı 15.39 ± 0.28 olarak belirlenmiştir (Bengü ve Kutlu, 2018). Etiyopya bal örneklerinin incelendiği bir çalışmada balın ortalama nem içeriği değeri 18.93 ± 1.92 olarak bildirilmiştir (Berhanu vd., 2022). Çorum yöresi ballarının bal örneklerinde ortalama nem oranı %16.9 (14.5-21.7) civarında tespit edilmiştir (Güzel ve Savaş Bahçeci, 2020). Bilecik ilinden toplanan 16 adet bal örneğinin nem içerikleri %15.8 ile %19.5 arasında değişmektedir (Keskin vd., 2020). Moldova Cumhuriyeti'nin güney kesimindeki Causeni ilçesinden toplanan farklı tipteki bal örneklerinin nem değerleri 19.2, 18.9, 18.0, 19.4 g/100g olarak tespit edilmiştir (Chirsanova vd., 2021). Bitlis ili bal örneklerinin nem değerleri %15.44-%17.28 arasında olduğu belirlenmiştir (Kilic vd., 2016). Muğla ilinde *Marchalina hellenica* salgısından üretilen 15 adet çam balı örneğinin incelendiği çalışmada nem değerleri % 15.6- 18.0 arasında tespit edilmiştir (Ferek, 2016).

Gençay Çelemlı (2021) tarafından Türkiye'nin Rize ili Ayder ilçesinde üretilen balın nem analizi yapılmış ve değerler %15.8-%18.8 (17.01 ± 0.98) arasında bulunmuştur. Kanbur vd. (2021) yayla balı ve kestane balı örneklerinin nem içeriklerini sırasıyla %15-22 ve %18-20 arasında bildirmişlerdir. Bobis vd. (2020) okaliptüs ballarının nem içeriğinin uluslararası standartlara uygun olduğunu (%11- %20) ifade etmişlerdir.

Enzimler, balın önemli bileşenlerini oluşturmaktadır ve ısıya karşı duyarlı olduklarından beslenme yönünden balın kalitesini belirlemektedir. Balın biyolojik ve besleyici kalitesi, yapısında bulunan enzimlerin yapılarının bozulup bozulmamasıyla yakından alakalıdır. Balda en fazla bulunan enzimlerden biri diastazdır (Ferek, 2016). Balda HMF içeriği gibi diastaz aktivitesi de tazeliğin bir göstergesi olarak kullanılmaktadır. Diastaz aktivitesi çeşitli faktörlerden etkilenebilir (Ferek, 2016; Bobis vd., 2020). Diastaz balda

doğal olarak bulunur. Diastaz sayısı balda önemli kalite parametrelerinden biridir (Belli, 2019).

Nektara enzimlerin bir kısmı bitkiden bir kısmı da bal arısının midesinden ilave edilmektedir. Diastaz enzimi diğer enzimler gibi ısıya karşı duyarlıdır. Ancak diastaz ısıya invertaz enziminden daha duyarlı olduğu için bala ısıtıl işlem uygulanıp uygulanmadığı, diastazın miktarındaki azalmadan belirlenebilmektedir. Balda hem diastaz kaybı hem de yüksek diastaz miktarı istenmeyen bir durumdur. Diastaz sayısının yüksek olması balda asitliği arttıracığı için daha hızlı fermantasyon meydana gelebilmektedir (Ferek, 2016). Türk Gıda Kodeksi'nin 2020/7 sayılı Bal Tebliği'ne göre baldaki diastaz sayısı en az 8 olmalıdır. Narenciye balı gibi yapısında doğal olarak düşük miktarda enzim bulunan ve doğal olarak HMF miktarı 15 mg/kg'dan fazla olmayan balda ise en az 3 olması gerektiği bildirilmektedir (Simsek vd., 2012; Türk Gıda Kodeksi 2020).

Ordu ilinden elde edilen multifloral, kestane, ormangülü ve akasya balları analiz edilmiş, diastaz sayısı en yüksek multifloral balda (26.17), en düşük ise ormangülü balında (11.47) tespit edilmiştir (Akgün vd., 2021). Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde üretilen balların ortalama diastaz sayısı 10.68 ± 4.61 olarak bulunmuştur. Örneklerin %20.58'i diastaz sayısı bakımından Türkiye'de belirlenen uluslararası standartları ve yasal limitleri karşılamamıştır (Gürbüz vd., 2020).

Dadalı (2021) hayıt balını diastaz sayısını 20.14-27.13 arasında bildirmiştir. Muğla ilinde *Marchalina hellenica* salgısından üretilen 15 adet çam balı örneğinin incelendiği çalışmada diastaz değerleri 9- 21 arasında bulunmuştur (Ferek, 2016). Bingöl yöresinden elde edilen bal örneklerinin diastaz sayısı ortalama 18.39 ± 1.08 olarak gerçekleşmiştir (Bengü ve Kutlu, 2018). Bitlis bal örneklerinin diastaz sayısının 10.0 mg/100 g – 26.1 mg/100 g arasında olduğu belirlenmiştir (Kilic vd., 2016). Konya bölgesindeki marketlerde satışı sunulan farklı firmalara ait çiçek ballarının bazı kimyasal özelliklerinin Türk Gıda Kodeksi-Bal Tebliğine uygunluğu kıyaslaması yapılmıştır. Firmalara ait bal örneklerinin sırasıyla diastaz sayıları; 12.86, 13.02, 14.22, 22.45, 13.46 olarak bulunmuştur. Araştırmada kullanılan firmalara ait bal örnekleri arasında ($P < 0.01$) önemli farklar olmasına rağmen Türk Gıda Kodeksi-Bal Tebliğine uygun bulunmuştur (Çiftçi ve Parlat, 2018).

Aydın ilinde üretilen hayıt balı, çam balı ve Orta Anadolu’da üretilen çiçek ballarının bazı kimyasal parametreleri belirlenmiştir. Hayıt, çiçek ve çam ballarında sırasıyla diastaz sayısı 27.3 ± 0.208 ve 23.15 ± 4.10 ve 24.07 ± 1.17 olarak tespit edilmiştir (Uçak Koç vd., 2017). Kambur vd. (2015) Yığılca bal örneklerinde diastaz sayısını 8.45-14.29 arasında bildirmiştir. Yaşar ve Söğütü (2020) çalışmada Bingöl ve ilçelerinde üretilen bazı bal örneklerinin ortalama diastaz sayısını 22.5 olarak belirlemiştir. Manolova vd. (2021) Bulgaristan'dan alınan 27 ayçiçeği balı örneğinin diastaz sayısını 9.00 – 20.80 arasında bildirmişlerdir.

Çorum yöresi ballarının bazı kalite parametrelerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiş olup temin edilen 47 bal örneğinde diastaz sayısı 16.4 (0.1-32.2) olarak tespit edilmiştir (Güzel ve Savaş Bahçeci, 2020). Bir çalışmada bal örneklerinin diastaz aktivitesi %10.9-17.9 (Özcan ve Ölmez, 2014), başka bir çalışmada diastaz aktivitesi 11.2°Gothe olarak tespit edilmiştir (Terrab vd., 2002). Farklı iki ısı işlem (45 °C/48 saat ve 65 °C/6 saat) uygulanan adaçayı (*Salvia officinalis* L.) balının iki yıl depolama süreci sonucunda balın içerik değişimi incelenmiştir. Bala kısa süreli yüksek sıcaklık (65 °C/6 saat) ısı işlem uygulaması enzim aktivitesini azaltmıştır (Flanjak vd., 2022).

KAYNAKÇA

- Akgün, N., Çelik, Ö. F., & Kelebekli, L. (2021). Physicochemical properties, total phenolic content, and antioxidant activity of chestnut, rhododendron, acacia and multifloral honey. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(4), 3501-3508. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-00937-3>.
- Alghamdi, B. A., Alshumrani, E. S., Saeed, M. S. B., Rawas, G. M., Alharthi, N. T., Baeshen, M. N., ... & Suhail, M. (2020). Analysis of sugar composition and pesticides using HPLC and GC–MS techniques in honey samples collected from Saudi Arabian markets. *Saudi J Biol Sci* 27: 3720–3726.
- Ateş, Y., & Yaşar, S. (2020). Chemical investigations on honey produced in Bingöl and surroundings. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 20(1), 72-80.
- Aydın BD, Sezer, Ç., & Bilge Oral, N. (2008). Kars’ ta satışa sunulan süzme balların kalite niteliklerinin araştırılması. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 14(1), 89-94.
- Baloš M.Z., Popov N., Vidaković S., Pelić D.L., Pelić M., Mihaljev Z., & Jakšić, S. (2018). Electrical conductivity and acidity of honey.. *Arhiv veterinarske medicine*, Vol. 11, No. 1, 91 – 101. UDK: 638.162:577.1.
- Belli, T. (2019). *Muğla ilinde üretilen balların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri* (Doctoral dissertation, Pamukkale Üniversitesi).
- Bengü, A. Ş., & Kutlu, M. A. (2018). Identification of Some Quality Criteria of Honey Produced in Bingöl. *Turkish Journal of Nature and Science*, 7(1), 7-10.
- Berhanu, S., Tadesse, D. M., & Jorge, A. (2022). Physico-chemical properties of Ethiopian *Apis mellifera* Honey: Review. *J Agric Sc Food Technol*, 8(1), 038-044. DOI: <https://dx.doi.org/10.17352/2455-815X.000143>
- Bhalchandra, W., & Joshi, M. A. (2021). Physicochemical properties of blended raw honey samples collected from three different locations of Kannad taluka of Aurangabad district (MS), India. *J. Èntomol. Zool. Stud*, 9, 578-586. DOI: <https://doi.org/10.22271/j.ento.2021.v9.i2i.8534>.
- Bobis, O., Moise, A. R., Ballesteros, I., Reyes, E. S., Durán, S. S., Sánchez-Sánchez, J., ... & Alvarez-Suarez, J. M. (2020). Eucalyptus honey:

- Quality parameters, chemical composition and health-promoting properties. *Food chemistry*, 325, 126870.
- Bontempo, L., Camin, F., Ziller, L., Perini, M., Nicolini, G., & Larcher, R. (2017). Isotopic and elemental composition of selected types of Italian honey. *Measurement*, 98, 283-289. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2015.11.022>.
- Boussaid, A., Chouaibi, M., Rezig, L., Hellal, R., Donsi, F., Ferrari, G., & Hamdi, S. (2018). Physicochemical and bioactive properties of six honey samples from various floral origins from Tunisia. *Arabian journal of chemistry*, 11(2), 265-274. <http://dx.doi.org/10.1016/j.arabjc.2014.08.011>.
- Brar, D. S., Pant, K., Krishnan, R., Kaur, S., Rasane, P., Nanda, V., ... & Gautam, S. (2023). A comprehensive review on unethical honey: Validation by emerging techniques. *Food Control*, 145, 109482. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109482>.
- Can, Z., Yildiz, O., Sahin, H., Turumtay, E. A., Silici, S., & Kolayli, S. (2015). An investigation of Turkish honeys: Their physico-chemical properties, antioxidant capacities and phenolic profiles. *Food chemistry*, 180, 133-141. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.024>.
- Chen, C. T., Chen, B. Y., Nai, Y. S., Chang, Y. M., Chen, K. H., & Chen, Y. W. (2019). Novel inspection of sugar residue and origin in honey based on the $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ isotopic ratio and protein content. *journal of food and drug analysis*, 27(1), 175-183.
- Chirsanova, A., Capcanari, T., Boistean, A., & Siminiuc, R. (2021). Physico-chemical profile of four types of honey from the south of the Republic of Moldova. *Food and Nutrition Sciences*, 12(9), 874-888. <https://doi.org/10.4236/fns.2021.129065>.
- Codex Alimentarius Komisyonu Bal Standardı (2001) (codex stan 12-1981), Web adresi: <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codextexts/list-standards/en/>,
- Çetin, K., Akın, E., & Uçurum, H. (2011). Determination of Quality Parameters of Flower Honey Sold on the Market. *Journal of Food and Feed Science*, 11, 49-56.

- Çiftçi, M., & Parlat, S. S. (2018). Konya Bölgesindeki Marketlerde Satılan Farklı Ticari Çiçek Ballarının Bazı Kimyasal Özelliklerinin Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğine Uygunluğunun Araştırılması. *Selcuk Journal of Agriculture & Food Sciences/Selcuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 32(1). e-ISSN: 2458-8377. DOI: 10.15316/SJAFS.2018.61.
- Dadalı, C. (2021). Characterization of Volatile Compounds and Sensory Properties of Chaste (*Vitex agnus-castus* L.) Honey. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 9(3): 621-631. DOI: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v9i3.621-631.4165>
- Demir, E. (2013). The chemical and palynological characteristic of honey kind of the district and Ayder-Ceymakur (Camlihemsin/Rize) (Master thesis) (p. 130). Recep Tayyip Erdogan University, Institute of science.
- Elflein, L., & Raetzke, K. P. (2008). Improved detection of honey adulteration by measuring differences between $\delta^{13}C$ stable carbon isotope ratios of protein and sugar compounds with a combination of elemental analyzer-isotope ratio mass spectrometry and liquid chromatography-isotope ratio mass spectrometry ($\delta^{13}C$ -EA/LC-IRMS). *Apidologie*, 39(5), 574-587. DOI: 10.1051/apido:2008042. www.apidologie.org.
- Ferek, Ö. (2016). Muğla ili çam ballarının bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. Namık Kemal Üniversitesi. *Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ*.
- Flanjak, I., Kenjerić, D., Strelec, I., Rajs, B. B., & Primorac, L. (2022). Effect of processing and storage on sage (*Salvia officinalis* L.) honey quality. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*, 11(6), e3375-e3375.
- Çelemlı, O. G., Özkök, A., Özenirler, Ç., Mayda, N., Zare, G., & Sorkun, K. (2021). Highlighting The Melissopalynological and Physicochemical Characteristics of Ayder-Rize (Turkey). *Communications Faculty of Sciences University of Ankara Series C Biology*, 30(2), 119-133. DOI: 10.53447/communc.906788. <https://communications.science.ankara.edu.tr>
- Ghramh, H. A., Khan, K. A., Zubair, A., & Ansari, M. J. (2020). Quality evaluation of Saudi honey harvested from the Asir province by using

- high-performance liquid chromatography (HPLC). *Saudi journal of biological sciences*, 27(8), 2097-2105.
- Gürbüz, S., Çakıcı, N., Mehmetoğlu, S., Atmaca, H., Demir, T., Arıgül Apan, M., ... & Güney, F. (2020). Physicochemical quality characteristics of Southeastern Anatolia honey, Turkey. *International Journal of Analytical Chemistry*, 2020(1), 8810029. <https://doi.org/10.1155/2020/8810029>.
- Güzel, N., & Bahçeci, K. S. (2020). Çorum yöresi ballarının bazı kimyasal kalite parametrelerinin değerlendirilmesi. *Gıda*, 45(2), 230-241. doi: 10.15237/gida.GD19129. E-ISSN 1309-6273, ISSN 1300-3070.
- İçli, N. (2022). Evaluation of HMF levels in unbranded flower honeys in terms of food safety. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 69(4), 431-436. DOI: 10.33988/auvfd. 886000.
- Kahraman, T., Buyukunal, S. K., Vural, A., & Altunatmaz, S. S. (2010). Physico-chemical properties in honey from different regions of Turkey. *Food chemistry*, 123(1), 41-44.
- Kambur, M., Kekeçoğlu, M., & Yildiz, İ. (2015). Assesment of the honey samples produced in Yığılca district of Düzce city by using chemical and palynological analysis. *Uludag Bee Journal*, 15(2), 67-79.
- Kanbur, E. D., Yuksek, T., Atamov, V., & Ozcelik, A. E. (2021). A comparison of the physicochemical properties of chestnut and highland honey: The case of Senoz Valley in the Rize province of Turkey. *Food Chemistry*, 345, 128864. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128864>.
- Karadal, F., & Yildirim, Y. (2012). The quality parameters and nutritional and health effect of honey. *J FacVetMedUniv Erciyes*, 9(3), 197-209.
- Karatas, S., Aktumsek, A., & Duru, M. E. (2019). Investigation of physicochemical properties of some monofloral honeys in South Western Anatolia. *International Journal of Secondary Metabolite*, 6(3), 251-262. <https://dx.doi.org/10.21448/ijsm.623262>. ISSN-e: 2148-6905 /© IJSM 2019.
- Karlıdağ, S., & Solak-amet, O. (2025). TÜRKİYE’NİN FARKLI LOKASYONLARINDAN TEMİN EDİLEN TİCARİ BAL

- ÖRNEKLERİNİN MELİSSOPALİNOLOJİK ve FİZİKO-KİMYASAL ANALİZLERİ. *Uludag Bee Journal*, 25(1), 89-107.
- Keskin, Ş., Mayda, N., Keskin, M., & Özkök, A. (2020). BİLECİK BALLARININ MELİSSOPALİNOLOJİK VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ. *Gıda*, 45(2), 275-289. doi: 10.15237/gida.GD19107. E-ISSN 1309-6273, ISSN 1300-3070.
- KILIÇ, Ö., Kutlu, M. A., & ÖZDEMİR, F. A. (2016). Examination of the various chemical properties of the Hizan region (Bitlis-Turkey) honey types. *Progress in Nutrition*, Vol. 18, N. 4: 411-420.
- Lozano-Torres, B., Martínez-Bisbal, M. C., Soto, J., Borrás, M. J., Martínez-Manez, R., & Escriche, I. (2022). Monofloral honey authentication by voltammetric electronic tongue: A comparison with ¹H NMR spectroscopy. *Food Chemistry*, 383, 132460.
- Łozowicka, B., Kaczyński, P., & Iwaniuk, P. (2021). Analysis of 22 free amino acids in honey from Eastern Europe and Central Asia using LC-MS/MS technique without derivatization step. *Journal of Food Composition and Analysis*, 98, 103837. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103837>.
- Mahmood, Q. H., & Abbas, K. M. (2020). Comparative of glucose, fructose and sucrose ratios in honey fed honey bees on Citrus flowers (Citrus Singensis), honey fed honey bees on sucrose with artificial honey in HPLC. *EurAsian Journal of BioSciences*, 14(2).
- Malkoç, M., Kara, Y., Özkök, A., Ertürk, Ö., & Kolaylı, S. (2019). Characteristic properties of Jerusalem thorn (Paliurus spina-christi Mill.) honey. *Uludag Bee Journal* 2019, 19 (1): 69-81. DOI: <https://doi.org/10.31467/uluaricilik.535658>.
- Manolova, V., Parvina, I., Yankovska-stefanova, T., & Balkanska, R. (2021). Physicochemical analysis of sunflower honey from Bulgaria. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 21(2), 168-176. DOI: 10.31467/uluaricilik.960751.
- Nombré, I., Schweitzer, P., Boussim, J. I., & Rasolodimby, J. M. (2010). Impacts of storage conditions on physicochemical characteristics of honey samples from Burkina Faso. *African Journal of Food Science*, 4(7), 458-463.

- Ozkok, A., Celemlı, O. G., Zare, G., Ozenirler, C., Mayda, N., & Sorkun, K. (2021). Geographical indication study of Tunceli honeys. *Uludag Bee Journal*, 21 (1), 39-53. DOI: 10.31467/uluaricilik.896300.
- Özcan, M. M., & Ölmez, Ç. (2014). Some qualitative properties of different monofloral honeys. *Food Chemistry*, 163, 212-218.
- Özenirler, Ç. (2018). Dandelion honey: a new monofloral honey record for Turkey. *Uludag Bee Journal*, 18(2), 87-93. DOI: 10.31467/uluaricilik.485024.
- Özenirler, Ç., Mayda, N., Çelemlı, Ö. G., Özkök, A., & Sorkun, K. (2019). PAKETLİ BALLARIN BOTANİK ORİJİN TESPİTİ VE MİKROSKOBİK ANALİZLERİ: ETİKET BİLGİLERİ İLE İÇERİK UYUMLULUĞUNUN KARŞILAŞTIRILMASI. *Gıda*, 44(5), 861-865. doi: 10.15237/gida.GD19058
- Silva Da, P. M., Gauche, C., Gonzaga, L. V., Costa, A. C. O., & Fett, R. (2016). Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food chemistry*, 196, 309-323. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.051>
- Simsek, A., Bilsel, M., & Goren, A. C. (2012). 13C/12C pattern of honey from Turkey and determination of adulteration in commercially available honey samples using EA-IRMS. *Food Chemistry*, 130(4), 1115-1121.
- Smetanska, I., Alharthi, S. S., & Selim, K. A. (2021). Physicochemical, antioxidant capacity and color analysis of six honeys from different origin. *Journal of King Saud University-Science*, 33(5), 101447.
- Terrab, A., Diez, M. J., & Heredia, F. J. (2002). Characterisation of Moroccan unifloral honeys by their physicochemical characteristics. *Food Chemistry*, 79, 373-379.
- Truzzi, C., Annibaldi, A., Illuminati, S., Finale, C., & Scarponi, G. (2014). Determination of proline in honey: comparison between official methods, optimization and validation of the analytical methodology. *Food chemistry*, 150, 477-481. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.11.003>
- Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği (Tebliğ No: 2020/7, Sayı 31107). (2020). <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2020/04/20200422-13.htm>, (Erişim tarihi:16.02.2025)

- UÇAK KOÇ, A., KARACAOĞLU, M., & DOĞAN, M. (2017). Hayıt (*Vitex agnus-castus*), Çam ve Karışım Çiçek Balının Bazı Kalite Kriterleri Açısından Karşılaştırılması. *Journal of Adnan Menderes University, Agricultural Faculty*, 14(1), 17-21. doi: 10.25308/aduziraat.294889.
- Ünüböl Aypak S., İnci, A., Bakırcı, S., Fidan, E. D., & Soysal, M. (2019). Comparision of the antioxidant activity and hydroxymethylfurfural (HMF) levels in honey taken from hives and markets. *Gıda*, 44(1), 86-92. doi: 10.15237/gida.GD18056, E-ISSN 1309-6273, ISSN 1300-3070
- Xie, Q., Huang, X., Ji, X., Jia, G., Sang, Y., Cui, Z., & Zhang, J. (2022). Comprehensive investigation of psicose in Chinese honeys and the assessment of its potential as a new marker for honey adulteration detection. *Journal of Food Composition and Analysis*, 108, 104444. <http://www.elsevier.com/locate/jfca>.
- Yaşar, S., & Söğütlü, İ. (2020). Investigation of acidity, diastase number, HMF, insoluble dry matter and ash percentage values of some honey samples produced in Bingöl and districts. *Van Vet J*, 31 (1), 42-45. <https://doi.org/10.36483/vanvetj.631565>. ISSN: 2149-3359.
- Yurt, B., & Çakır, S. (2020). Some Physicochemical Properties of Honey Produced in Iğdır and Region. *Turkish Journal of Nature and Science*, 9, 51-57, Special Issue. <https://doi.org/10.46810/tdfd.761654>.
- Yücel, Y., & Sultanog, P. (2013). Characterization of honeys from Hatay Region by their physicochemical properties combined with chemometrics. *Food Bioscience*, 1, 16-25. www.elsevier.com/locate/fbio.
- Zábrodská, B., & Vorlová, L. (2015). Adulteration of honey and available methods for detection—a review. *Acta Veterinaria Brno*, 83(10), 85-102. doi:10.2754/avb201483S10S85.

BÖLÜM 3

BAL ARILARINDA (*Apis mellifera*) BESLENME FİZYOLOJİSİ VE DOĞAL FLORA ETKİLEŞİMİ

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet İLKAYA¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17391793>

¹ Veteriner Fakültesi/ Zootečni Ve Hayvan Besleme, Bingöl Üniversitesi, Türkiye.
Orcid: 0000-0002- 1797-144X, milkaya@bingol.edu.tr

Giriş

Bal arısı (*Apis mellifera*) sosyal yapısı, yüksek ekolojik değeri ve ekonomik önemi nedeniyle dünya genelinde en çok araştırılan tozlayıcı türdür. Koloni düzeyinde bir “süperorganizma” olarak değerlendirildiğinde, bireylerin gelişimi, koloni büyümesi, bal ve diğer arı ürünlerinin üretimi ile bağışıklık sisteminin güçlü kalabilmesi büyük ölçüde beslenme kalitesine bağlıdır (Ansaloni et al., 2025). Arıların beslenme fizyolojisi, temel olarak nektar ve polen tüketimine dayanır. Nektar başlıca karbonhidrat kaynağı olup enerji ihtiyacını karşılar; polen ise protein, lipid, vitamin, mineral ve steroller bakımından zengin olduğundan larva gelişimi ve erişkin arıların fizyolojik fonksiyonlarının sürdürülmesinde kritik rol oynar (Yokota et al., 2024).

Doğal floranın sunduğu kaynakların çeşitliliği ve kalitesi, kolonilerin beslenme dengesini doğrudan etkiler. Tek tip polen ile beslenen kolonilerde larva gelişiminin yavaşladığı, bağışıklık yanıtlarının zayıfladığı ve kış sağkalım oranlarının düştüğü rapor edilmiştir (Braglia et al., 2025). Buna karşılık, farklı bitkilerden toplanan polenlerin karışımı daha dengeli bir amino asit profili ve lipid bileşimi sunarak koloninin performansını artırır (Meehan and Toole, 2025). Özellikle esansiyel amino asitlerin (örneğin izolösin, lösin, valin) ve sterollerin arı fizyolojisinde larval büyüme ve hormonal denge için vazgeçilmez olduğu vurgulanmaktadır (Ansaloni et al., 2025).

Bal arılarının doğal floradan yararlanma kapasiteleri, yalnızca koloninin mevcut çevresel koşullara adaptasyonunu değil, aynı zamanda arı ürünlerinin (bal, polen, propolis, arı sütü vb.) kimyasal profillerini de belirler. Nektar ve polenin floristik kökeni, balın şeker kompozisyonu, polenin protein düzeyi ve propolisin fenolik bileşik çeşitliliği üzerinde doğrudan etkilidir (Alaerjani et al., 2022; Urcan, 2025). Bu nedenle, doğal flora çeşitliliği yalnızca ekolojik bir unsur değil, aynı zamanda arı ürünlerinin biyolojik aktivitesi ve insan sağlığı açısından da kritik bir faktördür (Aguilar, 2020).

Ayrıca, doğal flora ile bal arısı fizyolojisi arasındaki ilişki, koloni bağışıklığı üzerinde de belirleyicidir. Özellikle polifenoller, flavonoidler ve fenolik asitler gibi bitki ikincil metabolitleri, bal arılarının bağışıklık sistemini güçlendiren ve patojenlere karşı direncini artıran biyoaktif moleküller olarak işlev görür (Alaux et al., 2010; Doublet et al., 2017). Bu bağlamda, doğal floraya erişim kısıtlandığında veya arılar tek tip besin kaynağına bağımlı hale geldiğinde, bağışıklık yanıtlarının zayıfladığı ve *Nosema spp.*, *Varroa*

destructor gibi parazitlere karşı hassasiyetin arttığı bildirilmiştir (Di Pasquale et al., 2013; Brutscher et al., 2015).

Bal arılarının (*Apis mellifera*) beslenme fizyolojisi ile doğal flora arasındaki etkileşim, yalnızca kolonilerin sürdürülebilirliği açısından değil, aynı zamanda ekosistemlerin işleyişi ve tarımsal üretim güvenliği için de stratejik bir öneme sahiptir. Doğal flora çeşitliliğinin korunması, arı sağlığının güvence altına alınması ve arıcılığın sürdürülebilirliği için ekolojik temelli yönetim stratejilerinin geliştirilmesi kaçınılmazdır (Decourtye et al., 2010; Goulson et al., 2015).

Bal arılarında (*Apis mellifera*) beslenme fizyolojisi, doğal flora ile etkileşim sürecinde yalnızca makro besinler (karbonhidratlar, proteinler, lipitler) üzerinden değil, aynı zamanda mikro besinler (vitaminler, mineraller ve biyoaktif bileşikler) aracılığıyla da şekillenmektedir. Polen, başlıca protein kaynağı olup larvaların gelişimi, arı sütü üretimi ve işçi arıların hipofaringeal bez aktiviteleri için vazgeçilmezdir (Herbert, 1992; Roulston & Cane, 2000). Protein düzeyi yüksek ve amino asit profili dengeli polen kaynaklarının kolonilerde yavru yetiştirme kapasitesini ve işçi arıların yaşam süresini artırdığı; buna karşılık düşük kaliteli polenlerin beslenmenin yetersiz kalmasına ve koloni performansının düşmesine neden olduğu bildirilmiştir (Di Pasquale et al., 2013; Alaux et al., 2010).

Buna ek olarak, doğal flora çeşitliliği koloniler için beslenme dengesi sağlamaktadır. Tek tip (monofloral) polen kaynağına bağımlı kalan arılarda, esansiyel amino asit ve lipid eksiklikleri ortaya çıkabilmekte, bu durum da arıların bağışıklık ve detoksifikasyon sistemlerinde zayıflamalara yol açmaktadır (Arien et al., 2018; Vaudo et al., 2015). Özellikle linoleik asit, oleik asit ve palmitik asit gibi yağ asitleri ile fitosteroller, arıların hücre zarlarının bütünlüğü, hormonal dengeleri ve feromon sentezi açısından büyük önem taşımaktadır (Taha et al., 2025).

Karbonhidrat kaynağı olan nektar ise arılar için başlıca enerji kaynağıdır. Ancak nektarın kalitesi ve şeker kompozisyonu (glikoz, fruktoz, sakaroz oranları) floristik kaynağa göre farklılık göstermektedir (Nicolson & Thornburg, 2007). Bu çeşitlilik, arıların enerji metabolizmasını ve koloni içi iş bölümünü doğrudan etkilemektedir. Ayrıca nektar ve polenden elde edilen ikincil metabolitler (örneğin flavonoidler, fenolik asitler, terpenler) yalnızca enerji sağlamakla kalmaz, aynı zamanda antioksidan, antimikrobiyal ve

immünmodülatör özellikleri sayesinde arı sağlığına katkıda bulunur (Johnson et al., 2009; Palmer-Young et al., 2019).

Dolayısıyla, doğal flora çeşitliliği ile bal arısı fizyolojisi arasındaki ilişki, yalnızca besin sağlama işleviyle sınırlı kalmayıp, koloni sağlığı, bağışıklık gücü ve çevresel stres faktörlerine adaptasyon kapasitesini de belirleyen çok boyutlu bir süreçtir. Bu bağlamda, doğal floristik kaynakların korunması ve çeşitlendirilmesi, arıcılık ekosisteminin sürdürülebilirliği açısından stratejik bir öncelik olarak görülmektedir (Decourtye et al., 2010; Goulson et al., 2015).

Tarımsal sistemlerde yaygın olarak uygulanan monokültür tarımı, arılar için büyük ölçüde tek tip besin kaynağı sunmaktadır. Örneğin, geniş alanlarda ayçiçeği, kolza veya badem yetiştiriciliği, arılara bol miktarda nektar ve polen sağlasa da, besinsel çeşitliliğin düşük olması nedeniyle uzun vadede arı sağlığını tehdit etmektedir (Nicolson, 2011; Requier et al., 2015). Bu tip tek yönlü beslenme, özellikle bağışıklık sistemi zayıflamasına, *Nosema spp.* gibi parazitlere ve virüslere karşı duyarlılığın artmasına yol açmaktadır (Di Pasquale et al., 2013; Brutscher et al., 2015).

Ayrıca tarımda kullanılan pestisitler, yalnızca doğrudan toksik etki yaratmakla kalmaz, aynı zamanda doğal floristik çeşitliliğin azalmasına da neden olur. Pestisit kullanımı sonucu, yabani flora baskılanmakta ve arıların alternatif besin kaynakları kısıtlanmaktadır (Woodcock et al., 2017). Bu durum, bal arılarının beslenme fizyolojisini olumsuz etkileyerek kolonilerde stres birikimine, üretkenliğin düşmesine ve koloni kayıplarının artmasına zemin hazırlamaktadır (Goulson et al., 2015).

İklim değişikliği ve modern tarımsal uygulamalar, bal arılarının doğal flora ile olan etkileşimini derinden etkilemektedir. Küresel ısınma, yağış rejimlerindeki değişiklikler ve ekstrem iklim olayları, bitkilerin çiçeklenme zamanlarını, nektar ve polen üretim miktarlarını doğrudan değiştirmektedir (Scaven & Rafferty, 2013; Memmott et al., 2007). Bu durum, arıların beslenme döngüsü ile bitkilerin çiçeklenme dönemleri arasında bir fenolojik uyumsuzluk yaratmakta, arıların yeterli ve dengeli besin kaynaklarına ulaşmasını güçleştirmektedir (Kudo & Ida, 2013).

İklim değişikliği ve habitat kayıpları, arıların doğal flora ile eşzamanlılığını (phenological matching) bozarak beslenme dengesini tehdit etmektedir. Çiçeklenme dönemlerinin kayması veya kısalması, arıların kritik

dönemlerde yeterli nektar ve polen bulamamasına yol açmakta, bu da koloni büyümesini ve kışa hazırlığı olumsuz etkilemektedir (Rueda-Urbe et al., 2024). Ayrıca tarımsal monokültürlerin yaygınlaşması, arıların beslenme çeşitliliğini sınırlamakta ve koloni kayıpları riskini artırmaktadır (Mainardi et al., 2025).

İklimsel değişiklikler ve tarımsal uygulamaların doğal flora üzerindeki etkileri, bal arılarının beslenme fizyolojisini ve koloni sağlığını doğrudan etkilemektedir. Bu bağlamda, biyolojik çeşitliliğin korunması, agroekolojik yöntemlerin desteklenmesi ve arı dostu tarımsal uygulamaların yaygınlaştırılması, arıcılığın ve ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir (Decourtye et al., 2010; Klein et al., 2007).

Doğal flora–arı beslenmesi etkileşiminin bozulması yalnızca koloni sağlığını değil, aynı zamanda ekosistem hizmetlerini de tehdit etmektedir. Bal arıları, dünya genelinde tarımsal ürünlerin yaklaşık %75’inin tozlaşmasında rol oynayan başlıca polinatörler arasında yer almakta, bu da doğal flora ile kurdukları ilişkinin ekolojik ve ekonomik önemini artırmaktadır (Klein et al., 2007; Potts et al., 2010). Ancak doğal flora çeşitliliğinin azalması, arıların polinasyon kapasitesinde düşüşe neden olmakta, dolayısıyla hem ekosistemlerin işleyişi hem de gıda güvenliği üzerinde olumsuz sonuçlar yaratmaktadır (Potts et al., 2016).

Güncel literatür, doğal floranın çeşitliliğinin kolonilerin sağlığı için vazgeçilmez olduğunu vurgulamaktadır (Rueda-Urbe et al., 2024). Takviye besleme (şeker şurubu, polen ikameleri) kısa vadede fayda sağlasa da, doğal polen kaynaklarının sunduğu mikro besin çeşitliliği ve mikrobiyal etkileşimleri tam olarak karşılayamamaktadır (Sultana et al., 2024). Bu nedenle, arıcılıkta sürdürülebilir beslenme stratejilerinin geliştirilmesi, yalnızca takviye besleme uygulamalarına değil, aynı zamanda doğal flora çeşitliliğini korumaya ve artırmaya yönelik habitat yönetimine dayanmalıdır.

Bunun yanı sıra, doğal flora yalnızca besin kaynağı sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda kolonilerin adaptif kapasitesini güçlendirmektedir. Özellikle tıbbi özelliklere sahip bitkilerden elde edilen nektar ve polenler, arıların bağırsak mikrobiyotasını düzenleyerek bağışıklık sistemini desteklemektedir (Engel et al., 2012; Kwong & Moran, 2016). Bu durum, arıların hastalıklara ve pestisit kaynaklı stres faktörlerine karşı daha dirençli olmalarını sağlamaktadır. Dolayısıyla, yabani flora ile kurulan beslenme

ilişkisi, yalnızca bireysel arı fizyolojisini değil, aynı zamanda koloni düzeyinde bütünsel sağlık dengesini de belirleyici bir rol oynamaktadır (Richardson et al., 2015).

Ek olarak, doğal floradan elde edilen polifenoller ve diğer fitokimyasalların arı ürünlerine geçişi, bu ürünlerin biyolojik aktivitelerini de şekillendirmektedir. Örneğin, farklı floristik kökenlerden elde edilen balların antioksidan, antimikrobiyal ve antikanser özellikleri, nektarın kimyasal yapısı ile doğrudan ilişkilidir (Aguilar, 2020; Urcan, 2025). Bu durum, doğal flora ile bal arısı beslenmesi arasındaki ilişkinin yalnızca ekolojik açıdan değil, aynı zamanda insan sağlığına katkı sağlayan fonksiyonel gıda üretimi açısından da stratejik bir önem taşıdığını göstermektedir.

Bal arılarında (*Apis mellifera*) beslenme fizyolojisi ile doğal flora arasındaki etkileşim, ekolojik denge, koloni sağlığı ve arıcılık ürünlerinin kalitesi açısından bütüncül bir öneme sahiptir. Doğal flora, arıların yaşam döngüsünde yalnızca enerji ve besin sağlamakla kalmaz; bağışıklık sistemi, detoksifikasyon kapasitesi, davranışsal fizyoloji ve koloninin uzun vadeli sürdürülebilirliği üzerinde de belirleyici rol oynar (Alaux et al., 2010; Di Pasquale et al., 2013). Floristik çeşitliliğin azalması, monokültür baskısı ve iklim değişikliğine bağlı fenolojik kaymalar, arıların beslenme fizyolojisinde ciddi dengesizlikler yaratmakta ve koloni kayıplarını hızlandırmaktadır (Goulson et al., 2015; Scaven & Rafferty, 2013).

Öte yandan, doğal floraya erişim ve polen/ nektar çeşitliliği, yalnızca arı sağlığını değil, aynı zamanda arı ürünlerinin biyolojik değerini de doğrudan etkilemektedir. Floral kaynağın kimyasal bileşimi, balın şeker profili, polenin protein kalitesi ve propolisin fenolik yapısı üzerinde belirleyicidir (Alaerjani et al., 2022; Urcan, 2025). Bu da doğal flora ile arı beslenmesi etkileşimini yalnızca arıcılık ekolojisi açısından değil, insan sağlığına katkı sağlayan işlevsel gıda üretimi açısından da stratejik bir boyuta taşımaktadır (Aguilar, 2020).

Dolayısıyla, bal arılarının sürdürülebilirliği ve sağlığı için doğal flora çeşitliliğinin korunması, arı dostu tarımsal uygulamalar, biyolojik çeşitlilik temelli arazi kullanımı ve iklim değişikliğine uyum stratejileri geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır (Decourtye et al., 2010; Potts et al., 2016). Bu yaklaşımlar, yalnızca kolonilerin sağlığını değil, aynı zamanda ekosistemlerin işleyişini ve gıda güvenliğini de güvence altına alacaktır.

Bal arılarında beslenme yalnızca arı fizyolojisini değil, aynı zamanda bağırsak mikrobiyotasını da şekillendirir. Arıların bağırsak mikrobiyomu, polen kaynaklarının çeşitliliği ve bileşimine göre değişir; bu da patojen baskılama, besinlerin biyoyararlanımı ve bağışıklık düzenlenmesi üzerinde etkili olur (Meehan and Toole, 2025). Özellikle *Nosema spp.* gibi bağırsak patojenlerine karşı beslenme çeşitliliğinin koruyucu etkisi olduğu bildirilmiştir (Braglia et al., 2025).

1. Bal Arılarının Beslenme Fizyolojisi

Bal arılarının beslenme fizyolojisi, koloninin yaşam döngüsünü ve verimliliğini doğrudan etkileyen temel bir süreçtir. Arılar için başlıca besin kaynakları nektar ve polen olup, bunlar farklı fizyolojik işlevlerde kritik roller üstlenir. Nektar, yüksek oranda karbonhidrat içererek enerji ihtiyacını karşılar ve uçuş aktiviteleri ile koloni içi iş gücünün devamlılığını sağlar. Polen ise protein, aminoasitler, lipidler, vitaminler ve mineraller bakımından zengindir; özellikle larvaların büyüme ve gelişiminde, kraliçe arının yumurta verimliliğinde ve işçi arıların ömür uzunluğunda belirleyici bir rol oynar (Brodtschneider & Crailsheim, 2010).

Bal arılarının beslenme fizyolojisi, yalnızca enerji ihtiyacının karşılanmasıyla sınırlı olmayıp aynı zamanda immünolojik yanıtların güçlenmesi, patojenlere karşı savunma ve koloni içi davranışların düzenlenmesi gibi çok boyutlu süreçleri kapsamaktadır (Di Pasquale et al., 2013). Doğal floral kaynaklardan elde edilen nektar ve polen, arıların metabolik fonksiyonlarını destekleyen biyolojik olarak aktif bileşikler içermektedir. Özellikle flavonoidler, fenolik asitler, alkaloidler ve uçucu yağ bileşenleri, arıların antioksidan savunma sistemlerinde önemli rol oynamaktadır (Alaux et al., 2010). Bu biyokimyasal etkileşimler, arıların sadece bireysel sağlığını değil, koloninin genel dayanıklılığını da artırmaktadır.

Bal arılarında beslenme fizyolojisi ile doğal flora etkileşiminin anlaşılması, yalnızca biyolojik açıdan değil, aynı zamanda ekolojik ve tarımsal sürdürülebilirlik bağlamında da büyük önem taşımaktadır. Arılar, karbonhidrat ihtiyaçlarını öncelikle nektardan, protein, lipid, vitamin ve mineral gereksinimlerini ise polenden karşılamaktadır (Brodtschneider & Crailsheim, 2010). Bu besin maddeleri, arıların enerji metabolizmasından

bağıışıklık sistemine, üreme başarısından davranışsal düzenlemelerine kadar birçok temel fizyolojik sürecin merkezinde yer almaktadır. Özellikle proteinler, larval gelişim ve salgı bezlerinin (örneğin hipofarengal bezler) fonksiyonları için kritik öneme sahiptir. Protein yetersizliği, işçi arıların ömrünün kısalmasına ve kolonide iş gücü dengesizliğine yol açmaktadır (Herbert, 1992).

Ekolojik açıdan değerlendirildiğinde, floral çeşitliliğin azalması arıların beslenme stratejilerini daraltmakta ve kolonilerde “beslenme stresi” olarak tanımlanan fizyolojik bir durum ortaya çıkarmaktadır (Naug, 2009). Bu durum, özellikle monokültür tarım alanlarında gözlemlenmekte ve arı kolonilerinin hem verimliliğini hem de sağkalım oranını olumsuz etkilemektedir. Çeşitli bitki türlerinden elde edilen polenlerin kombine tüketimi, arıların immünolojik gen ekspresyonunu olumlu yönde etkilemekte, pestisit ve patojen stresine karşı direnç geliştirmelerine yardımcı olmaktadır (Schmehl et al., 2014; Di Pasquale et al., 2016).

Ayrıca, arıların beslenme fizyolojisi ile flora arasındaki karşılıklı ilişki çift yönlüdür. Arılar, polinasyon aracılığıyla bitkilerin üremesine katkıda bulunurken, flora da arıların yaşam döngüsünü sürdürebilmesi için gerekli besinsel altyapıyı sağlamaktadır. Bu simbiyotik etkileşim, hem doğal ekosistemlerin sürekliliği hem de tarımsal üretimin devamlılığı açısından kritik öneme sahiptir (Klein et al., 2007). Ancak, habitat kayıpları, iklim değişikliği ve pestisit uygulamaları, bu dengeyi giderek daha fazla tehdit etmektedir (Goulson et al., 2015).

2. Beslenme Fizyolojisinin Moleküler Boyutu

Bal arılarının beslenme fizyolojisi yalnızca makro besin öğeleri (karbonhidrat, protein, lipid) değil, aynı zamanda mikro besinler ve biyoaktif bileşenler üzerinden de şekillenmektedir. Özellikle polende bulunan fitosteroller (örneğin 24-methylenecholesterol), arıların ekzojen olarak almak zorunda olduğu bileşiklerdir; bu steroller hücre membran bütünlüğü, hormon sentezi ve gelişim süreçleri için gereklidir (Ansaloni et al., 2025). Sterol yetersizliği, larvaların pupal gelişimini bozmakta ve işçi arıların yaşam süresini kısaltmaktadır.

Doğal floradan sağlanan polen, yalnızca makro besin bileşenleri değil, aynı zamanda esansiyel aminoasitler, fenolik bileşikler ve mikro elementler

açısından da zengin bir kaynak oluşturmaktadır. Bu bileşikler, arıların oksidatif stresle mücadele etmesine, detoksifikasyon mekanizmalarını aktive etmesine ve viral-patojen baskısını azaltmasına katkı sağlamaktadır (Moritz et al., 2007; Alaux et al., 2010). Örneğin, flavonoid ve fenolik bileşikler, hem arıların bağışıklık kapasitesini artırmakta hem de *Nosema spp.* gibi paraziter enfeksiyonların şiddetini azaltabilmektedir (Porrini et al., 2011). Bu durum, doğal floradaki çeşitliliğin arı sağlığı üzerindeki doğrudan etkilerini göstermektedir.

Ayrıca, polen kaynaklı polifenoller ve flavonoidler, arıların antioksidan savunma sisteminde önemli rol oynar. Bu bileşikler hem oksidatif stresin azaltılmasında hem de patojenlere karşı bağışıklık yanıtının düzenlenmesinde görev alır (Braglia et al., 2025). Bununla birlikte, bazı bitki polenlerinin sekonder metabolitleri (örneğin alkaloidler, saponinler) yüksek dozlarda toksik etkilere yol açabilmektedir. Dolayısıyla, doğal floranın çeşitliliği yalnızca besinsel dengeyi değil, aynı zamanda toksikolojik riskleri de düzenleyen kritik bir faktördür.

3. Doğal Flora ve Koloni Fonksiyonları

Koloni içerisindeki bireylerin görev dağılımı (işçi, asker, bakıcı arılar) beslenme durumuna bağlıdır. Yüksek kaliteli polen tüketen genç işçiler, hipofarengeal bezlerini daha hızlı geliştirir; bu da larvaların royal jelly ile beslenmesini kolaylaştırır (Yokota et al., 2024). Bu nedenle, larvaların sağlıklı gelişimi ve kraliçe üretimi doğrudan polen kalitesi ile ilişkilidir.

Ayrıca beslenme, koloni davranışlarını da etkiler. Protein ve enerji açığı yaşayan kolonilerde foraging davranışı (dışarıda yiyecek arama) artarken, uzun süreli kıtlık dönemlerinde işçi ölümleri hızlanır ve koloni küçülmeye başlar. Bu süreç, günümüzde özellikle monokültür tarım alanlarında gözlenen koloni çöküş sendromu (CCD) ile ilişkilendirilmektedir (Mainardi et al., 2025).

4. Uygulama Alanları ve Arıcılıkta Yönetim

Arıcılıkta beslenme fizyolojisi bilgisi, hem koloni yönetimi hem de tarımsal ekosistem planlaması için önemlidir. Takviye besleme (şeker şurubu, polen ikameleri) kısa vadeli çözüm sağlarken, uzun vadede kolonilerin

sağlıklı kalabilmesi için biyolojik çeşitliliği yüksek doğal floraya erişim gereklidir (Sultana et al., 2024).

Özellikle tarımsal peyzaj yönetimi kapsamında, arıların nektar ve polen bulabileceği çiçek şeritlerinin oluşturulması, monokültür alanlarda beslenme kısıtlılarını azaltmaktadır (Meehan and Toole, 2025). İklim değişikliği bağlamında ise çiçeklenme zamanlarının kayması, polinatör-çiçek fenolojisi arasındaki uyumu bozmakta ve kolonilerin riskini artırmaktadır (Rueda-Urbe et al., 2024). Bu nedenle, gelecekte arı sağlığını korumak için ekosistem temelli yönetim stratejileri daha da önem kazanacaktır.

5. Karbonhidrat Metabolizması ve Enerji Dengesi

Bal arıları için temel enerji kaynağı karbonhidratlardır ve bu ihtiyaç öncelikle nektar ve bal yoluyla karşılanır. Nektarda bulunan başlıca şekerler sakaroz, glukoz ve fruktozdur. Bu şekerler, invertaz enzimi aracılığıyla işlenerek bala dönüştürülür ve uzun süreli enerji kaynağı olarak depolanır (Brodshneider & Crailsheim, 2010). Enerji dengesi, arıların uçuş kapasitesi, termoregülasyonu ve koloni içi iş bölümünü sürdürebilmesi açısından kritik öneme sahiptir (Seeley, 2009).

Karbonhidrat yetersizliği durumunda arılar enerji eksikliğine bağlı olarak uçuş performansını kaybetmekte, arı danslarıyla iletişim etkinliği düşmekte ve koloni düzeyinde işlevsel bozulmalar ortaya çıkmaktadır (Southwick, 1987). Ayrıca enerji açığı, bağışıklık sistemi yanıtlarını da zayıflatarak parazit ve patojenlere karşı duyarlılığı artırmaktadır (Naug, 2009).

6. Polen ve Protein Kaynakları

Protein, arı fizyolojisinde özellikle larvaların gelişiminde, işçi arıların salgı bezlerinin fonksiyonlarında ve kraliçe arıların yumurta üretiminde merkezi bir role sahiptir (Herbert, 1992). Doğal floradan elde edilen polen, arıların temel protein kaynağıdır ve içerdiği esansiyel aminoasitler arı biyolojisinin sürdürülebilirliği açısından vazgeçilmezdir.

Polen kalitesi, bitki türüne bağlı olarak büyük farklılıklar gösterebilmektedir. Örneğin, bazı polenler yüksek oranda prolin, izölösün ve lösün gibi aminoasitler içerirken, bazı türlerde bu oran düşüktür (Di Pasquale et al., 2013). Bu nedenle polifloral polen tüketimi, arılar için daha dengeli bir

protein ve aminoasit alımı sağlamaktadır (Alaux et al., 2010). Tek tür polene dayalı beslenme (monofloral beslenme), işçi arıların yaşam süresini kısaltmakta ve larval gelişim oranlarını düşürmektedir (Di Pasquale et al., 2016).

7. Doğal Flora ve Ekolojik Önemi

Doğal flora, bal arılarının yalnızca besinsel ihtiyaçlarını karşılamakla kalmayıp aynı zamanda ekolojik döngülerin sürdürülebilirliğini de sağlamaktadır. Arılar ve bitkiler arasındaki bu simbiyotik ilişki, polinasyon yoluyla tarımsal verimlilik ve biyolojik çeşitlilik açısından kritik öneme sahiptir (Klein et al., 2007).

Floral çeşitlilik, arıların beslenme dengesini doğrudan etkiler. Habitat kaybı ve monokültür tarım uygulamaları, arıların besin çeşitliliğini sınırlamakta ve kolonilerde beslenme stresine yol açmaktadır (Goulson et al., 2015). Bu durum, özellikle *Nosema spp.* ve *Varroa destructor* gibi patojen ve parazitlere karşı kolonilerin dayanıklılığını azaltmaktadır (Porrini et al., 2011).

Doğal florada çeşitlilik, arıların beslenme kalitesini belirleyen en önemli faktörlerden biridir. Monofloral beslenme koşullarında arılar çoğu zaman bazı esansiyel aminoasitlerden ve mikro besinlerden yoksun kalabilirken, polifloral kaynaklardan beslenme, beslenme dengesini optimize ederek arıların hem gelişim hem de bağışıklık kapasitelerini güçlendirmektedir (Schmehl et al., 2014). Örneğin, farklı bitki türlerinden elde edilen polenlerin kombinasyonu, larvaların büyüme hızını, işçi arıların yaşam süresini ve kraliçe arıların yumurtlama kapasitesini olumlu yönde etkilemektedir (Di Pasquale et al., 2016). Bu durum, doğal flora ile arı fizyolojisi arasındaki karşılıklı bağımlılığı açıkça göstermektedir.

Bununla birlikte, habitat kayıpları, tarımsal monokültür uygulamaları ve pestisit kullanımı, arıların doğal floral çeşitliliğe erişimini kısıtlamaktadır. Bu durum, arı kolonilerinde beslenme stresini, bağışıklık sisteminin zayıflaması ve parazit enfeksiyonlarına karşı duyarlılığın artması ile sonuçlanmaktadır (Goulson et al., 2015). Örneğin, *Nosema spp.* enfeksiyonlarının, düşük besin çeşitliliği ve yetersiz polen kalitesi ile daha şiddetli seyrettiği bilinmektedir (Porrini et al., 2011). Bu bağlamda, doğal flora kaynaklarının korunması

yalnızca ekosistem hizmetlerinin devamlılığı için değil, aynı zamanda bal arılarının sağlığı ve sürdürülebilirliği için kritik öneme sahiptir.

