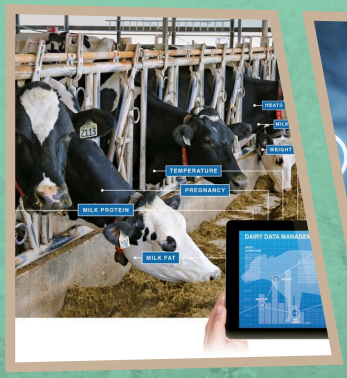
YENİ NESİL HAYVANCILIK: İLERİ TEKNOLOJİLER VE STRATEJİLER

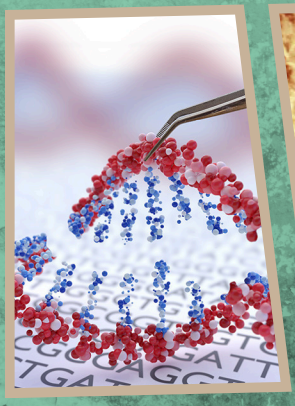
















EDİTÖRLER

DR. ÖĞR. ÜYESİ HİLAL TOZLU ÇELİK

DR. ÖĞR. ÜYESİ FATİH AHMET ASLAN

İKSAD Publishing House

YENİ NESİL HAYVANCILIK: İLERİ TEKNOLOJİLER VE STRATEJİLER

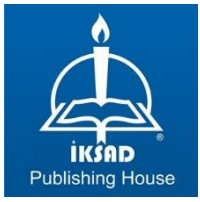
EDİTÖRLER

Dr. Öğr. Üyesi Hilal TOZLU ÇELİK
Dr. Öğr. Üyesi Fatih Ahmet ASLAN

YAZARLAR

Prof. Dr. Memiş ÖZDEMİR
Doç. Dr. Aykut BURĞUT
Doç. Dr. Ertuğrul KUL
Doç. Dr. Hilal ÜRÜŞAN
Doç. Dr. İsa COŞKUN
Doç. Dr. Mehmet Akif BOZ
Dr. Öğr. Üyesi Fatih Ahmet ASLAN
Dr. Öğr. Üyesi Hacer TÜFEKCİ
Dr. Öğr. Üyesi Hilal TOZLU ÇELİK
Dr. Hulüsi Ozan TAŞKESEN
Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin ÇAYAN
Dr. Öğr. Üyesi Kalbiye KONANÇ
Dr. Öğr. Üyesi Serkan GÜNEY
Arş. Gör. Kübra EKİNCİ
Dr. Halit YÜCEL
Öğr. Gör. Zafer TABUR
Ziraat Yük. Müh. Ayla Sevim SATILMIŞ

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14238859



Copyright © 2024 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 – 2024©

ISBN: 978-625-367-945-3
Cover Design: Hacer TÜFEKCİ
December / 2024
Ankara / Türkiye
Size = 16 x 24 cm

İÇİNDEKİLER

EDİTÖRLERDEN ÖNSÖZ..... 1

BÖLÜM 1
AKILLI HAYVANCILIKTA YAPAY ZEKÂ TEKNOLOJİLERİ
Ziraat Yük. Müh. Ayla Sevim SATILMIŞ
Doç. Dr. Ertuğrul KUL……..... 3

BÖLÜM 2
KÜÇÜKBAŞ HAYVANLARDA SÜRÜ YÖNETİM UYGULAMALARI VE YENİ TEKNOLOJİLER
Dr. Öğr. Üyesi Hacer TÜFEKCİ
Dr. Öğr. Üyesi Hilal TOZLU ÇELİK..... 31

BÖLÜM 3
KOYUN YETİŞTİRİCİLİĞİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİR ÜREME STRATEJİLERİ
Dr. Öğr. Üyesi Fatih Ahmet ASLAN..... 55

BÖLÜM 4
RUMEN MİKROBİYAL ENZİMLERİ VE YAPAY ZEKÂ
Dr. Halit YÜCEL..... 81

BÖLÜM 5
GEN SUSTURMA TEKNİKLERİ VE ÇİFTLİK HAYVANLARINDA KULLANIMI
Arş. Gör. Kübra EKİNCİ
Prof. Dr. Memiş ÖZDEMİR……..... 99

BÖLÜM 6
KAZ VE ÖRDEK YETİŞTİRİCİLİĞİNDE TEKNOLOJİ KULLANIMI
Doç. Dr. Mehmet Akif BOZ..... 123

BÖLÜM 7
KÜMES HAYVANLARINDA ALTERNATİF YEM KAYNAKLARI
Doç. Dr. Hilal ÜRÜŞAN……..…… 135

BÖLÜM 8
İN OVO BESLEMEDE YENİ YAKLAŞIMLAR, POLEN EKSTRAKTI ENJEKSİYONUNUN ETLİK PİLİÇ CİVCİVLERİNİN KULUÇKA SONRASI AÇ KALMA SÜRELERİNE GÖRE DÖRT GÜNLÜK BÜYÜMELERİNE ETKİSİ
Doç. Dr. İsa COŞKUN
Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin ÇAYAN..... 159

BÖLÜM 9
KANATLILARDA IN-OVO ARI ÜRÜNLERİNİN, BAĞIŞIKLIK SİSTEMİNE VE BAĞIRSAK MİKROFLORASINA ETKİLERİ
Dr. Öğr. Üyesi Kalbiye KONANÇ..... 173

BÖLÜM 10
PELETLEME TEKNOLOJİSİ ve BROYLER BESLEME ÜZERİNE ETKİLERİ
Dr. Hulüsi Ozan TAŞKESEN..... 193

BÖLÜM 11
ARICILIKTA LAVANTA (*Lavandula L.)* 'NIN ÖNEMİ
Öğr. Gör. Zafer TABUR
Doç. Dr. Aykut BURĞUT……..…… 227

BÖLÜM 12
HAYVANCILIKTA SU KAYNAKLARI YÖNETİMİ: KALİTE, KITLIK VE TEKNOLOJİK ÇÖZÜMLER
Dr. Öğr. Üyesi Serkan GÜNEY…….…….. 241

Kasım / 2024

ÖNSÖZ

Hayvancılık sektörü, insanoğlunun doğayla olan uzun soluklu etkileşiminin bir yansıması olarak, ilk çağlardan bu yana yaşamın vazgeçilmez bir parçası olmuştur. Yiyecek üretiminde, ekonomik kalkınmada ve kırsal yaşamın sürdürülebilirliğinde büyük bir rol oynayan bu sektör, modern toplumların ihtiyaçlarına cevap verebilmek adına değişmekte ve her geçen gün yeni teknolojilerle gelişmektedir. Nüfus artışı, iklim değişiklikleri ve doğal kaynakların azalması gibi güncel küresel zorluklar, geleneksel hayvancılık yaklaşımlarının sınırlarını zorlayarak daha yenilikçi ve bilimsel temelli çözümler arayışını kaçınılmaz hale getirmiştir. Bu doğrultuda, hayvancılık sektörü için yenilikçi teknolojiler ve stratejiler, sürdürülebilir bir gelecek inşa etme yolunda kilit bir rol üstlenmektedir.

Bu kitap, "**Yeni Nesil Hayvancılık: İleri Teknolojiler ve Stratejiler"**, hayvancılığın bu dönüşüm sürecinde sektöre rehberlik etmeyi amaçlayan kapsamlı bir kaynak olarak hazırlanmıştır. Kitapta, genetik seleksiyon, biyoteknolojik üreme yöntemleri, akıllı tarım uygulamaları, nesnelerin interneti (IoT), büyük veri analitiği ve sürdürülebilir enerji çözümleri gibi modern teknolojilerin hayvancılığa entegrasyonu detaylı olarak ele alınmaktadır. Bu teknolojiler, daha az kaynakla daha fazla üretim yapmayı, hayvan refahını ön planda tutmayı ve çevresel etkiyi minimuma indirmeyi hedefleyen yenilikçi yaklaşımları beraberinde getirmektedir. Ayrıca, tarımsal kalkınma politikaları ve stratejik yönetim konuları da derinlemesine incelenerek, hayvancılık işletmelerinin verimliliğini ve rekabet gücünü artırmaya yönelik öneriler sunulmaktadır.

Bu eserin ortaya çıkışında, alanında uzman yazarlarımızın, akademisyenlerimizin ve saha profesyonellerimizin kıymetli katkıları büyük bir rol oynamıştır. Kitap boyunca sunulan her bölüm, hayvancılık sektöründe yaşanan dönüşümü bilimsel verilerle destekleyerek, teorik bilgi ile pratik deneyimleri bir araya getirmektedir. Ayrıca, sektör paydaşlarının karşı karşıya olduğu zorluklara yönelik somut çözümler sunarak, geleceğin tarım ve hayvancılık politikalarına dair önemli bir perspektif sunmaktadır.

Bu çalışmanın okuyuculara yol gösterici olması için titizlikle çalışan tüm yazar ve editör ekibimize, bu projeye olan destekleri ve katkıları için İKSAD Yayınları'na en içten teşekkürlerimizi sunarız. Kitabın, hayvancılık sektöründe kalıcı bir etki bırakmasını ve ülkemizde sürdürülebilir tarım ve hayvancılık alanında katkı sağlamasını ümit ediyoruz. Sektör profesyonellerine, akademisyenlere ve öğrencilere ilham kaynağı olacak bu eserin, aynı zamanda topluma daha bilinçli, verimli ve çevre dostu bir hayvancılık geleceği sunma amacımıza katkı sağlayacağına inanıyoruz.

Editörler

Dr. Öğr. Üyesi Hilal TOZLU ÇELİK

Dr. Öğr. Üyesi Fatih Ahmet ASLAN

BÖLÜM 1

AKILLI HAYVANCILIKTA YAPAY ZEKÂ TEKNOLOJİLERİ

Zir. Yük. Müh. | Ayla Sevim SATILMIŞ[1]

Doç. Dr. | Ertuğrul KUL[2]

[1] Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootekni Anabilim Dalı, Kırşehir, Türkiye. aylasevim71@gmail.com, Orcid ID: 0000-0003-2359-7551

[2] Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Kırşehir, Türkiye. ertugrul.kul@ahievran.edu.tr, Orcid ID: 0000-0003-4961-5607

1.GİRİŞ

Dünya üzerinde 2050 yılına kadar yaklaşık 9,7 milyar insan olacağı öngörülmektedir (Millington ve Cleland, 2017). Bu da tarım endüstrisi için beslenmesi gereken fazladan 2 milyar insan demektir. Bugün tarım sektörü, iklim değişikliği, gıda güvenliği, üretim sistemlerindeki dönüşümler ve kalite standartları gibi etkenler nedeniyle daha fazla üretim için teknolojiden daha etkin bir şekilde yararlanmak zorundadır (Rojas-Downing vd., 2017). Sadece ekim alanlarını genişletmek veya hayvan sayısını artırmak, öngörülen talepleri karşılamak için yeterli olmayabilir. Diğer bir ifadeyle, tarımsal üretimde yalnızca verimliliğin değil, aynı zamanda ürün kalitesinin de yükseltilmesi gerekmektedir (Melak vd., 2024).

Üretim faaliyetlerinin önemli bir kolu olan hayvancılık insanlığın varoluşundan beri süregelen önemli bir ekonomik uğraşı olmuştur. Öncelikle, gelecek otuz yıl içinde çeşitli et ve diğer hayvansal ürünlere olan talebin %70'in üzerinde artması beklenmektedir. Bu artışın temel nedeni, küresel nüfusun ve gelirin artmasıyla birlikte hayvansal ürün tüketiminin de artmasıdır. Bu durum, sınırlı arazi, su ve diğer doğal kaynaklarla daha fazla hayvansal üretim ihtiyacını doğurmaktadır (Neethirajan, 2022). Bu sebeple üreticiler, dünya nüfusunu beslemek ve küresel gıda krizini engellemek adına daha gelişmiş yöntemlere yönelmektedirler. Dengeli beslenme farkındalığının artmasıyla et, süt, yün, yumurta gibi hayvansal ürünler daha değerli hale gelmiş ve bu da hayvancılığı entansif üretime yöneltmiştir. Bu işletmeler, hayvan refahını ön planda tutarken modern teknoloji ve makine kullanımını sınırlı şekilde entegre etmektedir. On yıl önce çoğu üreticinin modern teknolojilere erişimi sınırlıyken, bugün bu hızla değişmektedir. Ayrıca, artan dünya nüfusu ile gıda üretimini artırmak için çiftlik hayvanlarının ıslahına duyulan ihtiyaç da büyümektedir (FAO, 2009).

Hayvanların izlenebilirliği, sağlık bilgileri ve performans kayıtları için teknolojinin tarıma entegre edilmesi zorunludur (Gebbers ve Adamchuk, 2010). Artık işletmelerde sürü yönetimi, tohumlama, sıcaklık stresi, gübre yönetimi, meme sağlığı, kızgınlık ve döl verimi takibi gibi işlemler dijital olarak yapılmaktadır. Elektronik tanımlama materyalleri, sensörler ve kameralar yardımıyla hayvanların geviş sayısı, hareketleri, ağırlıkları, doğum zamanları, yem tüketimi, vücut kondisyonu, süt verimi ve vücut ısısı gibi birçok parametre kaydedilmektedir. Ancak, çiftliklerin plansız büyümesi ve etkin izlenmemesi

üretkenliği olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle, sürdürülebilir tarım sistemlerine geçmek önemlidir. Günümüzde yapay zekânın etkisi, makineleşme ve elektriğin bir asır önce yarattığı dönüşümle kıyaslanabilir (Smith vd., 2006).

Yapay zekâ, büyükbaş hayvan yetiştiriciliğinde bireysel takibi sağlayarak, üretimi artırmak, çevresel etkileri azaltmak ve israfı en aza indirmek için kullanılır. Mevcut ve gelecekteki yetiştiricilik sistemlerinde verimliliği artıran bu teknoloji, yetiştiricilerin kaynakları sürdürülebilir bir şekilde kullanarak hayvanlardan daha fazla verim elde etmelerini, hastalıkları kontrol etmelerini, daha sağlıklı ürünler üretmelerini ve iş yükünü azaltmalarını sağlayan akıllı bir izleme sistemidir (Smith vd., 2006; Morota vd., 2018; Zuraw ve Aeffner, 2022). Yapay zekânın, yetiştiricilerin üretkenliği düşürmeden çeşitli problemlerin üstesinden gelmelerine yardımcı olmaktadır (Fuentes vd., 2022). Aynı zamanda işletmeler prosedürleri otomatikleştirebilecek, maliyetleri azaltabilecek ve artan yatırımlarla süt vb. ürünler aracılığıyla kaliteyi artırabilecektir (Laloë, 2019). Dronların kullanımıyla daha büyük ölçekli çalışmalar mümkün hale gelirken, görüntü analizi, tarım alanındaki araştırmanın önemli bir bileşeni haline gelmiştir. Bu nedenle, tarımsal ortamları daha geniş bir şekilde kapsayabilen dronların kullanılması ve görüntü analizi tekniklerinin benimsenmesi, tarım sektöründe daha fazla verimlilik ve sürdürülebilirlik sağlayabilir (Wolfert vd., 2017).

Yapay zekâ gibi ileri teknolojilerin hayvan yetiştiriciliğinde kullanımı, daha yüksek kazanç ve verimlilik sağlamayı mümkün kılmaktadır (Wolfert vd., 2017). Yetiştiriciler, kameralar, mikrofonlar, tarayıcılar ve sensörler gibi bileşenleri entegre ederek veri analizini, karar almayı ve anormallik tespitini kolaylaştıran uyumlu sistemler oluşturabilirler (Laloë, 2019; Morstatter, 2023). Yapay zekâ ile entegre akıllı hayvancılık, geleneksel yöntemlerin karmaşıklığını ve iklim değişikliklerinin hayvancılık verimliliği üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmayı amaçlar. Modern çiftliklerde yapay zekâ uygulamalarının avantajları, dezavantajları ve toplum üzerindeki etkileri iyi anlaşılmalıdır (Bello vd., 2022a). Bu çalışma, yapay zekânın tarihi, avantajları, sınırlılıkları ve hayvancılıkta potansiyel kullanımları üzerinde durmaktadır; ayrıca akıllı hayvancılık sistemleri, kullanılan veri türleri, makineler ve öğrenme teknikleri ile akıllı yetiştiriciliğin avantaj ve dezavantajları ele alınmıştır.

2. HAYVANCILIKTA YAPAY ZEKÂ KULLANIMI İLE AKILLI HAYVANCILIK TEKNOLOJİLERİ

2.1. Yapay Zekâya Genel Bakış

Yıllardır süren araştırmalara rağmen, yapay zekâ bilgisayar bilimlerinde en az anlaşılan alanlardan biri olarak kabul edilmektedir. Bunun nedeni, yapay zekânın akıl yürütebilen makinelerden masa oyunları oynayan algoritmalara kadar geniş bir yelpazeyi kapsamasıdır (Morstatter, 2023). Yapay zekâ, insan zekâsını taklit eden akıllı makineler oluşturma çabası olarak bilinir (Nilsson, 2009) ve akıllı asistanlardan sürücüsüz araçlara kadar pek çok sektörde kullanılmaktadır. Her duruma özel programlanmamış yanıtlar sunabilmesi, problem çözme, rasyonel davranış ve insan benzeri eylemleri gerçekleştirebilmesi önemlidir (Liu, 2021). Yapay zekâ, konuşma tanıma, görsel algılama ve karar verme gibi insan zekâsı gerektiren görevlerde başarılıdır ve özellikle çiftlik hayvanlarının yönetiminde de etkin bir araç olarak kullanılmaktadır (Bello vd., 2022a).

2.2. Akıllı Hayvancılık Sistemi Nedir?

Sanayi devrimi fiziksel gücü taklit edebilecek makinelerin geliştirilmesine odaklanmıştır. Sanayileşme sürecinde, topluma aktarılan ve belirli amaçlar doğrultusunda üretilen çeşitli makineler, uzun süreler boyunca insanların yerini alarak daha üstün performans sergilemişlerdir. Teknolojik ilerlemeler ve çeşitli yapay zekâ uygulamaları sayesinde, insanın düşünme ve çalışma süreçleri giderek yapay zekâ tekniklerine devredilmektedir. Yapay zekâ, insan beyninin duyuları algılayıp yorumlama ve önceki bilgilere dayanarak sonuç çıkarma işleyişine benzer şekilde çalışan makineler tasarlamayı amaçlar. Bu sayede bilgisayarlar ve robotlar gibi cihazlar, insan gibi akıl yürütebilir ve sorunları hızlıca çözebilir (Scerri vd., 2002). Dijital tarımda kullanılan yapay zekâ, hayvan çiftliklerinden tüketicilere kadar uzanan dijital veri ve sensör entegrasyonuyla akıllı hayvancılığı mümkün kılmaktadır (Carolan, 2020).

Akıllı hayvancılık, genellikle endüstriyel uygulamalar için önemli bir bilgi kaynağı olarak ya da araştırma süreçlerini ilerletmek amacıyla ilgili kişiler tarafından elde edilen verileri içerir. Geleneksel hayvancılık yöntemlerini anlık olarak değiştiren akıllı sistemler, verimli ve rekabetçi hayvancılığın gerçekleştirilmesinde modern teknolojilerin, özellikle makine öğrenimi

modellerinin kullanımını mümkün kılmıştır. Morfolojik ölçümler, fizyolojik ölçümler, fenolojik ölçümler ve diğer ilgili ölçümler gibi günlük hayvan ölçümleri için modern teknolojiler, büyük miktarda akıllı hayvancılık verisinin toplanmasını sağlamaktadır. Akıllı hayvancılık verileri, hayvanların kimliği, vücut durumu gibi bilgileri içerir ve bu veriler, ağırlık tahmini, topallık tespiti, davranış analizi, gıda tasarrufu ve enerji verimliliği gibi çeşitli uygulamalarda kullanılır. Bu veriler, net bir bilgi elde etmek amacıyla hayvan ölçümleri, morfolojik ölçümler, fizyolojik ölçümler ve mevcut veri havuzlarına dayanmaktadır. Akıllı hayvancılık, bu bilgilerin etkili bir şekilde analiz edilmesi ve kullanılması sayesinde hayvancılık sektöründe daha etkin ve sürdürülebilir uygulamaların geliştirilmesine katkıda bulunmaktadır (Bello vd., 2022a).

2.3. Akıllı Hayvancılık ile İlgili Veriler

Hayvan ölçülerinin elde edilebileceği üç farklı veri bunmaktadır. Bunlar; morfolojik veriler, fizyolojik veriler ve fenolojik verilerdir.

- *Morfolojik veriler*: Vücut ağırlığı, vücut uzunluğu, üreme.
- *Fiziksel veriler: Yem* yeme, su içme, geviş getirme, yürüme, dinlenme, kızgınlık gösterme.
- *Fenolojik veriler: Göç* ve üreme, yaşam döngüsü.

Bir hayvanın veriminin yüksek olabilmesi için vücut kondisyon puanı (VKP) ve canlı ağırlığı gibi verilerin bilinmesi önemlidir. VKP ve canlı ağırlığın tahmin edilmesi süt ve döl verimi için oldukça önemlidir. Örneğin, düşük VKP ve kilo kaybı refah eksikliğinin göstergesidir. Hayvan davranışları, zihinsel ve fiziksel durumları hakkında önemli bilgiler sağlar. Ancak hayvan davranışlarının izlenmesi zaman alıcı, yoğun emek isteyen ve subjektif gözlemlere dayanmaktadır (Eerdekens vd., 2021). Bu nedenle, özellikle hayvan sağlığı ve refahının izlenmesi için hayvan davranışına yönelik otomatik, ölçülebilir ve hassas bir ölçüm sisteminin geliştirilmesi hayati önem taşımaktadır. Bu tür sistemler, yetiştiricilerin hayvan davranış değişikliklerini sürekli ve uzaktan izlemelerine olanak tanıyarak iş yükünü ve maliyetleri azaltır ve sürü yönetimini kolaylaştırır (Astill vd., 2020).

Akıllı hayvan sistemleri, hayvan yetiştiriciliğindeki gelişme ve büyüme sürecine önemli katkı sağlamış, günlük işleri organize etme ve kolaylaştırmada etkili bir araç haline gelmiştir (Ezanno vd., 2021). Bu sistem algoritmalarının

ve uygulamalarının geliştirilmesi hayvancılıkla ilgili çalışmalarını daha etkin bir şekilde gerçekleştirmelerine olanak tanımıştır. Hayvan davranışının ve bakımının sürekli olarak iyileştirilmesi, hayvanların beslenme, büyüme ve gelişmelerini doğrudan etkileyerek verimliliği artırır. Ayrıca hayvanların stres düzeyini azaltmak ve genetik çevreyi iyileştirmek için kullanılan bir dizi teknik içerir. Makine öğrenimi algoritmaları, süt sığırlarında besin maddesi miktarını belirlemede ve besi hayvanları için ihtiyaç duyulan besin maddelerini tahmin etmede önemli bir rol oynar. Elektronik burunlar gibi düşük maliyetli teknolojiler, gıda endüstrisi, tıp ve çevresel izleme gibi çeşitli alanlarda uygulama bulmuştur. Yapay zekâ entegrasyonu, çiftliklerde istenmeyen kokuların ölçümü ve analizi gibi uygulamalarda etkili bir rol oynamakta temiz ortamlarının geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. Bununla birlikte, doğum öncesi davranışların izlenmesi, doğum saatlerinin önceden belirlenmesine ve hayvan refahının artmasına yardımcı olabilir. Makine öğrenimi algoritmaları, ortam sıcaklığının etkilerini inceleyerek süt verimi ve ısı stresini tahmin etmeye de yardımcı olur. Bu bilgiler, hayvancılık işletmeleri için önemli veriler sunarak hayvan refahını artırabilir ve stresle ilgili sorunları azaltabilir. Ayrıca, dron veya benzeri araçlar geniş coğrafi alanlarda hayvanları tanımlamak, saymak için fotoğraf çekmek amacıyla kullanılmaktadır. Bu sayede üreticiler, hayvanlar hakkında daha fazla bilgi edinebilmekte ve hareketlerini izleyebilmektedir (Mijwil vd., 2023).

Yapay zekâ tabanlı evrişimsel sinir ağlarını (CNN: Convolutional Neural Networks) algoritması, geniş alanlara yayılmış besi hayvanlarını tespit etmek ve tanımlamak için görüntüleri sınıflandırarak yüksek doğruluk, hassasiyet ve hızlı işleme yeteneği sağlamaktadır. Hayvanları tanımlama yöntemleri arasında boyalar, etiketler, kulak küpeleri, radyo frekans çipleri ve vücuda yerleştirilen sensörler bulunmaktadır. Bu tanımlama yöntemleri, hayvanların sağlığını etkilemeyecek şekilde uygulanabilir ve makine öğrenimi algoritmalarıyla desteklenerek hayvanın yaşı ve cinsiyeti ile acı, öfke veya açlık gibi olağandışı durumlarını belirleyebilir (Mijwil vd., 2023).

Yapay sinir ağları, inek hareketlerini belirlemede çevre sıcaklığı, lokomotor hareketler, progesteron salınımı ve kızgınlık değerlendirmesi gibi verileri kullanarak pratik bir rol oynamaktadır. Bu veriler sayesinde en aktif olan inekler ile süt üretiminde en az veya orta derecede aktif olan inekler, çiftlik içindeki hareket durumlarına göre belirlenebilmektedir. Ayrıca, YOLO

(Gerçek Zamanlı Nesne Algılama Yaklaşımı) algoritması yüzleri tespit etmek ve hayvanların saldırganlık, sakinlik gibi davranışlarını analiz ederek bunları gerçek zamanlı olarak belirleyebilmekte ve bu sayede hayvan refahına katkı sağlanmaktadır (Ezanno vd., 2021). Sonuç olarak, akıllı hayvancılık teknikleri, hayvancılık bir sektöründe verimliliği artırmak ve hayvan refahını iyileştirmek için önemli rol oynamaktadır (Bello vd., 2022a).

2.4. Akıllı Hayvancılıkta Yapay Zekâ Teknolojilerinin Kullanım Alanları

Yapay zekâ uygulamaları, hayvancılığı daha verimli hale getirebilir. Bu uygulamalarda genellikle gelişmiş tahmine dayalı analizler ve bilgisayarla görme teknolojileri kullanılır; bu da akıllı hayvancılık teriminin ortaya çıkmasına yol açmıştır (Bello vd., 2022a).

2.4.1. Hayvan tanımlaması

Geçmişte, yetiştiriciler hayvanlarının sağlık geçmişi, yaşı, üreme durumu, büyüme hızı ve beslenme alışkanlıkları gibi bilgileri manuel olarak kaydediyordu (FAO, 2010). Ancak yapay zekâ sayesinde bu verilerin işlenmesi ve analiz edilmesi daha kolay hale gelmiştir (Goyache vd., 2001; Holden, 2021). Yetiştiriciler, bilgisayarla görme teknolojisini kullanarak hayvanların tanımlanmasını otomatikleştirebilir. Bir hayvanın durumuna ve geçmişine ilişkin bilgilere ulaşmak için yalnızca kimlik numarasını taramak yeterlidir. Bu yöntem, epidemiyolojik riskleri azaltır ve zor koşullarda hayvan refahını artırmaya olanak tanır (Congdon vd., 2022).

2.4.2. Otomatik tartım sistemleri

Ağırlık ölçümü bireysel veya grup halinde gerçekleştirilebilir. Tartım işlemi sırasında hayvanlar sık sık stres yaşayarak kaçınmaya çalışabilir; bu durum hem onların refahını hem de verimliliğini olumsuz etkileyebilir (Katiyatiya vd., 2014). Bu nedenle, sürecin hızlı ve kolay hale getirilmesi önemlidir; bu da otomasyonla mümkün olacaktır. Hassas sensörler, hayvanların ağırlığını hızlı bir şekilde tespit edip sonuçları otomatik olarak veri tabanına kaydederek manuel ölçüm gereksinimini ortadan kaldırır. Sistem, bir hayvanın ağırlığı ile geçmişi arasındaki bağlantıyı belirleyerek tanımlama yapabilmektedir (Wang vd., 2022).

2.4.3. Hayvan refahının izlenmesi

Yapay zekâ, epidemiyolojik riskleri azaltmanın yanı sıra hayvan refahını önemli ölçüde artırma potansiyeline sahiptir (Congdon vd., 2022). Ses analizi, hayvan hareketleri, beslenme ve su alımı, radyo frekansı tanımlama ve diğer hassas hayvancılık teknolojileri kullanılarak hayvan sağlığı ve refahı yapay zekâ ile izlenebilir (Nilsson, 2009).

2.4.4. İçme ve beslenme alışkanlıklarının izlenmesi

Bilgisayarla görme teknolojisiyle donatılmış Nesnelerin İnterneti (IoT) cihazları, çiftlik hayvanlarının içme ve beslenme alışkanlıklarını kaydederek çiftçilere değerli bilgiler sunar (Rotaru, 2021). Yetiştiriciler, yapay zekâ sistemi tarafından işlenen verilerle olağandışı beslenme alışkanlıkları gösteren hayvanları tanımlayabilir ve bu durumun sağlık sorunlarının belirtisi olabileceğini belirleyebilirler. Ayrıca, topladıkları verileri belirli bir yem ile hayvanın ağırlığı ve sağlığı arasındaki ilişkiyi analiz etmek için kullanabilirler. Sonuç olarak, yapay zekâ, kalite kontrolünde önemli bir araç haline gelir (Holden, 2021). Hayvan sağlığı, gün boyunca hareket ve duruş gibi faktörlerle tahmin edilebilir (Isabelle ve Westerlund, 2022). Sorun olduğunda, bilgisayarla görme ve makine öğrenimi algoritmaları anormallikleri tespit edebilir, sınıflandırabilir ve olası sorunlar hakkında otomatik uyarılar sağlayabilir (Holden, 2021).

2.4.5. Dışkıların tanımlanması

Dışkı, hayvanların refahı hakkında önemli bilgiler sunar (Möstl ve Palme, 2002). Yetiştiriciler, anormal bir durumla karşılaştıklarında, manuel kontrol yerine bilgisayarla görme teknolojisi kullanarak denetimlerini otomatik hale getirebilir. Yapay zekâ sistemi, incelenen numunelere dayanarak kontaminasyon risklerini hızlı bir şekilde tespit edebilir ve çiftçilere önceden bilgi verebilir. Bu tür bir mekanizma, hastalıkların önlenmesine yönelik uygulamaların önemli bir parçasını oluşturur (Ezanno vd., 2021).

2.4.6. Sıcaklık stresinin takibi

Sıcaklık stresinin izlenmesi, yapay zekânın hayvan refahını artırma yollarından biridir (Ezanno vd., 2021). Çiftlik hayvanları, yoğun hayvan varlığı nedeniyle sıkça yüksek sıcaklıklarla karşılaşmakta ve bu durum onların fiziksel

ve zihinsel sağlıklarını olumsuz etkilemektedir (Möstl ve Palme, 2002). Sıcaklık stresini erken tespit etmek ve hayvanların sağlık durumunu değerlendirmek için sürü yönetimi ve kamera teknolojileri kullanılmaktadır (Endale, 2011). Yapay zekâ destekli sistemdeki sensörler, sıcaklık verilerini toplar, sıcaklık değişimlerine ilişkin öngörüler sağlar ve bu verileri belirli eylemler veya davranışlarla ilişkilendirir (Rotaru, 2021). Makine öğrenimi modeli, sıcaklık riskini artıran etmenleri tanır ve tehlikeli seviyelere ulaştığında anlık uyarılar gönderir. Yetiştiriciler, elde edilen verilerle bu alanda iyileştirmeler gerçekleştirebilir (Kumar ve Singh, 2017).

2.4.7. Besleme takibi

Hayvanların yeme ve içme alışkanlıkları, onların refah düzeyinin bir göstergesi olarak kullanılmaktadır. Verimliliği artırmak ve ürün kalitesini maksimize ederken maliyetleri minimize etmek için besleme programlarının izlenmesi amacıyla toplanan veriler değerlendirilebilir (Laloë, 2019). Geniş veri setleri dikkate alındığında, algoritmalar belirli besleme alışkanlıkları ile hayvanların arzu edilen davranışları veya kaliteleri arasındaki ilişkiyi ortaya koyabilir (Liu, 2021).

2.4.8. Üreme izleme ve tanımlama

Hayvan yetiştiricileri, yetiştirme programlarının optimizasyonu için tahmine dayalı analitik yöntemler kullanabilir. Yapay zekâ sistemi, dişi hayvanların kızgınlık döngülerini ve dönemlerini takip ederek tohumlama için en uygun zamanı belirlemeye yardımcı olabilir (Morstatter, 2023). Burada çevresel faktörlerin döllenme olasılığı üzerindeki etkisi önemlidir. Toplanan verilerle sistem, üreme için en uygun zamanı önermektedir (Morota vd., 2018).

2.4.9. Kızgınlık tespitinin takibi

Yapay zekâ teknolojilerindeki gelişmeler, yetiştiricilerin yanlış kızgınlık tespitine bağlı kayıpları önlemelerine olanak tanımaktadır. Gündüz süresince ineklerin boynuna takılan hareket sensörlü tasma, hayvanlar hakkında çeşitli verileri toplar (De Vries vd., 2023). Bu veriler, süt otomasyon sisteminin yapay zekâ bileşenleri tarafından işlenerek sıcaklık stresi, yemleme rutinlerindeki değişiklikler ve ineklerin kızgınlığı hakkında bilgi sağlar (Morstatter, 2023). Kızgınlık döngüsü sırasında, ineğin davranışını ve hareketini etkileyen özel

hormonlar salınmaktadır (Abeygunawardena ve Dematawewa, 2004). Yapay zekâ, ineklerin ovulasyonunu tahmin edebilir ve yakın zamanda elde edilen hareket verilerini daha önce depolanan verilerle karşılaştırarak uygun periyodu belirleyebilir (Khatkar vd., 2004; De Vries vd., 2023).

2.4.10. Robotik aşı sistemi

Süt çiftliklerinde hayvanlara genellikle birçok aşı ve ilaç uygulanması gerekmektedir (Courtin vd., 2008). Elle aşı uygulamak yüksek maliyet ve eğitimli iş gücü gerektirirken, modern süt çiftliklerinde robotik enjeksiyon sistemleri kullanılarak aşılar ve ilaçlar uygulanmaktadır (Ezanno vd., 2021). Robotik sistem, süt otomasyon sistemiyle entegre edilmiştir. Robotik enjeksiyon sistemi, ineğin kulağındaki küpeyi okuyarak sağlığı ve aşı geçmişi hakkında bilgi toplar. Eğer ineğin aşılanması gerekiyorsa, iğne doğru yöne yönlendirilir ve enjeksiyon mekanizması, ilacı ineğin boynuna iletmek için konumlandırılır (Neethirajan, 2022).

2.4.11. Yüz tanıma

Yüz tanıma teknolojisi, sadece insanlara değil, aynı zamanda çiftlik hayvanlarına da uygulanmaktadır. Akıllı sığır izleme sistemleri yaygınlaşmasına rağmen, fiziksel izleme cihazları hala kullanılmaktadır (Patel vd., 2022). Yüz tanıma teknolojisi, bu cihazların kurulumu ile ilgili zorlukları ortadan kaldırarak, minimum insan etkileşimi ile tüm sürünün izlenmesini kolaylaştırmaktadır (Holden, 2021).

2.4.12. Otomatik sağım sistemi

Otomatik sağım makineleri, ineklerin meme uçlarına ayrı sensör kapları yerleştirerek sağım işlemini gerçekleştirir (Holden, 2021). Bu makineler, meme uçlarını otomatik olarak temizleyip sterilize edebilir ve aynı zamanda sütün rengini ve kalitesini analiz edebilir (Nilsson, 2009). Eğer süt tüketime uygun değilse, farklı bir kabın içine yönlendirilir (Fuentes vd., 2022).

2.5. Damızlık Değer Tahmini

Karar ağaçları ve yapay sinir ağları gibi makine öğrenimi yöntemleri, tarımda giderek daha yaygın olarak kullanılmaktadır (McQueen vd., 1995). Bu teknikler, mastitisin saptanması (Kim ve Heald, 1999), kızgınlık durumunun

belirlenmesi (Pietersma vd., 2003) ve seçim nedenlerinin analizinde kullanılır. Ayrıca, karar ağaçları ve benzeri yöntemler laktasyon eğrilerinin incelenmesi, somatik hücre sayısı (SHS) verilerinin yorumlanması (Allore vd., 1995), üreme durumunun değerlendirilmesi ve süt verimi tahmini gibi alanlarda da etkili bir şekilde kullanılmaktadır (Nielen vd., 1995). Morfolojik değerlendirme yaparak damızlık seçiminde yapay zekâ kullanmak oldukça önemlidir (Goyache vd., 2001).

3. AKILLI HAYVANCILIKTA KULLANILAN YAPAY ZEKÂ UYGULAMALARI

Ana akım teknolojiler hedef kitle için çok popüler ve tanıdık teknolojiler olup doğru ve güvenilirdirler. Hayvan ölçümleri için birçok ana teknolojinin, onları diğerlerinden üstün kılan kendine özgü teknikleri vardır. Hayvancılık sektöründe, hayvanların izlenmesi ve tedavisi için bireysel hayvan tanımanın önemi vurgulanmaktadır. Yapılan ölçümler sadece hayvanların takibini değil, aynı zamanda beslenme ve su içme alışkanlıklarının tespitini de içermektedir (Bello vd., 2022b). Bu yönetim sürecinde modern makine öğrenimi modelleri kullanılarak hayvancılık alanında önemli ilerlemeler kaydedilmektedir. Teknolojik uygulamalar, hayvan çiftçiliğine yeni perspektifler kazandırarak araştırma farkındalığını artırmaktadır. Hayvanların biyometrik ve görsel yöntemlerle izlenmesi, onların kaliteli yaşam sürdürmelerine katkı sağlamaktadır. Ayrıca, canlı ağırlık tahmini ve vücut kondisyon değerlendirmesi modelleri, hayvan sağlığı ve performansının değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Sığır tanıma konusunda, görüntü tabanlı teknikler kullanılarak elde edilen veriler üzerine derin öğrenme modelleri uygulanmıştır (Bello vd., 2020a; Bello vd., 2020b; Bello vd., 2021a). Hayvancılıkta veri madenciliği tekniklerinin kullanılması, hayvan yetiştiricilerine, süt ve et üreticilerine daha verimli ve dayanıklı ırklar elde etme konusunda rehberlik etme potansiyeline sahiptir (Xu vd., 2020).

3.1. Makine öğrenimi (ML)

Makine öğrenimi (ML) modelleri insanların çok az müdahalesi veya hiç insan müdahalesi olmadan güvenilirliği, etkinliği ve hayvancılıktaki uygulamalarının çiftlik veri analizi için geniş çapta kabul görmesini sağlamıştır (Bello vd., 2022a). Bahsi geçen hayvancılık verilerinin analizi bu ML teknikleri

ile mümkün olmuştur. Hayvancılık verilerinin analizinde yaygın olarak kullanılan makine öğrenmesi tabanlı modeller, derin öğrenme modelleri gibi yapay sinir ağları tabanlı CNN modelleridir. Veri karmaşıklığının (büyük verinin) getirdiği zorlukların üstesinden gelmedeki etkinliklerinin yanı sıra, hayvanları tanımlama ve sınıflandırmada üstün performanslar için en sık kullanılan modellerdendir (Kamilaris vd., 2018).