Doğal flora, arıların yalnızca beslenme gereksinimlerini karşılamaz; aynı zamanda davranışsal ve fizyolojik adaptasyonlarını da yönlendirir. Çiçek çeşitliliği ve sürekliliği, arıların farklı besin maddelerine ulaşmasını sağlar. Tek tip bitkiden beslenme (monofloral kaynaklar), beslenme eksikliklerine yol açabilirken, çok çeşitli bitkilerin bulunduğu ekosistemlerde arılar daha dengeli bir beslenme profiline ulaşır (Alaux et al., 2010). Bu nedenle, floristik çeşitlilik arı kolonilerinin hem bireysel hem de toplumsal düzeyde sağlığını doğrudan etkilemektedir (Schmehl et al., 2014).

Dolayısıyla, arıların beslenme fizyolojisinin korunması, doğal floraların sürdürülebilirliği ile doğrudan ilişkilidir. Biyoçeşitliliğin artırılması, tarım alanlarında flora çeşitliliğinin korunması ve pestisit kullanımının minimize edilmesi, arı sağlığının desteklenmesi için temel stratejiler arasında yer almaktadır (Moritz et al., 2007).

8. Beslenme ve Bağışıklık Sistemi İlişkisi

Bal arılarında bağışıklık sistemi, doğuştan gelen (innate) immün yanıtlar üzerine kuruludur ve humoral ile hücrel savunma mekanizmalarını içermektedir (Evans et al., 2006). Bu bağışıklık sisteminin etkinliği, doğrudan arıların beslenme kalitesiyle ilişkilidir. Polen ve nektardan elde edilen fenolik bileşikler, flavonoidler ve bazı mikro elementler, arıların bağışıklık yanıtlarını modüle ederek patojen baskısına karşı direnç geliştirmelerine katkı sağlar (Alaux et al., 2010).

Beslenme eksiklikleri, bağışıklık gen ekspresyonunu baskılayarak arıların viral, bakteriyel ve paraziter enfeksiyonlara karşı savunma kapasitesini zayıflatmaktadır (DeGrandi-Hoffman et al., 2010). Özellikle *Nosema spp.* enfeksiyonlarının, düşük protein içerikli polenlerle beslenen kolonilerde daha ağır seyrettiği gösterilmiştir (Porrini et al., 2011). Bunun yanı sıra, polifloral polen ile beslenen arıların hem fagositoz kapasiteleri hem de antimikrobiyal peptid üretimleri daha yüksek seviyede bulunmuştur (Di Pasquale et al., 2013).

Dolayısıyla, bağışıklık sistemi ile beslenme arasındaki ilişki, yalnızca bireysel arı sağlığını değil, koloni düzeyinde patojen baskılanmasını da doğrudan etkilemektedir (Evans et al., 2006). Bu bağlamda, doğal floradaki

çeşitliliğin korunması, arıların hem immünolojik hem de ekolojik dayanıklılığını destekleyen stratejik bir unsur olarak öne çıkmaktadır (Moritz et al., 2007).

9. Beslenme Stresi, Koloni Çöküşü ve Patojen Etkileşimi

Son yıllarda dünya genelinde gözlemlenen koloni kayıplarının (Colony Collapse Disorder, CCD) çok faktörlü bir süreç olduğu ve beslenme stresinin bu süreçte temel belirleyicilerden biri olduğu vurgulanmaktadır (Meixner, 2010). Habitat kaybı, tarımsal monokültür uygulamaları ve pestisit maruziyeti, arıların besinsel çeşitliliğini azaltmakta ve kolonilerde kronik bir enerji-protein açığına yol açmaktadır (Naug, 2009; Goulson et al., 2015).

Beslenme stresi altındaki kolonilerde, *Nosema spp.* ve *Varroa destructor* gibi parazitlerin üreme oranı artmakta, viral enfeksiyonlar (örneğin Deformed Wing Virus, Israeli Acute Paralysis Virus) daha şiddetli seyretmektedir (Francis et al., 2013). Bu patojen-parazit sinerjisi, kolonilerin bağışıklık sistemini çökertmekte ve ani koloni ölümlerine yol açabilmektedir.

Özellikle tarımsal alanlarda tek tip bitki örtüsüyle beslenen koloniler, beslenme yetersizlikleri nedeniyle pestisitlerin toksik etkilerine karşı daha duyarlı hale gelmektedir (Schmehl et al., 2014). Bu durum, beslenme ile toksikoloji arasında doğrudan bir etkileşim olduğunu ve doğal floradaki çeşitliliğin arı sağlığını koruyucu bir tampon mekanizma işlevi gördüğünü göstermektedir.

10. Fitokimyasallar ve Arı Sağlığı

Doğal floradan elde edilen nektar ve polenler yalnızca makro besin öğeleri değil, aynı zamanda fitokimyasal bileşikler de içerir. Fenolikler, flavonoidler ve alkaloidler gibi bu ikincil metabolitler, arıların bağışıklık sistemini güçlendirir, patojenlere karşı savunmayı artırır ve oksidatif stresi azaltır (Simone-Finstrom & Spivak, 2010). Örneğin, bazı bitkilerden elde edilen polenlerin *Nosema spp.* enfeksiyonuna karşı koruyucu etkiler sağladığı bildirilmiştir (Richardson et al., 2015). Bu durum, doğal flora ile arı fizyolojisi arasındaki ilişkinin yalnızca besin düzeyinde değil, hastalık direnci açısından da kritik olduğunu göstermektedir.

11. Doğal Flora Kaybı ve Koloni Sağlığına Etkileri

Habitat kaybı, monokültür tarım uygulamaları ve pestisit kullanımı, doğal floristik çeşitliliği azaltarak arıların besin kaynaklarını sınırlandırmaktadır. Bu durum, kolonilerde yetersiz beslenmeye bağlı bağıışıklık zayıflaması, stres faktörlerine duyarlılık artışı ve koloni çöküşü gibi ciddi sorunlara yol açabilmektedir (Goulson et al., 2015). Özellikle son yıllarda gözlenen koloni çöküş sendromu (Colony Collapse Disorder, CCD) olgularında beslenme yetersizliğinin önemli bir etken olduğu öne sürülmektedir (Meixner, 2010).

12. Ekosistem ve Tarımsal Üretim Açısından Önemi

Arıların doğal flora ile kurduğu beslenme ilişkisi yalnızca arı sağlığını değil, aynı zamanda ekosistem hizmetlerini ve tarımsal üretimi de doğrudan etkilemektedir. Dünya çapında tarımsal ürünlerin yaklaşık %75'inin arılar tarafından tozlanmaya bağımlı olduğu bilinmektedir (Klein et al., 2007). Dolayısıyla, arı beslenmesini destekleyen doğal flora kaynaklarının korunması, sürdürülebilir tarım ve gıda güvenliği açısından kritik bir öneme sahiptir (Potts et al., 2016).

13. İnsan Sağlığına Katkılar

Doğal flora, yalnızca arıların değil, insanların da sağlığına katkı sağlayan ürünlerin temelini oluşturur. Arıların farklı floristik kaynaklardan topladığı nektar ve polenler, bal, propolis, arı ekmeğı ve arı sütü gibi ürünlerin biyokimyasal içeriğini zenginleştirir. Bu ürünler antioksidan, antimikrobiyal ve immünomodülatör özellikleriyle insan sağlığı açısından önemli bir yere sahiptir (Aguilar, 2020; Urcan, 2025). Dolayısıyla, doğal flora-arı etkileşimi yalnızca ekolojik bir süreç değil, aynı zamanda fonksiyonel gıda üretimi için de stratejik bir faktördür.

Sonuç

Bal arılarının (*Apis mellifera*) beslenme fizyolojisi ile doğal flora arasındaki etkileşim, koloni sağlığı ve ekosistem sürdürülebilirliği açısından temel belirleyici faktörlerden biridir. Arıların yaşam döngüsü boyunca gereksinim duyduğu enerji, protein, vitamin, mineral ve lipidlerin büyük bölümü, çevredeki bitkisel kaynaklardan sağlanmaktadır. Bu nedenle, doğal floristik çeşitlilik yalnızca bireysel arıların değil, tüm koloninin bağıışıklık

sistemi, davranışsal organizasyonu ve üretkenliği üzerinde doğrudan etkiye sahiptir.

Zengin bir flora, arıların besin bileşenlerine erişimini artırarak metabolik süreçlerin daha dengeli işlenmesini sağlar. Polenin amino asit profili, nektarın karbonhidrat yapısı ve propolis kaynaklarının fenolik içeriği, arıların fizyolojik dayanıklılığıyla yakından ilişkilidir. Monofloral beslenme koşullarında besin eksiklikleri daha belirgin hale gelirken, polifloral kaynaklara erişim arıların stres faktörlerine karşı toleransını artırmakta, bağışıklık sisteminin etkinliğini güçlendirmektedir.

Ayrıca, doğal flora ile arı fizyolojisi arasındaki karşılıklı ilişki, tozlaşma faaliyetleri aracılığıyla ekosistemin bütünlüğünü de korur. Arılar bitkilerin üremesinde kritik bir rol oynarken, bitkiler de arıların yaşamını sürdürülebilmesi için gerekli olan temel besin kaynaklarını sağlar. Bu döngüsel denge, hem tarımsal üretkenliğin devamlılığı hem de biyolojik çeşitliliğin korunması açısından vazgeçilmezdir.

Son yıllarda habitat kayıpları, tarımsal monokültür uygulamaları, pestisit kullanımı ve iklim değişikliği gibi faktörler, doğal flora çeşitliliğini ciddi biçimde azaltmıştır. Bu durum, bal arılarının beslenme fizyolojisini olumsuz yönde etkileyerek koloni çöküş sendromu (CCD), Nosema enfeksiyonları ve Varroa destructor gibi parazitik baskıların artmasına zemin hazırlamıştır. Arıların beslenme yetersizliği bağışıklık sistemini zayıflatmakta, patojenlere karşı dirençlerini düşürmekte ve koloni bütünlüğünü tehdit etmektedir.

Bu bağlamda, arı sağlığının sürdürülebilirliğini sağlamak için doğal flora zenginliğinin korunması büyük önem taşımaktadır. Ekolojik tarım uygulamalarının desteklenmesi, pestisit kullanımının azaltılması, nektar ve polen açısından zengin yerel bitkilerin ekosistemlere yeniden kazandırılması gibi stratejiler, hem arı fizyolojisinin hem de tarımsal ekosistemlerin geleceği için yaşamsal bir gerekliliktir.

Sonuç olarak, bal arılarının beslenme fizyolojisi ile doğal flora arasındaki etkileşim, yalnızca bir beslenme ilişkisi olarak değil, aynı zamanda ekolojik denge, biyolojik çeşitlilik ve sürdürülebilir üretim açısından da stratejik bir öneme sahiptir. Bu ilişkinin korunması, hem arıcılık faaliyetlerinin verimliliği hem de doğal ekosistemlerin devamlılığı açısından temel bir öncelik olarak ele alınmalıdır. Arıların sağlıklı ve dengeli bir şekilde

beslenebilmesi, ancak zengin, çeşitli ve kimyasal baskılardan uzak bir doğal flora ile mümkündür. Dolayısıyla, arı biyolojisi ile bitki ekolojisi arasındaki bu karşılıklı bağımlılığın korunması, hem bilimsel hem de çevresel açıdan geleceğe yönelik en önemli sorumluluklardan biridir.

KAYNAKÇA

- Aguilar, C. N. (2020). Biocontrol systems and plant physiology in modern agriculture: processes, strategies, innovations/edited by. Ann. Bot, 125(1), 79-91.
- Alaerjani, W. M. A., Abu-Melha, S., Alshareef, R. M. H., Al-Farhan, B. S., Ghramh, H. A., Al-Shehri, B. M. A., ... & Mohammed, M. E. A. (2022). Biochemical reactions and their biological contributions in honey. Molecules, 27(15), 4719.
- Alaux, C., Ducloz, F., Crauser, D., & Le Conte, Y. (2010). Diet effects on honeybee immunocompetence. Biology letters, 6(4), 562-565.
- Ansaloni, L. S., Kristl, J., Domingues, C. E., & Gregorc, A. (2025). An overview of the nutritional requirements of honey bees (*Apis mellifera* Linnaeus, 1758). Insects, 16(1), 97.
- Arien, Y., Dag, A., & Shafir, S. (2018). Omega-6: 3 ratio more than absolute lipid level in diet affects associative learning in honey bees. Frontiers in Psychology, 9, 1001.
- Braglia, C., Rudelli, C., Tinti, A., Bocquet, M., Isani, G., Bulet, P., ... & Alberoni, D. (2025). Unravelling pollen diet and microbiome influence on honey bee health. Scientific Reports, 15(1), 13474.
- Brodschneider, R., & Crailsheim, K. (2010). Ernährung und Gesundheit bei Honigbienen. Apidologie, 41, 278-294.
- Brutscher, L. M., Daughenbaugh, K. F., & Flenniken, M. L. (2015). Antiviral defense mechanisms in honey bees. Current opinion in insect science, 10, 71-82.
- DeGrandi-Hoffman, G., Chen, Y., Huang, E., & Huang, M. H. (2010). The effect of diet on protein concentration, hypopharyngeal gland development and virus load in worker honey bees (*Apis mellifera* L.). Journal of insect physiology, 56(9), 1184-1191.
- Decourtye, A., Mader, E., & Desneux, N. (2010). Landscape enhancement of floral resources for honey bees in agro-ecosystems. Apidologie, 41(3), 264-277.
- Di Pasquale, G., Alaux, C., Le Conte, Y., Odoux, J. F., Pioz, M., Vaissière, B. E., ... & Decourtye, A. (2016). Variations in the availability of pollen resources affect honey bee health. PloS one, 11(9), e0162818.

- 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.
- Doublet, V., Poeschl, Y., Gogol-Döring, A., Alaux, C., Annoscia, D., Aurori, C., ... & Grozinger, C. M. (2017). Unity in defence: honeybee workers exhibit conserved molecular responses to diverse pathogens. *BMC genomics*, 18(1), 207.
- Engel, P., Martinson, V. G., & Moran, N. A. (2012). Functional diversity within the simple gut microbiota of the honey bee. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(27), 11002-11007.
- Evans, J. D., Aronstein, K., Chen, Y. P., Hetru, C., Imler, J. L., Jiang, H., ... & Hultmark, D. (2006). Immune pathways and defence mechanisms in honey bees *Apis mellifera*. *Insect molecular biology*, 15(5), 645-656.
- Francis, R. M., Nielsen, S. L., & Kryger, P. (2013). Varroa-virus interaction in collapsing honey bee colonies. *PloS one*, 8(3), e57540.
- Goulson, D., Nicholls, E., Botías, C., & Rotheray, E. L. (2015). Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, 347(6229), 1255957.
- Herbert, E. W., & Hill, D. A. (1992). Honey bee nutrition. *The hive and the honey bee*, 3, 197-233.
- Johnson, R. M., Evans, J. D., Robinson, G. E., & Berenbaum, M. R. (2009). Changes in transcript abundance relating to colony collapse disorder in honey bees (*Apis mellifera*). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(35), 14790-14795.
- Klein, A. M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the royal society B: biological sciences*, 274(1608), 303-313.
- Kudo, G., & Ida, T. Y. (2013). Early onset of spring increases the phenological mismatch between plants and pollinators. *Ecology*, 94(10), 2311-2320.
- Kwong, W. K., & Moran, N. A. (2016). Gut microbial communities of social bees. *Nature reviews microbiology*, 14(6), 374-384.

- Mainardi, G., Sponsler, D., Minaud, E., Vardakas, F., Charistos, L., Requier, F., ... & Steffan-Dewenter, I. (2025). Floral diversity enhances winter survival of honeybee colonies across climatic regions. *Journal of Applied Ecology*, 62(6), 1487-1497.
- 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, S80-S95.
- Meehan, D. E., & O'Toole, P. W. (2025). A Review of Diet and Foraged Pollen Interactions with the Honeybee Gut Microbiome. *Microbial Ecology*, 88(1), 54.
- Memmott, J., Craze, P. G., Waser, N. M., & Price, M. V. (2007). Global warming and the disruption of plant–pollinator interactions. *Ecology letters*, 10(8), 710-717.
- Moritz, R. F., Kraus, F. B., Kryger, P., & Crewe, R. M. (2007). The size of wild honeybee populations (*Apis mellifera*) and its implications for the conservation of honeybees. *Journal of Insect Conservation*, 11(4), 391-397.
- Naug, D. (2009). Nutritional stress due to habitat loss may explain recent honeybee colony collapses. *Biological Conservation*, 142(10), 2369-2372.
- Nicolson, S. W. (2011). Bee food: the chemistry and nutritional value of nectar, pollen and mixtures of the two. *African Zoology*, 46(2), 197-204.
- Nicolson, S. W., & Thornburg, R. W. (2007). Nectar chemistry. In *Nectaries and nectar* (pp. 215-264). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Palmer-Youn, E. C., Farrell, I. W., Adler, L. S., Milano, N. J., Egan, P. A., Junker, R. R., ... & Stevenson, P. C. (2019). Chemistry of floral rewards: intra-and interspecific variability of nectar and pollen secondary metabolites across taxa. *Ecological Monographs*, 89(1), e01335.
- Porrini, M. P., Sarlo, E. G., Medici, S. K., Garrido, P. M., Porrini, D. P., Damiani, N., & Eguaras, M. J. (2011). *Nosema ceranae* development in *Apis mellifera*: influence of diet and infective inoculum. *Journal of Apicultural Research*, 50(1), 35-41.

- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in ecology & evolution*, 25(6), 345-353.
- Potts, S. G., Ngo, H. T., Biesmeijer, J. C., Breeze, T. D., Dicks, L. V., Garibaldi, L. A., ... & Vanbergen, A. (2016). The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production.
- Requier, F., Odoux, J. F., Tamic, T., Moreau, N., Henry, M., Decourtye, A., & Bretagnolle, V. (2015). Honey bee diet in intensive farmland habitats reveals an unexpectedly high flower richness and a major role of weeds. *Ecological Applications*, 25(4), 881-890.
- Richardson, L. L., Adler, L. S., Leonard, A. S., Andicoechea, J., Regan, K. H., Anthony, W. E., ... & Irwin, R. E. (2015). Secondary metabolites in floral nectar reduce parasite infections in bumblebees. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1803), 20142471.
- Roulston, T. A. H., & Cane, J. H. (2000). Pollen nutritional content and digestibility for animals. *Plant systematics and Evolution*, 222(1), 187-209.
- Rueda-Uribe, C., Chautá, A., Woodman, T. L., Lasso, E., Pelayo, R. C., Manrique-Garzón, L. M., ... & Travis, J. M. (2025). Pollination ecology in the tropical Andes: moving towards a cross-scale approach. *Biological Reviews*.
- Scaven, V. L., & Rafferty, N. E. (2013). Physiological effects of climate warming on flowering plants and insect pollinators and potential consequences for their interactions. *Current zoology*, 59(3), 418-426.
- Schmehl, D. R., Teal, P. E., Frazier, J. L., & Grozinger, C. M. (2014). Genomic analysis of the interaction between pesticide exposure and nutrition in honey bees (*Apis mellifera*). *Journal of insect physiology*, 71, 177-190.
- Seeley, T. D. (2009). *The wisdom of the hive: the social physiology of honey bee colonies*. Harvard University Press.
- Southwick, E. E. (1987). Cooperative metabolism in honey bees: an alternative to antifreeze and hibernation.
- Sultana, N., Reza, M. E., Alam, M. N., Siddiquee, M. N. A., Islam, M. S., Rahman, M. A., ... & Rahman, M. M. (2024). Evaluating the efficiency

- of supplementary feeding as a management strategy for enhancing honeybee (*Apis mellifera* L.) colony growth and productivity. *Frontiers in Bee Science*, 2, 1386799.
- Taha, E. K., Shawer, M. B., Elashmawy, A., Mabrouk, M. S., Hassan, M. M., & Hegazy, F. H. (2025). A supplemental protein diet significantly improves morphometric and reproductive traits of honey bee queens during late winter. *Applied Ecology & Environmental Research*, 23(2).
- Urcan, A. C. (2025). Health Benefits and Uses of Bee Bread in Medicine. In *Bee Products–Chemical and Biological Properties* (pp. 473-491). Cham: Springer Nature Switzerland.
- Vaudo, A. D., Tooker, J. F., Grozinger, C. M., & Patch, H. M. (2015). Bee nutrition and floral resource restoration. *Current opinion in insect science*, 10, 133-141.
- Woodcock, B. A., Bullock, J. M., Shore, R. F., Heard, M. S., Pereira, M. G., Redhead, J., ... & Pywell, R. F. (2017). Country-specific effects of neonicotinoid pesticides on honey bees and wild bees. *Science*, 356(6345), 1393-1395.
- Yokota, S. C., Broeckling, C., & HS, A. (2024). Pollen foraging preferences in honey bees and the nutrient profiles of the pollen. *Scientific Reports*, 14(1), 15028.

BÖLÜM 4

BAL ARILARININ BESLENME DİNAMİKLERİNDE DOĞAL FLORANIN KATKISI

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet İLKAYA¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17391805>

¹ Veteriner Fakültesi/ Zootekni Ve Hayvan Besleme, Bingöl Üniversitesi, Türkiye.
Orcid: 0000-0002- 1797-144X, milkaya@bingol.edu.tr

Giriş

Bal arıları (*Apis mellifera*), sosyal organizasyonları, yüksek düzeyde iş bölümü ve çevresel adaptasyon yetenekleriyle ekosistemlerin sürdürülebilirliğinde merkezi bir role sahiptir. Koloninin sağlığı ve verimliliği büyük ölçüde beslenme fizyolojisine bağlı olup, bu fizyoloji doğrudan doğal floradan elde edilen kaynaklarla şekillenmektedir (Crailsheim, 1990; Brodschneider & Crailsheim, 2010). Arılar nektardan karbonhidrat, polenden ise protein, aminoasit, lipid, vitamin ve mineral gereksinimlerini karşılar. Bu besin öğeleri, enerji üretimi, dokusal onarım, bağışıklık sisteminin aktivasyonu ve larval gelişim süreçleri için vazgeçilmezdir. Özellikle polen, arı fizyolojisinde yapısal ve metabolik faaliyetlerin sürdürülmesi için temel bir besin olarak kabul edilir (Crailsheim, 1990).

Doğal flora, arı kolonilerinin bu beslenme gereksinimlerini karşılamada ana kaynaktır. Floristik çeşitliliğin zengin olduğu habitatlarda arılar, farklı besin öğelerine ulaşarak dengeli bir beslenme profili oluşturabilir. Buna karşın monokültür tarım sistemleri veya kentsel habitatlarda bu çeşitliliğin azalması, arıların metabolik dengesini ve bağışıklık sistemini olumsuz etkileyebilmektedir. Dolayısıyla doğal flora yalnızca enerji kaynağı değil, aynı zamanda fizyolojik dayanıklılığın ve koloni bütünlüğünün de sürdürücüsüdür (Alaux et al., 2010; Goulson et al., 2015).

Doğal floradan elde edilen nektar ve polenler, yalnızca makro besin maddeleri değil, aynı zamanda fitokimyasal bileşenler de içerir. Flavonoidler, fenolik asitler ve alkaloidler gibi bu bileşikler, arıların bağışıklık sistemini modüle ederek enfeksiyonlara ve oksidatif stres faktörlerine karşı koruyucu etki gösterir (Simone-Finstrom & Spivak, 2010). Ayrıca, bazı bitki kaynaklı bileşiklerin *Nosema spp.* gibi mikrosporidyal patojenlerin üremesini baskıladığı ve koloni sağlığını desteklediği belirlenmiştir. Bu durum, doğal flora ile arı fizyolojisi arasındaki ilişkinin yalnızca beslenme düzeyinde değil, aynı zamanda immünolojik homeostaz açısından da belirleyici olduğunu göstermektedir (Richardson et al., 2015).

Habitat kaybı, pestisit kullanımı ve iklim değişikliği gibi antropojenik faktörler, arıların doğal flora kaynaklarına erişimini sınırlandırmakta ve koloni sağlığı üzerinde ciddi tehditler oluşturmaktadır. Doğal bitki çeşitliliğinin azalması, arıların belirli dönemlerde besinsiz kalmasına ve bu durumun sonucunda enerji yetersizliği, stres artışı ve bağışıklık

baskılanmasına yol açmaktadır. Bu faktörlerin bileşik etkisi, son yıllarda dünya genelinde gözlenen Koloni Çöküş Sendromu (Colony Collapse Disorder, CCD) olgusuyla ilişkilendirilmektedir(Potts et al., 2010; vanEngelsdorp et al., 2009).

Bal arıları, yalnızca kendi kolonilerinin sürdürülebilirliği açısından değil, aynı zamanda ekosistem işleyişi ve tarımsal üretim açısından da kritik bir rol üstlenir. Küresel ölçekte tarımsal ürünlerin yaklaşık %75'i hayvan tozlaşmasına bağımlıdır ve bu tozlaşmanın büyük kısmını bal arıları gerçekleştirmektedir. Dolayısıyla, arıların beslenme ekolojisini destekleyen doğal flora kaynaklarının korunması, yalnızca koloni sağlığı değil, aynı zamanda gıda güvenliği ve ekosistem sürdürülebilirliği için de zorunludur(Klein et al., 2007; Potts et al., 2016).

Bununla birlikte, arıların beslenme çeşitliliği yalnızca ekolojik değil, farmakolojik ve gıda bilimsel açıdan da değerlidir. Farklı floristik kökenlerden elde edilen nektar ve polenler, bal, propolis, arı sütü ve arı poleni gibi ürünlerin biyokimyasal içeriğini belirler. Bu ürünlerdeki fenolik bileşikler ve antioksidanlar, insan sağlığı üzerinde antimikrobiyal, antiinflamatuvar ve immünomodülatör etkiler göstermektedir. Dolayısıyla, doğal flora-arı etkileşimi yalnızca ekolojik bir süreç değil, aynı zamanda fonksiyonel gıda üretiminin biyolojik temeli olarak da değerlendirilmektedir(Anjum et al., 2019; Urcan, 2025).

Bal arılarının beslenme fizyolojisi ile doğal flora arasındaki etkileşim, çok katmanlı bir biyolojik sistemdir. Bu sistem, enerji metabolizmasından immün yanıt düzenlemesine, ekosistem hizmetlerinden insan sağlığına kadar geniş bir etki alanına sahiptir. Doğal floristik çeşitliliğin azalması, hem arı kolonilerinde hem de ekosistemlerde zincirleme etkilere yol açmaktadır. Bu nedenle, sürdürülebilir arıcılık uygulamaları ve ekosistem temelli koruma stratejileri, yalnızca arı sağlığı için değil, biyolojik çeşitlilik ve gıda güvenliği açısından da hayati öneme sahiptir (Garibaldi et al., 2013; Goulson et al., 2015).

Bal arılarının (*Apis mellifera*) beslenme fizyolojisi, yalnızca enerji gereksinimlerinin karşılanmasıyla sınırlı olmayıp, aynı zamanda koloni sağlığını, bağışıklık yanıtlarını, davranışsal aktiviteleri ve üreme başarısını da doğrudan etkileyen kompleks bir biyolojik süreçtir (Brodshneider & Crailsheim, 2010). Bu süreçte doğal flora, arıların yaşam döngüsünde besin

kaynaklarının çeşitliliğini ve sürekliliğini sağlayan temel ekolojik bileşenlerden biridir. Arıların doğal ortamda karşılaştıkları polen ve nektar kompozisyonu, yalnızca karbonhidrat ve protein dengesini değil, aynı zamanda esansiyel amino asitler, lipitler, vitaminler, mineraller ve fenolik bileşiklerin alınmasını da belirlemektedir (Di Pasquale et al., 2016).

Arıların doğal floradan beslenmesi, özellikle polen çeşitliliği açısından büyük önem taşır. Tek yönlü (monofloral) beslenme, arıların amino asit alımını sınırlayabilirken; çok yönlü (polifloral) beslenme, metabolik dengeyi ve bağışıklık sistemini güçlendirmektedir (Alaux et al., 2010). Özellikle doğal bitki örtüsünün zengin olduğu ekosistemlerde, arılar daha dengeli bir besin profiline ulaşmakta ve *Nosema spp.*, *Varroa destructor* veya diğer stres faktörlerine karşı daha dirençli hale gelmektedir. Bu durum, arıların fizyolojik homeostazını destekleyen doğal floristik çeşitliliğin korunmasının, yalnızca ekolojik değil, aynı zamanda arıcılık ekonomisi açısından da stratejik bir öneme sahip olduğunu göstermektedir (Di Pasquale et al., 2013).

Ayrıca, doğal flora arıların bağırsak mikrobiyotası üzerinde de belirleyici bir etkiye sahiptir. Arıların sindirim sisteminde simbiyotik olarak yaşayan bakteriler, polen ve nektardan gelen karbon kaynaklarının fermentasyonu ve enerjiye dönüştürülmesi süreçlerinde rol oynamaktadır (Engel et al., 2012). Bu mikroorganizmalar, aynı zamanda patojen baskılanması ve toksin detoksifikasyonu gibi bağışıklık mekanizmalarını da desteklemektedir. Dolayısıyla, doğal flora zenginliğinin azalması, yalnızca besin çeşitliliğini değil, mikrobiyal dengeyi de olumsuz etkileyerek koloninin genel fizyolojik dayanıklılığını zayıflatmaktadır (Kwong & Moran, 2016).

Bir diğer önemli etken ise fitokimyasal içeriktir. Nektar ve polen kaynaklı flavonoidler, fenolik asitler ve terpenoidler gibi ikincil metabolitler, arıların oksidatif stresle başa çıkmasında ve dokusal bütünlüğün korunmasında önemli rol oynar. Bu bileşikler, arıların detoksifikasyon enzim sistemlerini aktive ederek pestisit kaynaklı toksisiteyi azaltabilir. Dolayısıyla, doğal florada yer alan bitkisel bileşenlerin kimyasal çeşitliliği, arıların çevresel stres faktörlerine karşı biyokimyasal savunma kapasitelerini doğrudan etkilemektedir (Mao et al., 2013).

Ayrıca, arıların doğal floradan elde ettiği besinlerin kalitesi, çevresel koşullara da bağlıdır. Kuraklık, aşırı sıcaklık veya pestisit uygulamaları gibi faktörler bitkilerin nektar salgısını, şeker oranını ve polen protein içeriğini

düşürerek arıların beslenme etkinliğini azaltmaktadır. Bu da arıların enerji dengesinde bozulmalara, larva gelişiminde yavaşlamaya ve kraliçe veriminde düşüşe neden olmaktadır. Özellikle antropojenik etkilerle doğal bitki örtüsünün yerini tarımsal monokültürlerin alması, arıların beslenme fizyolojisinde ciddi dengesizliklere yol açmaktadır (Goulson et al., 2015).

Bal arılarının (*Apis mellifera*) beslenme fizyolojisi, yalnızca koloninin yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmesi için değil, aynı zamanda arı ürünlerinin kalitesini ve miktarını belirleyen temel faktörlerden biridir. Arıların enerji gereksinimi, büyüme, gelişme, bağışıklık fonksiyonları ve üreme süreçleri doğrudan besin bileşenlerinin çeşitliliği ve biyoyararlanımı ile ilişkilidir (Brodschneider & Crailsheim, 2010). Bu bağlamda, doğal floradan elde edilen nektar ve polen kaynaklarının mevsimsel sürekliliği, koloni metabolizmasının düzenlenmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Özellikle amino asit, yağ asidi, vitamin ve mineral içeriği zengin polenlerin tüketimi, larva gelişimi ve kraliçe verimliliği üzerinde doğrudan etkili olmaktadır (Di Pasquale et al., 2013; Human et al., 2007).

Doğal flora bileşimi, bölgesel ekolojik özelliklere ve iklim koşullarına bağlı olarak önemli ölçüde değişmektedir. Akdeniz iklim kuşağında örneğin, Ballota, Salvia, Thymus ve Rosmarinus türleri arılar için hem enerji kaynağı hem de tıbbi öneme sahip sekonder metabolitlerin temin edildiği önemli bitkilerdir (Dinu et al., 2024). Bu bitkilerden elde edilen polen ve nektarlar, fenolik bileşikler, flavonoidler ve terpenoidler bakımından zengindir ve arıların oksidatif stresle başa çıkma kapasitesini artırmaktadır (Alaux et al., 2010; Gherman et al., 2014). Ayrıca, bu bileşiklerin bazıları *Nosema* spp. gibi patojenlerin çoğalmasını baskılayarak kolonilerin bağışıklık sistemini desteklemektedir (Moritz et al., 2010; Doublet et al., 2017).

Beslenme kalitesi yalnızca bireysel arı sağlığını değil, koloni dinamiklerini de doğrudan etkilemektedir. Düşük kaliteli veya monofloral beslenme, işçi arıların yaşam süresini kısaltmakta, hemşire arıların hipofarengial bez gelişimini sınırlamakta ve kraliçe yumurtlama oranını azaltmaktadır (DeGrandi-Hoffman et al., 2010; Paoli et al., 2014). Buna karşın, poliflora kökenli polenlerle beslenen kolonilerde immün yanıt, oksidatif denge ve davranışsal stabilite daha yüksek düzeyde sürdürülmektedir. Bu durum, doğal floristik çeşitliliğin korunmasının yalnızca

ekolojik değil, aynı zamanda fizyolojik açıdan da zorunlu olduğunu göstermektedir(Di Pasquale et al., 2013; Wright et al., 2018).

Antropojenik faktörler, doğal flora-arısı beslenme ilişkisini ciddi biçimde tehdit etmektedir. Yoğun tarım uygulamaları, pestisit kullanımı ve monokültür bitki desenleri, hem besin çeşitliliğini azaltmakta hem de toksik bileşiklerin birikimi yoluyla arı sağlığını olumsuz etkilemektedir (Henry et al., 2012; Woodcock et al., 2017). Özellikle neonikotinoid pestisitlerin, arıların yön bulma yeteneği ve besin arama davranışlarını bozarak koloni kayıplarına yol açtığı kanıtlanmıştır (Gill et al., 2012; Pisa et al., 2021). Buna karşılık, agroekolojik planlamalar ve polinatör dostu bitki kuşaklarının oluşturulması, arı beslenme fizyolojisinin desteklenmesinde sürdürülebilir bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır (Garibaldi et al., 2013).

Ayrıca, mikrobiyal simbiyoz da beslenme fizyolojisinin ayrılmaz bir parçasıdır. Bal arısının bağırsak mikrobiyotası, özellikle *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* ve *Snodgrassella* türleri, polen sindirimi, karbonhidrat metabolizması ve bağışıklık regülasyonu üzerinde belirleyici etkilere sahiptir (Kwong & Moran, 2016; Engel et al., 2012). Doğal flora çeşitliliği arttıkça bu mikrobiyal toplulukların fonksiyonel çeşitliliği de artmakta, bu da arının çevresel stres faktörlerine adaptasyon yeteneğini güçlendirmektedir. Bu nedenle, doğal flora ile simbiyotik mikroorganizmalar arasındaki dolaylı etkileşim, arıların beslenme fizyolojisini sistem düzeyinde etkileyen bir ağ oluşturmaktadır(Raymann & Moran, 2018).

Son yıllarda yapılan ekofizyolojik çalışmalar, arıların doğal floraya erişiminin sınırlandırılmasının koloni davranışlarını da değiştirdiğini ortaya koymuştur. Doğal bitki çeşitliliğinin düşük olduğu alanlarda arıların foraging (besin toplama) davranışlarında azalma, yön bulma hataları ve koloni içi görev dağılımında bozulmalar gözlemlenmiştir. Bu durum, beslenme fizyolojisi ile nörolojik fonksiyonlar arasındaki ilişkinin, doğal floristik zenginlik aracılığıyla düzenlendiğini düşündürmektedir(Henry et al., 2012).

Bal Arılarının Beslenme Fizyolojisini Etkileyen Doğal Flora Faktörleri

1. Polen Kompozisyonu ve Besin Değeri

Bal arılarının temel protein kaynağı olan polen, larval gelişim, bağışıklık sistemi aktivasyonu ve enzimatik süreçlerin sürdürülmesi açısından

vazgeçilmezdir. Polenler, arıların beslenme fizyolojisinde yalnızca protein düzeyini değil, aynı zamanda esansiyel amino asit dengesini de belirler. Özellikle lösin, izolösin, valin, triptofan ve metiyonin gibi amino asitlerin miktarı, arı metabolizmasının düzenlenmesinde kritik öneme sahiptir. Çalışmalar, polifloral polen tüketen kolonilerin, monofloral polenle beslenen kolonilere göre daha yüksek protein sentezine, yağ depolama kapasitesine ve bağışıklık direncine sahip olduğunu göstermiştir (Alaux et al., 2010; Di Pasquale et al., 2013).

Doğal floradaki polen çeşitliliği, arıların beslenme dengesinin sürekliliğini sağlar. Özellikle baklagiller (*Fabaceae*), hardalgiller (*Brassicaceae*) ve gülgiller (*Rosaceae*) gibi familyalara ait bitkilerin polenleri yüksek protein içeriği ve amino asit çeşitliliğiyle arı beslenmesinde kritik rol oynar. Ayrıca polenlerin lipid ve sterol içeriği, arıların hücre zarlarının stabilizasyonu ve hormon sentez mekanizmaları üzerinde etkilidir (Human et al., 2007). Polen kaynağındaki azalma, yağ depolama dokusunun küçülmesine ve hemolymph protein seviyelerinin düşmesine neden olarak koloni zayıflığına yol açmaktadır (DeGrandi-Hoffman et al., 2010).

2. Nektar İçeriği ve Karbonhidrat Metabolizması

Nektar, arılar için temel enerji kaynağı olup yüksek oranda glikoz, fruktoz ve sakkaroz içerir. Bu şekerlerin oranı, bitki türüne ve çevresel koşullara göre değişiklik göstermektedir (Raymann & Moran, 2018). Arılar, enerji gereksinimlerini karşılamak için nektardaki sakkarozu invertaz enzimi aracılığıyla glikoz ve fruktoza dönüştürür. Nektarın kalitesi, arıların uçuş süresi, foraging verimliliği ve termoregülasyon yeteneğini doğrudan etkiler.

Doğal florada bulunan farklı bitkilerden toplanan nektarlar, yalnızca enerji sağlamakla kalmaz, aynı zamanda eser miktarda amino asitler, vitaminler, organik asitler ve antioksidan bileşikler de içerir. Özellikle *Lavandula spp.*, *Thymus spp.*, *Trifolium spp.* ve *Helianthus spp.* gibi türlerden elde edilen nektarlar, arı metabolizmasını destekleyen yüksek antioksidan kapasiteye sahiptir. Bu bileşenler, oksidatif stresi azaltarak hücresel enerji metabolizmasının etkinliğini artırır (Alaux et al., 2010; Di Pasquale et al., 2013).

3. Fitokimyasal Etkileşimler

Doğal flora kaynaklı nektar ve polenler, arı fizyolojisinde önemli rol oynayan fitokimyasallar açısından zengindir. Flavonoidler, fenolik asitler ve terpenoidler gibi bileşikler, arıların detoksifikasyon sistemlerini uyarak pestisit toksisitesine karşı koruma sağlar. Özellikle p-kumarik asit, kafeik asit ve ferulik asit, arıların sitokrom P450 enzimlerini aktive ederek zararlı kimyasalların metabolizasyonunu hızlandırır(Mao et al., 2013).

Ayrıca bazı bitkilerden elde edilen nektarlar, arıların bağışıklık yanıtlarını modüle edici özellik taşımaktadır. Örneğin, *Helianthus annuus* ve *Echinacea purpurea* nektarları, arıların antimikrobiyal peptid üretimini artırarak *Nosema spp.* enfeksiyonlarına karşı direnç kazandırmaktadır. Bu durum, doğal floradaki fitokimyasal çeşitliliğin arı sağlığı üzerindeki dolaylı etkilerini ortaya koymaktadır(Gherman et al., 2014).

4. Çevresel Faktörler ve Flora Kalitesi

Doğal floranın kimyasal bileşimi, sıcaklık, nem, toprak yapısı ve mevsimsel dinamikler gibi çevresel faktörlerden etkilenmektedir. Yüksek sıcaklıklar nektar üretimini azaltırken, düşük nem oranı nektar konsantrasyonunu artırabilmektedir. Bu değişkenlik, arıların enerji alımı ve su dengesi üzerinde belirleyici rol oynar(Raymann & Moran, 2018).

Ayrıca tarımsal monokültürlerin yaygınlaşması, doğal floranın yerini sınırlı sayıdaki bitki türlerine bırakmakta, bu da besin dengesizliği, yetersiz protein alımı ve artan fizyolojik stresle sonuçlanmaktadır (Goulson et al., 2015). Bu koşullar altında arılar, enerji dengesini korumakta zorlanmakta ve bağışıklık sistemlerinde zayıflama meydana gelmektedir (vanEngelsdorp et al., 2009).

5. Mikrobiyota ve Beslenme Etkileşimi

Doğal flora kaynaklı besinlerin bir diğer önemli etkisi, arıların bağırsak mikrobiyotasının çeşitliliği üzerindedir. Arıların bağırsaklarında yer alan simbiyotik bakteriler — *Gilliamella apicola*, *Snodgrassella alvi* ve *Bifidobacterium asteroides* gibi türler — karbonhidrat fermentasyonu, vitamin sentezi ve bağışıklık düzenlenmesinde kritik rol oynar (Kwong & Moran, 2016). Doğal polen ve nektar çeşitliliği, bu bakteriyel toplulukların dengeli gelişimini desteklerken, sentetik besinlerle beslenen kolonilerde mikrobiyal

dengeinin bozulduğu ve patojen baskısının arttığı gözlenmiştir (Engel et al., 2012).

Doğal Flora Kaybının Bal Arısı Fizyolojisine ve Koloni Sağlığına Etkileri

Doğal floradaki çeşitliliğin azalması, bal arılarının (*Apis mellifera*) beslenme fizyolojisi, bağışıklık sistemi ve koloni dinamikleri üzerinde doğrudan ve dolaylı olumsuz etkilere yol açmaktadır. Modern tarım sistemlerinde yaygınlaşan monokültür uygulamaları, habitat parçalanması ve pestisit kullanımı, arıların doğal nektar ve polen kaynaklarına erişimini ciddi ölçüde sınırlamaktadır. Bu durum, arıların yalnızca enerji dengesini değil, aynı zamanda metabolik dayanıklılığını ve bağışıklık bütünlüğünü de zayıflatmaktadır (Potts et al., 2010; Goulson et al., 2015).

1. Besin Yetersizliği ve Metabolik Bozulmalar

Doğal flora kaybı, arıların diyetinde makro ve mikro besin eksikliklerine yol açmaktadır. Özellikle protein, esansiyel amino asitler, vitaminler ve fitokimyasalların yetersizliği, larva gelişiminin yavaşlamasına ve yetişkin arıların ömrünün kısılmasına neden olmaktadır (DeGrandi-Hoffman et al., 2010). Protein yetersizliği, vitellogenin düzeylerinde azalma, yağ dokusu dejenerasyonu ve bağışıklık proteinlerinin sentezinde düşüşle sonuçlanır (Alaux et al., 2010). Bu metabolik dengesizlik, arıların enerji metabolizmasını olumsuz etkileyerek uçuş performansında ve termoregülasyon kapasitesinde azalma yaratır (Brodschneider & Crailsheim, 2010).

Ayrıca, karbonhidrat bakımından zengin ancak protein açısından fakir besinlerin aşırı tüketimi, kolonilerde metabolik stres ve lipid peroksidasyonu riskini artırır. Bu durum, oksidatif hasar birikimi ve hücrel disfonksiyonla sonuçlanarak erken koloni çöküşüne neden olabilmektedir (Mao et al., 2013).

2. Bağışıklık Sisteminin Zayıflaması

Besin dengesizliği ve fitokimyasal çeşitlilik eksikliği, arıların immün sisteminde baskılanmaya yol açmaktadır. Çalışmalar, monofloral polenle beslenen arılarda antimikrobiyal peptid ekspresyonunun azaldığını, hemolenf fenoloksidaz aktivitesinin düştüğünü ve *Nosema spp.* enfeksiyonlarının daha şiddetli seyrettiğini göstermektedir. Bu bağlamda, doğal flora kaybı yalnızca

besin kıtlığına değil, aynı zamanda bağışıklık baskılanması ve patojen duyarlılığının artmasına da neden olmaktadır(Alaux et al., 2010).

Fitokimyasal çeşitliliğin azalması, özellikle flavonoid ve fenolik asitlerin yokluğunda, arıların detoksifikasyon kapasitesini de azaltır. Bu bileşiklerin eksikliği, sitokrom P450 enzimlerinin aktivitesini sınırlandırarak pestisit toksisitesine karşı koruyucu mekanizmaları zayıflatır. Doğal florası bozulmuş bölgelerde yaşayan arı kolonileri, pestisit ve patojen kaynaklı streslere karşı daha savunmasız hale gelmektedir(Engel et al., 2012).

3. Mikrobiyota Dengesinin Bozulması

Doğal flora çeşitliliğinin azalması, arıların bağırsak mikrobiyotasında da önemli değişikliklere yol açar. Sentetik veya monofloral beslenme, *Gilliamella apicola* ve *Snodgrassella alvi* gibi yararlı simbiyotik bakterilerin popülasyonlarını azaltırken, patojen bakterilerin (*Serratia marcescens*) baskın hale gelmesine neden olmaktadır. Mikrobiyal dengenin bozulması, sindirim verimliliğini düşürmekte, besin emilimini zayıflatmakta ve bağırsak bariyer bütünlüğünü bozmaktadır(Engel et al., 2012; Raymann & Moran, 2018).

Bu durum, arıların metabolik homeostazını olumsuz etkileyerek enerji kayıplarına, bağırsak enfeksiyonlarına ve artan koloni ölüm oranlarına yol açar (Kwong & Moran, 2016). Özellikle *Nosema spp.* enfeksiyonları ile mikrobiyota dengesizliği arasındaki korelasyon, doğal flora kaybının bağışıklık sisteminde ikincil zayıflamalara yol açtığını göstermektedir (Doublet et al., 2017).

4. Koloni Düzeyinde Davranışsal ve Fizyolojik Etkiler

Doğal floradan yeterince yararlanamayan arılar, davranışsal düzeyde de değişiklikler sergiler. Azalan besin çeşitliliği, forager (besin toplayıcı) arıların yön bulma yeteneğinde bozulmalara, kovan içi görev paylaşımında düzensizliklere ve kraliçe beslemesinde aksaklıklara neden olur. Özellikle düşük kaliteli besinlerle beslenen kolonilerde, işçi arıların ömrü kısaltmakta, larval besleme aktivitesi azalmakta ve koloni büyüklüğü zamanla küçülmektedir(Henry et al., 2012).

Bu davranışsal değişiklikler, yalnızca bireysel düzeyde değil, koloni bütünlüğü üzerinde de yıkıcı etkilere sahiptir. Koloni Çöküş Sendromu (Colony Collapse Disorder - CCD) olarak adlandırılan olgunun temel

nedenlerinden biri, doğal floradaki çeşitliliğin azalması sonucu ortaya çıkan kronik beslenme yetersizliğidir (vanEngelsdorp et al., 2009).

5. Ekosistem ve Tarımsal Verimlilik Üzerine Dolaylı Etkiler

Doğal flora kaybının etkileri yalnızca arı kolonileriyle sınırlı kalmamakta, aynı zamanda tozlaşma ekosistem hizmetleri üzerinden tarımsal verimliliği de etkilemektedir. Arı popülasyonlarının azalması, özellikle polinatör bağımlı bitkilerde (Meyve ve yağlı tohum bitkilerinde) verim düşüklüklerine yol açmaktadır. Bu da doğal flora–arı beslenmesi etkileşiminin ekosistem fonksiyonlarıyla ne kadar sıkı bağlantılı olduğunu göstermektedir (Klein et al., 2007).

Doğal Flora ve Arı Sağlığı İlişkisinin Sürdürülebilir Arıcılık Açısından Önemi

Doğal flora, bal arılarının (*Apis mellifera*) beslenme fizyolojisi, bağışıklık sistemi ve koloni sürekliliği açısından temel bir ekolojik bileşen olmanın ötesinde, sürdürülebilir arıcılığın devamlılığı için de yaşamsal öneme sahiptir. Arıların besin çeşitliliğini sağlayan floristik yapı, yalnızca arı sağlığını değil, aynı zamanda arı ürünlerinin (bal, polen, propolis, arı sütü vb.) biyokimyasal kompozisyonunu ve kalite parametrelerini de doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle doğal floristik zenginliğin korunması, ekolojik temelli arıcılık sistemlerinin merkezinde yer almalıdır (Alaux et al., 2010).

1. Ekolojik Arıcılığın Temeli: Floristik Çeşitlilik

Sürdürülebilir arıcılığın ilk koşulu, arıların doğal yaşam alanlarında besin kaynaklarına erişiminin korunmasıdır. Floristik çeşitlilik, yıl boyunca nektar ve polen akışını dengeli şekilde sağlayarak arı kolonilerinin fizyolojik stres yaşamadan faaliyetlerini sürdürmesine olanak tanır. Özellikle farklı çiçeklenme dönemlerine sahip bitkilerin bulunduğu habitatlarda, arılar kesintisiz bir beslenme döngüsü kurar (Doublet et al., 2017).

Ekolojik arıcılıkta amaç, doğal flora döngüsüne entegre bir üretim modeli oluşturmaktır. Bu kapsamda, monokültür alanlarında dahi flora restorasyonu yapılarak arıların beslenme kaynakları çeşitlendirilebilir. Örneğin, tarımsal alanlarda kenar şeritlerine *Phacelia tanacetifolia*, *Borago officinalis* veya *Trifolium pratense* gibi nektar ve polen açısından zengin

bitkilerin ekilmesi, hem arıların beslenme fizyolojisini destekler hem de polinasyon verimliliğini artırır(DeGrandi-Hoffman et al., 2010).

2. Flora Restorasyonu ve Habitat Yönetimi

Doğal flora kaybının önlenmesi için habitat restorasyonu ve ekolojik peyzaj planlaması sürdürülebilir arıcılığın temel araçları arasında yer alır. Yaban çiçeklerinin, aromatik bitkilerin ve yerel bitki türlerinin yaygınlaştırılması, arı kolonilerinin sağlıklı şekilde gelişmesini desteklemektedir. Ayrıca, pestisit kullanımının sınırlandırıldığı polinatör koridorlarının oluşturulması, arıların güvenli besin geçiş alanları bulmasını sağlamaktadır (vanEngelsdorp et al., 2009).

Habitat restorasyonu yalnızca beslenme açısından değil, mikroiklimsel denge bakımından da önemlidir. Geniş yapraklı ve çiçekli bitkiler, mikroklima oluşturma özellikleri sayesinde kovan çevresinde sıcaklık ve nem dengesini optimize ederek, larva gelişimi için uygun çevre koşullarını desteklemektedir (Doublet et al., 2017).

3. Polinatör Dostu Tarım Uygulamaları

Sürdürülebilir arıcılık, tarım sistemleriyle entegre edilmeden mümkün değildir. Polinatör dostu tarım uygulamaları, hem ürün verimini artırmakta hem de arıların beslenme kaynaklarını korumaktadır. Bu kapsamda, entegre zararlı yönetimi (IPM) yaklaşımlarının benimsenmesi, pestisitlerin kontrollü ve hedefe yönelik kullanılmasını sağlar. Ayrıca, organik tarım sistemlerinde kullanılan doğal gübreler ve bitki ekstraktları, nektar kalitesini ve polen besin değerini artırarak arıların fizyolojik sağlığını desteklemektedir (Brodschneider & Crailsheim, 2010).

Bir diğer önemli strateji, tarımsal rotasyon ve ara ekim sistemleridir. Farklı bitki türlerinin ardışık ekimi, arılar için yıl boyu sürekli çiçek kaynağı sağlar. Özellikle yağlı tohum bitkilerinin (*Brassica napus*) ardından baklagillerin (*Vicia faba*) ekilmesi, polen kaynaklarını çeşitlendirerek koloni dayanıklılığını artırmaktadır (Requier et al., 2017).

4. Arı Ürünleri Kalitesi Üzerine Dolaylı Etkiler

Doğal flora çeşitliliği, arı ürünlerinin kimyasal profiline doğrudan yansır. Floristik kompozisyon, balın şeker profili, fenolik içerik ve antioksidan kapasitesini belirleyen ana faktördür. Zengin doğal floraya sahip

bölgelerde üretilen ballar, daha yüksek biyolojik aktiviteye ve daha güçlü antimikrobiyal özelliklere sahiptir(Anjum et al., 2019).

Benzer şekilde, propolis ve arı sütü gibi ürünlerin biyoaktif bileşenleri de bitkisel kaynaklara bağlı olarak değişiklik gösterir. Örneğin, propolisin flavonoid içeriği, çevredeki bitki türlerine göre farklılık gösterir ve antioksidan kapasitesini belirler. Bu nedenle, doğal floristik çeşitliliğin korunması yalnızca arı sağlığı açısından değil, üretilen arı ürünlerinin kalitesi ve insan sağlığı üzerindeki fonksiyonel etkileri açısından da büyük önem taşımaktadır(Urcan, 2025).

5. İklim Değişikliği ve Sürdürülebilir Floristik Yönetim

Küresel iklim değişikliği, çiçeklenme dönemlerinde kaymalara, nektar üretiminde azalmaya ve polen kalitesinde düşüşe neden olarak arıların beslenme döngüsünü doğrudan tehdit etmektedir. Bu nedenle, sürdürülebilir arıcılık politikalarının iklim uyumlu flora yönetimiyle entegre edilmesi gerekmektedir. Yerel ve kuraklığa dayanıklı bitki türlerinin seçilmesi, arıların yıl boyunca yeterli besin kaynağına ulaşabilmesini sağlar(Potts et al., 2016).

Doğal Floranın Bal Arısı (*Apis mellifera*) Beslenme Fizyolojisi Üzerindeki Mekanistik Etkileri

Bal arılarında (*Apis mellifera*) beslenme fizyolojisi, enerji metabolizması, protein sentezi, bağışıklık yanıtı ve davranışsal düzenleme gibi çok sayıda biyokimyasal sürecin bütüncül bir şekilde yürütülmesini gerektirir. Bu süreçlerin her biri, arıların doğal floradan elde ettiği besin kaynaklarının kimyasal bileşimi ile yakından ilişkilidir. Özellikle polen ve nektarın karbonhidrat, amino asit, lipid, fenolik bileşik ve vitamin içeriği, arıların metabolik ve fizyolojik fonksiyonlarını belirleyen temel unsurlar arasında yer almaktadır(Crailsheim, 1990).

1. Karbonhidrat Metabolizması ve Enerji Fizyolojisi

Nektar, arıların en önemli karbonhidrat kaynağıdır ve temel olarak glikoz, fruktoz ve sakkarozdan oluşur. Bu basit şekerler, arıların uçuş kaslarının enerji gereksinimini karşılamakta ve koloninin termoregülasyonunu sürdürmesinde merkezi bir rol oynamaktadır. Farklı bitki türlerinden elde edilen nektarların şeker oranları ve viskozite özellikleri, arıların enerji dönüşüm verimini doğrudan etkiler. Örneğin, *Robinia pseudoacacia* (akasya)

ve *Citrus spp.* nektarları düşük viskoziteli ve yüksek glikoz içeriği nedeniyle hızlı enerji sağlayıcı kaynaklar olarak değerlendirilirken, *Thymus vulgaris* ve *Lavandula spp.* nektarları daha kompleks karbonhidrat profiliyle uzun süreli enerji sağlama kapasitesine sahiptir (Brodschneider & Crailsheim, 2010; Di Pasquale et al., 2013).

Arılar tarafından alınan karbonhidratlar, invertaz enzimi aracılığıyla parçalanır ve glikojen formunda kas dokularında depolanır. Uçuş sırasında enerji üretimi, mitokondrial oksidatif fosforilasyon ile sağlanmakta, bu süreçte NADH ve FADH₂ gibi koenzimler ATP sentezini yönlendirmektedir. Dolayısıyla, doğal floradaki nektar çeşitliliği, arıların enerji dengesinin korunmasında doğrudan belirleyici bir faktördür(Potts et al., 2016).

2. Protein ve Amino Asit Metabolizması

Polen, bal arılarının temel protein kaynağı olup, 18 temel amino asidin tamamını içerir. Ancak amino asit oranı bitkiden bitkiye değişmekte, bu da polenin besleyici değerini belirlemektedir. Örneğin, *Trifolium pratense* (kırmızı yonca) ve *Brassica napus* (kanola) polenleri yüksek lösin, izolösin ve valin içeriğiyle kas gelişimini desteklerken; *Castanea sativa* (kestane) poleni prolin açısından zengindir ve bağışıklık fonksiyonlarının sürdürülmesinde önemli rol oynar (Keller et al., 2005).

Protein eksikliği, hemşire arıların hipofarengal bez gelişimini engelleyerek larvaların yeterli beslenmesini zorlaştırır. Bu durum, koloni büyüme hızında azalmaya ve kraliçe yumurtlama kapasitesinde düşüşe neden olur. Ayrıca, amino asit dengesizliği, arıların bağışıklık gen ekspresyonunu da olumsuz etkiler. Bu nedenle, polen çeşitliliği arı beslenmesinin yalnızca niceliksel değil, niteliksel kalitesini de belirleyen temel unsurdur(Alaux et al., 2010).

3. Lipid ve Sterol Metabolizması

Bal arıları lipidleri enerji kaynağı olarak sınırlı ölçüde kullanmalarına rağmen, steroller, fosfolipitler ve yağ asitleri fizyolojik yapının korunmasında ve hücre zarının stabilitesinde kritik rol oynar. Arılar, de novo sterol sentezi yapamazlar; dolayısıyla bu bileşikler tamamen bitkisel kaynaklardan sağlanır. Özellikle β -sitosterol, stigmasterol ve kampesterol gibi fitosteroller, polen

kökenli olup arıların gelişim ve üreme fizyolojisinde temel işlevlere sahiptir (Urcan, 2025).

Lipit eksiklikleri, arıların hormon sentezini ve feromon üretimini olumsuz etkileyerek koloni iletişimini zayıflatır. Öte yandan, fenolik bileşiklerle zenginleştirilmiş polenlerin tüketimi, lipit peroksidasyonunu baskılayarak oksidatif stresin azaltılmasına katkıda bulunur (Gherman et al., 2014)

4. Fenolik Bileşikler ve Antioksidan Savunma

Doğal floradan elde edilen nektar ve polenler, flavonoidler, fenolik asitler, karotenoidler ve terpenoidler gibi fitokimyasallar bakımından zengindir. Bu bileşikler, arı organizmasında antioksidan savunma mekanizmalarının aktivasyonunu uyarır ve reaktif oksijen türlerinin (ROS) birikimini azaltır. Özellikle kersetin, kaempferol ve p-kumarik asit gibi bileşikler, detoksifikasyon enzimlerinin (Glutasyon S-transferaz, süperoksit dismutaz) ekspresyonunu artırarak pestisit toksisitesine karşı koruyucu etki göstermektedir (Mao et al., 2013).

Ayrıca, fenolik bileşiklerin *Nosema ceranae* enfeksiyonları üzerinde baskılayıcı etki gösterdiği, arıların bağışıklık sistemini güçlendirdiği ve bağırsak mikrobiyotasını stabilize ettiği bildirilmektedir. Bu durum, doğal flora ile beslenmenin yalnızca besleyici değil, terapötik bir değer de taşıdığını göstermektedir (Doublet et al., 2017; Saad, 2025).

5. Vitamin ve Mineral Metabolizması

Vitaminler ve iz elementler, arıların enzimatik aktiviteleri ve sinirsel iletim süreçlerinde yardımcı faktör olarak görev yapar. Özellikle B-kompleks vitaminleri (B₁, B₂, B₆, B₁₂), karbonhidrat metabolizmasında ve nöral fonksiyonlarda rol oynarken; askorbik asit (C vitamini) antioksidan koruma sağlar. Çinko, magnezyum ve mangan gibi mineraller, arıların bağışıklık regülasyonu ve hemolenf bileşimi açısından hayati öneme sahiptir (Mao et al., 2013).

Doğal floradaki mineral bileşimi toprak özelliklerine bağlı olarak değiştiği için, floristik çeşitlilik aynı zamanda arı beslenmesinin mineral dengesini de belirler. Özellikle *Aronia*, *Helianthus* ve *Brassica* türleri, mineral

açısından zengin polenler üreterek arıların fizyolojik homeostazını desteklemektedir(Doublet et al., 2017).

Doğal Flora Çeşitliliğinin Arı Sağlığı ve Koloni Dinamikleri Üzerindeki Etkileri

Bal arılarının sağlığı ve kolonilerin sürdürülebilirliği, besin kaynaklarının çeşitliliği ve kalitesiyle doğrudan ilişkilidir. Doğal flora, yalnızca karbonhidrat ve protein temini açısından değil, aynı zamanda bağışıklık yanıtlarının güçlendirilmesi, stres toleransının artırılması ve patojen baskısının azaltılması yönünden de arı sağlığının temel belirleyicisidir (Alaux et al., 2010; Di Pasquale et al., 2013). Floristik çeşitliliğin yüksek olduğu ekosistemlerde beslenen arı kolonileri, genellikle daha yüksek immün aktivite, düşük hastalık prevalansı ve uzun ömürlü işçi arılar ile karakterize edilir (Goulson et al., 2015; Wright et al., 2018).

1. Floristik Çeşitlilik ve Koloni Bağışıklık Dengesinin Korunması

Arıların doğal floradan temin ettiği polen ve nektar bileşimi, hem humoral hem de hücrel bağışıklık sisteminin regülasyonunda etkilidir. Örneğin, fenolik bileşikler ve flavonoidler, antimikrobiyal peptidlerin sentezini uyarak *Nosema ceranae*, *Paenibacillus larvae* ve *Ascosphaera apis* gibi patojenlere karşı koruyucu etki sağlar (Brandt et al., 2016; Saad, 2025). Ayrıca, polen çeşitliliği arttıkça antimikrobiyal genlerin (defensin-1, hymenoptaecin) ekspresyon düzeyleri de artmaktadır. Bu durum, beslenme çeşitliliğinin koloni bağışıklığında doğrudan genetik düzeyde bir savunma mekanizması yarattığını göstermektedir(Alaux et al., 2010).

Buna ek olarak, doğal flora kaynaklı prebiyotik bileşikler —özellikle oligosakkaritler ve fenolik türevler— arıların bağırsak mikrobiyotasının kompozisyonunu düzenleyerek probiyotik bakterilerin (*Lactobacillus spp.*, *Bifidobacterium spp.*) kolonizasyonunu destekler (Engel et al., 2012; Kwong & Moran, 2016). Mikrobiyal denge, patojenlerin bağırsağa yerleşmesini engelleyerek dolaylı bir bağışıklık savunması sağlar (Raymann & Moran, 2018).

2. Floristik Monotonluğun Koloni Çöküşü Üzerindeki Etkisi

Tarım sistemlerinde yaygınlaşan monokültür uygulamaları, arı besin kaynaklarını ciddi biçimde sınırlandırmaktadır. Tek tip bitkilerden gelen polenler genellikle amino asit, lipid veya vitamin açısından dengesizdir ve uzun vadede kronik beslenme yetersizliklerine yol açar (Requier et al., 2017). Bu dengesizlik, arıların bağışıklık fonksiyonlarını zayıflatır, *Nosema spp.* gibi parazitlere karşı duyarlılığı artırır ve virüs replikasyonunu hızlandırır (Doublet et al., 2017; Di Pasquale et al., 2016).

Ayrıca, monokültür alanlarda pestisit uygulamaları, besin kalitesi ile birlikte toksik maruziyeti de artırmaktadır. Neonikotinoid pestisitlerin, özellikle imidakloprid ve klotianidin'in, arıların navigasyon yeteneğini, öğrenme davranışlarını ve oryantasyon kabiliyetini olumsuz etkilediği gösterilmiştir (Gill et al., 2012; Henry et al., 2012). Bu durum, işçi arıların tarlaya çıktıktan sonra kovana bulamama oranını yükselterek Koloni Çöküş Sendromu (CCD) riskini artırır (Potts et al., 2010; Pisa et al., 2021).

3. Floristik Zenginliğin Üreme ve Davranışsal Fizyoloji Üzerine Etkileri

Doğal flora zenginliği yalnızca beslenme fizyolojisini değil, aynı zamanda arıların davranışsal düzenlemelerini de etkiler. Poliflora ortamlarında beslenen kolonilerde kraliçe yumurtlama oranı, larva gelişim hızı ve işçi arı ömrü belirgin biçimde artmaktadır (DeGrandi-Hoffman et al., 2010). Bu artış, yüksek kaliteli polenlerde bulunan esansiyel amino asitler, steroller ve mikrobelerin etkisiyle açıklanmaktadır (Keller et al., 2005).

Ayrıca, floral çeşitliliğin zengin olduğu ekosistemlerde, arıların dans diliyle ifade ettikleri yön bulma davranışlarının daha verimli ve kararlı olduğu gözlenmiştir. Bu, arıların enerji ekonomisini optimize etmelerine ve kaynak paylaşımını koloni düzeyinde koordine etmelerine olanak tanır. Böylelikle, floristik çeşitlilik yalnızca beslenme kalitesi değil, sosyal organizasyon verimliliği açısından da temel bir ekolojik parametredir (Couvillon et al., 2012).

4. Ekolojik ve Koruma Perspektifinden Floranın Önemi

Doğal flora çeşitliliğinin azalması yalnızca arı kolonilerini değil, ekosistem hizmetlerini de doğrudan tehdit etmektedir. Dünya genelinde

tarımsal ürünlerin %75'inin tozlaşmasında bal arıları rol oynamakta, dolayısıyla floristik çeşitlilik ile tozlaşma etkinliği arasında güçlü bir pozitif ilişki bulunmaktadır (Klein et al., 2007; Potts et al., 2016). Floristik açıdan zengin habitatlarda, arı popülasyon yoğunluğu ve polinatör davranış çeşitliliği artmakta, bu da hem ekolojik dayanıklılığı hem de tarımsal verimliliği desteklemektedir (Garibaldi et al., 2013).

Bununla birlikte, iklim değişikliği, arazi parçalanması ve kentsel yayılma gibi faktörler doğal florayı daraltarak polinasyon döngüsünde kopukluklara yol açmaktadır. Bu nedenle, ekosistem temelli koruma stratejileri, arıların beslenme fizyolojisini desteklemenin yanı sıra, tozlaşma süreçlerinin sürdürülebilirliğini de güvence altına almak için kritik öneme sahiptir (Rasmont et al., 2017).

Sonuç

Doğal floristik çeşitlilik, bal arılarının (*Apis mellifera* L.) fizyolojik, davranışsal ve bağışıklık temelli homeostazını sürdürebilmesi açısından temel bir ekolojik belirleyicidir. Bal arıları, polifag beslenme davranışına sahip olduklarından, farklı bitki türlerinden sağladıkları nektar ve polen kaynakları, yalnızca enerji gereksinimlerini karşılamakla kalmaz, aynı zamanda bağışıklık yanıtlarını, detoksifikasyon enzim aktivitelerini ve mikrobiyota dengelerini de doğrudan etkiler. Floristik çeşitlilikteki artış, amino asit, yağ asidi, vitamin ve fitokimyasal çeşitliliğini de zenginleştirerek, arıların fizyolojik stres faktörlerine karşı dayanıklılığını ve koloninin genel sağlık durumunu güçlendirir.

Buna karşın, monofloral peyzajlar, tarımsal yoğunlaşma ve pestisit uygulamaları, arıların beslenme fizyolojisinde ciddi dengesizlikler yaratmaktadır. Özellikle polen kaynaklarındaki çeşitlilik azalması, temel esansiyel amino asitlerin eksikliğine yol açarak hipofaringeal bez gelişimini, hemolenf protein düzeylerini ve larva besleme kapasitesini olumsuz etkiler. Bu durum, koloni düzeyinde bağışıklık baskılanmasına, *Nosema* spp. gibi mikrosporidiyen patojenlerin proliferasyonuna ve davranışsal koordinasyonun bozulmasına neden olmaktadır. Ayrıca, floristik daralma, kolonilerin detoksifikasyon sistemlerinde görev alan sitokrom P450 ve GST (glutatyon S-transferaz) gibi enzimlerin aktivitesini düşürerek pestisit toksisitesine karşı savunmayı zayıflatmaktadır.

Bu çerçevede, arı sağlığının sürdürülebilirliği yalnızca bireysel düzeyde beslenme desteği sağlanmasıyla değil, aynı zamanda doğal flora çeşitliliğini ve ekolojik dengeyi koruyan bütüncül çevre yönetimi yaklaşımlarıyla mümkündür. Arıcılık faaliyetlerinin ekosistem tabanlı bir çerçevede yürütülmesi; agroekolojik planlamalar, organik tarım pratikleri ve pestisit kullanımının minimize edilmesiyle desteklenmelidir. Özellikle tarım alanlarında çiçeklenme dönemlerinin sürekliliğini sağlayacak *floral koridorlar*, *yaban bitki şeritleri* ve *habitat restorasyonları*, arı kolonilerinin besin sürekliliğini güvence altına alacak ekolojik tampon bölgeler olarak kritik önem taşımaktadır.

Geleceğe yönelik olarak, floristik çeşitliliği destekleyen peyzaj restorasyon programları, arı sağlığı ve küresel gıda güvenliği açısından stratejik bir öncelik olarak değerlendirilmelidir. Çünkü arıların fizyolojik sürdürülebilirliği, yalnızca bireysel organizma düzeyinde değil, aynı zamanda ekosistem servislerinin (özellikle tozlaşma) devamlılığında da belirleyici bir role sahiptir. Bu nedenle arıcılık politikalarının, floristik çeşitliliği koruyan ve zenginleştiren tarım-ekoloji entegrasyonlarını merkeze alan sürdürülebilir yönetim stratejileriyle yeniden yapılandırılması gerekmektedir. Böylelikle hem arı fizyolojisinin doğal dayanıklılığı güçlendirilecek hem de küresel ekosistemlerin biyolojik fonksiyonlarının sürekliliği güvence altına alınacaktır.

KAYNAKÇA

- 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>
- Anjum, S. I., Ullah, A., Khan, K. A., Attaullah, M., Khan, H., Ali, H., ... & Dash, C. K. (2019). Composition and functional properties of propolis (bee glue): A review. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(7), 1695–1703.
- Brandt, A., Gorenflo, A., Siede, R., Meixner, M., & Büchler, R. (2016). The neonicotinoids thiacloprid, imidacloprid, and clothianidin affect the immunocompetence of honey bees (*Apis mellifera* L.). *Journal of Insect Physiology*, 86, 40–47.
- Brodschneider, R., & Crailsheim, K. (2010). Ernährung und Gesundheit bei Honigbienen. *Apidologie*, 41, 278–294.
- Couvillon, M. J., Riddell Pearce, F. C., Harris-Jones, E. L., Kuepfer, A. M., Mackenzie-Smith, S. J., Rozario, L. A., ... & Ratnieks, F. L. (2012). Intra-dance variation among waggle runs and the design of efficient protocols for honey bee dance decoding. *Biology Open*, 1(5), 467–472.
- Crailsheim, K. (1990). The protein balance of the honey bee worker. *Apidologie*, 21(5), 417–429.
- DeGrandi-Hoffman, G., Chen, Y., Huang, E., & Huang, M. H. (2010). The effect of diet on protein concentration, hypopharyngeal gland development and virus load in worker honey bees (*Apis mellifera* L.). *Journal of Insect Physiology*, 56(9), 1184–1191.
- Dinu, M., Galea, C., Chirilov, A. M., Tatu, A. L., Nwabudike, L. C., Dumitriu Buzia, O., & Stefan, C. S. (2024). A journey along the boulevard of bioactive compounds from natural sources, with cosmetic and pharmaceutical potential: Bee venom, cobra venom, *Ficus carica*. *Cosmetics*, 11(6), 195.
- Di Pasquale, G., Alaux, C., Le Conte, Y., Odoux, J. F., Pioz, M., Vaissière, B. E., ... & Decourtye, A. (2016). Variations in the availability of pollen resources affect honey bee health. *PloS One*, 11(9), e0162818.
- 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.
- Doublet, V., Poeschl, Y., Gogol-Döring, A., Alaux, C., Annoscia, D., Aurori, C., ... & Grozinger, C. M. (2017). Unity in defence: Honeybee workers exhibit conserved molecular responses to diverse pathogens. *BMC Genomics*, 18(1), 207.
- Engel, P., Martinson, V. G., & Moran, N. A. (2012). Functional diversity within the simple gut microbiota of the honey bee. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(27), 11002–11007.
- Garibaldi, L. A., Steffan-Dewenter, I., Winfree, R., Aizen, M. A., Bommarco, R., Cunningham, S. A., ... & Klein, A. M. (2013). Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science*, 339(6127), 1608–1611.
- Gherman, B. I., Denner, A., Bobiş, O., Dezmirean, D. S., Mărghițaș, L. A., Schlüns, H., ... & Erler, S. (2014). Pathogen-associated self-medication behavior in the honeybee *Apis mellifera*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 68(11), 1777–1784.
- Gill, R. J., Ramos-Rodriguez, O., & Raine, N. E. (2012). Combined pesticide exposure severely affects individual- and colony-level traits in bees. *Nature*, 491(7422), 105–108.
- Goulson, D., Nicholls, E., Botías, C., & Rotheray, E. L. (2015). Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, 347(6229), 1255957.
- Henry, M., Beguin, M., Requier, F., Rollin, O., Odoux, J. F., Aupinel, P., ... & Decourtye, A. (2012). A common pesticide decreases foraging success and survival in honey bees. *Science*, 336(6079), 348–350.
- Human, H., Nicolson, S. W., Strauss, K., Pirk, C. W. W., & Dietemann, V. (2007). Influence of pollen quality on ovarian development in honeybee workers (*Apis mellifera scutellata*). *Journal of Insect Physiology*, 53(7), 649–655.
- Keller, I., Fluri, P., & Imdorf, A. (2005). Pollen nutrition and colony development in honey bees: Part 1. *Bee World*, 86(1), 3–10.
- Klein, A. M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators

- in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1608), 303–313.
- Kwong, W. K., & Moran, N. A. (2016). Gut microbial communities of social bees. *Nature Reviews Microbiology*, 14(6), 374–384.
- Mao, W., Schuler, M. A., & Berenbaum, M. R. (2013). Honey constituents up-regulate detoxification and immunity genes in the western honey bee *Apis mellifera*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(22), 8842–8846.
- Moritz, R. F., Kraus, F. B., Kryger, P., & Crewe, R. M. (2007). The size of wild honeybee populations (*Apis mellifera*) and its implications for the conservation of honeybees. *Journal of Insect Conservation*, 11(4), 391–397.
- Paoli, P. P., Donley, D., Stabler, D., Saseendranath, A., Nicolson, S. W., Simpson, S. J., & Wright, G. A. (2014). Nutritional balance of essential amino acids and carbohydrates of the adult worker honeybee depends on age. *Amino Acids*, 46(6), 1449–1458.
- Pisa, L., Goulson, D., Yang, E. C., Gibbons, D., Sánchez-Bayo, F., Mitchell, E., ... & Bonmatin, J. M. (2021). An update of the Worldwide Integrated Assessment (WIA) on systemic insecticides. Part 2: Impacts on organisms and ecosystems. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(10), 11749–11797.
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines: Trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(6), 345–353.
- Potts, S. G., Imperatriz Fonseca, V., Ngo, H. T., Biesmeijer, J. C., Breeze, T. D., Dicks, L., ... & Viana, B. F. (2016). Summary for policymakers of the assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production.
- Rasmont, P., Devalenz, J., Pauly, A., Michez, D., & Radchenko, V. G. (2017). Addition to the checklist of IUCN European wild bees (Hymenoptera: Apoidea). *Annales de la Société Entomologique de France (N.S.)*, 53(1), 17–32.

- 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.
- Requier, F., Odoux, J. F., Henry, M., & Bretagnolle, V. (2017). The carry-over effects of pollen shortage decrease the survival of honeybee colonies in farmlands. *Journal of Applied Ecology*, 54(4), 1161–1170.
- Richardson, L. L., Adler, L. S., Leonard, A. S., Andicoechea, J., Regan, K. H., Anthony, W. E., ... & Irwin, R. E. (2015). Secondary metabolites in floral nectar reduce parasite infections in bumblebees. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1803), 20142471.
- Saad, B. (2025). Immunomodulatory and anti-inflammatory properties of honey and bee products. *Immuno*, 5(2), 19.
- Simone-Finstrom, M., & Spivak, M. (2010). Propolis and bee health: The natural history and significance of resin use by honey bees. *Apidologie*, 41(3), 295–311.
- Urcan, A. C. (2025). Health benefits and uses of bee bread in medicine. In *Bee Products—Chemical and Biological Properties* (pp. 473–491). Cham: Springer Nature Switzerland.
- VanEngelsdorp, D., Evans, J. D., Saegerman, C., Mullin, C., Haubruge, E., Nguyen, B. K., ... & Pettis, J. S. (2009). Colony collapse disorder: A descriptive study. *PloS One*, 4(8), e6481.
- Woodcock, B. A., Bullock, J. M., Shore, R. F., Heard, M. S., Pereira, M. G., Redhead, J., ... & Pywell, R. F. (2017). Country-specific effects of neonicotinoid pesticides on honey bees and wild bees. *Science*, 356(6345), 1393–1395.
- Wright, G. A., Nicolson, S. W., & Shafir, S. (2018). Nutritional physiology and ecology of honey bees. *Annual Review of Entomology*, 63, 327–344.

BÖLÜM 5

ARILARDA KSENOBİYOTİK, PESTİSİT VE MİKROPLASTİK ZARARI

Esra ERYATAN¹, Doç. Dr. Azize DEMİRPOLAT^{2*}

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17391819>

¹ Bingöl İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Bingöl, Türkiye

²Bingöl Üniversitesi, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Bingöl, Türkiye,
esraeryatan4fmme@gmail.com

*ademirpolat@bingol.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7192-185X

1. Giriş

Bilinen en eski arı fosili yaklaşık 100 milyon yıl öncesine dayanmakta, ilk insan fosili ise sadece 300 bin yıl öncesine aittir. Bu durum, insanların ortaya çıkmadan çok uzun bir süre önce arıların dünya üzerinde bulunduğunu göstermektedir (Özbek, 2022). Arılar, ürettikleri bal, propolis, arı sütü ve balmumu gibi insan beslenmesi ve sağlığı açısından değerli ürünlerin yanı sıra, doğal ve kültüre alınmış bitkilerde yürüttükleri tozlaşma faaliyetleriyle ekosistem sürekliliği ve tarımsal üretimin sürdürülebilirliği için vazgeçilmez canlılardır (Akyol, 2015).

Ülkemizde, yaklaşık olarak 2.000 kadar arı türünün mevcut olduğu öngörülmektedir (Özbek, 2022). Ancak, ne yazık ki, son 30 yılda ülkemizde arıların sayısı ciddi şekilde düşmüştür; bazı türler belki de tamamen yok olmuştur, yok olma riskiyle karşı karşıya ya da yok olma aşamasına gelmiştir (Özbek, 2022). Ülkemizin iklimi, arazi yapısı ve coğrafi yeri, bitki örtüsünün yanı sıra bu örtüyle ilişkili diğer canlıların çeşitliliğini ve sayısını artırmakla kalmamış, aynı zamanda arı türlerinin de oldukça fazla olmasına olanak sağlamıştır (Michener, 2007). Dünya üzerinde tanımlanmış arı türü sayısının yaklaşık 18.000 olduğunu belirtmekte, her yıl yeni türlerin eklendiğini ifade etmekte ve bu sayının 20.000 veya daha fazla olabileceğine dikkat çekmektedir. Bunun yanında, 25.000 ya da daha fazla sayılardan bahsedenler de bulunmaktadır (Özbek, 2010).

Bu çalışmanın amacı, arı popülasyonlarının sürdürülebilirliğini tehdit eden başlıca çevresel faktörler olan ksenobiyotikler, pestisitler ve mikroplastiklerin arı sağlığı üzerindeki fizyolojik, biyokimyasal ve ekotoksikolojik etkilerini literatür ve güncel bilimsel veriler ışığında inceleyerek, bu kirleticilerin ekosistem dengesi ve tarımsal üretkenlik üzerindeki olası sonuçlarını çok boyutlu bir yaklaşımla ortaya koymaktır. Böylece hem araştırmacılar hem de uygulayıcılar için yol gösterici nitelikte derinlikli bir perspektif sunulması hedeflenmektedir.

2. Arıların Biyolojik Çeşitlilik ve Tarımsal Verimlilikteki Stratejik Önemi

Bal arısı (*Apis mellifera*) dışında kalan türler yaban arıları olarak adlandırılmaktadır (Özbek, 2022). *Apis* (Bal arıları) ve *Bombus* (Bambul arıları) gruplarına ait arı türleri sosyal bir yaşam sürerken, diğer türlerin çoğu

bireysel olarak yaşamaktadır. Ancak, yarı sosyal olan bazı türler de mevcuttur (*Halictus* spp.) (Hymenoptera: Halictidae). Bazı arılar ise belirli yerlerde toplu olarak yuva kurmaktadır. *Apis* türleri büyük koloniler meydana getirir ve çok yıllık bir yaşam döngüsüne sahiptirler. *Bombus* türleri ise daha küçük koloniler oluşturur ve bu kolonilerin ömrü bir yıl olup, üretilen az miktarda bal sadece koloninin ihtiyaçlarını karşılamaya yeter (O'Toole, 1991; Michener, 2007).

Arıcılık, tarihi çok eski dönemlere uzanan, günümüzde ise bilimsel ve teknolojik gelişmelerle birlikte bağımsız bir tarımsal üretim faaliyeti olarak değerlendirilen bir uğraştır (Ergün ve Altıntaş, 2022). Dünyada insan sayısı sürekli artış gösteriyor ve bu durumla birlikte gıda ihtiyacı da artıyor. Polinatörler, özellikle arılar, bitkisel üretimin artırılmasına katkıda bulunarak tarımda önemli bir değer katmakta, ekosistemde bitkilerin yaşamasını sağlarken; biyolojik çeşitliliği de olumlu bir şekilde etkilemektedirler (Herrera ve Pellmyr, 2009). Bu nedenle, son zamanlarda hem yerel hem de küresel kuruluşların doğadaki polinatörlerin, özellikle de vahşi arıların, yaşamlarını sürdürülebilmeleri ve korunmaları konusunda önemle durdukları dikkati çekmektedir (Kevan, 2002). Arıların sunduğu tozlaşma hizmetleri hem ürün miktarını artırmakta hem de biyolojik çeşitliliğin sürdürülebilmesi açısından önemli bir işlev üstlenmektedir (Özbek, 2010). Araştırmalar, polinatörlerin sayısındaki azalmaların dünya genelindeki gıda güvenliği için önemli bir tehlike yarattığını göstermiştir (Özbek, 2010). Ayrıca, iklim değişikliği ve tarımda kullanılan kimyasalların artışı gibi nedenler, arıların sayısını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu durum ise ekosistem sağlığı ve tarımsal verimlilik üzerinde dolaylı bir şekilde baskı oluşturmaktadır. Bu çerçevede, bal arıcılığı sadece maddi bir etkinlik olarak değil, aynı zamanda çevrenin sürdürülebilirliğinin sağlanmasında önemli bir yöntem olarak görülmektedir.

Bal arıları, bal ve balmumu üretimleriyle hem tarımsal hem de endüstriyel açıdan yüksek ekonomik katma değer sağlamaktadır. Ayrıca propolis, arı sütü, polen ve arı zehri gibi ürünlerin farmakolojik açıdan sahip oldukları terapötik potansiyel, arıcılığın yalnızca bir gıda üretim faaliyeti olmaktan çıkarak küresel ölçekte gelişen bir biyoteknolojik sektör haline gelmesine katkı sağlamıştır (Özbek, 2010).

Günümüzde arıcılık sektörü; kimya, gıda, sağlık ve kozmetik sektörleri gibi çok çeşitli alanlarda etkili bir rol üstlenmektedir (Özbek, 2022). “Bal arılarının etkin biçimde kullanma ve yönetme sanatı” olarak tanımlanan arıcılık,

arılar ile çevreleri arasındaki ekolojik ilişkinin iyi anlaşılmasını gerektiren karmaşık bir süreçtir. Bu faaliyet, başta bal, balmumu, propolis ve arı sütü üretimi ile ekinlerin tozlaşmasını sağlamak amacıyla yürütülmekte ve hem insan refahı hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli katkılar sunmaktadır (Sıralı ve Cınbirtoğlu, 2011; Cengiz ve Arslan, 2023). Arıcılığın tarihçesi, insanlık tarihi kadar eskiye uzanmakta olup, antik uygarlıklarda bal üretimi hem beslenme hem de ritüel kullanımlar açısından değer görmüştür. Örneğin, Mısır'da Beşinci Hanedanlık dönemine ait Nyusera'nın güneş tapınağındaki hiyerogliflerde bal üretimi tasvir edilmekte; bu durum MÖ 24. yüzyıla kadar uzanan arıcılık uygulamalarını göstermektedir (Kritsky, 2015; 2017). Ayrıca, Akdeniz çevresinde M.Ö. binlerce yıllara tarihlenmiş yazılı ve arkeolojik kanıtlar, İspanya, Yunanistan ve İsrail'de eski dönemlerde kovanların kullanıldığını göstermektedir (Hammad, 2018). 3.000 yıllık Tel Rehov yerleşiminde bulunan 30 adet kerpiç kovan, bal ve balmumu üretimi yapılan ileri düzey bir bal sektörünün varlığına işaret eder (Kritsky, 2015; 2017). Bu tür kanıtlar, arıcılığın hem tarımsal üretimin ayrılmaz bir parçası hem de kültürel ve ekonomik öneme sahip eski bir gelenek olduğunu doğrulamaktadır.

Toprak sahibi olmayan veya tarım arazisi kısıtlı olan, orman kenarındaki köylerde yaşayan halk için en pratik iş ve kazanç sağlama yolu arıcılıktır. Bunun sebebi, arıcılığın tarımsal faaliyetlerden bağımsız bir iş olmasıdır (Özbek, 2010). İlk aşamada büyük bir sermaye yatırımı gerektirmemesiyle birlikte, her yaştan ve her cinsiyetten birey tarafından da uygulanabilmektedir; ayrıca, eğitim seviyesi arıcılık yapmak için bir engel teşkil etmez. Bunun yanı sıra, kırsal alanlardaki arıcılık uygulamaları, yerel halkın gelir çeşitliliğini artırarak göçü engellemekte ve kırsal yaşamın sürdürülebilirliğine katkıda bulunmaktadır.

Arılar, sıkı bir hiyerarşiye sahip son derece düzenli kolonilerde yaşayan sosyal böceklerdir. Bu nedenle arılar kolonilerini etkili bir şekilde yönetebilmek için arıların davranışlarını ve biyolojisini derinlemesine anlamalıdır (Can ve Köksal, 2024).

2. Arı Kolonilerinde Koloni Kayıplarının Ekolojik ve Antropojenik Nedenleri

Son yıllarda dünya genelinde arı kolonilerinde ciddi düzeyde azalmalar kaydedilmiş olup, bu durum arı sağlığına ilişkin kapsamlı ve etkili koruma stratejilerinin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Koloni çöküş sendromuna (CCD) neden olan etkenlerin yalnızca tek bir nedene indirgenemeyeceği, hatta henüz tanımlanmamış mikroorganizmalara ait etkilerin de bu süreçte rol oynayabileceği bilimsel çevrelerce vurgulanmaktadır (Flores ve ark., 2019). Bal arıları da dahil olmak üzere böcek popülasyonlarında gözlemlenen bu gerilemenin temelinde; iklimsel değişkenlik, endüstriyel tarım uygulamaları, besin kaynaklarının yetersizliği, biyolojik istilacı türlerin yayılması ve bununla birlikte pestisit, insektisit ve herbisit gibi kimyasal girdilerin kontrolsüz ve yaygın kullanımı gibi hem biyotik hem de abiyotik faktörler yer almaktadır (Desneux ve ark., 2007; Bacandritsos ve ark., 2010; Tozkar ve ark., 2023; Wagner, 2020).

Arıların bağışıklık sistemi yalnızca biyotik stres etmenlerinden değil, aynı zamanda çevresel kaynaklı ksenobiyotik bileşiklerden de etkilenmektedir. Fungisitler, akarisitler, pestisitler ve herbisitler gibi tarımsal kimyasallar, arıların fizyolojik süreçleri üzerinde toksik etkilere neden olarak bağışıklık sisteminin işlevselliğini zayıflatır (Holt ve ark., 2013; Tozkar, 2023). Doğuştan gelen bağışıklık yanıtı; patojen tanıma reseptörleri, sinyal iletim yolları ve efektör moleküller aracılığıyla işleyen çok bileşenli bir savunma sistemidir. *Apis mellifera* L.'nin bağışıklık sisteminin hem patojenik organizmalar hem de kimyasal stresörlere karşı gösterdiği tepkilerin anlaşılması, arı sağlığını korumaya yönelik stratejilerin geliştirilmesi açısından bilimsel olarak kritik öneme sahiptir (Tozkar, 2023).

2.1. Ksenobiyotik

Besin dışında vücuda giren tüm kimyasallara ksenobiyotik adı verilir. Ksenobiyotikler, ilaçlar, pestisitler ve diğer insan yapımı kimyasallar gibi maddeleri içeren, canlı organizmalara yabancı olan kimyasal bileşiklerdir. Bu maddeler, canlılar tarafından üretilmemiştir. Ağız, deri ve solunum gibi farklı yollarla vücudumuza girebilirler ve yayıldıklarında istenen ya da istenmeyen etkiler oluşturabilirler (URL1).

2.1.1. Hangi Maddeler Ksenobiyotiktir?

İlaçlar, antibiyotikler ve kemoterapi ürünleri gibi sağlık ürünleri, kozmetik ürünler, gıda için ek maddeler ve tatlandırıcılar, çeşitli haşere ve mantar ilaçları, suyla ve gıdayla karışabilen tarım ilaçları, sanayi kimyasalları, egzoz emisyonları ve diğer petrol türevleri çevresel kirliliği oluşturan unsurlar arasında bulunmaktadır. Ayrıca, sigara dumanı, küfler ve gıdalar hazırlanırken oluşan kimyasal ara ürünler de önemli birer kirleticidir (Küster ve Adler, 2014; Booth ve Shaw, 2025; URL1).

Metaller, özellikle kadmiyum, nikel, kurşun, krom, cıva, bakır ve gümüş gibi elementler de kirliliğe neden olan maddeler arasında yer alır. Ayrıca, atık sularda mevcut olan ilaç ve kimyasal kalıntılar da dikkate alınması gereken önemli bir meseledir. Genel olarak, farklı böcek ilaçlarının ve ksenobiyotiklerin bir tür üzerinde olabilecek etkilerini analiz ederken, arı kastları arasındaki biyolojik ve davranışsal farklılıkları dikkate almak önemlidir. Bir böcek ilacının belirli bir arı kastı üzerindeki etkisi, tüm koloniyi temsil edecek şekilde genelleştirilemez ve bu nedenle, bir tür üzerindeki genel etkileri gerçekten aydınlatmak için her kast ayrı ayrı analiz edilmelidir. Ksenobiyotiklere örnek olarak, dibütil ftalatlar (DBP'ler), kalıcı organoklorlu kirleticiler, poliklorlu bifenil, pestisitler (DBCP, malathion, atrazin) ve ftalatlar gibi su kirleticileri de dahil olmak üzere çevresel ve mesleki maruziyetler verilebilir (Abts ve ark., 2022; Chloe 2024). Bal arılarında yaygın olarak bulunan ve sağlıklarını tehdit eden *Lotmaria passim* adlı protozoon parazitinin moleküler ve mitokondriyal düzeydeki biyolojisinin incelendiği bir çalışmada ksenobiyotiklerin koloni sağlığını doğrudan ya da dolaylı olarak etkilediği açıklanmıştır. Mitokondriyal yapı ve fonksiyonlardaki özellikler, bu organizmanın yeni ilaç hedefleri açısından incelenebilirliğini artırmaktadır (Chloe 2024). Bu bilgiler hem arı sağlığının korunması hem de biyoçeşitliliğin sürdürülebilirliği açısından önem taşımaktadır.

2.2. Kadmiyum

Dünya genelinde birçok bölgede toprak ve su kaynakları; özellikle kentsel ve endüstriyel alanlar, madencilik ve fosil yakıt çıkarma bölgeleri ile yoğun tarımsal faaliyetlerin yürütüldüğü alanlarda ağır metallerle kirlenmiştir (Asrı ve ark., 2007). Kadmiyum, insan, bitki ve hayvan sağlığı üzerinde ciddi toksik etkilere sahip olup doğada toprak, litosfer ve tortul kayalarda bulunan

bir ağır metaldir (Knoll ve Cappai, 2024). Genellikle çinko, kurşun ve bakırla birlikte bulunan kadmiyum; atmosferik toz taşınımı, orman yangınları, volkanik faaliyetler, toprak erozyonu ve kayaçların ayrışması gibi doğal süreçlerle çevreye yayılmaktadır (Burden ve ark. 2019; Knoll ve Cappai, 2024). Toprak-bitki sistemindeki yüksek hareketliliği nedeniyle kadmiyum, kolaylıkla besin zincirine dâhil olarak bitki, hayvan ve insan sağlığı açısından ciddi bir tehdit oluşturmaktadır (Asri ve ark., 2007).

Bal arıları ise besin arayışı sırasında bitkilerden polen ve nektar toplarken çevresel kirleticilerle doğrudan temas hâline gelmektedir. Kılıcı vücut yapıları ve yoğun çevresel etkileşimleri nedeniyle hava, toz ve solunum yoluyla ağır metalleri bünyelerine alabilmekte; böylece ekosistemde ağır metal biyo yığılmasının göstergesi (biyomonitor) türler arasında önemli bir konumda yer almaktadırlar (Knoll ve Cappai, 2024).

Kadmiyum, bal arılarının fizyolojik ve nörolojik sistemleri üzerinde ciddi toksik etkilere sahip bir ağır metaldir. Yapılan araştırmalar, bu elementin özellikle larva döneminden itibaren etkili olarak arıların gelişim sürecini olumsuz yönde etkilediğini ve yetişkin döneme ulaşmadan yüksek oranda ölümle sonuçlanabilen bozukluklara yol açtığını ortaya koymuştur (Burden ve ark. 2019; Knoll ve Cappai, 2024). Kadmiyum maruziyeti, sinaptik iletim süreçlerini, kalsiyum metabolizmasını ve kas fonksiyonlarını bozarak nöromüsküler koordinasyonun zayıflamasına neden olmaktadır (Knoll ve Cappai, 2024). Bu etkiler, koloni genelinde davranışsal ve fizyolojik düzensizliklerin ortaya çıkmasına, dolayısıyla arı popülasyonlarının sürdürülebilirliğinin tehlikeye girmesine yol açmaktadır.

Moleküler düzeyde ise kadmiyum, oksidatif stresin artmasına, serbest radikal üretiminin yükselmesine ve buna bağlı olarak lipid peroksidasyonu ile DNA hasarına neden olmaktadır. Bu durum, hücre zar bütünlüğünün bozulması, mitokondriyal fonksiyonların zayıflaması ve enerji metabolizmasında ciddi aksaklıkların oluşmasına yol açmaktadır (Burden ve ark., 2019; de Miranda ve ark., 2024). Ayrıca, detoksifikasyon sistemlerinde görev alan süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT) ve glutatyon-S-transferaz (GST) gibi antioksidan enzimlerin aktivitesinde belirgin azalmalar gözlenmiştir (Knoll ve Cappai, 2024; Zavrtnik ve ark., 2024).

Bu biyokimyasal bozulmaların sonucunda, arıların davranışsal performansında (örneğin yön bulma, besin arama ve koloni içi iletişim gibi

görevlerde) ciddi düzensizlikler meydana gelmekte; koloni bütünlüğü ve popülasyon devamlılığı risk altına girmektedir. Dolayısıyla, kadmiyumun hem bireysel hem de koloni düzeyinde arı sağlığını tehdit eden önemli bir çevresel toksin olduğu görülmektedir.

3. Pestisitlerin Arılar Üzerine Etkisi

Bal arıları, finansal yönden oldukça değerli varlıklardır. Bitkilerin polinasyonunda üstlendikleri hayati görev sayesinde tarım ürünlerinin miktarının ve kalitesinin yükselmesine yardımcı olurlar (Ergün ve Altıntaş, 2022). Aynı zamanda çevre şartları ve ekosistem sağlığının göstergeleri olarak da rol oynamaktadırlar. Ancak son zamanlarda hem dünya çapında hem de ülkemizde bal arısı kovanlarında meydana gelen ölümler önemli bir sorun haline gelmiştir (Burden ve ark. 2019; Ergün ve Altıntaş, 2022; Knoll ve Cappai, 2024).

Pestisitler, bal arılarının fizyolojik ve davranışsal sağlığını etkileyen temel stres faktörlerinden biridir. Zararlı organizmaların kontrolünde kullanılan bu kimyasal maddelere karşı arılar, yüksek duyarlılık göstermeleri nedeniyle risk altındadır (Kaya, 2014). Şüphesiz ki tarım sektöründe kullanılan kimyasallar, ürünlerin hem kalitesini hem de miktarını önemli ölçüde etkiliyor ve bu durum birim alandan daha fazla ürün elde edilmesine yol açıyor. Fakat bu kimyasal uygulamaların beraberinde bazı olumsuz etkileri de bulunuyor. Uygulanan ilaçların tamamı hedeflenen canlıya ulaşmıyor; önemli bir kısmı hedef dışına çıkıyor ve çevredeki yararlı canlılar olan arılar, parazitoitler, avcı böcekler ve diğer bazı organizmaların ölümüne yol açıyor (Özbek, 2010).

Pestisitlerin büyük bir bölümü, bal arılarında akut veya kronik zehirlenmelere yol açabilen kimyasal bileşiklerdir. Farklı pestisit grupları, etken maddelerine ve uygulama koşullarına bağlı olarak arılarda değişen düzeylerde toksisite göstermektedir (Tosi ve Nieh, 2019). Arılar, doğal ortamlarında besin toplama faaliyetleri sırasında pestisitlere üç temel yolla maruz kalabilirler: birincisi, pestisit bulaşmış polen, nektar veya suyun tüketilmesiyle oral yolla; ikincisi, bitki yüzeylerindeki kalıntılarla temas sonucu kutanöz (deri yoluyla); üçüncüsü ise havada asılı kalan pestisit aerosollerinin solunum yoluyla alınması şeklindedir (Bayo ve Goka, 2014; Kaya, 2014; Tsvetkov ve ark., 2017; Yarsan, 2019). Bu maruziyet yolları,

pestisitlerin kimyasal özelliklerine, çevresel koşullara ve arıların davranış biçimlerine bağlı olarak zehirliliğin şiddetini önemli ölçüde etkilemektedir.

Tarımda ürün kayıplarına neden olan hastalık, zararlı ve yabancı otların kontrolü, sürdürülebilir bitkisel üretim açısından büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla pestisit kullanımı yaygın bir uygulama olmakla birlikte, günümüzde bu uygulama giderek daha bilinçli bir çerçeveye oturtulmuştur. Pestisitlerin kullanımı, “Zararlıların Entegre Yönetimi” (*Integrated Pest Management – IPM*) olarak adlandırılan bir sistem kapsamında yürütülmekte olup, bu yaklaşımda kimyasal mücadele yöntemleri yerine öncelikle biyolojik, kültürel ve mekanik kontrol stratejilerinin kullanılması esas alınmaktadır. Kimyasal pestisitlerin ise yalnızca diğer yöntemlerin yetersiz kaldığı durumlarda ve kontrollü bir şekilde uygulanması önerilmektedir (Kogan, 1998).

Bu durum, biyolojik dengenin sürdürülmesi bakımından büyük bir öneme sahiptir ve bal arıları ile yaban arıları da doğal olarak fazla etkilenmemektedir. Ancak ülkemizde çeşitli çabalara rağmen bazı bölgelerde bu sistem hâlâ istenen seviyede hayata geçirilememiştir. Sonuç olarak, ülkemizde tarımsal zararlılara karşı hala dikkate değer miktarda ilaç kullanımı söz konusu olmakta ve bu süreç oldukça düzensiz bir şekilde sürdürülmektedir (Özbek, 2010).

Dünyada pestisit kullanımı, 2018 yılı itibarıyla her yıl 3,8 milyon ton miktarına ulaşırken, bu ürünlerin toplam satışı ise yaklaşık 58 milyar dolar tutarındadır. Pestisit kullanımının %45'i Avrupa ülkeleri, %25'i Amerika Birleşik Devletleri ve %30'u ise diğer ülkeler tarafından gerçekleştirilmektedir. 2018 itibarıyla Türkiye'deki pestisit tüketimi 59. 000 ton olarak kaydedilmiş ve bunun satış değeri yaklaşık 2,5 milyar TL olmuştur (Ergün ve Altıntaş, 2022).

İnsektisitlerin arılar üzerindeki zararlı etkileri, hem doğrudan hem de dolaylı yollarla gerçekleşmektedir. Doğrudan etki, ilaçların tarla uygulaması yapıldığı sırada arıların bu ilaçlarla temasa geçmesi veya ilaçlama sonrasında tedavi edilmiş bitkiler veya diğer nesnelerle etkileşimde bulunması durumlarında söz konusu olmaktadır (Özbek, 2010). İnsektisitler genellikle çiftçilerin ilaçlama yaptığı sırada tarlalarda yer alan arıların bu maddelerle doğrudan temas etmesiyle ortaya çıkmaktadır. Mikro-kapsül formülasyonu ile üretilen ilaçların arılar tarafından toplanarak kovanlara taşınması da karşılaşılan başka bir sorun olarak öne çıkmaktadır. Bu ilaçlar tarlada anında etki

göstermezken, kovanlara taşındıktan sonra sıcaklık ve nemin etkisiyle hızla aktif hale gelerek arı ölümlerine yol açmaktadır (Stoner, 1978; Burget, 2004).

Pestisitlerin arılara etkisi, doza ve diğer faktörlere bağlı olarak ya öldürücü ya da öldürücü olmayan şekillerde kendini göstermektedir. Öldürücü olmayan etkiler şunları içermektedir: yön bulma, yön tayin etme ve iletişim yeteneklerinde azalma; beslenme alışkanlıklarında ve motor becerilerde değişiklikler, kısa ve uzun vadeli hafıza kaybı; öğrenme yeteneğinde bozulma ve duyuşsal algılama sorunları; bağışıklık sisteminin zayıflaması ve bu nedenle hastalıklara ve zararlılara karşı artan hassasiyet ile üreme ve gelişimdeki bozukluklar (Vernich ve ark., 2019).

Pestisitlere bağlı zehirlenmelerin belirtilerini deneyimli bir arıcı, arılıkta meydana gelen sıra dışı durumlarla rahatlıkla tanıyabilir. Arılardaki zehirlenme belirtileri şunlardır:

- Kovanın girişinde birikmiş ölü işçi arılar. Bu ölen arılar genellikle toplam ölenlerin yüzde on ila yirmisini oluşturur; zira ölü arılar, karıncalar tarafından hızla temizlenmektedir. Ayrıca, zehirlenmiş olan bazı arılar dış mekanda yaşamlarını yitirmektedir (Ergün ve Altıntaş, 2022).

- Arılar uçuş sırasında savrulabilir, dönebilir, yönünü şaşırabilir, kovanına dönemeyebilir. Neonikotinoid maruziyeti sonrası hiper- ve hipokognitif bozukluklara, navigasyon kaybına yol açabildiği bildirilmektedir (Chmiel ve ark., 2020).

- Bazı pestisitler arıların besin alma davranışını etkileyebilir. Beslenme organının anormal şekilde uzatılması veya beslenmede zorlanma görülür (Kiljanek ve ark., 2016).

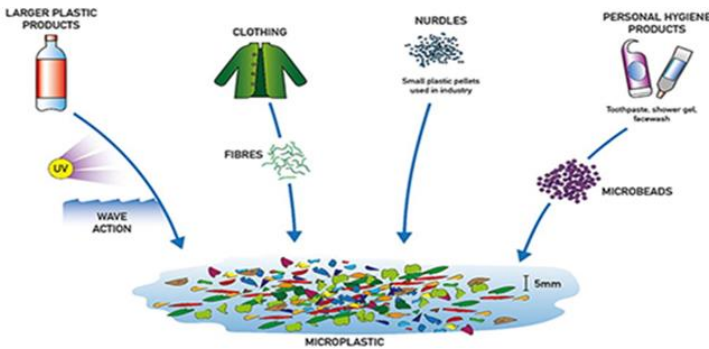
- Arılar gergin ve saldırgan bir tutum sergilemeyi başlar. Bu durum, özellikle Lindane (*gama*- heksaklorosikloheksan- γ -HCH) ve oksijen diflorür bileşiklerinin etkisinden kaynaklanır. Arı grupları, yüksek sesler çıkarır ve öfkeli bir tavır sergilerler, sinirli ve saldırgan hareketlerde bulunur, kovanın etrafında aceleyle hareket ederler (Ergün ve Altıntaş, 2022). Arılar zeminde veya kovan önünde sersemleyebilir, dengede duramayabilir. Bu semptomlar sinirsel etki ve motor bozuklukların göstergesi olabilir (Chmiel ve ark., 2020).