3.2. Destek vektör makineleri (SVM'ler)

Destek vektör makinelerine (SVM: Support Vector Machines) dayalı analiz, sınıflandırma ve tahminler için kullanılan yaygın bir ML yöntemidir. Tespit problemlerinin bazıları sınıflandırma problemleri olarak değerlendirilirken diğerleri regresyon problemleri olarak değerlendirilir. Gerçek dünyadaki birçok problem doğrusal olmayan problemler olduğundan, doğrusal modeller regresyon problemlerini yeterince tanımlamak için kullanılamaz. Bu gibi durumlarda, doğrusal olmayan fonksiyonların kullanıldığı açıklamaya yalnızca doğrusal olmayan modeller uygundur. Çoğu zaman aşırı uyum, eğitim verilerine mükemmel şekilde uyma eğiliminde olan SVM'nin regresyon tekniği nedeniyle bir zorluk haline gelir ve bu nedenle test verilerindeki tahmin doğruluğu, eğitim verilerine göre çok daha kötü olur (Bello vd., 2022b). SVM'lerle ilgili dikkate değer bir zorluk da hayvancılık alanındaki uzmanlar tarafından daha yorumlanabilir tekniklerle karşılaştırıldığında SVM regresyonunun yorumlanmasının zorluğudur. Daha fazla araştırmacı sınıflandırma ve tahmin görevlerinde SVM'leri kullanmaktadır. SVM'ler, ASIFT (Affine SIFT) tanımlayıcı yapısını temel alan radyal temel işlev (RBF: Radial basis function) çekirdeklerini kullanarak tahminler oluşturmak için kullanılır. Sistem, bir derinlik modeli uydurarak hayvan bölgelerinin segmentasyonunu gerçekleştirir ve ardından tespit edilen alan üzerinde ASIFT tanımlayıcılarının çıkarılmasını gerçekleştirir. SVM'ler, ineğin kimliğinin tespitine yönelik özellikleri seçmek ve kullanmak için kullanılan tanımlayıcı-bireyselliğin tür çapında bir tahmincisini öğrenmek için kullanılır (Cheema ve Anand, 2017). Cheema ve Anand (2017), görüntülerdeki hayvanları daha etkili bir şekilde tespit etmek için daha hızlı bir bölgesel evrişimsel sinir ağı (R-CNN: Region Convolutional Neural Networks) nesne algılama çerçevesi önermiştir. Araştırmada hayvanın yan tarafındaki AlexNet'ten özellikler çıkarılmış ve hayvanın tanınması için doğrusal bir SVM

sınıflandırıcıyı eğitilmiştir. Nesne algılama çerçevelerini çeşitli kamera tuzağı kaplan görüntü veri kümeleri üzerinde test edip değerlendirilmiştir. Hu vd. (2020), derin parça özellikleri füzyonuna (DPFF: Deep Parts Feature Fusion) dayanan, önerilen temassız inek tanımlama yönteminde inek görüntülerinin sınıflandırılması için eğitimli bir destek vektör makineleri sınıflandırıcısı kullanmıştır. Yan görünüş görüntüsündeki inek nesnesinin çıkarılmasında YOLO yöntemini uygulamışlar ve ineğin baş, gövde ve bacak kısımlarının çıkarılması için çerçeve farklılaştırma ve segmentasyon yayılma analizi kullanarak parça segmentasyon algoritması kullanmışlardır. Ayrıca ineğin baş, gövde ve bacak kısımlarının derin özellikleri, üç bağımsız ince ayarlı AlexNet modeliyle çıkarılmış ve özelliklerin birleştirilmesi için ağırlıklı bir toplama stratejisi kullanılmıştır. DPFF modeli ineklerin tanımlanmasında %98,36 doğruluk elde etse de derin kenar özelliklerinin ve ince taneli sınıflandırma yönteminin bulunmaması nedeniyle doğrulama setinde altı örnek hatalı tahmin edilmiştir.

3.3. Nesnelerin interneti (IoT)

Nesnelerin interneti (IoT), her türlü nesnenin internet üzerinden diğer nesnelerle iletişim kurmasını sağlayan bir teknolojidir. Bu teknoloji, geniş bir uygulama yelpazesine sahiptir (Nilsson, 2009). Hayvancılık alanında, IoT uygulamaları bulunduğunuz sektöre göre değişiklik göstermektedir. Örneğin, süt üretiminde hayvanların yaşam süreleri uzun olduğundan (De Vries vd., 2023), radyo frekansı ile tanımlama (RFID) sisteminin dayanıklı olması gerekir. Besi çiftliklerinde ise daha kısa yaşam süreleri ve yüksek maliyetler nedeniyle farklı çözümlere ihtiyaç duyulmaktadır.

IoT, süt endüstrisi için devrim niteliğinde bir teknoloji olup, birçok cihazın ve sistemin bir araya gelerek veri toplamasını ve bilgi paylaşımını sağlar (Nilsson, 2009). Bu veriler, süt çiftliklerinin verimliliğini ve karlılığını artırmak amacıyla kullanılabilir. Örneğin, IoT otomatik sağım sistemlerinin çalışmasını kolaylaştırır ve hayvan sağlığı ile yem alımını izler. Çiftçiler, bu veriler sayesinde hayvan sağlık durumunu belirleyebilir ve yönetim stratejilerini buna göre ayarlayabilir. Ayrıca, günlük sürü performansı gibi raporlar oluşturarak daha bilinçli kararlar alabilirler. IoT, ayrıca sensörler ve izleme cihazları gibi diğer teknolojilerin entegrasyonunu da sağlar, bu sayede ahır ortamı izlenebilir ve hayvanlar için en uygun koşullar oluşturulabilir.

Bunun yanı sıra, IoT süt işletmelerini pazara bağlayarak çiftçilerin ürünlerini daha etkili bir şekilde pazarlamasına yardımcı olur. Tüm bu teknolojiler, süt endüstrisine üretkenliği, kârlılığı ve verimliliği artırma potansiyeli sunar. Yetiştiriciler, IoT'nin sağladığı verilerle bilinçli kararlar alarak sürü yönetiminin başarısını artırabilirler. IoT teknolojilerinin sürekli gelişimi, süt endüstrisinin verimlilik ve karlılıktan faydalanacağı anlamına gelmektedir (De Vries vd., 2023).

3.4. Derin öğrenme teknikleri

Birinci sınıf özellik çıkarımı ve görüntü temsili için teknik beceriye sahip olan derin öğrenme modelleri, inek görüntü segmentasyonu (Bello vd., 2021c), görüntüden sığır tespitinin yapılması (Bello vd., 2021b), mastitis tespiti (Xudong vd., 2020) ve otomatik sığır sayımı (Xu vd., 2020) gibi görevler için hayvancılığın farklı alanlarında daha fazla popülerlik kazanmaya devam etmiştir. Miao vd. (2019) yakın zamanda, 3,2 milyon kamera tuzağı görüntüsü içeren Snapshot Serengeti (Swanson vd., 2015) veri kümesini kullanarak 48 hayvan türünün sınıflandırılması için ResNet (He vd., 2016), AlexNet (Krizhevsky vd., 2012) ve VGGNet (Simonyan ve Zisserman, 2014) gibi çeşitli CNN tasarımlarını kullanarak %96 sınıflandırma doğruluğu elde etmişlerdir. Jingqiu vd. (2017), görüntü entropisine dayalı nesne tanıma için bir yöntem önermiş ve karmaşık bir arka plana karşı hareket halinde olan bir inek nesnesinin davranışını tanımlamayı amaçlamıştır. İnek tarafından sergilenen davranışsal ve karakteristik özelliklerin otomatik olarak yakalanması için minimum sınırlayıcı kutu ve kontur haritalama kullanmışlardır. Kullanılan yaklaşım, yetiştiriciler için zaman tasarrufu avantajına sahip olmasına ve %80'den az olmayan yüksek bir kızgınlık ve tırnak hastalığı tanıma oranı sağlamasına rağmen, inek davranışlarının zaman korelasyonu entegre edilememiştir.

Sunulan senaryolarda yöntemlerinin kabiliyetini göstermiş olsalar da daha hızlı hareket eden, daha büyük sürü ve yoğun hayvan toplulukları gibi karmaşık kurulumları dikkate almamışlardır. Kumar ve Singh (2017), ırkların otomatik olarak tanınması ve sınıflandırılması için düşük maliyetli bir kamera kullanarak yakalanan ağızlık noktası görüntü desen özelliklerine dayalı hibrit bir özellik çıkarma yaklaşımı önermiş, derin öğrenme tekniklerini kullanarak bireysel ineklerin analiz edilmesi ve tanımlanmasında görüntü işleme

teknolojilerinin kullanımını araştırmış ve incelemiştir. Çerçeveler arası farklılaştırma ve yatay histogram tabanlı yaklaşım, döner sağım odasına yerleştirilen ineğin vücudunu tespit etmek için kullanılmıştır. Önceden tanımlanmış mesafe değeri, derin evrişimli sinir ağının eğitimi için giriş verisi olarak kullanılan ineğin vücut bölgesinin kırpılması için kullanılır. Sistem, ineğin vücut bölgesinin otomatik olarak kırpılması için %86,8 ve ineğin desen tanımlaması için %97,01 doğruluk elde etmesine rağmen, ineklerin vücut bölgesinin otomatik olarak algılanması ve kırpılmasının doğruluğunun hala iyileştirilmesi gerekmektedir (Zin vd., 2018). Rivas vd. (2018), görüntülerdeki nesneleri tek tek tanımlamak amacıyla kameralı bir drone tarafından çekilen görüntülerde yer alan bilgileri analiz etmek için bir yöntem olarak CNN'leri kullanmıştır. Yaklaşımlarında, CNN'leri sadece inek tespiti için değil, aynı CNN eğitim sürecini takip ederek diğer nesne tespiti için de eğitmişlerdir.

Bilgilerin gerçek zamanlı analizi için platform tasarımını ve inek tespit performansını tanımlamış olsalar da, hayvan izleme yöntemlerinin ve renk, şekil ve boyut gibi tanımlayıcıların kullanımı dikkate alınmamıştır. Norouzzadeh vd. (2018) hayvanları tespit etmek, saymak ve tanımlamak için gerekli özellikleri otomatik olarak çıkarmak üzere derin öğrenmeden yararlanmayı ve yöntemlerini dünyanın en büyük vahşi hayvan veri kümesi olan SS veri kümesi üzerinde uygulamayı amaçlamışlardır. Zhao vd. (2019) süt sığırlarının bireysel olarak tanımlanması için bir bilgisayarla görme sistemi önermiştir. Sistem, hareket halindeki bir ineğin yandan görünümünü içeren videoları kullanarak, inek nesnesini ve vücut bölgesini bireysel kimlik bilgisi olarak tespit edip konumlandırabilmektedir. Kimliklerini belirlemek için bilinmeyen görüntüleri eşleştirmek ve karşılaştırmak için bir şablon veritabanı oluşturdular. Araştırma sonuçları, ineklerin vücut desenindeki özellik noktalarının SIFT (Scale-İnvariant Feature Transform) yöntemi kullanılarak doğru bir şekilde hesaplanabileceğini göstermiştir. Noktaları tespit etmek, çıkarmak ve eşleştirmek için FAST, SIFT ve FLANN (Fast Library for Approximate Nearest Neighbors) kullanıldığında tek adımlı tanımlamada %96,72 doğruluk elde edilmiştir. ORB (Oriented FAST and Rotated BRIEF) ve Brute Force yöntemleri birleştirildiğinde elde edilen tanımlama doğruluğunun %95,41'e düşmesine bakılmaksızın, bunların kombinasyonunda daha yüksek eşleştirme verimliliği bulunmaktadır. İki aşamalı bir eşleştirme yöntemi kullanıldığında, grubun doğru eşleşmeyi içerme olasılığında

%98,36'lık bir artış olmaktadır (Zhao vd., 2019). Liu vd. (2020), bir videoda inekler hakkında kaydedilen yapısal bilgileri tespit eden pratik bir sistem önermiştir. İnek yapısal modelini oluşturmak için, hem ineğin belirli vücut parçalarının konumlarını hem de kafadan gövdeye ve bacaklara kadar olan eklemler gibi genel uzamsal konumunu temsil etmek için temel özellikler kullanmışlardır. Ham görüntülerden temel özellikleri çıkarmak ve yapısal bir modele dönüştürmek üzere tek tek özellikleri seçmek için algılama sistemine iki evrişimli sinir ağı uygulanmıştır (Liu vd., 2020).

Xu vd. (2020), Mask R-CNN çerçevesini kullanarak, quadcopter görüş sistemiyle inek sayımını otomatik hale getirmiştir. Farklı ortamlar, özellikle meralar ve yemlikler gibi alanlarda yapılan çalışmalar, sistemin %94 ve %92 doğrulukla etkili bir performans sergilediğini göstermiştir. Ancak, inek sınıflandırması konusunda aynı başarıyı yakalayamamış olup bu da modelin sınırlamalarını ortaya koymaktadır. Öte yandan, Shao vd. (2020) insansız hava araçları (İHA) ile çekilen hava görüntülerini kullanarak inek tespiti ve sayımı için bir CNN tabanlı sistem geliştirmiştir. Bu sistem, İHA'nın sabit bir yükseklikten görüntü alması varsayımını dikkate alarak, nesne boyutunun tahmin edilmesini sağlamakta ve görüntülerin uygun çözünürlükte yeniden boyutlandırılmasıyla algılama performansını artırmaktadır. Ayrıca, görüntülerdeki tekrarları önlemek için bir 3D model kullanarak daha güvenilir sonuçlar elde etmeyi hedeflemişlerdir. Bu iki yaklaşım, farklı tekniklerin inek sayımındaki etkinliğini ve karşılaştıkları zorlukları göstermektedir. Araştırmada, 0,952'lik bir F ölçüsü ile optimum giriş çözünürlüğü kullanıldığında algılama performansında büyük bir gelişme göstermiş olsa da sistemleri hızlı hareket eden hayvanlara ve farklı boyutlardaki ineklere uygulandığında bir uçuştan ayrılan farklı uçuş bölümlerinin sonuçlarını birleştirmek kolay olmadığından algılama performansı düşmüştür.

4. YAPAY ZEKÂNIN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI

Yetiştiriciler, yapay zekâ teknolojisi sayesinde hayvanlarının refahını önemli ölçüde artırma imkânı bulmaktadır (Liu, 2021). Akıllı teknoloji ve modern yazılımlar, hayvanların yaşam koşullarını izlemeyi ve olası anormallikleri tespit etmeyi daha kolay hale getirmektedir (Fuentes vd., 2022). Sistem, hayvanların davranış durumlarını takip ederek belirli değişkenlerle

ilişkilendirip değerlendirmektedir. Bu sayede, yetiştiriciler üretkenliklerini artırırken yüksek kalite standartlarını koruyabilirler (Liu, 2021).

Aynı zamanda, yapay zekâ işletmelerin çevreye olumsuz etkilerini azaltabilir, şüpheli ve sürdürülemez uygulamaları ortadan kaldırabilir (Patel vd., 2022). Çiftçilere, kaynak kullanımını en aza indirme, beslenme uygulamalarını geliştirme ve karbon ayak izini azaltma gibi konularda destek sunarak verimliliği artırma olanağı sağlar (Neethirajan, 2022). Yapay zekâ, işletme kayıtlarına veri girişi yapmayı, faaliyetleri izlemeyi, ekonomik performansı analiz etmeyi, hayvan sağlığını iyileştirmeyi ve toprak verimliliğini artırmayı kolaylaştırır (Laloë, 2019). Genel olarak, yapay zekâ, verimliliği ve üretkenliği artırmanın yanı sıra insan hatası riskini de azaltan bir teknolojidir (Isabelle ve Westerlund, 2022). Yetiştiriciler, sensörler ve diğer donanımlar tarafından toplanan verilerden faydalanarak karar verme süreçlerini düzenlemek için yapay zekâyı kullanabilirler (Zuraw ve Aeffner, 2022).

Yapay zekâ, hayvan refahını artırmak için önemli avantajlar sunar. Öncelikle yapay zekâ, hayvan davranışlarının yanı sıra hastalıkların teşhisini mümkün kılar. Ayrıca, yapay zekâ sistemleri insan hatalarını en aza indirir ve hayvan bakımında önemli avantajlar sağlar. Ayrıca yapay zekâ, hayvan beslenmesinde ve sağlığında devrim yaratacak gelişmelerle, hayvana özel beslenme stratejileri formüle etmesi ve sağlık sorunlarını ortaya çıkmadan önce proaktif olarak ele alması açısından önemlidir. Bununla birlikte, farklı yapay zekâ yöntemlerinin uygulanmasının da belirli sınırlamaları bulunmaktadır. Örneğin, CNN'ler gibi bilgisayarla görme tabanlı yöntemler, hayvanları ve davranışlarını doğru bir şekilde tanıyabilir, ancak düşük ışıkta veya dağınık ortamlarda problem yaşatabilir. Sensör tabanlı yaklaşımlar davranışsal verileri sorunsuz bir şekilde toplar, ancak karmaşık hareketleri yorumlamakta zorlanabilir. Makine öğrenimi teknikleri, beslenme ve sağlık parametrelerini etkili bir şekilde analiz eder, ancak hayvan ihtiyaçlarının insan benzeri bir şekilde anlaşılmasından yoksundur. Bilgiye dayalı uzman sistemler hastalık teşhisini mümkün kılar, ancak önceden tanımlanmış kurallara dayanır ve sınırlı öğrenme yeteneklerine sahiptir. Genel olarak, farklı yapay zekâ yöntemlerinin bir kombinasyonu, bireysel sınırlamaların üstesinden gelmeye ve daha etkin çözümler sağlamaya yardımcı olabilir (Congdon vd., 2022).

Yapay zekâ sistemlerini geliştirmek ve eğitmek için büyük veri setine ihtiyaç duyulmaktadır. Bununla birlikte, bazı durumlarda, veri kullanılabilirliği

sınırlı veya elde edilmesi zor olabilir, bu da yapay zekâ uygulamalarının etkinliği açısından zorluklar ortaya çıkarır. Yapay zekâ, hayvanların fizyolojik göstergelerini etkili bir şekilde izleyebilse de duygularını ve davranışlarını anlama yeteneklerinin ötesinde kalır. Sonuç olarak, önemli refah ölçütlerini belirleyememe riski bulunmaktadır. Ayrıca, yapay zekâ teknolojisinin başarılı bir şekilde uygulanması sürekli eğitim ve bakım gerektirir ve bu sistemleri yönetmek ve kullanmak için ilgili bilgi ve becerilere sahip personele ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tür bilgi ve eğitimin yokluğu ise bu teknolojinin benimsenmesini engelleyebilir. Yapay zekâ sistemlerinin, özellikle büyük ölçekli işletmelerde uygulanması, başlangıçta kurulum masraflarına neden olabilir ve potansiyel olarak daha küçük işletmeler tarafından benimsenmesini engel teşkil edebilir (Parikh ve Helmchen, 2022). Ayrıca, hayvanların yapay zekâ aracılığıyla sürekli gözetimi etik tartışmaları beraberinde getirmektedir. Bu bakımdan hayvan refahının izlenmesi ve özel yaşam alanlarının korunması arasında bir denge kurulması hayati önem taşımaktadır (Cooke, 2021). Yapay zekânın IoT ile entegrasyonu, yemden habitata kadar tüm yönlerin sürekli izlenmesini ve geliştirilmesini kolaylaştırarak daha akıllı hayvan bakım tesislerini teşvik edebilir (Fuentes vd., 2021). IoT cihazlarından gelen gerçek zamanlı veriler, hayvanlara en uygun bakımı sağlamak için yapay zekâ algoritmaları tarafından analiz edilebilir (Gehlot vd., 2022).

5. SONUÇ

Yapay zekâ, karmaşık süreçleri yüksek doğruluk, hassasiyet ve hızlı işleme kapasitesiyle insan hatası riskini en aza indiren bir teknolojidir. Hayvansal üretimde hayvanların beslenme düzenlerini optimize etmek, süt verimi ve kalitesini arttırmak, döl verimini iyileştirmek, hayvanların izlenebilirliğini, hastalıkları ve genel sağlık durumlarını tespit etmek gibi geniş bir uygulama alanına sahiptir. Bu amaçla son yıllarda yapay zekâ teknolojisi hızlı ilerleme sağlamış ve birçok yapay zekâ teknolojisi geliştirilirmiştir. Bu teknolojiler, hayvancılık işletmelerinde verimliliği artırırken, hayvan refahını yükseltilmekte ve hastalıkların kontrolünde önemli katkı sağlamaktadır. Başta büyükbaş olmak üzere çiftlik hayvanlarının yönetimini kolaylaştırmak ve verimliliği artırmak amacıyla yapay zekâ teknolojisi önemli avantajlar sağlamaktadır. Ancak yapay zekâ teknolojileri üzerinde yapılan birçok çalışma bulunmasına karşın yapılan çalışma sayısı ise sınırlı düzeydedir. Bu amaçla

akıllı hayvancılık uygulamalarında yapay zekâ teknolojilerinden daha fazla faydalanmak amacıyla konu daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bakımdan yapay zekânın hayvancılıkta etkin uygulanabilmesi için bilgisayar ve yazılım mühendisleri ile Zooteknistler ve diğer birçok meslek grubu iş birliğinde multidisipliner çalışmalar artırılmalıdır.

KAYNAKÇA

Abeygunawardena, H., Dematawewa, C. M. B. (2004). Pre-pubertal and postpartum anestrus in tropical Zebu cattle. Animal Reproduction Science, 82: 373-387.

Allore, H. G., Jones, L. R., Merrill, W. G., Oltenacu, P. A. (1995). A decision support system for evaluating mastitis information. Journal of dairy science, 78(6): 1382-1398.

Astill, J., Dara, R. A., Fraser, E. D., Roberts, B., Sharif, S. (2020). Smart poultry management: Smart sensors, big data, and the internet of things. Computers and Electronics in Agriculture, 170: 105291.

Bello, R. W., Mohamed, A., Talib, A. (2022a). Smart animal husbandry: A review of its data, applications, techniques, challenges and opportunities. Applications, Techniques, Challenges and Opportunities (May 8, 2022).

Bello, R. W., Mohamed, A. S. A., Talib, A. Z. (2021b). Contour extraction of individual cattle from an image using enhanced mask R-CNN instance segmentation method. IEEE Access 9, 56984-57000.

Bello, R.W., Mohamed, A.S.A., Talib, A.Z. (2021c). Enhanced mask R-CNN for herd segmentation. International Journal of Agricultural and Biological Engineering 14: 238-244.

Bello, R. W., Talib, A. Z., Mohamed, A. S. A., Olubummo, D. A., Otobo, F. N. (2020a). Image-based individual cow recognition using body patterns. Intern. J. Adv. Comp. Sci. Appl. 11: 92-98.

Bello, R. W., Talib, A. Z. H., Mohamed, A. S. A. B. (2020b). Deep learning-based architectures for recognition of cow using cow nose image pattern. Gazi University Journal of Science 33: 831-844.

Bello, R. W., Talib, A. Z. H., Mohamed, A. S. A. B. (2021a). Deep belief network approach for recognition of cow using cow nose image pattern. Walailak Journal of Science and Technology, 18(5): 8984-14.

Bello, RW., Mohamed, A.S.A., Talib, A.Z. (2022b). Cow image segmentation using mask R-CNN integrated with grabcut. In: Proceedings of International Conference on Emerging Technologies and Intelligent Systems (ICETIS) 2021, Springer, Cham, Lecture Notes in Networks and Systems, 322: 23-32.

Carolan, M. (2020). Automated agrifood futures: Robotics, labor and the distributive politics of digital agriculture. The Journal of Peasant Studies, 47(1): 184-207.

Cheema, G.S., Anand, S. (2017). Automatic detection and recognition of individuals in patterned species. In: Joint European Conference on Machine Learning and Knowledge Discovery in Databases, Springer, Cham, pp. 27-38.

Congdon, J. V., Hosseini, M., Gading, E. F., Masousi, M., Franke, M., MacDonald, S. E. (2022). The future of artificial intelligence in monitoring animal identification, health, and behaviour. Animals, 12(13): 1711.

Cooke, S. (2021). The ethics of touch and the importance of nonhuman relationships in animal agriculture. Journal of Agricultural and Environmental Ethics, 34(2): 12.

Courtin, D., Berthier, D., Thevenon, S., Dayo, G. K., Garcia, A., Bucheton, B. (2008). Host genetics in African trypanosomiasis. Infection, Genetics and Evolution, 8(3): 229-238.

De Vries, A., Bliznyuk, N., Pinedo, P. (2023). Invited Review: Examples and opportunities for artificial intelligence (AI) in dairy farms. Applied Animal Science, 39(1): 14-22.

Eerdekens, A., Deruyck, M., Fontaine, J., Martens, L., De Poorter, E., Plets, D., Joseph, W. (2021). A framework for energy-efficient equine activity recognition with leg accelerometers. Computers and Electronics in Agriculture, 183: 106020.

Endale, K. (2011). Investment climate and manufacturing performance in Ethiopia. Ethiopian Journal of Business and Economics (The), 2(1): 1-35.

Ezanno, P., Picault, S., Beaunée, G., Bailly, X., Muñoz, F., Duboz, R., Guégan, J. F. (2021). Research perspectives on animal health in the era of artificial intelligence. Veterinary research, 52: 1-15.

FAO, (2010). Breeding strategies for sustainable management of animal genetic resources, 2010, FAO Animal Production and Health Guidelines, No. 3. Rome.

FAO, (2009). How to feed the world in 2050. In: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Fuentes, S., Gonzalez Viejo, C., Tongson, E., Lipovetzky, N., Dunshea, F. R. (2021). Biometric physiological responses from dairy cows measured by visible remote sensing are good predictors of milk productivity and quality through artificial intelligence. Sensors, 21(20): 6844.

Fuentes, S., Viejo, C. G., Tongson, E., Dunshea, F. R. (2022). The livestock farming digital transformation: implementation of new and emerging technologies using artificial intelligence. Animal Health Research Reviews, 23(1): 59-71.

Gebbers, R., Adamchuk, V. I. (2010). Precision agriculture and food security. Science, 327(5967): 128-129.

Gehlot, A., Malik, P. K., Singh, R., Akram, S. V., Alsuwian, T. (2022). Dairy 4.0: intelligent communication ecosystem for the cattle animal welfare with blockchain and IoT enabled technologies. Applied Sciences, 12(14): 7316.

Goyache, F., del Coz, J. J., Quevedo, J. D., López, S., Alonso, J., Ranilla, J., Bahamonde, A. (2001). Using artificial intelligence to design and implement a morphological assessment system in beef cattle. Animal Science, 73(1): 49-60.

He, K., Zhang, X., Ren, S., Sun, J. (2016). Deep residual learning for image recognition. In: Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Las Vegas, NV, USA, pp. 770-778.

Holden, S. (2021). Artificial Intelligence," University of Cambridge, Department of Computer Science and Technology, The Com puter Laboratory, William Gates Building, pp. 1-340.

Hu, H., Dai, B., Shen, W., Wei, X., Sun, J., Li, R., Zhang, Y. (2020). Cow identification based on fusion of deep parts features. Biosystems Engineering, 192: 245-256.

Isabelle, D. A., Westerlund, M. (2022). A review and categorization of artificial intelligence-based opportunities in wildlife, ocean and land conservation. Sustainability, 14(4): 1979.

Jingqiu, G., Zhihai, W., Ronghua, G., Huarui, W. (2017). Cow behaviour recognition based on image analysis and activities. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 10: 165-174.

Kamilaris, A., Prenafeta-Boldú, F.X. (2018). Deep learning in agriculture: A survey. Computers and Electronics in Agriculture, 147: 70-90.

Katiyatiya, C. L. F., Muchenje, V., Mushunje, A. (2014). Güney Afrika Doğu Kap'ta çiftçilerin sığırların ısı stresine ve kene direncine adaptasyonuna ilişkin algıları ve bilgileri. Asya-Avustralasya Hayvan Bilimleri Dergisi, 27(11): 1663-1670.

Khatkar, M. S., Thomson, P. C., Tammen, I., Raadsma, H. W. (2004). Quantitative trait loci mapping in dairy cattle: review and meta-analysis. Genetics selection evolution, 36(2): 163-190.

Kim, T., Heald, C. W. (1999). Inducing inference rules for the classification of bovine mastitis. Computers and Electronics in Agriculture, 23(1): 27-42.

Krizhevsky, A., Sutskever, I., Hinton, G.E. (2012). Imagenet classification with deep convolutional neural networks. Advances in Neural Information Processing Systems 25: 1097-1105.

Kumar, S., Singh, S.K. (2017). Automatic identification of cattle using muzzle point pattern: a hybrid feature extraction and classification paradigm. Multimedia Tools and Applications 76: 26551-26580.

Laloë, D. (2019). Artificial Intelligence and Livestock New Data, New Approaches, INRA science&impact, DATAIA et Agriculture.

Liu, H., Reibman, A. R., Boerman, J. P. (2020). A cow structural model for video analytics of cow health. arXiv preprint arXiv:2003.05903.

Liu, Y. (2021). Research on the application of artificial intelligence technology in animal embryo transfer. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1852, No. 4, p. 042035). IOP Publishing.

McQueen, R. J., Garner, S. R., Nevill-Manning, C. G., Witten, I. H. (1995). Applying machine learning to agricultural data. Computers and electronics in agriculture, 12(4): 275-293.

Melak, A., Aseged, T., Shitaw, T. (2024). The influence of artificial intelligence technology on the management of livestock farms. International Journal of Distributed Sensor Networks, 2024(1): 8929748.

Miao, Z., Gaynor, K. M., Wang, J., Liu, Z., Muellerklein, O., Norouzzadeh, M. S., Getz, W. M. (2019). Insights and approaches using deep learning to classify wildlife. Scientific reports, 9(1): 8137.

Mijwil, M. M., Adelaja, O., Badr, A., Ali, G., Buruga, B. A., Pudasaini, P. (2023). Innovative livestock: A survey of artificial intelligence techniques in livestock farming management. Wasit Journal of Computer and Mathematics Science, 2(4): 99-106.

Millington, K. A., Cleland, J. (2017). Counting People and Making People Count: Implications of Future Population Change for Sustainable Development, K4D Helpdesk Report, 2017, Liverpool School of Tropical Medicine, Liverpool, UK.

Morota, G., Ventura, R. V., Silva, F. F., Koyama, M., Fernando, S. C. (2018). Big data analytics and precision animal agriculture symposium: Machine learning and data mining advance predictive big data analysis in precision animal agriculture. Journal of Animal Science, 96(4): 1540-1550.

Morstatter, B. (2023). Using artificial ıntelligence (AI) in dairy farms examples and opportunities for AI and machine learning in the dairy sector are provided in a recent review in applied animal science, Elsevier.

Möstl, E., Palme, R. (2002). Hormones as indicators of stress. Domestic Animal Endocrinology, 23(1-2): 67-74.

Neethirajan, S. (2022). Affective state recognition in livestock—artificial intelligence approaches. Animals, 12(6), 759.

Nielen, M., Schukken, Y. H., Brand, A., Haring, S., Ferwerda-Van Zonneveld, R. T. (1995). Comparison of analysis techniques for on-line detection of clinical mastitis. Journal of Dairy Science, 78(5): 1050-1061.

Nilsson, N. J. (2009). The Quest for Artificial Intelligence, Cambridge University Press.

Norouzzadeh, M. S., Nguyen, A., Kosmala, M., Swanson, A., Palmer, M. S., Packer, C., Clune, J. (2018). Automatically identifying, counting, and describing wild animals in camera-trap images with deep learning. In: Proceedings of the National Academy of Sciences, 115: E5716-E5725.

Parikh, R. B., Helmchen, L. A. (2022). Paying for artificial intelligence in medicine. NPJ Digital Medicine, 5(1): 63.

Patel, H., Samad, A., Hamza, M., Muazzam, A., Harahap, M. K. (2022). Role of artificial intelligence in livestock and poultry farming. Sinkron: Jurnal Dan Penelitian Teknik Informatika, 6(4): 2425-2429.

Pietersma, D., Lacroix, R., Lefebvre, D., Wade, K. M. (2003). Performance analysis for machine-learning experiments using small data sets. Computers and electronics in agriculture, 38(1): 1-17.

Rivas, A., Chamoso, P., González-Briones, A., Corchado, J. M. (2018). Detection of cattle using drones and convolutional neural networks. Sensors, 18(7): 2048.

Rojas-Downing, M. M., Nejadhashemi, A. P., Harrigan, T., Woznicki, S. A. (2017). Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. Climate risk management, 16: 145-163.

Rotaru, A., Vâtcă, A., Pop, I., Andronie, L. (2021). Artificial intelligence, a possible solution for agriculture and animal husbandry sector?. Bulletin of the University of Agricultural Sciences & Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Animal Science & Biotechnologies, 78(2).

Scerri, P., Pynadath, D. V., Tambe, M. (2002). Gerçek dünya için ayarlanabilir özerkliğe doğru. Yapay Zekâ Araştırmaları Dergisi, 17: 171-228.

Shao, W., Kawakami, R., Yoshihashi, R., You, S., Kawase, H., Naemura, T. (2020). Cattle detection and counting in UAV images based on convolutional neural networks. International Journal of Remote Sensing 41: 31-52.

Smith, C., McGuire, B., Huang, T., Yang, G. (2006). The history of artificial intelligence. University of Washington, 27: 22-24.

Simonyan, K., Zisserman, A. (2014). Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. arXiv preprint arXiv:1409.1556.

Swanson, A., Kosmala, M., Lintott, C., Simpson, R., Smith, A., Packer, C. (2015). Snapshot Serengeti, high-frequency annotated camera trap images of 40 mammalian species in an African savanna. Scientific Data 2: 1-14.

Wang, S., Jiang, H., Qiao, Y., Jiang, S., Lin, H., Sun, Q. (2022). The research progress of vision-based artificial intelligence in smart pig farming. Sensors, 22(17): 6541.

Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., Bogaardt, M. J. (2017). Big data in smart farming–a review. Agricultural Systems, 153: 69-80.

Xu, B., Wang, W., Falzon, G., Kwan, P., Guo, L., Chen, G., Schneider, D. (2020). Automated cattle counting using Mask R-CNN in quadcopter vision system. Computers and Electronics in Agriculture, 171: 1-12.

Xudong, Z., Xi, K., Ningning, F., Gang, L. (2020). Automatic recognition of dairy cow mastitis from thermal images by a deep learning detector. Computers and Electronics in Agriculture 178: 1-11.

Zhao, K., Jin, X., Ji, J., Wang, J., Ma, H., Zhu, X. (2019). Individual identification of Holstein dairy cows based on detecting and matching feature points in body images. Biosystems Engineering, 181: 128-139.

Zin, T. T., Phyo, C. N., Tin, P., Hama, H., Kobayashi, I. (2018). Image technology-based cow identification system using deep learning. In Proceedings of the international multiconference of engineers and computer scientists 1, 236-247.

Zuraw, A., Aeffner, F. (2022). Whole-slide imaging, tissue image analysis, and artificial intelligence in veterinary pathology: An updated introduction and review. Veterinary Pathology, 59(1): 6-25.

BÖLÜM 2

KÜÇÜKBAŞ HAYVANLARDA SÜRÜ YÖNETİM UYGULAMALARI VE YENİ TEKNOLOJİLER

Dr. Öğr. Üyesi | Hacer TÜFEKCİ[1*]

Dr. Öğr. Üyesi | Hilal TOZLU ÇELİK[2*]

[1*] Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Yozgat, Türkiye. hacer.tufekci@bozok.edu.tr, Orcid ID: 0000-0003-2272-4088

[2*] Ordu Üniversitesi, Ulubey Meslek Yüksekokulu, Ordu, Türkiye. hilalcelik@odu.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-9744-7719

1. GİRİŞ

Günümüzde tarımsal üretim yöntemleri, iklim değişikliği, gıda güvensizliği, değişen üretim sistemleri ve kalite güvencesi gibi faktörlerin etkisiyle daha yenilikçi bir boyut kazanmıştır. Çiftçilerin, sürü büyüklüklerinin artışı ile doğru orantılı olarak daha fazla iş yapması gerekmektedir; fakat bu süreçte desteklerin azalması önemli bir zorluk teşkil etmektedir (Aydan, 2019). Ayrıca, genç nesillerin tarım sektörüne olan ilgisi giderek azalmaktadır. Bu durum, çiftçilerin küresel nüfustaki dramatik artışa yanıt olarak daha karmaşık yöntemler benimsemelerini zorunlu kılmaktadır (Bouhali vd., 2022; Congdon vd., 2022). Bu yeni yöntemler, toprağın, suyun ve enerjinin verimli kullanımını düzenleyerek tarımsal üretkenliğin artırılmasına yardımcı olabilir (Morota vd., 2018). Dolayısıyla, çiftçiler daha az kaynakla daha fazla verim elde etmek zorundadır; bu da mevcut tarım uygulamalarının verimliliğinin artırılmasını gerektirmektedir (Kumari ve Dhawal, 2021).

Hayvancılık, insanlığın varoluşu boyunca süregelen önemli bir ekonomik faaliyet olmuştur. Dengeli beslenme bilincinin artmasıyla birlikte, hayvanlardan elde edilen et, süt, yün ve yumurta gibi ürünlerin değeri de yükselmiştir. Bu durum, hayvan yetiştiriciliğinin farklı bir boyuta evrilmesine ve entansif hayvancılık işletmelerinin ortaya çıkmasına yol açmıştır. Bu tür işletmeler, hayvan refahını göz önünde bulundurarak nispeten modern bir yapı benimsemiş ve sınırlı ölçüde teknoloji ile makine kullanımına yönelmiştir. Sürü yönetiminden tohumlama eşleştirmelerine, sıcaklık stresinden gübre yönetimine kadar birçok işlem dijital ortamda gerçekleştirilmektedir. Modern hayvancılıkta, verim, davranış ve hastalıklarla ilgili her türlü veri toplanmakta ve analiz edilmektedir. Hayvanların kulaklarına, ayak bileklerine ve boyunlarına takılan elektronik tanımlama materyalleri (IRFD), sensörler ve kameralar aracılığıyla hayvanların geviş sayıları, hareketleri, kızgınlık durumları, canlı ağırlıkları, doğum zamanları, yatma ve ayakta kalma süreleri, tükettikleri kesif yem miktarları, vücut kondisyon skorları, süt verimi ve özellikleri gibi pek çok parametre dijital ortamlarda kaydedilmektedir. Ayrıca, süt sağım üniteleri, günlük toplam rasyon (TMR) hazırlama makineleri ve yavru besleme robotları gibi mekanizasyon ve otomasyon altyapıları, etkinlik sağlamak adına kullanılmaktadır (Kopuzlu, 2023).

Hayvansal üretimin sürdürülebilirliği ve kârlılığı açısından mevcut uygulamaların ve yeni teknolojilerin büyük bir önemi bulunmaktadır. Bu çalışmada, küçükbaş hayvanlarda sürü yönetim uygulamaları ve yeni teknolojilerin incelenmesi amaçlanmaktadır.

2. KÜÇÜKBAŞ HAYVAN YETİŞTİRİCİLİĞİ VE SÜRÜ YÖNETİM UYGULAMALARI

Küçükbaş hayvanlar bakım ve beslenme açısından birçok avantaja sahip olması nedeniyle et ve süt dışında yapağı, kıl, tiftik, deri, post, gübre gibi çeşitli amaçlarla kullanılabilen çok sayıda ürüne sahiptir. Yoğurt, peynir, süt tozu, tereyağı, kefir, kozmetik, sabun, kaşmir, dondurma, bebek maması ve tekstil gibi birçok sektör bu ürünlerden yararlanır.

Küçükbaş hayvan yetiştiriciliği dünya çapında önemli bir sosyo-ekonomik ve çevresel role sahiptir (Simões vd., 2021). Küçükbaş hayvanlarda ekstansif üretim sistemleri dünyanın birçok farklı yerinde yürütülmektedir ve genellikle hayvan başına ve yüzey alanı başına düşük verimlilik ile karakterize edilen, mahsul üretimi için uygun olmayan esasen marjinal alanlar kullanılır. Bu üretim kolu yerel sosyo-ekonomik faaliyetleri olumlu yönde etkiler, kırsal toplulukların korunmasında, ekosistemlerde ve kuzu eti veya peynir gibi benzersiz, değerli gıdaların üretiminde önemli bir rol oynamaktadır (de Rancourt vd., 2006; Bertolozzi-Caredio vd., 2021; Teixeira vd., 2020). Bununla birlikte, bu tür sistemler, esas olarak çok az işgücü mevcudiyeti olduğu ve geleneksel olarak düşük üretkenliğe ve genellikle zayıf ekonomik uygulanabilirliğe sahip oldukları için önemli bir baskı altındadır (Bertolozzi-Caredio vd., 2021; Wishart, 2019).

Geçmişten günümüze hayvancılık sektörü önemli aşamalardan geçmiş ve bu süreçte teknolojik değişimlerin büyük bir rol oynamıştır. Ülkelerin gelişmişlik düzeyi arttıkça, tarımda bitkisel üretimin payı hayvansal üretime göre azalmaktadır. Bu durum, hayvansal üretimin tarımsal üretimin lokomotifi haline geldiğini göstermektedir (Ergün ve Bayram, 2021; Barığ ve Çelikyürek, 2023). Hayvansal ürün elde etme çabaları ve iyi beslenme koşullarının sağlanması, entansif yetiştiricilik anlayışını ve makineli otomatik teknolojilerin yaygınlaşmasını beraberinde getirmiştir. Günümüzde, bilim ve teknolojideki ilerlemeler, rekabetin ve taleplerin artmasıyla birlikte üretimde ileri teknolojilerin kullanımını zorunlu hale getirmiştir (Abacı, 2015). Modern

teknolojilerin hayvancılık faaliyetlerine entegrasyonu, sürü yönetimi, yetiştiriciler ve tüketiciler için birçok fayda sağlamaktadır. Ancak bu sistemlerden beklenen faydaların elde edilebilmesi, sistemlerin fonksiyonlarının etkin bir şekilde bilinmesi ve kullanılmasına bağlıdır (Göncü ve Gökçe, 2017).

Çiftlik başına düşen hayvan sayısının artması ve kaynak kullanımı azaltılarak hayvan ve çevre dostu üretim sistemlerine yönelik farkındalık, tüm hayvancılık sisteminde kullanılan dijital teknolojilerde bulunabilecek yeni çözümleri gerektirmektedir (Berckmans, 2006). Ancak dijital teknolojilerin benimsenmesi, farklı teknolojilere, hayvan türlerine ve uygulama alanlarına göre farklılık gösterir (Groher vd., 2020).

2.1. Yetiştiricilik Uygulamaları- Hayvan Islahı

Nesnelerin İnterneti (IoT), farklı gıda sistemleri alanlarında verimliliği artırmada umut verici bir teknoloji olarak vurgulanmaktadır (Tzounis vd., 2017; Germani vd., 2019; Navarro vd., 2020). IoT'nin gelişimi, çeşitli hayvan ve çevresel sensörlerin ilerlemesini desteklemiştir (Akhigbe vd., 2021; Aquilani vd., 2022; Ayaz vd., 2019; Neethirajan, 2017; Ojo vd., 2022). Bu teknolojinin en önemli yönlerinden biri, gerçek zamanlı veri iletimini, işlenmesini ve belirli kullanıcı gereksinimlerine göre uyarlanmış bilgilerin uzaktan elde edilmesini kolaylaştırmasıdır.

IoT tabanlı sensör teknolojisi sayesinde, hassas hayvancılık yönetimi (PLM), çiftlik operasyonlarının daha iyi izlenmesi ve gözetimi için büyük olanaklar sunar. Çiftlik ölçeğinde uygulanan hayvan üstü sensörler, çevresel izleme ekipmanları ve uzaktan algılama sistemlerinin entegrasyonu, geleneksel, reaktif bilgiye dayalı yaklaşımlardan, proaktif ve veriye dayalı bir karar verme sürecine geçişi mümkün kılmaktadır. Sensörlerden elde edilen veriler, lojistik zorlukların aşılmasına yardımcı olabilirken, kaynak yönetimiyle ilgili karar verme süreçlerinde verimlilik sağlayabilir (Nyamuryekung'e, 2024).

PLM bağlamında IoT'nin potansiyeli çok çeşitli senaryoları kapsamaktadır. Mevcut sensörler arasında konum izleyicileri, hareket sensörleri, otomatik besleyiciler, vücut tartı terazileri ve kameralar gibi invaziv olmayan uygulamalar; hayvan üzerinde veya istasyon tabanlı sensörler için önemli bir umut sunmaktadır (Williams vd., 2021; Bailey vd., 2018; Horn ve Isselstein, 2022; Asher ve Brosh, 2022). Ayrıca, çevresel sensörler, meteoroloji

istasyonları (sıcaklık, nem, basınç, yağmurölçer ve hava kalitesi gibi ölçüm parametreleri) ve uzaktan algılama uygulamaları, geniş meralarda abiyotik ve biyotik faktörlerin izlenmesine yönelik pratik faydalar sunmaktadır (Horn ve Isselstein, 2022; Asher ve Brosh, 2022).

Hayvan sensörlerinde bütünsel bir sistem yaklaşımının gerçekleştirilmesi kolay değildir. Ancak bu yaklaşım, "sensör tabanlı" bireysel hayvan izleme sistemleri aracılığıyla, bireysel hayvanların gerçek zamanlı takibini sağlamaktadır (Wathes vd., 2008; Berckmans, 2014; Halachmi vd., 2019). Uygun analitik prosedürlerle sürekli olarak toplanan bireysel veriler, sürü içindeki anormalliklerin tespitinde hassasiyeti artırarak üretim verimliliğini yükseltebilir ve hayvan refahını en üst düzeye çıkarabilir (Bailey vd., 2021; Aquilani vd., 2022; Halachmi vd., 2019; Stachowicz ve Umstätter, 2021; Horn ve Isselstein, 2022). Bu verimlilik artışları, hayvan ağırlığının ve üreme performansının yükselmesine yol açabilir, bu da çiftçilere ekonomik faydalar sağlayabilir (McIntosh vd., 2021; Derner vd., 2017). Ayrıca, hayvan üzerindeki sensörler, hedeflenen bireylerde hastalıkların erken tespitini geliştirebilir, böylece profilaktik ilaç kullanımını azaltarak antimikrobiyal direncin düşmesine ve hayvanların acı çekme ile kayıplarının azaltılmasına katkı sağlayabilir (Wathes vd., 2008; Berckmans, 2014; Aquilani vd., 2022; Stachowicz ve Umstätter, 2021; Horn ve Isselstein, 2022).

Yapay zekâ (AI) terimi ilk kez 1956'da John McCarthy tarafından ortaya atılmıştır ve günümüzde birçok hayvancılık çiftliğinde yönetim süreçlerinde yaygın olarak uygulanmaktadır. Yıllar boyunca üzerinde çalışılmasına rağmen, yapay zekâ hala en az anlaşılan alt alanlardan biridir. Yapay zekâ, çiftçilere kaynak kullanımını optimize etme, yemleme modellerinin sürdürülebilirliğini artırma ve karbon ayak izini azaltma konularında kıyaslanamaz bir destek sağlar. Bu teknoloji, verimliliği ve üretkenliği artırırken insan hatası olasılığını da azaltmaktadır. Üreticiler, insan karar verme süreçlerini simüle ederek sensörler ve diğer donanım teknolojileri tarafından toplanan veriler için yorumlar ve çözümler üretebilir. Yapay zekâ araçları, hayvan faaliyetlerinin ve konumlarının izlenmesini, davranışlar, habitatlar ve sağlık durumları hakkında veri toplanmasını kolaylaştırmaktadır. Hayvan tanımlama, hayvan refahı izleme, cinsiyet belirleme, aşı dağıtımı ve mera değerlendirmesi gibi çeşitli alanlarda yapay zekâ geniş bir şekilde kullanılmaktadır. Drone'lar, robotlar ve blok zincirleri, süt çiftliklerinde yaygın olarak kullanılan otomasyon

yöntemlerindendir. Ancak, çiftlikte daha fazla altyapıya ihtiyaç duyan geliştirme maliyetleri ve otomasyonun bu süreçleri ne ölçüde değiştirip dönüştüreceği gibi sınırlamalar, teknolojinin bazı engellerini ortaya koymaktadır (Melak vd., 2024).

Yapay zekâ (AI), çiftçilerin üretkenliği azaltmadan çeşitli zorlukların üstesinden gelmesine yardımcı olmaktadır (Viejo vd., 2022). Artan yatırımlarla birlikte çiftlikler, süt gibi ürünler aracılığıyla prosedürlerini otomatikleştirebilir, önemli maliyetleri azaltabilir ve hayvancılığın kalitesini artırabilir (Laloë, 2019). AI destekli sistemler, hayvancılık yönetimini ve üretimini geliştirirken, çiftçilerin hastalık salgınlarını tahmin etmesine, beslenme programlarını optimize etmesine ve hayvan davranışları ile refahını izlemeye yönelik süreçleri otomatikleştirmesine olanak tanımaktadır (Congdon vd., 2022). Böylece çiftçiler, hayvanlarının sağlığını, refahını ve üreme yeteneklerini daha etkili bir şekilde yönetip geliştirme imkânına sahip olur (Neethirajan, 2022). Ayrıca, çiftçiler verilerini daha etkili bir şekilde analiz edebilir ve kameralar, mikrofonlar, tarayıcılar ve sensörler gibi tüm bileşenleri bir araya getirerek karar verme, doğru tahminler yapma ve anormallik tespiti süreçlerini kolaylaştıran uyumlu bir sistem oluşturabilir (Morstatter, 2023; Laloë, 2019). Son zamanlarda, çiftlik hayvanları için daha yüksek verim talebine yanıt olarak AI, çiftliklerin hayvanlarının büyümesini izlemek, tahmin etmek ve optimize etmek için önemli bir araç haline gelmiştir (Wang vd., 2022). Hayvancılık endüstrisindeki AI teknolojisinin en dikkat çekici uygulamalarından biri, parazitlerin kontrolü, biyogüvenlik ve hastalıkların yanı sıra çiftlik hayvanları ve çiftlik yönetiminin izlenmesi üzerinde yoğunlaşmaktadır (Goyache vd., 2001; Morstatter, 2023; Shanahan vd., 2020; VriesDe vd., 2023). Hayvancılığın yapay zekâ tarafından kolaylaştırıldığı çeşitli yöntemler, Tablo 1'de gösterilmektedir. Bu yaklaşımların çoğu, gelişmiş tahmine dayalı analitik ve bilgisayar görüşü gibi teknikleri kullanmaktadır.

Tablo 1. Hayvancılıkta yapay zekanın farklı uygulamaları (Melak vd., 2024)

Uygulama	Kaynak
Hayvan gözetimi ve korunmasında yapay zekâ	Kumar ve Jakhar, 2022
Otomatik süt sağımı için yapay zeka	Costa vd., 2012; Fuentes vd., 2021
Mastitisin yapay zeka ile tespiti	Sun vd., 2010
Hayvancılığın modern hassasiyeti	Vaintrub vd., 2021; Werkheiser, 2018; Nääs vd., 2010
FCR iyileştirmesinde yapay zeka	Neeteson-van vd., 2013
Tavukta sıcaklık ölçümü ve kontrolünde yapay zekâ	Bloch vd., 2020; Detsch vd., 2018
Veri toplamada yapay zeka	Nabwire vd., 2021; Arel vd., 2010
Kızgınlığı tespit etmek için AI	Dineva vd., 2021
Kümes hayvanları-aşı yapmak için robot kullanımı	Thomas vd., 2011; Samad vd., 2022
Yem kalitesini artırmak için yapay zeka	Sahni vd., 2021; Kumar vd., 2021
Kişinin sağlığını takip etmek için yapay zekâ	Ezanno vd., 2021; Alonso vd., 2020
Hayvan sağlığını geliştirmek için AI (yüz tanıma teknolojisi)	Billah vd., 2022; Kakani vd., 2020
Gıda tedarik zincirinde yapay zeka	Monteiro ve Barata., 2021; Dora vd., 2022

Yapay zekânın küçükbaş hayvanlarda kullanım potansiyelini anlamak için bazı tipik kullanım durumları aşağıda özetlenmiştir:

Hamadani ve Ganai (2023) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, koyunlarda ağırlık tahmini amacıyla farklı yapay zekâ algoritmaları karşılaştırılmıştır. Ağırlık tahmini için, yapay sinir ağları kullanılarak vücut ölçümleri ve önceki vücut ağırlıkları gibi girdi özellikleri değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, koyunların vücut ağırlıklarını tahmin etmek için toplam 12 makine öğrenmesi modeli geliştirilmiştir. Bu modeller, makul doğruluk oranlarıyla tahminler yapabilmekte ve böylece çiftliklerin ekonomik refah, performans iyileştirmeleri ve gıda güvenliği konusunda daha bilinçli kararlar almasına yardımcı olabilmektedir.

Hamadani vd. (2022b) yaptıkları çalışmada, koyunların üreme değerlerini tahmin etmek amacıyla toplam 12 makine öğrenmesi modeli geliştirmiştir. Bu modellerin, makul doğruluk oranlarıyla tahminler gerçekleştirebildiği ve dolayısıyla ıslah değerlerinin tahmininde geleneksel yöntemlere alternatif olabileceği belirtilmiştir. Çiftliklerde bu tür modellerin benimsenmesinin, hayvanların etkili ve zamanında seçimini sağlamak için faydalı olacağı vurgulanmıştır. Ayrıca, geliştirilen modellerin geleneksel

yöntemlere kıyasla hesaplama açısından çok daha ekonomik olduğu ve gelecekteki ıslah stratejileri için olumlu beklentiler sunduğu ifade edilmiştir. Hamadani vd. (2022a) başka bir çalışmada ise, koyunların 12 aylık vücut ağırlıklarını tahmin etmek için iki yapay zeka tekniğini karşılaştırmıştır. Çalışmada, 11 yılı kapsayan Corriedale koyunlarına ait veri setleri kullanılmıştır. Sonuç olarak, makine öğrenimi yaklaşımlarının hayvanlarda vücut ağırlığı tahmininde iyi sonuçlar verdiği ve bu yaklaşımların hayvan bilimlerindeki diğer birçok duruma da uyarlanabileceği sonucuna varılmıştır. Tırınk ve arkadaşları (2023) yaptıkları çalışmada, Romane koyunları için doğum ağırlığı, doğum tipi, cinsiyet, süt verme ağırlığı, süt verme yaşı, sütten kesme ağırlığı, sütten kesme yaşı ve nihai ağırlık yaşı gibi değişkenleri kullanarak nihai canlı ağırlığı (damızlık seçimi için dördüncü aylık ağırlık) tahmin etmeyi amaçlamıştır. Çalışmanın sonucunda, en iyi tahmin modelinin hem eğitim hem de test setinde CART modelinin kullanılmasıyla elde edildiği belirtilmiştir. Bu modeller, cinsiyet, emme ağırlığı, sütten kesme ağırlığı, sütten kesme yaşı ve nihai ağırlık yaşının, Romane koyunları için üstün bir sürü elde etmek amacıyla dolaylı bir seçim ölçüsü olarak kullanılabileceğini göstermiştir. Dolayısıyla, Fransa'da ırk standartlarını belirlemek ve et verimi için üstün koyun seçimi yapmak amacıyla CART prosedürünün kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Canaza-Cayo vd. (2024) yaptkları çalışmada; makine öğrenimi (ML) algoritmalarını kullanarak Corriedale koyunlarının vücut ağırlığını tahmin etmeyi amaçlamıştır. Çalışmada 14 vücut ölçüsü (BM) ve 6 farklı makine öğrenmesi modeli kullanmışlardır. Sonuç olarak, Corriedale koyunlarının vücut ölçülerinden vücut ağırlığını doğru bir şekilde tahmin etmek için, Random Forest (RF) algoritmasının önerilebileceği bildirilmiştir.

Dutta (2021) yaptığı çalışmada, koyunları ırklarına göre sınıflandırmayı hedeflemiştir. Çalışmada temel olarak dört farklı ırk ele alınmış ve yapay sinir ağları kullanılarak bu koyun ırklarının tanımlanması gerçekleştirilmiştir. Karışık sürülerdeki koyunları makine öğrenimi yöntemiyle tanımlayarak otomatik kapılar aracılığıyla sınıflandırmayı başarmış ve bu süreçte %99,97 başarı oranı elde edildiğini belirtmiştir. Bu çalışma, hayvancılıkta teknolojinin entegrasyonunun ve otomasyonun sağladığı yüksek verimliliğin önemli bir örneğidir.

Jwade vd. (2019) yaptıkları çalışmada derin öğrenme kullanarak çiftlikte otomatik koyun ırkı sınıflandırılmasını amaçlamışlardır. Çalışmada 4 farklı ırktan (Merinos, Suffolk, White Sufflok, Poll Dorset) toplam 160 koyun kullanılmıştır. Sonuç olarak çalışmada geliştirilen sınıflandırıcı, koyun eti üreticilerine bir uzmana ihtiyaç duymadan ırklar arasında doğru ve verimli bir şekilde ayrım yapmak için bir araç olarak yardımcı olabilir ve et veriminin ve maliyet yönetiminin daha doğru tahmin edilmesini sağlayabileceği bildirilmiştir.

Ma vd. (2020), koyunların farklı yetiştirme koşulları altında üreme zamanlarının tespiti için Faster R-CNN sinir ağı modeline dayalı Soft-NMS algoritması geliştirmişlerdir. Bu model ile %95,32 doğrulukla kızgınlık tespitini yaparak koyunlarda üreme ve koyun davranışı araştırmaları için etkili bir veri temeli sağlanabileceği belirlenmiştir.

Mahmoud vd. (2018), Koyun Ağrısı Yüz İfadesi Ölçeği (SPFES) geliştirilerek üreticilere koyunlardaki ağrıyı tanımalarına ve değerlendirmelerine yardımcı olacak güvenilir ve etkili bir araç olarak sunmuşlardır. Hewitt ve Mahmud (2019) koyunların yüz ifadelerini derin öğrenmeye dayalı bir makine öğrenimi teknolojisiyle tespit etmek amacıyla koyun yüzünde farklı referans noktaları şeması belirlemiş ve bir model geliştirmiştir. Böylece koyunlarda ağrı puanlarının hesaplanması ve koyunların ayırt edilebilmesinin mümkün olabileceğini bildirmiştir. McLennan ve Mahmoud (2019) koyunlarda özellikle acı ve ağrı duygularının yüzlerinden belirlenebilmesi için derin öğrenme yardımıyla makine öğrenimi modelleri oluşturulabileceğini bildirmiştir.

2.2. Döl Verimi

Modern tarımda mevsim dışı östrusun uyarılması, üreme performansının arttırılması ve genetik iyileştirme amacıyla yardımcı üreme teknolojileri kullanılmaktadır. Küçükbaş hayvanlar mevsime bağlı poliöstrik hayvanlardır. Küçükbaş hayvanların mevsimsel olarak yetiştirilmesi, bu üreme kısıtlamasının üstesinden gelmek ve bu türlerdeki genetik kazancı artırmak için yardımcı üreme teknolojilerinin (ART) adaptasyonunu teşvik etmiştir. Geleneksel olarak ART, suni tohumlamanın yanı sıra *in vivo* ve *in vitro* embriyo üretimini de içerir. *İn vivo* embriyo üretimi ve transferi, çoklu ovulasyon ve embriyo transferi (MOET) şeklinde stratejik olarak uygulandığı takdirde koyun ve

keçilerde genetik iyileştirme için güçlü bir teknoloji sunar. Ayrıca bu teknolojiler ile üstün genetik değere sahip olan hayvanlardan daha fazla yararlanmanın yanı sıra, generasyonlar arası süre kısaltılabilir ve sürüdeki genetik kazanımın da artmasına katkı sağlanabilmektedir. Ek olarak cinsiyeti belirlenmiş spermanın önceden belirlenmiş cinsiyete sahip yavruların üretimi için kullanılması durumunda ek bir gelişme elde edilebilir. ART'nin hepsi olmasa da çoğu koyunlarda geliştirilmiş ve uygulanmış olmasına rağmen bu teknolojilerin ticari kullanımı sığırlara göre çok daha azdır (Amiridis ve Cseh, 2012).

Küçükbaş hayvanların kızgınlık döngüsünü kontrol etmek için hormonal metodolojiler dünya çapında kullanılmakta ve geliştirilmekte, üreme performansını artırmak için uygulamayı dişi fizyolojik anlarına göre ayarlamaktadır. Kızgınlık döngüsü, sabit zamanlı suni tohumlamayı hedefleyerek veya tohumlama, doğal veya planlanan çiftleşme için kızgınlık davranış belirtilerine dayalı olarak indüklenebilir ve/veya senkronize edilebilir. Gebe kalamayan dişilerde yumurtlamayı yeniden senkronize etmek ve üreme sonuçlarını artırmak için ardışık protokoller uygulanabilir. Son zamanlarda geliştirilen bu tedaviler, gebelik olmadığı tespit edilir edilmez yumurtlamanın yeniden senkronize edilmesini amaçlamaktadır (Cosentino vd., 2023).

Son on yılda, koyun ve keçi üretimi, düşük kaliteli yemlerin kaliteli et, süt ve yüne verimli bir şekilde dönüştürülmesi olarak ekonomik değerleri nedeniyle yaklaşık üçte bir oranında artmıştır. Koyun çiftlikleri de dünya çapında bir büyüme dönemi yaşamıştır (Kuba vd., 2015; FAO, 2023). Bu büyüyen endüstriler için, üretken hayvanlar (dişiler veya erkekler) üretmek için yavru cinsiyet oranını değiştirmek için mevcut tüm gebelikleri kullanmak zorunludur, bu da israfı azaltırken daha hızlı genetik ilerleme ve artan üretim sağlar. Akış sitometrisi ile sperm cinsiyet sıralaması, X ve Y kromozomu taşıyan spermleri DNA içeriğindeki farklılıklarına göre ayırmak için tek güvenilir teknolojidir. Sperm cinsiyet sıralama teknolojisi, sperm hücrelerinin DNA floresan boyası Hoechst 33342 (Johnson ve Pinkel, 1986) ile etiketlendiği, süreksiz bir damlacık akışında hidrodinamik olarak hizalandığı ve bir UV lazer ışını ile uyarıldığı kantitatif akış sitometrisine dayanmaktadır. Her damla, kaplanmış spermatozoonun DNA içeriğine göre yüklenir ve yüklerine göre bir elektrostatik alan kullanılarak saptırılır. Akış sitometrisi, istenen cinsiyetin %90'ının üzerinde sıralama saflığına sahip bireysel

spermlerin tanımlanmasına ve seçilmesine izin verir (Johnson and Welch, 1999; Evans vd., 2019). Teknoloji şimdi laboratuvar analizi ve canlı doğumlar temelinde üç türün tümü için doğrulanmıştır ve modifiye akış sitometrik ayıklama enstrümantasyonu ve SexedULTRA'yı™ içermektedir. Laparoskopik ve transservikal AI için uygun sperm dozunun yanı sıra, her bir türde cinsiyete göre sıralanmış sperm kullanıldığında geleneksel spermle karşılaştırılabilir sonuçlar sağlayacak AI'nın senkronizasyon protokollerini ve zamanlamasını belirlemek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır (González-Marín vd., 2021).

Son yıllarda hayvancılıkta üreme teknolojilerindeki en büyük gelişmelerden biri, Sabit Zamanlı Suni Tohumlama (FTAI) için yeni protokoller olmuştur. 1990'lı ve 2000'li yıllarda foliküler dinamiklerin anlaşılmasından, sığırlarda FTAI'nın uygulanmasını iyileştirmek (Mapletoft vd., 2018) için koyun ve keçilerde olduğu gibi (Menchaca ve Rubianes, 2004) yeni stratejiler geliştirilmiştir. FTAI programları uygulandığında üretken olmayan aralıkların görülme sıklığını en aza indirmek için, gebe olmayan dişilerde yumurtlamalarını mümkün olan en kısa sürede yeniden senkronize eden ardışık protokoller gereklidir (Cosentino vd., 2019).

Koyun ve keçilerde, yeniden senkronizasyon protokolleri, bu türlerde FTAI uygulandıktan sonra dişilerin üreme performansını iyileştirmek için umut verici bir araç olarak görünmektedir. Sürüdeki bir koyunu verimsiz süresini azaltmanın ve yeni gebe kalma şansı vermenin yanı sıra, gebe olmayan dişinin erken teşhisi ile ilişkili resenkronizasyon protokolleri, gereksiz hormon kullanımının azaltılmasına, semen dozlarının kaybının önlenmesine, yetiştiricilere yatırım yapılmasına, toplam çalışma süresinin kısaltılması ve uygulamaların basitleştirilmesi ve uygulanan ardışık FTAI ile üreme programlarının genel sonuçlarının iyileştirilmesine olanak tanır. Ek olarak, gebe olduğu erken tespit edilen dişiler, erken gebelik sırasında gereksiz hayvan kullanımından kaçınmanın yanı sıra, erken gebelik kaybı risklerini azaltmanın yanı sıra, beslenme yönetimini hızla dengeleyebilir (Cosentino vd., 2023). Bununla birlikte, küçükbaş hayvanlarda yumurtlamanın yeniden senkronizasyonu için protokoller hala geliştirilmektedir. Üreme indekslerini iyileştirmek ve her kategorinin sonuçlarını iyileştirmek için en iyi tedavileri belirlemek için daha fazla girişimde bulunulmalıdır. Koyunlarda, bu tür tekniklerin farklı ırklarda, iklimlerde ve farklı üreme durumlarında ve farklı

senkronizasyon protokollerinde test edilmesi gerekmektedir. Keçilerde hala bir ön protokol bulunmamaktadır. Bugüne kadar elde edilen sonuçlar göz önüne alındığında, türler arasındaki benzerlik ve farklılıklar göz önünde bulundurularak, koyunlarda kullanılana benzer bir protokol keçilere de uygulanabilir. Yumurtlamanın yeniden senkronizasyonu için tedavilerin erken gebelik teşhisi ile ilişkilendirilmesi, gereksiz hormonların kullanımını azaltmaya izin verir, sperm dozlarının kaybını önler ve doğumları yoğunlaştıran ve kuzuları/oğlak doğumlarını aynı döneme toplayarak kuzulama/yavrulama aralığını kısaltır (Cosentino vd., 2023).

2.3. Hayvan Refahı ve Hayvan Sağlığı

Küçükbaş hayvan yetiştiriciliğinde hayvan refahına yönelik yeni nesil teknolojilerin kullanımı, hayvan hastalıklarının önlenmesinde ve erken tespitinde göz önünde bulundurulması gereken uygulamalardandır. Entansif hayvancılık, modern teknolojilerin benimsenmesiyle hızla yaygınlaşmaktadır. Bu yaklaşımda, hayvanların refahını sürekli ve gerçek zamanlı izlemek büyük önem taşımaktadır. Küçükbaş hayvan yetiştiriciliği, sürdürülebilir küresel gıda güvenliğinin sağlanmasında kritik bir rol oynamaktadır. Üretim verimliliği sağlanırken, kaynakların çevresel etkilerini en aza indiren, yüksek hayvan refahı standartlarını karşılayan ve sosyal kabul görmüş yöntemlerin kullanılması gerekmektedir. Bunu başarmak için, aşağıdaki önemli hususların ele alınması zorunludur:

- Nüfus artışının etkileri
- Kentleşme ve buna bağlı refah talepleri
- İklim değişikliğinin sonuçları
- Duyarsız ilaç ve kimyasal kullanımı

Bu konular, küçükbaş hayvanların sağlığı ve üretimi üzerindeki temel kısıtlamalardan biri olan helmint parazitlerinin kontrolü için de kritik öneme sahiptir. Örneğin, nüfus artışı, daha verimli gıda üretimi sağlamak amacıyla hastalıkların yönetimini zorunlu kılarken, kaynakların azalmasına yol açmaktadır. Kentleşme ise, koyun ve keçi eti gibi lüks gıda ürünlerine olan talebi artırırken, üretim için gerekli olan arazi alanlarını daraltmaktadır (Sargison, 2016).

Rao vd. (2020) yaptıkları çalışmada, Nesnelerin İnterneti (IoT) ve makine öğrenimini birleştirerek keçiler için bir çiftlik içi refah izleme sistemi

geliştirmiştir. Bu sistem, çiftlikte videolar ve çevresel veriler toplayarak keçi büyümesini çok yönlü ve kesintisiz bir şekilde izlemeyi hedeflemektedir. Çalışmanın ilk aşamasında, izleme donanım ve yazılım sistemleri, uzaktan yönetim ve bakım desteği sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Bu sayede sistemin gelecekteki geliştirmeleri daha da kolaylaşmaktadır. İkinci aşamada ise, keçi davranış analizi, anomali veri tespiti ve makine öğrenimi tabanlı işleme gibi farklı temel yaklaşımlar ortaya konmuştur. Geliştirilen sistemin, doğru çevresel veriler ve keçi davranış analizi ile keçilerin refahını gerçek zamanlı olarak izleme potansiyelinin yüksek olduğu gösterilmiştir (Rao vd., 2020). Bu tür yenilikçi sistemler, hayvan refahını artırmaya yönelik önemli adımlar sunmaktadır.

İklim değişikliği, çevresel serbest yaşam evrelerine sahip patojenler üzerinde önemli etkiler yaratmaktadır. Antimikrobiyal ve antihelmintik ilaçların sorumsuzca kullanımı, bu ilaçlara direnç gelişimine yol açmıştır. Nematod parazitleri, özellikle koyun ve keçi sürülerinde, dünya genelinde en önemli üretim sınırlayıcı hastalıklar arasında yer almaktadır. Bu durum, veteriner nematod kontrolünün, parazit popülasyonlarını yok etme çabalarından ziyade, zorluklarla başa çıkma yeteneği ve sağlığı koruma stratejilerine odaklanması gerektiğini göstermektedir. Geleneksel parazitolojik yöntemler, hastalık teşhisi ve nematod yönetimi açısından faydalı olsa da iklim ve yönetim uygulamalarının parazitler üzerindeki etkilerini hassas bir şekilde değerlendirme yeteneğinden yoksundur. Örneğin, *Haemonchus contortus* gibi model nematodlar için geliştirilmiş genom ve transkriptom taslakları, direnç yönetimi stratejilerini değerlendirmek ve yeni kontrol yöntemleri için moleküler belirteçler belirlemek adına önemli fırsatlar sunmaktadır (Sargison, 2016). Entansif yetiştiricilikte küçükbaş hayvanların refah değerlendirmesi, yalnızca mevcut protokollerin uzantısı veya uyarlaması değil, aynı zamanda kendine özgü bir konu olarak ele alınmalıdır. Tam alan değerlendirmesi, geleneksel gözlemlerle yönetmenin zorluğundan dolayı, yeni sensör teknolojileri için büyük fırsatlar doğurmaktadır. Örneğin, İHA'lar, ruminal sensörler ve ivmeölçer içeren kulak etiketleri gibi teknolojiler, küçükbaş hayvanların ağıl içi ve ağıl dışındaki ortamlarda izlenmesine olanak tanımaktadır. Ancak, bu yeni teknolojilerin önündeki en büyük engel, maliyetlerin yüksekliği ve doğru, gerçek zamanlı verilere ulaşmanın zorluğudur (Silva vd., 2022). Yeni teknolojilerin uygulanması, hayvan hastalıklarının

erken tespitine olanak tanıyabilir. Örneğin, termal stresin belirlenmesi ve ayak hastalıklarının tespiti için sıcaklık ölçümleri gibi yeni yöntemler kullanılabilir. Hastalıkların erken aşamada tespiti, hayvan refahı uygulamalarının benimsenmesini ve yeni nesil teknolojilerin kullanımının yaygınlaşmasını destekleyebilir. Ancak, yüksek maliyetler küçükbaş hayvan yetiştiricilerini zorlayabilir. Hayvan davranışlarının izlenmesi, ağıl içi izleme sistemleri ve merada İHA kullanımıyla verimliliğin artırılmasına katkı sağlanabilir. Koyun ve keçilerde gebeliğin erken dönemde tespiti için ultrason cihazı ile kontrol sağlanarak kısırlığın tespiti yapılabilir. Bu şekilde döl veriminde artış sağlanabilir. Yeni teknolojilerin kullanımı ile verimin artırılması mümkün olabilecektir (Ali vd., 2020).

3. SONUÇ

Küçükbaş hayvanlarda sürü yönetimi, iklim değişikliği, antimikrobiyal direnç ve patojen kontrolü gibi zorluklarla başa çıkmayı gerektiren karmaşık bir süreçtir. Geleneksel yöntemler, parazit yönetimi ve hastalık teşhisi açısından değerli olsa da modern teknolojilerin entegrasyonu, bu süreçte önemli iyileşmeler sağlayabilir. Yeni sensör teknolojileri, İHA'lar ve akıllı izleme sistemleri gibi yenilikçi araçlar, sürülerin sağlığını ve refahını arttırmak için büyük fırsatlar sunmaktadır. Bu teknolojiler, hastalıkların erken tespiti, sıcaklık ölçümleri ile termal stresin belirlenmesi ve hayvan davranışlarının izlenmesi gibi uygulamalarla verimliliği artırma potansiyeline sahiptir. Ancak, bu yeniliklerin yaygınlaşması, maliyetler ve doğru veri toplama zorlukları gibi engellerle sınırlıdır. Küçükbaş hayvan yetiştiricilerinin, bu yeni teknolojilere erişim sağlaması, hayvan refahı uygulamalarının benimsenmesi ve genel üretim verimliliğinin artırılması açısından kritik öneme sahiptir. Sonuç olarak, küçükbaş hayvanlarda sürü yönetimi uygulamalarının geleceği, geleneksel yöntemlerin yanı sıra yeni teknolojilerin entegrasyonunda yatmaktadır. Bu entegrasyon hem üreticilerin hem de hayvanların sağlık ve refahını korumak için sürdürülebilir çözümler sunabilir.

KAYNAKÇA

Abacı, Z.T. (2015). Ardahan tarımında gelişmiş teknolojilerin uygulanabilirliği. Iğdır Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 5(1): 37-44.

Akhigbe, I., Munir, K., Akinade, O., Akanbi, L., Oyedele, L.O. (2021). IoT technologies for livestock management: A review of present status, opportunities, and future trends. Big Data Cog Comput., 5(1): 10.

Ali, W., Ali, M., Ahmad, M., Dilawar, S., Firdous, A., Afzal, A. (2020). Application of modern techniques in animal production sector for human and animal welfare. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 8(2): 457-463.

Alonso, R.S., Sittón-Candanedo, I., García, Ó., Prieto, J., Rodríguez-González, S. (2020). An intelligent Edge-IoT platform for monitoring livestock and crops in a dairy farming scenario. Ad Hoc Networks, 98: 102047.

Amiridis, G.S., Cseh, S. (2012). Assisted reproductive technologies in the reproductive management of small ruminants. Animal reproduction science, 130(3-4): 152-161.

Aquilani, C., Confessore, A., Bozzi, R., Sirtori, F., Pugliese, C. (2022). Review: precision livestock farming technologies in pasture- based livestock systems. Animal, 16(1): 100429.

Arel, I., Rose, D.C., Karnowski, T.P. (2010). Deep machine learning - a new frontier in artificial intelligence research [research frontier]. IEEE Computational Intelligence Magazine, 5(4): 13-18.

Asher, A., Brosh, A. (2022). Decision Support System (DSS) for Man- aging a Beef Herd and Its Grazing Habitat's S ustainabilit y: Bio- logical/Agricultural Basis of the Technology and Its Validation. Agronomy, 12(2): 288.

Ayaz, M., Ammad-Uddin, M., Sharif, Z., Mansour, A., Ag-goune, E.H.M. (2019). Internet-of-Things (IoT)-based smart agricul- ture: toward making the fields talk. IEEE Access, 7: 129551-129583.

Aydan, A. (2019). Impact of artificial intelligence on agriculture, healthcare, and logistics. Annals of Spiru Haret University. Economic Series, 19(2): 167-175.

Bailey, D.W., Trotter, M.G., Knight, C.W., Thomas, M.G. (2018). Use of GPS tracking collars and accelerometers for rangeland livestock production research. Transl Anim Sci., 2(1): 81-88.

Bailey, D.W., Trotter, M.G., Tobin, C., Thomas, M.G. (2021). Oppor- tunities to apply precision livestock management on rangelands. Front Sustain Food Syst., 5: 611915.

Barığ, M., Çelikyürek, H. (2023). Van ili koyunculuk işletmelerinde kullanılan teknolojilerin tespiti. Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences, 8(4): 576-589.

Berckmans, D. (2006). Automatic on-line monitoring of animals by precision livestock farming. Livestock Production and Society, 287: 27-30.

Berckmans, D. (2014). Precision livestock farming technologies for wel- fare management in intensive livestock systems. OIE Revue Sci- entifique et Technique, 33(1):189-196.

Bertolozzi-Caredio, D., Garrido, A., Soriano, B., Bardaji, I. (2021). Implications of alternative farm management patterns to promote resilience in extensive sheep farming. A Spanish case study. J. Rural Stud., 86: 633-644.

Billah, M., Wang, X., Yu, J., Jiang, Y. (2022). Real-time goat face recognition using convolutional neural network. Computers and Electronics in Agriculture, 194: 106730.

Bloch, V., Barchilon, N., Halachmi, I., Druyan, S. (2020). Automatic broiler temperature measuring by thermal camera. Biosystems Engineering, 199: 127-134.

Bouhali, O. Bensmail, H. Sheharyar, A. David, F., Johnson, J.P. (2022). Veterinary sciences a review of radiomics and artificial intelligence and their application in veterinary diagnostic imaging. Veterinary Sciences, 9(11): 620.

Canaza-Cayo, A. W., Churata-Huacani, R., Çakmakçı, C., Rodríguez-Huanca, F. H., de Sousa Bueno Filho, J. S., Fernandes, T. J., De La Cruz, Y.C.R. (2024). Use of machine learning approaches for body weight prediction in Peruvian Corriedale Sheep. Smart Agricultural Technology, 100419.

Congdon, J.V., Hosseini, M., Gading, E.F., Masousi, M., Franke, M., Macdonald, S.E. (2022). The Future of Artificial Intelligence in

Monitoring Animal Identification, Health, and Behaviour. Animals, 12(13): 1711.

Cosentino, I. O., Balaro, M. F. A., Menchaca, A., Perez-Clariget, R., Ungerfeld, R., Brandão, F.Z. (2023). Recent advances in treatments for resynchronization of ovulation in small ruminants: a review. Animal Reproduction, 20: e20220111.

Cosentino, I.O., Balaro, M.F.A., Arashiro, E.K.N., Santos, J.D.R., Carvalho, A.B.S., Clariget, R.P., Ungerfeld, R., Brandão, F.Z. (2019). Hormonal protocols for early resynchronization of ovulation in ewes: the use of progestagens, eCG, and inclusion of early pregnancy diagnosis with color Doppler ultrasound. Theriogenology, 133: 113-8.

Costa, L.S., Pereira, D.F., Bueno, L.G.F., Pandorfi, H. (2012). Some aspects of chicken behavior and welfare. Brazilian Journal of Poultry Science, 14(3): 159-164.

de Rancourt, M., Fois, N., Lavín, M.P., Tchakérian, E., Vallerand, F. (2006). Mediterranean sheep and goats production: An uncertain future. Small Rumin. Res., 62: 167-179.

Derner, J.D., Hunt, L., Filho, K.E., Ritten, J., Capper, J., Han, G. (2017). Livestock production systems. In: Briske DD Rangeland Sys- tems: Processes, Management and Challenges. Springer International Publishing, 347-372.

Detsch, D.T., Conti, D., Diniz-Ehrhardt, M.A., Martínez, J.M. (2018). On the controlling of temperature: a proposal for a real-time controller in broiler houses. Scientia Agricola, 75(6): 445-451.

Dineva, K., Parvanov, D., Atanasova, T., Mateeva, G., Petrov, P., Kostadinov, G. (2021). Towards CPS/IoT system for livestock smart farm monitoring. International Conference Automatics and Informatics (ICAI), Varna, Bulgaria.

Dora, M., Kumar, A., Mangla, S.K., Pant, A., Kamal, M.M. (2022). Critical success factors influencing artificial intelligence adoption in food supply chains. International Journal of Production Research, 60(14): 4621-4640.

Dutta, P.A. (2021). Deep learning approach for animal breed classification-sheep. International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology, 9(5): 73-76.

Ergün, O.F., Bayram, B. (2021). Türkiye'de hayvancılık sektöründe yaşanan değişimler. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü. Bahri Dağdaş Hayvancılık Araştırma Dergisi, 10(2): 158-175.

Evans, K.M., Heuer, C., Gonzalez-Marín, C., Vishwanath, R. (2019). High resolution purity analysis of sex sorted sperm and the correlation to field results. J Dairy Sci.,102: 29.

Ezanno, P., Picault, S., Beaunée, G., et al., (2021). Research perspectives on animal health in the era of artificial intelligence. Veterinary Research, 52(1).

FAO (2023). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistics world livestock (1961e2007). https://www.fao.org/home/en

Fuentes, S., Gonzalez Viejo, C., Tongson, E., Lipovetzky, N., Dunshea, F. R. (2021). Biometric physiological responses from dairy cows measured by visible remote sensing are good predictors of milk productivity and quality through artificial intelligence. Sensors, 21(20): 6844.

Germani, L., Mecarelli, V., Baruffa, G., Rugini, L., Frescura, F. (2019). An IoT architecture for continuous livestock monitoring us- ing lora LPWAN. Electronics (Switzerland), 8(12): 1435.

Göncü, S., Gökçe, G. (2017). Türkiye'de sığır besiciliği işletmelerinde karlı ve sürdürülebilir üretim için teknolojik uygulamalar. Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 32(1): 29-34.

González-Marín, C., Góngora, C.E., Moreno, J.F., Vishwanath, R. (2021). Small ruminant SexedULTRA™ sperm sex-sorting: Status report and recent developments. Theriogenology, 162: 67-73.