- Kovan açıldığında, özel alarm dansını gerçekleştiren arılar gözlemlenebilir. Dönüş yapan arılar ile kovandaki arılar, dalgalı veya düzensiz bir zikzak yaparak, taraklar üzerinde dolaşır. Bu alarm, bazen uçuş faaliyetlerinin durmasına neden olur. Arı grupları, yüksek sesler çıkarır ve

öfkeli bir tavır sergilerler, sinirli ve saldırgan hareketlerde bulunur, kovanın etrafında aceleyle hareket ederler. Arı grupları, yüksek sesler çıkarır ve öfkeli bir tavır sergilerler, sinirli ve saldırgan hareketlerde bulunur, kovanın etrafında aceleyle hareket ederler (Kiljanek ve ark., 2016; Ergün ve Altıntaş, 2022).

4. Mikroplastiklerin Arılar Üzerindeki Etkileri

Günümüz dünyasının en önemli kullanım araçlarından biri olan plastiklerin üretimi her geçen yılla birlikte rekor düzeylere ulaşmakta ve gelecek trendler dikkate alındığında da bu artışın hız kesmeden devam edeceği öngörülmektedir (Uysal, 2021). Büyük plastik ürünler (örneğin şişeler, ambalaj malzemeleri vb.) UV ışınımı ve dalga etkisiyle parçalanarak mikroplastiklere dönüşmektedir. Tekstil ürünlerinden (örneğin giysilerden) yıkama sırasında kopan sentetik lifler, endüstriyel üretimde kullanılan küçük plastik granüller (nurdles) ve kişisel hijyen ürünlerinde (diş macunu, duş jeli, yüz temizleyici vb.) bulunan mikro boncuklar (microbeads), mikroplastik kirliliğinin diğer önemli kaynaklarını oluşturmaktadır. Tüm bu parçacıklar 5 mm'den küçük boyutlarıyla çevreye karışarak sucul ve karasal ekosistemlerde önemli bir kirlilik tehdidi yaratmaktadır. Bu problemlerden biri ve günümüzde en çok dikkat çeken konu; plastiklerin canlılar üzerindeki etkileridir. Sorun oluşturan plastik türlerinden biri ise, boyutları nedeniyle organizmalar tarafından alınma riski yüksek olan mikroplastiklerdir (Bozma ve ark., 2023).



Şekil 1. Mikroplastiklerin çevredeki başlıca kaynakları ve oluşum yolları (Naggar ve ark., 2021)

Mikroplastikler birincil ve ikincil mikroplastikler olmak üzere iki alt gruba ayrılır. Birincil alt gruptaki mikro malzemeler doğrudan üretilir ve genellikle kozmetik, deterjan ve temizlik ürünleri gibi tüketici ürünlerinde

kullanılması amacıyla tasarlanmıştır. Ayrıca, birincil mikroplastikler, tersanelerde gemi gövdeleri gibi yoğun malzemelerin patlatma temizliği için de yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. İkincil mikroplastikler, büyük plastik malzemelerin doğal yıpranma süreçleri sonucunda hava veya su ortamında parçalandığında meydana gelir. Örneğin, lastiklerden oluşan yol aşınma partikülleri ve şehir atık su çamuru, çevredeki önemli mikroplastik kaynakları arasında yer almaktadır. Çevrede yer alan yüksek miktardaki mikroplastik göz önüne alındığında, bu mikroplastiklerin büyük bir bölümünün ikincil mikroplastiklerden oluştuğu düşünülmektedir (Naggar ve ark., 2021). Bu parçacıklar, ekosistemlerde birikerek toprak süreçlerini ve bitki yetiştirme faaliyetlerini etkiler, mikrobiyal topluluk yapısını değiştirir, besin zincirine dahil olur ve diğer kirleticilere taşıyıcı rol üstlenir (Alma ve ark., 2023).

Arılara mikroplastiklerin etkileri, son yıllarda gerçekleştirilen çalışmalar sayesinde daha fazla dikkat çekmeye başlamıştır (Jacques ve ark., 2017; Naggar ve ark., 2020; Naggar ve ark., 2021). Bal arıları, yaygın olarak bulunabilmeleri, havadaki kirleticileri ve küçük parçacıkları toplayabilen tüylere sahip olmaları, kirleticilere karşı duyarlı olmaları ve yüksek hareket yetenekleri ile geniş uçuş mesafeleri nedeniyle çevre kirliliği için mükemmel bir biyolojik gösterge niteliğindedir (Alma ve ark., 2023). Ayrıca, genel olarak polinatörlerin sağlığı, ekosistem hizmetlerinin sağlanması, beslenme ve çevre kalitesi ile insan sağlığı arasında bir bağlantı bulunmaktadır. Günümüzde bal arılarının dünya genelindeki nüfusu, habitat bozulmaları, parazitler ve hastalıklar, gıda yetersizliği, pestisitler ve iklim değişikliği gibi pek çok etkenden dolayı azalmaktadır. Bu çerçevede, mikroplastik kirleticilerin kovan yapısına dahil edilmesi ve bu durumun sonuçları hakkında bilgi edinmek, bal arısı kolonilerine ek stres getirebileceği ve sağlıklarına zarar verebileceği için büyük önem taşımaktadır (Jacques ve ark., 2017; Naggar ve ark., 2020; Naggar ve ark., 2021).

Arılar, mikroplastik parçacıklarını doğrudan tükettikleri besinler aracılığıyla veya dolaylı olarak çevresel ortamlardan-özellikle çiçeklerden tozlaşma süreci sırasında alabilmektedirler. Mikroplastikler, günümüzde yalnızca denizel sistemlerde değil, karasal ekosistemlerde de giderek artan bir çevresel tehdit unsuru olarak kabul edilmektedir. İnsanlara, hayvanlara ve genel ekosistem dengesine verdikleri zararlar nedeniyle, son on yılda mikroplastikler

çevre biliminde en çok tartışılan kirleticilerden biri haline gelmiştir (Naggar ve ark., 2020; Naggar ve ark., 2021).

Güncel tahminlere göre, bir insan yılda yaklaşık 52.000 mikroplastik parçacığını doğrudan tüketmekte ve 74.000 parçacığa kadar mikroplastik partikülünü solunum yoluyla inhale etmektedir. Bu bulgular, mikroplastiklerin yalnızca sucul canlılarda değil, karasal canlılarda ve özellikle polinatör türlerde de potansiyel toksik etkilere neden olabileceğini göstermektedir. Bal arıları (*Apis mellifera* L.), hem doğal ekosistemlerde hem de tarımsal üretimde temel polinatör türlerden biri olup bitkisel üretimin sürekliliği açısından kritik bir role sahiptir. Ancak mikroplastikler (MP'ler), çevrede hızla yayılmaları ve uzun süre kalıcı olmaları nedeniyle, arıların yaşam alanlarında da tespit edilmeye başlanmıştır (Jacques ve ark., 2017; Alma ve ark., 2023). Mikroplastik parçacıkları, polen, nektar ve su kaynakları aracılığıyla arılara ulaşabilmekte ve bu durum beslenme davranışlarını, bağırsak mikrobiyotasını ve genel fizyolojik dengeyi olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Nitekim, bugüne kadar gerçekleştirilen sınırlı sayıdaki deneysel çalışmalardan biri, Avrupa bal arılarının (*Apis mellifera* L.) polistiren (PS) türü mikroplastiklere maruz kaldığında davranışsal ve fizyolojik düzeyde olumsuz etkiler ortaya çıktığını göstermiştir. Mikroplastiklere maruz kalan arılarda bağırsak mikrobiyota dengesinin bozulduğu, beslenme davranışlarının değiştiği ve oksidatif stres belirteçlerinin arttığı rapor edilmiştir (Naggar ve ark., 2021). Bu bulgular, mikroplastiklerin arı sağlığı açısından yeni bir ekotoksikolojik tehdit oluşturabileceğini düşündürmektedir.

5. Çözüm Önerileri

Kullanılacak pestisitlerin bal arılarına toksisitesi düşük, hızlı bozunabilen ve uygun formülasyonda olması büyük önem arz etmektedir (Özbek, 2010). Bu amaç doğrultusunda, alınacak önlemlerin saha koşulları dikkate alınarak; arıcılar, arıcı birlikleri, araştırmacılar, kamu otoriteleri ve tarımsal üretim gerçekleştiren çiftçiler ile pestisit üreticileri arasında iş birliği ve koordinasyon sağlanarak hayata geçirilmesi gerekmektedir.

Zirai mücadele öncesinde arıcılara; kullanılacak kimyasalın türü, uygulanma zamanı, etki süresi ve bal arılarına yönelik toksik etkileri hakkında yedi gün öncesinden bilgilendirme yapılması yasal ve etik bir zorunluluk olmalıdır. Toksik etkileri bilinen pestisitler yerine arılar üzerinde daha az risk

taşıyan alternatiflerin tercih edilmesi, ayrıca bu ürünlerin etiket bilgilerine uygun şekilde uygulanması gerekmektedir. Kullanım sonrası ambalaj ve atıkların da çevre ve arı sağlığı açısından uygun şekilde bertaraf edilmesi gereklidir. Arıların su kaynaklarına pestisit bulaşmasının önlenmesi için, ilaçlama sırasında su kaynaklarının korunmasına özen gösterilmelidir.

Arı kovanlarının yerleşiminde, yoğun pestisit kullanımının yapıldığı bölgelerden uzak, güvenli alanların tercih edilmesi önerilir. Ancak yalnızca arıcılık ürünleri üretimi değil, bitkisel üretim için gerekli olan tozlaşma hizmeti de göz önünde bulundurulmalıdır. Arıların yoğun olarak faaliyet gösterdiği dönemlerde ilaçlama kaçınılmazsa, geçici olarak kovanların kapatılması bir çözüm olabilir.

Çiftçilere, teknik personele ve pestisit kullanıcılarına, çevreye duyarlı tarımsal üretim yöntemleri ile ilgili hedefe yönelik eğitim faaliyetleri gerçekleştirilmelidir.

Resmi denetim süreçlerinin kurumsal kapasiteyle uyumlu biçimde etkinleştirilmesi hem arı sağlığı hem de genel ekosistem hizmetleri açısından stratejik bir gerekliliktir. Bu kapsamda, yükseköğretim kurumlarının arıcılık ve arı hastalıkları alanındaki akademik programlarını genişletmeleri; aynı zamanda tarım kimyasallarının arılar üzerindeki etkilerine dair araştırma temelli eğitim modülleri oluşturmaları, bilimsel temelli çözüm üretme kapasitesini güçlendirecektir.

6. SONUÇ

Bal arısı kolonilerinin sağlığını tehdit eden hastalık ve zararlılar, yalnızca bireysel arıların yaşamını değil, aynı zamanda tüm koloninin sürdürülebilirliğini ve ekosistem hizmetlerini de tehlikeye atmaktadır. Pestisitler, mikroplastikler ve ksenobiyotikler, arıların sağlığını tehdit eden ve ekosistemler üzerinde ciddi olumsuz etkiler oluşturan zararlı maddelerdir. Arılar bu kimyasallara maruz kaldığında biyolojik süreçleri bozulabilir ve koloni çöküşü riski artar. Ayrıca, pestisitler arıların navigasyon kabiliyetini olumsuz etkileyip polen toplama davranışlarını değiştirebilirken, mikroplastikler vücutlarında birikerek toksik etkilere yol açabilir. Ksenobiyotikler ise metabolizma üzerinde baskı oluşturarak hayatta kalma şanslarını azaltır. Arılar, bitki tozlaşmasında kilit rol oynadıklarından bu zararlar ekosistem hizmetlerinde aksamalara, biyoçeşitliliğin ve tarımsal

verimin düşmesine neden olur. Bu sebeple, söz konusu maddelerin doğadaki yayılımının izlenmesi, arı popülasyonları üzerindeki etkilerinin detaylı biçimde araştırılması ve çevre dostu alternatiflerin geliştirilerek kullanılması büyük önem taşımaktadır.

Tarımda kullanılan kimyasalların bilinçsizce uygulanması ve çevresel kirliliğin artması, arıların bağışıklık sistemini zayıflatmakta, davranışsal ve fizyolojik bozukluklara yol açmaktadır. Arı sağlığının korunması için çiftçiler, politika yapıcılar ve bilim insanları arasında etkin bir iş birliği sağlanmalı ve toplumsal farkındalık artırılmalıdır. Ek olarak, sürdürülebilir tarım uygulamalarının teşvik edilmesi ve entegre zararlı yönetimi stratejilerinin yaygınlaştırılması da ekosistemin dengesi ve arı popülasyonlarının sürdürülebilirliği açısından gereklidir.

KAYNAKLAR

1. Abts, B. J., & Dunlap, A. S. (2022). Memory and the value of social information in foraging bumble bees. *Learning & Behavior*, 50(3), 317–328.
2. Akyol, E. (2016). Arı sütünün yapısı, insanlar ve arılar için önemi. *Uludağ Arıcılık Dergisi Uludağ Bee Journal*, 15(1), 16–21.
3. Al Nagggar, Y., & Paxton, R. J. (2020). Mode of transmission determines the virulence of black queen cell virus in adult honey bees, posing a future threat to bees and apiculture. *Viruses*, 12, 535.
4. Al Nagggar, Y., Brinkmann, M., Sayes, C. M., Al-Kahtani, S. N., Dar, S. A., El-Seedi, H. R., Giesy, J. P. (2021). Are honey bees at risk from microplastics? *Toxics*, 9(5), 109.
5. Alberoni, D., & Di Gioia, D. (2025). Impact of landscape and feeding on the bees' gut microbiome shaping and pathogens development. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 15.
6. Alma, A. M., de Groot, G. S., & Buteler, M. (2023). Microplastics incorporated by honeybees from food are transferred to honey, wax and larvae. *Environmental Pollution*, 320, 121078.
7. Asri, F. Ö., Sönmez, S., & Çıtak, S. (2007). Kadmiyumun çevre ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Derim*, 24(1), 32–39.
8. Bacandritsos, N., Granato, A., Budge, G., Papanastasiou, I., Roinioti, E., Caldon, M., Gallina, A., Mutinelli, F. (2010). Sudden deaths and colony population decline in Greek honey bee colonies. *Journal of Invertebrate Pathology*, 105, 335–340.
9. Bayo, F., & Goka, K. (2014). Pesticide residues and bees – A risk assessment. *PLoS ONE*, 9(4), e94482.
10. Behera, B., & Rohit, R. (2025). Strategic application of integrated crop pollination (ICP) methods for sustainable agriculture. *Records of the Zoological Survey of India*, 125, 277–296.
11. Booth, A., & Shaw, S. E. (2025). Addressing the environmental impact of pharmaceuticals: A call to action. *British Journal of Hospital Medicine*, 86(1), 1–8.

12. Bozma, C., Şimşek, N., Tastan, Y., & Sönmez, A. Y. (2023). Mikroplastik kirliliği ve tatlısu ekosistemlerindeki etkileri. Memba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 9(1), 54–62.
13. Burden, C. M., Morgan, M. O., Hladun, K. R., Amdam, G.V., Trumble, J.J., Smith, B.H. (2019). Acute sublethal exposure to toxic heavy metals alters honey bee (*Apis mellifera*) feeding behavior. Scientific Reports, 9, 4253.
14. Burget, M. (2004). Pacific Northwest honey bee pollination. HoneyReport XXIII-1, 12–15. U.S. Department of Agriculture.
15. Can, M. B., & Köksal, İ. (2024). Türkiye’deki arıcılık faaliyetleri ve beslemenin önemi. Arı ve Arıcılık Teknolojileri Dergisi, 3(1), 28–38.
16. Cardoso, J. C. F., Trevizan, R., & Maruyama, P. K. (2025). Pollination and plant reproduction in the Cerrado, the world's most biodiverse savanna. Biological Reviews.
17. Cengiz, M. M., & Arslan, S. (2023). Türkiye’de yetiştirilen ana arıların fiziksel kalite kriterleri ve Türkiye arıcılığı için önemi. Uludağ Arıcılık Dergisi, 23(2), 296–306.
18. Chloe, S. (2024). Molecular and mitochondrial biology of eusocial bees: Responses to stress and xenobiotics. (Doctoral dissertation). University of Nottingham. ProQuest Dissertations & Theses. 32092160.
19. Chmiel, J. A., Daisley, B. A., Pitek, A. P., Thompson, G. J., & Reid, G. (2020). Understanding the effects of sublethal pesticide exposure on honey bees: A role for probiotics as mediators of environmental stress. Frontiers in Ecology and Evolution, 8, 22.
20. de Miranda, C. O., de Souza, J. J. L. L., Schaefer, C. E. G. R., Lwanga, E. H., & Villela, F. N. J. (2024). Short-term impacts of polyethylene and polyacrylonitrile microplastics on soil physicochemical properties and microbial activity of a marine terrace environment in maritime Antarctica. Environmental Pollution, 347, 123791.
21. Desneux, N., Decourtye, A., & Delpuech, J. M. (2007). The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. Annual Review of Entomology, 52, 81–106.
22. Ergün, H., & Altıntaş, L. (2022). Pestisitlerin arı yetiştiriciliğine etkisi. Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Derneği Bülteni, 13(1), 26–46. <https://doi.org/10.38137/vftd.1075708>

23. Flores, J. M., Gil-Lebrero, S., Gámiz, V., Rodríguez, M. I., Ortiz, M. A., & Quiles, F. J. (2019). Effect of the climate change on honey bee colonies in a temperate Mediterranean zone assessed through remote hive weight monitoring system in conjunction with exhaustive colonies assessment. *Science of The Total Environment*, 653, 1111–1119.
24. Hammad, M. B. (2018). Bees and beekeeping in Ancient Egypt. *Journal of Association of Arab Universities for Tourism and Hospitality*, 15(1), 1–16.
25. Herrera, C. M., & Pellmyr, O. (Eds.). (2009). *Plant-Animal Interactions: An Evolutionary Approach*. John Wiley & Sons.
26. Holt, H. L., Aronstein, K. A., & Grozinger, C. M. (2013). Chronic parasitization by *Nosema* microsporidia causes global expression changes in core nutritional, metabolic and behavioral pathways in honey bee workers (*Apis mellifera*). *BMC Genomics*, 14, 799.
27. Jacques, A., Laurent, M., Ribière-Chabert, M., Saussac, M., Bougeard, S., Budge, G. E., Hendriks, P., & Chauzat, M.-P. (2017). A pan-European epidemiological study reveals honey bee colony survival depends on beekeeper education and disease control. *PLoS ONE*, 12, e0172591.
28. Kaya, S. (2014). Pestisidler. In S. Kaya (Ed.), *Veteriner Toksikoloji* (pp. 301–391). Medisan.
29. Kevan, P. G.-F. (2002). *Pollinating bees, the conservation link*. Ministry of Environment.
30. Kiljanek, T., Niewiadowska, A., & Posyniak, A. (2016). Pesticide poisoning of honeybees: A review of symptoms, incident classification, and causes of poisoning. *Journal of Apicultural Science*, 60(2), 5.
31. Knoll, S., & Cappai, M. G. (2024). Foraging activity of honey bees (*Apis mellifera* L., 1758) and exposure to cadmium: A review. *Biological Trace Element Research*, 202(12), 5733–5742.
32. Kritsky, G. (2015). *The Tears of Re: Beekeeping in Ancient Egypt*. Oxford University Press.
33. Kritsky, G. (2017). Beekeeping from antiquity through the middle ages. *Annual Review of Entomology*, 62(1), 249–264.
34. Küster, A., & Adler, N. (2014). Pharmaceuticals in the environment: Scientific evidence of risks and its regulation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 369(1656), 20130587.

35. Michener, C. D. (2007). The Bees of the World. Johns Hopkins University Press.
36. O'Toole, C., & Raw, A. (1991). Bees of the World (pp. 192).
37. Özbek, H. (2010). Arılar ve insektisitler. Uludağ Arıcılık Dergisi, 10(3), 85–95.
38. Özbek, P. H. (2002). Arılar ve doğa. Uludağ Arıcılık Dergisi - Uludağ Bee Journal, 2(3), 22–25.
39. Sadafale, G., Subal, B. K., Kamal, P. A., & Shukla, A. (2025). Global decline of pollinators: Drivers, consequences and mitigation strategies. Journal of Biology and Nature, 17(2), 356–379.
40. Sıralı, R., & Cınbirtoğlu, Ş. (2011). Bal arılarının tozlaşmadaki ve bitkisel üretimdeki önemi. Arıcılık Araştırma Dergisi, 10(1), 28–33.
41. Tosi, S., & Nieh, J. C. (2019). Lethal and sublethal synergistic effects of flupyradifurone (Sivanto) and propiconazole on honey bees. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 286(1900), 20194395.
42. Tozkar, C. Ö. (2023). *Vairimorpha* (Nosema) parazitinin antimikrobiyal peptidler aracılığıyla bal arılarının hümmoral bağışıklığına etkileri. Hayvan Bilimi ve Ürünleri Dergisi, 6(1), 72–88.
43. Tsvetkov, N., Samson-Robert, O., Sood, K., Patel, H. S., Malena, D. A., & Zayed, A. (2017). Chronic exposure to neonicotinoids reduces honey bee health near corn crops. Science, 356(6345), 1395–1397.
44. URL1: Kūlahçioğlu, S. (2018). Ksenobiyotikler her yerde. <https://www.milliyet.com.tr/pembenar/uzm-dr-servet-kulahcioglu/ksenobiyotikler-her-yerde-2619202>
45. Uysal, O. G. (2021). Nehirlerde mikroplastik kirliliği ve hidrodinamik modellenmesi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (28), 1410–1414.
46. Wagner, D. L. (2020). Insect declines in the Anthropocene. Annual Review of Entomology, 65, 457–480.
47. Yarsan, E. (2019). Balda kirletici maddeler. In I. Uluslararası VI. Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Kongresi (pp. 147–160). Aktaş Ofset Matbaacılık.
48. Zavrtnik, S., Loborec, J., Kapelj, S., & Grčić, I. (2024). Environmental biomonitoring of heavy and toxic metals using honeybees and their products. An overview of previous research. Sustainability, 16(19), 8526. <https://doi.org/10.3390/su16198526>

BÖLÜM 6

YENİ BİR KOYUN GEN KAYNAĞI OLARAK YALOVA KIVIRCIĞI

Dr.Öğr.Üyesi Emre ALARSLAN¹

Prof. Dr. Turgut AYGÜN²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17391835>

¹Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Bandırma Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Balıkesir, Türkiye. E-posta: calarslan@bandirma.edu.tr; ORCID: 0000-0001-8784-5775

²Bingöl Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Zootečni ve Hayvan Besleme Bölümü, Bingöl, Türkiye. E-posta: taygun@bingol.edu.tr; ORCID: 0000-0002-0694-6628

GİRİŞ

Koyun varlığımızın büyük bir kısmı yerli ırklardan oluşmaktadır. Türkiye yerli koyun ırkları, ülkemizin farklı bölgelerindeki iklim, bitki örtüsü, coğrafik yapıya adapte olarak verim ve görünüş açısından birbirlerinden farklı özellikler göstermektedirler. İç Anadolu, Doğu ve Güneydoğu Anadolu'da yağlı kuyruklu ırklarımız hakim iken, Ege, Marmara ve Batı Anadolu'da ince kuyruklu ırklarımız daha yaygın olarak yetiştirilmektedir. Yetiştirme yönünü tüketici alışkanlıkları, pazar ve sosyo-ekonomik yapı da etkilemektedir. Türkiye'de yetiştiriciliği yapılan yerli koyun ırklarımız, varyeteleri ve melezleri arasında, Akkaraman, Kangal, Morkaraman, Güney Karaman, Dağlıç, İvesi, Herik, Tuj, Hemşin, Kıvırcık, Karayaka, Sakız, Gökçeada, Çine Çaparı, Karagül, Norduz, Karagül, Malya, Acıpayam, Karacabey Merinosu, Anadolu Merinosu, Orta Anadolu Merinosu, Ramlıç, Pırlak, Karya, Menemen, Tahirova, Sönmez ve Türkgeldi başlıcalarıdır (Kaymakçı, 2006; Anonim, 2009). Yerli ırk ve varyetelerin yanı sıra kontrollü ya da kontrolsüz birçok melezlemeler sonucunda ortaya çıkan genotipler de Türkiye hayvancılığı içinde mevcudiyetini sürdürmektedir. Kontrollü melezleme için Tahirova ırkı (East Friesian %75 X Kıvırcık %25) kontrolsüz melezleme için ise Eşme koyunu (Dağlıç, Kıvırcık ve Sakız melezi) örnek olarak verilebilir.

Yalova İli ve çevresinde yetiştirilen Yalova genotipi koyunlar ilde 2024 yılı sonu itibarıyla 27.034 baştır. Yalova genotipi koyunları üzerindeki çalışmalar 2012 yılında Halk Elinde ıslah çalışmaları ile başlamış ve bilimsel araştırmalar devam etmektedir. Yalova ve çevresinde yetiştirilen Yalova-Yalova Koyunu olarak adlandırılan genotipin diğer bölgelerde yetiştirilen Kıvırcık ırkı koyun popülasyonlarından morfolojik olarak bir takım farklılıklara sahip oldukları görülmektedir. Kıvırcık koyun popülasyonlarından yapağı dağılımı, kuyruk yapısı ve bazı verim özellikleri bakımından farklılık gösterdiği tespit edilmiştir (Alarслан ve Aygün 2019; Alarслан ve Aygün, 2019b; Alarслан ve Aygün, 2020; TÜİK, 2025; Alarслан ve ark., 2021).

Yalova genotipinin vücut örtü rengi ve derisi beyaz olup, nadir de olsa baş ve ayaklarda siyah lekeleler görülebilir, kafa yapısı uzunca ve dardır, dişilerde nadiren hafif koç başlılara rastlanılabilir, dışbükey bir burun yapısına sahiptir, kulaklar öne ve yana doğru yönelmiştir, bacaklar uzunca ve sağlamdır. Baş, boyun altı, göğüs, karın ve bacaklar yapağısızdır, yapağı

dağılımı yatay olarak sırt tarafına doğru yoğunlaşmıştır. Çıplak kısa ince yapagısız veya az yapağılı, yağsız bir kuyruk yapısına sahiptir. Koçlarda güçlü, spiral yanlara doğru açılma eğilimi gösteren boynuz bulunmakta, dişilerde küçük boynuzlara rastlanılabilmektedir, kötü çevre şartlarına ve hastalıklara dayanıklıdır. Uzun mesafeleri yürüyebilme, fakir meralardan istifade etme yeteneğine sahiptir. Sürü içgüdüsü, analık içgüdüsü, yürüme yeteneği, otlama yeteneği, sağılabilme yeteneği ve sevk-idare kolaylığı (mizaç) iyi ve biraz ürkek bir yapıya sahiptir. Aile ve ticari sürüler şeklinde 20-400 baş olarak ekstansif ve yarı entansif şekilde yetiştirilir.

Yalova 28° 45' ve 29° 35' doğu boylamları, 40° 28' ve 40° 45' kuzey enlemi arasında bulunmaktadır. İl ılıman (14.6 °C yıllık ortalama sıcaklık) bir iklim yapısına sahip olup, yetiştirme yapılan alanlar çok engebeli olmamakla birlikte, engebeli arazide de rahat bir şekilde yayılım yapılabilir. Özellikle ilin doğu kısımlarını düzlükler oluştururken bunların dışında kalan alan dağlık arazi şeklindedir. İlin bitki örtüsünü genel olarak makiler ve ormanlık alanlar oluşturmaktadır (Anonim, 2021).

Bu çalışmada Yalova İlinde yetiştirilen Yalova genotipine ait koyunlar üzerinde yapılmış olan bilimsel araştırmalar derlenerek morfolojik, fenotipik ve genetik bilimsel çalışmalara yer verilmiş ve diğer yerli koyun ırkları ve melezlerle olan benzerlik ve farklılıkları ortaya konulmaya çalışılmıştır.

GENEL BİLGİLER

Morfolojik, fenotipik ve genetik çalışmalar sonucunda Kıvırcık ırkı olarak bilinen materyalin aslında farklı bir genotip olduğu ortaya çıkmıştır. Kıvırcık ırkı laktasyon süt verimi 48-83 kg arası değişmektedir. Yalova genotipinin laktasyon süt verimi ise 98.92 kg olarak tespit edilmiş ve Kıvırcık ırkından fazladır. Yine Kıvırcık ırkı için bildirilen cidago yüksekliği ve vücut uzunluğu sırasıyla, 64 ve 66 cm'dir. Aynı vücut özellikleri için Yalova genotipinde tespit edilen değerler (71.30 ve 71.43 cm), Kıvırcık ırkından fazladır. Yalova genotipinin ilk dikkat çeken özellikleri arasında yapağı dağılımının farklı ve yapağının az olması, göğüs ve karın kısmının çıplak olmasıdır. Diğer yerli ırklarımızın kirli yapağı ağırlığı 1.18 ile 2.87 kg arasında değişmektedir. Yalova genotipi ise 1.08 kg kirli yapağı ile en az ağırlığa sahiptir. Aynı zamanda Yalova koyunu, kısa yapılı kuyruğa sahip,

kuyruğun az yapağılı veya yapağısız olması ile diğer yerli ırklardan da farklılık göstermektedir.

Yalova'daki koyun yetiştiricileri melezleme yapmamaktadır ve saf yetiştirme sistemini kullanmaktadırlar. Bu da il genelindeki sürülerin homojen bir yapı göstermesine neden olmuştur. Yapılan çalışmalar ile diğer yerli ırklarla olan benzerlik ve farklılıklar ortaya konulmaya çalışılmıştır. Genotipin ırk tescil çalışmaları tamamlanmış ve 25/10/2022 tarih ve 31994 sayılı resmi gazetede yayınlanan kararla Yalova Kıvrırcığı ismi ile tescillenmiştir. Bu tescil, yerli koyun genetik kaynaklarının korunmasına yönelik bilimsel çalışmalara önemli bir katkı sunmuş, ayrıca Türkiye'nin küçükbaş hayvan biyoçeşitliliğinin sürdürülebilirliği açısından literatürde değerli bir yer edinmiştir.

1. Morfolojik Çalışmalar

Yalova genotipi kuzularda yapılan vücut ölçülerine ait sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir. Alarslan ve Aygün (2019b)'ün yaptığı çalışmada 30, 60, 90, 120, 150 ve 180. günlerde büyüme gelişmeyi de takip etmek amacıyla bazı vücut özellikleri tespit edilmiştir. Araştırmada tespit edilen değerler, Esen ve Özbey (2001) Sakız x Akkaraman (F1 ve G1) melez kuzularda yürüttükleri çalışmada F1 ve G1 kuzuların 30. gün cidago yüksekliği, sağrı yüksekliği, vücut uzunluğu, pelvis genişliği, göğüs genişliği, göğüs derinliği ve göğüs çevresini sırasıyla; 53.77 ve 52.16, 54.77 ve 53.91, 54.55 ve 51.41, 17.88 ve 16.91, 16. 55 ve 14.75, 25.25 ve 23.50, 70.11 ve 72.50 cm olarak tespit ettikleri değerlerden düşük, göğüs çevresi, vücut uzunluğu, cidago yüksekliği ve göğüs derinliği için tespit edilen değerler, Işık (2010) tarafından Bafra kuzular için bildirilen göğüs çevresi 43.31 cm, vücut uzunluğu 39.41 cm, cidago yüksekliği 40.85 cm'den yüksek ve göğüs derinliği 16.35 cm olarak bildirilen değerden düşük olarak tespit edilmiştir.

Tablo 1. Yalova genotipi kuzularda bazı vücut ölçülerine ilişkin en küçük kareler ortalamaları (Alarslan ve Aygün, 2019b).

Vücut ölçüleri	Gün					
n=96	30.	60.	90.	120.	150.	180.
	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$
Cidago						
Yüksekliği (cm)	44.25±0.29	49.74±0.30	55.48±0.30	59.06±0.32	62.06±0.33	64.76±0.32
Vücut						
Uzunluğu (cm)	41.71±0.32	47.97±0.33	54.95±0.35	59.44±0.33	62.60±0.32	64.94±0.34
Sağrı						
Yüksekliği (cm)	43.94±0.30	49.37±0.30	55.78±0.28	59.47±0.30	62.35±0.32	64.88±0.33
Göğüs						
Derinliği (cm)	14.59±0.14	17.37±0.14	21.44±0.17	23.69±0.18	25.27±0.20	26.05±0.20
Göğüs						
Genişliği (cm)	10.91±0.16	12.57±0.14	14.53±0.16	16.55±0.14	18.27±0.17	19.32±0.17
Göğüs Çevresi (cm)	48.61±0.42	56.33±0.40	66.57±0.48	74.36±0.53	78.81±0.54	81.03±0.52
Sağrı						
Genişliği (cm)	11.15±0.18	12.30±0.16	13.67±0.17	15.91±0.15	18.63±0.17	19.79±0.15
Baş						
Uzunluğu (cm)	15.12±0.12	16.35±0.11	17.67±0.11	21.05±0.12	21.95±0.12	22.57±0.11
Alın						
Genişliği (cm)	14.59±0.14	9.74±0.08	10.47±0.07	11.34±0.10	11.92±0.09	12.11±0.09
Kulak						
Uzunluğu (cm)	10.10±0.12	10.93±0.10	11.36±0.10	12.48±0.11	12.80±0.10	13.01±0.09

Tablo 1. incelendiğinde 90. gün cidago yüksekliği, göğüs çevresi, göğüs derinliği, vücut uzunluğu ve sağrı yüksekliği için tespit edilen değerler; Özbaşer ve Akçapınar (2011) tarafından bildirilen Acıpayam kuzularda cidago yüksekliği 57.1 cm’ den düşük, göğüs çevresi 64.2 cm’ den yüksek, göğüs derinliği 23.9 cm’ den yüksek, vücut uzunluğu 53.2 cm’ den yüksek ve

sağrı yüksekliği 55.6 cm olarak bildirilen değer ile benzer bulunmuştur. Yalova kuzuları için tespit edilen baş uzunluğu, kulak uzunluğu, alın genişliği, göğüs çevresi, göğüs derinliği, göğüs genişliği, vücut uzunluğu, cidago yüksekliği ve sağrı yüksekliği değerleri, Özmen ve ark. (2015) tarafından bildirilen Akkaraman kuzularda erkek ve dişi sırasıyla baş uzunluğu 18.17 ve 17.09 cm ile benzer, kulak uzunluğu 15 ve 14.35 cm' den düşük, alın genişliği 10.44 ve 10.35 cm ile benzer, göğüs çevresi 73.31 ve 69.96 cm' den düşük, göğüs derinliği 24.39 ve 21.15 cm ile benzer, göğüs genişliği 13.60 ve 12.46 cm' den yüksek, vücut uzunluğu 48.71 ve 46.03 cm' den yüksek, cidago yüksekliği 56.04 ve 53.46 cm ile benzer ve sağrı yüksekliği 55.71 ve 53.75 cm olarak bildirilen değer ile benzer bulunmuştur.

Çalışmada 180. gün baş uzunluğu 22.57 cm, alın genişliği 12.11 cm, kulak uzunluğu 13.01 cm, cidago yüksekliği 64.76, sağrı yüksekliği 64.88 cm, göğüs derinliği 26.05 cm, göğüs genişliği 19.32 cm, sağrı genişliği 19.79 cm, vücut uzunluğu 64.94 cm ve göğüs çevresi 81.03 cm olarak tespit edilmiştir. Elde edilen bu değerler; Bayram ve Odabaşoğlu (2011) tarafından bildirilen Morkaraman ve Kıvırcık x Morkaraman F1 melez kuzularda baş uzunluğu 21.84 ve 21.60 cm, alın uzunluğu 9.44 ve 8.63 cm değerlerinden yüksek, kulak uzunluğu 15.46 ve 13.84 cm değerlerinden düşük, cidago yüksekliği 58.24 ve 58.10 cm, sağrı yüksekliği 59 ve 58.69 cm değerlerinden yüksek, göğüs derinliği 27.64 ve 27.15 cm değerleri ile benzer, göğüs genişliği 14.44 cm değerinden yüksek ve 18.71 cm değeri ile benzer, sağrı genişliği 15.90 ve 15.78 cm değerlerinden yüksek, beden uzunluğu 60.99 cm değerinden yüksek ve 64.54 cm değeri ile benzer ve göğüs çevresi 81.66 cm değeri ile benzer ve 83.52 cm değerinden düşük bulunmuştur.

Yalova genotipi ergin koyun ve koçlarda Alarslan ve Aygün (2020)'ün yaptığı çalışmada bazı vücut ölçülerine ait sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir. Araştırmada cidago yüksekliği dişilerde 71.30 cm ve koçlarda 80.30 cm olarak bulunmuştur. Tespit edilen bu değerler, Kıvırcık ırkı koyun ve koçlar için bildirilen 64 cm ve 69 cm değerlerinden yüksek (Anonim, 2019) ve yine Özcan (1970a ve 1970b)'ın Kıvırcık koyunlar için bildirdiği 66 ve 65 cm'den yüksek tespit edilmiştir. Yalova genotipinin cidago yüksekliği diğer yerli ırklarımızla karşılaştırıldığında Akkaraman, Morkaraman, Dağlıç, İvesi, Çine Çaparı, Güney Karaman, Karagül, Tuj, Herik, Karayaka, Gökçeada, Pırlak, Zom, İvesi ırklarından yüksek, Karya, Sakız, Hemşin, Norduz, Karacabey

Merinosu ile benzer ve Kangal Akkaraman'dan düşük bulunmuştur (Anonim, 2019; Yılmaz ve ark., 2011; Koncagül ve ark., 2012; Yılmaz ve ark., 2013; Özbeyaz ve ark., 2018).



Tablo 2. Yalova genotipi ergin koyunlarda bazı vücut ölçülerine ilişkin en küçük kareler ortalamaları (Alarslan ve Aygün, 2020)

Vücut ölçüleri (cm)	Dişi (n=250) $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	Erkek (n=70) $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	Vücut ölçüleri (cm)	Dişi (n=250) $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	Erkek (n=70) $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$
Cidago Yüksekliği	71.30±0.17	80.30±0.42	Göğüs Çevresi	93.41±0.34	108.14±0.83
Sırt Yüksekliği	70.40±0.17	79.20±0.41	Arka But Çevresi	83.10±0.33	101.40±1.00
Sağrı Yüksekliği	71.21±0.17	80.00±0.42	Ön İncik Çevresi	7.92±0.04	9.70±0.07
Vücut Uzunluğu	71.43±0.16	80.24±0.40	Baş Uzunluğu	26.50±0.11	30.81±0.20
Kuyruk uzunluğu	20.50±0.21	26.24±0.39	Baş Genişliği	14.13±0.08	15.76±0.14
Sağrı Genişliği	22.70±0.11	27.30±0.23	Alın Genişliği	10.21±0.05	12.60±0.12
Göğüs Genişliği	21.53±0.11	26.13±0.23	Kulak Uzunluğu	12.20±0.07	13.04±0.13
Göğüs Derinliği	32.72±0.11	37.30±0.30	Kulak Genişliği	7.54±0.04	7.84±0.08



Yalova genotipine ait sırt ve sağrı yüksekliği, vücut uzunluğu, sağrı ve göğüs genişliği, göğüs derinliği, göğüs çevresi Kıvırcık koyunlar için bildirilen değerlerden yüksek, başa ait ölçüler ise benzer olarak tespit edilmiştir. Yine bu özellikler İvesi, Gökçeada, Dağlıç, Tuj, Akkaraman, Karayaka, Çine Çaparı, Güney Karaman ırklarından yüksek, Sakız,

Morkaraman, Norduz, Kangal, Hemşin, ile benzer tespit edilmiştir (Anonim, 2019; Yılmaz ve ark., 2011; Özbeyaz ve ark., 2018).

Yalova genotipinin en dikkat çeken özelliklerinden biri olan kuyruk ölçüsü Tablo 2’de de görüleceği üzere dişilerde 20.50 cm ve koçlarda 26.24 cm olarak tespit edilmiştir. Kıvırcık ırkı için bildirilen koçlarda 36.4 cm ve dişilerde 35.3 cm’den kısa tespit edilmiştir. Aynı zamanda Sakız, Gökçeada, Karayaka, Zom, Karagül, Tuj, Çine Çaparı ırklarından da kısa bulunmuştur (Özcan, 1970a; Anonim, 2009; Erol ve Akçadağ, 2009; Koncagül ve ark., 2012).

2. Fenotipik Çalışmalar

Yalova genotipi kuzularda büyüme ve gelişmeyi takip etmek amacıyla yapılan çalışmada (Alarслан ve Aygün, 2019b) kuzuların doğum, 30. 60. 90. 120. 150 ve 180. günlerdeki canlı ağırlıklarına ilişkin bilgiler Tablo 3’de verilmiştir. Gökçeada ve Kıvırcık kuzularda bildirilen 3.89, 3.3 ve 4.1-3.56, 3.85, 4.09 kg (Çörekçi ve Evrim, 2001; Yılmaz ve ark., 2004; Ekiz ve Altınel, 2004; Cemal ve ark., 2007; Ceyhan ve ark., 2007), Kıvırcık ve melez (Sakız x Kıvırcık ve Kıvırcık x Karya) kuzularda sırasıyla; 2.81, 2.94 ve 2.85 kg (Altın ve ark., 2003), bildirilen doğum ağırlıklarından yüksek tespit edilmiştir.

Tablo 3. Yalova genotipi kuzularda doğum ağırlığı ve farklı günlere ait canlı ağırlıklarına ilişkin en küçük kareler ortalamaları (kg) (Alarслан ve Aygün, 2019b)

Faktörler	Doğum ağırlığı $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	30. gün $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	60.gün $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	90.gün $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	120. gün $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	150.gün $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	180.gün $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$
Cinsiyet	♂n=57 ♀n=43	♂n=57 ♀n=43	♂n=56 ♀n=41	♂n=56 ♀n=41	♂n=56 ♀n=40	♂n=56 ♀n=40	♂n=56 ♀n=40
Erkek	4.52±0.06	8.57±0.28	13.82±0.40	21.78±0.55	28.98±0.71	34.06±0.81	38.10±0.80
Dişi	4.51±0.07	8.60±0.33	13.58±0.46	20.38±0.64	26.46±0.84	31.30±0.95	34.58±0.94
Genel	4.49±0.09	8.69±0.17	13.94±0.25	21.50±0.34	28.58±0.44	33.68±0.50	37.60±0.49

Çalışmada 90. gün canlı ağırlık 21.50 kg olarak tespit edilmiştir. Tespit edilen bu ağırlık; Bafra kuzularda 22.5 ve 21.2 kg (Ünal ve ark., 2003; Akçapınar ve ark., 2005) olarak bildirilen çalışmalar ile benzer, Kıvırcık kuzular için bildirilen 15.0 ve 19.38 kg (Altın ve ark., 2003; Ekiz ve Altınel, 2006), Sönmez kuzularda 17.82 kg (Kaymakçı ve ark., 2002) olarak bildirilen ağırlıklardan yüksek, Menemen kuzularda 23.77 ve 26.36 kg (Demirören, 2002; Kandemir ve ark., 2013), olarak bildirilen ağırlıklardan düşük tespit

edilmiştir. Halk elinde ıslah çalışmasında sahada 90.gün canlı ağırlığın 25 kg civarında olduğu gözlemlenmiştir.

Yalova genotipi kuzularda farklı günler arası günlük canlı ağırlık artışına ilişkin elde edilen veriler Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. Yalova genotipi kuzularda farklı günler arası günlük canlı ağırlık artışına ilişkin en küçük kareler ortalamaları (g) (Alarслан ve Aygün, 2019b)

Faktörler	n	Doğum-90.gün	n	Doğum-150. Gün	Doğum-180. gün	n	90-180.gün	150-180. gün
Cinsiyet		$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$		$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$		$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$
Erkek	56	208.41±0.01	56	206.26±0.01	191.53±0.01	56	174.06±0.01	117.91±0.01
Dişi	41	192.28±0.01	40	186.24±0.01	171.05±0.01	40	147.48±0.01	95.08±0.01
Genel	97	204.72±0.01	96	202.71±0.04	188.26±0.03	96	171.04±0.04	116.01±0.07

Doğum-90. gün arası canlı ağırlık artışı için saptanan 204.72 g değeri, Altın ve ark. (2003) tarafından Kıvırcık kuzularında 75-89 gün arası tespit ettikleri günlük canlı ağırlık artışı 190.7 g ile benzer, Menemen kuzularda bildirilen 140 g (Kaymakçı ve ark., 2006) ve Morkaraman, Sakız x Morkaraman (F1) ve Kıvırcık x Morkaraman (F1) melez kuzularda bildirilen 142.24, 142.59 ve 141.51 g (Özbey ve Akcan, 2003)’dan yüksek, Menemen ve Ile de France x Akkaraman melezi kuzularda bildirilen 253.8 ve 289.1 g (Kandemir ve ark., 2013) değerlerinden düşük tespit edilmiştir.

Yalova genotipi koyun ve koçlarda ergin canlı ağırlığı tespit etmek için yapılan çalışmada, koyunların ergin canlı ağırlık ortalaması 55.63 kg, en az 40.30 kg ve en çok 79.70 kg, koçların ise ergin canlı ağırlık ortalaması 85.74 kg, en az 60.70 ve en çok 114.40 kg olarak tespit edildiği bildirilmiştir (Alarслан ve Aygün, 2020). Yalova genotipi koyunlara ait ergin canlı ağırlık ortalamaları dişilerde 55.63 ve koçlarda 85.74 kg olarak tespit edilmiştir. Koyunlar için tespit edilen bu değer Kıvırcık ırkında yapılan bazı çalışmalarda, Özcan (1970a, 1970b)’in bildirdiği 39.11-38.14 kg’dan ve Yılmaz ve Altın (2004)’ın bildirdiği 48 ve 44 kg’dan yüksek, Yılmaz ve ark. (2004)’nın bildirdiği 55.2 kg ile benzer bulunmuştur. Yalova genotipinin ergin canlı ağırlığı diğer yerli ırklarımızla karşılaştırıldığında Akkaraman,

Dağlıç, İvesi, Çine Çaparı, Güney Karaman, Karagül, Tuj, Sakız, Herik, Karayaka, Gökçeada, Pırlak ve Karya ırklarından yüksek, Hemşin ve Morkaraman ile benzer, Acıpayam, Malya, Norduz, Karacabey Merinosu ve Kangal'dan düşüktür (Anonim, 2019; Ural, 2015; Özbeyaz ve ark., 2018).

Yalova koyunlarında bazı süt verimi ve döl verimini tespit etmek amacıyla yapılan çalışmada laktasyon süresi 180.26 gün ve laktasyon süt verimi 98.92 kg olarak tespit edilmiştir (Alarslan ve Aygün, 2019). Çalışmada tespit edilen laktasyon süresi, yapılan benzer çalışmalarda Sönmez ve ark. (1991), Kıvrıkcılarda bildirilen 182 gün ile benzer, yine Demir ve Başpınar (1992) ve Yılmaz ve ark. (2004), Kıvrıkcık için tespit ettikleri 156 ve 103 gün değerlerinden yüksek, Sönmez ve ark. (2009) Sakızlarda tespit ettikleri 160-180 gün değeri ile benzer bulunmuştur. Tahirova koyunu için bildirilen 200-240 günden az (Kaymakçı, 2006), Gökçeada koyununda tespit edilen 117 günden fazla (Yılmaz ve ark., 2004) bulunmuştur. Araştırmada belirlenen laktasyon süt verimi benzer çalışmalarla karşılaştırıldığında, Kıvrıkcılarda bildirilen 81, 48 ve 62 kg'dan yüksek (Sönmez ve ark., 1991; Demir ve Başpınar, 1992; Yılmaz ve ark., 2004), Sakız için tespit edilen 120-180 kg (Sönmez ve ark., 2009) ve Tahirova koyununda 250-300 kg olarak bildirilen değerlerden düşük (Kaymakçı, 2006), Gökçeada koyununda 88,5 kg olarak bulunan değer ile benzer (Yılmaz ve ark., 2004), Anadolu Merinosu için bildirilen 72,84 kg değerinden yüksek (Doğan ve ark., 2003), İvesi koyununda 196,5 ve 244,39 kg olarak bildirilen değerlerden düşük (Üstüner ve Oğan, 2013; Kaygısız ve Dağ, 2017) bulunmuştur. Yine aynı çalışmada süt bileşenlerinden yağ, protein, laktoz ve yağsız kuru madde ortalamaları sırasıyla %5.66, %6.83, %3.12, %16.05 ve %10.39 olarak tespit edilmiştir. Araştırmada süt yağ oranı %5,66 olarak tespit edilmiştir. Elde edilen bu değer; Özder ve ark. (2004) tarafından bildirilen Türkgeldilerde %7,36 değerinden, Pala ve Şahin (2011) tarafından bildirilen Tahirovalarda %7,51-%6,67 değerlerinden, Doğan ve ark. (2013) tarafından bildirilen Anadolu Merinosu koyunlarında %7.38 değerinden düşük, Akkaramanlar için bildirilen %4,75 değerinden (Özmen ve ark., 2015) ve Zom koyunları için bildirilen %4.2 değerinden yüksek (Akça ve Bakır, 2017), Morkaramanlar için bildirilen %5,30 değeri (Çelik ve Özdemir, 2003) ve Norduz koyunlarında bildirilen %5,43 değeri (Aygün, 2017) ile benzer tespit edilmiştir. Araştırmada sütteki protein oranı %6,83 olarak bulunmuştur. Tespit edilen bu değer Tahirovalarda

bulunan %5,99 ve %5,86 (Pala ve Şahin, 2011), Anadolu Merinoslarında bildirilen %5,24 (Doğan ve ark., 2013), Akkaramanlarda bildirilen %4,04 (Özmen ve ark., 2015), Morkaramanlarda tespit edilen %5,25 (Çelik ve Özdemir, 2003) ve Norduzlar için bildirilen %5.63 değerinden (Aygün, 2017) yüksek tespit edilmiştir.

Alarслан ve Aygün (2019a)'ün yapmış oldukları çalışmada Yalova koyunlarında aşım ve kuzulama sonuçlarına göre bazı döl verim özellikleri ve yaşama gücüne ait sonuçlar Tablo 5'de verilmiştir. Yalova koyunu için tespit edilen kısırılık oranı Kıvırcık koyunlarda %5,67 değerinden yüksek ve %21,6 değerinden düşük (Koyuncu ve ark., 2007), Menemen ve Ile de France x Akkaraman koyunlarda %2,4 ve %2,3 değerlerinden yüksek (Kandemir ve ark., 2013), Hamdani koyunlarda %8 değeriyle aynı (Bingöl, 2014) olarak tespit edilmiştir. Araştırmada bulunan kuzulama oranı değeri (%92); Yılmaz ve ark. (2004) tarafından bildirilen Kıvırcık koyunlarda %81,7 ve Gökçeada koyunlarda %57,6 değerlerinden yüksek, Bingöl (2014) tarafından bildirilen Hamdani koyunlarda %92 değeri ile aynı olarak tespit edilmiştir.

Tablo 5. Yalova koyunlarında aşım ve kuzulama sonuçlarına göre bazı döl verim özellikleri ve yaşama gücü (Alarслан ve Aygün, 2019).

Özellikler	Aşım ve kuzulama sonuçlarına göre
Gebelik oranı (%)	92
Kısırılık oranı (%)	8
Kuzulama oranı (%)	92
İkizlik oranı (%)	19.27
Koçaltı koyun başına doğan kuzu sayısı (KAKBDKS)	1.11
Doğuran koyun başına doğan kuzu sayısı (DKBDKS)	1.21
Gebelik üretkenliği (kg)	499.07
Yaşama gücü (%) (150.gün)	96

Araştırmada doğuran koyun başına doğan kuzu sayısı 1.21 olarak bulunmuş ve bu değer; Kıvırcık koyunlarda 1.20 değeriyle benzer ve 1.09 değerinden yüksek (Koyuncu ve ark., 2007), Türkgeldi koyunlarda 1.51 değerinden düşük (Özder ve ark., 2004), Menemen koyunlarda 1.26 değeriyle benzer, 1.32 değerinden düşük (Kaymakçı ve ark., 2006; Kandemir ve ark., 2013), Bafra koyunlarda 1.54 ve 1.67 değerlerinden düşük (Akçapınar ve ark.,

2005), Karakaş koyunlarda 1.09 değerinden yüksek (Aygün ve Karaca, 1996) olduğu bulunmuştur.

Araştırmada Kıvırcık kuzularda yaşama gücü doğum-150. gün arası (sütten kesim) %96 olarak bulunmuştur. Elde edilen bu değer; Kıvırcık kuzularda (doğum-90. gün arası) %97.9 değerinden düşük, %96.67 değeri ile benzer ve %90.2 değerinden yüksek (Yılmaz ve ark., 2004; Koyuncu ve ark., 2007), yine Kıvırcık kuzularda (doğum-75. gün arası) %92,96 değerinden yüksek (Demir ve ark., 2002) olduğu bildirilmiştir.