Goyache, F., Coz, J.J., Quevedo, J.R. et al., (2001). Using artificial intelligence to design and implement a morphological assessment system in beef cattle. Animal Science, 73(1): 49-60.

Groher, T., Heitkämper, K., Umstätter, C. (2020). Digital technology adoption in livestock production with a special focus on ruminant farming. Animal, 14(11): 2404-2413.

Halachmi, I., Guarino, M., Bewley, J., Pastell, M. (2019). Smart animal agriculture: application of real-time sensors to improve animal well-being and production. Annu Rev Anim Biosci, 7: 403-425.

Hamadani, A., Ganai, N.A. (2023). Artificial intelligence algorithm comparison and ranking for weight prediction in sheep. Scientific Reports, 13(1): 13242.

Hamadani, A., Ganai, N.A., Alam, S., Mudasir, S., Raja, T. A., Hussain, I., Ahmad, S.M. (2022a). Artificial intelligence techniques for the prediction of body weights in sheep. Indian J. Anim. Res, 1-6.

Hamadani, A., Ganai, N.A., Mudasir, S., Shanaz, S., Alam, S., Hussain, I. (2022b). Comparison of artificial intelligence algorithms and their ranking for the prediction of genetic merit in sheep. Scientific Reports, 12(1): 18726.

Hewitt, C., Mahmoud, M. (2019). Pose-informed face alignment for extreme head pose variations in animals. In 2019 8th International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction (ACII), 1-6.

Horn, J., Isselstein, J. (2022). How do we feed grazing livestock in the future? A case for knowledge-driven grazing systems. Grass and Forage Science, 77(3):153-166.

Johnson, L.A., Pinkel, D. (1986). Modification of a laser-based flow cytometer for highresolution DNA analysis of mammalian spermatozoa. Cytometry, 7: 268e73.

Johnson, L.A., Welch, G.R. (1999). Sex preselection: high-speed flow cytometric sorting of X and Y sperm for maximum efficiency. Theriogenology, 52: 1323e41.

Jwade, S. A., Guzzomi, A., Mian, A. (2019). On farm automatic sheep breed classification using deep learning. Computers and Electronics in Agriculture, 167: 105055.

Kakani, V., Nguyen, V.H., Kumar, B.P., Kim, H., Pasupuleti, V.R. (2020). A critical review on computer vision and artificial intelligence in food industry. Journal of Agriculture and Food Research, (2): 100033.

Kopuzlu, S. (2023). Hayvancılık işletmelerinde sürü yönetimi, otomasyon ve yapay zekâ uygulamaları. Uluslararası Gıda Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi, 3(2): 75-86.

Kuba, J., Landete-Castillejos, T., Udała, J. (2015). Red deer farming: breeding practice, trends and potential in Poland-a Review. Ann Anim Sci., 15: 591e9.

Kumar, D., Jakhar, S.D. (2022). Artificial intelligence in animal surveillance and conservation. Impact of Artificial Intelligence on Organizational Transformation, 10: 73-85.

Kumar, I., Rawat, J., Mohd, N., Husain, S. (2021). Opportunities of artificial intelligence and machine learning in the Food industry. Journal of Food Quality, 2021(1): 10.

Kumari, M., Dhawal, K. (2021). Application of artificial intelligence (AI) in animal husbandry. Vigyan Varta, 2(2):27-29.

Laloë, D. (2019). Artificial Intelligence and Livestock New Data, New Approaches, INRA science & impact, DATAIA et Agriculture.

Ma, C., Sun, X., Yao, C., Tian, M., Li, L. (2020). Research on sheep recognition algorithm based on deep learning in animal husbandry. Journal of Physics: Conference Series, 1651: 012129.

Mahmoud, M., Lu, Y., Hou, X., McLennan, K., Robinson, P. (2018). Estimation of Pain in Sheep Using Computer Vision. In: Moore RJ (ed.). Handbook of Pain and Palliative Care: Biopsychosocial and Environmental Approaches for the Life Course. 145-157, Springer, Cham.

Mapletoft, R.J., Bó, G.A., Baruselli, P.S., Menchaca, A., Sartori, R. (2018). Evolution of knowledge on ovarian physiology and its contribution to the widespread application of reproductive biotechnologies in South American cattle. Anim Reprod, 15(1):1003-14.

McIntosh, M.M., Cibils, A.F., Estell, R.E., et al. (2021). Can cattle ge-olocation data yield behavior-based criteria to inform precision grazing systems on rangeland? Livest Sci., 255: 104801.

McLennan, K., Mahmoud, M. (2019). Development of an automated pain facial expression detection system for sheep (Ovis Aries). Animals, 9(4): 196.

Melak, A., Aseged, T., Shitaw, T. (2024). The Influence of Artificial Intelligence Technology on the Management of Livestock Farms. International Journal of Distributed Sensor Networks.

Menchaca, A., Rubianes, E. (2004). New treatments associated with timed artificial insemination in small ruminants. Reprod Fertil Dev., 16(4): 403-13.

Monteiro, J., Barata, J. (2021). Artificial intelligence in extended agri-food supply chain: a short review based on bibliometric analysis. Procedia Computer Science, 192: 3020-3029.

Morota, G., Ventura, R.V., Silva, F.F., Koyama, M., Samodha, C. (2018). Big data analytics and precision animal agriculture symposium: machine learning and data mining advance predictive big data analysis in precision animal Agriculture. Journal of Animal Science, 96(4): 1540-1550, 2018.

Morstatter, B. (2023). Using Artificial Intelligence (AI) in Dairy Farms Examples and Opportunities for AI and Machine Learning in the Dairy Sector Are Provided in a Recent Review in Applied Animal Science, Elsevier.

Nääs, I.D.A., Romanini, C.E.B., Neves, D.P., Nascimento, G.R.D., Vercellino, R.D.A. (2010). Broiler surface temperature distribution of 42 day old chickens. Scientia Agricola, 67: 497-502.

Nabwire, S., Suh, H.K., Kim, M.S., Baek, I., Cho, B.K. (2021). Review: Application of artificial intelligence in phenomics. Sensors, 21(13): 4363.

Navarro, E., Costa, N., Pereira, A. (2020). A systematic review of IoT solutions for smart farming. Sensors (Switzerland), 20(15):1-29.

Neeteson-van Nieuwenhoven, A.M., Knap, P., Avendaño, S. (2013). The role of sustainable commercial pig and poultry breeding for food security. Animal Frontiers, 3(1): 52-57.

Neethirajan, S. (2017). Recent advances in wearable sensors for animal health management. Sens Biosensing Res., 12: 15-29.

Neethirajan, S. (2022). Affective state recognition in livestock—artificial intelligence approaches. Animals, 12(6): 759.

Nyamuryekung'e, S. (2024). Transforming ranching: Precision livestock management in the Internet of Things era. Rangelands, 46(1): 13-22.

Ojo, M.O., Viola, I., Baratta, M., Giordano, S. (2022). Practical experi- ences of a smart livestock location monitoring system leverag- ing GNSS, LoRaWAN and Cloud services. Sensors, 22(1): 273.

Rao, Y., Jiang, M., Wang, W., Zhang, W., & Wang, R. (2020). On-farm welfare monitoring system for goats based on Internet of Things and machine

learning. International Journal of Distributed Sensor Networks, 16(7), 1550147720944030.

Sahni, V., Srivastava, S., Khan, R. (2021). Modelling techniques to improve the quality of food using artificial intelligence. Journal of Food Quality, 2021(1):10.

Sargison, N.D. (2016). Keys to solving health problems in small ruminants: Anthelmintic resistance as a threat to sustainable nematode control. Small Ruminant Research, 142: 11-15.

Samad, A., Hamza, M., Muazzam, A., Khoiruddin, M. (2022). Role of artificial intelligence in livestock and poultry farming, Sinkron: Jurnal Dan Penelitian Teknik Informatika, 7(4): 2425-2429.

Shanahan, M., Crosby, M., Beyret, B., Cheke, L. (2020). Artificial intelligence and the common sense of animals, 24(11): 862-872.

Silva, S.R., SacarrãoBirrento, L., Almeida, M., Ribeiro, D.M., Guedes, C., González Montaña, J.R., Pereira, A.F., Zaralis, K., Geraldo, A., Tzamaloukas, O., Cabrera, M.G., Castro, N., Argüello, A., Hernández-Castellano, L.E., Alonso-Diez, A.J., Martín, M.J., Cal-Pereyra L.G., Stilwell, G., de Almeidae, A.M. (2022). Extensive Sheep and Goat Production: The Role of Novel Technologies towards Sustainability and Animal Welfare. Animals, 12: 885.

Simões, J., Abecia, J.A., Cannas, A., Delgadillo, J.A., Lacasta, D., Voigt, K., Chemineau, P. (2021). Managing sheep and goats for sustainable high yield production. Animal, 15: 100293.

Stachowicz, J., Umstätter, C. (2021). Do we automatically detect health- or general welfare-related issues? A framework. Proc Royal Soc B Biol Sci., 288(1950): 20210190.

Sun, Z., Samarasinghe, S., Jago, J. (2010). Detection of mastitis and its stage of progression by automatic milking systems using artificial neural networks. Journal of Dairy Research, 77(2): 168-175.

Teixeira, A., Silva, S., Guedes, C., Rodrigues, S. (2020). Sheep and goat meat processed products quality: A Review. Foods, 9: 960.

Thomas, D.G., Son, J.H., Ravindran, V., Thomas, D.V. (2011). The effect of stocking density on the behaviour of broiler chickens. Korean Journal of Poultry Science, 38(1): 1-4.

Tırınk, C., Önder, H., Francois, D., Marcon, D., Şen, U., Shaikenova, K., Tyasi, T.L. (2023). Comparison of the data mining and machine learning algorithms for predicting the final body weight for Romane sheep breed. Plos one, 18(8): e0289348.

Tzounis, A., Katsoulas, N., Bartzanas, T., Kittas, C. (2017). Inter- net of Things in agriculture, recent advances and future chal- lenges. Biosyst Eng., 164:31-48.

Vaintrub, M.O., Levit, H., Chincarini, M., Fusaro, I., Giammarco, M., Vignola, G. (2021). Precision livestock farming, automats, and new technologies: possible applications in extensive dairy sheep farming. Animal, 15(3): 100143.

Viejo, C.G., Tongson, E., Dunshea, F.R. (2022). The Livestock Farming Digital Transformation: Implementation of New and Emerging Technologies Using Artificial Intelligence. Animal Health Research Reviews, 23(1).

VriesDe, A., Bliznyuk, N., Pinedo, P. (2023). Invited review: examples and opportunities for artificial intelligence (AI) in dairy farms. Applied Animal Science, 39(1): 14-22.

Wang, S., Jiang, H., Qiao, Y., Jiang, S., Sun, H.L. (2022). The research progress of vision-based artificial intelligence in smart pig farming. Sensors, 22(17): 6541.

Wathes, C.M., Kristensen, H.H., Aerts, J.M., Berckmans, D. (2008). Is precision livestock farming an engineer's daydream or night- mare, an animal's friend or foe, and a farmer's panacea or pitfall? Comput Electron Agric, 64(1): 2-10.

Werkheiser, I. (2018). Precision livestock farming and farmers' duties to livestock. Journal of Agric., and Environmental Ethics, 31(2): 181-195.

Williams, T., Wilson, C., Wynn, P., Costa, D. (2021). Opportunities for precision livestock management in the face of climate change: a focus on extensive systems. Anim Front, 11(5): 63-68.

Wishart, H.M. (2019). Precision livestock farming: potential application for sheep systems in harsh environments. Ph.D. Thesis, The University of Edinburgh, Edinburgh, UK.

BÖLÜM 3

KOYUN YETİŞTİRİCİLİĞİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİR ÜREME STRATEJİLERİ

Dr. Öğr. Üyesi Fatih Ahmet ASLAN | [1*]

[1*] Ordu Üniversitesi, Ulubey Meslek Yüksekokulu, Laboratuvar Teknolojisi, Ordu, Türkiye. faslan@odu.edu.tr, fatihahmetaslan@gmail.com, Orcid ID: 0000-0001-8237-6674

1. GİRİŞ

Hayvancılık sektöründe sürdürülebilirlik, ekolojik, ekonomik ve toplumsal boyutları kapsayan bir yaklaşımdır. Sürdürülebilir koyun yetiştiriciliğinde üreme süreçlerinin yönetimi, genetik çeşitliliğin korunması, biyoteknolojik yeniliklerin kullanılması ve çevresel etkilerin minimize edilmesini içeren bir dizi stratejiyle sağlanabilir. Bu bölüm, koyunlarda sürdürülebilir üreme stratejilerini, biyoteknolojik gelişmeleri ve çevresel sürdürülebilirlik perspektifinden incelemeyi amaçlamaktadır.

Sürdürülebilirlik, küresel çapta hayvancılık sektöründe giderek daha önemli bir konu haline gelmiştir. Artan dünya nüfusu ve azalan doğal kaynaklar, hayvancılığın çevresel etkilerini azaltma gerekliliğini ortaya koymaktadır. Koyun yetiştiriciliği özelinde bakıldığında, sürdürülebilir üreme stratejileri, hem üretkenliği artırmaya hem de genetik çeşitliliği koruyarak çevresel etkileri en aza indirmeye yönelik stratejileri içermektedir. Bununla birlikte, biyoteknolojik gelişmeler ve dijital araçların kullanımı, koyunlarda üreme verimliliğini optimize etme konusunda yeni fırsatlar sunmaktadır (Bell, 2015; Hoffmann, 2010).

Günümüzde, hayvancılık sektöründe sürdürülebilirliği sağlamak için genetik çeşitliliğin korunması önemli bir rol oynamaktadır. Genetik çeşitlilik, hayvanların çevresel streslere ve hastalıklara karşı dayanıklılığını artırırken, akrabalı yetiştirme (inbreeding) gibi sorunların ortaya çıkmasını önler. Akraba çiftleşmesi, doğurganlık oranlarını düşürerek, yavruların yaşam kalitesini olumsuz etkileyebilir (Frankham vd., 2010). Bu nedenle, sürdürülebilir koyun yetiştiriciliği programları, genetik çeşitliliği koruyarak üreme verimliliğini artırmayı amaçlayan stratejilere dayanır.

Sürdürülebilir üreme yönetimi, genetik çeşitliliğin yanı sıra biyoteknolojik ilerlemeler ve çevresel faktörleri de içerir. Suni tohumlama, embriyo transferi ve genetik modifikasyon gibi biyoteknolojik araçlar, koyun yetiştiriciliğinde genetik ilerlemeyi hızlandırırken, çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için önemli fırsatlar sunar. Suni tohumlama, genetik materyalin geniş çapta dağıtılmasını sağlarken, embriyo transferi daha fazla sayıda yüksek verimli koyun elde edilmesine olanak tanır (Evans ve Maxwell, 1987). Bunun yanı sıra, CRISPR-Cas9 gibi genetik mühendisliği teknikleri, koyunların genetik yapısını değiştirerek hastalıklara dayanıklılık ve üreme

verimliliği gibi özelliklerin geliştirilebileceği bir alan sunabilir (Barrangou ve Doudna, 2016).

İklim değişikliği ve çevresel bozulma, koyun yetiştiriciliği üzerinde de önemli etkiler oluşturmaktadır. Artan sıcaklıklar, su kıtlığı ve yem kaynaklarının azalması, üreme performansını olumsuz etkileyen faktörler arasında yer alır. Bu nedenle, sürdürülebilir üreme stratejileri, çevresel değişimlere karşı dayanıklı genetik yapıların seçilmesini gerektirir. Yerel çevresel koşullara uyum sağlayabilen koyunların seçilmesi, genetik dayanıklılığı artırabilir ve iklim değişikliğinin etkilerini azaltabilir (Thornton vd., 2009). Ayrıca, su ve yem kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi, üreme süreçlerinin optimizasyonunda kritik bir öneme sahiptir (Bell, 2015).

Dijital teknolojiler ve veri tabanlı yönetim sistemleri, sürdürülebilir koyun yetiştiriciliğinde giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Sensörler ve bulut tabanlı veri analizleri, koyunların üreme süreçlerini gerçek zamanlı izlemeye olanak tanır ve üreme döngüsünü optimize etmek için veriye dayalı kararlar alınmasını sağlar. Örneğin, kızgınlık döneminin doğru zamanlanması, tohumlama başarı oranlarını önemli ölçüde artırabilir (Kasimanickam vd., 2011; Hansen, 2014).

Genetik çeşitliliği koruyarak biyoteknolojik yenilikleri ve dijital araçları sürdürülebilir üreme stratejilerine entegre etmek, koyun yetiştiriciliğinin hem çevresel hem de ekonomik sürdürülebilirliğini güvence altına alacaktır. Bu bağlamda, sürdürülebilir üreme stratejileri sadece koyun popülasyonunun gelecekteki sağlığını korumakla kalmaz, aynı zamanda sektörün iklim değişikliği ve çevresel zorluklar karşısındaki dayanıklılığını artırmaya yardımcı olur.

2. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE GENETİK ÇEŞİTLİLİK

Koyun yetiştiriciliğinde sürdürülebilirlik, genetik çeşitliliğin korunması ve iyileştirilmesiyle doğrudan ilişkilidir. Genetik çeşitlilik, hayvan popülasyonlarının çevresel değişikliklere, hastalıklara ve diğer stres faktörlerine karşı dirençli kalmasını sağlar. Bu nedenle, genetik çeşitlilik sürdürülebilir üretim sistemlerinin temel taşlarından biri olarak kabul edilir (Frankham vd., 2010). Koyun popülasyonlarındaki genetik çeşitliliğin azalması, doğurganlık sorunlarına, zayıf bağışıklık sistemlerine ve üretim performansının düşmesine neden olabilir. Bu bölümde genetik çeşitliliğin

korunmasının sürdürülebilir koyun yetiştiriciliği için neden kritik olduğunu ve çeşitli üreme stratejilerinin bu süreçte nasıl rol oynadığını inceleyeceğiz.

2.1. Genetik Çeşitliliğin Önemi

Genetik çeşitlilik, popülasyonların genetik malzemesinde bulunan çeşitliliği ifade eder. Bu çeşitlilik, bireylerin çevresel streslere karşı farklı tepkiler vermesine olanak tanır ve evrimsel adaptasyon süreçlerinin temelini oluşturur. Genetik açıdan çeşitlilik gösteren popülasyonlar, hastalıklara karşı daha dirençli olup, iklim değişikliği gibi dışsal stres faktörlerine daha iyi uyum sağlayabilirler (Hoffmann, 2010). Koyun yetiştiriciliğinde genetik çeşitliliği korumak, hayvanların genel sağlık durumunu, üretkenliklerini ve yaşam sürelerini iyileştirme potansiyeline sahiptir.

Akrabalı yetiştirme (inbreeding), genetik çeşitliliği olumsuz etkileyen bir faktördür. Akrabalı yetiştirme, popülasyon içerisinde yakın genetik ilişkiye sahip bireylerin çiftleşmesiyle ortaya çıkar ve bu durum genetik hastalıkların yayılmasına, doğurganlık problemlerine ve yavrularda ölüm oranlarının artmasına yol açabilir (Frankham vd., 2010). Bu yüzden, sürdürülebilir koyun yetiştiriciliğinde akraba çiftleşmesini minimize eden stratejilerin uygulanması büyük önem taşır.

2.2. Genetik Seleksiyon ve Sürdürülebilirlik

Sürdürülebilir hayvancılık üretimi, gelecek nesiller için kaynakların sürekli olarak mevcut olmasını sağlamak adına önemlidir. Gelişmekte olan ülkelerdeki küçük ölçekli hayvancılık çiftliklerinin çoğu, çevresel, sosyal ve ekonomik açıdan sürdürülebilir olmadığı düşünülmektedir. Sert çevre koşullarına dayanıklı ve uyum sağlayabilen hayvanlarla tarım yapmak, özellikle yarı kurak ve kurak iklimlerin bulunduğu gelişmekte olan ülkelerde önemlidir. Genetik çeşitliliğin sürdürülebilirlik açısından önemli olduğu ve sürdürülebilir üretim ve üreme performansı için korunması gerektiği savunulmaktadır. Sürdürülebilir üretimi sağlamak için geleneksel damızlık ve genomi uygulamaları incelenmektedir. Hayvan damızlık yaklaşımları, özellikle genomu, küçük ölçekli koyun yetiştiriciliği sistemlerinin çevresel sürdürülebilirlik alanlarını iyileştirmek için uygulanabilir, ancak bu, küçük ölçekli üretimlerin belirli üretim ortamlarına, zorluklarına ve fırsatlarına yönelik hedeflenmelidir (Molotsi vd., 2017).

Sürdürülebilir tarım, doğal sistemlerin uzun vadeli korunmasını ifade eder; bu da mevcut kaynaklarla uyum içinde üretim yapmak, mevcut kaynakları aşırı şekilde kullanmamak, her bir tarım birimi için yeterli gelir sağlamak, temel gıda ihtiyaçlarını karşılamak ve kırsal ailelerin ve toplulukların mevcut ve yeni taleplerini karşılamak için gerekli olanakları sunmak anlamına gelir (Brown vd., 1987). Küçük ölçekli çiftçilerin hayvanlarının potansiyelini tam anlamıyla kullanabilme yetenekleri, altyapı eksiklikleri, yönetim sınırlamaları, yetersiz yem kaynakları ve hayvanlarının genetik iyileştirilmesi için yetersiz stratejiler gibi faktörler tarafından kısıtlanmaktadır (Rege vd., 2011). Bu kısıtlamalar, iklim değişikliği gibi sorunlarla daha da kötüleşmektedir; bu da gelecek nesillerin hayatta kalması için hayati öneme sahip olan su, arazi, bitki ve hayvan türleri gibi doğal kaynakların gelecekteki mevcudiyetini etkilemektedir (WRI., 2014). Bu nedenle, iklim değişikliğinin etkilerine dayanıklı hayvancılık sistemlerine ihtiyaç vardır. Dayanıklılık, bir ekosisteminin adaptif kapasitesine odaklanmaktadır (Anderies vd., 2013). Biyolojik çeşitlilik bir gösterge olarak ele alınmasına rağmen, hayvanlardaki biyolojik çeşitliliği gen seviyesinde (genetik çeşitlilik olarak adlandırılacaktır) ölçmeye yönelik çalışmalar yapılmamıştır ve bunun üretim ve üreme özellikleri üzerindeki etkisi incelenmemiştir. Genetik çeşitlilik, hayvancılıkta optimum üretim ve üreme sağlamak için gereken temel kaynağı oluşturur (Molotsi vd., 2017). Geleneksel ıslah stratejilerini kullanarak genetik iyileştirme sınırlı uygulamaya sahiptir ve genomik araçlar, küçük ölçekli koyun sürüleri için soyağacı bilgisi elde edilmesine yardımcı olabilir. Genomik araçlar ayrıca genetik çeşitliliği belirlemek ve sağlamlıkla ilişkili özellikler için neden olan varyantları tespit etmek için kullanılabilir; bu da sürdürülebilirlik açısından önem taşır ve bu amaçla tüm genom ilişkilendirme analizleri (GWAS) uygulanabilir (Kijas vd., 2012; Demars vd., 2013).

Yoğun ticari koyun yetiştiriciliği sistemlerinin sürdürülebilirlik sorunları, yoğunlaştırmanın etkileriyle ilişkilidir. Ticari çiftçiler için sürdürülebilirliğin ekonomik boyutu, gelir, verimlilik ve üretkenliğe bağlı olan kârlılık ile belirlenir (Lebacq vd., 2013). Yüksek kârlılık elde etmek için yüksek girdi ve dolayısıyla yüksek çıktı gerektiren bir sistem zorunludur. Bu üretim sisteminde kullanılan koyun ırkları önemlidir. Çünkü yüksek üreme performansı ve hızlı büyüme oranına sahip ırklar gereklidir. Merinos tipi ırklar gibi egzotik ırklar, yüksek doğurganlıkları nedeniyle bu sistemlerde yaygın

olarak kullanılır (Cloate vd., 2003). Yüksek üretim seviyelerine ulaşmak için yüksek hayvan yoğunluğu korunur, bu da otlakların aşırı otlatılmasına ve sonuç olarak bitki ve hayvan biyoçeşitliliğinin azalmasına yol açmıştır (Vitousek vd., 1997).

Genetik seleksiyon, belirli istenen özelliklere sahip bireylerin seçilerek üretilmesi sürecidir. Geleneksel olarak koyun yetiştiriciliğinde, et kalitesi, yün kalitesi, süt verimi ve doğurganlık gibi özellikler, genetik seleksiyonun ana hedefleri arasında yer almıştır. Ancak sürdürülebilirlik perspektifinden bakıldığında, yalnızca üretim performansına odaklanmak yeterli değildir; aynı zamanda hayvanların uzun vadeli sağlığını ve dayanıklılığını koruyan stratejiler de uygulanmalıdır (Lush, 1994). Genetik çeşitliliği koruyarak yapılan seleksiyon, popülasyonların gelecekteki çevresel değişikliklere uyum sağlamasını ve sürdürülebilir üretim sağlanmasını güvence altına alır.

Genetik çeşitliliğin korunmasına yönelik bir diğer önemli strateji ise melezlemedir. Melezleme, farklı genetik özelliklere sahip ırkların bir araya getirilerek daha dayanıklı ve verimli koyunlar elde edilmesini sağlar. Melezleme yoluyla genetik farklılıkların artırılması, genetik çeşitliliği destekler ve üretim performansını artırırken hastalıklara karşı direnci güçlendirebilir (Gibson vd., 2002).

2.3. Genetik Çeşitliliği Koruma Programları

Günümüzde genetik çeşitliliği korumaya yönelik çeşitli programlar ve stratejiler geliştirilmiştir. Genetik kaynakların korunması ve sürdürülebilir şekilde kullanılması, uzun vadede koyun yetiştiriciliğinin başarısı için kritik bir unsurdur. Gen bankaları, tehlike altındaki genetik materyali saklamak ve gelecekte bu kaynakları yeniden kullanıma sunmak için kullanılan önemli araçlardan biridir. Bunun yanı sıra, genetik materyalin korunması için biyoteknolojik araçlar da kullanılmaktadır (Henson, 1992).

Popülasyonların genetik olarak sürdürülebilir olmasını sağlamak, yalnızca mevcut popülasyonlar için değil, aynı zamanda gelecekteki nesiller için de hayati öneme sahiptir. Genetik materyalin koruma altına alınması ve sürdürülebilir yetiştiricilik programları ile birleştirilmesi, genetik çeşitliliğin sürekliliğini sağlayacaktır.

2.4. Akrabalı Yetiştirmenin Etkileri ve Kontrolü

Akrabalı yetiştirme, genetik çeşitliliğin azalmasına neden olan bir faktördür ve sürdürülebilir yetiştiricilik programları bu sorunu önlemek için dikkatli bir şekilde tasarlanmalıdır. Akraba çiftleşmesinin azaltılması, genetik çeşitliliğin korunması için önemlidir ve bu bağlamda soy kütükleri, çiftliklerde kullanılan genetik kayıtlar ve pedigriler dikkatli bir şekilde yönetilmelidir (Falconer ve Mackay, 1996).

Modern koyun yetiştiriciliği, genetik izleme teknolojileriyle bu tür riskleri minimize etme potansiyeline sahiptir. Genetik analiz araçları, çiftçilere bireylerin genetik yapısını analiz etme ve akrabalı yetiştirmeden kaçınma fırsatı sunar. Böylece koyun yetiştiriciliğinde hem sürdürülebilirlik hem de verimlilik hedeflenebilir.

3. İLERİ ÜREME TEKNOLOJİLERİ VE BİYOTEKNOLOJİ

Üreme teknolojileri, sürdürülebilir koyun yetiştiriciliğinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu teknolojiler, üreme süreçlerini optimize ederek genetik ilerlemeyi hızlandırır ve üretkenliği artırır. Suni tohumlama (AI), embriyo transferi (ET) ve in vitro fertilizasyon (IVF) gibi biyoteknolojik uygulamalar, genetik materyalin kontrollü bir şekilde aktarılmasını sağlar (Evans ve Maxwell, 1987).

Dişi koyun ve keçilere üreme biyoteknolojileri uygulamak, hayvansal protein üretimini artırmak, küçük ruminantları hayvan modelleri olarak kullanarak bilimsel bilgiyi geliştirmek ve yenilikçi biyomedikal teknolojiler geliştirmek için fırsatlar sunmaktadır. Çoklu ovülasyon ve embriyo transferi (MOET), in vitro embriyo üretimi (IVP) ve embriyo cinsiyetlendirme ve kriyoprezervasyon, kullanılabilir bazı biyoteknolojilerdir. Estrus döngüsünün kontrolü, çoklu ovülasyon sonuçlarının tahmini ve cerrahi olmayan embriyo geri kazanım prosedürlerinin gerçekleştirilmesindeki zorluklar, MOET programlarının ana engelleridir. IVP'de ise, belirli medyaların kullanımıyla oosit kalitesi ve verimliliği bir endişe kaynağıdır. Kriyoprezervasyondan sonra embriyo hayatta kalma oranlarının güçlendirilmesi, özellikle IVP embriyoları için önemlidir. Somatik hücre çekirdek transferi (SCNT) gibi daha ileri üreme biyoteknolojileri, küçük ruminantlarda giderek daha fazla uygulanmaktadır. SCNT, transgenik hayvanların üretimi için bir adım olarak düşünülebilir; ancak transgenesis uygulamaları için daha ileri kaynaklar geliştirilmekte ve bu

uygulamalar küçük ruminantlara zaten uygulanmıştır (Souza-Fabjan vd., 2023).

Yapılan bir çalışmada, dişi koyun ve keçilerde üreme biyoteknolojileri gözden geçirilmiştir. Estrus döngüsünün kontrolü konusunda daha derin bir anlayış elde edilmiştir ve non-invaziv transservikal embriyo geri kazanımı konusundaki ilerlemeler kaydedilmiştir. IVP ile ilgili olarak, küçük ruminantlarda elde edilen mevcut sonuçlar, sığırda elde edilen sonuçlarla benzerlik göstermektedir ve bu durum, ticari koyun ve keçi üretim sistemleri için bu embriyo üretim tekniğinin güvenli bir şekilde uygulanmasına olanak tanımaktadır. Önemli bir şekilde, kriyoprezervasyondan sonra hayatta kalma ve gebelik kurulumu konusunda önemli ilerlemeler sağlanmıştır, özellikle de MOET kaynaklı embriyolar için. SCNT ile ilgili olarak, karyoplastların, sitoplastların elde edilmesi için uygun koşulların belirlenmesine ve embriyo rekonstrüksiyonu öncesinde ve sonrasında ayarlamalar yapmaya odaklanılmıştır. Transgenesis gerçekleştirmek için, CRISPR/Cas9 sistemi gibi kolay ve maliyeti düşük moleküler tabanlı yaklaşımlar birçok araştırma grubu ve sanayi için erişilebilir hale getirilmiş ve bu uygulama, biyoreaktör hayvanlarının üretiminde şüphesiz öncü bir anlayış sunmuştur (Souza-Fabjan vd., 2023; Gupta vd., 2018).

3.1. Suni Tohumlama (Artificial Insemination - AI)

Suni tohumlama, koyun yetiştiriciliğinde en yaygın kullanılan biyoteknolojik yöntemlerden biridir. Bu teknik, seçilmiş bir koçtan alınan spermanın, dişi koyunun rahmine doğrudan enjekte edilmesiyle gerçekleşir. Suni tohumlama, üstün genetik materyalin geniş çapta yayılmasını sağlar, genetik ilerlemeyi hızlandırır ve hastalık bulaşma riskini azaltır (Evans ve Maxwell, 1987). Ayrıca, suni tohumlama sayesinde, doğal çiftleşme sırasında karşılaşılan coğrafi ve fizyolojik sınırlamalar ortadan kalkar. Bu teknolojinin avantajlarından biri de, koyun sürülerinin genetik iyileştirilmesi sürecini hızlandırmasıdır. Seçilmiş koçlardan alınan spermanın depolanabilmesi ve dünya genelinde taşınabilmesi, genetik materyalin daha geniş bir coğrafi alana yayılmasını sağlar. Bunun sonucunda, yerel sürüler genetik olarak daha zengin hale getirilirken, genetik çeşitlilik korunur (Foote, 2002).

3.2. Embriyo Transferi (Embryo Transfer – ET)

Embriyo transferi, koyun yetiştiriciliğinde genetik materyalin hızlı bir şekilde çoğaltılmasına olanak tanıyan bir başka ileri biyoteknoloji yöntemidir. Bu teknikte, genetik olarak üstün niteliklere sahip bir dişi koyundan alınan embriyolar, daha az genetik değere sahip dişi koyunlara transfer edilir. Bu sayede, genetik olarak değerli embriyoların gelişimi farklı bireylerde tamamlanır ve bu durum genetik materyalin geniş çapta yayılmasını sağlar (Galli vd., 2003).

Embriyo transferi, koyun popülasyonlarının genetik iyileştirilmesi açısından önemli bir araçtır. Üstün genetik özelliklere sahip koyunların daha fazla sayıda yavru vermesi, genetik ilerlemenin hızlanmasına ve sürülerin verimliliğinin artmasına olanak tanır. Ayrıca, embriyo transferi teknolojisi, nadir ve tehlike altındaki koyun ırklarının korunmasına da katkıda bulunur, çünkü bu ırklardan alınan embriyolar başka koyunlara transfer edilerek soylarının devamı sağlanabilir (Hasler, 2003).

3.3. In Vitro Fertilizasyon (IVF)

In vitro fertilizasyon (IVF), embriyo transferinden bir adım daha ileri giderek, dişi koyunun yumurtalarının laboratuvar ortamında döllenmesini sağlar. Bu teknik, daha fazla sayıda embriyo üretimine olanak tanıdığı gibi, genetik manipülasyon ve embriyo seçimi gibi ileri teknolojilerle birleştirildiğinde genetik ilerlemenin hızlandırılmasına büyük katkı sağlar (Galli vd., 2003).

IVF, koyun yetiştiriciliğinde üstün genetik özelliklere sahip bireylerin seçilmesi ve bu bireylerin popülasyona kazandırılması açısından önemli bir araçtır. Laboratuvar ortamında döllenen embriyoların kalitesinin kontrol edilebilmesi, daha sağlıklı ve verimli koyunların yetiştirilmesini mümkün kılar. Ayrıca, IVF teknolojisi embriyo üretimini optimize ederek, genetik çeşitliliği artırmak ve nadir genetik hatları korumak için de kullanılabilir.

3.4. Semen Cinsiyetleme Teknolojisi

3.4.1. Floresans Aktivasyonlu Hücre Ayırma (FACS)

Son 40 yılda, X ve Y kromozomu taşıyan spermatozoaları ayırmaya yönelik önemli çabalar gösterilmiştir, ancak özellikle sığırda başarı oldukça sınırlıdır (Garner ve Seidel, 2003). Sperm cinsiyetleme için en son ve en yaygın

olarak benimsenen teknoloji, spermatozoaların DNA içeriğine dayanmaktadır. X kromozomu taşıyan spermatozoalar, Y kromozomu taşıyanlara kıyasla yaklaşık %3.4 daha fazla DNA taşımaktadır. Bu nedenle, X ve Y kromozomu taşıyan floresan etiketli sperm hücreleri, floresans aktivasyonlu hücre ayırma (FACS) ile farklı fraksiyonlara ayrılabilir (Maxwell ve Johnson., 1997). Ancak, bu prosedür oldukça yavaş, maliyetli ve hücrelerde sub-lethal hasarlara yol açmaktadır (Hollinshead vd., 2003). Bu durum, alıcı dişinin serviks veya uterusuna sperm yerleştirme işleminin standart uygulamalarını sınırlamaktadır. Cinsiyet sıralı spermaların, yüksek başarı oranları elde etmek için fallop tüpüne veya uterusun derinliklerine yerleştirilmesi gerektiğine inanılmaktadır. Koyun veya keçilerde, spermaların servikal olarak yerleştirilmesi oldukça zordur. Bazı özel durumlarda, spermayı uterus içine yerleştirmek için laparoskopik yöntemler gerekebilir. Bu nedenle, sığırlarla karşılaştırıldığında, koyunlarda cinsiyet sıralı dondurulmuş spermaların fallop tüpüne yerleştirilmesi pratik değildir.

3.4.2. Sperm Cinsiyetlemede İmmünolojik Yöntem

Sperm cinsiyetlemede immünolojik yöntemlerin temeli, eğer X ve Y spermatozoaların farklı türler arasında genetik DNA içerikleri açısından farklılık gösteriyorsa, bunun protein farklılıklarına da yol açacağı spekülasyonuyla başlamıştır. Son zamanlarda, Chen vd. (2014) X ve Y kromozomu taşıyan sığır spermalarının en az 31 genin ekspresyonu açısından farklılık gösterdiğini bildirmiştir. Bu genlerden 27'si X sperminde yukarı düzenlenmişken, 4'ü Y sperminde yukarı düzenlenmiştir. Bu durum, X ve Y sperm proteinleri arasında fenotipik farklılıklara yol açmaktadır. Eğer bu proteinler sperm yüzeyinde ekspresse ediliyorsa ve böyle bir belirteci izole/kimliklendirebilirse, o zaman bu belirteç için antikorlar ile birlikte immünolojik yöntemler (örneğin immünfloresan etiketleme, immunopresipitasyon ve immünotoksisite yaklaşımları) kullanılarak X ve Y spermatozoaları ayrılabilir (Seidel ve Johnson., 1999). Bu yöntem, cinsiyet sıralı spermaların hızlı bir şekilde kurtarılması için konvansiyonel FACS yönteminden çok daha maceralı olabilir. Ancak, doğru spermayı tespit etme ve muhtemelen spesifik antikorlar kullanarak ayırma doğruluğu, sperm yüzey protein belirteçlerinin kimliklendirilmesi ve seçilen protein hedeflerine antikorların erişilebilirliği ile bağlantılıdır (DeCanio vd., 2014).

3.4.3. Somatik Hücre Nükleer Transferi (Klonlama)

Somatik hücre nükleer transferi (SCNT) tekniği, klonlanacak organizmadan elde edilen sağlam diploit çekirdeklerin izolasyonunu ve bunların çekirdeği çıkarılmış yumurta hücresine transferini içerir (Iguma vd., 2005). SCNT tekniğinin potansiyel uygulamaları, farklı yerli türlerde, özellikle de koyunlarda (Wilmut vd., 1997), sığırlarda (Kato vd., 1998), keçilerde (Baguisi vd., 1999) ve atlarda (Galli vd., 2003a) klonlanmış hayvanların doğumlarının rapor edilmesiyle büyük ilgi görmüştür. Bu teknik, ilk olarak meme epitelyum hücresinden Dolly adındaki koyunun üretilmesi için kullanılmıştır (Wilmut vd., 1997). Ancak, SCNT'nin önemli dezavantajları bulunmaktadır. Bunlar arasında son derece yüksek gebelik kaybı oranı, yavruların düşük hayatta kalma oranı ve nükleer DNA'nın yanlış yeniden programlanması ve epigenetik müdahaleleri nedeniyle olağanüstü gelişim anormallikleri yer almaktadır.

3.4.4. Genetik Mühendisliği ve CRISPR-Cas9

Son yıllarda sıkça gündeme gelen transgen uygulamaları, özellikle insanlar ve diğer canlılar üzerindeki olası uzun vadeli etkileri konusunda endişelere yol açmaktadır. Bu endişeler, transgen teknolojisinin zararlarına dair şüphelerin günümüzde tam olarak giderilememesine sebep olmuştur. Bu nedenle, transgenik olmayan organizmaların geliştirilmesinde genom düzenleme teknikleri, güvenilir bir alternatif olarak ön plana çıkmaktadır. Yakın geçmişte, ZFN (Çinko Parmak Nükleazları), TALEN (Transkripsiyon Aktivasyonu Benzeri Efektör Nükleazlar) ve CRISPR/Cas9 (Düzenli Aralıklarla Bölünmüş Palindromik Tekrar Kümeleri/CRISPR ilişkili Cas9) gibi sistemlerin, herhangi bir genomda hedeflenen bölgeleri değiştirmek için uygulanabilir yöntemler olduğu kanıtlanmıştır. Bu teknikler hem bitkilerde hem de hayvanlarda başarılı bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Esen vd., 2020).