Yalova genotipi koyunların yapağı özelliklerini tespit amacıyla yapılan çalışmada kirli yapağı verimini 1.08 kg, randıman %58.37, incelik 30.10 mikron, uzunluk 63.85 mm, elastikiyet %24.70 ve mukavemet 35.58 Cn/Tex olarak bildirilmiştir (Alarslan ve ark., 2021). Araştırmada Yalova koyunları için bulunan kirli yapağı verimi ortalaması benzer çalışmalar ile karşılaştırıldığında; Çine Çaparı ırkı için bildirilen 1.18 kg (Altın ve ark., 1999), Sakız ırkı için tespit edilen 1.95 kg (Çörekçi ve Evrim, 2000), Anadolu Merinosu ırkı için tespit edilen 2.84 kg (Dellal ve ark., 2000), Imroz (2.61 kg), Akkaraman (1.81 kg), Kıvırcık (1.3-1.7 kg), Acıpayam (3.1 kg), Karakaş (1.79 kg), Norduz (1.84- 2.05 kg), Morkaraman (1.41 kg), Zom (1.37 kg) ırkları ve Ile de France x Akkaraman (2.87 kg) melezi için tespit edilen değerlerden düşük bulunmuştur (Yıldız ve Denk, 2006; Kaymakçı, 2006; Karakus ve ark., 2007; Yüceer ve ark., 2010; Tuncer ve ark., 2017; Veziroğlu ve Aygün, 2017; İnan ve Aygün, 2019; Karakoç ve Aygün, 2019). Araştırmada Yalova koyunlarının yapağılarının randımanı ortalama %58.37 olarak tespit edilmiştir. Tespit edilen bu değer, Anadolu Merinosları için bildirilen %53.72 ve %47.1-%54.6 değerlerine yakın ve yüksek tespit edilmiştir (Dellal ve ark., 2000; Halıcı, 2009). Malya ve Akkaraman ırklarında yapılan başka bir çalışmada ise randıman sırasıyla %48.34 ve %51.41 değerlerinden yüksek bulunmuştur (Çolakoğlu ve Özbeyaz, 1999). Çine Çaparı (%72), Akkaraman (%72.75), Kıvırcık (%73.77), Sakız (%72.07), Menemen (%66.78), Norduz (%68.25 ve %65.25) ve Morkaraman (%64.55) ırkları için bildirilen değerlerden ise düşük bulunmuştur (Altın ve ark., 1999; Aytaç, 2004; Yılmaz ve Denk, 2004; Peşmen ve Yardımcı, 2012; Veziroğlu ve Aygün, 2017; İnan ve Aygün, 2019).

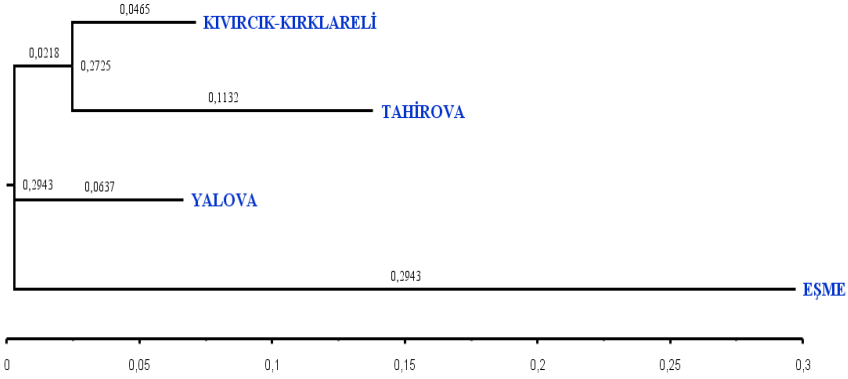
3. Genetik Çalışmalar

Yalova koyunlarının genetik çeşitliliğinin ve tanımlamanın ortaya konulması amacıyla Yalova, Kıvırcık, Tahirova ve Eşme koyun ırkları kullanılmıştır. Çalışılan dört Türk yerli koyun ırklarına göre genetik polimorfizm istatistikleri ilişkin bilgiler Tablo 6'da verilmiştir. En az akrabalığa sahip populasyon sırasıyla Tahirova, Eşme, Kıvırcık ve Yalova ırkları olduğu tespit edilmiştir. En düşük ve en yüksek allel sayıları sırasıyla Eşme (15.30) ve Yalova (17.65) ırkı koyunlarda gözlemlenmiştir. En yüksek gözlemlenen heterozigotluk değerleri Tahirova (0.84) ırkı koyunlarda ortaya çıkmıştır. Populasyonların yapılarının tanımlanması ve heterozigotluk kayıplarının belirlenmesi anlamında büyük öneme sahip olan FIS değerleri 0.014 (Tahirova) ile 0.190 (Yalova) arasında değişim göstermiştir. Akrabalı yetiştirme katsayısı olarak tanımlanan FIS değerleri incelendiğinde populasyonlarda heterizgotluk kaybının söz konusu olmadığı bildirilmiştir

Tablo 6. Çalışılan dört Türk yerli koyun ırklarına göre genetik polimorfizm istatistikleri. Ortalama allel sayısı (MNa), gözlemlenen heterozigotluk (Ho), beklenen heterozigotluk (He), ırk içi heterozigot eksikliği (FIS) ve Hardy- Weinberg eşitliği içerisinde olmayan lokusların sayısı. (Alarslan ve ark., 2021).

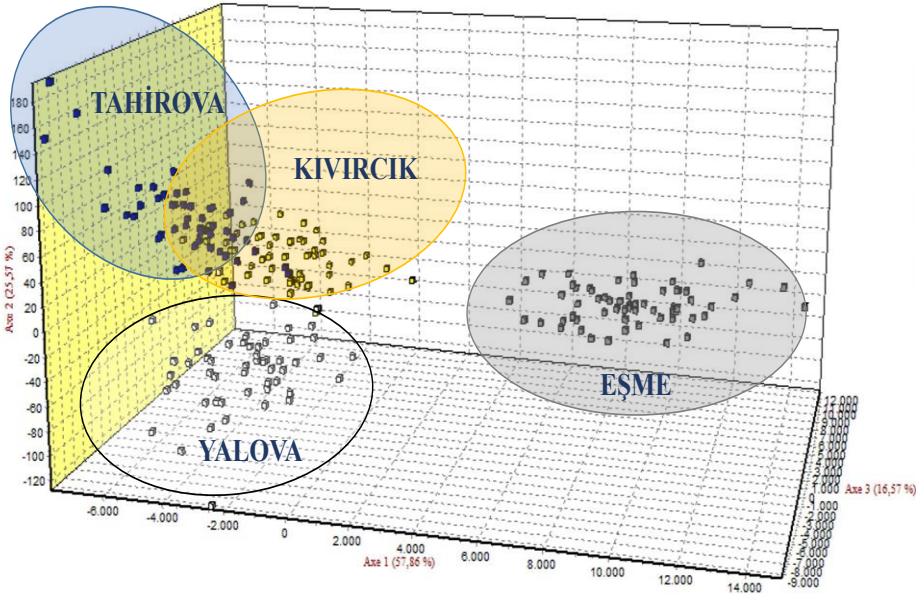
Irklar	Mean		NPA					
	MNA	Heterozygosity		F _{IS}	HWE	Freq. ≥5%	Freq. <5%	Total
		Ho	He					
Kıvırcık-Kırklareli	16.90	0.81	0.88	0.107	11	-	29	29
Tahirova	15.55	0.84	0.84	0.014	13	1	46	47
Yalova	17.65	0.75	0.87	0.190	17	3	38	41
Eşme	15.30	0.82	0.84	0.031	14	17	49	66

Nei'nin Da uzaklık matrisi (Nei 1983) kullanılarak elde edilen ırklar için genetik mesafe dendrogramı Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Dört Türk yerli koyununa ait Nei'nin Da mesafe matrisine dayalı dendrogram (bootstrap resampling methodology (1000 replicates)) (Alarşlan ve ark., 2021).

Çalışılan dört yerli ırka ilişkin Faktöriyel İlişki Analizi grafiği (FCA) Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Çalışılan ırklara ait Faktöriyel ilişki Analizi (FCA) (Alarşlan ve ark., 2021).

Şekil 2 incelendiğinde Tahirova ve Kıvırcık ırklarına ait örneklenen populasyonların birbiri içerisinde olduğu dikkat çekmektedir. Tahirova ırkının oluşumuna Kıvırcık ırkının katkısı göz önüne alındığında bu beklenen bir

bulgudur. Yalova genotipine ait populasyonun ise büyük kısmının Tahirova ve Kıvrıcık popülasyonlarından ayrıştığı Eşme ırkının ise tamamen ayrı bir sınıfta gruplandırıldığı tespit edilmiştir (Alarslan ve ark., 2021).

GENEL DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Yaygın olan ve bilinen ırklar yanında yöresel yerli ırklar ya da bu ırkların varyetelerine ilişkin araştırmalar son yıllarda araştırılmaya başlanmıştır. Aynı ırkın farklı illerde yetiştirilen bireyleri arasında bile belirgin ayrımlardan söz etmek mümkündür. Bu farklılıklar göz önüne alındığında sadece morfolojik özelliklerin tespit edilmesi ile isabetli ırk tanımlamaları yapmak olası görülmemektedir. Bu nedenle ırklar arasındaki genetik farklılıkların ve genetik ilişkilerin iyi anlaşılması ve irdelenmesi gerekmektedir. Irk içindeki ve ırklar arası benzerlik ve farklılıkların ortaya konması hem koruma hem de ıslah programlarının daha etkin bir şekilde sürdürülmesine olanak sağlar (Yılmaz ve ark., 2015; Öner ve ark., 2019; Gül ve ark., 2020).

Yalova Kıvrıcığı'nın 25/10/2022 tarih ve 31994 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan karar ile tescillenmesi, bu genotipin hem literatürde bilimsel bir varlık olarak tanımlanmasını hem de ulusal hayvan genetik kaynakları içerisinde resmiyet kazanmasını sağlamıştır. Bu durum, Türkiye'nin küçükbaş hayvan biyoçeşitliliğinin korunması ve sürdürülebilirliğine önemli katkılar sunarken, aynı zamanda yerel üreticiler için ekonomik açıdan değerli bir kaynak yaratmaktadır. Yalova Kıvrıcığı'nın morfolojik, fenotipik ve genetik özelliklerinin ayrıntılı olarak ortaya konulması, yalnızca bilimsel bilginin gelişimine değil, aynı zamanda ıslah programlarının etkin uygulanmasına ve üretimde verimlilik ile ürün kalitesinin artırılmasına da hizmet edecektir. Böylelikle, bu yerli gen kaynağı hem gelecek kuşaklara aktarılacak hem de ülke hayvancılığında diğer yerli gen kaynakları gibi stratejik bir unsur olarak değerlendirilecektir.

KAYNAKLAR

- Akça, N., Bakır, N. (2017). Karacadağ Zom koyununun süt bileşimi. Dicle Üniv Vet Fak Derg, 10(1): 19-23.
- Akçapınar, H., Ünal, N., Atasoy, F. (2005). The effects of early age mating on some production traits of Bafra (Chios x Karayaka B₁) sheep. Turkish Journal of Veterinary and Animal Science 29: 531-536.
- Alarслан, E., Aygün, T. (2019a). Determination of some milk yield and reproduction characteristics of Kıvırcık sheep in Yalova. BSJ Agri, 2(2): 86-92.
- Alarслан, E., Aygün, T. (2019b). Determination of Growth and Some Morphological Traits of Kıvırcık Lambs in Yalova, J. Anim. Prod., 60(1): 39-50.
- Alarслан, E., Aygün, T. (2020). Effects of Some Environmental Factors on Morphological Characteristics of Yalova Genotype, J. Anim. Prod., 61 (2): 143-150, <https://doi.org/10.29185/hayuretim.771740>.
- Alarслан, E., Aygün, T., Kaçar, N. (2021). Yalova genotipinin kırkım sonucu canlı ağırlığı ve yapağı özellikleri, Journal of Animal Science and Products (JASP) 4 (1):63-72. DOI: 10.51970/jasp.912558
- Alarслан, E., Ata, N., Yılmaz, O., Öner, Y., Kaptan, C., Savaş, T., Yılmaz, A. (2021). Genetic identification and characterisation of some Turkish sheep. Small Ruminant Research 202. 106455. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106455>.
- Altın, T., Karaca, O., Cemal, İ., Atay, O. (1999). Çine Çaparı ve Çine tipi (Yöresel Sentetik) koyunların yapağı verimi ve özellikleri. Uluslararası Hayvancılık'99 Kongresi, 21-24 Eylül, İzmir.
- Altın, T., Karaca, O., Cemal, İ. (2003). Sütten kesim yaşının koyunlarda süt verimi ve kuzularda büyüme üzerine etkisi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Tarım Bilimleri Dergisi 13(2): 103-111.
- Anonim, 2009. Türkiye Evcil hayvan genetik kaynakları tanıtım kataloğu. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, (2019) <https://kms.kaysis.gov.tr/Home/Goster/35576?AspxAutoDetectCookieSupport=1>. (Erişim: 15 Temmuz 2025).
- Anonim, 2021. <http://www.yalova.gov.tr/ilin-cografi-konumu-bitki-rtusu-ve-iklimi>. (Erişim: 15 Eylül 2021).

- Aygün, T. (2017). Some traits of milk yield of native Norduz ewes at village conditions in the Eastern Anatolia of Turkey. International Conference, Agriculture for Life, Life for Agriculture. Bükreş, Romanya, 8-10 Haziran 2017, 71-77.
- Aygün, T., Karaca, O.(1996). Karakaş koyunlarında kimi döl verim özellikleri ve tekrarlanma derecesi tahminleri. Yüzüncü Yıl Üniv Zir Fak Derg, 6(4): 177-189.
- Aytaç, M. (2004). Akkaraman, Sakız x Akkaraman F1 ve G1 ile Kıvırcık x Akkaraman F1 ve G1 genotiplerinde verim özellikleri. (Doktora Tezi) Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü. 119s.
- Bayram, D., Odabaşıoğlu, F. (2011). Farklı besi programı ve sürelerindeki saf Morkaraman ve Kıvırcık x Morkaraman F1 kuzuların besi performansı, kesim ve karkas özellikleri: I- vücut ölçüleri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Veteriner Fakültesi Dergisi 22(1): 41-47.
- Bingöl, E. (2014). Hakkari İlinde yetiştirilen Hamdani koyunlarının temel verim ve dışyapı özellikleri. Doktora tezi, Yüzüncü Yıl Üniv Fen Bil Enst, Van.
- Cemal, İ., Karaca, O., Altın, T., Gökdağ, Ö., Yılmaz, M., Yılmaz, O. (2007). Ultrasound measurements of eye muscle properties and backfat thickness in Kıvırcık lambs. Journal of Biological Sciences 7(1): 89-94
- Ceyhan, A., Erdoğan, İ., Sezenler, T. (2007). Gen kaynağı olarak korunan Kıvırcık, Gökçeada ve Sakız koyun ırklarının bazı verim özellikleri. Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty 4(2): 10-12.
- Çelik, Ş., Özdemir, S. (2003). Morkaraman ırkı koyun sütlerinin bazı kimyasal ve fizikokimyasal parametrelerinin laktasyon boyunca değişimi. Atatürk Üniv Zir Fak Derg, 34(3): 263-268.
- Çolakoglu, N., Özbeyaz, C. (1999). Akkaraman ve Malya koyunlarının bazı verim özelliklerinin karşılaştırılması Tr. J. of Veterinary and Animal Sciences. 23, 351-360.
- Çörekçi, Ş.G., Evrim, M., (2000). Sakız ve İmroz koyunlarının yarı entansif koşullardaki verim performansları konusunda karşılaştırmalı araştırmalar II. süt verimi, yapağı verimi ve yapağı özellikleri. Türk J Vet Anim Sci, 24, 545-552.
- Çörekçi, Ş.G., Evrim, M. (2001). Sakız ve İmroz koyunlarının yarı-entansif koşullardaki verim performansları konusunda karşılaştırmalı

- araştırmalar 1. döl verimi, yaşama gücü, kuzularda büyüme. Turkish Journal of Veterinary and Animal Science 25: 421-429.
- Dellal, G., Söylemezoğlu, F., Etikan, S., Erdoğan, Z. (2000). Anadolu Merinosu koyunlarının bazı yapıları özellikleri üzerine bir araştırma. Tarım Bilimleri Dergisi, 6(2): 48-53.
- Demirören, E. (2002). Yetiştirme amacı farklı koyunlarda kuzu üretim etkinliği. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 39(1): 71-77.
- Demir, H., Başpınar, H. (1992). Kıvırcık ırkının yarı entansif koşullardaki verim performansı, II. koyunlarda döl verimi, süt verimi, canlı ağırlık ve yapıları özellikleri. İstanbul Üniv Vet Fak Derg, 17(2): 13-24.
- Demir, H., Ekiz, B., Yılmaz, A., Elmaz, Ö. (2002). Kıvırcık ve Sakız × Kıvırcık Melezi F1 koyunların dölverimi ve kuzularının yaşama gücü. İstanbul Üniv Vet Fak Derg, 28(1): 155-161.
- Doğan, İ., Şahin, F. (2003). Kuzularda doğum ağırlığını etkileyen faktörlerden doğum tipi ve cinsiyetin bare-bones meta analizi ile değerlendirilmesi. Ankara Üniv Vet Fak Derg, 50(2): 135-140.
- Doğan, Ş., Aytekin, İ., Boztepe, S. (2013). Anadolu Merinosu koyunlarında meme tipleri ile meme özellikleri, süt verimi ve bileşenleri arasındaki ilişkiler. Tekirdağ Zir Fak Derg, 10(2): 58-69.
- Erol, H., Akçadağ, H.İ. (2009). Halk elinde yetiştirilen Karagül koyun sürülerinde bazı verim özellikleri Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi. 49(2) 91-104.
- Ekiz, B., Altinel, A. (2004). The Growth and survival characteristics of lambs produced by commercial crossbreeding Kıvırcık ewes with f2 rams with the German Black-Headed mutton genotype. Turkish Journal of Veterinary and Animal Science, 30: 507-512.
- Ekiz, B., Altinel, A. (2006). The growth and survival characteristics of lambs produced by commercial crossbreeding Kıvırcık ewes with f2 rams with the German Black-Headed mutton genotype. Turkish Journal of Veterinary and Animal Science 30: 507-512
- Esen, F., Özbey, O. (2001). Sakız x Akkaraman melez (F1 ve G1) kuzularda verim özellikleri. I. büyüme, yaşama gücü, vücut ölçüleri. Fırat Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi 17, 1: 107:113.

- Gül, S., Yılmaz, O., Gunduz, Z., Keskin, M., Cemal, I., Ata, N., Onel, S.E. (2020). The genetic structure of the goat breeds belonging to northwest part of fertile crescent. *Small Ruminant Research*, 182: 22-28.
- Halıcı, İ. (2009). Eskişehir yöresinde halk elinde yetiştirilen Anadolu Merinoslarının ilk kırkım yapığı verimi ve kalitesi. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Işık, S. (2010). Bafra Koyununun (Sakız x Karayaka G1) Kazım Karabekir Tarım İşletmesi Şartlarında Döl Verimi, Yaşama Gücü ve Büyüme Özellikleri (Doktora tezi). Kafkas Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Ana Bilim Dalı, Kars. 80 s.
- İnan, İ., Aygün, T., 2019. The body weight after shearing and the greasy wool yield of red Karaman ewes at different raising conditions in Turkey. *Journal of Advanced Agricultural Technologies* Vol. 6, No. 2. doi: 10.18178/joaat.6.2.139-143.
- Kandemir, Ç., Koşum, N., Taşkın, T., Kaymakçı, M., Olgun, F.A., Çakır, E. (2013). Menemen ve Ile de France x Akkaraman melezi koyunların üreme performansı üzerinde vücut kondisyon puanlamasının etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 10 (1). 72-82.
- Karakus, K., Aygun, T., Aslan, S. (2007). Fleece characteristics of Karakas, Norduz, Ile de France x Akkaraman cross breed. *Indian Vet. J.*, December. 84:1325-1326.
- Karakoç, T., Aygün, T. (2019). The live weight after shearing and the greasy wool yield of Zom ewes at different raising conditions in Turkey. *Journal of Advanced Agricultural Technologies* 6(4): 267-271.
- Kaygısız, A., Dağ, B. (2017). Elit İvesi koyunlarında meme tipinin ve bazı çevre faktörlerinin süt verimine etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv Tarım Doğa Bil Derg*, 20 (4): 344-349.
- Kaymakçı, M. (2006). İleri Koyun Yetiştiriciliği. Genişletilmiş ikinci baskı, ISBN 9944-5334-0-8. Bornova, İzmir. 336.
- Kaymakçı, M., Taşkın, T., Koşum, N. (2002). Sönmez Koyunlarında Tip Sabitlemesi (1. Döl verimi ve gelişme özellikleri). *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 39 (2): 87-94.
- Kaymakçı, M., Koşum, N., Taşkın, T., Akbaş, Y., Ataç, F.E. (2006). Menemen Koyunlarında Kimi Verim Özelliklerinin Belirlenmesi

- Üzerine Bir Araştırma. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 43(1): 63-74.
- Koncagül, S., Akça, N., Vural, M.E., Karataş, A., Bingöl, M. (2012). Zom koyunlarının morfolojik özellikleri. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi. 18(5): 829-837. DOI:10.9775/kvfd.2012.6522.
- Koyuncu, M., Karauzun, S., Ozis, S. (2007). Potantial for early breeding of Kivircik (Western Thrace) ewes. Bulgairan J Agri Sci, 13: 551-561.
- Nei, M., Tajima, F., Tateno, Y., (1983). Accuracy of estimated phylogenetic trees from molecular data. Journal of Molecular and Evolution, 19:153-170.
- Özbaşer, F.T., Akçapınar, H. (2011). Orta Anadolu şartlarında Acıpayam koyunlarının bazı verim özellikleri. Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi 51(1): 1-14.
- Özbey, O., Akcan, A. (2003). Morkaraman, Kıvırcık x Morkaraman (F1) ve Sakız x Morkaraman (F1) melez kuzularda verim özellikleri 1. büyüme, yaşama gücü, vücut ölçüleri. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi 9(1): 15-21.
- Özbeyaz, C., Bilgiç, Ö.F., Kocakaya, A., Ünal, N. (2018). Eskişehir’de yetiştirici koşullarındaki İvesi koyunlarında bazı özelliklerin incelenmesi. Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi. 58(1), 1-6.
- Özder, M., Kaymakçı, M., Taşkın, T., Köycü, E., Karaağaç, F., Sönmez, R. (2004). Türkgeldi koyun tipinin gelişme ve süt verim özellikleri. Turk J Vet Anim Sc, 28: 195-200.
- Öner, Y., Yılmaz, O., Eriş, C., Ata, N., Ünal, C., Koncagül, S. (2019). Genetic diversity and population structure of Turkish native cattle breeds. South African Journal of Animal Science, 49 (4): 628-635.
- Özcan, H. (1970a). İnanlı İnekhaneğinde Kıvırcık koyunlarının beden yapısı, yavru ve yapağı verimleri ve önemli yapağı karakterleri üzerinde araştırmalar, Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi 16(4): 446-483.
- Özcan, H. (1970b). Meseniz Çiftliğinde Kıvırcık Koyunları İle (Doğu Frizya X Kıvırcık) melezlerinin beden ölçüleri ve canlı ağırlıkları üzerinde araştırmalar, Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi 8(3), 285-292.

- Özmen, Ö., Kul, S., Gök, T. (2015). Elazığ ilinde halk elinde yetiştirilen akkaraman ırkı koyun ve kuzulara ait bazı verim özellikleri. Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi 29 (2): 81 – 85.
- Pala, A., Sahin, S. (2011). Effects of short period frequent milking on milk yield in two East Friesian crosses: Tahirova and Sonmez sheep. Archiv Tierzucht, 54(5): 515-524.
- Peşmen, G., Yardımcı, M. (2012). Menemen koyununa ait yapağı özellikleri: I. Morfolojik ve fiziksel özellikler. Eurasian J Vet Sci, 28, 2, 99-105.
- Sönmez, R., Kaymakçı, M., Eliçin, A., Tuncel, E., Wassmuth, R., Taşkın, T. (2009). Türkiye koyun ıslahı çalışmaları. Uludağ Üniv Zir Fak Derg, 23(2): 43-65.
- Sönmez, R., Türkmüt, L., Kaymakçı, M. (1991). Tahirova koyunlarında tipin sabitleştirilmesi ve halk elindeki Kıvırcık koyunlarının bu tiple ıslahı olanakları. Doğa Türk Vet Hay Derg, 15: 72- 86.
- TÜİK, 2025. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=101&locale=tr> Erişim tarihi: 12/07.2025.
- Tuncer, S.S., Sireli, H.D., Dellal, G. (2017). Comparative analysis of various fleece characteristics of Norduz and Zom sheep. The Journal of Animal & Plant Sciences, 27(3): 763-770.
- Ural, D.A. (2015). Investigation on Sakiz ewes (Chios) from different age groups in Aegean Region, Turkey. Animal Health Production and Hygiene, 4(1): 393 – 397.
- Ünal, N., Atasoy, F., Akçapınar, H. (2003). Karayaka ve Bafra (Sakız x Karayaka G1) koyunlarda döl verimi kuzularda yaşama gücü ve büyüme. Turkish Journal of Veterinary and Animal Science 27: 265-272.
- Üstüner, H., Oğan, M.M. (2013). Main productive performance of Awassi sheep in the Central Anatolian region of Turkey. Turk J Vet Anim Sci, 37: 271-276.
- Veziroğlu, B., Aygün, T. (2017). Live weight after shearing and greasy fleece weight of Norduz ewes in different breeding conditions. YYU J Agr. Sci. 27(2): 228-232.
- Yıldız, N., Denk, H. (2006). Van bölgesinde halk elinde yetiştirilen Akkaraman koyunların çeşitli verim özelliklerinin araştırılması II. kirli

- yapağı verimleri, lüle uzunlukları, beden ölçüleri, kuzuların doğum ağırlıkları ve yaşama güçleri. F.Ü. Sağlık Bil. Dergisi. 20(1): 29-37.
- Yılmaz, M., Altın, T. (2004). Yetiştirici koşullarında kivircik koyunların kirkim sonu canlı ağırlığı ve yapağı verimi. ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi. 1(1): 63 – 67.
- Yılmaz, A., Özcan, M., Ekiz, B., Ceyhan, A., Altinel, A. (2004). The Production characteristics of the indigenous Imroz And Kivircik sheep breeds in Turkey. Animal Genetic Resources Information (AGRI) FAO vol.34, pp.57-66.
- Yılmaz, A., Tepeli, C., Tekin, M.E., Akmaz, A., Garip, M., Polat, E.S., Coşkun, B., Çağlayan, T. (2011). Determination of live weights and body measurements of Kangal Type Akkaraman Sheep in producers conditions. Journal of Food, Agriculture & Environment 9(2): 366-370.
- Yılmaz, O., Cemal, I., Karaca, O. (2013). Estimation of mature live weight using some body measurements in Karya sheep. Tropical Animal Health Production. (45):397–403. DOI 10.1007/s11250-012-0229-7.
- Yılmaz, O., Sezenler, T., Sevim, S., Cemal, İ., Karaca, O., Yaman, Y., Karadağ, O. (2015). Genetic relationships among four Turkish sheep breeds using microsatellites. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 1411 (46):576-582.
- Yüceer, B., Akçapınar, H., Özbaşer, F.T. (2010). Acıpayam koyunlarında canlı ağırlık ve yapağı özellikleri. Lalahan Hay. Araşt. Enst. Derg. 50 (2) 73-80.

BÖLÜM 7

GIDA SANAYİ YAN ÜRÜNLERİ VE ATIKLARININ YUMURTACI KANATLI RASYONLARINDA KULLANIMI

Doç. Dr. Erinç GÜMÜŞ¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17391847>

¹ Aksaray Üniversitesi, Eski Meslek Yüksekokulu, Veterinerlik Bölümü, 6880, Eski, Aksaray, Türkiye erincgumus@aksaray.edu.tr ORCID ID 0000-0002-6839-8428

GİRİŞ

Yumurta dünya çapında en fazla tüketilen kanatlı üründür (Zulfan ve diğerleri, 2020). İçerdikleri esansiyel amino asitler, mineraller, vitaminler ve diğer biyoaktif bileşenler nedeniyle insan sağlığının korunması için tüketimi önem taşımaktadır (Selim ve diğerleri, 2023). Tavuk yumurtasının yanı sıra zengin protein içeriği, kolay sindirilebilmesi ve lezzeti gibi nedenlerden dolayı bıldırcın yumurtasına yönelik talebin de arttığı ifade edilmektedir (Pizzolante ve diğerleri, 2016; Zulfan ve diğerleri, 2020). Yumurta üretimine yönelik ilgi artmasına karşın kanatlı beslenmesinde en önemli maliyet kalemlerinin başında yem maliyetleri gelmektedir. Hem hayvansal ürünlerin kanatlı rasyonlarında kullanımının sınırlandırılması hem de mısır ve soya gibi ürünlerin doğrudan insan tüketimine de sunulması gibi nedenlerden dolayı alternatif yem hammaddelerine yönelik araştırmalar son yıllarda hız kazanmıştır (Porras ve diğerleri, 2021).

Günümüzde yaklaşık 800 milyon insan şiddetli açlık çekerken, 2 milyardan fazla insan ise gıdaya erişimde ciddi sorunlar yaşamaktadır. Bununla birlikte Dünya Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO) tahminlerine göre üretilen gıdanın yaklaşık üçte biri, kayıp veya atık olarak insan tüketimine sunulamamaktadır (Yang ve diğerleri, 2021). Bu durum hem çevre kirliliğine hem de milyonlarca ABD doları ekonomik kayba neden olmaktadır (Hussein ve diğerleri, 2023; Silva ve diğerleri, 2017). Kanatlı beslenmesi üzerine çalışan akademisyenler ve araştırmacılar çevrenin korunması, üretim süreçlerinin izlenmesi, gıda güvenliği ve ürün kalitesinin artırılması gibi nedenlerden dolayı, rasyonlarda geleneksel olarak kullanılan mısır ve soya gibi hammaddeler yerine gıda endüstrisinden elde edilen alternatif ürünlere yönelmiştir (Georganas ve diğerleri, 2023). COVID-19 salgını örneğinde olduğu gibi uluslararası ticareti sınırlayan olağanüstü durumlar da lokal olarak kolaylıkla temin edilebilen alternatif ürünler önemli bir potansiyel oluşturmaktadır (Attia ve diğerleri, 2021). Ayrıca bu yan ürünler yüksek oranda karbonhidrat, protein, yağ, vitamin ve mineral içermeleri nedeniyle uygun işlem ve biyogüvenlik önlemleri uygulandığında kanatlı beslenmesinde ekonomik ve fonksiyonel katkılar sunabileceği değerlendirilmektedir (Iskakov ve Sugirbay, 2023).

Bu derlemenin amacı, gıda üretimi esnasında oluşan atıkların ve yan ürünlerin sınıflandırılarak, yumurtacı kanatlılarda kullanım olanakları, metabolik sınırlamaları ve bu sınırlamalara yönelik çözüm önerileri gibi perspektiflerden bakılarak sonuç ve önerilere kadar kapsamlı bir değerlendirme sunulacaktır.

1. SEKTÖRLERE GÖRE YAN ÜRÜN VE ATIK TÜRLERİ

Avrupa Birliği ülkelerinde yıllık yaklaşık 1.6 milyon metrik tona yakın gıda sanayi yan ürünleri ve atıklarının gıda üretimi sırasında ortaya çıktığı düşünülmektedir. Bu ürünlerin bir kısmı hali hazırda hayvan yemi veya yem katkısı olarak kullanılırken pek çoğuna yönelik elde edilen bilgiler akademik araştırmalar ile sınırlıdır (Georganas ve diğerleri, 2023). Bu ürünler kabaca süt ve et endüstrisi, nişasta endüstrisi, bira ve damıtma endüstrisi, yağ endüstrisi ile sebze ve meyve işlenmesi sırasında ortaya çıkan yan ürünler ve atıklar başlıkları altında sınıflandırmak mümkündür.

1.1. Süt ve Et Endüstrisi Yan Ürünleri

Yumurtacı kanatlıların beslenmesinde mısır ve soya gibi geleneksel yem kaynakları yaygın olarak kullanılmaktadır. Öte yandan hayvansal kökenli yan ürünler ve atıklar, yüksek protein, enerji, mineral ve biyoaktif bileşen içerikleri sayesinde potansiyel alternatif yem kaynakları olarak değerlendirilmektedir (Indreswari ve diğerleri, 2019; Iskakov ve Sugirbay, 2023). Bununla birlikte hayvansal kökenli yem kaynakları ve yem katkılarının kullanımı, özellikle son yıllarda artan sağlık sorunları ve tüketici endişeleri nedeniyle sınırlanmıştır. Bu kısıtlamalar nedeniyle, yumurtacı kanatlıların beslenmesinde özellikle balık yan ürünleri olmak üzere sucul ürünlerin işlenmesi sırasında ortaya çıkan yan ürünler ve bunlardan elde edilen unlar, ön plana çıkmaktadır (Brelaz ve diğerleri, 2023). Bu ürünlerin doğrudan hayvan yemi olarak kullanımı sakıncalı olduğundan, kurutma, öğütme ve ekstrüzyon gibi işlemler uygulanarak hayvan yemi formuna dönüştürülmektedir (Iskakov ve Sugirbay, 2023). Su ürünleri dışında hayvansal kaynaklı yemler arasında kuluçka yan ürünleri unu, kümes hayvanları yan ürünleri unu, balık unu, kemik unu, et-kemik unu, yumurta atıkları, hidrolize tüy unu, bağırsak mukozası unu, kan unu, peynir altı suyu tozu ve kazein ürünleri yer almaktadır (Iskakov ve Sugirbay, 2023; Liu ve diğerleri, 2023).

Rendering işlemi sonucu elde edilen et, kemik ve sakatat yan ürünlerinin unları uzun yıllar boyunca kanatlı beslenmesinde soya küspesine ekonomik bir alternatif protein kaynağı olarak kullanılmıştır (Pizzolante ve diğerleri, 2016). Bununla birlikte kanatlı ve memeli çiftlik hayvanlarından elde edilen rendering ürünleri, patojenlerle kontamine olma riski nedeniyle hem hayvan hem de insan sağlığı için bir tehdit oluşturmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, Avrupa Birliği, 999/2001 sayılı düzenleme ile hayvan beslemede hayvansal protein kullanımını yasaklamış; Türkiye’de ise 1 Ocak 2017’den itibaren, son olarak tüy unu da dâhil olmak üzere rendering ürünlerinin kanatlı rasyonlarında kullanımına son verilmiştir (Odabaşı ve Yeşilbağ, 2021).

Su ürünlerinin gıda amaçlı işlenmesi sırasında da önemli miktarda yan ürün ve atık ortaya çıkmakta ve bu durum ciddi çevre kirliliği riskleri doğurmaktadır (Silva ve diğerleri, 2017). Balık ve deniz ürünleri işleme sanayisinden elde edilen baş, iç organ, kemik, yüzgeç, kabuk ve pullar gibi yan ürünler; yüksek protein, yağ ve mineral içerikleriyle yumurtacı kanatlı beslemede değerli bir alternatif kaynak olarak değerlendirilmektedir (Iskakov ve Sugirbay, 2023). Yumurtacı kanatlılar üzerinde yapılan araştırmalar, bu yan ürünlerin un veya yağ formunda rasyona katılmasının performansı artırdığını, yumurta verimi ve yemden yararlanma oranını iyileştirdiğini; ayrıca yumurta kalitesini, özellikle sarı rengini ve ağırlığını olumlu yönde etkilediğini ortaya koymuştur (Silva ve diğerleri, 2017; Zulfan ve diğerleri, 2020). Balık yağı gibi ürünler, yumurtanın omega-3 yağ asidi içeriğini artırarak “zenginleştirilmiş yumurta” üretimine olanak sağlamaktadır (Brelaz ve diğerleri, 2023). Bununla birlikte, yüksek dozlarda kullanımın yumurtada balık kokusu ve tadı oluşturabilmesi ve atıkların uygun şekilde (kurutma, öğütme, sterilizasyon) işlenmemesi durumunda patojen taşıma riski, bu ürünlerin potansiyel dezavantajları arasında yer almaktadır (Brelaz ve diğerleri, 2023; Iskakov ve Sugirbay, 2023).

Kuluçka yan ürünleri arasında dölsüz yumurtalar, yumurta kabukları ve çıkım sonrası kuluçkahanede kalan çeşitli materyaller bulunmaktadır. Bu ürünlerin özellikle kalsiyum açısından zengin olduğu, ayrıca amino asit içerikleri bakımından balık unundan daha yüksek değerlere sahip oldukları bildirilmiştir (Indreswari ve Ratriyanto, 2018). Enerji ve fosfor bakımından da zengin olan kuluçka yan ürünlerinin, soya küspesi ve balık ununa kıyasla daha

ekonomik bir seçenek sunduğu ifade edilmektedir (Indreswari ve diğerleri, 2019). Yumurtacı kanatlı rasyonlarında bu ürünlerin kullanımına yönelik araştırmalar, kuluçka yan ürünlerinin yumurta verimi ve yemden yararlanma oranı gibi performans kriterlerini iyileştirdiğini ayrıca yumurta ağırlığı ve kütlesini artırdığını göstermektedir (Indreswari ve diğerleri, 2019; Indreswari ve Ratriyanto, 2018).

Süt yan ürünleri, süt işleme süreçlerinden elde edilen ve her biri farklı besin profilleri ile biyoaktif özelliklere sahip çeşitli materyalleri kapsamaktadır. Peynir altı suyu tozu, süt endüstrisinin önemli bir yan ürünü olup yüksek sindirilebilirliğe sahip protein, özellikle β -laktoglobulin, α -laktalbumin ve serum albümininden zengin olması nedeniyle değerli bir amino asit kaynağıdır. Bunun yanında laktoz ve fosfolipitler de içermekte, bu özellikleriyle önemli bir enerji kaynağı oluşturmaktadır (Hamzehee ve diğerleri, 2025; Kumar ve diğerleri, 2024). Laktoz kanatlılar tarafından doğrudan sindirilememekle birlikte, kalın bağırsaktaki yararlı mikroorganizmalar tarafından parçalanarak kısa zincirli yağ asitlerine fermente edilmektedir (Hamzehee ve diğerleri, 2025; Pineda-Quiroga ve diğerleri, 2017). Kanatlılarda laktoz sindirimini artırmak amacıyla probiyotiklerin rasyona ilavesi de araştırılan konular arasındadır (Pineda-Quiroga ve diğerleri, 2017). Bir başka süt endüstrisi yan ürünü olan, kazein ve kazein fosfopeptitler ise kalsiyum ile kompleks bağlar oluşturarak kalsiyum emilimi ve biyoyararlanımını artırmaktadır. Mevcut bulgular, kazein fosfopeptit ilavesinin kanatlılarda performans, büyüme, yumurta verimi ve yumurta kalitesi üzerinde olumlu etkiler sağladığını göstermektedir (Liu ve diğerleri, 2023)(Liu ve diğerleri, 2023).

1.2. Nişasta Endüstrisi Yan Ürünleri

Kanatlı beslenmesinin temeli enerji ve protein ihtiyacının karşılanmasına dayanmakta olup en önemli enerji kaynağının mısır ve mısırdan elde edilen yan ürünler olduğu bildirilmektedir (Al-Khazraji ve Dalawi, 2025). Yüksek sindirilebilirliği ve enerji içeriği nedeniyle mısır, insan tüketimi ve biyodizel üretimi gibi farklı sektörlerde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Artan talebin de etkisi ile yumurtacı kanatlıların beslenmesinde enerji kaynağı olarak mısır yerine nişasta bakımından zengin başka bir tahıl olan buğday temelli pastacılık veya nişasta endüstrisi yan ürünleri alternatif olarak araştırılmaya başlanmıştır (Mohammadi ve diğerleri, 2023).

Yapılan araştırmalar incelendiğinde, buğday kepeğinin farklı oranlarda (%10, 20, 30, 57.8 veya 100) yumurtacı tavukların rasyonlarında mısır yerine kullanıldığında hayvanların performans değerlerinde bir düşüşe yol açmadığı ifade edilmiştir (Abudabos, 2011; Addeo ve diğerleri, 2021; Adedokun ve diğerleri, 2015) Bunun yanı sıra Addeo ve diğerleri (2021) tane mısır yerine %57.8 düzeyinde ilave edilen buğday kepeğinin yumurta tavuklarının ince bağırsak gelişimi ve enzim aktivitesini olumlu etkilediği ifade edilmiştir.

Buğday kepeğinin yanı sıra makarna atıkları (Mohammadi ve diğerleri, 2023), atıştırılmalık atıkları (Van Wyhe ve diğerleri, 2012), bisküvi atıkları (Porras ve diğerleri, 2021), fırıncılık yan ürünleri (Adedokun ve diğerleri, 2015), patates cipsi yan ürünleri (Al-Khazraji ve Dalawi, 2025) ve ekmek atıkları (Manteiga ve diğerleri, 2025) gibi çeşitli nişasta açısından zengin atıkların kanatlı beslenmesine yönelik kullanımını inceleyen araştırmalarda, bu ürünlerin buğday kepeğine benzer şekilde mısırın yerine ikame edilmeleri durumunda hayvanların yumurta performans kriterleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir olumsuz etki oluşturmadığı bildirilmiştir. Ayrıca bu çalışmalar bu atıkların yem maliyetini düşürdüğünü ve gıda atıklarının geri kazanımına katkı sağladığını ortaya koymuştur.

Nişasta endüstrisi ve pastacılık sektörü yan ürünleri mısır için potansiyel bir alternatif oluşturmalarının yanı sıra bazı dezavantajlarının da dikkate alınması gerekmektedir. Bu endüstrilerde kullanılan tahılların çeşitlilik göstermesi, ürünlerin içerdiği selüloz ve diğer antinutrisyonel faktörlerin değişkenlik göstermesine neden olmakta ve bu durum kanatlılarda sindirim üzerinde olumsuz etkilere yol açabilmektedir (Addeo ve diğerleri, 2021; Mohammadi ve diğerleri, 2023).

1.3. Bira ve Damıtma Endüstrisi Yan Ürünleri

Tahıllardan etanol üretimi hem alkol hem de biyodizel üretimi amacıyla son yıllarda artan bir ekonomik faaliyet olarak bildirilmektedir. Bu süreçte ortaya çıkan yan ürünler arasında kurutulmuş damıtma tane ve çözünürleri (DDGS) önemli bir yan ürün olarak öne çıkmaktadır (Lumpkins ve diğerleri, 2005). DDGS, etanol üretiminde mısır, buğday veya arpa gibi tahılların fermantasyonu ve damıtılmasından sonra geriye kalan yan ürünlerden oluşmaktadır. Fermantasyon sırasında nişastanın etanole dönüşmesi nedeniyle,

DDGS’de kalan besin maddeleri yaklaşık 2–3 kat yoğunlaşmakta ve bu özellik, onu kümes hayvanları için değerli bir protein, enerji ve mineral kaynağı haline getirmektedir (Świątkiewicz ve Koreleski, 2008). Yumurtacı kanatlı rasyonlarında yapılan araştırmalarda, DDGS’nin %10–15 oranlarına kadar mısır veya soyanın yerine kullanılmasının herhangi bir olumsuz etkiye yol açmadığı bildirilmiştir (Abd El-Hack ve diğerleri, 2019; Lumpkins ve diğerleri, 2005; Świątkiewicz ve Koreleski, 2008). Ayrıca, zengin ksantofil içeriği sayesinde yumurta sarısının renk yoğunluğunu artırdığı rapor edilmiştir (Masa’deh ve diğerleri, 2011). DDGS’nin yüksek oranlarda yumurtacı kanatlı rasyonlarına eklenmesinin yumurta verimi, yumurta ağırlığı, kabuk kalınlığı ve kabuk ağırlığı üzerinde olumsuz etkiler oluşturabileceği ifade edilmektedir (Abd El-Hack ve diğerleri, 2019).

Kurutulmuş bira posası (BDG) bira üretiminden sonra elde edilen yüksek ham protein (yaklaşık %20-28) ve metabolik enerji içeriğine sahip ve yumurtacı kanatlı yemlerinde mısır ve soya unu gibi geleneksel bileşenlerin kısmen yerine geçebilecek, maliyet düşürücü bir alternatif olarak değerlendirilmektedir (El-Hack ve diğerleri, 2019). Yapılan araştırmalar, BDG’nin %18’e kadar rasyona ilavesinin yumurtacı tavuklarda mısır veya soyanın yerine kullanılabileceğini bildirmiştir. Bununla birlikte, BDG’nin arpa kökenli yapısı ve yüksek selüloz içeriği nedeniyle, yüksek oranlarda rasyona katılması sindirilebilirliği azaltarak yumurta verimini olumsuz etkileyebilmektedir (Gobezie ve Ambaw, 2024).

1.4. Yağ Endüstrisi Yan Ürünleri

Yağlı tohumlardan yağın ayrılmasından sonra elde edilen küspe protein açısından zengin bir yan üründür (Erener ve diğerleri, 2003). Bu yağlı tohumlar arasında soya küspesi, yumurtacı kanatlı beslenmesinde yüksek protein düzeyi ve dengeli amino asit yapısı nedeniyle en yaygın kullanılan protein kaynağıdır (Konkol ve diğerleri, 2024; Shi ve diğerleri, 2012). Ancak soya küspesinin artan fiyatı ve temininde yaşanan güçlükler nedeniyle alternatif yağlı tohum küspelerinin protein kaynağı olarak kullanımına yönelik araştırmalar giderek artmaktadır (Konkol ve diğerleri, 2024; Shi ve diğerleri, 2012). Bu alternatifler arasında son yıllarda yapılan araştırmalarda kenevir tohumu küspesi (Cufadar ve diğerleri, 2022), fındık küspesi (Erener ve diğerleri, 2003), kanola küspesi (Konkol ve diğerleri, 2024), pamuk tohumu küspesi (Shi ve diğerleri, 2012),

hindistan cevizi yağ küspesi (Abeysekara ve Atapattu, 2016) ve fermente kolza tohumu küspesi (Konkol ve diğerleri, 2024) ön plana çıkmaktadır.

Yağ endüstrisinde yağlı tohum küspelerine yönelik yapılan araştırmalar genel olarak değerlendirildiğinde, tam yağlı soya veya soya küspesi yerine bu küspelerin kullanımının en belirgin avantajının yumurtanın besinsel profilini iyileştirme ve yem maliyetlerini düşürme olduğu bildirilmektedir. Birçok alternatif ürüne yönelik yapılan çalışmalarda, soya küspesi yerine kullanılan yağlı tohum küspelerinin performans veya yumurta kalite özelliklerinde belirgin bir olumsuz etki oluşturmadığı ayrıca maliyet açısından daha uygun bir üretim imkanı sağladıkları ifade edilmiştir (Abeysekara ve Atapattu, 2016; Cufadar ve diğerleri, 2022; Moraes ve diğerleri, 2017; Nnadi ve diğerleri, 2022). Bunun yanında alternatif yağlı tohumların kullanımının yumurta yağ asidi kompozisyonun değiştiğine yönelik çalışmalar da mevcuttur. Örneğin kenevir tohumu küspesi ilavesinin tavuk yumurtalarındaki tekli doymamış yağ asidi omega-3 yağ asitlerini azalttığı bildirilmiştir (Cufadar ve diğerleri, 2022). Benzer şekilde ayçiçek tohumu küspesi ilavesinin de tavuklarda yumurta sarısında kolesterol düzeyini önemli oranda azalttığı ifade edilmektedir (Shi ve diğerleri, 2012).

Soya küspesine alternatif yağlı tohum küspelerinin yumurtacı kanatlıların beslenmesinde kullanımına yönelik en önemli dezavantajı, bu ürünlerde bulunan antinutrisyonel faktörlerdir. Bu faktörler, yüksek düzeylerde kullanıldığında yumurta verimi, kalite özellikleri ve besin değerini olumsuz etkileyebilmektedir. Yapılan araştırmalarda, yağlı tohum küspelerinin her birinin kendine özgü antinutrisyonel faktörleri nedeniyle farklı etkilere yol açtığı bildirilmektedir. Kolza tohumu küspesi, içerdiği glukozinolatlar, nişasta dışı polisakkaritler, fitik asit, sinapin ve yüksek selüloz düzeyi nedeniyle kullanım açısından sınırlı görülmektedir. Ayrıca, glukozinolatların kanamalı karaciğer sendromuna yol açarak mortaliteyi artırdığı bunun yanı sıra yumurta verimi ve boyutunu azalttığı ifade edilmektedir (Konkol ve diğerleri, 2024). Farklı yağlı tohumlarda bulunan tanenler gibi antinutrisyonel faktörlerin, yemin palatabilitatesini düşürdüğü, yem tüketimini sınırladığı ve ince bağırsaklardaki enzim aktivitesini baskılaması nedeniyle hayvanların büyüme performansı üzerinde olumsuz etkilere yol açtığı tespit edilmiştir (Erener ve diğerleri, 2003).

1.5. Meyve ve Sebze Atıkları

Meyve ve sebzeler doğrudan tüketilebildikleri gibi, gıda işleme endüstrisinde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak bu işlemler sırasında önemli miktarda atık oluşmakta ve bu durum çevresel kirliliğe yol açmaktadır (Attia ve diğerleri, 2021). Bu atıklar, besin maddeleri bakımından zengin olmalarının yanı sıra başta polifenoller olmak üzere çeşitli fitojenik bileşikler içermekte ve kanatlı beslenmesinde önemli bir yem katkısı potansiyeline sahip olduğu değerlendirilmektedir (Gümüş ve diğerleri, 2025; Lioliopoulou ve diğerleri, 2023). Meyve ve sebze atıklarının yumurtacı kanatlılarda en önemli kullanım potansiyelinin antioksidan kapasitelerinden kaynaklandığı ve bu doğrultuda çeşitli araştırmaların yürütüldüğü bildirilmektedir (Mierlita ve diğerleri, 2024).

Meyve ve sebzeler, içerdikleri polifenol yapılarına göre genel olarak karoten, antosiyanidin veya selüloz bakımından zengin ürünler olarak sınıflandırılabilir. Karoten bakımından zengin meyve ve sebze atıkları arasında kavun kabuğu (Gümüş ve Sevim, 2024), domates atığı (posa veya kurutulmuş formda) (Handayani ve diğerleri, 2023; Reda ve diğerleri, 2022), turuncgil kabuk ve posaları (Ahmed ve diğerleri, 2022; Hussein ve diğerleri, 2023; Saeed ve diğerleri, 2024) ile kırmızı biber atıkları (Filik ve diğerleri, 2020) gibi sebze ve meyve atıkları yer almakta olup, bu ürünler yüksek düzeyde lutein, zeaksantin ve likopen gibi karotenoid pigmentler içermektedir. Söz konusu pigmentler, antioksidan etkilerinin yanı sıra yumurta sarısı rengini yoğunlaştırarak iç kaliteyi iyileştirmekte ve yumurtanın antioksidan kapasitesini artırarak malondialdehit düzeyini düşürmek suretiyle raf ömrünü uzatmaktadır (Gümüş ve diğerleri, 2025; Gümüş ve Sevim, 2024).

Meyve ve sebze atıklarında bulunan bir diğer önemli polifenol grubu ise antosiyanidinlerdir. Antosiyanidin bakımından zengin ürünlerin yumurtacı kanatlıların beslenmesinde kullanımına yönelik olarak yapılan çalışmalarda başta üzüm posası ve üzüm çekirdeği (Costa ve diğerleri, 2022) olmak üzere mor lahanat atıkları (Gümüş ve diğerleri, 2025), nar posası (Lioliopoulou ve diğerleri, 2023) ve beyaz dut posası gibi meyve ve sebze atıkları öne çıkmaktadır. Karotenoidlerin aksine antosiyanidinler, yumurta sarısı rengi üzerinde doğrudan bir etkileri bulunmamakla birlikte, güçlü antioksidan yapıları sayesinde yumurtanın antioksidan kapasitesini artırarak raf ömrünün uzamasına katkı sağlamaktadır (Gümüş ve Sevim, 2024). Ayrıca, bu

polifenollerin yumurta sarısı kolesterol düzeyini düşürdüğü ve başta omega-3 yağ asitleri olmak üzere doymamış yağ asidi profilini zenginleştirdiği de bildirilmektedir (Lioliopoulou ve diğerleri, 2023; Mierlita ve diğerleri, 2024). Aynı şekilde yumurtacı kanatlıların kan değerlerinde de trigliserit oranını azalttığına dikkat çekilmiştir (Şengül ve diğerleri, 2020)

Meyve ve sebze atıkları içerisinde selüloz bakımından zengin ürünlerin yem katkısı veya yem hammaddesi olarak kullanılma olanakları da mevcuttur. Bu ürünler arasında hurma yan ürünleri, içeriklerindeki karbonhidratlar ve yağlar bakımından zengin olduklarından, yumurtacı kanatlıların rasyonlarında enerji kaynağı olarak değerlendirilebileceği bildirilmektedir (Attia ve diğerleri, 2021). Benzer şekilde, muz kabuğu tozu (%4 düzeyinde) ve lahana yaprağı atığı (%15 düzeyinde) gibi bazı selüloz kaynaklarının performansı olumsuz etkilemeden, hatta yumurta üretimi ve sarı rengini artırarak yararlı etkiler gösterebileceği rapor edilmiştir (Mustafa ve Baurhoo, 2018; Şengül ve diğerleri, 2025).

Meyve ve sebze atıklarının olumlu yanlarının yanı sıra bazı olumsuz etkileri de görülebilmektedir. Ancak bu olumsuzlukların genellikle doza bağlı olarak ortaya çıktığı ifade edilmektedir. Örneğin, yüksek oranlarda kullanılan domates posasının içerdiği selüloz nedeniyle kanatlılarda sindirimi sınırlandırdığı, yumurta kabuk kalınlığı ve kabuk mukavemetini düşürebildiği bildirilmiştir (Handayani ve diğerleri, 2023) Ayrıca, %2,5 ve üzerindeki muz kabuğu tozu ilavesinin bağırsak histomorfolojisini olumsuz etkilediği rapor edilmiştir (Şengül ve diğerleri, 2025),

2. GIDA SANAYİ YAN ÜRÜNLERİ VE ATIKLARININ KULLANIMINA YÖNELİK SINIRLAMALAR

Kanatlı beslenmesinde gıda yan ürünlerinin kullanımı, maliyeti düşürme ve sürdürülebilirlik açısından büyük potansiyele sahiptir. Ancak, bu ürünlerin kullanılmasında çeşitli sınırlamalar ve problemler bulunmaktadır. Genel olarak incelendiğinde, gıda sanayi yan ürünleri ve atıklarının yumurtacı kanatlılarda kullanımına yönelik en önemli problemin ürünlerde bulunan antinutrisyonel faktörler olduğu görünmektedir. Zeytin posası, nar kabuğu gibi meyve ve sebze atıklarında bulunan nişasta yapısında olmayan polisakkaritler ve tanen gibi polifenollerin fazla miktarda alınması protein ve mineral emilimini olumsuz

etkilediği bildirilmektedir (De Oliveira ve diğerleri, 2021; Lioliopoulou ve diğerleri, 2023). Benzer şekilde, kanola ve pamuk tohumu küspesi gibi yağlı tohum küspeleri de glukozinolatlar ve gossypol gibi toksik bileşikler içermektedir. Bu bileşikler karaciğer hasarı veya yumurta veriminin düşmesi gibi olumsuz etkiler göstermesine neden olabilmektedir (Moraes ve diğerleri, 2017; Yang ve diğerleri, 2021). Bunlara ek olarak, buğday bazlı nişasta yan ürünlerinde bulunan başka bir antinutrisyonel madde olan arabinoksilan bağırsak viskozitesini artırarak besin emilimini olumsuz etkilemektedir (Abudabos, 2011). Yapılan araştırmalar antinutrisyonel faktörlerin olumsuz etkisinin önlenmesi için rasyonlara enzimler (ksilanaz, β -glukanaz) ilave edilerek bu yapıların parçalanarak inaktif hale getirilmesini önermektedir (Abudabos, 2011; Georganas ve diğerleri, 2023).

Antinutrisyonel faktörlerin yanında kullanılan gıda sanayi yan ürünlerinin amino asit yapısının değişkenliği (Świątkiewicz ve Koreleski, 2008) ve selüloz oranının yüksek olması (Abeysekara ve Atapattu, 2016), hayvansal yem kaynaklarının patojen taşıma riski ve Türkiye’de kullanımının sınırlandırılması (Odabaşı ve Yeşilbağ, 2021) gibi yumurtacı kanatlılarda kullanımını sınırlayan farklı faktörler de mevcuttur.

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gıda sanayi yan ürünleri ve atıkları, yumurtacı kanatlı beslemede hem maliyetleri azaltma hem de çevresel sürdürülebilirliği destekleme açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Süt ve et endüstrisi yan ürünleri protein ve enerji kaynağı olarak, nişasta ve fırıncılık atıkları enerji kaynağı alternatifleri olarak kullanım potansiyeli içerirken; meyve ve sebze atıkları ise biyolojik aktif bileşen içerikleri sayesinde yumurta kalitesi ve raf ömrü üzerinde olumlu etkiler sağlamaktadır. Bununla birlikte, bu ürünlerin besin madde bileşimlerindeki değişkenlik, yüksek selüloz düzeyleri, antinutrisyonel faktörler ve biyogüvenlik riskleri, rasyonlara sınırsız entegrasyonlarını kısıtlayan başlıca faktörlerdir.

Bu bağlamda, söz konusu yan ürünlerin hayvan beslemede daha etkin kullanılabilmesi için biyogüvenlik standartlarının sağlanması, uygun işleme tekniklerinin (kurutma, fermentasyon, ekstrüzyon vb.) uygulanması ve antinutrisyonel faktörlerin enzim katkıları ile minimize edilmesi önerilmektedir. Ayrıca, optimum kullanım düzeylerinin belirlenmesi ve uzun

dönemli etkilerinin ortaya konulmasına yönelik kontrollü denemelerin artırılması gereklidir. Yerel gıda endüstrisi atıklarının yem hammaddesi olarak değerlendirilmesi hem yem maliyetlerini düşürmekte hem de fonksiyonel yumurta üretimine katkı sağlayarak tüketici taleplerini karşılamaktadır. Dolayısıyla, gıda sanayi yan ürünlerinin yumurtacı kanatlı beslemede kullanımı, ekonomik ve çevresel kazanımların yanı sıra, fonksiyonel ürün geliştirme açısından da stratejik bir yaklaşım olarak görülmelidir.

KAYNAKÇA

- Abd El-Hack, M., Mahrose, K., Attia, F., Swelum, A., Taha, A., Shewita, R., Hussein, E. S. ve Alowaimer, A. (2019). Laying performance, physical, and internal egg quality criteria of hens fed distillers dried grains with solubles and exogenous enzyme mixture. *Animals*, 9(4), 150. <https://doi.org/10.3390/ani9040150>
- Abeysekara, T. S. ve Atapattu, N. S. B. M. (2016). Effects of dietary coconut oil meal with or without an enzyme mixture on laying performance and physical parameters of eggs of Japanese quail (*Coturnix coturnix*). *Tropical Agricultural Research*, 27(4), 414. <https://doi.org/10.4038/tar.v27i4.8217>
- Abudabos, A. M. (2011). Effect of enzyme supplementation and wheat middlings as an alternative to corn on laying hens performance. *Italian Journal of Animal Science*, 10(4), e57. <https://doi.org/10.4081/ijas.2011.e57>
- Addeo, N. F., Randazzo, B., Olivotto, I., Messina, M., Tulli, F., Musco, N., Piccolo, G., Nizza, A., Di Meo, C. ve Bovera, F. (2021). Replacing maize grain with ancient wheat lines by-products in organic laying hens' diet affects intestinal morphology and enzymatic activity. *Sustainability*, 13(12), 6554. <https://doi.org/10.3390/su13126554>
- Adedokun, S. A., Jaynes, P., Payne, R. L. ve Applegate, T. J. (2015). Standardized ileal amino acid digestibility of corn, corn distillers' dried grains with solubles, wheat middlings, and bakery by-products in broilers and laying hens. *Poultry Science*, 94(10), 2480-2487. <https://doi.org/10.3382/ps/pev244>
- Ahmed, S., Hasan, M., Resmi, S., Islam, M. ve Rahman, M. (2022). Effect of dried orange peel on egg production and quality of laying hen. *Bangladesh Journal of Animal Science*, 51(3), 98-106. <https://doi.org/10.3329/bjas.v51i3.61785>
- Al-Khazraji, A. Y. T. ve Dalawi, R. H. (2025). The effect of partial substitution of potato chips industry waste (starch) with or without enzyme mixture instead of yellow corn on the productive performance of laying hens. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1449(1), 012027. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1449/1/012027>

- Attia, A. I., Reda, F. M., Patra, A. K., Elnesr, S. S., Attia, Y. A. ve Alagawany, M. (2021). Date (*Phoenix dactylifera* L.) by-products: Chemical composition, nutritive value and applications in poultry nutrition, an updating review. *Animals*, 11(4), 1133. <https://doi.org/10.3390/ani11041133>
- Brelaz, K. C. B. T. R., Cruz, F. G. G., Rufino, J. P. F., Brasil, R. J. M., Silva, A. F., Costa, V. R. ve Santos, A. N. D. A. (2023). Apparent digestibility of fish waste oil in diets for laying hens. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 46, e66788. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v46i1.66788>
- Costa, M. M., Alfaia, C. M., Lopes, P. A., Pestana, J. M. ve Prates, J. A. M. (2022). Grape by-products as feedstuff for pig and poultry production. *Animals*, 12(17), 2239. <https://doi.org/10.3390/ani12172239>
- Cufadar, Y., Göçmen, R., Kanbur, G. ve Parlat, S. (2022). Effect of hempseed meal on performance, egg quality and egg yolk fatty acids content in laying quails. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 72(4), 3427. <https://doi.org/10.12681/jhvms.29388>
- De Oliveira, C. O., Roll, A. A. P., Medeiros Gonçalves, F. M., Lopes, D. C. N. ve Xavier, E. G. (2021). Olive pomace for the feeding of commercial poultry: Effects on performance, meat and eggs quality, hematological parameters, microbiota and immunity. *World's Poultry Science Journal*, 77(2), 363-376. <https://doi.org/10.1080/00439339.2021.1894409>
- El-Hack, M. E. A., Alagawany, M., Patra, A., Abdel-Latif, M., Ashour, E. A., Arif, M., Farag, M. R. ve Dhama, K. (2019). Use of brewers dried grains as an unconventional feed ingredient in the diets of broiler chickens: A review. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 7(3). <https://doi.org/10.17582/journal.aavs/2019/7.3.218.224>
- Erener, G., Ozer, A. ve Ocak, N. (2003). Growth and laying performance of japanese quail fed graded levels of hazelnut kernel oil meal incorporated into diets. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 16(12), 1789-1794. <https://doi.org/10.5713/ajas.2003.1789>
- Filik, G., Filik, A. G. ve Altop, A. (2020). The effects of dietary hot pepper *Capsicum annum* waste powder supplementation on egg production

- traits of Japanese quail layers. *Ciência Rural*, 50(9), e20190945. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190945>
- Georganas, A., Giamouri, E., Pappas, A. C., Zoidis, E., Goliomytis, M. ve Simitzis, P. (2023). Utilization of agro-industrial by-products for sustainable poultry production. *Sustainability*, 15(4), 3679. <https://doi.org/10.3390/su15043679>
- Gobezie, E. ve Ambaw, H. (2024). Effects of feeding different levels of dried brewery grains on egg quality parameters and laying performance. *Journal of Livestock Science*, 15(2), 165-173. <https://doi.org/10.33259/JLivestSci.2024.165.173>
- Gümüş, E. ve Sevim, B. (2024). Effects of supplemental melon peel powder on laying performance, egg quality and antioxidant capacity of layer quails. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 26(4), eRBCA-2024-1932. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2024-1932>
- Gümüş, E., Sevim, B., Sırakaya, S., İriş, C., Kahraman, O. ve Sarmiento-García, A. (2025). Evaluation of the effect of red cabbage waste on performance, egg quality, and yolk oxidative stability of laying Japanese quails (*Coturnix coturnix Japonica*). *Tropical Animal Health and Production*, 57(2), 82. <https://doi.org/10.1007/s11250-025-04336-4>
- Hamzehee, Z., Torki, M., Rashidi, K. ve Abdolmohammadi, A. (2025). Effects of dietary of *Bacillus coagulans*, whey powder, and their interaction on the performance of Lohmann LSL-lite laying hens in the late production phase. *PLOS One*, 20(5), e0322557. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0322557>
- Handayani, U. F., Sofyan, A., Lestari, D., Sholikin, M. M., Wulandari, W., Harahap, M. A., Herdian, H., Julendra, H., Okselni, T. ve Mahata, M. E. (2023). Dietary supplementation with tomato waste to improve performance and egg quality of laying hens: A meta-analysis. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 32(3), 221-232. <https://doi.org/10.22358/jafs/159529/2023>
- Hussein, E., Alhotan, R. A., Ebrahim, A. ve Selim, S. (2023). Unraveling the potential of orange pulp for improving laying rate, egg quality, oxidative stability, fatty acids composition, and reproductive tract morphology of laying hens. *Animals*, 13(13), 2199. <https://doi.org/10.3390/ani13132199>

- Indreswari, R. ve Ratriyanto, A. (2018). The effect of hatchery waste meal in ration on nutrient retention and performances of laying quails. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 43(2), 131. <https://doi.org/10.14710/jitaa.43.2.131-139>
- Indreswari, R., Ratriyanto, A. ve Nugroho, T. (2019). Performance of Japanese quails (*Coturnix coturnix* Japonica Temminck ve Schlegel, 1849) fed hatchery waste meal. *KnE Life Sciences*, 4(11), 281. <https://doi.org/10.18502/cls.v4i11.3874>
- Iskakov, R. ve Sugirbay, A. (2023). Technologies for the rational use of animal waste: a review. *Sustainability*, 15(3), 2278. <https://doi.org/10.3390/su15032278>
- Konkol, D., Popiela, E., Opaliński, S., Lipińska, A., Tymoszewski, A., Krasowska, A., Łukaszewicz, M. ve Korczyński, M. (2024). Effects of fermented rapeseed meal on performance, intestinal morphology, the viscosity of intestinal content, phosphorus availability, and egg quality of laying hens. *Poultry Science*, 103(1), 103256. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.103256>
- Kumar, S., Sahu, S. P., Kumari, S., Sinha, R. R. K., Kumar, P., Kumar, S. ve Kumar, K. (2024). Effects of liquid whey supplementation with water on egg production and egg quality in layer chickens. *Indian Journal of Animal Research*, Of. <https://doi.org/10.18805/IJAR.B-5227>
- Lioliopoulou, S., Papadopoulos, G. A., Giannenas, I., Vasilopoulou, K., Squires, C., Fortomaris, P. ve Mantzouridou, F. T. (2023). Effects of dietary supplementation of pomegranate peel with xylanase on egg quality and antioxidant parameters in laying hens. *Antioxidants*, 12(1), 208. <https://doi.org/10.3390/antiox12010208>
- Liu, W., Lin, J., Zhang, C., Yang, Z., Shan, H., Jiang, J., Wan, X. ve Wang, Z. (2023). Effect of dietary casein phosphopeptide addition on the egg production performance, egg quality, and eggshell ultrastructure of late laying hens. *Foods*, 12(8), 1712. <https://doi.org/10.3390/foods12081712>
- Lumpkins, B., Batal, A. ve Dale, N. (2005). Use of distillers dried grains plus solubles in laying hen diets. *Journal of Applied Poultry Research*, 14(1), 25-31. <https://doi.org/10.1093/japr/14.1.25>

- Manteiga, A. F., Changule, A. P., Manjate, N. J., Magaia, D. H., Chilala, F. D., Joaquim, L. A., Chivale, E. J., Dos Anjos, F., Garcia-Herreros, M. ve Bila, C. G. (2025). Productive and economic effects of adding *Bacillus amyloliquefaciens* CECT 5940 to bread waste-based diets in laying hens. *Veterinary World*, 969-975. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2025.969-975>
- Masa'deh, M. K., Purdum, S. E. ve Hanford, K. J. (2011). Dried distillers grains with solubles in laying hen diets phosphorus. *Poultry Science*, 90(9), 1960-1966. <https://doi.org/10.3382/ps.2010-01184>
- Mierlita, D., Teuşdea, A. C., Matei, M., Pascal, C., Simeanu, D. ve Pop, I. M. (2024). Effect of dietary incorporation of hemp seeds alone or with dried fruit pomace on laying hens' performance and on lipid composition and oxidation status of egg yolks. *Animals*, 14(5), 750. <https://doi.org/10.3390/ani14050750>
- Mohammadi, H., Pirsaraei, Z. A., Mousavi, S. N. ve Ghobadi, N. (2023). Pasta wastes, as substitute for corn, in the laying Japanese quails diet: Effects on production performance, egg quality and blood biochemistry. *Veterinary Medicine and Science*, 9(3), 1249-1255. <https://doi.org/10.1002/vms3.1114>
- Moraes, P. D. O., Gopinger, E., Bavaresco, C., Catalan, A. A. D. S., Dias, R. C. ve Xavier, E. G. (2017). Productive performance, egg quality and bone characteristics of quails fed with meal and canola oil. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 39(1), 97. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v39i1.31317>
- Mustafa, A. F. ve Baurhoo, B. (2018). Evaluation of dried vegetable residues for poultry: III Effects of feeding cabbage leaf residues on laying performance, egg quality, and apparent total tract digestibility. *Journal of Applied Poultry Research*, 27(2), 145-151. <https://doi.org/10.3382/japr/pfx031>
- Nnadi, G. L., Simeon-Ahaotu, V. C., Ríos-Escalante, P. D. L. ve Ahaotu, E. O. (2022). Replacement level of rubber seed cake for soybean meal on the growth of Japanese quail. *Brazilian Journal of Biology*, 82, e243242. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.243242>
- Odabaşı, F. ve Yeşilbağ, D. (2021). Broyler beslemede protein ihtiyacının karşılanmasında yeni bir yaklaşım: Böcekler. *Journal of Anatolian*

- Environmental and Animal Sciences*, 6(2), 180-187.
<https://doi.org/10.35229/jaes.836995>
- Pineda-Quiroga, C., Atxaerandio, R., Zubiria, I., Gonzalez-Pozuelo, I., Hurtado, A., Ruiz, R. ve Garcia-Rodriguez, A. (2017). Productive performance and cecal microbial counts of floor housed laying hens supplemented with dry whey powder alone or combined with *Pediococcus acidilactici* in the late phase of production. *Livestock Science*, 195, 9-12. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.11.007>
- Pizzolante, C. C., Kakimoto, S. K., Moraes, J. E., Saccomani, A. P. O., Soares, D. F., Paschoalin, G. C. ve Budiño, F. E. L. (2016). Bovine meat and bone meal is an economically viable alternative in quail feeding in the initial phase. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, 88(2), 983-988. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201620150146>
- Porras, N., Rebollada-Merino, A., Bárcena, C., Mayoral-Alegre, F. J., Lomillos, J. M., Domínguez, L. ve Rodríguez-Bertos, A. (2021). Effect of biscuit flour and fermented defatted “Alperujo” co-administration on intestinal mucosa morphology and productive performance in laying hens. *Animals*, 11(4), 1075. <https://doi.org/10.3390/ani11041075>
- Reda, F. M., Madkour, M., El-Azeem, N. A., Aboelazab, O., Ahmed, S. Y. A. ve Alagawany, M. (2022). Tomato pomace as a nontraditional feedstuff: Productive and reproductive performance, digestive enzymes, blood metabolites, and the deposition of carotenoids into egg yolk in quail breeders. *Poultry Science*, 101(4), 101730. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101730>
- Saeed, M., Kamboh, A. A. ve Huayou, C. (2024). Promising future of citrus waste into fermented high-quality bio-feed in the poultry nutrition and safe environment. *Poultry Science*, 103(4), 103549. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103549>
- Selim, S., Abdel-Megeid, N. S., Alhotan, R. A., Ebrahim, A. ve Hussein, E. (2023). Grape pomace: Agrifood by-product with potential to enhance performance, yolk quality, antioxidant capacity, and eggshell ultrastructure in laying hens. *Veterinary Sciences*, 10(7), 461. <https://doi.org/10.3390/vetsci10070461>

- Shi, S. R., Lu, J., Tong, H. B., Zou, J. M. ve Wang, K. H. (2012). Effects of graded replacement of soybean meal by sunflower seed meal in laying hen diets on hen performance, egg quality, egg fatty acid composition, and cholesterol content. *Journal of Applied Poultry Research*, 21(2), 367-374. <https://doi.org/10.3382/japr.2011-00437>
- Silva, A. F., Cruz, F. G. G., Rufino, J. P. F., Miller, W. M. P., Flor, N. S. ve Assante, R. T. (2017). Fish by-product meal in diets for commercial laying hens. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 39(3), 273. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v39i3.34102>
- Świątkiewicz, S. ve Koreleski, J. (2008). The use of distillers dried grains with solubles (DDGS) in poultry nutrition. *World's Poultry Science Journal*, 64(2), 257-266. <https://doi.org/10.1017/S0043933908000044>
- Şengül, A. Y., Şengül, T., Çelik, Ş., İnci, H., Şengül, G., Dörtbudak, M. B., Terzioğlu, E. E. ve Daş, A. (2025). The effects of using different levels of banana (*Musa acuminata*) peel powder on productivity performance, egg quality, blood parameters, fatty acid profile, and intestinal histopathology of laying quails. *Poultry Science*, 104(10), 105331. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105331>
- Şengül, A. Y., Şengül, T., Çelik, Ş., Şengül, G., Daş, A., İnci, H. ve Bengü, A. Ş. (2020). The effect of dried white mulberry (*Morus alba*) pulp supplementation in diets of laying quail. *Revista MVZ Córdoba*, 26(1), e1940. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1940>
- Van Wyhe, R. C., Fraley, S. E., Szybisty, C. A., Karcher, D. M. ve Karcher, E. L. (2012). Effect of snack food by-product inclusion on production of laying hens. *Poultry Science*, 91(6), 1406-1409. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-02041>
- Yang, K., Qing, Y., Yu, Q., Tang, X., Chen, G., Fang, R. ve Liu, H. (2021). By-product feeds: Current understanding and future perspectives. *Agriculture*, 11(3), 207. <https://doi.org/10.3390/agriculture11030207>
- Zulfan, Z., Latif, H., Fitri, C. A. ve Aswita, E. (2020). Effect of feeding quails with mixture feeds composed of crab waste meal, leubim fish waste meal, and broken rice grains as partly substitution of commercial diet on egg quality. *Animal Production*, 22(2), 82-91. <https://doi.org/10.20884/1.jap.2020.22.2.50>

BÖLÜM 8

POZİTİF HAYVAN REFAHI (PAW)

Doç. Dr. Günnur PEŞMEN¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17391859>

¹ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Şuhut Meslek Yüksekokulu, Laborant Veteriner Sağlık Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye. gpesmen@aku.edu.tr, ORCID: 0000-0002-9164-6629

1. POZİTİF HAYVAN REFAHI (PAW)

Hayvan refahını, bir hayvanın doğal ortamında gösterdiği davranışları (otlama, beslenme, barınma güneşlenme, gölgelenme, gezinme, eşinme, yüzmeye, kur yapma, yavru emzirme, yavruyu koklama, yalama, çiftleşme, sürü halinde bulunma vb.) özgürce yapabildiği, hislerini, duygularını özgürce yaşayabildiği, ağrısız, acısız (sağlıklı), midesini metabolizmasına uygun türden besinlerle doyurabildiği, susuzluğunu temiz ve kolayca giderebildiği bir yaşam sürdürebilme durumu olarak tanımlamak mümkündür. Bununla birlikte hayvan refahının içeriği hakkında, özellikle hayvanın hisleri ve duyguları ile ilgili kesin veriler elde etmek mümkün olmadığından üzerinde mutabakat sağlanmış bir tanım bulunmamaktadır (Çevikkol vd., 2023).

Pozitif Hayvan Refahı (Positive Animal Welfare, PAW), geleneksel hayvan refahı yaklaşımlarının ötesine geçerek hayvanların yalnızca acı, stres ve hastalıktan korunmalarını değil; aynı zamanda olumlu duygular yaşamalarını, tercihlerini kullanabilmelerini ve yaşamdan haz almalarını amaçlayan çağdaş bir refah anlayışıdır. Klasik refah yaklaşımları çoğunlukla hayvanların olumsuz deneyimlerden (örneğin açlık, susuzluk, ağrı, korku) korunmasına odaklanırken, PAW yaklaşımı hayvanların mutluluk, oyun, sosyal etkileşim, merak ve konfor gibi pozitif deneyimlerinin de değerlendirilmesi gerektiğini vurgular (Mellor, 2016; Lawrence vd., 2019). Darwin hayvanların duygusal ifadelerin, “yoğun bir sevinç veya haz sırasında, sahibiyi yürüyüşe çıktığında zıplayıp havlayan bir köpekte ya da açık bir alana salındığında şahlanan bir atta görebileceğinin ifade etmiştir (İnt. Kay. 1).

Bu bağlamda PAW, **hayvanların iyi oluşunun sadece “olumsuzlukların yokluğu” ile değil, aynı zamanda “olumlu durumların varlığı ile ölçülmesi gerektiğini** ileri sürmektedir. İngiliz Veteriner Hekimler Birliği Hayvan Refahı Vakfı tarafından, halkı "evcil hayvanlarını mutlu etmeye" teşvik etmek amaçlı bir broşür yayınlamıştır (AWF, 2006).

Hayvan refahını değerlendirmek için çeşitli göstergeler geliştirilmiş ve refah değerlendirmesi için çeşitli özel protokoller önerilmiştir. Şimdiye kadar geliştirilen göstergelerin çoğu, hayvan refahının olumsuz yönlerine (örneğin, topallık, lezyonlar, hastalıklar, anormal davranışların varlığı, yüksek stres hormonu seviyeleri ve daha fazlası) odaklanmıştır. Ancak, olumsuz refah koşullarının olmaması, hayvanların iyi refahta olduğu ve iyi bir yaşam

kalitesine sahip olduğu anlamına gelmez (Mattiello vd., 2019; Turner, 2019). İyileştirmeye odaklanmak yerine olumsuzluklara odaklanma, hayvanlar için asgari standartların oluşturulmasıyla sonuçlanmıştır (Melfi, 2009). Yüksek refah standartlarını garantilemek için, hayvanların gerçekten yaşamaya değer bir yaşam sürmelerini sağlayan olumlu koşullara sahip olmaları gerekir (Mattiello vd., 2019). Çiftlik Hayvanları Refah Konseyi (FAWC), asgari refah seviyesinin bir hayvanın tüm yaşamı boyunca “yaşam kalitesi (QoL)” açısından tanımlanması gerektiğini ve QoL'nin çok kötü bir seviyeden (yaşamaya değmeyen bir yaşam) orta seviyeye (yaşamaya değer bir yaşam) ve yüksek bir seviyeye (iyi bir yaşam) kadar değişebileceğini öne sürmektedir (FAWC, 2009).

Hayvan refahı araştırmaları, genellikle deneysel bir ortamda, tek refah göstergelerinin uygulanmasına odaklanmış ve bir hayvanın refahının daha kapsamlı değerlendirmesinin nasıl sağlanacağı sorusu büyük ölçüde göz ardı edilmiştir (Lawrence vd., 2019; Yeates ve Main, 2008).

Pozitif refah, hayvanların sağlıklı olmasını sağlayan çiftlik koşullarının sağlanmasının ötesine geçen bir şey olabilir. Otlatma buna bir örnek olabilir: geviş getiren hayvanlar bu davranışı göstermeden de hayatta kalabilir ve sağlıklı olabilirler; bu nedenle, meraya erişim bir fayda ve olumlu refahın bir göstergesi olarak kabul edilebilir (Burow vd., 2013). hayvanların “meraya ulaşım” durumları kontrol etmek amacıyla işletmeden “hayvanların meraya yılda kaç gün gittiği” ve “günde merada geçirilen süre” hakkında bilgiler alınarak refah analizi yapılır (Welfare Quality, 2009).

Hayvanların yaşadıkları çevre hakkında beklentileri vardır. Örneğin, bir hayvan "uyaranlar açısından zengin bir ortamda keşfetme ve yiyecek toplama faaliyetlerine tamamen katılıyorsa ve sosyal gruptaki diğer hayvanlarla hoş bir etkileşim kuruyorsa", o hayvanın olumlu bir refah durumunda olduğu düşünülebilir (Mellor, 2015, Burow vd., 2013).

Pozitif Hayvan Refahının (PAW)'nın temel unsurları şunlardır:

1. **Olumlu duyguların desteklenmesi:** Oyun oynama, sosyal etkileşim, merak, keşif ve konfor gibi olumlu deneyimlerin teşvik edilmesi.
2. **Seçim ve kontrol imkânı:** Hayvanların çevrelerini etkileme, kendi ihtiyaçlarına göre seçim yapabilme özgürlüğü.

3. **Doğal davranışların ifadesi:** Hayvanların türlerine özgü davranışlarını (örneğin kazlarda yüzme, tavuklarda gagalama ve tüneme) gerçekleştirebilmesi.
4. **İyilik halinin ölçülmesi:** Sadece “sorun var mı?” değil, aynı zamanda “hayvanın yaşamında keyifli deneyimler var mı?” sorusunun sorulması.

İnsan psikologları insanların mutluluğunu; hoş yaşam (anlık hazlar ve duyuşal keyifler), katılımlı yaşam (aktif olarak çevreyle, insanlarla ya da etkinliklerle etkileşim), anlamlı yaşam (bireyin kendi amaçlarını gerçekleştirmesi ve yaşamına bir değer yüklemesi) (Seligman vd., 2005) şeklinde ifade ederken, hayvanlar açısından mutluluk birebir aynı şekilde ifade edilmese de, benzer şekilde ifade edilebilir. Hayvanların mutluluğu; günlük duyuşal hazlar (örneğin lezzetli yem, rahat bir dinlenme alanı veya uygun sıcaklık koşulları), etkileşim/katılım (türdeşleriyle sosyal ilişkiler kurma, çevreyi keşfetme, oyun oynama ya da bakıcılarla pozitif etkileşim), hedef gerçekleştirme (doğal davranışlarını sergileyebilme (örneğin kazların yüzmesi, köpeklerin koşması), problem çözme ya da kendi tercihlerini ortaya koyabilme) şeklinde ifade edilebilir (Lawrence vd., 2019).

Hayvan davranışlarının değerlendirilmesinde iki temel yaklaşım bulunmaktadır: nicel (quantitative) ve nitel (qualitative) yöntemler. Nicel yöntemler davranışların sıklık, süre veya yoğunluk gibi ölçülebilir parametrelerini kaydetmeye odaklanırken, nitel değerlendirme hayvanların davranış repertuarındaki kalitatif farklılıkları ve bu davranışların ifade biçimlerini analiz etmektedir. Hayvanların çevreyle nasıl etkileşim kurduğunu tanımlamak için yaygın olarak kullanılmaktadır (Wemelsfelder, 2007). Nitel değerlendirme, özellikle pozitif refah durumlarının (ör. oyun, sosyal ilgi, merak) ortaya konmasında önemlidir; çünkü sadece stres ya da patolojik davranışların ölçülmesi hayvan refahını tam olarak açıklamaya yetmemektedir (Boissy vd., 2007). Nitel davranış değerlendirmesi, hayvanların duruş, hareket, tempo, koordinasyon, akıcılık ve enerjik ifadeleri üzerinden yapılan bütüncül gözlemlere dayanır. Bu yaklaşım, davranışların sadece ne kadar sıklıkla ortaya çıktığını değil, nasıl ortaya çıktığını da dikkate alır (Wemelsfelder vd., 2001). Örneğin bir hayvanın yürüme davranışı hem “kararlı ve akıcı” hem de “çekişken ve tereddütlü” şekilde gözlemlenebilir; bu

farklılıklar hayvanın duygusal durumu ve refah düzeyi hakkında önemli ipuçları sunar (Fraser, 2008; Webb vd., 2019)

Bu metodoloji, düşük (örneğin sakin, rahat) ile yüksek uyarılma seviyeleri (örneğin aktif, huzursuz) ve olumlu (örneğin meraklı, heyecanlı) ile olumsuz ruh hali (örneğin kayıtsız, sıkılmış) arasında değişen davranışsal tanımlayıcıların kullanımına dayanmaktadır (Wemelsfelder vd., 2001). Barınaktaki hayvanların birbirleriyle olan ilişkileri, çevreyle etkileşimleri yani beden dilleri gözlemlenerek değerlendirme yapılır. “Nitel Davranış Değerlendirmesi” olarak adlandırılan bu ölçüt için, çiftliğin farklı alanlarından 1 ile 8 arasında gözlemlene noktaları seçilir. Hayvanların rahat davranışlar sergilemelerine izin vermek için birkaç dakika beklenir ve hayvanların aktiviteleri gözlemlenir (Asan ve Metin, 2016). QBA (Nitel davranış değerlendirme), Avrupa’daki hayvan refahı değerlendirmelerinin bir parçası olarak gittikçe artan bir şekilde kullanılmaktadır. Seçilmiş tüm noktalarda gözlem tamamlandığında, görsel puan kullanılarak 20 adet tanımlayıcı puanlanır. Süt sığırcılığında kullanılan bu tanımlayıcılar şunlardır; etkin, rahat, korkak, heyecanlı, sakin, hayal kırıklığına uğramış, cana yakın, sıkılmış, şakacı, pozitiflik, asabi, huzursuz, sosyal, ilgisiz, mutlu, memnun, hissiz, neşeli, meraklı, sıkıntılı (Knierim ve Winckler, 2009; Fleming vd., 2016; Gutmann vd., 2015). Bu terimler daha sonra çok boyutlu istatistiksel yöntemlerle analiz edilerek, hayvanların duygusal durumları ile refah seviyeleri hakkında çıkarımlar yapılır (Forkman ve Keeling, 2009).

2. Pozitif Hayvan Refahı Göstergeleri

2.1. Davranışsal Göstergeler: Hayvanlar çevreyle ve diğer hayvanlarla etkileşimlerinde aktif ve olumlu bir katılım gösterebildiklerinde ve bunun sonucunda keşif, yiyecek arama, avlanma, bağ kurma, ilişkisel sosyal temaslar (oyun, bakım ve sosyal iletişim gibi) ve olumlu ebeveyn-yavru etkileşimleri yaşadıklarında pozitif refah ortaya çıkabilir (Mellor, 2015).

Pozitif refah kapsamında, türlere özgü davranışları doğal sıklıkta ve uygun çeşitlilikte teşvik eden ve aynı zamanda her türün sosyal ve gelişimsel ihtiyaçlarını karşılayan kaliteli alanlar ve uygun sosyal gruplar sağlanmalıdır (Vicino ve Miller, 2015). Geçmişte, stereotipik davranışlar (veya anormal tekrarlayan davranışlar), bireylerin refahını değerlendirmek için incelenirdi

(Melfi, 2009). Ancak, olumsuz refah göstergelerinin yokluğu, bir hayvanın geliştiği anlamına gelmez. Türlerle özgü davranışları değerlendirme pozitif refah göstergelerinden birisi davranış çeşitliliğidir (Miller, 2016). Hayvanlarda yüksek ölüm oranları, üreme başarısızlıkları, anormal ve yaralayıcı davranışların sık görülmesi gibi olumsuz durumlar, negatif refahın göstergeleri arasında değerlendirilmektedir. Buna karşılık, hayvanların doğal davranışlarını sergileyebilme eğilimleri, pozitif refah düzeyinin bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Bracke ve Hopster, 2006). Davranışsal çeşitliliğin refahın potansiyel olumlu bir göstergesi olarak arkasındaki teori, davranışsal çeşitlilik yüksek olduğunda, bir hayvanın davranışsal ihtiyaçlarını karşılıyor olabileceğimizdir (Miller, 2016). Ancak, davranışsal çeşitlilik düşük olduğunda, bir hayvan muhtemelen stereotipik davranışlar sergilemekte veya uyuşuktur; bunların her ikisi de potansiyel olarak refahın tehlikeye girdiğinin belirtileridir (Miller vd., 2020; Mason, 2004). Stereotipik davranışların ortaya çıkışı, hayvanların doğal davranış repertuarının engellenmesi ve çevresel yoksunluğun bir sonucu olarak değerlendirilmekte; bu nedenle de negatif refahın güçlü göstergelerinden biri olarak kabul edilmektedir (Rushen, 1993). Stereotipik davranışlar arasında, sığırlarda boşluk emme, dil yuvarlama, kafes ya da parmaklıklara sürtünme yer alır. Bu davranışlar genellikle yetersiz beslenme motivasyonu, yem alımının sınırlandırılması veya bağlanma sistemlerinin getirdiği kısıtlılıklar ile ilişkilidir (Redbo, 1998). Kanatlılarda; tüy yolma, kafeslerde ileri-geri yürüme veya kanat çırpma, yemlik ya da kafes telini gagalama şeklinde görülür. Genellikle yüksek yoğunluklu barınaklar ve doğal davranışların (eşelenme, gagalama) engellenmesi sonucu ortaya çıkar (Savory, 1995). Koyun ve keçilerde ise; sınırlı barınakta ritmik baş sallama, ileri-geri yürüme ve şşırı kazıma ya da duvarlara sürtünme şeklinde görülmektedir. Özellikle meraya çıkamayan, uzun süre bağlı veya kalabalık ortamda tutulanlarda daha belirgindir (Garner ve Mason, 2002)

Günümüzde çiftlik hayvanlarında sıkça uygulanan entansif yetiştirme şekli ile hayvanların bulundukları alanların kısıtlanması, hayvanlarda alışlagelmiş davranışlardan farklı davranış şekillerinin görülmesine neden olmaktadır (Akbaş, 2013).

Davranışsal çeşitliliğin farklı çalışmalarda hesaplanma biçiminin büyük ölçüde değişiklik gösterdiğini belirtmek gerekir. Bazı çalışmalarda indeksler üzerinden hesaplama yapılırken, bazıları aktivite süresi (bir hayvanın belli bir

zaman diliminde farklı davranışlara, örneğin yem yeme, dinlenme, oyun, hareket etme, sosyalleşme vb. davranışlara ne kadar süre ayırdığını yüzdelik oranlar veya sürelerle gösterir) ya da gözlemlenen farklı davranışların sayısını incelemiştir. Tüm bunlar, davranış çeşitliliğinin pozitif refah ölçüsü olarak geçerliliğini belirlerken dikkate alınmalıdır. Bazı istisnalar olsa da genel olarak, refah açısından olumlu olduğu düşünülen faktörler daha yüksek davranış çeşitliliği seviyeleriyle ilişkilendirilme eğilimindedir ve stresli, klinik olarak sağlıklı veya kısıtlı olan bireyler daha düşük davranış çeşitliliğine sahip olma eğilimindedir (Miller vd., 2020). Parazitlerle enfekte olan veya klinik olarak sağlıklı bozulmuş türler daha düşük davranış çeşitliliğine sahip olma eğilimindedir (Alados vd., 1996).

Oyun davranışları; oyun davranışı olumlu duygularla ilişkilendirilmiştir (Boissy vd., 2007). Hayvanlar kendilerini güvende ve rahat hissettiklerinde oyun oynamaya daha fazla zaman ayırır. Ayrıca oyun davranışı, hem fiziksel hem de zihinsel sağlık üzerinde olumlu etkiler yaratarak refah düzeyini artırmaktadır (Held ve Spinka, 2011; Mintline vd., 2013). Özellikle genç hayvanlarda gözlenen, stresin düşük ve refahın yüksek olduğuna işaret eden önemli bir göstergedir (Held ve Špinka, 2011). Valnickova vd. (2015), oyundan mahrum kalmanın süt buzağılarında büyümeyi yavaşlattığını gözlemlemiş ve bu nedenle bu davranışın yokluğunun olumsuz refah göstergesi olarak geçerliliğini ileri sürmüştür. Örneğin, süt ineklerinin kış kapalı barınaklarda geçirdikten sonra egzersiz alanlarına bırakıldıklarında sergiledikleri oyun, olumlu bir refah göstergesi olmayabilir; daha ziyade, önceki daha kötü bir durumdan kurtulmanın bir işareti olabilir. Genel olarak, oyun oynamada azalmaların olumsuz etkiyle ilişkili olduğu söylenebilirken, olumlu etkiyle birlikte oyun oynamada artışa dair kanıtlar mevcuttur (Loberg vd., 2004). Oyun davranışı kendi kendini ödüllendirir. Hayvan refahı bağlamında **“davranışın kendi kendini ödüllendirmesi”**, bir davranışın herhangi bir dışsal pekiştirici (örneğin yiyecek, su ya da sosyal ödül) olmaksızın içsel olarak haz, rahatlatma veya motivasyon sağlaması anlamına gelmektedir. Bu tür davranışlar, hayvanın doğal davranış repertuarının bir parçasıdır ve sergilenmeleri doğrudan pozitif bir duygusal durum ile ilişkilendirilir (Spruijt vd., 2001). Örneğin; tüy bakımı (allogrooming ya da self-grooming), oyun, yüzme ya da toprakta eşelenme gibi davranışlar, hayvanlar için yalnızca işlevsel bir amaç taşımakla kalmaz,

aynı zamanda davranışın gerçekleştirilmesi sırasında hayvanın kendi içinde zevk ve doyum yaşamasına yol açar. Bu nedenle söz konusu davranışlar kendi kendini pekiştiren (self-reinforcing) niteliktedir (Lawrence vd., 2019). Refah açısından bakıldığında, hayvanlara bu tür davranışları sergileme fırsatının tanınması, onların yalnızca negatif refah risklerinden korunmalarını değil, aynı zamanda pozitif refah deneyimlerine erişimlerini de sağlar. Dolayısıyla, davranışın kendi kendini ödüllendirmesi, pozitif hayvan refahı yaklaşımında hayvanların haz, oyun ve ilgiyle meşguliyet gibi olumlu duygusal durumlara ulaşabilmesinin temel göstergelerinden biri olarak değerlendirilmektedir (Mellor, 2015).

Yavrularda, **annelerinden süt emme** olasılığı, doğal ve oldukça motive edici bir davranış olması nedeniyle (vahşi yaşamda hayatta kalabilmek için olmazsa olmazdır) pozitif refah durumuyla ilişkilendirilebilir. Bu doğal davranış sınırlandırılırsa veya engellenirse, buzağılarda anormal oral davranışlar şeklinde, kuzularda ise bir dizi davranışsal, endokrin ve bağışıklık sistemi bozukluğu şeklinde kendini gösterir. Yavrulara annelerinden süt emme fırsatı sunulması, anne sütünün besleyici özelliğinin yanı sıra ödüllendirici ve rahatlatıcı olması pozitif refahın bir bileşeni olduğunu düşündürmektedir (Gygax ve Hillmann, 2018; Mattiello vd., 2016; Napolitano vd., 2003).

Senkronizasyon; sosyal uyumu gösteren bir allelomimetik davranış (Gautrais vd., 2007) olup, sığır, keçi ve koyunlarda olumlu refahın bir göstergesi olarak belirtilmiştir (Napolitano vd., 2010; Miranda de Lama ve Mattiello, 2010; Gautrais vd., 2007). Sosyal olarak istikrarlı gruplarda, bireylerin %90'ı aynı davranışı aynı anda sergilemişler (Arnold ve Dudzinski, 1978) ve sığırlarda davranışsal senkronizasyon düzeyinin olumlu refahın bir ölçüsü olarak kullanılması, meradaki süt ineklerinin davranışlarının, bağlı ahırlardaki süt ineklerine göre daha senkronize olduğu çalışmalarla desteklenmiştir (Krohn vd., 1992). Senkronizasyon kaybı, muhtemelen alan tahsisinin azalması, artan rahatsızlık seviyesi ve yatma yerleri için daha yüksek rekabet nedeniyle, barınak sistemleri ile mera sistemleri arasında refahın azaldığının bir göstergesi olarak yorumlanabilir (Arnott vd., 2017). Stoye vd. (2012), senkronizasyon seviyesinin gün ortasında minimum olduğunu ve sabah ve akşam saatlerinde zirveye ulaştığını gözlemlemiş ve bu

değişkenin hayvan refahını ölçmek için kullanıldığında günün saatinin hesaba katılması gerektiğini öne sürmüştür.

Karşılıklı tımar (allogrooming); sosyal türlerde bireyler arası olumlu ilişkilerin varlığını ve sosyal tatmini gösterir (Rault, 2012). Aynı türden iki hayvan arasında (çoğunlukla memelilerde) görülen, birinin diğerini yalayarak, tüylerini temizleyerek veya kaşıyarak yaptığı sosyal bir davranıştır. Sosyal bağların güçlenmesi, stresi azaltması, rahatlatıcı etki yaratması ve grup içi uyumu desteklemesi bakımından pozitif refah göstergesi sayılabilir (Bouisou vd., 2001). Yetişkin ve genç sığırlarda yaygın olarak görülür (Sato vd., 1993), koyun ve keçilerde ise çoğunlukla yeni doğanlara anneleri tarafından sergilenir (Baxter vd., 2016). Sığırlarda bu davranış çoğunlukla taze yemin gelişi ile ve geceleri daha uzun süreler halinde görülmekle birlikte günde toplam 5 dakika tımarla geçirilir (Val-Laillet vd., 2009). Karşılıklı tımarla kalp atış hızının düştüğü (Laister vd., 2011), süt üretiminin ve kilo alımının arttığı gözlemlenmiştir (Wood, 1977). Bağlı sığırlarda, serbest sığırlara kıyasla daha fazla yalama gözlemlenmiştir; bu durum muhtemelen hayvanların yakınlığı veya can sıkıntısıyla ilişkili olabilir ve iç mekanda beslenen ineklerde, dış mekanda beslenen ineklere kıyasla daha fazla yalama gözlemlenmiştir; bu durum ise muhtemelen yakınlıktan kaynaklanmaktadır (Sato, 1984; Tresolti vd. 2015; Krohn, 1994).

Doğal ortamlarda, sığırlar ağaçlarda veya diğer aşındırıcı yüzeylerde kendilerini kaşır ve temizlerler (McConnachie vd., 2018). Bu nedenle, fırça temini, hayvanların doğal davranışlarını teşvik eden bir çevresel zenginleştirme (Ninomiya, 2019) olarak düşünülebilir ve Vries (2017)'e göre, ineklerin fırçaları gönüllü kullanımı, pozitif refahın bir göstergesi olabilir. Ninomiya (2019), barınaklar fırça ile zenginleştirildiğinde sığırların kendi kendini temizleme ve kaşıma davranışlarının arttığını göstermiş ve zenginleştirilmiş ortamlarda karaciğer ve bağırsak hastalıklarının daha az görülmesine dayanarak, bu davranışın artan ifadesinin hayvan sağlığı açısından faydalı olabileceği hipotezini ileri sürmüştür. Bertenshaw vd., (2008) ise, fırça kullanımının düvelerde süt akışını ve sağımı kolaylaştırdığını, ancak bu sonucun, insanlara alışmayla da ilişkili olabileceğini bildirmiştir.

İnsan-hayvan etkileşimi; hayvan refahının önemli bir belirleyicisidir (Hemsworth vd., 2018). Evcil hayvanlar, yiyecek için insanlara bağımlı olmanın ötesinde, genellikle insanlarla etkileşim kurmak ister ve bundan haz

duyarlar (Tallet vd., 2005; Lazzaroni vd., 2020). Hayvanlar, insanlarla etkileşim kurmayı başlı başına ödüllendirici olarak algılayabilirler (Hemsworth ve Coleman, 2011; Bertenshaw ve Rowlmoon, 1996; Friedman ve Krause-Parello, 2018). Geviş getiren hayvanlar ile insanlar arasındaki temas özellikle entansif sistemde yetiştirilen sütçü ırklarda daha sık görülür. İnsan-hayvan ilişkisi çiftlik hayvanlarının davranışları, refahı ve verimliliği üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bağırma, vurma ve tokatlama gibi olumsuz etkileşimler süt üretimini ve büyüme hızını düşürebilir ve hayvanların insanlara karşı korkusunu artırabilir (Lensink vd., 2000). Olumlu insan-hayvan etkileşimleri, hayvanların daha az korku göstermesi, çevrelerini daha fazla keşfetmesi, oyun davranışı sergilemesi ve sosyal etkileşimlere daha açık olmasıyla ilişkilendirilmiş (Boivin vd., 2003) ve süt ineklerinin doğurganlığı (Rushen vd., 2010; Hemsworth vd., 2000), buzağların büyüme hızı (Lürzel vd. 2015) üzerinde olumlu etkilere, sosyal rahatlığa (Serrapica vd., 2017), oksitosin salınımına ve pozitif duygusal durumların ortaya çıkmasına katkı sağlar (Coulon vd., 2015; Guesdon vd., 2016; Ellingsen vd., 2014). Örneğin, nazik dokunma, düşük stresli bakım uygulamaları ve hayvana yöneltilen sakin ses tonu, hayvanda güven geliştirmekte ve olumlu bir duygusal bağ oluşturmaktadır. Bu tür deneyimler, hayvanın yalnızca stresi azaltmasına değil, aynı zamanda pozitif refah göstergelerinin (örneğin gönüllü insan yaklaşımı, gevşemiş vücut postürü, oyun davranışları) ortaya çıkmasına da katkıda bulunur (Waiblinger vd., 2006).

Çiftlik hayvanlarında yaygın olan yukarıda belirtilen davranışlara ek olarak, pozitif refah göstergesi olarak kabul edilebilecek bazı türe özgü davranışlar da vardır. Örneğin, mandalar, vücut yüzeyini çamurla kaplamak anlamına gelen yuvarlanma davranışını sergilerler. Bu nedenle, bu türe özgü doğal bir davranış olarak kabul edilebilir. Uygun olanaklar mevcut olduğunda, bufalo çukurlarda, göletlerde veya su birikintilerinde yatar (Tripaldi vd., 2004). Mandalara bu imkanın sağlanması daha yüksek süt üretimi ve ısıyı etkili bir şekilde dağıtmanın bir yolu olacaktır (Ninomiya, 2019). Tersine, yuvarlanma engellendiğinde, bufalolar daha fazla zamanı boшта geçirmeye (Tripaldi vd., 2004) ve sıvı gübrenin içinde yatmaya (muhtemelen su eksikliğini telafi etmeye çalışarak) ve keşfe daha az zaman ayırma eğilimindedir (Ninomiya, 2019). Ayrıca, yuvarlanmanın ısı dağılımında duşlardan daha etkili olduğu kanıtlanmıştır (Aggarwal ve Singh, 2008).

Mandalardaki bu davranış biçimi güvenilir bir pozitif refah göstergesidir (Mattiello vd., 2019).

Keşif ve merak davranışları: Keşif ve merak davranışları, hayvanların çevreleriyle aktif etkileşime girerek yeni uyaranları değerlendirme ve öğrenme süreçlerini ifade eder. Bu davranışlar, doğada hayatta kalma açısından önemlidir, çünkü hayvanların besin kaynaklarını bulmalarına, sosyal ilişkiler kurmalarına ve potansiyel tehlikeleri tanımalarına imkân sağlar (Hughes, 1997). Keşif ve merak davranışlarının sergilenmesi, hayvanların yalnızca negatif durumların yokluğunu değil, aynı zamanda pozitif deneyimlerin varlığını da ortaya koyar. Bu nedenle, pozitif hayvan refahı göstergeleri arasında kritik bir yere sahiptir (Mellor, 2015). Hayvanların çevresel uyarıcılarla gönüllü ve meraklı şekilde etkileşime girmesi, onların refah düzeylerinin yükseldiğini göstermektedir.

Keşif ve merak davranışlarının gözlenmesi, bilişsel zenginleşmeye işaret eder. Yani hayvanların çevreyle ilgilendiğini ve zihinsel uyarım aldığını gösterir. Bu davranışlar olumlu duygusal deneyimlerin varlığını gösterir, merakla yapılan keşif davranışları genellikle korku ya da stres yerine güvenlik hissiyle ilişkilidir (Mason vd., 2007). Ayrıca keşif ve merak davranışları çevresel uygunluğun bir göstergesidir; uygun olmayan barınak veya yoksul çevre koşullarında hayvanlar daha az keşif davranışı sergilerken, zenginleştirilmiş ortamlarda bu davranışlar artmaktadır (Jensen ve Toates, 1993). Bu davranışın çiftlik hayvanlarındaki örneklerine baktığımızda; domuzlarda, zenginleştirilmiş ortamlarda burunlarını kullanarak çevreyi kazma, koklama ve nesneleri manipüle etme davranışlarının arttığı gözlenmiştir. Bu davranışlar hayvanın yalnızca beslenme motivasyonu değil, aynı zamanda merak duygusunun bir yansımasıdır (van de Weerd ve Day, 2009). Genç sığırlarda, yeni nesnelere yaklaşma ve temas kurma davranışları, çevresel meraklarının ve öğrenme süreçlerinin bir göstergesidir. Bu tür davranışların daha sık görülmesi, daha düşük korku düzeyi ve daha yüksek refah ile ilişkilendirilmiştir (Boissy ve Le Neindre, 1997). Tavuklarda ve hindilerde, yeni nesnelere yaklaşma ve inceleme davranışları, hem merakın hem de çevresel zenginleşmeye verilen pozitif tepkilerin göstergesidir. Uyarıcıların yokluğunda ise stereotipik davranışlar ortaya çıkabilmektedir (Miller vd., 2020).