Genetik mühendisliği, hayvanların genetik yapısını değiştirme yoluyla, hastalıklara karşı direnç, verimlilik artışı ve çevresel stres faktörlerine dayanıklılık gibi özelliklerin geliştirildiği bir teknolojidir. Kümelenmiş düzenli aralıklı kısa palindromik tekrarlar (CRISPR) ve CRISPR-Cas9 (Abdelrahman vd., 2018) gibi yeni gen düzenleme teknikleri, genetik mühendisliğinde yenilikçi olmuştur. Bu yöntemle, koyunların DNA'sında istenilen genetik

değişiklikler yapılabilmekte, bu da genetik hastalıkların ortadan kaldırılması ve istenilen özelliklerin hızla popülasyonlara kazandırılmasını sağlamaktadır (Barrangou ve Doudna, 2016; Lu vd., 2024). Daha iyi hayvan ırkları yetiştirmek ve hayvancılığın verimliliğini artırmak için genomu spesifik olarak ve aynı anda birden fazla lokusu kullanarak doğru bir şekilde düzenlemek gereklidir. Yapılan bu çalışmada, CRISPR–Cas9 teknolojisi ve hayvan ve kanatlı hayvan ıslahındaki uygulamaları incelenmiş ve CRISPR–Cas9 teknolojisinin büyükbaş hayvanlarda genom transkripsiyonel düzenleme ve epigenetik gibi yeni ıslah yöntemlerini incelemek için kullanılmasına yönelik bir referans sağlanmıştır (Abdelrahman vd., 2018).

CRISPR, bakteriler ve arkeler içerisinde bulunan adaptif bir bağışıklık sistemidir. Bu sistem, Cas9 proteini, fonksiyonel genler, kısa düzenli kümelenmiş tekrar dizileri ve 5′ten 3′e doğru sıralanmış benzer uzunlukta spacer DNA dizilerinden oluşur (Horvath ve Barrangou., 2010; Han vd., 2015). CRISPR, dış kaynaklı viral DNA'nın saldırılarına karşı etkili bir savunma mekanizması oluşturarak genetik bilgiyi korur (Vink vd., 2021). CRISPR aracılığıyla kodlanan proteinler "Cas" (CRISPR ile ilişkili proteinler) olarak adlandırılır. Bu proteinler, bir nükleaz bölgesi (RuvC-benzeri) ile nükleaz fonksiyonel bölgeleri (McrA-benzeri HNH) içeren bir nükleik asit endonükleazıdır ve esas olarak nükleik asitlere bağlanan fonksiyonel proteinleri kodlar (Perisse vd., 2021).

Cas proteinleri, farklı etki mekanizmalarına göre iki sınıfa ve altı tipe ayrılmaktadır (Pelletier vd., 2015; Abdelrahman vd., 2018). Sınıf 1, tip I, III ve IV'ü kapsarken; sınıf 2, tip II, V ve VI'yı içerir. Bu gruplar arasında, tip II CRISPR–Cas9 sistemi, en basit yapısına sahip olmasının yanı sıra güçlü spesifiklik ve yüksek verimlilik sunduğundan, hayvanların genetik ıslahını, üreme performansını ve besin alım seviyelerini iyileştirmek için kullanılan en gelişmiş gen düzenleme teknolojisidir (Pelletier vd., 2015).

CRISPR-Cas9 gibi teknolojiler, hayvancılık sektöründe verimliliği artırmakla kalmayıp, aynı zamanda koyunların çevresel stres faktörlerine karşı daha dayanıklı olmasını sağlayarak sürdürülebilirliği de desteklemektedir. Örneğin, ısıya dayanıklı koyunlar yetiştirmek veya hastalıklara karşı doğal bağışıklığı artırmak, genetik mühendisliği sayesinde mümkün hale gelmiştir (Tang vd., 2017).

4.BİYOTEKNOLOJİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİR KOYUN YETİŞTİRİCİLİĞİNE ETKİSİ

Üreme performansını iyileştirmek, ıslahın temel hedeflerinden biridir. Fec gen ailesi, koyunların doğurganlığı ile ilişkilidir. Zhou vd. (2018), CRISPR–Cas9 kullanarak koyun zigotuna tek sarmallı FecB DNA oligonükleotidleri enjekte ettiler ve FecB homozigot mutant koyunlar yetiştirerek, FecB homozigot dişi koyunların sadece daha yüksek kuzulama oranlarına değil, aynı zamanda daha iyi üreme oranlarına sahip olduğunu kanıtladılar. CRISPR–Cas9, kuzulama oranını artırmak için aynı anda HYAL2 ve PrP genlerini düzenler (Kalds vd., 2019). Niu vd. (2017), keçi büyüme farklılaşma faktörü 9 (GDF9) geninde nokta mutasyonları tanıttılar ve bunların ovulasyon oranını ve yavru sayısını etkilediğini buldular. Zhang vd. (2017), koyunlarda kemik morfogenetik protein reseptör tipi IB (BMPR-IB) geninde işlevsel silme mutasyonları indüklemek için CRISPR–Cas9 kullandılar ve ovulasyon oranını ve yavru sayısını artırdılar. Zhou vd. (2018), ssODN'ler temel alınarak, BMPR-1B gen düzenlemeli koyunlar yetiştirmek için nokta mutasyonları eklediler. Tian vd. (2018), AANAT genini dondurulmuş ve dondurulmamış koyun embriyolarına mikroenjeksiyonla verdiler ve sonuçlar, transgenik yavruların iki ortam arasındaki üreme yeteneklerinde önemli bir fark olmadığını, ancak AANAT transgenik bireylerin iyi üreme yeteneklerine sahip olduğunu gösterdi. Böylece, CRISPR–Cas9, çiftlik hayvanlarında ideal özelliklerin geliştirilmesi için etkili bir düzenleme aracı olduğunu ve hayvancılığın gelişimini teşvik ettiğini belirtmişlerdir.

Biyoteknoloji, aynı zamanda iklim değişikliği gibi çevresel zorluklara karşı da etkili bir araçtır. Genetik mühendisliği ile çevresel streslere dayanıklı koyunlar geliştirmek, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini azaltabilir. Ayrıca, ileri üreme teknolojileri, genetik materyalin daha geniş coğrafi alanlara yayılmasını sağlayarak, iklim değişikliğinin etkilerini azaltmak için küresel çözümler sunar (Hoffmann, 2010).

5.DİJİTAL VE VERİ ODAKLI ÜREME TAKİBİ

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte koyun yetiştiriciliğinde üreme süreçlerinin takibi ve yönetimi için dijital ve veri odaklı sistemler büyük bir yenilik yapmıştır. Dijitalleşme, sürü yönetiminden üreme döngüsünün izlenmesine kadar birçok alanda yetiştiricilere daha etkili ve verimli araçlar

sunmaktadır. Bu teknolojiler, üreme verimliliğini artırarak, doğurganlık oranlarını optimize etmek, doğum sürecini izlemek ve genetik ilerlemeyi hızlandırmak için kullanılmaktadır (Wolfert vd., 2017). Sensörler, veri analiz yazılımları, yapay zeka (AI) ve büyük veri gibi dijital araçlar, koyun yetiştiriciliğinde önemli yenilikler getirmiştir.

Hayvan ıslahının temel gereksinimi, doğru ve güvenilir soy bilgileri ve karmaşık hesaplamaları kolaylaştıran araçların mevcut olmasıdır. Bu bağlamda, Akıllı Koyun Yetiştiricisi (SSB) şelale metodolojisi ve birden fazla programlama dili kullanılarak geliştirilmiştir. Bu, çok amaçlı çevrimiçi yapay zeka (AI) tabanlı ve nesnelerin interneti (IoT) uyumlu bir karar destek sistemi (DSS)dir. SSB, otomatik performans kaydı, çiftlik veri yönetimi, veri madenciliği, biyometrik analiz, e-yönetim ve koyun çiftliklerinde karar verme gibi işlemleri gerçekleştirme kapasitesine sahiptir. Genetik meritlere dayalı olarak birden fazla çiftlikte koyunları sıralayabilen merkezi bir veritabanı da geliştirilmiştir ve gen kaynaklarının etkili bir şekilde yayılmasını sağlar (Hamadani ve Ganai., 2022).

5.1. Üreme Takibinde Dijital Teknolojilerin Kullanımı

Üreme takibinde dijitalleşme, koyunların kızgınlık döngüsünün, gebelik durumlarının ve doğum süreçlerinin otomatik ve hassas bir şekilde izlenmesini sağlar. Bu dijital sistemler, hayvanların davranışlarını ve fizyolojik değişimlerini izlemek için sensörler, RFID (Radyo Frekanslı Tanımlama) etiketleri ve akıllı cihazlar kullanır. Kızgınlık döngüsü gibi önemli dönemlerin zamanında belirlenmesi, başarılı bir üreme için kritik öneme sahiptir. Örneğin, kızgınlık takibi yapan sensörler, koyunların hareketlerini izleyerek, bu dönemdeki değişiklikleri belirler ve çiftçiye anlık bildirim gönderir (Dobos vd., 2014).

Bir yetiştirme programına dahil edilebilmesi için ölçülen her özelliğin kalıtsal olması ve ölçüm maliyetlerini haklı çıkaracak kadar ekonomik öneme sahip olması gerekmektedir. Genomik yetiştirme değerlerini doğru bir şekilde hesaplamak için yeterince hayvanın ölçülmesi gerektiğinden, hesaplamaları gerçekleştirebilmek için yeterli büyüklükte bir referans popülasyonu bulunmalıdır (Calus., 2010). Bu nedenle, yetiştirme değerlendirmeleri için veri toplamada ölçümü nispeten basit olan özellikler tercih edilmektedir. Zamanla, seçim için hedeflenen özelliklerin kapsamı, tamamen üretim odaklı olmaktan

çıkmış ve verimlilik özelliklerinin yanı sıra sağlık ve doğurganlık gibi daha dengeli bir yetiştirme hedefine yönelmiştir (Miglior vd., 2017).

Bu sistemlerin bir başka önemli uygulaması da gebelik takibidir. Ultrason cihazları ve diğer görüntüleme teknolojileri, koyunların gebelik durumlarını doğru bir şekilde belirlemek için kullanılabilir. Gebe koyunlar, dijital sistemler aracılığıyla sürekli olarak izlenebilir, bu da hem doğum zamanının tahmin edilmesine hem de doğum sürecinin daha yakından takip edilmesine olanak tanır (Cornou, 2009).

5.2. Büyük Veri ve Yapay Zeka Tabanlı Çözümler

Büyük veri (big data) Yapay zeka (AI) tabanlı teknolojiler, koyun yetiştiriciliğinde üreme süreçlerinin optimize edilmesi için kullanılır. Bu teknolojiler, geniş veri kümelerini analiz ederek, hayvanların üreme performansını artırmak için en uygun stratejileri belirler. Yapay zeka, koyunların bireysel üreme döngülerini öğrenebilir ve gelecekteki üreme başarılarını tahmin etmek için algoritmalar geliştirebilir. Bu, çiftçilerin hangi koyunların en verimli olduğunu tespit etmelerine ve genetik olarak üstün özelliklere sahip bireyleri seçmelerine yardımcı olur (Kamilaris vd., 2017).

Büyük veri tabanlı sistemler, koyun yetiştiriciliği için uzun vadeli stratejiler oluşturmayı mümkün kılar. Üreme döngüsü verilerinin toplanması ve analiz edilmesi, sürünün genel üretkenliğini artırmak için hangi değişikliklerin yapılması gerektiği konusunda çiftçilere rehberlik eder. Örneğin, koyunların beslenme alışkanlıkları, sağlık durumları ve çevresel koşullara verdikleri tepkiler analiz edilerek, üreme performansı üzerinde etkisi olan faktörler belirlenebilir. Bu tür veri odaklı yaklaşımlar, koyun yetiştiriciliğinde karar alma süreçlerini daha bilimsel ve kanıta dayalı hale getirir (Tullo vd., 2019).

5.3. Blockchain ile İzlenebilirlik

Blockchain teknolojisi, hayvancılıkta veri güvenliği ve izlenebilirlik açısından büyük bir yenilik sunmaktadır. Üreme döngüsünden doğuma kadar olan süreçte her adımın kayıt altına alınması, koyun yetiştiriciliğinde şeffaflık ve izlenebilirlik sağlar. Blockchain sayesinde, her hayvanın genetik bilgileri, sağlık durumu ve üreme kayıtları güvenli bir şekilde saklanabilir ve tüm üretim süreci boyunca takip edilebilir. Bu sistemler, koyun yetiştiriciliğinde sahtecilik

riskini ortadan kaldırarak, genetik materyalin doğruluğunu ve hayvan refahını garanti eder (Tian, 2016).

Blockchain tabanlı izlenebilirlik aynı zamanda tüketici güvenini artırmak için de önemli bir araçtır. Tüketiciler, et veya yün gibi hayvansal ürünlerin hangi koşullar altında üretildiğini ve hayvanların hangi genetik özelliklere sahip olduğunu öğrenebilir. Bu şeffaflık, sürdürülebilir hayvancılığa olan talebin artmasına ve daha etik üretim standartlarının benimsenmesine yardımcı olur (Kamilaris vd., 2017).

5.4. Dijitalleşmenin Üreme Verimliliğine Katkıları

Dijital teknolojiler, koyun yetiştiriciliğinde üreme verimliliğini önemli ölçüde artırır. Sensörler ve veri analiz sistemleri, koyunların üreme döngülerini daha hassas bir şekilde izleyerek, çiftçilere doğru zamanda doğru müdahaleleri yapma olanağı sağlar. Bu, hem üreme başarısını artırır hem de sürü yönetimini daha etkili hale getirir.

Özellikle küçük ve orta ölçekli çiftlikler için dijital teknolojiler, verimliliği artırmak ve işletme maliyetlerini düşürmek açısından önemli bir avantaj sunar. Dijital sistemler, manuel işlemleri ortadan kaldırarak, insan hatasını en aza indirir ve çiftçilerin hayvanların sağlık ve üreme durumlarını daha kolay izlemelerini sağlar (Wolfert vd., 2017).

5.5. Zorluklar ve Gelecek Potansiyeli

Dijital ve veri odaklı üreme takibi, önemli fırsatlar sunmasına rağmen bazı zorlukları da beraberinde getirir. Teknolojinin maliyeti, özellikle küçük ölçekli üreticiler için bir engel olabilir. Ayrıca, bu sistemlerin doğru bir şekilde çalışabilmesi için sürekli veri girişi ve bakım gerektirir. Bununla birlikte, teknolojiye dayalı koyun yetiştiriciliği sistemleri hızla gelişmekte ve daha geniş kitleler tarafından benimsenmektedir (Kamilaris vd., 2017).

Dijitalleşmenin koyun yetiştiriciliğindeki geleceği, yapay zeka ve makine öğrenimi gibi daha ileri teknolojilerin kullanımıyla şekillenecektir. Özellikle, koyunların genetik yapısının daha iyi anlaşılması ve üreme döngülerinin daha etkin yönetimi, dijitalleşme ile büyük ölçüde kolaylaştırılacaktır. Bu durum, sürdürülebilir ve verimli bir koyun yetiştiriciliği sistemi oluşturmak için kritik bir rol oynayacaktır (Wolfert vd., 2017).

6. SONUÇ

Koyun yetiştiriciliğinde sürdürülebilirlik, genetik çeşitliliğin korunması ve bu çeşitliliğin etkin yönetimiyle yakından ilişkilidir. Genetik çeşitlilik, popülasyonların uzun vadeli sağlığı ve adaptasyon yeteneği için hayati öneme sahiptir. Akrabalı yetiştirmenin önlenmesi, bilinçli genetik seleksiyon programlarının uygulanması ve genetik kaynakların korunması, koyun yetiştiriciliğinde sürdürülebilirliğin temel taşlarıdır. Bu bağlamda biyoteknolojik yenilikler ve genetik izleme teknolojileri, melezleme programları ile birlikte önemli bir rol oynar. Bu stratejilerin başarılı bir şekilde hayata geçirilmesi, gelecekteki çevresel ve ekonomik zorluklara karşı koyun popülasyonlarının dirençli kalmasını sağlar.

İleri üreme teknolojileri ve biyoteknoloji, koyun yetiştiriciliğinde büyük fırsatlar sunmaktadır. Suni tohumlama, embriyo transferi, in vitro fertilizasyon (IVF) ve genetik mühendisliği gibi teknolojiler, genetik çeşitliliği korumanın yanı sıra, daha yüksek verimlilik ve iyileştirilmiş genetik özellikler sunarak üretimin kalitesini artırmaktadır. Bu teknolojilerin sürdürülebilir stratejilerle entegrasyonu, hem ekonomik getirileri yükseltir hem de çevresel sürdürülebilirliği güçlendirir. Özellikle suni tohumlama ve embriyo transferi gibi teknikler, genetik materyalin daha geniş bir coğrafyada etkin bir şekilde kullanılmasına olanak tanıyarak, koyun yetiştiriciliğinde küresel bir ivme kazandırmaktadır.

İklim değişikliğinin koyun yetiştiriciliği üzerindeki olumsuz etkileri gün geçtikçe daha belirgin hale gelmektedir. İklim kaynaklı ısı stresi, yem ve su kaynaklarının azalması ve hastalıkların yayılma hızındaki artış, koyun yetiştiriciliği için ciddi tehditler oluşturmaktadır. Ancak bu tehditlere karşı koymak için biyoteknolojik araçlar, genetik iyileştirme stratejileri ve sürdürülebilir mera yönetimi büyük önem taşımaktadır. Genetik iyileştirme yöntemleri ile iklim değişikliğine dayanıklı koyun ırkları geliştirilerek, bu zorluklara karşı daha dirençli ve uyumlu popülasyonlar oluşturulabilir. Ayrıca, biyoteknoloji ile desteklenen stratejiler, çevresel değişimlerin olumsuz etkilerini azaltarak üretimin sürdürülebilir olmasını sağlayacaktır.

Dijital teknolojilerin hayvancılık sektörüne entegrasyonu, koyun yetiştiriciliğinde devrim niteliğinde bir değişim oluşturmaktadır. Veri odaklı üreme takibi, sensör teknolojileri, büyük veri analizleri ve blockchain gibi dijital araçlar, üreme süreçlerinin daha verimli ve doğru bir şekilde izlenmesine

olanak tanır. Bu sistemler, bireysel koyunların sağlık durumları, üreme döngüleri ve genetik potansiyelleri hakkında anlık veri sağlayarak, yetiştiricilere daha bilinçli kararlar alma imkanı sunmaktadır. Gelecekte yapay zeka ve makine öğrenimi gibi ileri dijital teknolojilerin de bu sistemlere entegre edilmesiyle, daha yüksek verimlilik ve çevresel sürdürülebilirlik elde edilmesi beklenmektedir. Bu dijital yenilikler, koyun yetiştiriciliğinin daha akıllı ve veri temelli bir sektöre dönüşmesini sağlayarak, hem üretim kalitesini artırmakta hem de çevresel ayak izini azaltmaktadır.

Sonuç olarak, koyun yetiştiriciliğinde sürdürülebilirlik ve verimlilik, genetik çeşitliliğin korunması, biyoteknolojik yeniliklerin kullanımı, iklim değişikliğine uyum ve dijital teknolojilerin entegrasyonuyla sağlanabilir. Bu faktörlerin etkili bir şekilde bir araya getirilmesi, gelecekte koyun popülasyonlarının sağlıklı kalmasını ve üretim sistemlerinin çevresel zorluklara karşı dirençli olmasını mümkün kılacaktır.

KAYNAKÇA

Abdelrahman, M., Al-Sadi, A. M., Pour-Aboughadareh, A., Burritt, D. J., & Tran, L.-S. P. (2018). Genome editing using CRISPR/Cas9–targeted mutagenesis: An opportunity for yield improvements of crop plants grown under environmental stresses. Plant Physiology and Biochemistry, 131, 31–36. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.03.012

Anderies, J. M., Folke, C., Walker, B., & Ostrom, E. (2013). Aligning key concepts for global change policy: Robustness, resilience, and sustainability. Ecology and Society, 18(2): 8. https://doi.org/10.5751/ES-05383-180208

Baguisi, A., Behboodi, E., Melican, D. T., Pollock, J. S., Destrempes, M. M., Cammuso, C., Williams, J. L., Nims, S. D., Porter, C. A., Midura, P., Palacios, M. J., Ayres, S. L., Denniston, R. S., Hayes, M. L., Ziomek, C. A., Meade, H. M., Godke, R. A., Gavin, W. G., & Overström, E. W. (1999). Production of goats by somatic cell nuclear transfer. Nature Biotechnology, 17(5): 456–461. https://doi.org/10.1038/8632

Barrangou, R., & Doudna, J. A. (2016). Applications of CRISPR technologies in genetics and biotechnology. Nature Biotechnology, 34(5): 1-7.

Bell, A. (2015). Livestock nutrition and the effects of climate change on food security. Journal of Animal Science, 92(4): 1635-1642.

Brown, B., Hanson, M., Liverman, D., & Merideth, R. (1987). Global sustainability: Toward definition. Environmental Management, 11(5): 713–719. https://doi.org/10.1007/BF01867421

Calus, M. P. L. (2010). Genomic breeding value prediction: Methods and procedures. Animal, 4(2): 157–164. https://doi.org/10.1017/S1751731109991352

Chen, X., Yue, Y., He, Y., Zhu, H., Hao, H., Zhao, X., Qin, T., & Wang, D. (2014). Identification and characterization of genes differentially expressed in X and Y sperm using suppression subtractive hybridization and cDNA microarray. Molecular Reproduction and Development, 81(10): 908–917. https://doi.org/10.1002/mrd.22386

Cloete, S. W. P., Cloete, J. J. E., Durand, A., & Hoffman, L. C. (2003). Relative performance and efficiency of five Merino and Merino-type dam lines in a terminal crossbreeding system with Dormer or Suffolk sires. South

African Journal of Animal Science, 33(3): 223–232. https://doi.org/10.4314/sajas.v33i3.3761

Cornou, C. (2009). Automated oestrus detection in group-housed sows: Sensor-based activity monitoring. Livestock Science, 121(2-3): 282-291.

DeCanio, M., Soggiu, A., Piras, C., Bonizzi, L., Galli, A., Urbani, A., (2014). Differential protein profile in sexed bovine semen: Shotgun proteomics investigation. Molecular BioSystems, 10(6): 1264–1271. https://doi.org/10.1039/C3MB70306A

Demars, J., Fabre, S., Sarry, J., Rossetti, R., Gilbert, H., Persani, L., Tosser-Klopp, G., Mulsant, P., Nowak, Z., Drobik, W., (2013). Genome-wide association studies identify two novel BMP15 mutations responsible for an atypical hyperprolificacy phenotype in sheep. PLoS Genetics,9(4):e1003482.https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1003482

Dobos, R. C., Nandra, K. S., Fulkerson, W. J., & Lean, I. J. (2014). A survey of the use of technology on Australian dairy farms. Journal of Dairy Science, 97(12): 7682-7692.

Esen, V. K., Cemal, İ., & Elmacı, C. (2020). Genom düzenleme teknikleri ve hayvan ıslahında kullanılabilirliği. Journal of Animal Science and Products (JASP), 3(2): 189-209.

Evans, G., & Maxwell, W. M. C. (1987). Salamon's artificial insemination of sheep and goats. Butterworths.

Falconer, D. S., & Mackay, T. F. C. (1996). Introduction to Quantitative Genetics. Longman.

Frankham, R., Ballou, J. D., & Briscoe, D. A. (2010). Introduction to conservation genetics. Cambridge University Press.

Foote, R. H. (2002). The history of artificial insemination: Selected notes and notables. Journal of Animal Science, 80(1): 1-10.

Galli, C., Duchi, R., Crotti, G., & Lazzari, G. (2003). Embryo technologies in farm animals: The future is here. Theriogenology, 59(1): 57-70.

Galli, C., Lagutina, I., Crotti, G., Colleoni, S., & Lazzari, G. (2003a). Pregnancy: A cloned horse born to its dam twin. Nature, 424(6949), 635. https://doi.org/10.1038/424635a

Garner, D. L., & Seidel, G. E. Jr. (2003). Past, present and future perspectives on sexing sperm. Canadian Journal of Animal Science, 83(4): 375–384. https://doi.org/10.4141/A03-030

Gibson, J. P., Lopez-Villalobos, N., & Burrow, H. M. (2002). Selection for reproduction in low-input animal production systems. Proceedings of the 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, 31(1): 1-8.

Gupta, A., Chaudhary, M., Goyal, R. K., Yadav, V., Chandra, S., & Sinha, S. (2018). Recent advances in reproductive biotechnologies in small ruminants. Journal of Entomology and Zoology Studies, 6(4): 62–66.

Hamadani, A., & Ganai, N. A. (2022). Development of a multi-use decision support system for scientific management and breeding of sheep. Scientific Reports, 12, Article 19360.

Han, X., Liu, Z., Jo, M. C., Zhang, K., Li, Y., Zeng, Z., Li, N., Zu, Y., & Qin, L. (2015). CRISPR-Cas9 delivery to hard-to-transfect cells via membrane deformation. Science Advances, 1(4): e1500454. https://doi.org/10.1126/sciadv.1500454

Hansen, P.J. (2014). Current and Future Assisted Reproductive Technologies for Mammalian Farm Animals. In: Lamb, G., DiLorenzo, N. (eds) Current and Future Reproductive Technologies and World Food Production. Advances in Experimental Medicine and Biology, vol 752. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8887-3_1

Hasler, J. F. (2003). The current status of oocyte recovery, in vitro embryo production, and embryo transfer in domestic animals, with an emphasis on the bovine. Journal of Animal Science, 81(1): 52-68.

Henson, E. L. (1992). In situ conservation of livestock and poultry. FAO Animal Production and Health Paper.Hoffmann, I. (2010). Climate change and the characterization, breeding, and conservation of animal genetic resources. Animal Genetics, 41(3): 32-46.

Hoffmann, I. (2010). Climate change and the characterization, breeding, and conservation of animal genetic resources. Animal Genetics, 41(3): 32-46.

Hollinshead, F. K., Gillan, L., O'Brian, J. K., Evans, G., & Maxwell, W. M. C. (2003). In vitro and in vivo assessment of functional capacity of flow cytometrically sorted ram spermatozoa after freezing and thawing. Reproduction, Fertility and Development, 15(4): 351–359.

Horvath, P., & Barrangou, R. (2010). CRISPR/Cas, the immune system of bacteria and archaea. Science, 327(5962): 167–170. https://doi.org/10.1126/science.1179555

Iguma, L. T., Sharon, F. C. L., Melo, E. O., Franco, M. M., & Pivato, I. (2005). Development of bovine embryos reconstructed by nuclear transfer of transfected and non-transfected adult fibroblast cells. Genetics and Molecular Research, 4(1): 55–66.

Kalds, P., Zhou, S., Cai, B., Liu, J., Wang, Y., Petersen, B., Sonstegard, T., Wang, X., & Chen, Y. (2019). Sheep and goat genome engineering: From random transgenesis to the CRISPR era. Frontiers in Genetics, 10, 750. https://doi.org/10.3389/fgene.2019.00750

Kamilaris, A., Kartakoullis, A., & Prenafeta-Boldú, F. X. (2017). A review on the practice of big data analysis in agriculture. Computers and Electronics in Agriculture, 143, 23-37.

Kato, Y., Tetsuya, T., Sotomaru, Y., Kurokawa, K., & Kato, J. (1998). Eight calves cloned from somatic cells of a single adult. Science, 282(5396): 2095–2098. https://doi.org/10.1126/science.282.5396.2095

Kasimanickam, R., Nebel, R. L., & Thatcher, W. W. (2011). Current and future reproductive technologies in dairy farming. Theriogenology, 76(5): 1377-1385.

Kijas, J. W., Lenstra, J. A., Hayes, B., Boitard, S., Neto, L. R., Cristobal, M. S., Servin, B., McCulloch, R., Whan, V., Gietzen, K., (2012). Genome-wide analysis of the world's sheep breeds reveals high levels of historic mixture and strong recent selection. PLoS Biology, 10(2): e1001258. https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001258

Lebacq, T., Baret, P.V., Stilmant, D. (2013), Sustainability Indicators for Livestock Farming. A Review. Agron. Sustain. Dev. 33, 311–327.

Lu, Z., Zhang, L., Mu, Q., Liu, J., Chen, Y., Wang, H., Zhang, Y., Su, R., Wang, R., Wang, Z., (2024). Progress in research and prospects for application of precision gene-editing technology based on CRISPR–Cas9 in the genetic improvement of sheep and goats. Agriculture, 14(3): 487. https://doi.org/10.3390/agriculture14030487

Lush, J. L. (1994). Animal breeding plans. Iowa State Press.

Maxwell, W. M. C., & Johnson, L. A. (1997). Chlortetracycline analysis of boar spermatozoa after incubation, flow cytometric sorting, cooling or

cryopreservation. Molecular Reproduction and Development, 46(4): 408–418.

Miglior, F., Fleming, A., Malchiodi, F., (2017). A 100-year review: Identification and genetic selection of economically important traits in dairy cattle. Journal of Dairy Science, 100, 10251–10271. https://doi.org/10.3168/jds.2017-12968

Molotsi, A., Dube, B., Oosting, S., Marandure, T., Mapiye, C., Cloete, S., & Dzama, K. (2017). Genetic traits of relevance to sustainability of smallholder sheep farming systems in South Africa. Sustainability, 9(8): 1225. https://doi.org/10.3390/su9081225

Niu, Y., Zhao, X., Zhou, J., Li, Y., Huang, Y., Cai, B., Liu, Y., Ding, Q., Zhou, S., Zhao, J., (2017). Efficient generation of goats with defined point mutation (I397V) in GDF9 through CRISPR/Cas9. Reproduction, Fertility and Development, 30, 307. https://doi.org/10.1071/RD17068

Perisse, I. V., Fan, Z., Singina, G. N., White, K. L., & Polejaeva, I. A. (2021). Improvements in gene editing technology boost its applications in livestock. Frontiers in Genetics, 11, 614688. https://doi.org/10.3389/fgene.2020.614688

Pelletier, S., Gingras, S., & Green, D. R. (2015). Mouse genome engineering via CRISPR-Cas9 for study of immune function. Immunity, 42(1): 18–27. https://doi.org/10.1016/j.immuni.2015.01.004

Rege, J. E. O., Marshall, K., Notenbaert, A., Ojango, J. M. K., & Okeyo, A. M. (2011). Pro-poor animal improvement and breeding—What can science do? Livestock Science, 136(1): 15–28. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.08.010

Seidel, G. E. Jr, & Johnson, L. A. (1999). Sexing mammalian sperm — Overview. Theriogenology, 52(8): 1267–1272. https://doi.org/10.1016/S0093-691X(99)00215-0

Souza-Fabjan, J. M. G., Alves, B. R. C., Batista, R. I. T. P., Pereira, A. F., Melo, L. M., Freitas, V. J. F., & Oliveira, M. E. F. (2023). Reproductive biotechnologies applied to the female sheep and goat. In Sustainable Agriculture Reviews, 59, 1–57. https://doi.org/10.1007/978-3-031-07816-6_1

Tang, L., Zeng, Y., Du, H., Gong, M., Peng, J., Zhang, B., ... & Huang, Y. (2017). CRISPR/Cas9-mediated gene editing in human zygotes using Cas9 protein. Molecular Genetics and Genomics, 292(1): 1-10.

Thornton, P. K., van de Steeg, J., Notenbaert, A., & Herrero, M. (2009). The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: A review of what we know and what we need to know. Agricultural Systems, 101(3): 113-127.

Tian, F. (2016). An agri-food supply chain traceability system for China based on RFID & blockchain technology. Service Systems and Service Management (ICSSSM), 1-6. https://doi.org/10.1109/ICSSSM.2016.7538424

Tian, X., Lv, D., Ma, T., Deng, S., Yang, M., Song, Y., Zhang, X., Zhang, J., Fu, J., Lian, Z., (2018). AANAT transgenic sheep generated via OPS vitrified-microinjected pronuclear embryos and reproduction efficiency of the transgenic offspring. PeerJ, 6, e5420. https://doi.org/10.7717/peerj.5420

Tullo, E., Finzi, A., & Guarino, M. (2019). Review: Environmental impact of livestock farming and Precision Livestock Farming as a mitigation strategy. Science of the Total Environment, 650, 2751-2760.

Vink, J. N. A., Baijens, J. H. L., & Brouns, S. J. J. (2021). PAM-repeat associations and spacer selection preferences in single and co-occurring CRISPR-Cas systems. Genome Biology, 22, 281. https://doi.org/10.1186/s13059-021-02495-9

Vitousek, P. M., Mooney, H. A., Lubchenco, J., & Melillo, J. M. (1997). Human domination of Earth's ecosystems. Science, 277(5325): 494–499. https://doi.org/10.1126/science.277.5325.494

Wilmut, I., Schnieke, A. E., McWhir, J., Kind, A. J., & Campbell, K. H. S. (1997). Viable offspring derived from fetal and adult mammalian cells. Nature, 385(6619): 810–813. https://doi.org/10.1038/385810a0

Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2017). Big data in smart farming–A review. Agricultural Systems, 153, 69-80.

WRI (World Resources Institute). (2014). Creating a sustainable food future: A menu of solutions to sustainably feed more than 9 billion people by 2050. Washington, DC: World Resources Institute.

Zhang, X., Li, W., Wu, Y., Peng, X., Lou, B., Wang, L., & Liu, M. (2017). Disruption of the sheep BMPR-IB gene by CRISPR/Cas9 in in vitro-produced embryos. Theriogenology, 91, 163–172.e2. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.10.025

Zhou, S., Yu, H., Zhao, X., Cai, B., Ding, Q., Huang, Y., Li, Y., Li, Y., Niu, Y., Lei, A. (2018). Generation of gene-edited sheep with a defined Booroola fecundity gene (FecBB) mutation in bone morphogenetic protein receptor type 1B (BMPR1B) via clustered regularly interspaced short palindromic repeat (CRISPR)/CRISPR-associated (Cas) 9. Reproduction, Fertility and Development, 30, 1616. https://doi.org/10.1071/RD18086

BÖLÜM 4

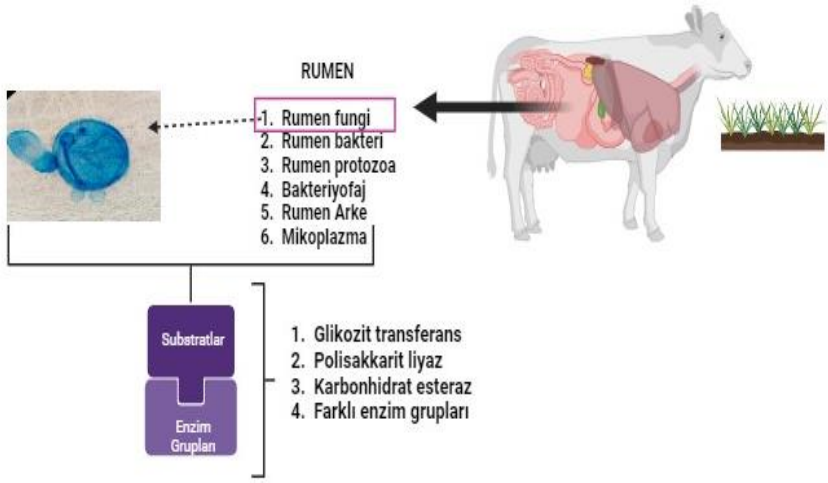
RUMEN MİKROBİYAL ENZİMLERİ VE YAPAY ZEKÂ

Dr. | Halit YÜCEL[1*]

[1*] Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye. halit_ksu@hotmail.com, Orcid ID: 0000-0002-6196-5303

1. GİRİŞ

Ruminant hayvanların sindirim kanalı birbirleri ile simbiyotik iletişim halinde bulunan hem ökaryotik hem de prokaryotik mikroorganizmalara yaşanabilir bir ekosistem oluşturmaktadır (Perez vd., 2024). Rumende yayılış gösteren bu mikroorganizmalar (RM) ek olarak ruminant canlı ile simbiyont bir etkileşim halinde de bulunmaktadırlar (Arjun vd., 2023). RM popülasyonları ruminant canlılar tarafından alınan selüloz kökenli materyallerin hidrolizi ve bu işlem sonunda elde edilen monomer yapılı organik bileşiklerin fermantasyonunda aktif rol almaktadırlar (Liang vd., 2023). Bu elde edilen fermente ürünler ruminant canlının gelişimi üzerinde pozitif bir etkiye sahiptir (Ungerfeld vd., 2023). Bu enzimler arasında oldukça önemli bir yere sahip olan CAZyme sistemine ait enzimler selülotik yapılı organik bileşiklerin hidrolizinde aktif olarak rol oynamaktadır (Yücel ve Ekinci, 2022). Buna ek olarak glikozit transferans, polisakkarit liyaz, karbonhidrat esteraz, polisakkarit liyaz gibi farklı enzim etkinliğine sahip grupları da içermektedir (Gavande vd., 2023). Şekil 1'de gösterilmiştir.



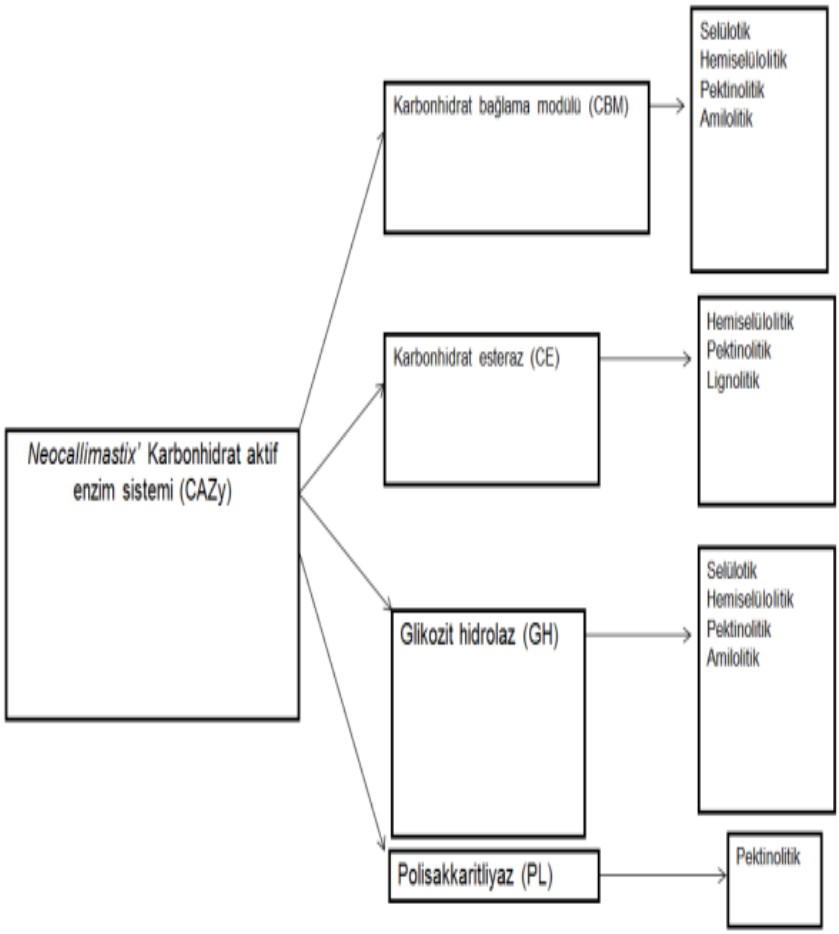
Şekil 1. Ruminant bir canlının sindirim kanalında (rumen) bulunan mikroorganizma grupları ve bu grupların sahip olduğu bazı enzim aktiviteleri şematize edilmiştir.

Günümüzde bu enzimlerin izolasyonu, moleküler düzeyde incelenmesi ve biyoteknolojik varyasyonları sayesinde farklı sanayi dallarında kullanıldığı bilinmektedir (Singh vd., 2021). Bu arada gelişmeye devam eden bilim ve teknoloji artık yapay zeka (AI) olarak ifade edilen çok farklı karakterlere sahip yazımları da bünyesine katmaya başlamıştır. Bu yazımlar sayesinde enzimlerin bilinmeyen farklı özellikleri de keşfedilmeye başlanmıştır (Jang vd., 2022). Özellikle enzimlerin sahip olduğu katalitik stabilite (KS) adı verilen ve biyokimyasal bir reaksiyon devamlılığı için önemli olan bu yapının oldukça dikkatli bir şekilde incelenmesi ve duruma göre tekrar tasarlanması gerekmektedir (Ming vd., 2023). KS enzim substrat kompleksinin oluşumunu ve bu kompleks etkileşim süresinin olumlu bir yönde devamlılığı için gereklidir (Kluczka vd., 2024). Ticari olarak izole edilebilen enzim gruplarının da katalitik stabilitesi mevcut ortamda korunmalı ve ek olarak substrat etkileşiminin devamlılığı sağlanmalıdır (Chen ve Arnold, 2020). Katalitik stabilite üzerine etki eden çok sayıda çevresel faktörler bulunmaktadır. Bunlar arasında ortam sıcaklığı, iyon konsantrasyonları ve pH (alkali veya asidik) gibi etkenler oldukça önemlidir (Saravanan vd., 2021). Enzimlerin endüstriyel sahalarda kullanılması ve etkinliğinin artırılması için geleneksel enzim modifikasyon yöntemleri günümüzde oldukça zaman alıcı olması ve maliyet açısından fazla tercih edilmemektedir (Jang vd., 2022). Bunun yerine Rosetta (Peccatti vd., 2023), ESMFold (Zhou ve Huang, 2024) ve FireProt (Kunka vd., 2023) gibi algoritma temelli yapay zeka programları (AI) tercih edilmeye başlanmıştır.