Uyarıcı açısından zengin ortamlarda keşif ve yiyecek toplama ile meşgul olan ve sosyal grubundaki diğer hayvanlarla hoş bir etkileşim kuran bir hayvan, yoğun içsel ödül duyguları yaşayabilir. Ayrıca, bu tür çeşitli etkileşimler olmadan hayvanın potansiyel olarak erişebileceği pozitif refah durumlarının tüm yelpazesini deneyimleyemeyeceği sonucuna da varılabilir. Bu, hayvanlara bu tür faaliyetlerde bulunmaları için fırsatlar sağlamanın önemini vurgular; bu görüş, hayvan refahına yönelik doğal yaşam yönelimiyle uyumludur (Fraser 2003). Dolayısıyla, bir hayvanın çevresi ve sosyal koşulları, doğal, vahşi veya atalarının yaşadığı çevreye ne kadar yakınsa, türe özgü davranışlarını o kadar fazla sergileyebileceği ve refahının o kadar iyi olabileceği söylenebilir (Dawkins, 1998; Spinka, 2006; Fraser, 2008a).

2.2. Fizyolojik Göstergeler

Pozitif refahın fizyolojik göstergeleri, hayvanların yalnızca acıdan ve stresten uzak olduklarını değil, aynı zamanda olumlu deneyimler yaşadıklarını ortaya koyar (Mellor, 2015). Bu nedenle, oksitosin salınımı, endorfinler (van Ree vd., 1999), dopamin (Knutson vd., 2002) oksitosin (Liberzon vd., 1997) ve serotonin (Flory vd., 2004), kalp atım hızı değişkenliği (HRV), bağışıklık sisteminin güçlenmesi ve ödül mekanizmalarının aktive olması gibi fizyolojik değişiklikler, pozitif refahın ölçülmesinde önemli bilimsel araçlardır ve bunların her biri spesifik ve karmaşık bağlamsal işlevlere sahip olabilmektedir (Yeates ve Main, 2008). Elektroensefalografi (EEG), pozitron emisyon tomografisi (PET) ve fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme (fMRI) gibi görüntüleme teknikleri, pozitif duygulanım üzerine yapılan nörobilimsel çalışmalarda kullanılmaktadır (Burgdorf ve Panksepp, 2006). Yöntemler, haz merkezlerinin yanıt verip vermediğini görmek için belirli bağlamlarda hayvanlara uygulanabilir.

Oksitosin: Sosyal bağlanma, annelik davranışı ve insan-hayvan etkileşimlerinde artış gösteren oksitosin düzeyleri, pozitif duygusal durumların biyolojik göstergesi olarak kabul edilmektedir (Rault, 2016). Örneğin, köpeklerde insanlarla olumlu etkileşim sonrası oksitosin artışı kaydedilmiştir.

Endorfinler (β -endorfin): Oyun, sosyal temas veya keyif veren aktiviteler sonrasında düzeylerinin yükseldiği bildirilmiştir (Boissy vd., 2007).

Kortizol düzeyi: Kortizol çoğunlukla stres göstergesi olarak değerlendirilse de, “iyi stres” (eustress) durumlarında da kısa süreli artış gösterebilir. Örneğin, oyun veya egzersiz sırasında gözlenen hafif kortizol artışları, pozitif uyarılma ile ilişkilendirilmektedir (Mormède vd., 2007).

Bağışıklık yanıtı: Pozitif duygusal durumlar, lenfosit aktivitesinde ve antikör üretiminde artışa yol açarak immün yanıtın güçlenmesiyle ilişkilendirilmiştir (Sandi ve Haller, 2015).

Dopamin ve serotonin: Ödül mekanizmalarıyla ilişkili nörotransmitterlerdir. Pozitif deneyimler (ör. beslenme, oyun, sosyal etkileşim) dopamin ve serotonin düzeylerinde artışa neden olur (Burman, 2008). Bu artış, motivasyon ve keyif alma süreçlerini destekler.

2.3. Duyusal ve Bilişsel Göstergeler

Hayvan refahıyla ilgili pozitif duygusal durumlar, örneğin sakinlik, rahatlama, merak, heyecan, olumlu katılım ve ödül veya zevkli olayların beklentisini içerebilir (Mattiello vd., 2019). Bu metodoloji, düşük (örneğin sakin, rahat) ile yüksek uyarılma seviyeleri (örneğin aktif, huzursuz) ve olumlu (örneğin meraklı, heyecanlı) ile olumsuz ruh hali (örneğin kayıtsız, sıkılmış) arasında değişen davranışsal tanımlayıcıların kullanımına dayanmaktadır (Wemelsfelder vd., 2001). Davranışsal belirteçler hayvanlar olumlu duygusal durumlardayken gerçekleştirilme olasılığı daha yüksek olan faaliyetlerdir. Yüz "ifadeleri" türler arasında olumlu duygulanımın öznel kanıtını sağlar (Darwin, 1872). Örneğin, bir türde dilin dışarı çıkarılması ve patilerin yalanmasıyla yemek sevme davranışı ima edilir (Grill ve Norgren, 1978; Gentle ve Harkin, 1979; Sawchenko, 1998; Steiner vd., 2001; Wilson vd., 2006). Kedilerde mırıldanma, koyunlarda düşük perdeden meleme gibi seslendirmelerden de olumlu duygusal durumlar çıkarılabilir ve bu durumun olumlu duygulanımı beraberinde getireceği beklenir (Knutson vd., 2002).

2.3.1. Duyusal göstergeler

a.İfade ve postürler: Kulak pozisyonu, kuyruk hareketleri veya yüz ifadeleri, hayvanların pozitif duygusal durumlarını yansıtabilir (Proctor ve Carder, 2015).

Kulak hareketleri; özellikle sığırlarda, atlarda ve koyunlarda kulakların yönelimi ve hareketliliği, hayvanın duygusal durumu hakkında ipuçları verir

dolayısıyla hayvanlarda pozitif ferahın dışı yansıyan bir göstergesi olarak kabul edilir. Pozitif refah durumunda kulaklar genellikle gevşek, öne ya da yana yönelmiş olabilir; bu durum hayvanın sakin ve rahat bir ruh halinde olduğunu gösterir. Olumsuz duygular (korku, stres, ağrı) sırasında ise kulaklar sıklıkla geriye yönelir veya hızlı, asimetrik hareketler sergiler (Proctor ve Carder, 2015; de Oliveira ve Keeling, 2018). Dolayısıyla kulak hareketleri, hayvanların pozitif refah durumunu dolaylı biçimde gözlemlemeye yarayan, davranışsal refah göstergelerinden biri olarak kabul edilmektedir.

Göz akı (sclera) görünürlüğü; sığır araştırmalarında göz akının fazla görünmesi, olumsuz duygular (kaygı, stres, korku) ile ilişkilendirilmiştir. Pozitif refah durumunda ise göz akı daha az görünür; gözler daha “yumuşak” ve gevşek bir görünüme sahiptir. Proctor ve Carder (2015), sığırlarda göz akı görünürlüğüne duygusal durumlarla doğrudan ilişkili olduğunu bildirmiştir.

Sakin bakışlar; hayvanların doğrudan, sakin bakışları sosyal ilgi ve güven ifade eder. Pozitif sosyal etkileşimler sırasında bakışların daha uzun süre devam ettiği, olumsuz durumlarda ise bakıştan kaçınma davranışlarının arttığı görülmüştür (Wathan ve McComb; 2014).

Yarı kapalı gözler; Pozitif refah sırasında hayvanlarda daha sık yarı kapalı gözler veya uzun süreli göz kapama (örneğin ineklerde dinlenme ya da keyif anlarında) gözlenebilir. Bu durum rahatlama, düşük stres ve güven hissini gösterir. Napolitano vd. (2009), göz kırpmaya oranlarının hayvanların sakinlik ve rahatlık düzeyiyle ilişkili olduğunu belirtmiştir.

b.Vokalizasyon: Bazı türlerde (örneğin domuz ve ineklerde) düşük frekanslı ve ritmik sesler, olumlu refahın akustik göstergeleri olarak tanımlanmıştır (Briefer, 2012).

2.3.2. Bilişsel Göstergeler

Pozitif hayvan refahında bilişsel göstergeler, hayvanların bilgi işleme kapasitelerini, çevreleriyle nasıl etkileşim kurduklarını, öğrenme süreçlerini ve duygusal deneyimlerini yansıtan ölçütlerdir. Bu göstergeler, yalnızca hayvanların acı çekip çekmediğini değil, aynı zamanda olumlu duygular yaşayıp yaşamadığını da anlamamıza yardımcı olur. Hızlı öğrenme, hatırlama ve problem çözme yeteneği, hayvanın çevresine uyum sağlayabildiğini ve olumlu refah düzeyine sahip olduğunu gösterebilir. Aşırı stres altında olan hayvanlarda ise öğrenme yavaşlar ve hatırlama kapasitesi düşer (Boissy vd.,

2007). Hayvanların yeni durumlara uyum sağlayabilme yeteneği (örneğin alternatif çözümler üretebilme), iyi bir bilişsel refahın göstergesidir (Webster vd., 2018). Beyin yarımküreleri arasındaki işlevsel farklılıkların davranışa yansımaları ifade eden *davranışsal lateralite*; organizmaların belirli davranışlarında vücudun bir tarafının diğerine tercihi veya baskın olarak kullanılmasıdır. Lateralite, hayvanın bilgi işleme biçimi ile ilişkilidir (Vallortigara ve Rogers, 2005). Davranışsal lateralite, yalnızca sinir sisteminin organizasyonunu anlamada değil, aynı zamanda hayvanların duygusal durumlarını ve refah düzeylerini değerlendirmede de önemli bir araçtır. Çalışmalar, beynin sağ ve sol yarım küreler arası işlevsel farklılıkların duygusal süreçlerle yakından ilişkili olduğunu göstermektedir. Davranışsal lateralitenin ölçülmesi, hayvanların duygusal deneyimlerini doğrudan gözlemlenmeden refah durumları hakkında bilgi sağlar. Özellikle çiftlik hayvanlarında lateralite göstergeleri, yönetim uygulamalarının (ör. sosyal çevre, barınak koşulları, insan-hayvan etkileşimi) hayvan üzerinde yarattığı stres ya da rahatlık düzeyini değerlendirmede kullanılabilir. Sol yarım küre genellikle yaklaşma davranışları, öğrenme ve pozitif duygusal durumlarla ilişkilendirilirken, sağ yarım küre korku, stres ve kaçınma davranışları gibi negatif duygusal süreçlerde daha baskın rol oynamaktadır (Rogers, 2010; Leliveld vd., 2013). Bu nedenle, lateraliteyi incelemek hayvanların pozitif ya da negatif refah durumlarını dolaylı olarak ölçmeye imkân tanır. Özellikle geviş getiren hayvanlarda (ör. sığır, koyun) kulakların yönelimi, çevresel uyaranlara verilen duygusal tepkiyi gösterebilir. Örneğin, sığırların sağ kulaklarını ses kaynağına yöneltmeleri genellikle pozitif ya da nötr uyaranlarla, sol kulağın tercih edilmesi ise tehdit veya stres oluşturan uyaranlarla ilişkilendirilmiştir (Basile vd., 2009). At, koyun ve kuş türlerinde yapılan araştırmalar, sol gözün (sağ yarım küre bağlantılı) tehdit ve stres uyaranlarını değerlendirmede baskın olduğunu göstermektedir. Bu bulgu, hayvanların çevresel risklere verdikleri tepkilerin objektif olarak ölçülmesini mümkün kılar (Austin ve Rogers, 2007).

2.4. Üretkenlik ve Sağlıkla İlişkili Göstergeler (Dolaylı)

Bu alandaki pozitif refah göstergeleri, hayvanların canlılık ve sağlık açısından iyi durumda olduklarını gösteren ölçümleri içerir. Damızlık hayvanların uzun ömürlülüğü, hayvanların sürüde kaldıkları süre olarak

tanımlanabilir. Entansif sistemde yetiştirilen süt ineği sürülerinde, uzun ömürlülük ve üretkenlik genellikle sırasıyla beş ve üç yılın oldukça altındadır (Viries, 2017), buna karşın geniş alanlarda veya küçük aile çiftliklerinde yetiştirilen inekler ortalama 15 yıllık bir ömre sahiptir (Napolitano vd., 2005). Süt ineklerinin erken yaşta kesilmesine yol açan faktörlerin çoğu sağlık (örneğin mastitis, topallık, düşük doğurganlık) ve üreme ile ilgilidir. Çiftlik hayvanlarında uzun ömür, iyi refahın bir sonucu olarak düşünülebilir. Ancak, uzun süre çiftlikte bulunmak pozitif refah anlamına gelmeyebileceğinden yaşam kalitesi konusunda da endişeler olabilir: Acı içinde geçirilen uzun bir süre, hayvanların refahı üzerinde bariz olumsuz etkilere sahip olabilir ve "iyi bir yaşam" olmayan, hatta muhtemelen "yaşamaya değer bir yaşam" bile olmayan bir yaşamla sonuçlanabilir (Mattiello vd. 2011).

Canlılık, çevreyle olumlu ve aktif bir etkileşimi ifade eden bir göstergedir. Kuzularda, ayağa kalkma, memeyi arama ve başarılı bir şekilde emme gibi davranışları pozitif refah göstergesi olarak kabul edilebilir (Matheson vd., 2011; Matheson vd., 2012; Mattiello vd., 2019). Sürdürülebilir büyüme, üreme başarısı ve düşük hastalık insidansı gibi göstergeler doğrudan mutluluğu ölçmese de, pozitif refahın desteklendiğini dolaylı olarak gösterebilir (Fraser, 2008).

Beslenme alanıyla ilişkili refahın pozitif yönleri, fizyolojik beslenme gereksinimlerinin karşılanmasıyla ötesine geçer ve örneğin, hoş koku, tat ve dokuya sahip yiyecek seçimi ve çeşitliliği, yiyecek arama sırasında çevrenin aktif katılımı ve keşfiyle ilişkili zevkler, çiğneme/emme gibi ağız yoluyla alınan zevkler veya yiyeceklerin hazcı özellikleri gibi olumlu bir zihinsel duruma yol açan yönleri ifade eder (Mellor, 2017). Manteca vd. (2008)e göre, yiyecek seçimi olanağı, hayvanlara normal davranışlarını ifade etme, belirli bireysel ihtiyaçları karşılama ve ayrıca toksinler ve parazit yükleriyle daha iyi başa çıkarak hastalık sıklığını azaltma özgürlüğü sağlar. Provenza (1995), özellikle, hayvanların düşük besin içeriğine veya yüksek toksin seviyelerine sahip tatsız yemlerden kaçınabildiklerini ve beslenme refahlarını en üst düzeye çıkarma amacıyla lezzetli ve besleyici yemleri aktif olarak seçtiklerini, Catanese vd. (2013) ise, yem seçiminin sınırlandırılmasının kuzularda stres tepkisine neden olduğunu doğrulamıştır.

Barınak veya çevrenin olumlu yönleri, hayvana dinlenme ve hareket kolaylığı ile ilişkili alan ve konfor ve keyif gereksinimleri sağlamanın yanı

sıra, çevreyi kullanma konusunda seçim ve fırsat sunar. Konfor ve dinlenme, çevrenin neden olduğu pozitif refahın önemli bileşenleridir. Örneğin, barınak koşulları yetersiz olduğunda, yatış süresinin kısalması ve anormal yatış pozisyonları veya geçiş hareketleri görülür. Bu nedenle, yatış süresinin artmasının, uygun yatış pozisyonları alma olasılığının artmasının ve kalkıp yatma kolaylığının pozitif bir refah durumunun göstergesi olabileceği söylenebilir (Mattiello, 2019). Bununla birlikte, yatma süresi, hayvanlar hasta olduğunda (hastalık davranışı) veya topalladığında artabilir; bu nedenle, bu gösterge tek başına pozitif refah için spesifik değildir (Richmond vd., 2017).

Napolitano vd. (2020) yatma pozisyonların termal konfor ve/veya uyanıklık konforu seviyesini vurgulamak için de kullanılabileceğini öne sürmüş ve ineklerin başları yanlara doğru sokulmuş şekilde sternal pozisyonda ve muhtemelen bacakları uzatılmış şekilde yan pozisyonda dinlenmeyi tercih ettiklerini belirtmişlerdir. Yine geviş getirme genellikle sağlıklı, rahatlamış ve stressiz inekler tarafından yatarak yapıldığından, pozitif bir refah durumunun göstergesi olarak kullanılabilir (Phillips, 2002).

3. SONUÇ

Hayvanların refahını değerlendirirken onların yalnızca stres, açlık, hastalık gibi olumsuzluklardan uzak tutulup tutulmadığına değil, aynı zamanda haz, etkileşim ve kendini gerçekleştirme fırsatlarına sahip olup olmadığına da bakmak gerekir. “Hayvan refahı sadece acının yokluğu değil, mutluluğun varlığı ile de ölçülmelidir” prensibi pozitif hayvan refahı yaklaşımının önemini ortaya koymaktadır. Refahın pozitif yönlerini göz ardı etmek, hem etoloji ve fizyolojinin hem de birçok hayvan sahibinin hayvanlarının beğenileri, istekleri ve yaşam kalitesi ve niceliği gibi önemli yönlerini göz ardı etmek anlamına gelir. Pozitif refah hayvanların ihtiyaçlarının karşılanmasını gerektirdiği için, pozitif refahın teşvik edilmesi ile; olumlu sonuçları artırmak olumsuz sonuçları azaltmak mümkündür. Kısaca, pozitif hayvan refahı “sıfırın altındaki olumsuzluklardan kurtarmak” yerine, “artı değerlere taşımayı” hedeflemektedir. Bu hedeflere ulaşmada;

- Hayvan yetiştiricilerinin ve ilgili sektörlerde çalışan personellerin hayvan refahı konusunda bilinçlendirilmeleri,
- Pozitif hayvan refahına yönelik bilimsel çalışmaların artırılması,

- Tüketicilerin pozitif hayvan refahına önem veren üreticileri tercih etmeleri yönünde bilinçlendirilmeleri,
- İlgili dernek, vakıf veya kuruluşlar tarafından “evcil hayvanları mutlu etmeye” yönelik broşürlerin hazırlanması,
- Pozitif hayvan refahına uyumlu yetiştiricilik yapan işletmelerin ödüllendirilmesi olumlu katkılar sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Aggarwal, A., & Singh, M. (2008). Changes in skin and rectal temperature in lactating buffaloes provided with showers and wallowing during hot-dry season. *Tropical Animal Health and Production*, 40(3), 223–228.
- Akbaş, A. A. (2013). Farm animal behaviour and welfare relationship. *MAKÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1(1), 42–49.
- Alados, C. L., Escos, J. M., & Emlen, J. M. (1996). Fractal structure of sequential behaviour patterns: An indicator of stress. *Animal Behaviour*, 51(3), 437–443.
- Arnold, G. W., & Dudzinski, M. L. (1978). Social organization and animal dispersion. In G. W. Arnold & M. L. Dudzinski (Eds.), *Ethology of free-ranging domestic animals* (pp. 51–96). Elsevier Scientific Publishing Company.
- Arnott, G., Ferris, C. P., & O’Connell, N. E. (2017). Review: Welfare of dairy cows in continuously housed and pasture-based production systems. *Animal*, 11(2), 261–273.
- Asan, H., & Metin, M. Ö. (2016). Sütçü sığırlarda refah kalitesinin değerlendirilmesi: 2. İyi sağlık, uygun davranış. *MAE Veteriner Fakültesi Dergisi*, 1(2), 45–53.
- Austin, N. P., & Rogers, L. J. (2007). Lateralization of agonistic and vigilance responses in feral horses. *Animal Behaviour*, 74(4), 941–950.
- Austin, N. P., & Rogers, L. J. (2012). Lateralization of agonistic and vigilance responses in horses. *Animal Behaviour*, 83(1), 239–247.
- Animal Welfare Foundation (AWF). (2006). *What makes my pet happy?* (Leaflet). Retrieved September 1, 2025, from www.bva-awf.org.uk/resources/downloads
- Basile, M., Boivin, S., & Blois-Heulin, C. (2009). Social and emotional lateralization in domestic cattle: Visual laterality and auditory laterality in the use of the ears. *Animal Behaviour*, 77(1), 71–79.
- Baxter, E. M., Mulligan, J., Hall, S. A., Donbavand, J. E., Palme, R., Aldujaili, E., Zanella, A. J., & Dwyer, C. M. (2016). Positive and negative gestational handling influences placental traits and mother–offspring behavior in dairy goats. *Physiology & Behavior*, 157, 129–138.

- Bertenshaw, C., Rowlinson, P., Edge, H., Douglas, S., & Shiel, R. (2008). The effect of different degrees of “positive” human-animal interaction during rearing on the welfare and subsequent production of commercial dairy heifers. *Applied Animal Behaviour Science*, 114(1–2), 65–75.
- Bertenshaw, C. E., & Rowlinson, P. (2008). Exploring heifers’ perception of ‘positive’ treatment through their motivation to pursue a retreated human. *Animal Welfare*, 17(3), 313–319.
- Briefer, E. F. (2012). Vocal expression of emotions in mammals: Mechanisms of production and evidence. *Journal of Zoology*, 288(1), 1–20. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2012.00920.x>
- Boissy, A., & Le Neindre, P. (1997). Behavioural, cardiac and cortisol responses to brief peer separation and reunion in cattle. *Physiology & Behavior*, 61(5), 693–699.
- Boissy, A., Manteuel, G., Jensen, M. B., Moe, R. O., Spruijt, B., Keeling, L. J., Winckler, C., Forkman, B., Dimitrov, I., Langbein, J., et al. (2007). Assessment of positive emotions in animals to improve their welfare. *Physiology & Behavior*, 92(3), 375–397.
- Boivin, X., Lensink, J., Tallet, C., & Veissier, I. (2003). Stockmanship and farm animal welfare. *Animal Welfare*, 12(4), 479–492.
- Bouissou, M. F., Boissy, A., Le Neindre, P., & Veissier, I. (2001). The social behaviour of cattle. In L. Keeling & H. Gonyou (Eds.), *Social behaviour in farm animals* (pp. 113–145). CAB International.
- Bracke, M. B. M., & Hopster, H. (2006). Assessing the importance of natural behaviour for animal welfare. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 19(1), 77–89.
- Burgdorf, J., & Panksepp, J. (2006). The neurobiology of positive emotions. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 30(2), 173–187.
- Burman, O. H. P. (2008). Do anxious and optimistic moods affect exploratory behaviour? *Animal Behaviour*, 76(2), 494–498.
- Burow, E., Rousing, T., Thomsen, P. T., Otten, N. D., & Sørensen, J. T. (2013). Effect of grazing on the cow welfare of dairy herds evaluated by a multidimensional welfare index. *Animal*, 7(5), 834–842.
- Catanese, F., Obelar, M., Villalba, J. J., & Distel, R. A. (2013). The importance of diet choice on stress-related responses by lambs. *Applied Animal Behaviour Science*, 148(1–2), 37–45.

- Coulon, M., Nowak, R., Peyrat, J., Chandèze, H., Boissy, A., & Boivin, X. (2015). Do lambs perceive regular human stroking as pleasant? Behavior and heart rate variability analyses. *PLoS ONE*, 10(2), e0118617. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118617>
- Çevikkol, E., Çam, M. A., & Yılmaz, Ö. F. (2023, Mart 3–5). Çiftlik hayvanları yetiştiriciliğinde refah ve stres kavramı. In *ISPEC 11th International Conference on Agriculture, Animal Sciences and Rural Development* (Vol. 11, pp. 478–488). Muş, Türkiye.
- Darwin, C. (1872). *The expressions of the emotions in man and animals*. Longmans.
- Dawkins, M. S. (1998). Evolution and animal welfare. *Quarterly Review of Biology*, 73(3), 305–328.
- Ellingsen, K., Coleman, G. J., Lund, V., & Mejdell, C. M. (2014). Using qualitative behaviour assessment to explore the link between stockperson behaviour and dairy calf behaviour. *Applied Animal Behaviour Science*, 153, 10–17.
- Farm Animal Welfare Council (FAWC). (2009). *Farm animal welfare in Great Britain: Past, present and future*. London, UK: Farm Animal Welfare Council.
- Fleming, P. A., Clarke, T., Wickham, S. L., Stockman, C. A., Barnes, A. L., Collins, T., & Miller, D. W. (2016). The contribution of qualitative behavioural assessment to appraisal of livestock welfare. *Animal Production Science*, 56(10), 1569–1578.
- Flory, J. D., Manuck, S. B., Matthews, K. A., & Muldoon, M. F. (2004). Serotonergic function in the central nervous system is associated with daily ratings of positive mood. *Psychiatry Research*, 129(1), 11–19.
- Forkman, B., & Keeling, L. J. (2009). Assessment of animal welfare measures for dairy cattle, beef bulls and veal calves. *Welfare Quality Reports*, 11, 1–217.
- Fraser, D. (2003). Assessing animal welfare at the farm and group level: the interplay of science and values. *Animal Welfare*, 12(4), 433–443.
- Fraser, D. (2008). *Understanding animal welfare: The science in its cultural context*. Wiley-Blackwell.
- Friedman, E., and Krause-Parello, C. A. (2008). Companion animals and human health: benefits, challenges, and the road ahead for human–

- animal interaction. *Revue Scientifique et Technique de l'OIE*. 37(1):71-82. DOI: 10.20506/rst.37.1.2741
- Garner, J. P., & Mason, G. J. (2002). Evidence for a relationship between cage stereotypies and behavioural disinhibition in laboratory rodents. *Behavioural Brain Research*, 136(1), 83–92.
- Gautrais, J., Michelena, P., Sibbald, A., Bon, R., & Deneubourg, J. L. (2007). Allelomimetic synchronization in Merino sheep. *Animal Behaviour*, 74(5), 1443–1454.
- Gentle, M. J., & Harkin, C. (1979). The effect of sweet stimuli on oral behaviour in the chicken. *Chemical Senses*, 4(2), 183–190.
- Grill, H. J., & Norgren, R. (1978). The taste reactivity test I: Mimetic responses to gustatory stimuli in neurologically normal rats. *Brain Research*, 143(2), 263–279.
- Guesdon, V., Nowak, R., Meurisse, M., Boivin, X., Cornilleau, F., Chaillou, E., & Lévy, F. (2016). Behavioral evidence of heterospecific bonding between the lamb and the human caregiver and mapping of associated brain network. *Psychoneuroendocrinology*, 71, 159–169.
- Gutmann, A. K., Schwed, B., Tremetsberger, L., & Winckler, C. (2015). Intra-day variation of qualitative behaviour assessment outcomes in dairy cattle. *Animal Welfare*, 24(3), 319–326.
- Gygax, L., & Hillmann, E. (2018). “Naturalness” and its relation to animal welfare from an ethological perspective. *Agriculture*, 8(9), 136.
- Held, S. D. E., & Špinka, M. (2011). Animal play and animal welfare. *Animal Behaviour*, 81(5), 891–899.
- Hemsworth, P. H., Coleman, G. J., Barnett, J. L., & Borg, S. (2000). Relationships between human-animal interactions and productivity of commercial dairy cows. *Journal of Animal Science*, 78(11), 2821–2831.
- Hemsworth, P. H., & Coleman, G. J. (2011). *Human-livestock interactions: The stockperson and the productivity and welfare of intensively farmed animals*. CABI.
- Hemsworth, P. H., Sherwen, S. L., & Coleman, G. J. (2018). Human contact. In M. Appleby (Ed.), *Animal welfare* (pp. 294–314). CAB International.

- Hörning, B. (2003). Attempts to integrate different parameters into an overall picture of animal welfare using investigations in dairy loose houses as an example. *Animal Welfare*, 12(4), 557–563.
- Hughes, R. N. (1997). Intrinsic exploration in animals: Motives and measurement. *Behavioural Processes*, 41(3), 213–226.
- Darwin, C. (1872). *The expression of the emotions in man and animals*. Retrieved September 1, 2025, from <http://darwin-online.org.uk/content/frameset?itemID=F1142&viewtype=text&pageseq=1>
- Jensen, P., & Toates, F. M. (1993). Who needs ‘behavioural needs’? Motivational aspects of the needs of animals. *Applied Animal Behaviour Science*, 37(2), 161–181.
- Knierim, U., & Winckler, C. (2009). On-farm welfare assessment in cattle: Validity, reliability and feasibility issues and future perspectives with special regard to the Welfare Quality® approach. *Animal Welfare*, 18(4), 451–458.
- Knutson, B., Burgdorf, J., & Panksepp, J. (2002). Ultrasonic vocalisations as indices of affective states in rats. *Psychological Bulletin*, 128(6), 961–977
- Krohn, C. C., Munksgaard, L., & Jonassen, B. (1992). Behaviour of dairy cows kept in extensive (loose housing/pasture) or intensive (tie stall) environments: I. Experimental procedure, facilities, time budgets—diurnal and seasonal conditions. *Applied Animal Behaviour Science*, 34, 37–47.
- Krohn, C. C. (1994). Behaviour of dairy cows kept in extensive (loose housing/pasture) or intensive (tie stall) environments: III. Grooming, exploration and abnormal behaviour. *Applied Animal Behaviour Science*, 42, 73–86.
- Laister, S., Stockinger, B., Regner, A. M., Zenger, K., Knierim, U., & Winckler, C. (2011). Social licking in dairy cattle—Effects on heart rate in performers and receivers. *Applied Animal Behaviour Science*, 130, 81–90.
- Lawrence, A. B., Vigors, B., & Sandøe, P. (2019). What is so positive about positive animal welfare? – A critical review of the literature. *Animals*, 9(10), 783. <https://doi.org/10.3390/ani9100783>

- Lazzaroni, M., Range, F., Backes, J., Portele, K., Scheck, K., & Marshall-Pescini, S. (2020). The effect of domestication and experience on the social interaction of dogs and wolves with a human companion. *Frontiers in Psychology*, 11, 785. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00785>
- Leliveld, L. M. C., Langbein, J., & Puppe, B. (2013). The emergence of emotional lateralization: Evidence in non-human vertebrates and implications for farm animals. *Applied Animal Behaviour Science*, 145(1-2), 1-14.
- Lensink, B. J., Fernandez, X., Boivin, X., & Pradel, P. (2000). The impact of gentle contacts on ease of handling, welfare, and growth of calves and on quality of veal meat. *Journal of Animal Science*, 78(5), 1219-1226.
- Liberzon, M., Trujillo, K. A., Akil, H., & Young, E. A. (1997). Motivational properties of oxytocin in the conditioned place preference paradigm. *Neuropsychopharmacology*, 17(5), 353-359.
- Løberg, J., Telezhenko, E., Bergsten, C., & Lidfors, L. (2004). Behaviour and claw health in tied dairy cows with varying access to exercise in an outdoor paddock. *Applied Animal Behaviour Science*, 89(1), 1-16.
- Lürzel, S., Münch, C., Windschnurer, I., Futschik, A., Palme, R., & Waiblinger, S. (2015). The influence of gentle interactions on avoidance distance towards humans, weight gain and physiological parameters in group-housed dairy calves. *Applied Animal Behaviour Science*, 172, 9-16.
- Manteca, X., Villalba, J. J., Atwood, S. B., Dziba, L., & Provenza, F. D. (2008). Is dietary choice important to animal welfare? *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research*, 3(4), 229-239.
- Mason, G. J., & Latham, N. R. (2004). Can't stop, won't stop: Is stereotypy a reliable animal welfare indicator? *Animal Welfare*, 13, 57-69.
- Mason, G., Cooper, J., & Clarebrough, C. (2007). Frustrations of fur-farmed mink. *Nature*, 410(6824), 35-36.
- Matheson, S. M., Rooke, J. A., McIlvaney, K., Jack, M., Ison, S., Bünger, L., & Dwyer, C. M. (2011). Development and validation of on-farm behavioural scoring systems to assess birth assistance and lamb vigour. *Animal*, 5(5), 776-783.

- Matheson, S. M., Bünger, L., & Dwyer, C. M. (2012). Genetic parameters for fitness and neonatal behavior traits in sheep. *Behavior Genetics*, 42(6), 899-911.
- Mattiello, S., Ferrante, V., Verga, M., Gottardo, F., Andrighetto, I., Caniatti, M., & Cozzi, G. (2002). The provision of solid feeds to veal calves: II. Behavior, physiology, and abomasal damage. *Journal of Animal Science*, 80(2), 367-375. <https://doi.org/10.2527/2002.802367X> PubMed
- Mattiello, S., Battini, M., Andreoli, E., & Barbieri, S. (2011). Short communication: Breed differences affecting dairy cattle welfare in traditional alpine tie-stall husbandry systems. *Journal of Dairy Science*, 94.
- Mattiello, S., Battini, M., De Rosa, G., Napolitano, F., & Dwyer, C. (2019). How can we assess positive welfare in ruminants? *Animals*, 9(10), 758. <https://doi.org/10.3390/ani9100758>
- McConnachie, E., Smid, A. M. C., Thompson, A. J., Weary, D. M., Gaworski, M. A., & von Keyserlingk, M. A. G. (2018). Cows are highly motivated to access a grooming substrate. *Biology Letters*, 14(2), 1-4.
- Melfi, V. A. (2009). There are big gaps in our knowledge, and thus approach, to zoo animal welfare: A case for evidence-based zoo animal management. *Zoo Biology*, 28(6), 574-588.
- Mellor, D. J. (2015). Enhancing animal welfare by creating opportunities for positive affective engagement. *New Zealand Veterinary Journal*, 63(1), 3-8.
- Mellor, D. J. (2016). Updating animal welfare thinking: Moving beyond the “Five Freedoms” towards “A Life Worth Living.” *Animals*, 6(3), 21. <https://doi.org/10.3390/ani6030021>
- Mellor, D. J. (2017). Operational details of the five domains model and its key applications to the assessment and management of animal welfare. *Animals*, 7, 60. <https://doi.org/10.3390/ani7060060>
- Miller, L. J., Pisacane, C. B., & Vicino, G. A. (2016). Relationship between behavioural diversity and faecal glucocorticoid metabolites: A case study with cheetahs (*Acinonyx jubatus*). *Animal Welfare*, 25, 325-329.

- Miller, C., Schubach, K., & Siegford, J. (2020). Effects of environmental enrichment on poultry behaviour and welfare. *Poultry Science*, 99(2), 982-995.
- Miller, L. J., Vicino, G. A., Sheftel, J., & Lauderdale, L. K. (2020). Behavioral diversity as a potential indicator of positive animal welfare. *Animals*, 10(7), 1211. <https://doi.org/10.3390/ani10071211>
- Mintline, E. M., Stewart, M., Rogers, A. R., et al. (2013). Play behavior as an indicator of animal welfare: Disbudding in dairy calves. *Applied Animal Behaviour Science*, 144, 22-30.
- Miranda-de la Lama, G. C., & Mattiello, S. (2010). The importance of social behaviour for goat welfare in livestock farming. *Small Ruminant Research*, 90(1-3), 1-10.
- Mormède, P., Andanson, S., Auperin, B., Beerda, B., Guemene, D., Malmkvist, J., ... & Veissier, I. (2007). Exploration of the hypothalamic-pituitary-adrenal function as a tool to evaluate animal welfare. *Physiology & Behavior*, 92(3), 317-339.
- Napolitano, F., Annicchiarico, G., Caroprese, M., De Rosa, G., Taibi, L., & Sevi, A. (2003). Lambs prevented from suckling their mothers display behavioral, immune and endocrine disturbances. *Physiology & Behavior*, 78(1), 81-89.
- Napolitano, F., De Rosa, G., Braghieri, A., Girolami, A. (2005). Sustainability and welfare of Podolian cattle. *Livestock Production Science*. 92(3); 323-331. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.08.012>.
- Napolitano, F., De Rosa, G., Ferrante, V., Grasso, F., Braghieri, A. (2009). Monitoring the welfare of sheep in organic and conventional farms using an ANI 35 l derived method. *Small Rumin. Res.* 83(1-3); 49-57. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.04.001>
- Napolitano, F., Knierim, U., Grass, F., & De Rosa, G. (2010). Positive indicators of cattle welfare and their applicability to on-farm protocols. *Italian Journal of Animal Science*, 8(3), 355-365.
- Napolitano, F., Bragaglio, A., Sabia, E., Serrapica, F., Braghieri, A. and De Rosa, G. (2020). The human-animal relationship in dairy animals. *Journal of Dairy Research* 87(S1), 47-52. <https://doi.org/10.1017/S0022029920000606>

- Ninomiya, S. (2019). Grooming device effects on behaviour and welfare of Japanese Black fattening cattle. *Animals*, 9, 186. <https://doi.org/10.3390/ani9030186>
- Oliveira, D., & Keeling, L. J. (2018). Routine handling interactions influence bovine affective state. *Frontiers in Veterinary Science*, 5, 283. <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00283>
- Phillips, C. J. C. (2002). *Cattle behaviour and welfare* (2nd ed.). Wiley-Blackwell Science Ltd.
- Proctor, H. S., & Carder, G. (2015). Measuring positive emotions in cows: Do visible eye whites tell us anything? *Physiology & Behavior*, 147, 1-6.
- Provenza, F. D. (1995). Postingestive feedback as an elementary determinant of food preference and intake in ruminants. *Journal of Range Management*, 48(2), 17-27.
- Rault, J. L. (2012). Friends with benefits: Social support and its relevance for farm animal welfare. *Applied Animal Behaviour Science*, 136(1), 1-14.
- Rault, J. L. (2016). Effects of positive and negative human contacts and intranasal oxytocin on working dog performance and physiology. *Frontiers in Veterinary Science*, 3, 93. <https://doi.org/10.3389/fvets.2016.00093>
- Redbo, J. (1998). The influence of feed station design on abnormal behaviours in dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*, 58(1-2), 57-69.
- Rogers, L. J. (2010). Relevance of brain and behavioural lateralization to animal welfare. *Applied Animal Behaviour Science*, 127(1-2), 1-11.
- Rushen, J., de Passillé, A. M. B., & Munksgaard, L. (2010). Fear of people by cows and effects on milk yield, behavior, and heart rate at milking. *Journal of Dairy Science*, 82, 720-727.
- Rushen, J. (1993). The coping hypothesis of stereotypic behaviour. *Animal Behaviour*, 45(3), 613-628.
- Sandi, C., & Haller, J. (2015). Stress and the social brain: Behavioural effects and neurobiological mechanisms. *Nature Reviews Neuroscience*, 16(5), 290-304.
- Sato, S. (1984). Social licking pattern and its relationships to social dominance and live weight gain in weaned calves. *Applied Animal Behaviour Science*, 12, 25-32.

- Sato, S., Tarumizu, K., & Hatae, K. (1993). The influence of social factors on allogrooming in cows. *Applied Animal Behaviour Science*, 38, 235–244.
- Savory, C. J. (1995). Feather pecking and cannibalism. *World's Poultry Science Journal*, 51(2), 215–219.
- Sawchenko, P. E. (1998). Toward a new neurobiology of energy balance, appetite and obesity: The anatomists weigh in. *Journal of Comparative Neurology*, 402, 435–441.
- Seligman, M. E. P., Steen, T. A., Park, N., & Peterson, C. (2005). Positive psychology progress: Empirical validation of interventions. *American Psychologist*, 60, 410–421.
- Serrapica, M., Boivin, X., Coulon, M., Braghieri, A., & Napolitano, F. (2017). Positive perception of human stroking by lambs: Qualitative behaviour assessment confirms previous interpretation of quantitative data. *Applied Animal Behaviour Science*, 187, 31–37.
- Spinka, M. (2006). How important is natural behaviour in animal farming systems? *Applied Animal Behaviour Science*, 100, 117–128.
- Spruijt, B. M., van den Bos, R., & Pijlman, F. T. A. (2001). A concept of welfare based on reward evaluating mechanisms in the brain: Anticipatory behaviour as an indicator for the state of reward systems. *Applied Animal Behaviour Science*, 72(2), 145–171.
- Steiner, J. E., Glaser, D., Hawilo, M. E., & Berridge, K. C. (2001). Comparative expression of hedonic impact: Affective reactions to taste by human infants and other primates. *Neuroscience and Biobehavioural Reviews*, 25, 53–74.
- Stoye, S., Porter, M. A., & Stamp Dawkins, M. (2012). Synchronized lying in cattle in relation to time of day. *Livestock Science*, 149, 70–73.
- Tallet, C., Veissier, I., & Boivin, X. (2005). Human contact and feeding as rewards for the lamb's affinity to their stockperson. *Applied Animal Behaviour Science*, 94, 59–73.
<https://doi.org/10.1016/j.applanim.2005.02.007>
- Tresoldi, G., Weary, D. M., Filho, L. C. P. M., & von Keyserlingk, M. A. G. (2015). Social licking in pregnant dairy heifers. *Animals*, 5, 1169–1179.

- Tripaldi, C., De Rosa, G., Grasso, F., Terzano, G. M., & Napolitano, F. (2004). Housing system and welfare of buffalo (*Bubalus bubalis*) cows. *Animal Science*, 78, 477–483.
- Turner, P. V. (2019). Moving beyond the absence of pain and distress: Focusing on positive animal welfare. *ILAR Journal*, 60(3), 366–372. <https://doi.org/10.1093/ilar/ilaa017>
- Valníčková, B., Stěhulová, I., Šárová, R., & Špinka, M. (2015). The effect of age at separation from the dam and presence of social companions on play behavior and weight gain in dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 98, 5545–5556.
- Val-Laillet, D., Guesdon, V., von Keyserlingk, M. A. G., de Passillé, A. M., & Rushen, J. (2009). Allogrooming in cattle: Relationships between social preferences, feeding displacements and social dominance. *Applied Animal Behaviour Science*, 116, 141–149.
- Vallortigara, G., & Rogers, L. J. (2005). Survival with an asymmetrical brain: Advantages and disadvantages of cerebral lateralization. *Behavioral and Brain Sciences*, 28(4), 575–589. <https://doi.org/10.1017/S0140525X05000105>
- Van de Weerd, H. A., & Day, J. E. L. (2009). A review of environmental enrichment for pigs housed in intensive housing systems. *Applied Animal Behaviour Science*, 116(1), 1–20.
- Van Ree, J. M., Gerrits, M. A. F. M., & Vandershuren, L. J. M. J. (1999). Opioids, reward and addiction: An encounter of biology, psychology and medicine. *Pharmacological Reviews*, 51, 341–396.
- Vicino, G., & Miller, L. J. (2015). From prevention of cruelty to optimizing welfare: Opportunities to thrive. In *Proceedings of the International Ethological Conference* (Cairns, Australia, 19 September 2015).
- Vries, A. (2017). Economic trade-offs between genetic improvement and longevity in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 100(5), 4184–4192. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11847>
- Waiblinger, S., Boivin, X., Pedersen, V., Tosi, M. V., Janczak, A. M., Visser, E. K., & Jones, R. B. (2006). Assessing the human–animal relationship in farmed species: A critical review. *Applied Animal Behaviour Science*, 101(3–4), 185–242.

- Wathan, J., & McComb, K. (2014). The eyes and ears are visual indicators of attention in domestic horses. *Current Biology*, 24(15), R677–R679.
- Webb, L. E., Veenhoven, R., Harfeld, J. L., et al. (2019). What is animal happiness? *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1438(1), 62–76.
- Webster, J., Main, D. C., & Whay, H. R. (2018). Welfare assessment: Indices from clinical observation. *Animal Welfare*, 27(1), 13–24.
- Wemelsfelder, F., Hunter, T. E. A., Mendl, M. T., & Lawrence, A. B. (2001). Assessing the “whole animal”: A free choice profiling approach. *Animal Behaviour*, 62(2), 209–220.
- Wemelsfelder, F. (2007). How animals communicate quality of life: The qualitative assessment of behaviour. *Animal Welfare*, 16(1), 25–31.
- Welfare Quality® Consortium. (2009). *Welfare Quality® assessment protocol for cattle*. Lelystad, Netherlands.
- Wilson, D. I. G., Laidlaw, A., Butler, E., Hoffmann, D., & Bowman, E. M. (2006). Development of a behavioural task measuring reward “wanting” and “liking” in rats. *Psychology and Behaviour*, 87, 154–161.
- Wood, M. T. (1977). Social grooming patterns in two herds of monozygotic twin dairy cows. *Animal Behaviour*, 25, 635–642.
- Yeates, J. W., & Main, D. C. J. (2008). Assessment of positive welfare: A review. *The Veterinary Journal*, 175(3), 293–300. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.05.009>

CHAPTER 9

POTENTIAL APPLICATION FIELDS OF MICROALGAE IN QUAIL NUTRITION

Assoc. Prof. Erinç GÜMÜŞ¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17391863>

¹ Aksaray University, Eskişehir Vocational School, Department of Veterinary, 6880, Eskişehir, Aksaray, Turkey erincgumus@aksaray.edu.tr ORCID ID 0000-0002-6839-8428

INTRODUCTION

In 2050, it is predicted that there will be 9.1 billion people on Earth, the demand for meat products and concerns regarding food security is expected to rise with increased population (Alshelmani et al., 2021; Fabris et al., 2020; Madeira et al., 2017). To feed the population, food production must quadruple by 2050, particularly in the case of meat and eggs. (Dineshbabu et al., 2019; Gatrell et al., 2014). The poultry industry could be an important and necessary protein source to feed the next generations, because of its affordability and sustainability (Chaves et al., 2021). In this context, animal feed production must also boost along with the increase in poultry production to meet the demand (Gatrell et al., 2014). Traditionally, corn and soybean are two main conventional feedstuffs in poultry nutrition, and they are also very essential for human diets and the biofuel industry which might potentially lead to issues with food security for people and food-feed competition (Chaves et al., 2021; Madeira et al., 2017). Besides, sustainable alternative sources for animal ingredients that are cost-effective and easy to produce would play a vital role in the future due to the devastating effects of land degradation, climate change crisis, and water deprivation in feed production (Fabris et al., 2020; Madeira et al., 2017).

Algae are a heterogeneous group of aquatic plants which are generally found in fresh and saltwater (Coudert et al., 2020). Generally, algae can be divided into two main types: Macroalgae (seaweeds) and microalgae (Thapa, 2020). There are about 10,000 species of seaweed in the world yet very few of them could have the potential as animal feed (Thapa, 2020). On the other hand, microalgae are single-cell microorganisms (Al-Rajhia et al., 2012). Similarly, only a few of the more than 30,000 microalgae species are produced for industrial purposes (Christaki et al., 2011). Both photosynthetic and heterotrophic microalgae can be produced in ventilated, aquatic settings with enough light, carbon dioxide, and other nutrients for growth (Dineshbabu et al., 2019). The most important phototrophic species of microalgae are *Arthrospira* (commercially known as *Spirulina*), *Chlorella*, *Dunaliella*, and *Haematococcus* (Madeira et al., 2017). Comparing microalgae farming to traditional agriculture, it is very recent and still developing (Amorim et al., 2021). Nevertheless, microalgae have some benefits such as higher photon conversion

efficiency, and enhanced biomass yield than conventional agricultural products (Dineshbabu et al., 2019). Commercial production of microalgae focuses mainly on biofuel production and animal feed manufacturing along with food and cosmetic sectors (Amorim et al., 2021; Chaves et al., 2021). Microalgae are also accepted to have a vital role in Earth's ecosystem by producing almost 60% percent of total oxygen, lowering greenhouse gases in the atmosphere, and assisting wastewater treatment (Acién Fernández et al., 2013; Chaves et al., 2021). For poultry nutrition, microalgae could be recognized as a promising ingredient in the diet not only for protein or energy source alternatives but also for growth promoters and improving meat and egg quality (El-Ghany, 2020). The poultry sector is one of the developing sectors in livestock production both in production and consumption (Kinyua, 2022). Even though chicken meat and egg production comprise most of the poultry production, the quails, chiefly, Japanese quails (*Coturnix coturnix Japonica*) have become very popular in the sector in recent years (Jeke et al., 2018). The quails have enormous potential as alternatives in poultry production due to suitability for both meat and egg production, low floor space and feed requirements, starting egg production at six weeks, high disease resistance, and low capital requirement (Anjalai et al., 2020; Gładkowski et al., 2014). Although it's smaller in size, quail eggs have 4-5 times more nutritional values than hen eggs (Tunsaringkarn et al., 2013). Compared to the commonly consumed hen egg and other chicken species maintained for their eggs, quail eggs have a higher quantity of crude fat, crude protein, mineral ash, vitamins, and antioxidants per gram (Jeke et al., 2018; Tunsaringkarn et al., 2013). Additionally, quail meat is rich in protein, vitamins, essential amino acids, phospholipids, and unsaturated fatty acids, yet very low in fat in which case, meat could be vital for human physical and mental development (Kinyua, 2022). In quail farming, high-quality feed, especially rich in protein, is necessary to compromise the rapid-growing metabolism of the quails and improve productivity (Kinyua, 2022; Saraiva et al., 2019). Considering these dynamics, alternative feedstuffs such as microalgae might become more essential for future poultry feeding, including the quails (Coudert et al., 2020).

This paper aims to make a short review of the nutritional values and production techniques of microalgae cultures. Moreover, in this analysis, it is

planned to determine the importance of microalgae for quail nutrition, in terms of its impact on performance, metabolism, and meat and egg quality traits.

1. NUTRITIONAL VALUES OF MICROALGAE

Microalgae may store a variety of bio compounds, including carbohydrates, proteins, pigments, vitamins, and antioxidants, that have the potential to be used to make food, green chemicals, and advanced biofuels (Amorim et al., 2021). Table 1 displays the nutritional and chemical makeup of the four major microalgae utilized in animal feeding. Alternative supplies of macronutrients such proteins, lipids, minerals, and amino acids have been investigated using microalgae (Coudert et al., 2020; Lu et al., 2020; Spolaore et al., 2006). The chemical composition of microalgae can show variety between the species (Coudert et al., 2020). Microalgae are mostly accepted as an important source of protein which is an integral element of the membrane and the enzymes involved in photosynthesis (Barkia et al., 2019; Christaki et al., 2011). *Spirulina's* protein concentration can range from 62 to 72 percent of its dry matter, while *Chlorella vulgaris* and *Nannochloropsis oceanica's* protein compositions can be as high as 67% and 34%, respectively. (Chaves et al., 2021). The nutritional quality of the microalgae protein highly depends on the amino acid profile and availability (Gatrell et al., 2014). The amino acid content of microalgae is also very rich and provides essential for human and animal nutrition (Barkia et al., 2019; Spolaore et al., 2006). Phenylalanine, lysine, arginine, threonine, tryptophan, histidine, methionine, leucine, isoleucine and valine are the most abundant amino acids in microalgae (Kalia and Lei, 2022). Microalgae can also contain high amounts of lipids (Dineshbabu et al., 2019).

Table 1. Chemical composition of some marine and freshwater microalgae (Reproduced, adapted and modified from Christaki et al., 2011; Coudert et al., 2020 and Tertychnaya et al., 2020).

Chemical composition	<i>Chlorella vulgaris</i>	<i>Spirulina platensis</i>	<i>Dunaliella salina</i>	<i>Ulva lactuca</i>
Crude Protein (%)	51-58	60	39-61	19
Lipids (%)	11-22	6	14-20	0.3
Carbohydrates (%)	12-17	34	14-18	80.7
Minerals (mg/kg)				
Na	134.6	189.7	35.4	351.7
K	4.99	132.6	432	209
Ca	59.3	88.3	210	180.7
Fe	25.9	10.3	4.5	34.5

The percentage of crude fat of microalgae could be variable between 1.5 to 9.3% (Gatrell et al., 2014). Microalgae species could possess a high level of Omega 6 (Arachidonic acid) and Omega 3 (docosahexaenoic acid, eicosapentaenoic acid) (Bishop and Zubeck, 2012; Boiago et al., 2019). Several forms of carbohydrates could be found in the form of starch, glucose, sugars, and other polysaccharides which can be found attached to protein and lipids in microalgae (Barkia et al., 2019; Spolaore et al., 2006). Some species of microalgae could synthesize starch in the form of amylopectin and amylose (Barkia et al., 2019). Microalgae are also abundant sources of vitamins, minerals, antioxidants, and colorants (Abouelezz, 2017; Alshelmani et al., 2021). Most of the microalgae species could produce vitamins including A (Retinol), B₁ (Thiamine), B₂ (Riboflavin), B₃ (Niacin), B₆ (Pyridoxine), B₉ (Folic acid), B₁₂ (Cobalamin), C (L-Ascorbic acid), D, E (Tocopherol) and Biotin; and contains many essential elements such as potassium, zinc, iodine, selenium, iron, manganese, copper, phosphorus, sodium, nitrogen, magnesium, cobalt, molybdenum, sulfur and calcium (Bishop and Zubeck, 2012).

2. MICROALGAE FARMING AND HARVESTING

Microalgae farming is an encouraging method to reduce the harmful effects of civilization by reducing emission rates and treating water for agriculture (Amorim et al., 2021). Fast growth rate, nutrient recovery efficiency, resistance to hazardous compounds in wastewater, ability to adjust to climatic change, chemical composition, and high lipid yield are some of the advantages microalgae offer over field crops (Lu et al., 2020). Microalgae farming could also be performed in areas that are not suitable for conventional farming (Amorim et al., 2021; Christaki et al., 2011). The earliest attempts at microalgae production were made in the latter half of the 20th century however, the use of microalgae as a raw material to produce advanced biofuels, as potential substitutes for fossil fuels, has generated an interest in microalgae production recently (Amorim et al., 2021; Lu et al., 2020).

For the growth of microalgae, a ventilated, liquid environment with sufficient light, carbon dioxide, and nutrients is needed (Dineshbabu et al., 2019). Although microalgae can achieve high biomass concentrations under eutrophication conditions, one of the greatest obstacles to the mass cultivation of algae is the creation of a cost-effective production system if concentrations are insufficient from a large-scale culture perspective. The current practice of microalgae cultivation is traditionally carried out in open pools and closed photobioreactor systems (Barkia et al., 2019; Lim et al., 2022). Open culture systems consist of artificial ponds and open raceway ponds. The open raceway ponds are accepted as the most economical method for vast microalgae biomass production and extensive wastewater treatment. Nonetheless, it has substantial drawbacks, such as a disproportionately large land area need per unit process capacity, low solar energy utilization efficiency, challenging algal biomass harvesting, and considerable weather/climate sensitivity (Lu et al., 2020). On the contrary, open pools are not sufficient to produce high-value algal products (Acién Fernández et al., 2013). The closed form photobioreactors provide better control of contamination and physiological chemical conditions and could be used in the cultivation of *Porphyridium*, *Phaeodactylum*, *Nannochloropsis*, *Chlorella*, *Haematococcus*, and *Tetraselmis*. However, these designs also have higher energy requirements, and capital and operation costs than traditional open pools (Acién Fernández et al., 2013; Fabris et al., 2020).

Practical accumulation methods for microalgae biomass should result in high biomass concentrations while requiring relatively low costs of operation, energy, and maintenance (Barros et al., 2015). The biomass harvesting process mostly depends on the species of microalgae or desired product accumulation and could be applied as individually (single-stage) or in combination (multi-stage) (Pahl et al., 2013). Multi-stage harvesting techniques usually consist of four stages; bulk harvesting, thickening, dewatering, and drying (Lu et al., 2020; Pahl et al., 2013). Microalgae cultures could be screened to increase biomass density before the thickening stage with micro strainers and vibrating screens (Barros et al., 2015). After the filtration, the thickening procedure is applied by either flotation, sedimentation, flocculation, or merging both flotation and sedimentation processes to increase the concentration of microalgal slurry to 2-7% (Pahl et al., 2013; Roy and Mohanty, 2019). Moreover, the dewatering step helps to decrease the water content of microalgae cake and increase the dry water rate by 15-25% (Barros et al., 2015). Lastly, a drying procedure is applied to create a solid by removing unbound and possibly bound water by various mechanical mechanisms including various types of filtrations and centrifugation which improve including various types of filtration and centrifugation and provide preservation against deterioration (Barros et al., 2015; Roy and Mohanty, 2019). The obtained biomass could be used in human and animal nutrition; or it could be processed to achieve some special extracts (Coudert et al., 2020; Madeira et al., 2017) (Figure 1).

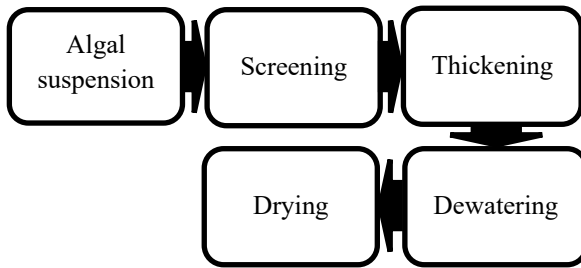


Figure 1. Diagram of microalgal harvesting (Barros et al., 2015).

Although the benefits were mentioned before, there are also several limitations to going into the mass production of microalgae. The main

drawback is the investment for the installations to produce microalgae requires high investment (Chaves et al., 2021; Dineshbabu et al., 2019). Moreover, implementing infrastructures such as photobioreactors for producing microalgae is extremely expensive, and cheaper structures such as open reservoirs produce fewer microalgae and could cause contamination risks and loss of water due to evaporation (Acién Fernández et al., 2013; Chaves et al., 2021). The third limitation is the inputs necessary for the cultivation of microalgae used in the feed industry. Establishing optimal temperatures, sunlight, water, and the minerals essential for cultivation lead to an increase in energy and technology costs of the industry (Amorim et al., 2021; Chaves et al., 2021). Finally, the biomass yield of microalgae is extremely low (1 to 5 g/L) which creates a lower production rate than desired (Chaves et al., 2021; Lim et al., 2022).

3. MICROALGAE IN POULTRY NUTRITION

Poultry meat is the second most produced meat, after pork, in the livestock industry. The poultry sector comprises mostly chicken; but also includes turkey, duck, and quail (Dineshbabu et al., 2019). In poultry nutrition, microalgae are accepted as a potential replacement for corn and soybean (Boiago et al., 2019). Contrary to many plant-based protein sources, most microalgae species contain essential amino acids which cannot be synthesized by animals including Lysine, methionine, tryptophan, threonine, valine, histidine, and isoleucine (Christaki et al., 2011). Therefore, feeding microalgae to poultry at low to moderate levels could enhance body weight gain and feed efficiency and could be used as an effective alternative for plant protein ingredients in poultry diets (Dineshbabu et al., 2019).

In intensive poultry production, performance has a negative correlation with disease resistance; and the birds become more susceptible to diseases as performance improves (Sevim, 2022). Along with performance improving effect, microalgal biomass in poultry nutrition could have some potential for supplying immunostimulant and disease-resistant features in addition to enhancing the meat and egg quality (Chaves et al., 2021; Dineshbabu et al., 2019). Microalgae are accepted as an important source of all important vitamins and minerals in poultry nutrition (Christaki et al., 2011). Therefore, *Spirulina*

platensis could be used to color egg yolk due to its high carotenoid content (Boiago et al., 2019). Several natural antioxidants have been isolated from microalgae which are essential to protect body cells against free radicals (Christaki et al., 2011). It was also described that the cholesterol content of hen eggs could be decreased by dietary *Spirulina* supplementation mainly due to its high antioxidant and omega-3polyunsaturated fatty acids (PUFA) contents which enriched the nutritional value of eggs by reducing cholesterol level (Canogullari Dogan et al., 2016).

4. QUAIL NUTRITION

Sources of protein are one of the main components of quail diets along with energy. 24% crude protein with an adequate amino acid balance is accepted as sufficient to meet the growing quail needs (Saraiva et al., 2019). Similarly, 20-24% crude protein is recommended for the quails in the laying period (Soares et al., 2003). Since the conventional protein sources used in quail nutrition, like soybean, could cause severe environmental deterioration; alternative protein resources such as microalgae could lead to higher sustainability and productive efficiency (Chaves et al., 2021). Apart from using an alternative for a protein source, researchers reported that microalgae could be practiced as a feed alternative to develop both meat and egg quality by enhancing fatty acid profile, promoting antioxidant capacity, reducing cholesterol content, and improving egg yolk color.

4.1. Growing Quails

4.1.1. Growing Performance

Microalgae have been used as a protein source in poultry feed since the early 1980s (Coudert et al., 2020). Since that time several studies have been conducted to report the effect of microalgae on growing quails' performance. It is specified that 5 g/kg *Spirulina platensis* in Japanese quails' diet caused higher body weight gain and feed intake, and improved feed conversion rate in 1 to 35 days of age (Hajati and Zaghari, 2019). A previous study also indicated that *Spirulina platensis* supplementation of up to 4% also improved body weight and body weight gain in growing quails (Ekizoğlu et al., 2020). Hajati et al. (2021) found that 35 mg/g in ovo *Spirulina platensis* injection in fertilized Japanese quail eggs improved body weight and feed conversion ratio at day 7.

In the same study, 25 and 35 mg/g in ovo *Spirulina platensis* have a positive impact on feed intake, yet FCR was decreased with microalgae supplementation. Moreover, Cheong et al. (2016) described that *Spirulina platensis* inclusion in Japanese quail diets improved body weight gain, feed intake, and feed conversion ratio measures in comparison to the control group. The advancement of performance in the growing quails because of microalgae supplementation could be in consequence of microalgae's positive effect on beneficial intestinal microbiota, absorption, and digestion processes in animals (Hajati et al., 2021). The positive effect of microalgae as a feed additive in the growing quails' diet could be related to promoting intestinal villi height and decelerating feed passage in the digestive system which improved nutrient digestibility in the intestines of the quails (Hajati and Zaghari, 2019).

4.1.2. Carcass Traits

Ekizoğlu et al. (2020) reported that *Spirulina platensis* supplementations did not significantly affect carcass traits in Japanese quails. Similarly, Abouelezz (2017) described no significant difference between Japanese quails in the control and the treatment groups which provided *Spirulina platensis* powder at 1% in the feed and 0.25% in the drinking water. Furthermore, another trial showed that the quails provided 2.5 and 5 g/kg *Spirulina platensis* in their diet improved carcass yield and breast meat ratio to live weight; however, 10 and 20 g diminished carcass yield compared to the control group (Hajati and Zaghari, 2019). This result could be related to the constructive effect of microalgae on muscle fibre thickness which also causes an improvement in total muscle mass in the quails' body (Amritha et al., 2017).

4.1.3. Meat Quality

The impact of dietary supplementation with microalgae on the quality of quail meat appears to have been thoroughly researched in the literature. Cheong et al. (2016) reported that *Spirulina platensis* inclusion in the Japanese quail diets showed better results than the control group in terms of meat shear force and meat color. A possible explanation for this, chemical structures in microalgae such as beta-carotene and zeaxanthin could accumulate pigmentation in meat (Cheong et al., 2016).

4.2. Laying Quails

4.2.1. Laying Performance

Microalgae could be used as protein or energy replacement in laying quails as well as egg quality promoters by increasing antioxidant capacity, yolk color, and altering fatty acid profile in eggs. The studies showed that microalgae supplementation in laying quails' diet could improve performance traits. Abouelezz (2017) stated that Japanese quails fed with *Spirulina platensis* supplemented had better final body weight, body weight gain, and feed conversion rate values than the birds in the control group, yet no divergence was found in terms of egg laying rate, egg mass, and daily egg mass traits. Another study conducted in laying quails demonstrated that *Spirulina platensis* also improved final body weight, however, the microalgae supplementation did not significantly differ in feed intake, feed conversion ratio, egg production, and egg weights (Canogullari Dogan et al., 2016). Moreover, Japanese quails fed with 5, 10, and 15% *Spirulina platensis* respectively showed no difference concerning egg production and egg mass (Boiago et al; 2019). Similarly, Hajati and Zaghari, (2019) demonstrated *Spirulina platensis* addition in Japanese quail diets did not affect egg production and average egg weights. A recent report on the impact of *Arthrospira platensis* on laying Japanese quails exposed to high temperatures revealed no performance difference was recorded between groups, statistically (Hajati et al., 2020). Santana et al. (2021) observed no effect of *Schizochytrium* sp. in terms of feed intake, and feed conversion rate in laying Japanese quails. Anjalai et al. (2020) showed that laying quail diets containing 5 levels of *Chlorella vulgaris* powder (0.0, 0.5, 1.0, 2.0, and 4.0%) did not show any effect on egg weights statistically. These results showed modest incorporations of microalgae in laying quail diets create no harmful effect on performance yet generally lead to positive effects in several aspects.

4.2.2. Egg Quality Characteristics

Studies using microalgae in laying quail diets have also produced positive outcomes, particularly in terms of egg quality (Chaves et al., 2021). Researchers declared that Japanese quail diets consisting of *Spirulina platensis* in different ratios increased the color intensity of the yolk along with the yolk index. In the same study, egg yolks from quails fed diets supplemented with microalgae had lower levels of saturated and polyunsaturated fatty acids and

greater levels of monounsaturated fatty acids. They also had a higher overall antioxidant capacity (Boiago et al., 2019). Canogullari Dogan et al. (2016) explained dietary *Spirulina platensis* as a feed additive in laying Japanese quail diets altered egg shape index, eggshell thickness, and haugh unit positively, yet no effect was observed in terms of egg shape index, eggshell thickness, and haugh unit. Furthermore, it was described that yolk cholesterol levels decreased by 19.65 and 18.93% in the 1.0 or 2.0% *Spirulina platensis* supplemented groups compared with control in the same study. On the other hand, another study managed in Japanese quails showed that %1 *Spirulina platensis* implementation in feed and 0.25% in drinking water did not alter yolk, albumin, shell rates to average egg weight, yolk color, yolk index, and haugh unit (Abouelezz, 2017). Hajati and Zaghari (2019) stated dietary *Spirulina platensis* supplementation in Japanese quails decreased shell thickness, albumen height, haugh unit, yolk height, and yolk cholesterol yet increased egg yolk color. In another study, 5 g/kg *Chlorella vulgaris* supplementation in laying quail diets could improve egg production, yet no effect was found of dietary *Chlorella vulgaris* on egg quality traits (Anjalai et al., 2020). A trial carried out in Japanese quails showed the inclusion of *Schizochytrium* sp. up to 40 g promoted yolk color, total omega 6, and total omega 3 levels in eggs, and no adverse effect was reported in terms of egg quality parameters (Santana et al., 2021). The results of the previous studies showed that microalgae supplementation in laying quails diet enriches egg quality by improving polyunsaturated fatty acid content, yolk color, and antioxidant capacity of the quail eggs.

4.2.3. Blood Parameters

Biochemical parameters in the blood are good indicators to monitor the general health of the animal (Sevim et al., 2020). It was reported the blood cholesterol content was affected negatively by the implementation of *Spirulina platensis* (Abouelezz, 2017). Supportively, Canogullari Dogan et al. (2016) found *Spirulina platensis* supplementation in quail diets elevated HDL content in blood serum which was considered beneficial to protect against atherosclerosis. The diminishing effect of *Spirulina* on cholesterol levels in the blood could be related to the inhibitory effect of microalgae on jejunal cholesterol absorption and bile acid reabsorption in the ileum (Canogullari

Dogan et al., 2016). *Spirulina platensis* also showed strong antioxidant properties in Japanese quails during heat stress (Hajati et al., 2020) and improved humoral immunity responses (Hajati and Zaghari, 2019). The nutritional compounds in microalgae such as carotenes, sulfated polysaccharides, vitamins, and minerals could cause antioxidant and immune stimulant effects (Hajati et al., 2020; Hajati & Zaghari, 2019).

5. CONCLUSION

As mentioned before, microalgae have the potential to be an important alternative to traditional plant-based feed ingredients in poultry nutrition; however, there are several obstacles to overcome in this process including high technological needs and production costs of microalgae and low biomass yield. Apparently, microalgae could be more beneficial for quail nutrition as feed additives instead of using protein and energy sources. Because of this reason, residues of microalgae biomass after protein and fat extraction could be used in poultry nutrition after microalgae after their widespread use in industry. Research has been carried out on microalgae supplementation in quail feeding showed that these marine plants could be used to boost performance and enhance meat and egg quality in the quails. More studies should be conducted to understand the effect of microalgae in quail meat quality and the bird's immune system.

REFERENCES

- Foad, K. (2017). Evaluation of spirulina algae (*Spirulina platensis*) as a feed supplement for japanese quail: Nutritional effects on growth performance, egg production, egg quality, blood metabolites, sperm-egg penetration and fertility. *Egyptian Poultry Science Journal*, 37(3), 707-719. <https://doi.org/10.21608/epsj.2017.7535>
- Acién, F. G., Molina, E., Reis, A., Torzillo, G., Zittelli, G. C., Sepúlveda, C. and Masojídek, J. (2017). Photobioreactors for the production of microalgae. *Microalgae-Based Biofuels and Bioproducts* (ss. 1-44). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101023-5.00001-7>
- Al-Rajhia, S., Raut, N., AL-Qasmi, F., Qasmi, M. and Al Saadi, A. (2012). Treatments of industrials wastewater by using microalgae. *International Conference on Environmental, Biomedical and Biotechnology. IPCBEE* 41: 217–221.
- Alshelmani, M., A. Abdalla, E., Kaka, U. and Abdul Basit, M. (2021). Nontraditional feedstuffs as an alternative in poultry feed. A. Kumar Patra (Ed.), *Advances in Poultry Nutrition Research*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.95946>
- Amorim, M. L., Soares, J., Coimbra, J. S. D. R., Leite, M. D. O., Albino, L. F. T. and Martins, M. A. (2021). Microalgae proteins: Production, separation, isolation, quantification, and application in food and feed. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(12), 1976-2002. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1768046>
- Amritha, N., Revathi, K., and Babu, M. (2017). A study on the effect of green microalgae (*Chlorella vulgaris*) on the histology of skeletal muscle fibres in Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*). *International Journal of Veterinary Sciences and Animal Husbandry*, 2(3), 1–3.
- Anjalai, K., Revathi, K., Vidhya, G. and Sundaravalli, K. (2020). Effect of dietary supplementation of *Chlorella vulgaris* (green microalgae) on egg quality characteristics of Japanese quail. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 24(1), 51–55.
- Barkia, I., Saari, N. and Manning, S. R. (2019). Microalgae for high-value products towards human health and nutrition. *Marine Drugs*, 17(5),

304. <https://doi.org/10.3390/md17050304>
- Barros, A. I., Gonçalves, A. L., Simões, M., & Pires, J. C. M. (2015). Harvesting techniques applied to microalgae: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 1489-1500. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.09.037>
- Bishop, W. M. and Zubeck, H. M. (2012). Evaluation of microalgae for use as nutraceuticals and nutritional supplements. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 02(05), 1-6.
- Boiago, M. M., Dilkin, J. D., Kolm, M. A., Barreta, M., Souza, C. F., Baldissera, M. D., Santos, I. D., Wagner, R., Tavernari, F. D. C., Silva, M. L. B., Zampar, A., Stivanin, T. E. and Da Silva, A. S. (2019). *spirulina platensis* in Japanese quail feeding alters fatty acid profiles and improves egg quality: Benefits to consumers. *Journal of Food Biochemistry*, 43(7). <https://doi.org/10.1111/jfbc.12860>
- Canogullari Dogan, S., Baylan, M., Erdogan, Z., Copur Akpınar, G., Kucukgul, A. and Duzguner, V. (2016). Performance, egg quality and serum parameters of Japanese quails fed diet supplemented with *Spirulina platensis*. *Fresenius Environmental Bulletin*, 25(12), 5857–5862.
- Chaves, A. A. M., Martins, C. F., Carvalho, D. F. P., Ribeiro, D. M., Lordelo, M., Freire, J. P. B. and De Almeida, A. M. (2021). A viewpoint on the use of microalgae as an alternative feedstuff in the context of pig and poultry feeding—A special emphasis on tropical regions. *Tropical Animal Health and Production*, 53(3), 396. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02800-5>
- Cheong, D. S. W., Kasim, A., Sazili, A. Q., Omar, H. and Teoh, J. Y. (2015). Effect of supplementing spirulina on live performance, carcass composition and meat quality of Japanese quail. *Walailak Journal of Science and Technology (WJST)*, 13(2), 77–84.
- Christaki, E., Florou-Paneri, P., and Bonos, E. 2011. Microalgae: A novel ingredient in nutrition. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 62(8): 794–799.
- Coudert, E., Baéza, E. and Berri, C. (2020). Use of algae in poultry production: A review. *World's Poultry Science Journal*, 76(4), 767-786. <https://doi.org/10.1080/00439339.2020.1830012>
- Dineshbabu, G., Goswami, G., Kumar, R., Sinha, A. and Das, D. (2019).

- Microalgae–nutritious, sustainable aqua- and animal feed source. *Journal of Functional Foods*, 62, 103545. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103545>
- Ekizoğlu, H., Ülger, İ., Kaliber, M. and Ayaşan, T. (2020). Effects of spirulina (algae) supplementation to Japanese quail (*Coturnix coturnix Japonica*) diets on growth performance and carcass traits. *Indian Journal of Animal Sciences*, 90(6), 923–927.
- El-Ghany, W. A. A. (2020). Microalgae in poultry field: A comprehensive perspectives. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 8(9), 888–897.
- Fabris, M., Abbriano, R. M., Pernice, M., Sutherland, D. L., Commault, A. S., Hall, C. C., Labeeuw, L., McCauley, J. I., Kuzhiuparambil, U., Ray, P., Kahlke, T., & Ralph, P. J. (2020). Emerging technologies in algal biotechnology: Toward the establishment of a sustainable, algae-based bioeconomy. *Frontiers in Plant Science*, 11, 279. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00279>
- Gatrell, S., Lum, K., Kim, J., & Lei, X. G. (2014). Potential of defatted microalgae from the biofuel industry as an ingredient to replace corn and soybean meal in swine and poultry diets. *Journal of Animal Science*, 92(4), 1306–1314. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-7250>
- Gładkowski, W., Kielbowicz, G., Chojnacka, A., Bobak, Ł., Spychaj, R., Dobrzański, Z., Trziszka, T., & Wawrzęczyk, C. (2014). The effect of feed supplementation with dietary sources of *n* -3 polyunsaturated fatty acids, flaxseed and algae *Schizochytrium* sp., on their incorporation into lipid fractions of Japanese quail eggs. *International Journal of Food Science & Technology*, 49(8), 1876–1885. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12497>
- Hajati, H. and Zaghari, M. (2019). Effects of *Spirulina platensis* on growth performance, carcass characteristics, egg traits and immunity response of Japanese Quails. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 9(2), 347–357.
- Hajati, H., Zaghari, M., Noori, O., Negarandeh, R., & De Oliveira, H. C. (2021). Effects of *in ovo* injection of microalgae on hatchability, antioxidant and immunity-related genes expression, and post-hatch performance in

- broilers and Japanese quails. *Italian Journal of Animal Science*, 20(1), 985-994. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2021.1910582>
- Hajati, H., Zaghari, M., & Oliveira, H. (2020). *Arthrospira (Spirulina) platensis* can be considered as a probiotic alternative to reduce heat stress in laying Japanese quails. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 22(1), eRBCA-2018-0977. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2018-0977>
- Jeke, A., Phiri, C., Chitindingu, K., & Taru, P. (2018). Ethnomedicinal use and pharmacological potential of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) birds' meat and eggs, and its potential implications on wild quail conservation in Zimbabwe: A review. *Cogent Food & Agriculture*, 4(1), 1507305. <https://doi.org/10.1080/23311932.2018.1507305>
- Kalia, S., & Lei, X. G. (2022). Dietary microalgae on poultry meat and eggs: Explained versus unexplained effects. *Current Opinion in Biotechnology*, 75, 102689. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2022.102689>
- Kinyua, D. M. 2022. Factors influencing quail farming: A critical literature review. *Journal of Animal Health*, 3(1), 38–53.
- Lim, H. R., Khoo, K. S., Chia, W. Y., Chew, K. W., Ho, S.-H., & Show, P. L. (2022). Smart microalgae farming with internet-of-things for sustainable agriculture. *Biotechnology Advances*, 57, 107931. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2022.107931>
- Lu, W., Asraful Alam, Md., Liu, S., Xu, J., & Parra Saldivar, R. (2020). Critical processes and variables in microalgae biomass production coupled with bioremediation of nutrients and CO₂ from livestock farms: A review. *Science of The Total Environment*, 716, 135247. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135247>
- Madeira, M. S., Cardoso, C., Lopes, P. A., Coelho, D., Afonso, C., Bandarra, N. M., & Prates, J. A. M. (2017). Microalgae as feed ingredients for livestock production and meat quality: A review. *Livestock Science*, 205, 111-121. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.09.020>
- Pahl, S. L., Lee, A. K., Kalaitzidis, T., Ashman, P. J., Sathe, S., & Lewis, D. M. (2013). Harvesting, thickening and dewatering microalgae biomass. İçinde M. A. Borowitzka & N. R. Moheimani (Ed.), *Algae for Biofuels and Energy* (ss. 165-185). Springer Netherlands.

- https://doi.org/10.1007/978-94-007-5479-9_10
- Roy, M., & Mohanty, K. (2019). A comprehensive review on microalgal harvesting strategies: Current status and future prospects. *Algal Research*, 44, 101683. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2019.101683>
- Santana, L. D. C., Mendonça, M. D. O., Silva, V. R. O., Castro, M. D. D. A., Costa, P. K. F., Moura, G. D. S., & Bertechini, A. G. (2021). Performance and egg quality of Japanese quail fed diets containing microalgae *Schizochytrium* sp. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 50, e20200161. <https://doi.org/10.37496/rbz5020200161>
- Saraiva, E. P., Da Silva, J. H. V., Costa, F. G. P., Dos Santos, N. R., Fonsêca, V. D. F. C., Dos Santos, S. G. C. G., Cavalcante, D. T., Magalhães, T. D. S., & Dos Santos, J. D. C. (2019). Effect of nutrition plane on meat quail kept in thermoneutral environment: Performance and carcass characteristics. *The Journal of Agricultural Science*, 157(9-10), 749-754. <https://doi.org/10.1017/S0021859620000167>
- Sevim, B. (2022). Effects of supplemental bee pollen on performance, meat quality, serum constituents and immunity system in growing quails. *South African Journal of Animal Science*, 51(6), 745–751.
- Sevim, B., Gümüş, E., Harman, H., Ayasan, T., Başer, E., Altay, Y. and Akbulut, K. (2020). Effects of dietary rosemary essential oil on growth performance, carcass traits and some hematological values of chukar partridge. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 8(2), 430-435. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v8i2.430-435.3121>
- Soares, R. D. T., Fonseca, J., Santos, A. D. O. D. and Mercandante, M. (2003). Protein requirement of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) during rearing and laying periods. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 5(2), 153-156. <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2003000200010>
- Spolaore, P., Joannis-Cassan, C., Duran, E. and Isambert, A. (2006). Commercial applications of microalgae. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 101(2), 87-96. <https://doi.org/10.1263/jbb.101.87>
- Tertychnaya, T. N., Manzhosov, V. I., Andrianov, E. A. and Yakovleva, S. F. (2020). New aspects of application of microalgae *Dunaliella Salina* in

the formula of enriched bread. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 422(1), 012021. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/422/1/012021>

Thapa, P. (2020). Application of micro algae in poultry nutrition; a review. *Journal of Agriculture and Natural Resources*, 3(2), 241-256. <https://doi.org/10.3126/janr.v3i2.32512>

Tunsaringkarn, T., Tungjaroenchai, W. and Siriwong, W. (2013). Nutrient benefits of quail (*Coturnix Coturnix Japonica*) eggs. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 3(5), 155–162.

CHAPTER 10

CARING AND FEEDING OF DAIRY COWS AND QUALITY MILK PRODUCTION

Prof. Dr. Turgut AYGÜN¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17391883>

¹Bingöl University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Animal Science and Animal Nutrition, Bingöl, Türkiye.E-mail: taygun@bingol.edu.tr; ORCID: 0000-0002-0694-6628

INTRODUCTION

One of the most important problems related to milk production is the low quality of the milk produced. Milk, which is a very important nutrient, cannot maintain its superior properties for various reasons. Sometimes, it can even cause health problems due to the combined effects of bad conditions. A good feeding management system should be applied to cows for maximum efficiency. For this, the feed must be balanced and homogeneous (Sherpa, 2019; Şenyüz et al., 2021).

Cattle breeding has an important place in the Türkiye economy. However, this situation is valid in numerical terms and it ranks quite low in terms of products obtained per unit. Cattle husbandry, which has an important place in animal breeding, one of the oldest production activities of humankind, is one of the oldest production activities of the countries.

As in various livestock production systems, modern production techniques must be used for profitable milk production in husbandry practices. Breeders should attach importance to the use of modern methods in order to get better milk yield from their animals and to reach a higher profit margin by obtaining more profitable milk (Sevinç, 1981).

The lactation season in dairy cattle breeding is an important period in cattle farms. There may be significant problems that may be encountered during this period. In order to overcome these problems, it is necessary to determine the factors that may cause problems for cows and calves during lactation period (Özgen, 1980).

From a health and technological perspective, a healthy calf should be understood as a calf that has high viability and can reach the age of productivity. A healthy calf can also be achieved with proper nutrition (Yeldan, 2010). There are two basic sources of income on dairy cattle enterprises. The first is the calf, and the second is milk. In order to initiate lactation, which is called the milk yield (secreting) period, cows need to give birth to a calf (Koçyiğit et. al., 2022).

Dairy cattle breeding, which has always had an important place in livestock breeding and the country's economy, has been characterized by the prominence of different production techniques to adapt to Türkiye's regional diversities.

In traditional communities, raising cattle with conventional production methods is not only a form of economy, but also a social and traditional sector, sometimes organized by following stereotyped processes. Recently, it has become important for the milk obtained from dairy cattle to be of high quality in terms of nutrients. Nowadays, animal breeders prefer cattle breeds that are superior in terms of milk yield. In this context, it has become necessary to give importance to modern breeding practices in order to obtain the highest yield from economically superior culture breeds.

STRUCTURAL FEATURES OF CATTLE HUSBANDRY IN TÜRKİYE

The enterprises in which cattle breeding is performed in Türkiye differ among regions and provinces, and counties in terms of structural characteristics. Survey studies were conducted to examine the current structural characteristics of cattle farms to provide important information about Türkiye's livestock production (Aydin et al., 2023).

Cattle are one of the most significant farm animals that produce animal-sourced foods such as milk and meat. The main purpose of cattle raising is to obtain the highest possible yield at the minimum cost. This can only be possible if the animals in the farm are fed adequately and have the high genetic capacity. Another requirement for profitable cattle farming is to provide appropriate environmental conditions in the barn. The terms of environmental conditions cover all factors affecting the growth, development and yield of animals. These ones can be classified as climatic, structural, social and other factors. In barns, temperature, relative humidity, air movements, and lighting are climatic factors, and ventilation, insulation status of the barn, and equipment are called structural factors. While animal density, water supply and feeding practices are social factors and odor, atmospheric pressure, dust, presence of pathogenic microorganisms is considered as other factors (Avcı, 2015; Yanar et al., 2022).

Production planning in dairy cattle farms; It is the effective use of optimum inputs and operating capacity while determining which production level the farm will achieve optimum profit according to opportunities and targets in a certain period. For successful animal production, dairy farms can focus on increasing milk per animal unit rather than increasing the number of

animals and milk. In general, a single herd size will not be economical under all conditions everywhere. According to Göncü and Görgülü (2011), considering intensive operating conditions and cost factors, at least 80 milking capacity should be the starting point, and 176 head milking capacity should be taken into account as the average economic herd size (Ermetin and Can, 2023).

In the studies conducted to determine the current situation of cattle farms and related problems in Türkiye, it was demonstrated that the breeders were old, their level of education and knowledge about animal husbandry were low, their forage production was insufficient to meet the roughage needs of the animals in the enterprises. Furthermore, it was also revealed that the farmers were unconscious about care, feeding and housing of the animals. They did not pay attention to the hygiene rules in milking and milk storage, and they were insufficient in organization and marketing (Şahin et al., 2001; Koyubenbe 2005; Boz, 2013; Aydın et al., 2023).

FEEDS USED FEEDING DAIRY COWS

In general, feeds are classified into one of the following categories:

- 1- Forages;
- 2- Concentrates (energy and protein feeds);
- 3- Minerals and vitamins (Wattiaux and Howard, 2025).

This classification is a general and useful way to group feeds. There are other factors to consider when classifying feeds. It's even more important to understand the feed's current composition, nutritional value, and relative value in a ration.

1- Forages

In general, forages are the vegetative parts of grasses or legume plants containing a high proportion of fiber (more than 30% neutral detergent fiber). They are required in the diet in a coarse physical form (particles with a length of more than 2.5 cm) to help rumen function.

Usually, forages are grown on the farm. They may be grazed directly or harvested and preserved as hay or silage. Depending on the cow's stage of lactation, they should contribute from almost 100% (for nonlactating cows) to

no less than 35% (for cows in early lactation) of the ration dry matter. The general characteristics of forages are as follows:

- **Bulky:** Bulkiness puts limits on how much a cow can eat. The energy intake and the milk production of a cow may be limited by too much forage in a ration. However, bulky feeds are essential to stimulate rumination and maintain the health of the cow.
- **High Fiber and Low Energy:** Forages may contain from 30 to 90% fiber (neutral detergent fiber). In general, the higher the fiber in a forage, the lower the energy content of the forage.
- **Variable in Protein:** Depending on the stage of maturity, legumes may contain 15 to 23% crude protein; grasses typically contain 8 to 18% crude protein (depending on the level of nitrogen fertilization), and crop residues may have only 3 to 4% crude protein (straw).

From a nutritional standpoint, forages may range from very good feeds (lush young grass, legumes at a vegetative stage of maturity) to very poor feeds (straw, browse).

Grasses and Legumes

High quality forage can make up two-thirds of the ration dry matter with cows eating 2.5 to 3% of their body weight as forage dry matter (for example, a cow of 600 kg, can eat 15 to 18 kg dry matter of good quality forage). Cows usually eat more legumes than grasses at similar stages of maturity. However, good quality forages fed in balanced diets will supply much of the protein and energy needed for milk production.

Soil and climate conditions usually determine the type of forage that is most commonly grown in a region. Both grasses (rye-grass, brome grass, bermuda grass, fescue, orchard grass) and legumes (alfalfa, clover, lespedeza, birdsfoot trefoil) are widely spread throughout the world. Grasses need nitrogen fertilizers and moisture conditions to grow well. However, legumes are more resistant to drought. Also, they can add as many as 200 kg of nitrogen/year/hectare in the soil because they live in association with bacteria that convert nitrogen of the air into nitrogen fertilizer.

The feeding value of forages is greatly influenced by the growth stage when harvested or grazed. Growth can be divided in three successive stages:

- 1) Vegetative stage;

- 2) Flowering stage;
- 3) Seed formation stage.

Usually, the feeding value of a forage is the highest during vegetative growth and the lowest during the seed formation stage. With advancing maturity, the concentration in protein, energy, calcium, phosphorus, and digestible dry matter in the plant decreases while the fiber concentration increases. As fiber increases, the lignin content within the fiber also increases. Lignin is indigestible and makes the carbohydrates in the fiber less available to ruminal microbes. As a result the energy value of the forage decreases.

Thus, when forages are grown with the purpose of feeding cattle they should be harvested or grazed at an early stage of maturity. Corn (maize) and sorghum harvested as silage are exceptions because, despite the decrease in nutritive value of the vegetative parts of the plants (stem and leaves) during seed formation, a large amount of highly digestible starch accumulates in the grains.

The maximum yield of digestible dry matter of a forage crop is obtained:

- At the late boot to early head stage of maturity for grasses;
- At the mid-to-late bud stage of maturity for legumes;
- Before the grains are fully dented for corn and sorghum.

There is little that can be done to prevent the loss of nutritive value of a forage with advanced maturity. For each day of delayed harvest after the optimum stage of maturity, the potential milk production of cows eating the forage will be penalized. However, various strategies can be used to maintain the availability of forage that has good nutritive value:

- 1) Develop a grazing strategy that matches the number of animals in a pasture with the rate of growth of the grass;
- 2) Plant a mixture of grasses and legumes that have different rates of growth and maturity throughout the season;
- 3) Harvest at an early stage of maturity and preserve as either hay or silage;
- 4) Feed lower quality forage to the dry cows or the cows in late lactation and the good quality forage to the cows in early lactation (Wattiaux and Howard, 2025).

2- Concentrates

There is no good definition for the word concentrate. However, they may be described by their characteristics as feeds and their effect on rumen function. Usually, concentrates have the following characteristics:

- They are low in fiber and high in energy.
- They can be either low or high in protein. Cereal grains contain <12% crude protein, but oilseed meals (soybean, cotton, peanut), referred to as protein feeds, can contain > 50% crude protein.
- They have a high palatability and are usually eaten rapidly. As opposed to forage, concentrates are feed that usually have a low volume per unit of weight (high specific gravity).
- As opposed to forages, they do not stimulate rumination.
- They usually ferment faster than forages in the rumen and they increase the acidity (reduce the pH) of ruminal contents which may impede normal fiber fermentation.
- When they comprise more than 60 to 70% of a ration, they may cause health problems.

Dairy cows with high genetic potential for milk production also have high requirements for energy and protein. Given that cows can eat only a certain amount per day, forage alone cannot supply the required amount of energy and protein. Generally, the purpose of adding concentrates to the ration of dairy cattle is to provide a concentrated source of energy or protein to supplement the forage and meet the animal requirements. Thus, concentrates are important feeds that allow for formulating diets that will maximize milk production. In general, the maximum amount of concentrates a cow can receive per day should not exceed 12 to 14 kg (Wattiaux and Howard, 2025).

3- Minerals And Vitamins

Minerals and vitamins are of great importance in nutrition. For example, milk fever in early lactation is due to an imbalance in calcium metabolism, and phosphorus is essential for high herd fertility. Deficiencies may result in large economic losses. In lactating dairy cows, the macro-minerals of concern are sodium chloride (NaCl), calcium (Ca), phosphorus (P), and sometimes potassium (K), magnesium (Mg) and sulfur (S). Also,

most micro minerals (e.g., iodine, selenium) are required to achieve optimal production and reproduction. The small amount of microminerals usually required in a dairy ration is often included as a premix in the concentrates or as fortified salt.

All feeds, except urea and fat, contain at least limited amounts of minerals. Because legumes contain more calcium than grasses, diets based on legumes will require less calcium supplementation. Molasses is rich in calcium and animal protein by-products containing bones are good sources of calcium and phosphorus. Salt (sodium chloride) is a mineral supplement that can be offered free-choice. A mineral mix containing calcium, phosphorus, or both (e.g., dicalcium phosphate) may be required depending on the ingredients in the ration. Green forages usually contain low levels of phosphorus relative to the cow's needs. Corn [maize] silage contains little calcium and phosphorus and both minerals are required in the mineral supplement mix. The amount of mineral mix required in the diet usually ranges from 0 to about 150 g/cow/day.

Vitamin A, D, and E are of concern, with vitamin A the most likely to be deficient in areas with long winters or long dry seasons. Rumen microbes synthesize B complex vitamins, vitamin C, and vitamin K, so these vitamins are not usually required in the diet (Wattiaux and Howard, 2025).

CARING AND NUTRITION OF DAIRY COWS

The nutritional needs of dairy cows vary depending on the state of lactation and pregnancy. During lactation, the change in the milk yield, feed consumption and live weight of the animal is different. The quality of the feed to be given to the animals affects the fat ratio in the milk. The content of raw cellulose dry matter should not fall below 18%. In cases where it descends, a decrease in milk fat will occur. During lactation, taking into account these changes, dairy cows should be fed during 4 different periods.

- 1-The first 70 days of lactation
- 2-70-140 days of lactation
- 3-140-305 days of lactation
- 4-Dry period

Feeding dairy cow at different stages of lactation

Under practical feeding condition it is not possible to select much among the roughages or vary the ingredient in concentrate mix. The farm manger should carefully plan a cropping programme to ensure year round supply of mixture of leguminous and non leguminous forages (Anonymous, 2025).

1-) The first 70 days of lactation:

This first period after calving, which is the beginning of lactation, is the most critical period. It is the period when the cow begins to give milk, when it is a fairly intense physical load. Milk yield increases rapidly and reaches its highest level after 4-6 weeks. Despite this, feed consumption is 12-14 weeks after 2.increases during the period. During this period, mixed feed or grain feed should be given by increasing 0.5-1 kg every day. It is necessary to feed silage by chopping, grain feeds by crushing or breaking. During this period, there should be no more than 65% grain feed in the total dry matter of the ration and the animal should be fed good quality roughage.

Table 1. One feeding schedule based on thump rule (Anonymous, 2025).

Stage of lactation	Quantity of green grass to be give (kg) for animal weighing			Concentrate (kg)
	250 kg	300 kg	350 kg	
Dry cow	25	30	35	For non-pregnant cows no concentrate is required. Pregnant cows should be fed additional quantity of 1.5 kg of concentrate from 7th month of gestation In case of dry cow, allowance up to 1 kg concentrate can be given if the condition of cow is poor or the fodder quality is inferior.
Milch cow	25	30	35	1.0 kg for every 2.5 kg of milk of average 4% fat percentage, in case of buffalo 1.0 kg for every 2.0 kg of milk produced.

2-) 70-140 days of lactation:

2 After calving, milk yield is high during this period, which is a period. Dane feed consumption can reach 2.5% of the live weight of a cow. Roughage consumption should be kept at the level of at least 1% of the live weight. Giving sugar beet pulp and molasses during this period increases the cow's consumption of mixed feed at a high level.

3-) 140-305 days of lactation:

This 3 after calving. during the period, cows have very few problems. At the same time, during this period when the cow is pregnant, milk yield continues to decrease and the animal's nutritional needs decrease. During this period, the consumption of grain and mixed feed should be reduced and should be at a level to meet milk yield. Cows that lose weight during the first period of lactation regain the weight they lost during this period.

4-) Dry period:

Even if the nutrient requirements are not high during this period, which is the period 45-60 days before the next lactation, it is still critical. Mistakes during this period badly affect the future lactation. During this period, cows need enough food both to meet the needs of the calf in the belly and to complete the missing body weight in the third period. The consumption of dry matter is about 2% of the live weight. 1% of this should be covered by roughage.

During this period, it is very important to maintain the balance of calcium and phosphorus and meet its needs. The CA/P ratio should be about 2/1. Giving vitamins A and D during this period increases the vitality of the calf and the vitamin level of the oral milk. It facilitates the excretion of puppy membranes after birth and prevents milk fever.

During lactation, which is the period immediately after birth, care should be taken to ensure regular and adequate nutrition of dairy cows. Feeds rich in sufficient protein should be given. Even on quality pastures, dairy cows need additional feeding during the prenatal and lactation periods. Care should be taken to feed dairy cattle during the lactation period. The feeding regime of dairy cattle during the lactation period has important effects on the high and continuity of milk production.

Total Mixed Rations (TMR) for Feeding Dairy Cattle

A total mixed rations diet (TMR) is one in which all dietary components are included in a single uniform mixture that is fed one or more times per day. There is nutritional advantage of approximately 8%–12% in feeding a TMR over component feeding due to facilitating rumen nitrogen and carbohydrate resources to optimize microbial growth in providing fiber and nonfiber ration components in uniform proportions. This minimizes fluctuations in rumen pH and promotes healthy rumen conditions, even at relatively high rates of energy intake (Van Saun, 2024).

Advantages of TMR feeding are critically dependent on proper diet preparation. There are a range of mixer wagons for TMR preparations that vary in their capabilities to incorporate dry forage adequately. Mixer wagons should be properly sized and not overfilled. Mixing time should be monitored and ingredient filling order followed according to manufacturer recommendations. Accurate weighing of each mixture component is requisite to successful TMR preparation. Several types of suitable mixers with self-contained weighing devices are available commercially.

Traditional confinement barns, such as tie-stall, comfort stall, or stanchion barns, typically use feeding systems in which concentrates are fed separately from forages. There are smaller mixer wagons that can be used in these barns. Advantages of the component-fed system relative to a total mixed ration system include a defined individual feeding space, lack of need for specialized mixing and feed delivery equipment, and ability to adjust individual cow diets by modifying concentrate feeding amounts. Disadvantages include a labor-intensive feeding process and the potential for large fluctuations in rumen pH, which may impair fiber digestion and contribute to poor rumen health. Rumen health issues are related to starch and other nonfiber carbohydrates being provided in a small number of meals per day, typically at milking time. Feeding order recommendations to feed some forage before any concentrate as a first meal in the morning and possibly provide more concentrate meals per day can help to mitigate the rumen health issues.

In addition to the potential for fluctuations in rumen pH, another challenge of component feeding systems is the inability to monitor forage intake. Generally, there is no direct need to weigh the amount of forage

offered if it is not being mixed with other diet components. Thus, there is no means to accurately adjust concentrate intake to match fluctuations in forage consumption. This becomes a problem in hot weather during which forage consumption may be reduced substantially while concentrate consumption is less affected. This leads to alterations in the intended proportions of fiber and nonfiber carbohydrates in the diets (Van Saun, 2024).

THE IMPORTANCE OF HYGIENE AND CONTROL OF DISEASES IN DAIRY COWS

Health protection measures are of great importance in maintaining safe production in dairy cattle husbandry. It is possible for the herd to continue its existence and to obtain healthy products within economic limits with healthy animals. The key to success in animal husbandry depends on normal and regular fertility. A high fertility can be achieved with a balanced diet.

According to the results of a study conducted in order to reveal the current situation of dairy cattle enterprises in terms of milking management practices in the central county of Ağrı province have been demonstrated that 25.2% of the enterprises did not make udder cleaning at milking time and in most of the farms (93.5%) milking of the cows was done by hand (Koçyiğit et. al., 2022).

Antibiotics, coccidiostatics, pharmaceutical substances, enhancers or other substances that enhance growth or production should not be used in animal nutrition during pregnancy for the purpose of accelerating growth.

The establishment of modern enterprises that can produce economically profitable products should be supported.

One of the activities to be carried out to protect against diseases and parasites is the cleaning and disinfection of the barn. Disease-causing factors breed on the floor of the pen that is contaminated with manure and urine. For this reason, if possible, urine should be drained through channels, the floor of the pen should be sloped and manure cleaning should be done frequently. If bedding is used, dirty bedding should be thrown out at the beginning and end of summer. The walls, floor and ceiling of the pen should be limed.

As a result, various difficulties are encountered in converting cow milk, which is milked in unhealthy environments during pregnancy, into a product in terms of hygiene. This situation directly concerns animal health as well as

human health. For this reason, the necessary hygiene measures must be taken carefully before and after milking.

A GENERAL EVALUATION OF CARING AND FEEDING FOR DAIRY COWS

Questions about the importance of fat in milk arose early throughout the world and soon led to studies highlighting the importance of dietary fats in milk synthesis. In previous years, early studies on composition of milk fat were slow, tedious, and often not quantitative.

When nutrient deficiency exceeds a certain level, not only production declines but also the health of animals may deteriorate. Therefore, as in other branches of animal production, the first and last important condition for abundant, regular and cheap production in dairy cattle breeding is adequate and balanced nutrition.

To ensure proper feed and good medical care, dairy farmers must work to ensure that their cows remain healthy and comfortable. To do this;

1. Keeping a cow's environment clean; choosing sand for cow bedding and ensuring that barns and equipment are clean.

2. Providing nutritious feed and water to cows; dairy farmers work closely with animal nutritionists and veterinarians to ensure that their cows are getting the nutritious feed they need.

3. Focusing on cow well-being and comfort; dairy farms keep their cows comfortable in a number of ways. These include using fans and foggers to keep cows cool in the summer months, using the right barns for the cows and the climate, and other fun additions to the barn, such as rotating brushes that cows can lean on. For farms in cold climates, cow care includes adding extra straw to the sheds to keep calves warm in the winter.

4. Monitoring and handling cows closely; workers must keep a close eye on each animal as they work around their cows every day. They know that certain signs, such as droopy ears, may indicate that a cow is not feeling well. If this is the case, they can take appropriate next steps to improve her condition.
5. Regularly monitor cow health; in addition to observing their cows daily, business owners and employees should also call their veterinarians every few weeks to perform health checks on the cows.

CONCLUSION AND SUGGESTIONS

One of the most important factors of profitability in animal husbandry within the cost of production is feed expense. While providing cheap quality coarse and coarse feed in animal husbandry, it is necessary to make a balanced feed on the one hand. Characteristics such as the animal's live weight, milk yield, milk fat ratio, lactation period and the animal's health status are important elements in determining the needs of animals.

Feeding dairy cows and youngstock is one of the highest costs of milk production. Successful rationing involves achieving the best possible balance between a number of key nutritional, practical and financial factors.

A Total Mixed Ration (TMR) is a method of feeding dairy cows that involves blending various feed ingredients into a well-balanced and homogeneous mixture. It is kind of like the casseroles that we eat, a bunch of different foods combined together into one filling and nutritious meal. Large mechanical mixers are used to make sure all the different ingredients get mixed thoroughly.

Pregnant cow should be fed in sufficient amounts to maintain their health and meet their nutritional needs, and their entire diet should be appropriate to their age and species. No animal should be given food or liquid containing any substance that could cause unnecessary pain or injury, or should not be given food or liquid with the intention of causing them pain or injury.

All cows must have access to feed at intervals appropriate to their physiological needs. Additionally, all animals must have access to an appropriate water source and be able to meet their hydration needs through other means.

Feeding and watering equipment should be designed, constructed and located to minimize contamination of food and water and the harmful effects of competition between animals.

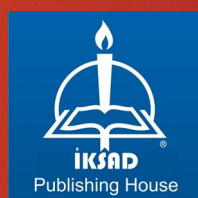
As a result, the feeding practice during the post-pregnancy and lactation period will be beneficial in ensuring that the quality feed needs of the animals are met, and will also increase the demand for animal husbandry as an economically profitable occupation, as it will increase the yield of animal products, especially meat and milk. In addition, when determining the amount of feed to be given to cattle during productive periods, the live weight of the

animals, the quality of the feed and the condition of the animal should be taken into consideration.

REFERENCES

- Anonymous, 2025. Feeding Management of Cattle and Buffalo. http://www.agritech.tnau.ac.in/expert_system/cattlebuffalo/Feeding%20management.html. (Erişim tarihi: 23.09.2025).
- Avcı, H. (2015). İstanbul İli Avrupa Yakasındaki Manda İşletmelerinin Yapısal ve Mekansal Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 69 s.
- Aydın, R., Diler, A., Özdemir, V.F., Yanar, M., Koçyiğit, R., Yılmaz, A. (2023). Barn and environmental characteristics of cattle enterprises in central county of Ağrı province. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg.*, 25(6): 1510-1522.
- Boz, İ. (2013). Doğu Akdeniz Bölgesi'nde süt sığırcılığı yapan işletmelerin yapısı, sorunları ve çözüm önerileri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 16(1): 24-32.
- Ermetin, O., Can, M.E. (2023). Determination of structural characteristics of large-scale dairy farms: Example of Yozgat province. *Black Sea Journal of Agriculture*, 6(5): 444-451.
- Göncü, S., Görgülü, M. (2011). Süt sığırı yetiştiriciliğinde kârlılık. *Türk Tarım Derg.*, 54: 47-51.
- Koçyiğit, R., Yanar, M., Aydın, R., Özdemir, V.F., Diler, A., Yılmaz, A. (2022). Structural characteristics of dairy cattle enterprises in central county of Ağrı province: Milking management practices. *J. Anim. Prod.*, 63(1): 1-6.
- Koyubenbe, N. (2005). İzmir İli Ödemiş İlçesinde süt sığırcılığının geliştirilmesi olanakları üzerine bir araştırma. *Hayvansal Üretim*, 46(1): 8-13.
- Özgen, H. (1980). Hayvan Besleme. *Ank.Üniv. Vet. Fak. Yay : 364. Ders Kitabı : 262: 1980; 333-335, Ankara.*
- Schingoethe, D.J. (2017). A 100-Year Review: Total mixed ration feeding of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100(12): 10143-10150.
- Sevinç, A. (1981). Türkiye'de Hayvansal Üretimin Yapısı, Potansiyeli, Geliştirme Olanakları ve Önlemleri. *Ankara Üniversitesi, Veteriner Fakültesi Yay. 367, Ankara, 85.*

- Sherpa, D.L. (2019) Demonstration of Total Mixed Ration (TMR) formulation for the dairy farmers of western Bhutan. Technical Report.
- Şahin, K., Gül, A., Koç, B., Dağıstan, E. (2001). Adana İlinde entansif süt sığırcılığı üretim ekonomisi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi 11(2): 19-28.
- Şenyüz, H.H., Ünay, E., Tunç, A.E., Coşkun, M.İ., Arköse, C.Ç., Şahin, O., Kaygusuz, E. (2021). TMR pilot study in dairy farms in Amasya Region: I- Determination of Ensiled TMR Stability. 2nd International Livestock Science Congress, 29-30 Oct 2021, Antalya, Türkiye, pp: 44-50.
- Van Saun, R.J. (2024). Feeding and Nutritional Management of Dairy Cattle. Pennsylvania State University, https://www.msdsvetmanual.com/management-and-nutrition/nutrition-dairy-cattle/feeding-and-nutritional-management-of-dairy-cattle#Total-Mixed-Rations_v4639822.
- Wattiaux, M.A., Howard, W.T. (2025). Feeds For Dairy Cows. Babcock Institute for International Dairy Research and Development. https://nydairyadmin.cce.cornell.edu/uploads/doc_97.pdf.
- Yanar, M., Diler, A., Aydın, R., Koçyiğit, R., Özdemir, V.F., Tosun, M. (2022). Study on Structural Characteristics of the Cattle Barns in İspir County of Erzurum Province. KSÜ Tarım ve Doğa Derg., 25(Ek Sayı 2): 566-576.
- Yeldan, M. (2010). Yemler ve Hayvan Besleme. Ankara Üniv. Yay. No: 923, Ders Kitabı: 261, Ankara.



ISBN: 978-625-378-347-1