2. RUMEN MİKROBİYAL ENZİMLERİ

Ruminant hayvanların sahip olduğu sindirim kanalının en önemli kompartmanı rumen olarak bilinmekte (Malenica vd., 2022) ve buradaki ekositemde bulunan mikroorganizmaların sahip olduğu enzimatik aktivite sonucu oluşan ürünlerin hem ruminant canlı tarafından hem de mikrobiyal komünite tarafından substrat olarak kullanıldığı bilinmektedir (Mizrahi vd., 2021). Rumen mikrobiyomun sahip olduğu enzim türleri ve işlevsel özellikleri değerlendirildiği zaman glikozit hidrolaz enzim grubu bitki materyalinin temel bileşenleri arasında bulunan selüloz, hemiselüloz ve pektin gibi kompleks yapılı organik karbonhidratların monomerlerine dönüştürülmesinde görev aldığı (Yücel vd., 2022), genel olarak nişasta üzerinde etkili olan amilaz

enzimleri (Wu vd., 2021), peptit bağları üzerinde aktiviteye sahip proteaz grupları (Lourenco vd., 2020) ve lipitlerin parçalanmasında göreli olan lipaz enzim grupları (Privé, vd., 2015) dışında da fermantatif özelliğe sahip çok sayıda enzim aktiviteleri mevcuttur (Hao vd., 2021). Şekil 2'de rumen ekosistemimin bir parçası olan *Neocallimastix* sp.'ye ait CAZyme enzim grubuna ait bazı enzimlerin isimleri ve etki ettiği substratlar şematize edilmiştir.



Şekil 2. *Neocallimastix* sp.'ye ait CAZyme enzim grubunda bulunan enzimlerin etki ettiği substratlar (Yücel, 2022).

3. ENZİM KATALİTİK STABİLİTESİ

Enzimleri sahip olduğu KS üzerine çevresel faktörler etki ederken aynı zamanda enzimin katalik bölge dışında kalan protein yapısının da karakteri oldukça önemlidir (Pucci vd., 2020). Buna bağlı olarak ortam sıcaklığındaki değişimler genel olarak stabilite üzerinde etkili olmaktadır. Ortam sıcaklığı enzimin çalıştığı optimum değere ulaşıncaya kadar stabilite artışı devam ederken, kritik eşik geçildiğinde proteinlerin arasındaki bağların kopmaya başladığı, başka bir ifade ile enzimin denatürasyona uğradığı bilinmektedir (Ribeiro vd., 2022). Ancak ortam sıcaklığının optimum değere gelmesi enzim ve subtrat kompleks etkiliğinin giderek artması anlamına gelmemektedir. Buna ek olarak enzimin etkinliği üzerinde ortamda bulunan iyonlarında pozitif veya negatif etkileşimleri olmaktadır. Çünkü aminoasitlerin yapısında bulunan karboksil (COOH), amino (NH_2), hidroksil (OH) ve sülfür grupları ortamda bulunan bazı iyon ve nötral tuzlardan etkilenmektedir (Jack vd., 2016). Enzimin katalitik işlevinin etkinliğini termodinamik ifadeler kullanarak açıklanması gerektiğinde, enzimin fiziksel stabilitesi, sahip olduğu protein yapının katlanmış ya da katlanmamış (primer/sekonder/ tersiyer/quaterner yapısı) durumu arasında bulunan enerji farkı (ΔG) ile hesaplamaktadır (Wijma vd., 2013). Elde edilen bu fark enzimin stabilitesi hakkında net bilgi vermekte ve bu değerin büyüklüğü ile enzim stabilitesi arasında doğru orantılı bir korelasyon olduğu da bilinmektedir. Michaelis-Menten denklemi (V_{max} [S] / K_m + [S] = k_{cat}[E]t [S] / K_m + [S]) olarak bilinen ve enzimin sahip olduğu katalitik stabilitesinin hesaplanmasında kullanılan bu formülasyonda k_{cat} / k_m oranı enzim substrat kompleksi afinitesinin verimliliğini göstermektedir (Mak vd., 2024).

4. YAPAY ZEKA VE RUMEN ENZİMSEL AKTİVİTE TASARIMI

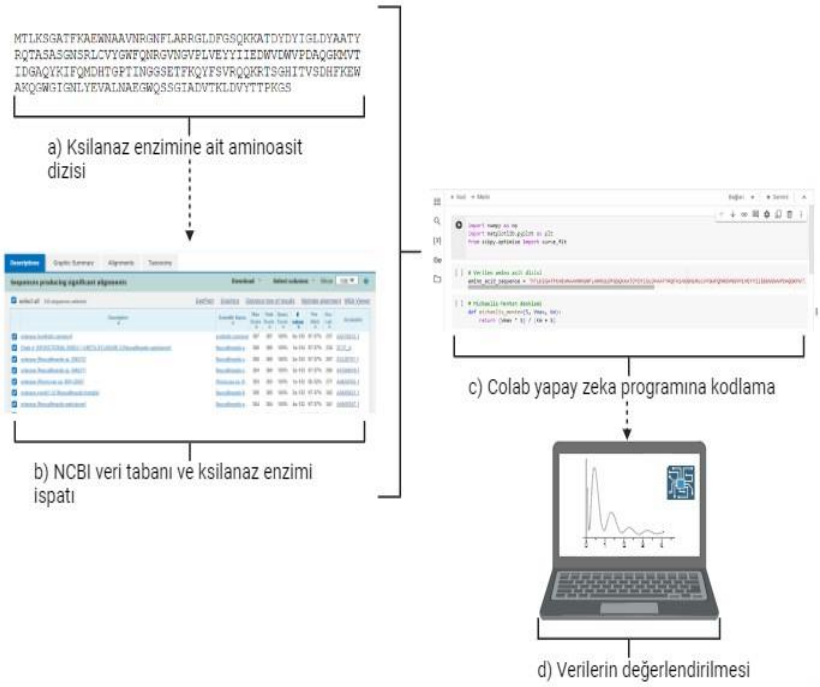
Enzim katalitik stabilitesinin sahip olduğu karakteristlik mekanizmanın analizi geleneksel ve yarı rasyonel yöntemler sayesinde gerçekleştirilmektedir (Li vd., 2016). Fakat bu bölgenin oluşumunda görevli olan bazı aminoasitler farklı stratejik özellikteki enzimlerde aynı etkinliği gösterebilmektedir. Aminoasitler sahip olduğu bu özelliğinden dolayı bazı geleneksel yöntemleri kısıtlayabilmektedir (Beaufils vd., 2021). Yapay zeka algoritması sayesinde tasarlanan bu KS modellerindeki aminoasit etkisi nötralize olmakta ve

kompleks yapılı biyolojik sistemlerin analizini olumlu yönde etkilediği düşünülmektedir. Ek olarak biyolojik katalizörlerin modellemesinde veri ve algoritma odaklı yaklaşımlar gelişmektedir (Singh vd.,2021). Bu yaklaşımlar sayesinde sekanslama, performans tahmini, deneysel doğrulama, model optimizasyonu ve biyokimyasal reaksiyon sonuçları gibi verilerin değerlendirilmesi ile birlikte tasarım stratejileri de gerçekleştirilmektedir (Dou vd., 2023). Algoritma temeli çalışmaların ana bileşeni olan Python günümüzde biyolojik çalışmaların da geliştirilmesinde aktif rol oynamaktadır. Özellikle BioPyton olarak bilinen algoritma temelli yazılım enzim veya daha karmaşık bileşiklerin analizinde kullanılmaktadır (Goldman vd., 2022). Özellikle bazı yapay zeka programları ((Colab (google colab)) Python tarafından desteklenen kodlamaları kullanmakta ve analizlerini gerçekleştirmektedir. Bu analizler sayesinde çalışılması planlanan enzimlerin KS'si üzerine etki eden faktörler hesaplanabilir ek olarak KS değerleri de tahmin edilebilmektedir (Xavier,L ve Thirunavukarasu, 2020; Pandi vd., 2022).

Rumende bulunan mikroorganizmaların sahip olduğu ksilanaz enzimi sayesinde sindirim kanallarında bulunan kompleks yapılı organik bileşiğin yapı taşına ayrılması ve oluşan bu organik monomerlerin ise farklı amaçlı olarak substrat görevinde rol aldığı bilinmektedir (Huang vd., 2021). Bu enzim günümüzde rumen ekosisteminde yayılış gösteren mikromiyomdan izole edilip klonlanarak farklı endüstriyel alanlarda etkinlik göstermektedir. Bundan dolayı bu gibi enzimlerin KS değerleri veya çalıştığı optimum koşulların tespiti ya da çevresel faktörlere bağlı olarak yeniden tasarlanması oldukça önemlidir (Stabel vd., 2021).

5. RUMEN MİKROBİYAL ENZİMİ VE COLAB YAPAY ZEKA VERİ GİRİŞİ

Rumen mikrobiyal ksilanaz enzimine ait aminoasit dizisi NCBI adı verilen veri tabanına giriş yapıldıktan sonra elde edilen dizinin ksilanaz enzimini oluşturan aminoasitlere ait olduğu tespit edilmiştir. Daha sonra bu amino asit dizisi COLAB yapay zeka uygulaması yardımıyla uygun kodlama işlemi gerçekleştirilerek enzime ait KS değeri ve grafiği oluşturulmuştur. Bu işlemler şekil 3'de şematize edilmiştir.



Şekil 3. Rumen ksilanaz enzimine ait amino asit dizisi (a) NCBI veri tabanında (b) %98 oranında ksilanaz enzimine ait olduğu ve ksilanaz enzimini oluşturan aminoasitlerin COLAB yapay zeka veri tabanına uygun kodlaması ile elde edilen veri çıkışı (c, d).

6. COLAB KODLAMA VE ENZİM KATALİTİK STABİLİTE TESPİTİ

Colab veri tabanı Ptyhon temelli kodlama girişlerini kabul etmesi ve internet tarayıcılarımızdan kolay erişimi sayesinde tercih edilmekte olan bir yapay zeka uygulamasıdır (Kuroki, 2021). Ek olarak programın ara yüzü oldukça kullanışlı ve kolay olması da yaygın kullanımı hakkında bize net bilgi vermektedir (Canesche vd., 2021). Özellikle bu değerlendirmemiz de rumen mikrobiyal enzimi olan ksilanaz ve COLAB veri tabanı sayesinde bu enzimin katalitik stabilitesi tespit edilmiştir. Bu işlem için tarayıcımızdan COLAB.GOOGLE sürücüsüne giriş yapıldıktan sonra enzim stabiletesi hesaplanmıştır. Bunun için ilk olarak COLAB veri tabanına Python'a ait ve Moruzzi ve Moruzzi (2020) tarafından da ifade edildiği gibi veri bilgi deposu olarak ifade edilen merkezi kütüphaneye giriş yapılabilması için 'numpy' kodu

ve 'matplotlib.pyplot' import'u yapılarak Python veri tabanına kayıtlı olan bilimsel veri kütüphanesinde uygun verilerin alınması, grafik ya da çizelge gibi görsellerin oluşturulması için komut eklenir Şekil 4'de uygun kodlama verilmiştir.

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.optimize import curve_fit
```

Şekil 4. COLAB veri tabanına görsel oluşturmak için veri girişi.

Veri girişi yapıldıktan sonra çalışılması planlanan aminoasit dizisi veya UNİPORT, NCBI gibi veri tabanından veri alabilmesi için plananan enzimin koduda girilebilir. Uygun dizileme yapıldıktan sonra KS değerinin hesplanması için kodlama olarak Michelis-Menten denklemi tanımlanır. Bu işlem Şekil 5'de gösterilmiştir.

```
[ ] # Verilen amino asit dizisi
    amino_acid_sequence = 'MTLKSGATFKAEWNAAVNRGNFLARRGLDFGSQKKATDYDYIGLD'

[ ] # Michaelis-Menten denklemi
    def michaelis_menten(S, Vmax, Km):
        return (Vmax * S) / (Km + S)

[ ] # Substrat konsantrasyonları (örnek değerler)
    substrate_concentrations = np.array([0.1, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0, 10.0])
```

Şekil 5. Aminoasit ve Michelin-Menten denkleminin COLAB'a tanımlanması

Çalışılacak enzimin reaksiyon hızları için substrat konsantrasyon değer girişi ve *curve_fit* olarak kodlaması yapılan fonksiyonun KS için kullanılan denkleme uyarlanması için komut girişi şekil 6'da verilmiştir. Bu kodlama genel olarak SciPy veri tabanına ait bir fonksiyon olup verilen denklem için en uygun parametreyi bulmaya yardımcıdır ve programdan optimum veri çıkışının temelini oluşturmaktadır (Olp vd., 2020).

```
[ ]  # Reaksiyon hızları (örnek değerler)
     reaction_rates = np.array([0.05, 0.2, 0.4, 0.7, 0.9, 1.0])

[ ]  # Michaelis-Menten denklemi için parametrelerin fit edilmesi
     popt, pcov = curve_fit(michaelis_menten, substrate_concentrations, reaction_rates)

[ ]  # Fit edilen Vmax ve Km değerleri
     Vmax, Km = popt
```

Şekil 6. Substrat konsantrasyon girişi ve *curve_fit* komut girişi

Veri giriş işlemleri tamamlandıktan sonra sonuçların yazdırılması için kullanılacak komut '*print*' komudu altında isteğe bağlı olarak amino asit sekans dizisinin gösterimi, KS değeri için V_{max} ve K_m değerlerinin gösterilmesi istenebilir. Bunun için ilgili komut girişi yapılarak sonuçların eldesi sağlanmaktadır (Olp vd., 2020). Bu işlem Şekil 7'de verilmiştir.

```
[ ]  # Sonuçları yazdır
     print(f"Amino Asit Dizisi: {amino_acid_sequence}")
     print(f"Fit edilen Vmax değeri: {Vmax}")
     print(f"Fit edilen Km değeri: {Km}")

     Amino Asit Dizisi: MTLKSGATFKAEWNAAVNRGNFLARRGLDFGSQKKATD
     Fit edilen Vmax değeri: 1.218384297915843
     Fit edilen Km değeri: 1.8622215873236396
```

Şekil 7. Sonuç satırı oluşturmak için yazılan komut

En son elde edilen veri çıkışına ek olarak '*np.linspace*' komudu yardımıyla NumPy veri kütüphanesine ait fonksiyon yardımıyla grafik oluşturulması ve sayısal değerlerin analizi yapılarak grafikteki 'x' ekseninin değerini hesaplanmaktadır. Başka bir ifade ile bu komut sayesinde sayısal hesaplama ve matematiksel fonksiyonlar ile karşılaştırma yapılabilmektedir (Harris vd., 2020). Curve Fitting ya da fit eğrisi olarak bilinen komut satırı ise deneysel veriler için optimum fonksiyonel değerin çıkmasına yardımcı olmaktadır. Bu eğriler doğrusal (Linear Fit), doğrusal olmayan (Non-linear fit) ve polinomsal (Polymonial fit) olmak üzere üç faklı kategori altında toplanmıştır. Bu eğriler modelleme, anlamlandırma ve tahmin yaparak verilerin güvenirliği göstermektedir. Bunun için '*scipy.optimize.curve_fit*' gibi Python temelli grafik oluşturma komudu görev almaktadır (Newville vd., 2016; Kumar, ve

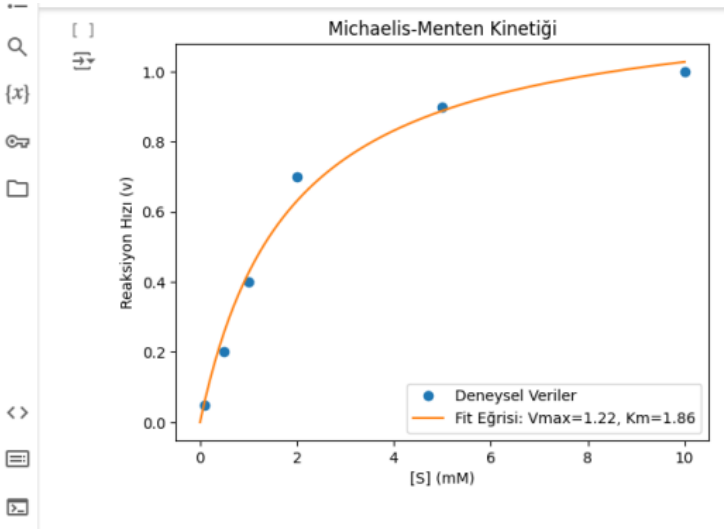
Sahari, 2024). Bu ifadelerin komut satırı ve fit grafik oluşumu şekil 8'de ifade edilmiştir.

```
[ ]  # Substrat konsantrasyonları aralığında tahmin edilen hızları hesaplayalım
     S_fit = np.linspace(0, 10, 100)
     v_fit = michaelis_menten(S_fit, Vmax, Km)
```

```
[ ]  # Deneysel veriler ve fit eğrisini çizelim
     plt.plot(substrate_concentrations, reaction_rates, 'o', label='Deneysel Veriler')
     plt.plot(S_fit, v_fit, '-', label=f'Fit Eğrisi: Vmax={Vmax:.2f}, Km={Km:.2f}')
     plt.xlabel('[S] (mM)')
     plt.ylabel('Reaksiyon Hızı (v)')
     plt.title('Michaelis-Menten Kinetiği')
     plt.legend()
     plt.show()
```

Şekil 8. Fit grafik oluşturma komut satırları

Deneysel verilere göre elde edilecek olan fit eğrisi komut satırı sonrası elde edilen Michelis-Menten Kinetiği grafiği şekil 9'da gösterilmiştir. Bu grafiğe göre verilen nokta şeklinde ifade edilen deneysel veriler (substrat konsantrasyonu ([S]), reaksiyon hızı (v), maksimum hız (Vmax) ve Michelin-Mentes sabiti (Km) sayesinde algoritmaya bağlı fit eğrisinin oluşumunu gerçekleştirmiştir.



Şekil 9. COLAB veri tabanı sonucu elde edilen Ksilanaz enzimine ait Michelin-Mentes Kinetiği grafiği

7. SONUÇ

Rumen mikrobiyal enzimi olan ksilanaz enziminin KS değeri yapay zeka algoritma destekli COLAB yardımı ile değerlendirilmiştir. Veri girişi sonrası elde edilen algoritma temelli sonuçlar V_{max} ve K_m değerleri yapılan litaratür çalışmalarında da benzer sonuçların olduğunu göstermiştir. Yapay zeka teknolojisi ile bilimsel verilerin değerlendirilmesi ya da bu veriler için uygun kodlamaların geliştirilmesi ile zaman kaybının ortadan kalkması ve maddi olanakların daha temkinli kullanılabileceği anlamına gelmektedir. Ek olarak COLAB veri tabanı ile yapılan bu analiz KS optimizasyonu hakkında bilgi vermiş ve diğer enzimlerin analizlerde de kullanılacağını göstermiştir.

KAYNAKÇA

Arjun, S., Neha, P., Sai, S. M., & Ravi, L. (2023). Microbial symbionts in ruminants. In Microbial Symbionts (pp. 493-509). Academic Press.

Beaufils, C., Man, H. M., de Poulpiquet, A., Mazurenko, I., & Lojou, E. (2021). From enzyme stability to enzymatic bioelectrode stabilization processes. Catalysts, 11(4), 497.

Canesche, M., Bragança, L., Neto, O. P. V., Nacif, J. A., & Ferreira, R. (2021). Google Colab CAD4U: Hands-on cloud laboratories for digital design. In 2021 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS) (pp. 1-5). IEEE.

Chen, K., & Arnold, F. H. (2020). Engineering new catalytic activities in enzymes. Nature Catalysis, 3(3), 203-213.

Dou, Z., Sun, Y., Jiang, X., Wu, X., Li, Y., Gong, B., & Wang, L. (2023). Data-driven strategies for the computational design of enzyme thermal stability: Trends, perspectives, and prospects: Data-driven strategies for enzyme thermostability design. Acta Biochimica et Biophysica Sinica, 55(3), 343.

Gavande, P. V., Goyal, A., & Fontes, C. M. (2023). Carbohydrates and carbohydrate-active enZymes (CAZyme): an overview. Glycoside Hydrolases, 1-23.

Goldman, S., Das, R., Yang, K. K., & Coley, C. W. (2022). Machine learning modeling of family wide enzyme-substrate specificity screens. PLoS computational biology, 18(2), e1009853.

Hao, Y., Guo, C., Gong, Y., Sun, X., Wang, W., Wang, Y., ... & Li, S. (2021). Rumen fermentation, digestive enzyme activity, and bacteria composition between pre-weaning and post-weaning dairy calves. Animals, 11(9), 2527.

Harris, C. R., Millman, K. J., Van Der Walt, S. J., Gommers, R., Virtanen, P., Cournapeau, D., ... & Oliphant, T. E. (2020). Array programming with NumPy. Nature, 585(7825), 357-362.

Huang, Y., Zhang, N. J., & Zhao, Z. (2021). Immobilization of mutated xylanase from Neocallimastix patriciarum in E. coli and application for kraft pulp biobleaching. Brazilian Journal of Biology, 83, e243629.

Jack, B. R., Meyer, A. G., Echave, J., & Wilke, C. O. (2016). Functional sites induce long-range evolutionary constraints in enzymes. PLoS biology, 14(5), e1002452.

Jang, W. D., Kim, G. B., Kim, Y., & Lee, S. Y. (2022). Applications of artificial intelligence to enzyme and pathway design for metabolic engineering. Current Opinion in Biotechnology, 73, 101-107.

Kluczka, E., Rinaldo, V., Coutable-Pennarun, A., Stines Chaumeil, C., Anderson, J. R., & Martin, N. (2024). Enhanced catalytic activity of a de novo enzyme in a Ccoacervate phase. ChemCatChem, e202400558.

Kumar, A., & Saharia, M. (2024). Curve fitting and regression analysis. In python for water and environment (pp. 61-73). Singapore: Springer Nature Singapore.

Kunka, A., Marques, S. M., Havlasek, M., Vasina, M., Velatova, N., Cengelova, L., ... & Prokop, Z. (2023). Advancing enzyme's stability and catalytic efficiency through synergy of force-field calculations, evolutionary analysis, and machine learning. ACS catalysis, 13(19), 12506-12518.

Kuroki, M. (2021). Using Python and Google Colab to teach undergraduate microeconomic theory. International Review of Economics Education, 38, 100225.

Li, Y., Zhang, L., Ding, Z., Gu, Z., & Shi, G. (2016). Engineering of isoamylase: improvement of protein stability and catalytic efficiency through semi-rational design. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, 43(1), 3-12.

Liang, J., Zubair, M., Chen, L., Chang, J., Fang, W., Nabi, M., ... & Wang, A. (2023). Rumen microbe fermentation of corn stalk to produce volatile fatty acids in a semi-continuous reactor. Fuel, 350, 128905.

Lourenco, J. M., Nunn, S. C., Lee, E. J., Dove, C. R., Callaway, T. R., & Azain, M. J. (2020). Effect of supplemental protease on growth performance and excreta microbiome of broiler chicks. Microorganisms, 8(4), 475.

Mak, D. A., Dunn, S., Coombes, D., Carere, C. R., Allison, J. R., Nock, V., ... & Dobson, R. C. (2024). Enzyme Kinetics Analysis: An online tool for analyzing enzyme initial rate data and teaching enzyme kinetics. Biochemistry and Molecular Biology Education, 52(3), 348-358.

Malenica, D., Kass, M., & Bhat, R. (2022). Sustainable management and valorization of agri-food industrial wastes and by-products as animal feed: for ruminants, non-ruminants and as poultry feed. Sustainability, 15(1), 117.

Ming, Y., Wang, W., Yin, R., Zeng, M., Tang, L., Tang, S., & Li, M. (2023). A review of enzyme design in catalytic stability by artificial intelligence. Briefings in Bioinformatics, 24(3), bbad065.

Mizrahi, I., Wallace, R. J., & Moraïs, S. (2021). The rumen microbiome: balancing food security and environmental impacts. Nature Reviews Microbiology, 19(9), 553-566.

Moruzzi, G., & Moruzzi, G. (2020). Plotting with matplotlib. Essential Python for the Physicist, 53-69.

Newville, M., Stensitzki, T., Allen, D. B., Rawlik, M., Ingargiola, A., & Nelson, A. (2016). LMFIT: Non-linear least-square minimization and curve-fitting for Python. Astrophysics Source Code Library, ascl-1606.

Olp, M. D., Kalous, K. S., & Smith, B. C. (2020). ICEKAT: an interactive online tool for calculating initial rates from continuous enzyme kinetic traces. BMC bioinformatics, 21, 1-12.

Pandi, A., Diehl, C., Yazdizadeh Kharrazi, A., Scholz, S. A., Bobkova, E., Faure, L., ... & Erb, T. J. (2022). A versatile active learning workflow for optimization of genetic and metabolic networks. Nature Communications, 13(1), 3876.

Peccati, F., Alunno-Rufini, S., & Jiménez-Osés, G. (2023). Accurate prediction of enzyme thermostabilization with Rosetta using AlphaFold ensembles. Journal of chemical information and modeling, 63(3), 898-909.

Perez, H. G., Stevenson, C. K., Lourenco, J. M., & Callaway, T. R. (2024). Understanding Rumen Microbiology: An Overview. Encyclopedia, 4(1), 148-157.

Privé, F., Newbold, C. J., Kaderbhai, N. N., Girdwood, S. G., Golyshina, O. V., Golyshin, P. N., ... & Huws, S. A. (2015). Isolation and characterization of novel lipases/esterases from a bovine rumen metagenome. Applied Microbiology and Biotechnology, 99, 5475-5485.

Pucci, F., Kwasigroch, J. M., & Rooman, M. (2020). Protein thermal stability engineering using HoTMuSiC. Structural bioinformatics: Methods and protocols, 59-73.

Ribeiro, A. J., Riziotis, I. G., Tyzack, J. D., Borkakoti, N., & Thornton, J. M. (2022). Using mechanism similarity to understand enzyme evolution. Biophysical Reviews, 14(6), 1273-1280.

Saravanan, A., Kumar, P. S., Vo, D. V. N., Jeevanantham, S., Karishma, S., & Yaashikaa, P. R. (2021). A review on catalytic-enzyme degradation of toxic environmental pollutants: Microbial enzymes. Journal of Hazardous Materials, 419, 126451.

Singh, N., Malik, S., Gupta, A., & Srivastava, K. R. (2021). Revolutionizing enzyme engineering through artificial intelligence and machine learning. Emerging Topics in Life Sciences, 5(1), 113-125.

Stabel, M., Hagemeister, J., Heck, Z., Aliyu, H., & Ochsenreither, K. (2021). Characterization and phylogenetic analysis of a novel GH43 β-xylosidase from Neocallimastix californiae. Frontiers in fungal biology, 2, 692804.

Ungerfeld, E. M., Cancino Padilla, N., & Vera Aguilera, N. (2023). Fermentation in the rumen. Microbial Fermentations in Nature and as Designed Processes, 133-165.

Wijma, H. J., Floor, R. J., & Janssen, D. B. (2013). Structure-and sequence-analysis inspired engineering of proteins for enhanced thermostability. Current opinion in structural biology, 23(4), 588-594.

Wu, S., Cui, Z., Chen, X., Zheng, L., Ren, H., Wang, D., & Yao, J. (2021). Diet-ruminal microbiome-host crosstalk contributes to differential effects of calf starter and alfalfa hay on rumen epithelial development and pancreatic α-amylase activity in yak calves. Journal of Dairy Science, 104(4), 4326-4340.

Xavier, L.D., & Thirunavukarasu, R. (2020). An approach for protein secondary structure prediction using prediction-based language models. In 2020 International Conference on Emerging Trends in Information Technology and Engineering (ic-ETITE) (pp. 1-5). IEEE.

Yücel H. (2022). Rumen bakteri ve funguslarının bazı enzimlerinin moleküler düzeyde karakterisazyonu. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Ana Bilim Dalı. S:200.

Yücel, H., & Ekinci, K. (2022). Carbohydrate active enzyme system in rumen fungi: a review. International Journal of Secondary Metabolite, 9(3), 320-334.

Yücel, H., Ekinci, K., & Karaman, A. (2022). Rumen fungal selülaz enzim aktivitesi. In Internatıonal Gobeklıtepe Applıed Scıences Congress-Iv (P. 65).

Zhou, J., & Huang, M. (2024). Navigating the landscape of enzyme design: from molecular simulations to machine learning. Chemical Society Reviews.

BÖLÜM 5

GEN SUSTURMA TEKNİKLERİ VE ÇİFTLİK HAYVANLARINDA KULLANIMI

Arş. Gör. | Kübra EKİNCİ[1*]

Prof. Dr. | Memiş ÖZDEMİR[2*]

[1*] Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Erzurum, Türkiye. kubraekinci@atauni.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-0877-1358

[2*] Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Erzurum, Türkiye. ozdemirm@atauni.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-1301-0270

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızla artmasıyla birlikte gıda ihtiyacı da artmaktadır. Bu da beraberinde tarım arazilerinin ve tarımsal ürünlerin yetersiz kalması, yüksek kaliteli hayvansal protein arzının artması, küresel iklim değişikliğinin getirdiği zorluklar ve yaygınlaşan çeşitli hastalıklar gibi problemleri de beraberinde getirmektedir (Capper ve Bauman, 2013; Scott, 2018; Esen vd., 2020). Bu sorunları gidermek için her geçen gün yeni çözümler üretmek amaçlanmaktadır. Bu gerekçeyle hayvancılıkta verimliliği artırmak, üretim maliyetlerini düşürmek ve çevre dostu hayvancılık üretim sistemleri oluşturmak amacıyla son yıllarda yapılan araştırmalar çeşitli metodolojilerin oluşturulmasına odaklanmıştır (Capper ve Bauman, 2013; Scott, 2018). Son zamanlarda genomik seçilim ve evcilleştirme süreciyle başlayan ve zaman içinde rafine edilerek kullanılan, gelişmiş dizileme teknolojileri, genotip analizi ve genom profili oluşturma gibi modern teknolojiler hayvancılık çalışmalarında popülerlik kazanan uygulamalardır. Bu uygulamalar ile genetik ıslah programlarında önemli değişiklikleri, süt sığırlarında ve keçilerde süt verimi/kalitesi, sığırlarda ve domuzlarda et kalitesi, tavuklarda yumurta verimi/kalitesi gibi önemli hayvancılık özelliklerinde kazanımları teşvik etmiştir. Devam eden teknolojik gelişmeler, genomik seleksiyonun hayvancılıkta kullanımını hızlandırmıştır (Georges vd., 2019; Gurgul vd., 2019). Çiftlik hayvanı genomlarının dizi analizi, üretkenlik ve sağlık özelliklerinin temelini oluşturan kodlayıcı ve kodlayıcı olmayan genomların geniş moleküler ve düzenleyici süreçlerini ortaya çıkarmış, böylece özelliklerin iyileştirilmesini kolaylaştırmıştır (Kamath vd., 2016; Do vd., 2017; Wara vd., 2019). Genom düzenleme ile ıslah alanındaki bu yeni gelişmeler, daha sağlıklı ve daha üretken hayvanların üretilmesi için umut verici yeni yollar ortaya koymuştur (Esen vd., 2020).

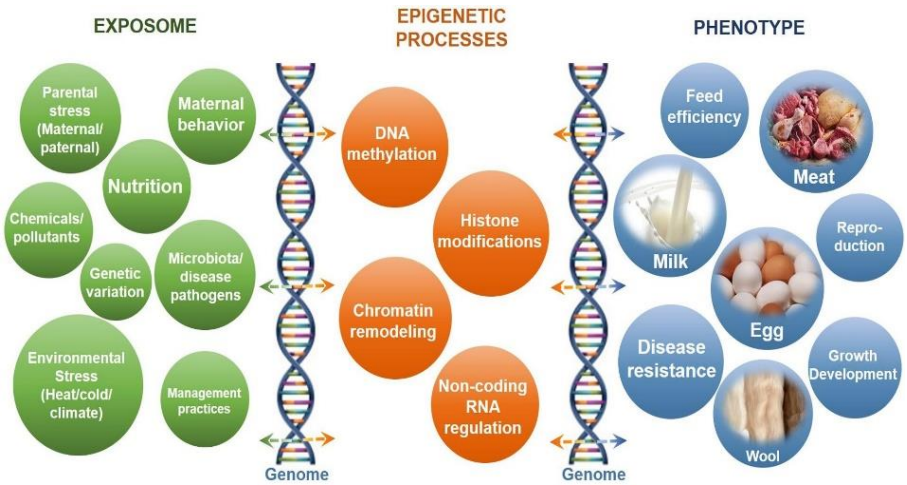
Genom düzenleme, endojen genlerin değiştirilmesi ve eksojen genlerin entegre edilmesi için etkili bir yöntemdir (Ruan vd., 2017). Bu teknoloji, canlı bir organizmanın genomunda istenen bir nükleotid dizisinin çeşitli işlemlerle eklenmesine, çıkarılmasına veya değiştirilmesine izin verir. Bu uygulamalar çiftlik hayvanlarının konforunu artırmak, hastalıklara karşı direnci, üretimi veya ıslahı iyileştirmek ve yeni biyomedikal modeller geliştirmek için kullanılmaktadır (Proudfoot vd., 2015; Esen vd., 2020).

Genomik dizileri doğrudan veya kalıcı olarak değiştiren yaklaşımlara ek olarak, translasyon aşamasında mRNA ekspresyonunu koşullu olarak inhibe ederek gen ekspresyon profilini değiştiren yeni bir yaklaşım geliştirilmiştir. Genom aktivitelerinin ve gen ifadesinin düzenlenmesinden sorumlu kalıtsal moleküler modifikasyonların incelenmesi ve DNA baz dizisinde değişiklik olmaksızın fenotipik farklılıklara neden olan epigenetik mekanizmalar olarak adlandırılan bu yaklaşımlar; DNA metilasyonu, histon modifikasyonu, kromatin yeniden şekillenmesi ve kodlamayan RNA (ncRNA) düzenlemesini içeren epigenetik süreçler olarak sıralanmaktadır.

"Genler üzerinde genetik" olarak nitelendirilen 'epigenetik' terimi, gelişimsel olaylar üzerindeki çevresel etkilerin yetişkin fenotiplerini nasıl değiştirebileceğini tanımlamak için ilk olarak 1940' larda gelişim bilimci C.H. Waddington tarafından ortaya atılmıştır (Klug vd., 2016). Ardından, Waddington'ın 1950'lerin ortalarında Drosophila'da yürüttüğü epigenetik araştırması, epigenetik mekanizmaların organizmaların gelişimini ve fenotipik plastisitesini nasıl etkilediğini anlamamıza önemli katkılarda bulunan çalışmalar ortaya koymuştur. Bu çalışmalar, aynı genotipe sahip organizmaların gelişim sırasında çevresel faktörler değiştiğinde farklı fenotipik özelliklere sahip olabileceğini göstermiştir. Ayrıca, gelişim sırasında genom ve çevre arasındaki etkileşimlerin neden olduğu fenotipik değişkenliğin bir sonraki nesle aktarıldığını kanıtlamıştır (Waddington, 1942).

Epigenetik faktörler gen ifadesini düzenler ve böylece genom işlevi ve stabilitesinde önemli roller oynarlar (Şekil 1) (Morris ve Mattick, 2014; Do vd., 2017; Nicoglou ve Merlin, 2017; Greally, 2018). Şimdiye kadar genomik bilgileri destekleyerek ıslah ve sağlık yönetiminde iyileştirmelere yardımcı olmak amacıyla çiftlik hayvanları hakkında çok az epigenetik çalışmaya rastlanmıştır. Sayısız süreç, tüm canlılarda genlerin zayıflamasını veya tamamen susturulmasını sağlar (Mette vd., 2000). Gen susturma veya gen baskılama olarak adlandırılan bu mekanizmalar, antisens RNA'lar (asRNA'lar) tarafından gerçekleştirilir ve gen fonksiyonunu değerlendirmek için temel araştırmalarda kullanılan en etkili strateji olmaktadır (Capecchi, 1989). Gen susturma, transkripsiyonel gen susturma (TGS) olarak adlandırılan transkripsiyonun baskılanması veya posttranskripsiyonel gen susturma (PTGS) olarak bilinen süreç olan posttranskripsiyonel düzeyde mRNA bozulması yoluyla hem bitki hem de hayvan sistemlerinde bir genin aktivitesini

bastırmanın bir yolu olarak tanımlanmıştır (Fire vd., 1998; Vaucheret vd., 2006). Burada bir genin kodlama bölgesine tamamlayıcı olan RNA, homolog RNA'nın bozulmasıyla transkripsiyon sonrası gen susturmayı (PTGS), bir genin promotör dizisine tamamlayıcı olan RNA ise, transkripsiyonel gen susturmayı (TGS) tetiklemektedir (Lindbo vd., 1993; Jones vd., 1999; Mette vd., 2000).



Şekil 1. Epigenetik düzenleyici süreçlerin farklı etki faktörlerine veya maruziyete yanıt olarak hayvancılık üretimi üzerindeki etkileri. Fenotipik sonucu (sağda) etkilemek için epigenetik süreçler (ortada) ve genom (dikey DNA sarmal yapıları) ile etkileşime giren ortak etki faktörleri veya maruz kalma (solda) gösterilmektedir (Wang ve Ibeagha-Awemu, 2021).

2. GEN SUSTURMA TEKNİKLERİ

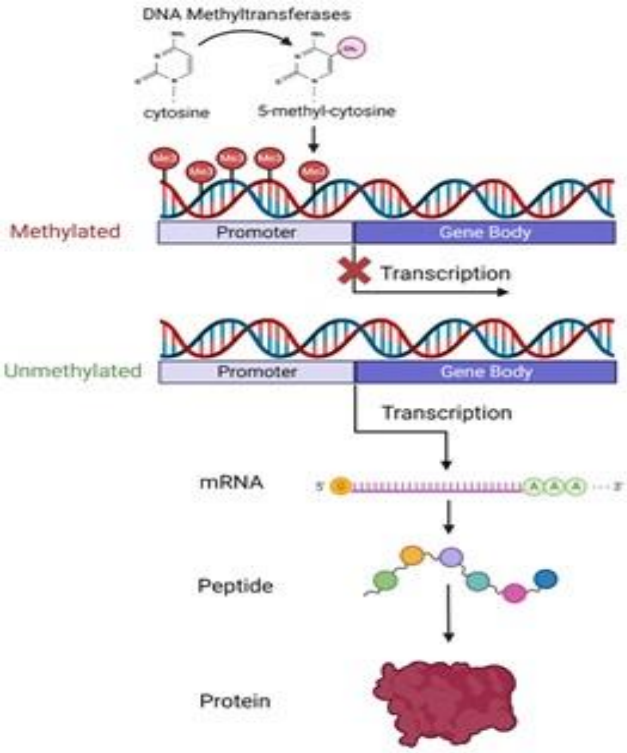
2.1. Transkripsiyonel Gen Susturma

2000'li yıllardan bu yana, bitki türleri, gen promotörlerine tamamlayıcı RNA'nın aracılık ettiği transkripsiyonel gen susturma (TGS) üzerine kapsamlı araştırmalara konu olmuştur (Mette vd., 2000). Bitkilere benzer şekilde, DNA metilasyonu memelilerde transkripsiyonel baskılama ile sıklıkla bağlantılıdır. Gen ifadesinin kontrolü ve genomun stabilitesi, DNA bazları ve histon proteinlerindeki epigenetik değişikliklerden önemli ölçüde etkilenir. Gelişim ve çevresel stres faktörleri sırasında, DNA bazını kimyasal olarak değiştirerek

(örneğin, bir sitozin kalıntısının beşinci karbonuna bir metil grubu ekleyerek) gen ifadesi açılır ve kapanır (Kumar ve Mohapatra, 2021).

2.1.1. DNA Metilasyonu

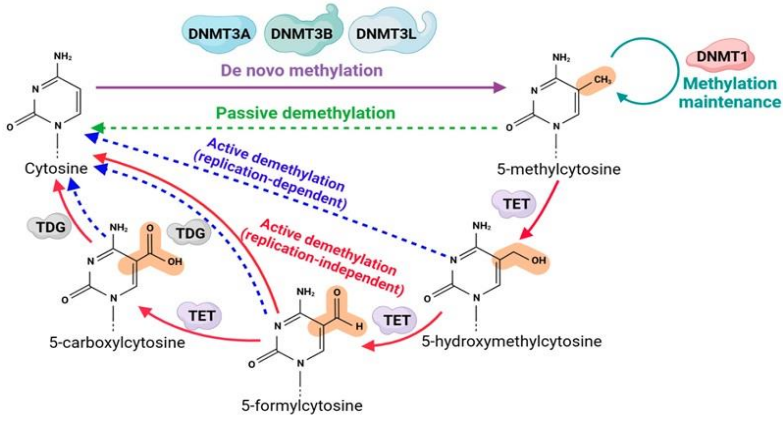
DNA metilasyonu, 1925'te bakterilerde ilk keşfedilmesinden bu yana çok çeşitli organizmalarda araştırılmış ve gen düzenlemesinden ve genom organizasyonundan üreme, gelişme, hastalık ve yaşlanmaya kadar geniş bir çalışma yelpazesi bulunmaktadır. Son araştırmalar, en iyi çalışılmış epigenetik mekanizma olmasına ve sıklıkla epigenetik kalıtımın özlü örneği olarak gösterilmesine rağmen, bu değişimin daha dinamik ve dolayısıyla daha önce düşünülenden daha karmaşık olduğunu ortaya koymuştur (Jackson-Grusby vd., 2001; Ginno vd., 2020). Memelilerde DNA metilasyonu çoğunlukla sitozinin beşinci pozisyonunda gerçekleşir ve transkripsiyonel inhibisyonla bağlantılıdır. Omurgalı DNA'sında, CpG'lerin %70'inden fazlası metillenmiştir; bununla birlikte, farklı somatik ve germ hattı organları farklı modeller sergiler. Bu kalıtsal metilasyon kalıplarının işlevsel sonuçlara sahip olduğu hipotezi erken dönemde ortaya atılmıştı ve erken çalışmalar bir genin metilasyon durumu ile ifade durumu arasında bir korelasyon olduğunu göstermiştir (Sanford vd., 1987; Howlett vd., 1991; Groudine vd., 1981). Memeli genomlarının çoğunda, DNA metilasyonu açık ara en kalıcı ve iyi karakterize edilmiş epigenetik değişikliktir. Memelilerde öncelikle sitozin fosfat-guanozin (CpG) dinükleotidlerinde meydana gelirken, daha az miktarlarda sitozin-fosfat-adenozin (CpA), sitozin-fosfat-timin (CpT) ve sitozin-fosfat-sitozin (CpC) dinükleotidleri de bildirilmiştir (Edwards vd., 2017; Luo vd., 2018; Schmitz vd., 2019). Hücrenin türüne bağlı olarak, memelilerin yetişkin dokularında sitozin kalıntılarının %3,5 ila %4,5 arasında değişen seviyelerde metilasyona uğradığı bulunmuştur (Globisch vd., 2010; Münzel vd., 2010). Özellikle yüksek ökaryotlarda, DNA metilasyonu gelişim için gereklidir ve gen ifadesinin düzenleyicisi olarak işlev görür (Şekil 2).



Şekil 2. DNA metilasyonu sürecini ve genlerin promotör bölgesindeki metilasyonun transkripsiyonu ve protein ekspresyon seviyelerini nasıl etkilediğini gösteren diyagram (Wang vd., 2023).

DNA (sitozin-5)-metiltransferaza bağlı olarak, Dnmt1, Dnmt3a ve Dnmt3b olmak üzere üç enzim tanımlanmıştır. Dnmt3a ve Dnmt3b esas olarak genomda DNA metilasyon kalıpları oluşturmaktan sorumludur. Dnmt3a veya Dnmt3b ile etkileşime giren faktörler, histon modifikasyonları ve bunların ifade zamanlaması metillenecek yerler için belirleyici olarak görev yaparlar (Şekil 3). DNA metilasyon kalıpları oluşturulduktan sonra, kalıplar Dnmt1 tarafından korunur ve bu da DNA replikasyonu ve onarımından sonra hemi-metillenmiş DNA'nın (sadece bir DNA ipliğinin metillendiği) metilasyonunu destekler (Suetake vd., 2017). Memelilerde DNA metilasyonunun kazanımı, Dnmt3a ve Dnmt3b DNA metiltransferaz enzimleri tarafından belirlenir (Nguyen ve Frasch, 2006). DNA metilasyonu, sitozin (C) ve guanin (G) çiftlerinin art arda gelmesiyle oluşan CpG dizilerini içeren genom bölümlerinde meydana gelir. Evrim boyunca korunmuş olan CpG adaları tipik olarak gen promotörlerinde

bulunur. Organizmanın gelişimi ve hayatta kalması için sürekli olarak ifade edilmesi gereken housekeeping ve düzenleyici genlerdeki CpG adaları tipik olarak DNA metilasyonuna dirençlidir. Tekrar dizileri ve transpozonlar gibi heterokromatin bölgelerdeki CpG dizileri yüksek oranda DNA metilasyonuna sahiptir. Bu alanların metilasyon durumu transkripsiyonu engeller ve bu elementlerin genom içi göçünü sınırlayarak kromozomal stabiliteyi sağlar. Sitozine metil grubunun takılmasıyla DNA'da oluşan "epigenetik işaret" genlerin hangi hücrede ifade olup hangi hücrede ifade olmayacağını ve zamanını belirlemektedir. Genel bir algı olarak DNA metilasyonu, promotor bölgedeki CpG adacıklarının metillenmesini sağlayarak o genin susturulmasını sağlamaktadır (McGowen ve Szyf, 2010).

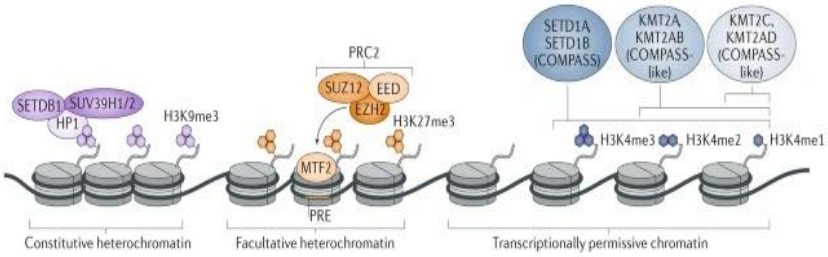


Şekil 3. DNA metilasyon ve demetilasyon mekanizmaları. DNA metilasyon modeli DNMT3A ve DNMT3B tarafından başlatılır, DNMT1 tarafından sürdürülür ve DNMT3A ve DNMT3B ile etkileşime girebilen ve aktivitelerini artırabilen DNMT3L tarafından kolaylaştırılır. Bununla birlikte, TET enzimi, metillenmiş sitozini modifiye edilmemiş sitozine dönüştüren aktif/pasif demetilasyonu katalize eder (Zhang vd., 2023).

2.1.2. Histon Modifikasyonu

DNA metilasyonu alanı giderek daha geniş çalışma disiplinlerini kapsamaktadır. DNA organizasyonu üzerine paralel çalışmalar gen düzenlemesinin sadece DNA yüzeyinde meydana gelmediğini, aynı zamanda histon proteinlerini de içerdiğini göstermeye yardımcı olmaktadır (Stedman vd., 1950). Ökaryotik DNA, tekrarlayan nükleozomlarla kromatin oluşturmak

için çekirdek histonların (H2A, H2B, H3 ve H4) etrafına sarılır (Şekil 4). Histonların N-terminal kuyrukları memeli hücrelerinde fosforilasyon, asetilasyon, ubikitilasyon, metilasyon ve ADP-ribozilasyon dahil olmak üzere çeşitli kimyasal değişikliklere uğrarlar. Türlerine ve konumlarına bağlı olarak, histon modifikasyonlarının kromatin yapısı ve gen transkripsiyonu üzerinde farklı etkileri vardır. Ayrıca histon metiltransferaz ve asetiltransferaz gibi efektörlere kolay hedefler verirler (Wang vd., 2009; van Leeuwen ve van Steensel, 2005). Kutchy vd. (2018) göre, histonlardaki epigenetik değişiklikler sağlıklı sperm fizyolojisi, yumurta aktivasyonu ve erkek üreme gelişimi için gereklidir. Çeşitli konumlardaki histon metilasyon türleri, baskılayıcı veya aktive edici etkilerle ilişkilendirilmiştir (Kouzarides, 2002).



Şekil 4. Histon Modifikasyonu (Skvortsova vd., 2018).

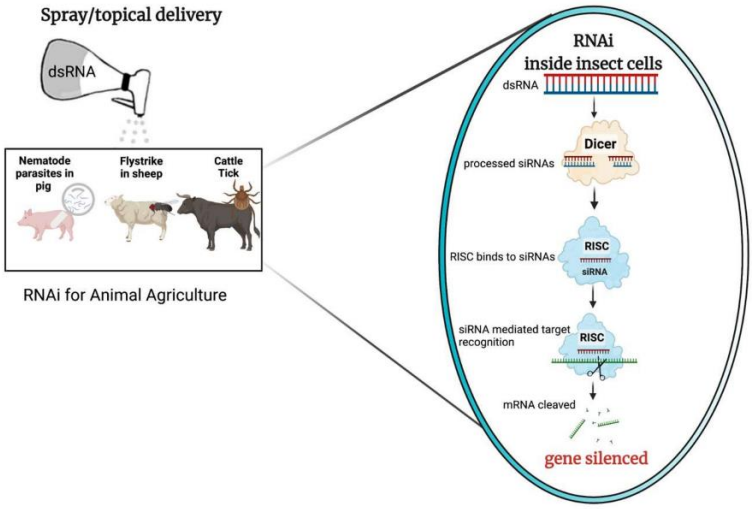
2.2. PostTranskripsiyonel Gen Susturma

mRNA aracılığıyla protein sentezini engellemek, transkripsiyon sonrası gen susturmayı gerçekleştirmek için kullanılan yöntemdir. Bu süreci RNA interferansı (RNAi) olarak adlandırıyoruz. RNA interferansında (RNAi) genleri susturmak için çift sarmallı bir RNA molekülü (dsRNA) kullanılır. Dicer ve Drosha enzimleri, dsRNA molekülünü sitoplazma veya çekirdekte etkili gen susturma ajanları olan siRNA ve miRNA'ya (küçük interfering RNA ve mikroRNA) dönüştürür. Oluşan oligonükleotit, ilgilenilen gen bölgesini protein haline getirecek olan mRNA molekülünü parçalar ve gen susturulması sağlanmış olur. Mekanizmayı açıklamış olan bilim adamları, 2006 yılında Fizyoloji ve Tıp alanında Nobel Ödülü'ne layık görülmüşlerdir. İlk olarak bitkilerde varlığı saptanan RNAi üzerinde son yıllarda birçok çalışma yapılmaya başlanmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Günümüzde bu mekanizma, hücredeki herhangi bir genin fonksiyonunun belirlenmesinde kullanılan güçlü bir yöntemdir. Hasarlı genleri inhibe etmek ve kanser, viral

bozukluklar ve kalıtsal hastalıklar da dahil olmak üzere çeşitli hastalıkları tedavi etmek için yeni bir yaklaşımdır. RNAi'nin kullanıldığı alanlar son yıllarda çeşitli çalışmalara konu olmuştur ve olmaya devam etmektedir. Tarım alanında kafein sentez enzimlerini hedef alarak, bu enzimlerin genlerinin susturulması yoluyla kafeinsiz kahve üretimini mümkün kılmıştır. Buğday sarı pası ile ilgili genetik ve genomik çalışmalarda, arpa bitkilerinde külleme hastalığına karşı direnç sağlayan genler üzerine gen susturma çalışmaları yapılan önemli çalışmalardandır. Bir diğer ürün olan pamukta SAD geninin susturulmasının oleik asit içeriğini azalttığını ve doymuş yağ asitlerinin oranını artırdığını gösteren çalışmalar yapılmıştır. Özellikle, gen susturma konseptine dayalı yeni gen terapisi teknikleri geliştirilmektedir. RNAi mekanizması, vücuda taşınması, hızlı nükleaz yıkımı, hücresel emilim sorunları, toksisite ve endozomal bozulma gibi birçok engeline rağmen araştırma ve terapötik uygulamalarda parlak bir geleceğe sahiptir. Bütün bu gelişmelerin sonucunda bilim insanları posttranskripsiyonel gen susturulması üzerine yoğunlaşmıştır (Ünal vd., 2001; Liu vd., 2002; Ogita vd., 2003; Qi vd., 2019).

2.2.1. RNA İnterferaz

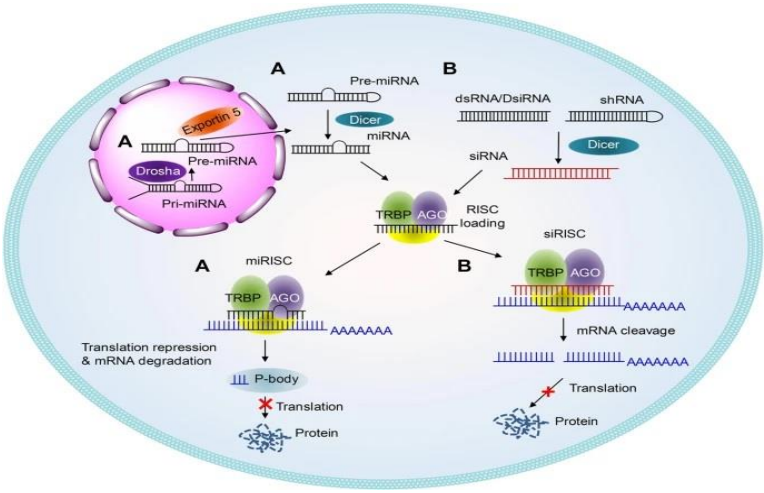
1990'larda bitkilerde keşfedilen RNA etkileşimi (RNAi), daha sonra solucanlar, maya ve memeliler gibi diğer organizmalarda da gözlemlenen, belirli transkriptlerin devreden çıkarılmasına olanak tanıyan hızlı ve etkili bir mekanizmadır (Martinez vd., 2002). RNA'nın aracılık ettiği ve RNA'ya karşı hedeflenen evrimsel olarak korunmuş bir sistem olarak tanımlanmaktadır (Bayne vd., 2005). Bu süreç, kısa çift sarmal RNA'nın hücrelere verilmesiyle başlayarak, hedeflenen genlerin posttranskripsiyonel susturulmasına yol açar (Lu vd., 2004). RNAi, temelde sitoplazmik bir süreç olarak, RNA bozulmasına neden olur (Şekil 5). Ancak, bazı organizmalarda (örneğin, maya ve bitkiler), RNAi'nin tekrarlayan elementleri susturmak ve heterokromatini çekirdek içinde düzenlemek üzere çekirdek düzeyinde de işlev gösterdiği belirlenmiştir (Castel vd., 2013).



Şekil 5. Çiftlik Hayvanlarında RNAi Mekanizması (Menezes vd., 2022)

2.2.2. siRNA

Memelilerde ve memeli olmayan organizmalarda, küçük interferans RNA (siRNA) olarak adlandırılan 19 ila 24 nükleotitlik eksojen veya endojen olarak sentezlenmiş küçük çift sarmallı RNA molekülleridir. siRNA sentetik olarak üretilebilir ve daha sonra doğrudan hücreye sokulabilir (SM, 2001; Martinez vd., 2002). siRNA hücre sitoplazmasında, RNA-indüklenen susturma kompleksi (RISC) adlı bir protein kompleksine entegre olur. RISC, iki ana aktiviteye sahiptir: (i) RNA moleküllerinin iki ipliğini çözen ve antisens ipliğin hedef RNA'ya bağlanmasını sağlayan ATP helikaz aktivitesi ve (ii) hedef mRNA'yı hidrolize eden Argonaute 2 endonükleazı. RISC'nin aktivasyonu, önce çift sarmallı siRNA'nın Argonaute 2 aracılığıyla kesilmesini ve ardından tek sarmallı antisens ipliğinin üretilmesini içerir (Şekil 6). Bu kılavuz iplik, Argonaute 2'nin katalitik alanına bağlanarak hedef mRNA'yı tanır ve keser. Hedef mRNA'nın kesilmesi, siRNA'nın 5' ucuna göre 10-11 nükleotid aralığında gerçekleşir. Sonuç olarak, aktif RISC kompleksi birçok tamamlayıcı mRNA ile etkileşime geçerek bu RNA'ları yok edebilir, böylece gen susturulmasını etkili bir şekilde sağlar (Rand vd., 2005; Parker vd., 2005; Orban ve Izaurralde, 2005). Bazı türlerde farklı dokular arasında taşınabilirler ve tam tamamlayıcılıkları nedeniyle çok hassastırlar. Genel olarak, siRNA'lar in vitro deneyler için oldukça verimli araçlardır ve diğer RNA İnterferanslara göre daha az sorun teşkil ederler (Takahashi vd., 2009; Das vd., 2019).



Şekil 6. miRNA (A) ve siRNA'nın (B) çalışma mekanizmalarının şematik çizimleri (Hu vd., 2020)

2.2.3. miRNA

MikroRNA (miRNA), gen translasyonunu düzenleyen ve 18-26 nükleotid uzunluğundaki küçük, kodlamayan RNA molekülleridir. Bu RNA'lar, hücre kaderi, hücre döngüsü ilerlemesi, apoptoz, adiposit farklılaşması ve kas gelişimi gibi gelişimsel kararları yönlendirmede önemli rol oynamaktadır (McDaneld, 2009; Hutvágner, 2005). İlk olarak 1993 yılında nematodlarda tanımlanan miRNA'ların işlevleri üzerine araştırmalar, 2001 yılına kadar kapsamlı olarak çalışılmamıştır (Lee vd., 1993; Lau vd., 2001). miRNA dizilerinin kataloglanması için miRBase gibi halka açık veritabanları geliştirilmiştir. Bu moleküller genellikle intron ve ekzon bölgelerinde bulunabildiği belirtilmiştir (Saini vd., 2007). Bazı çalışmalar epigenetik değişikliklerin miRNA transkripsiyonunu etkilediği ve hipermetilasyonun kanserle ilişkili genlerin ekspresyonunu artırabileceği gösterilmiştir (Saito vd., 2006; Lujambio vd., 2007).

miRNA biyogenezi, çekirdekte RNA polimeraz II aracılığıyla transkripsiyonla başlar ve olgun miRNA dizisini içeren uzun bir primer miRNA (pri-miRNA) molekülü oluşur. Pri-miRNA'nın saç tokası (hairpin) yapısı, Drosha adlı RNAaz III enzimi ve onun kofaktörü DiGeorge sendromu kritik bölgesi 8 (DGCR8 veya Pasha) içeren mikroişlemci kompleksi tarafından işlenerek, yaklaşık 60-70 nükleotid uzunluğunda prekürsör miRNA (pre-

miRNA) meydana gelir. Pre-miRNA, Exportin-5 (XPO5) proteini yardımıyla nükleustan sitoplazmaya taşınır ve burada bir başka RNAaz III enzimi olan Dicer tarafından 21-24 nükleotid uzunluğunda çift sarmallı miRNA'ya (miRNA dubleksi) dönüştürülür. Bu çift sarmallı yapının olgun miRNA dizisini içeren ipliği, miRNA indüklenmiş susturma kompleksi (RISC) içindeki Argonaute proteinine yüklenir. Bu süreç sonucunda miRNA, hedef mRNA üzerinde tam olmayan baz eşleşmeleriyle RISC'i yönlendirerek mRNA destabilizasyonuna veya translasyonun baskılanmasına neden olur (Winter vd., 2009; Hitit vd., 2015) **(**Şekil 6). miRNA' lar, hayvan gelişimini, homeostazı, bağışıklık tepkilerini ve enfeksiyon kontrolünü düzenlemede önemli bir rol oynar ve kök hücre yenilenmesi ile doku farklılaşmasında gereklidir (Lee vd., 2002; Murchison ve Hannon, 2004). Son çalışmalar, miRNA'ların ısı stresine yanıt olarak farklı çiftlik hayvanı türlerinde değişen ekspresyon modelleri gösterdiğini ortaya koymuştur (Neethirajan, 2022; Hosseini vd., 2022). Bu miRNA'lar, hayvanların ısı stresine tepkilerini izlemek için biyolojik belirteçler olarak kullanılabilir (Hu vd., 2022). Ayrıca, metabolizma, bağışıklık fonksiyonu ve stres yanıtı gibi fizyolojik süreçlerde sağlık ve refah ile ilişkili birçok miRNA tespit edilmiştir (Ojo ve Kreuzer-Redmer, 2023).

3. ÇİFTLİK HAYVANLARINDA KULLANIMI

Çiftlik hayvanlarında gen susturma yöntemleri, çeşitli alanlarda geniş bir uygulama yelpazesine sahiptir. Gen işlevini incelemek amacıyla RNA interferansı (RNAi), fare (Svoboda vd., 2000; Wianny ve Zernicka-Goetz, 2000; Kim vd., 2002; Stein vd., 2003), domuz (Cabot ve Prather, 2003), koyun (Taylor vd., 2009) ve inek (Paradis vd., 2005) gibi çeşitli hayvan modellerinde çalışılmıştır.

Tarım hayvanlarında hastalık direnci için ıslah, geleneksel ıslah için zor bir görev olma eğilimindedir, ancak gen düzenleme teknolojisi bunu kolaylaştırmıştır (Wang vd., 2022). Gen susturma yöntemleri, hayvanların belirli hastalıklara karşı dirençlerini artırmak için kullanılmaktadır. Wang vd. (2010) siRNA ile sığır fibroblast hücrelerinde PRNP gen ekspresyonunu azaltarak prion hastalıklarına karşı dirençli sığırlar üretmeyi amaçlamıştır.

Benzer şekilde RNAi tabanlı teknikler, kas gelişimi üzerinde olumlu etkiler sağlamak için kullanılmaktadır. Kaslara özgü miRNA'ların, çiftlik hayvanlarının ekonomik özelliklerini etkileyen genleri düzenlediği

gösterilmiştir (Clop vd., 2006). Ağır kaslı Belçika Texel koyunlarının myostatin genindeki bir mutasyon, transkriptin 3´ UTR'sini kodlayan ekzonda RISC kompleksleri içeren miR-1 ve miR-206 için bir hedef bölge oluşturarak myostatin proteininin translasyonunun azalmasına ve bunun sonucunda kas kütlesinde artışa neden olduğu yapılan çalışmalarda bildirilmiştir. Yağ dokusu, iskelet kasına ek olarak et kalite derecesi ve verim de dahil olmak üzere karkas değerini etkiler. Yağ dokusunda miRNA'nın işlevini değerlendiren çalışmaların çoğunda insan ve fare hücre hatları kullanılmış olmasına rağmen, sığırlar yağ dokusunda miRNA transkriptom modelleri sergilemektedir (Gu vd., 2007). Hu vd. (2013), msnt genini hedef alarak çift kas fenotipine sahip transgenik koyunlar üretme olasılığını araştırmış ve bu alandaki umut verici bulguları sunmuştur. İskelet kası gelişiminde miRNA'nın rolü, fare, Drosophila ve zebra balığı modelleri ile belgelenmiştir. Üç kas spesifik miRNA (miR-1, miR-133 ve miR-206) tanımlanmış, ayrıca fibroblast büyüme faktörü-4'ün aşırı ekspresyonunun miR-206 seviyelerini azalttığı ve bu durumun tavuk embriyosunun somitinde gelişimsel değişikliklere yol açtığı bildirilmiştir (Sweetman vd., 2006; Brennecke vd., 2005; Nguyen ve Frasch, 2006).

Gen susturma teknikleri, hayvanların üreme performansını iyileştirmek amacıyla da kullanılmaktadır. Dong vd. (2023) tarafından yapılan araştırmalar, belirli miRNA'ların üreme süreçleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Haraguchi vd. (2004) siRNA'ları tanıtmak için DNA vektörü tabanlı bir yaklaşım kullanarak preimplantasyon aşamasındaki murin embriyolarında başarılı gen susturma elde etmiştir. Başka bir çalışmada, siRNA'lar fare zigotlarına mikroenjekte edilerek hedef genin mRNA ekspresyonu ve embriyo gelişimi azaltılmıştır (Dadi vd., 2009). Kutchy vd. (2018) histon modifikasyonu ile yaptıkları çalışmada aynı sığır ırkında, yüksek veya düşük doğurganlığa sahip boğalardan elde edilen spermatozoidlerde genler H3K27me3'ten farklı şekilde etkilendiği sonucunu belirtmişlerdir.

Gen susturma yöntemleri, yem verimliliğini artırmak ve hayvanların metabolizmasını optimize etmek için de kullanılmaktadır. Barendse vd. (2007) çalışmasında, yem alımıyla ilişkili SNP'lerin yakınında miRNA motiflerinin tespit edilmesi, bu durumun bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir.

Bazı çalışmalarda ise embriyo üzerinde çalışmalar yapılmıştır (Svoboda vd., 2000; Wianny ve Zernicka-Goetz, 2000; Grabarek vd., 2002; Kim vd.,

2002; Stein vd., 2003; Cabot ve Prather, 2003; Taylor vd., 2009; Paradis vd., 2005).

Gen susturma yöntemleri, belirli genetik özellikleri hedefleyerek çiftlik hayvanlarının genetik çeşitliliğini artırma potansiyeline sahiptir. Kim vd. (2006) gibi araştırmacılar, miRNA dizilerinin genişletilmesiyle bu çeşitliliği sağlamak için çalışmalar yapmışlardır.

4. SONUÇ

Dünya nüfusu arttıkça, tarımsal açıdan verimli arazi havuzu azalmakta ve hayvancılık kaynaklarımızın verimliliğini artırmaya yönelik stratejiler geliştirme ihtiyacı sürekli olarak artmaktadır. Bununla beraber gıda ihtiyacını karşılamak için yüksek kaliteli hayvansal protein arzının artırılması büyük bir önem taşımaktadır. Ancak, bu yolda çevresel etkiler, iklim değişikliği ve yaygın hastalıklar, karşılaşılan engeller arasındadır. Bu bağlamda, son yıllarda gerçekleştirilen araştırmalar, hayvancılık verimliliğini artırmak, maliyetleri düşürmek ve çevre dostu üretim sistemleri geliştirmek için çeşitli yaklaşımlar geliştirmeye odaklanmıştır.

Genomik seçilim ve modern teknolojilerin entegrasyonu, hayvancılık genetik ıslah programlarında önemli değişiklikler sağlamış, süt sığırları, keçiler, sığırlar ve domuzlar gibi hayvanlarda verim ve kalite artırıcı kazanımlar elde edilmiştir. Genom düzenleme ve transgenik ıslah uygulamaları, daha sağlıklı ve verimli hayvanların üretilmesi konusunda yeni olanaklar sunmaktadır.

Genomik dizilerin modifikasyonu dışında, epigenetik mekanizmaların incelenmesi de gen ifadesinin düzenlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. DNA metilasyonu ve histon modifikasyonları gibi süreçler, genlerin ifadesini etkileyerek hayvan sağlığı ve verimliliği üzerinde belirleyici etkilere sahiptir.

Çiftlik hayvanlarında gen susturma yöntemleri, hastalıklara karşı direnç arttırma, kas gelişimini iyileştirme, üreme performansını arttırma ve yem verimliliğini optimize etme gibi geniş bir uygulama alanına sahiptir.

Sonuç olarak, hayvancılıkta gen susturma ve epigenetik düzenleme yöntemlerinin uygulanması, gıda güvenliğini sağlamak ve sürdürülebilir üretim sistemleri geliştirmek açısından kritik bir rol oynamaktadır. Teknolojik gelişmelerin bu alandaki etkileri, gelecekte daha verimli ve sağlıklı hayvanların yetiştirilmesine olanak tanıyacaktır.

KAYNAKÇA

Barendse, W., Reverter, A., Bunch, R. J., Harrison, B. E., Barris, W., & Thomas, M. B. (2007). A validated whole-genome association study of efficient food conversion in cattle. Genetics, 176(3): 1893-1905.

Bayne, E. H., & Allshire, R. C. (2005). RNA-directed transcriptional gene silencing in mammals. TRENDS in Genetics, 21(7): 370-373.

Brennecke, J., Stark, A., & Cohen, S. M. (2005). Not miR-ly muscular: microRNAs and muscle development. Genes & development, 19(19): 2261-2264.

Cabot R.A., and Prather R.S. (2003). Cleavage stage porcine embryos may have differing developmental requirements for Karyopherins alpha 2 and alpha 3, Mol. Reprod. Dev., 64, 292-301.

Capecchi, M.R. (1989). Altering the genome by homologous recombination. Science, 244(4910): 1288-1292.

Capper, J.L., & Bauman, D.E. (2013). The role of productivity in improving the environmental sustainability of ruminant production systems. Annu. Rev. Anim. Biosci., 1(1): 469-489.

Castel, S.E., Martienssen R.A. (2013). RNA interference in the nucleus: roles for small RNAs in transcription, epigenetics and beyond. Nat Rev Genet 14, 100–112. https://doi.org/10.1038/nrg3355

Clop, A., Marcq, F., Takeda, H., Pirottin, D., Tordoir, X., Bibé, B., ... & Georges, M. (2006). A mutation creating a potential illegitimate microRNA target site in the myostatin gene affects muscularity in sheep. Nature genetics, 38(7): 813-818.

Dadi, T.D., Li, M. W., and Lloyd, K.C.K. (2009). Decreased growth factor expression through RNA interference inhibits development of mouse preimplantation embryos. Comp. Med. 59, 331–338.

Das, S., Abdel-Mageed, A. B., Adamidi, C., Adelson, P. D., Akat, K. M., Alsop, E., ... & Saugstad, J. A. (2019). The extracellular RNA communication consortium: establishing foundational knowledge and technologies for extracellular RNA research. Cell, 177(2): 231-242.

Do, D.N., Dudemaine, P. L., Fomenky, B., & Ibeagha-Awemu, E. M. (2017). Transcriptome Analysis of Non-Coding RNAs in Livestock Species:

Elucidating the Ambiguity. Applications of RNA-Seq and Omics Strategies: From Microorganisms to Human Health, 103.

Dong, J., Wang, L., Xing, Y., Qian, J., He, X., Wu, J., ... & Wang, X. (2023). Dynamic peripheral blood microRNA expression landscape during the peri-implantation stage in women with successful pregnancy achieved by single frozen-thawed blastocyst transfer. Human Reproduction Open, 2023(4), hoad034.

Edwards, J. R., Yarychkivska, O., Boulard, M., & Bestor, T. H. (2017). DNA methylation and DNA methyltransferases. Epigenetics & chromatin, 10, 1-10.

Esen, V. K., Cemal, İ., & Elmacı, C. (2020). Genom Düzenleme Teknikleri ve Hayvan Islahında Kullanılabilirliği. Hayvan Bilimi ve Ürünleri Dergisi, 3(2): 189-209.

Fire, A., Xu, S., Montgomery, M. K., Kostas, S. A., Driver, S. E., & Mello, C. C. (1998). Potent and specific genetic interference by double-stranded RNA in Caenorhabditis elegans. Nature, 391(6669): 806-811.

Georges, M., Charlier, C., & Hayes, B. (2019). Harnessing genomic information for livestock improvement. Nature Reviews Genetics, 20(3): 135-156.

Ginno, P. A., Gaidatzis, D., Feldmann, A., Hoerner, L., Imanci, D., Burger, L., ... & Schübeler, D. (2020). A genome-scale map of DNA methylation turnover identifies site-specific dependencies of DNMT and TET activity. Nature communications, 11(1): 2680.

Globisch, D., Münzel, M., Müller, M., Michalakis, S., Wagner, M., Koch, S., ... & Carell, T. (2010). Tissue distribution of 5-hydroxymethylcytosine and search for active demethylation intermediates. PloS one, 5(12), e15367.

Grabarek, J. B., Plusa, B., Glover, D. M., & Zernicka-Goetz, M. (2002). Efficient delivery of dsRNA into zonaenclosed mouse oocytes and preimplantation embryos by electroporation. genesis, 32(4): 269-276.

Greally, J. M. (2018). A user's guide to the ambiguous word'epigenetics'. Nature Reviews Molecular Cell Biology, 19(4): 207-208.

Groudine, M., & Weintraub, H. (1981). Activation of globin genes during chicken development. Cell, 24(2): 393-401.

Gu, Z., Eleswarapu, S., & Jiang, H. (2007). Identification and characterization of microRNAs from the bovine adipose tissue and mammary gland. FEBS letters, 581(5). 981-988.

Gurgul, A., Miksza-Cybulska, A., Szmatoła, T., Jasielczuk, I., Piestrzyńska-Kajtoch, A., Fornal, A., ... & Bugno-Poniewierska, M. (2019). Genotyping-by-sequencing performance in selected livestock species. Genomics, 111(2): 186-195.

Haraguchi, S., Saga, Y., Naito, K., Inoue, H., and Seto, A. (2004). Specific gene silencing in the pre-implantation stage mouse embryo by an siRNA expression vector system. Mol. Reprod. Dev. 68, 17–24. doi:10.1002/ MRD.20047

Hitit, M., Kurar, E., & Güzeloğlu, A. (2015). MikroRNA biyogenezi. Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi, 10(3):211-218.

Hosseini, M., Baghaei, K., Hajivalili, M., Zali, M. R., Ebtekar, M., & Amani, D. (2022). The anti-tumor effects of CT-26 derived exosomes enriched by MicroRNA-34a on murine model of colorectal cancer. Life sciences, 290, 120234.

Howlett, S. K., & Reık, W. (1991). Methylation levels of maternal and paternal genomes during preimplantation development. Development, 113(1): 119-127.

Hu, B., Zhong, L., Weng, Y., Peng, L., Huang, Y., Zhao, Y., & Liang, X. J. (2020). Therapeutic siRNA: state of the art. Signal transduction and targeted therapy, 5(1), 101.

Hu, L., Guan, Z., Tang, C., Li, G., & Wen, J. (2022). Exosomes derived from microRNA-21 overexpressed adipose tissue-derived mesenchymal stem cells alleviate spine osteoporosis in ankylosing spondylitis mice. Journal of Tissue Engineering and Regenerative Medicine, 16(7), 634-642.

Hu, S., Ni, W., Sai, W., Zi, H., Qiao, J., Wang, P., ... & Chen, C. (2013). Knockdown of myostatin expression by RNAi enhances muscle growth in transgenic sheep. PloS one, 8(3), e58521.

Hutvagner, G. (2005). Small RNA asymmetry in RNAi: function in RISC assembly and gene regulation. FEBS letters, 579(26): 5850-5857.

Jackson-Grusby, L., Beard, C., Possemato, R., Tudor, M., Fambrough, D., Csankovszki, G., ... & Jaenisch, R. (2001). Loss of genomic methylation

causes p53-dependent apoptosis and epigenetic deregulation. Nature genetics, 27(1): 31-39.

Jones, L., Hamilton, A. J., Voinnet, O., Thomas, C. L., Maule, A. J., & Baulcombe, D. C. (1999). RNA–DNA interactions and DNA methylation in post-transcriptional gene silencing. The Plant Cell, 11(12): 2291-2301.

Kamath, P. L., Foster, J. T., Drees, K. P., Luikart, G., Quance, C., Anderson, N. J., ... & Cross, P. C. (2016). Genomics reveals historic and contemporary transmission dynamics of a bacterial disease among wildlife and livestock. Nature communications, 7(1), 11448.

Kim M.H., Yuan X.M., Okumura S., and Ishikawa F., (2002). Successful inactivation of endogenous Oct-3/4 and c-mos genes in mouse preimplantation embryos and oocytes using short interfering RNAs, Biochem. Biophys. Res. Commun., 296: 1372-1377.

Kim, H. J., Cui, X. S., Kim, E. J., Kim, W. J., & Kim, N. H. (2006). New porcine microRNA genes found by homology search. Genome, 49(10): 1283-1286.

Klug, W. S., Cummings, M. R., Spencer, C. A., & Palladino, M. A. (2016). Concepts of genetics, Essex. England: Pearson Education Inc.

Kouzarides, T. (2002) Histone methylation in transcriptional control. Curr. Opin. Genet. Dev., 12, 198–209.

Kumar, S., & Mohapatra, T. (2021). Dynamics of DNA methylation and its functions in plant growth and development. Frontiers in Plant Science, 12, 596236.

Kutchy, N. A., Menezes, E. S. B., Chiappetta, A., Tan, W., Wills, R. W., Kaya, A., ... & Memili, E. (2018). Acetylation and methylation of sperm histone 3 lysine 27 (H3K27ac and H3K27me3) are associated with bull fertility. Andrologia, 50(3), e12915.

Lau, N. C., L. P. Lim, E. G. Weinstein, and D. P. Bartel. (2001). An abundant class of tiny RNA with probable regulatory roles in Caenorhabditis elegans. Science 294:858–862.

Lee, R. C., R. L. Feinbaum, and V. Ambros. (1993). The C. elegans heterochronic gene lin-4 encodes small RNA with antisense complementarity to lin-14. Cell 75:843–854.

Lee, Y., Jeon, K., Lee, J. T., Kim, S., & Kim, V. N. (2002). MicroRNA maturation: stepwise processing and subcellular localization. The EMBO journal.

Lindbo, J. A., Silva-Rosales, L., Proebsting, W. M., & Dougherty, W. G. (1993). Induction of a highly specific antiviral state in transgenic plants: implications for regulation of gene expression and virus resistance. The Plant Cell, 5(12): 1749-1759.

Liu, Q., Singh, S. P., & Green, A. G. (2002). High-stearic and high-oleic cottonseed oils produced by hairpin RNA-mediated post-transcriptional gene silencing. Plant physiology, 129(4): 1732-1743.

Lu, X. D., Qin, W. X., Pan, D. N., Li, J. J., Wan, D. F., Wen, C. J., ... & Yang, S. L. (2004). A DNA vector-based RNAi technology to inhibit the activity of the telomerase of cell line HCCLM3. Zhonghua yi xue za zhi, 84(16): 1381-1385.

Lujambio, A., Ropero, S., Ballestar, E., Fraga, M. F., Cerrato, C., Setién, F., ... & Esteller, M. (2007). Genetic unmasking of an epigenetically silenced microRNA in human cancer cells. Cancer research, 67(4): 1424-1429.

Luo, C., Hajkova, P., & Ecker, J. R. (2018). Dynamic DNA methylation: In the right place at the right time. Science, 361(6409), 1336-1340.

Martinez J, Patkaniowska A, Urlaub H, Lührmann R, Tuschl T. (2002). Singlestranded antisense siRNAs guide target RNA cleavage in RNAi. Cell 110: 563–574. https://doi.org/10.1016/s0092-8674(02)00908-x

McDaneld, T. G. (2009). MicroRNA: mechanism of gene regulation and application to livestock. Journal of animal science, 87(suppl_14), E21-E28.

McGowen PO, Szyf M. (2010). The epigenetics of social adversity in early life: Implications for mental health outcomes. Neurobiol Dis, 39 (1): 66-72.

Menezes, P. S., Yan, Y., Yang, Y., Mitter, N., Mahony, T. J., & Mody, K. T. (2022). RNAi-based biocontrol of pests to improve the productivity and welfare of livestock production. Applied Biosciences, 1(3), 229-243.

Mette, M. F., Aufsatz, W., Van der Winden, J., Matzke, M. A., & Matzke, A. J. M. (2000). Transcriptional silencing and promoter methylation triggered by double-stranded RNA. The EMBO journal, 19(19), 5194-5201.

Morris, K. V., & Mattick, J. S. (2014). The rise of regulatory RNA. Nature Reviews Genetics, 15(6): 423-437.

Murchison, E. P., & Hannon, G. J. (2004). miRNAs on the move: miRNA biogenesis and the RNAi machinery. Current opinion in cell biology, 16(3): 223-229.

Münzel, M., Globisch, D., Brückl, T., Wagner, M., Welzmiller, V., Michalakis, S., ... & Carell, T. (2010). Quantification of the sixth DNA base hydroxymethylcytosine in the brain. Angewandte Chemie International Edition, 31(49): 5375-5377.

Neethirajan, S. (2022). Measuring miRNA in livestock using sensor technologies: Challenges and potential approaches. In Biology and Life Sciences Forum (Vol. 10, No. 1, p. 3). MDPI.

Nguyen, H. T., & Frasch, M. (2006). MicroRNAs in muscle differentiation: lessons from Drosophila and beyond. Current opinion in genetics & development, 16(5): 533-539.

Nicoglou, A., & Merlin, F. (2017). Epigenetics: A way to bridge the gap between biological fields. Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences, 66, 73-82.

Ogita, S., Uefuji, H., Yamaguchi, Y., Koizumi, N., & Sano, H. (2003). Producing decaffeinated coffee plants. Nature, 423(6942): 823-823.

Ojo, O. E., & Kreuzer-Redmer, S. (2023). MicroRNAs in ruminants and their potential role in nutrition and physiology. Veterinary sciences, 10(1): 57.

Orban, T. I., & Izaurralde, E. (2005). Decay of mRNAs targeted by RISC requires XRN1, the Ski complex, and the exosome. Rna, 11(4): 459-469.

Paradis F., Vigneault C., Robert C., and Sirard M.A., (2005). RNA interference as a tool to study gene function in bovine oocytes, Mol. Reprod. Dev., 70: 111-121.

Parker, J. S., Roe, S. M., & Barford, D. (2005). Structural insights into mRNA recognition from a PIWI domain–siRNA guide complex. Nature, 434(7033), 663-666.

Proudfoot, C., Carlson, D. F., Huddart, R., Long, C. R., Pryor, J. H., King, T. J., ... & Fahrenkrug, S. C. (2015). Genome edited sheep and cattle. Transgenic research, 24, 147-153.

Qi, T., Guo, J., Peng, H., Liu, P., Kang, Z., & Guo, J. (2019). Host-induced gene silencing: a powerful strategy to control diseases of wheat and barley. International journal of molecular sciences, 20(1): 206.

Rand, T. A., Petersen, S., Du, F., & Wang, X. (2005). Argonaute2 cleaves the anti-guide strand of siRNA during RISC activation. Cell, 123(4): 621-629.

Ruan, J., Xu, J., Chen-Tsai, RY, & Li, K. (2017). Hayvancılıkta genom düzenleme: Hayvan yetiştirme endüstrisinde bir devrime hazır mıyız?. Transgenik araştırma, 26, 715-726.

Saini, H. K., Griffiths-Jones, S., & Enright, A. J. (2007). Genomic analysis of human microRNA transcripts. Proceedings of the National Academy of Sciences, 104(45),: 17719-17724.

Saito, Y., Liang, G., Egger, G., Friedman, J. M., Chuang, J. C., Coetzee, G. A., & Jones, P. A. (2006). Specific activation of microRNA-127 with downregulation of the proto-oncogene BCL6 by chromatin-modifying drugs in human cancer cells. Cancer cell, 9(6): 435-443.

Sanford, J. P., Clark, H. J., Chapman, V. M., & Rossant, J. (1987). Differences in DNA methylation during oogenesis and spermatogenesis and their persistence during early embryogenesis in the mouse. Genes & Development, 1(10). 1039-1046.

Schmitz, R. J., Lewis, Z. A., & Goll, M. G. (2019). DNA methylation: shared and divergent features across eukaryotes. Trends in Genetics, 35(11): 818-827.

Scott, C. (2018). Sustainably sourced junk food? Big food and the challenge of sustainable diets. Global Environmental Politics, 18(2): 93-113.

Skvortsova, K., Iovino, N., & Bogdanović, O. (2018). Functions and mechanisms of epigenetic inheritance in animals. Nature reviews Molecular cell biology, 19(12): 774-790.

Sm, E. (2001). Duplexes of 21-nucleotide RNAs mediate RNA interference in cultured mammalian cells. Nature, 411, 494-498.

Stedman, E., & Stedman, E. (1950). Cell specificity of histones. Nature, 166(4227): 780-781.

Stein P., Svoboda P., Anger M., and Schultz R.M., (2003). RNAi: Mammalian oocytes do it without RNA-dependent RNA polymerase, Rna-a Publication of the Rna Society, 9, 187-192.

Suetake, I., Watanebe, M., Takeshita, K., Takahashi, S., & Carlton, P. (2017). The Molecular Basis of DNA Methylation. DNA and Histone Methylation as Cancer Targets, 19-51.

Svoboda, P., Stein, P., Hayashi, H., & Schultz, R. M. (2000). Selective reduction of dormant maternal mRNAs in mouse oocytes by RNA interference. Development, 127(19): 4147-4156.

Sweetman, D., Rathjen, T., Jefferson, M., Wheeler, G., Smith, T. G., Wheeler, G. N., ... & Dalmay, T. (2006). FGF-4 signaling is involved in mir-206 expression in developing somites of chicken embryos. Developmental Dynamics, 235(8): 2185-2191.

Takahashi, Y.; Yamaoka, K.; Nishikawa, M.; Takakura, Y. Quantitative and temporal analysis of gene silencing in tumor cells induced by small interfering RNA or short hairpin RNA expressed from plasmid vectors. J. Pharm. Sci. 2009, 98, 74–80. [Google Scholar] [CrossRef]

Taylor, J., Moore, H., Beaujean, N., Gardner, J., Wilmut, I., Meehan, R., & Young, L. (2009). Cloning and expression of sheep DNA methyltransferase 1 and its development specific isoform. Molecular Reproduction and Development: Incorporating Gamete Research, 76(5): 501-513.

Ünal, E., Tahmaz, I., Toroslu, İ. H., Serin, G. C., & Yılmaz, A. (2001). Post-Transkripsiyonel Gen Susturulması ve Kullanım Alanları. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://tip.baskent.edu.tr/kw/upload/464/dosyalar/cg/sempozyum/ogrsmpzsnm15/15.P10.pdf . Erişim tarihi:30.10.2024

van Leeuwen,F. and van Steensel, B. (2005). Histone modifications: from genome-wide maps to functional insights. Genome Biol., 6, 113.

Vaucheret, H., Mallory, A. C., & Bartel, D. P. (2006). AGO1 homeostasis entails coexpression of MIR168 and AGO1 and preferential stabilization of miR168 by AGO1. Molecular cell, 22(1): 129-136.

Waddington, C. H. (1942). Canalization of development and the inheritance of acquired characters. Nature, 150(3811): 563-565.

Wang, M., & Ibeagha-Awemu, E. M. (2021). Impacts of epigenetic processes on the health and productivity of livestock. Frontiers in Genetics, 11, 613636.

Wang, S. S., Lewis, M. J., & Pitzalis, C. (2023). DNA methylation signatures of response to conventional synthetic and biologic disease-modifying antirheumatic drugs (DMARDs) in rheumatoid arthritis. Biomedicines, 11(7): 1987.

Wang, S., Lv, X., Zhang, K., Lin, T., Liu, X., Yuan, J., ... & Li, N. (2010). Knockdown of the prion gene expression by RNA interference in bovine fibroblast cells. Molecular biology reports, 37, 3193-3198.

Wang, S., Qu, Z., Huang, Q., Zhang, J., Lin, S., Yang, Y., ... ve Zhang, K. (2022). Çiftlik hayvanlarının direnç ıslahında gen düzenleme teknolojisinin uygulanması. Hayat, 12(7): 1070.

Wang, Z., Schones, D.E. and Zhao, K. (2009). Characterization of human epigenomes. Curr. Opin. Genet. Dev., 19, 127–134.

Wara, A. B., Chhotaray, S., Shafi, B. U. D., Panda, S., Tarang, M., Yosuf, S., ... & Kumar, A. (2019). Role of miRNA signatures in health and productivity of livestock. Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci, 8, 727-738.

Wianny F., and Zernicka-Goetz M. (2000). Specific interference with gene function by double-stranded RNA in early mouse development, Nature Cell Biology, 2: 70-75.

Winter J., Jung S., Keller S., Gregory RI., Diederichs S., (2009). Many roads to maturity: microRNA biogenesis pathways and their regulation. Nature Cell Biology, 11, 228-234.

Zhang, J., Sheng, H., Hu, C., Li, F., Cai, B., Ma, Y., ... & Ma, Y. (2023). Effects of DNA methylation on gene expression and phenotypic traits in cattle: A review. International Journal of Molecular Sciences, 24(15): 11882.

BÖLÜM 6

KAZ VE ÖRDEK YETİŞTİRİCİLİĞİNDE TEKNOLOJİ KULLANIMI

Doç. Dr. | Mehmet Akif BOZ[1*]

[1*] Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Yozgat, Türkiye. bozmakif@gmail.com, Orcid ID: 0000-0002-7452-6895

1. GİRİŞ

Ördekler ve kazlar, özellikle Asya ve Avrupa'da olmak üzere belirli bölgelerde oldukça yaygındır. Bu türler zengin ve lezzetli etleri ve yüksek kaliteli yumurtalarıyla tanınır. Ördek ve kaz yetiştiriciliği elde edilen ve tüketilebilen ürünleri açısından oldukça verimli türlerdir. Bu türlerin bazı ırkları özellikle ekstansif ve yarı entansif yetiştiricilik sistemlerine çok uygundurlar.

Ördek ve kaz ürünleri küresel ticarette önemli bir yere sahip olup, ürünlerinde başlıca ihracatçı ülkeler arasında Çin, Fransa ve Macaristan yer almaktadır. Su kanatlıları üretimi pazar performansı, ürün kalitesi, pazara erişim, sermaye yatırımı, teknoloji ve hastalık yönetimi gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. Etkili paydaş katılımı ve destekleyici mekanizmaların oluşturulması, kaz ve ördek gibi alternatif kümes hayvancılığı girişimlerinin başarısı için hayati önem taşımaktadır (Kwesisi vd., 2022).

Tarımın kendini yenilemesi gelişen teknoloji ve inovasyonlarla birlikte sağlanacaktır. Tarım sektöründe yüksek verimli ve sürdürülebilirlik ancak teknolojik akıl çözümleriyle ilerleyebilecektir. Maalesef uygulanan geleneksel tarımın yöntemleri zorluklar karşısında çoğu zaman çaresiz kalabilmektedir. Modern tarımın imkanlarından faydalanabilmek için hemen hemen bütün yetiştiriciliklerde teknoloji kullanımı önemli hale gelmiştir. Teknoloji kullanımı geleneksel tarımın karşılaştığı sorunlara çözüm bulabilmek adına sürekli kendini geliştirmektedir (Doğru Çokran, 2023).

Bir ülkenin gıda ve sağlık güvenliği doğrudan tarımsal üretime bağlıdır. Tarım sektöründe üretim ile ilgili herhangi aksaklık durumu, o ülkenin gıda, hatta siyasi güvenliğini tehdit etmektedir. Gelişmiş ülkelerde tarımsal ürünler ile sağlıklı gıda tüketimine yönelik hassasiyetler üst seviyededir. Bu durum, o ülkelerde politika yapıcılar ile tüketici topluluğunun tarım sektörüne olan ilgisine bağlıdır. Tarım sektörü içerisinde sağlıklı üretim ile ürünün yanı sıra ekonomik üretime de özen göstermeliyiz. Bunu sağlamak da altyapının geliştirilmesi ve teknolojinin kullanılmasıyla sağlanabilecektir (Fowzi, 2022).

1. YAPAY TOHUMLAMA

Yirminci yüzyıldaki önemli bir başarı, evcil hayvan üreme yöntemlerinden biri olan yapay tohumlamanın uygulanmasıdır. Bu yöntem ile erkeklerin üreme aracı olarak daha verimli kullanılması sağlanmaktadır. Ayrıca

sayılarının azaltılması, seçilim baskısının artırılması ve sonuç olarak genetik kazanımın iyileştirilmesi mümkün olmuştur.

Semenin seyreltilmesi ve koruma yöntemlerinin de iyileştirilmesiyle üreme hücrelerinin kolayca taşınması sağlanmıştır. Bu sayede üremeyle ilgili üretim maliyetleri de azalmıştır. Bununla birlikte, üreme hücrelerinin belirsiz bir süre boyunca saklanma olasılığı, nesli tükenme tehlikesi altında olan türlerin ve ırkların gen havuzlarını korumada önemli bir kazanç olarak ortaya çıkmıştır.

Yapay tohumlamanın farklı kümes hayvanı türlerinin de üremesindeki önemi, üreme, veteriner-hijyenik, teknolojik ve ekonomik açılardan da ele alındığında önemi daha iyi ortaya çıkmaktadır (Blanco vd., 2009). Örneğin; doğal olarak çiftleştirilen ve saf ırk olarak tutulan Pekin ve Muscovy ördeklerinin doğurganlığı oldukça tatmin edicidir. Üreme yönteminde herhangi bir değişiklik gerektirmemektedir. Muscovy erkek ördekleri ve Pekin ördeklerinin melezlenmesiyle elde edilen hatlara güçlü pazar ve tüketici ilgisi vardır. Fakat bu türler arasındaki doğal çiftleşmenin tatmin edici bir doğurganlık oranıyla sonuçlanmaması nedeniyle yapay tohumlamaya ihtiyaç duyulmaktadır (Chelmonska ve Lukaszewicz, 1995).

Kazlarda da yüksek canlı ağırlıktaki damızlık kullanımında döllü yumurta elde edilmesi zorlaşabilmektedir. Bu durumun önüne geçebilmek, hali hazırda düşük yumurta verimine sahip kazlardan daha fazla palaz elde edebilmek için yapay tohumlama gereklidir. Şekil 1'de dorso-abdominal masaj ile kazlardan semen toplama işlemi ve Şekil 2'de de semen toplama ile tohumlama gösterilmektedir (Anonim, 2024).



Şekil 1. Kazlarda dorso-abdominal masaj ile semen toplama (Anonim, 2024)



Şekil 2. Kazlarda semen toplama ve tohumlama (Anonim, 2024)

Yapay tohumlama su kanatlılarının üreme özelliklerini iyileştirmeye yarayan yöntemlerden biri olduğu varsayılırsa, çiftlik koşullarında tohumlama için kullanılan iş organizasyonunun ve ekipmanın optimizasyonunun sağlanması gerekmektedir. Su kanatlılarında yapay tohumlama başarı ile uygulanmakta olsa da özellikle saklama süresi ve koşulları ile çoğaltma konularında daha fazla çalışmaya ve ilerlemeye ihtiyaç vardır.

Yapay tohumlamayı iyileştirmek için, üreme hücrelerinin in vitro ve in vivo hayatta kalma mekanizmalarını ve çevre ile üreme hücreleri üreten organizma arasındaki etkileşimi açıklayacak çok yönlü temel çalışmalar yürütmek gerekmektedir. Günümüzde dahil olmak üzere su kanatlılarıyla ilgili sınırlı sayıda çalışma mevcuttur (Chelmonska ve Lukaszewicz, 1995).

Yapay tohumlama teknolojisinin ülkemizde kullanımını artırmak istememizin en önemli nedenlerinden bir tanesi de ırklarının bozulması sorunudur. Bu sorun sürekli olarak artmaktadır. Özellikle yüksek düzeyde akrabalı üretimin yapılması üretimin geleceğini tehlikeye sokmaktadır. Bu nedenle yapay tohumlama teknolojisi kullanımı ve yaygınlaştırılması çok önemli bir uygulama olarak geliştirilmelidir.

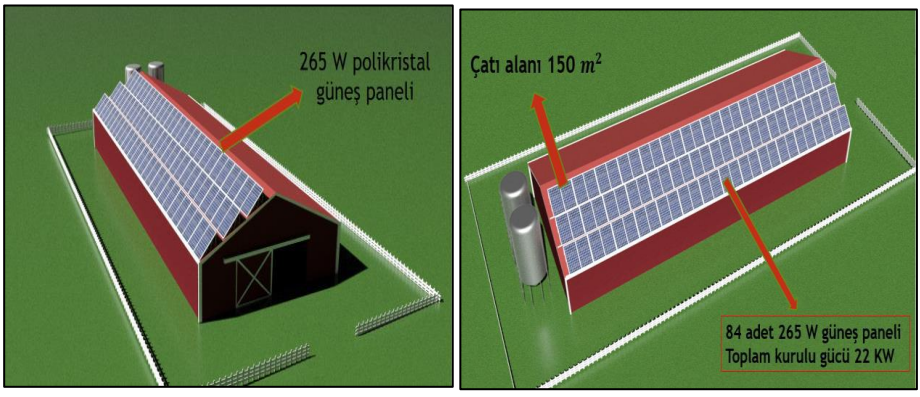
2. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ KULLANIMI

Su kanatlıları yetiştiriciliği yapan işletmelerde, üretilen ürünlerin maliyetinde etkili olan önemli bir unsur da enerjinin maliyetidir. Kaz ve ördek

yetiştiriciliği ülkemizde genellikle küçük işletmeler halinde ve az barınak ile yapılmaktadır. Bu durum enerjiye olan ihtiyacı az gösterse de aslında önemli bir girdi olarak değerlendirilmelidir. Çünkü geleneksel üretimde bile yumurta üretim ve palaz yetiştirme döneminde ısıtma ve aydınlatma kullanımı, kuluçka işlemi, kesim işlemi ile tüy kurutma işlemi sırasında önemli bir enerji kullanılmaktadır.

Enerji maliyetlerini azaltmak bir işletmenin kâr payını artırmaktadır (Eker ve Vardar, 2004). Kanatlı yetiştiriciliğinde sadece üretim sırasındaki enerji maliyetleri değil, yem üretiminde ve nakliyedeki maliyetleri de göz önünde bulundurulmalıdır. Öztürk vd. (2010), tarımsal üretimde en fazla enerji tüketen işlemler arasında sulamayı, ürün kurutmayı ve hayvan barınaklarının ısıtılması ile soğutulmasını göstermektedir.

Tarım sektörü dikkate alındığında etkin bir şekilde kullanılabilecek temel yenilenebilir enerji kaynakları olarak güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, jeotermal enerji ve biyokütle enerjisi sıralanabilir (Öztürk vd., 2010). Şekil 3'de örnek bir güneş enerjisi kullanım görüntüsü verilmiştir. Su kanatlılarında kullanılabilecek yenilenebilir enerji kaynakları ise güneş ve rüzgâr enerjisidir. Çünkü genellikle bu yetiştiriciliklerde barınak kullanımı az ve gübre oranı düşüktür. Hayvanlar genellikle gündüzleri serbest olarak mera ve gezinti alanlarında zaman geçirmektedirler. Jeotermal enerji kaynaklarının kullanımı ise hayvansal üretime çok uygun değildir.



Şekil 3. Kanatlı çiftliği çatısına fotovoltaik güneş paneli uygulaması (Karaağaç vd., 2020).

Dünya'da yaşanan iklim değişikliği ile adaptasyonu çalışmaları da dikkate alındığında hibrid yenilenebilir enerji sistemleri kullanmak daha akılcıl

bir yaklaşımdır. Çünkü tek başına bir sistemi kullandığımızda (güneş veya rüzgâr) kesikli çalışmalarından dolayı sorunlarda ortaya çıkarabilmektedir. Güneş ve rüzgâr enerjisi yıl içerisinde hatta gün içerisinde değişkenlik gösterebilmektedir. Bu sistemleri kullandığımızda güvenilirlik ile ilgili sorunlar oluşmaktadır. Son dönemde birbirlerini tamamlayıcı olarak birden fazla yenilenebilir enerji kaynağı beraber kullanılmaktadır ve bu sisteme "hibrid enerji sistemleri" denilmektedir (Kurban vd., 2006).

Özellikle yaz ile kış aylarında enerji gereksinimi artmaktadır. Çünkü kuluçka ev kesim işlemleri ile kapalı barınak kullanımı bu dönemlerde kullanılmaktadır. Mevsimsel olarak kullanılan yenilenebilir enerji kaynağı kesintiye uğrar ise üretimde sorunlar çıkabilir. Hibrid bir sistemde ise güneş ya da rüzgâr ile dizel jeneratörlerin ikili ve üçlü kullanılması önerilmektedir. Hangi sistemin kullanılacağı bölgenin kaynakları ve meteorolojik şartlarına bağlı olarak belirlenmelidir (Güler, 2014).

Güler (2014), hayvancılık işletmesinde enerji tasarrufu konusunda yaptıkları çalışmada ilk yatırım maliyetleri yüksek olsa da PV ve rüzgâr enerjisi sistemlerinin garanti süresi ve çalışma garantileri, bakım masraflarının düşük olması nedeniyle uzun vadede önemli bir kazanç sağlayacağını bildirmektedir. Bununla birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarının ve sistemlerinin yaygınlaştırılması için çalışmalar yapılması gerektiğini önermektedir.

Kaz ve ördek yetiştiriciliğinde sektörleşme ve ticarileşme süreci arttıkça yenilenebilir enerji sistemlerinin de kullanımı mecburen artacaktır. Bu nedenle şimdiden bu işletmeler için teşvik mekanizması oluşturularak süreç takip edilmelidir. Yetiştiricilerin su kanatlılarının yanında genellikle büyükbaş veya küçükbaş hayvan yetiştirmesi yapılacak yatırımların faydası açısından da önemli olacaktır.

Ülkemiz de dahil olmak üzere enerji kaynaklarındaki kıtlık ve dikkatsiz kullanım sonucunda ortaya çıkan yan etkiler yüzünden enerji tüketiminin her yetiştiricilik alanında planlanması ve değerlendirmesi gerekmektedir (Öztürk vd., 2010). Yenilenebilir enerji sistemleri kullanımının artışı çevre duyarlılığı açısından da önemli kazanımlar sağlayacaktır. Su kanatlıları yetiştiriciliğinin kırsalda yapılıyor olması da bu durumu desteklemektedir.

3. GENETİK İLERLEMELER

Tüm dünyada moleküler teknik ve teknolojilerin geliştirilmesi ile çiftlik hayvanlarında seçilim ve genetik iyileştirmede önemli kazanımlar sağlanmıştır. Özellikle PCR'nin keşfedilmesi, çeşitli DNA belirteçlerinin geliştirilmesine ve uygulanmasına katkıda bulunmuştur. Moleküler belirteçler, evrimsel genetikçilerde kullanılan araç setinin önemli bir parçası olmuştur. Genetik çeşitliliği tespit ederek, genetik belirteçler farklı düzeylerde yararlı bilgiler sağlayabilirler. Bunlar; popülasyonun yapısı, gen akışı düzeyleri, filogenetik ilişkiler, tarihsel biyocoğrafya kalıpları ve ebeveynlik ve akrabalık analizidir (Feral, 2002; Holsinger vd., 2002; Marle-Koster ve Nel, 2003; Salem vd., 2005).

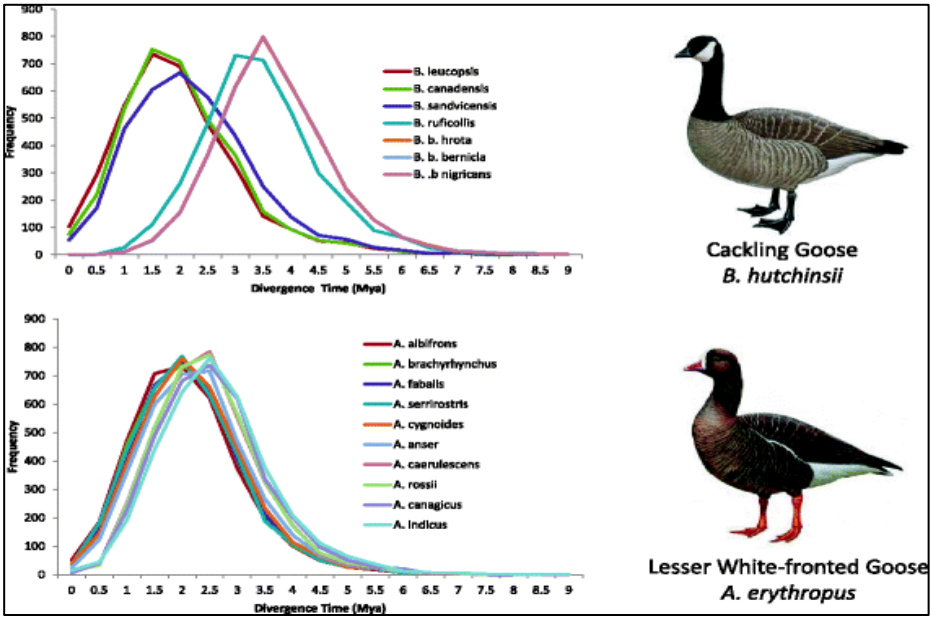
RAPD teknolojisi ile yapılan çalışmalarda çok iyi ilerlemeler olduğu görülmektedir. Örneğin Bednarczyk vd. (2002) sekiz adet kaz hattının birleştirilmiş DNA'sı arasındaki DNA polimorfizmini RAPD-PCR ile incelemiştir. Her primer tarafından çoğaltılan bant sayısı 2,86 ortalamayla 1 ile 8 arasında değişmiştir. Çalışma sonucunda çeşitli baskılar altında yumurta üretimi ve vücut ağırlığı için seçilen 10 jenerasyonun, RAPD ile tespit edildiği üzere kaz hatları arasında genetik çeşitliliğe yol açtığı belirlenmiştir. Et özellikleri yönünde yapılacak seçilimin, yumurta üretimi için yapılacak seçilimden daha fazla genetik çeşitliliğe neden olduğu görülmüştür (Huang vd., 2003).

Ördek yetiştiriciliğinde de Pekin ve Misk ördeği ırklarının genetik farklılaşması incelenmiştir. İki farklı yöntemle tahmin edilen genetik mesafelerin ve bu tahminlere dayalı benzerlik dendrogramlarının karşılaştırılması yapılmıştır. Farklı primerler ve yapım yöntemleri kullanılarak elde edilen benzerlik dendrogramlarının benzer olduğu bulunmuştur. Bu dendrogramlardaki ırk kümeleme örüntüsü, ırkların geçmişinden ve enealojisinden bilinen gerçek durumlarını yeterince yansıtmıştır (Dolmatova vd., 2000).

Görüldüğü üzere ırkların genetik farklılaşması, akrabalıkları yeterince yansıtmaktadır. Islah teknolojilerinde yeni yöntemlerin de uygulanmasıyla, genetik parametre tahminleri, seçilimler, seçim kriterleri, seçim kriterlerinde yapay zekâ kullanımı, yapay zekâ ile ıslah yönteminin seçimi gibi birçok alanda hızlı bir ilerleme olacaktır. Kaz ve ördeklerde, tavuklarda olduğu kadar fazla sayıda ıslah firması veya ıslah yapan kurum bulunmamaktadır. Fakat gelinen

nokta da bu kanatlılarımızda da yeni teknolojiler kullanılarak hızlı sonuçlar elde edilebilecektir. Islah süreci zahmetli ve masraflıdır. Bu nedenle teknoloji kullanımı ile bu süre ve maliyetler ileride düşecek ve su kanatlılarında hızlı bir gelişme gözle görülür olacaktır.

Özellikle kazlar mevsimsel üremeye sahip kanatlılar olduğu için, gelecek generasyonların tespiti için uzun yıllar gerekmektedir. Bu nedenle yapay zekâ, bilgisayar tabanlı teknikler, moleküler teknolojiler ile genetik ıslah teknolojilerin kullanımı ile bu süre kısalabilecektir. Islah çalışmalarında kullanılan moleküler imleçler ile istenilen ya da üzerinde çalışılan özelliğe sahip özel bireylerin seçiminde doğruluk ve isabet derecesi artabilecektir. Ayrıca çalışmalarda kullanılacak hayvan sayısı ile işçilik ve maliyet giderleri en aza indirilebilecek ve zaman ile ekonomik kazanç sağlanabilecektir (Aktaş ve Sönmez, 2011). Yapılacak çalışmalarda mikrosatelitler, varyasyonun ölçüsünü ve populasyon yapısını ortaya koyduğundan, kaz ve ördeklerde tüm genom haritalaması yapılması da büyük bir öneme sahiptir (Kaçamaklı ve Akşit, 2011). Aşağıda Şekil 4'te bazı kaz türlerinde ayrışma zamanının dağılımı örnek olarak gösterilmişltir.



Şekil 4. Bazı kazlarda ayrışma zamanlarının dağılımı örneği (Ottenburghs vd., 2017).

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çağımızda yaşanan ve yaşanması muhtemel teknolojik gelişmeler su kanatlıları yetiştiriciliğinde kuşku yok ki önemli katkılar ve ilerlemelere sağlayacaktır. Özellikle ölümlerin azalması ve verim artışları en önemli konular olacaktır. Bu iki konu üretim aşamasında ve satış stratejilerinde üreticileri rahatlatacak, rekabet ortamına avantaj sağlayacaktır. İşletmelerde gelir artışı yaşanabilecektir.

Diğer açıdan bakıldığında insan beslenmesi için gerekli olan hayvansal protein kaynaklarının etkin üretimi de sağlanmış olacaktır. Sürdürülebilir hayvansal protein kaynağı üretimi ile ekonomik verim seviyesi dengesi korunabilecektir.

Teknolojilerin artması hayvan refahı konusunda bazı kaygılara neden olabilecektir. Bu durum kesinlikle dikkate alınmalı ve buna bağlı teknoloji kullanımı yaygınlaştırılmalıdır. Kaz ve ördek yetiştiriciliği tavuk üretimi içerisinde oranlandığında az görünse de yağlı karaciğer ve tüy üretimi ile ekonomiye önemli katma değer sağlamaktadır.

Alternatif kanatlıların tüketim talebinin sürekli artış gösterdiği günümüzde ticari yetiştiricilik şartlarının teknolojik iyileştirmelerden uzak kalması imkansızdır. Bu derlemede irdelenmese de yapay zekâ ve yapay zeka uygulamalarının üretimden tüketime kadar olan süreçlerde yer alması önemli bir kazanım olacaktır. Kümes içi şartların optimize edilmesi hayvan sağlığı refahı ve ürün kalitesi adına da önemli ilerlemeler sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

Aktaş, P., Sönmez, Z. (2011). Çiftlik hayvanlarının ıslahında imleç yardımlı seleksiyon (MAS). 7. Ulusal Zootekni Öğrenci Kongresi, s., 14-21, 20-22 Mayıs 2011, Aydın, Türkiye.

Anonim (2024). Artificial Insemination Technology in Geese. www.angrin.tlri.gov.tw. (Erişim tarihi: 10.09.2024).

Bednarczyk, M., Siwek, M. Mazanowski, A., Czekalski, P. (2002). DNA polymorphism in various goose lines by RAPD-PCR. Folia Biol., (Krakow) 50: 45-48.

Blanco, J. M., , Wildt, D. E., Höfle, U., Voelker, W., Donoghue, A. M. (2009). Implementing artificial insemination as an effective tool for ex situ conservation of endangered avian species. Theriogenology, 71 (1): 200-213.

Chełmońska, B., Łukaszewicz, E. (1995). Current state and future of artificial insemination in waterfowl. In Proceedings of 10th European Symposium On Waterfowl, pp. 225-240.

Doğru Çokran, B. (2023). Tarımda İyileştirmeler II. Editör; Berna Doğru Çokran, Iksad Publications, Ankara, Türkiye, ISBN: 978-625-367-618-6.

Dolmatova, lu. l., Saitbatalov, T. F., Gareev, F. T. (2000). RAPD-analysis of genetic polymorphism of ducks: differences in breeds. Genetika, 36: 682-687.

Eker, B., Vardar, A. (2004). Küçük rüzgâr türbinlerinin tarımsal işletmelerde kullanılabilme olanakları. V. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 26-28 Mayıs, İstanbul.

Feral, J.P., (2002). How useful is the genetic markers in attempts to understand and manage marine biodiversity. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 268: 121-145.

Fowzi, H. (2022). Kanatlı hayvan yetiştiriciliği sektöründe UMS 41 tarımsal faaliyetler çerçevesinde muhasebe ve raporlama. Sakarya Üniversitesi, İşletme Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s.s., 74.

Güler, S. (2014). Orta ölçekli hayvancılık işletmelerinde yenilenebilir enerji kullanım olanakları ve örnek bir uygulama. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. s.s., 34.

Holsiger, K. E., Lewis, P. O. Dey, D. K. (2002). A Bayesian approach to inferring population structure from dominant markers. Mol. Ecol., 11: 1157-1164.

Huang, M.C., Lin, W. C., Horng, Y. M., Rouvier, R., Huang, C. W. (2003). Female-specific ONA sequences in geese. Br. Poult. Sci., 44: 359-364.

Kaçamaklı, Z., Akşit, M. (2011). Mikrosatellit belirteçlerin kanatlılarda kullanım olanakları. 7. Ulusal Zootekni Öğrenci Kongresi, s., 22-34, 20-22 Mayıs 2011, Aydın, Türkiye.

Karaağaç, M. O., Oğul, H., Bardak, S. (2020). Kanatlı hayvan çiftliği için güneş enerji sisteminin tasarımı ve maliyet hesabı. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 8(1): 711-722.

Kurban, M., Hocaoğlu, F. O., Kantar, Y. M. (2006). The comparative analysis of two different statistical distributions used to estimate the wind energy potential. Journal of Engineering Sciences, 13(1): 103-109.

Kwesisi, V., Ogada, S., Kuria, S., Oloko, M., Oyier, P., Malaki, P., Ndiema, E., Obanda, V., Agwanda, B., Ngeiywa, K., Lichoti, J., Ommeh, S. (2022). Factors affecting production and market performance of Guinea fowls and Quails in Kenya. Journal of Agriculture, Science and Technology. https://doi.org/10.4314/jagst.v21i1.4.

Marle-Koster, E.V., Nel, L.H. (2003). Genetic markers and their application in livestock breeding in South Africa: A review. S. Afr. J. Anim. Sci., 33: 1-10.

Ottenburghs, J., Megens, H. J., Kraus, R. H. S. et al. (2017). A history of hybrids? Genomic patterns of introgression in the True Geese. BMC Evol Biol., 17, 201.

Öztürk, H. H., Yaşar, B., Eren, Ö. (2010). Tarımda enerji kullanımı ve yenilenebilir enerji kaynakları, Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, 11-15 Ocak 2010, Ankara.

Salem, H. H., Ali, B. A., Huang, T. H., Qin, D. N. (2005). Use of randomly amplified polymorphic dna (rapd) markers in poultry research. lnternational Journal of Poultry Science, 4 (10): 804-811.

BÖLÜM 7

KÜMES HAYVANLARINDA ALTERNATİF YEM KAYNAKLARI

Doç. Dr. | Hilal ÜRÜŞAN[1*]

[1*] Atatürk Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Erzurum, Türkiye. hilalurusan@atauni.edu.tr, Orcid ID: 0000-0003-4676-3049

1.GİRİŞ

Küresel nüfus artışıyla birlikte et, yumurta gibi hayvansal protein talebindeki artış, hayvancılık sektörünün kapasitesini zorlamaktadır. Hayvansal ürünlere olan talebi karşılamak için, daha verimli üretim yöntemlerinin geliştirilmesi ve alternatif protein kaynaklarının kullanımı önem kazanmıştır. Sürdürülebilir besleme uygulamaları, kümes hayvanı sektörünün çevresel ve ekonomik sürdürülebilirliğe ulaşması için olmazsa olmazdır. Hayvan yeminin seçimi ve yönetimi, bu süreçte önemli bir rol oynayarak, hayvancılık üretiminin çevre ve ekonomik sürdürülebilirliği üzerindeki genel etkisini etkiler. Özellikle kümes hayvancılığı sektörü, protein kaynağı olarak yoğun bir şekilde soya ve balık unu gibi geleneksel yem kaynaklarına bağımlıdır. Bu yem kaynakları, lezzetli oluşları ve yüksek protein içerikleri nedeniyle kümes hayvanı diyetlerinde tercih edilmektedir. Ancak bu kaynakların sınırlı ve yüksek maliyetli olması ve çevresel etkileri nedeniyle sürdürülebilirlik açısından sorunlar yaratmaktadır. Soya ve balık unu gibi yüksek protein içerikli yem hammaddeleri, üretim sürecinde tarım arazisine, suya ve enerjiye ihtiyaç duyduğu için ekosistemler üzerindeki yükü artırmaktadır (Adeniji, 2007). Bu sorunlardan dolayı bilim insanları kümes hayvanı yemlerinde soya fasulyesi ve balık ununun yerini alabilecek alternatif protein kaynaklarını araştırmaya başlamıştır. Bu alternatif protein kaynakları, soya ve balık unu gibi geleneksel kaynaklara olan bağımlılığın azaltılması, daha düşük maliyet ve çevresel etki gibi çeşitli avantajlar sunmaktadır. Yem üretimi ve nakliye küresel ısınmaya katkıda bulunan faktörlerin %70'ini oluştururken, gübre yönetimi ve ötrofikasyon asitlenmenin %40 ile %60'ından sorumludur. Yem verimliliğini genetik seleksiyon veya sindirimi artırıcı enzimler kullanarak iyileştirmek, kümes hayvancılığının çevresel etkilerini azaltmak için önemlidir. Ancak, kümes hayvanlarının protein kaynakları konusundaki ihtiyaçlarındaki değişiklikler, genetik seleksiyonun faydalarını sınırlayabilir (Leinonen ve Kyriazakis, 2016). Yerel olarak yetiştirilen bitkiler ve tarımsal yan ürünler gibi alternatif yem bileşenleri, performans üzerinde olumsuz bir etki yaratmadan sürdürülebilir seçenekler olarak umut verici sonuçlar göstermektedir.

Alternatif yem kaynakları, kümes hayvanlarının besin gereksinimlerini karşılayabilecek, çevresel etkisi düşük ve üretim maliyetleri açısından avantaj sağlayacak şekilde geliştirilmelidir. Son yıllarda bilim dünyası, hayvan yemi olarak kullanılabilecek yeni protein kaynakları araştırmalarına hız vermiştir. Bu

bağlamda, tek hücre proteini (THP), algler, deniz yosunları ve diğer yenilikçi yem kaynakları hem besin değerleri hem de düşük karbon ayak izi sayesinde öne çıkmaktadır (Anupama, 2000; Kelechi ve Ukaegbu, 2016).

2.BÖCEK BAZLI PROTEİN KAYNAKLARI

Kümes hayvanları için toprakta kazı yapma ve eşeleme, doğuştan gelen doğal bir davranıştır. Bu içgüdü, yer altındaki solucanlar ve böcek larvaları gibi çeşitli 'lezzetlerin' varlığı ile tetiklenir. Tavuklar ve diğer kümes hayvanları, lezzet ve besleyici değeri yüksek olan böcek bazlı diyetleri tercih etmektedir. Bu doğrultuda, böcekler, yüksek protein içerikleri, hızlı üreme döngüleri ve düşük çevresel etkileri nedeniyle kümes hayvanları üretimi için alternatif bir protein kaynağı olarak umut vaat etmektedir (Belhadj Slimen vd., 2023; Sajid vd., 2023). Böcek bazlı protein kaynaklar, geleneksel protein kaynaklarına kıyasla birçok avantaja sahiptir. Özellikle siyah asker sineği larvaları (Hermetia illucens), un kurdu (Tenebrio molitor) ve çekirgeler (Orthoptera), yüksek protein oranına (%35-53 arası), temel amino asitlere ve minerallere sahiptir ve sindirilebilirlik oranları yüksektir (Rumpold ve Schlüter, 2013; Waithaka vd., 2022). Böceklerin kümes hayvanlarının diyetine eklenmesi ile yemden yararlanmanın iyileşmesi (Belhadj Slimen vd., 2023; Sajid vd., 2023), üstün et kalitesi ve metiyonin gibi temel besinlerin sağlanması gibi faydalar sunar (Sogari vd., 2019). Ayrıca soya fasulyesi ve balık unu gibi geleneksel kaynaklar ile karşılaştırıldığında, böcek bazlı proteinlerin sera gazı emisyonları ve su ayak izi önemli ölçüde daha düşüktür, bu da çevresel etkiyi azaltmaktadır (Oonincx ve De Boer, 2012). Araştırmacılar şimdiye kadar kümes hayvanı yemi için uygun 13 böcek türü belirlemiş ve doğrulamıştır. Bunlar arasında sekiz böcek, AB düzenlemeleri tarafından hem gıda hem de yem olarak kullanım için onaylanmıştır (Şekil 1) (Turck vd., 2021).



Şekil 1. Kümes hayvanlarının beslenmesinde kullanılan bazı böcekler (Turck vd., 2021)

2.1.Ev Sineği ve Besin Değerleri

Ev sineği, tüm ülkelerde yaygın olarak bulunur ve hayvan gübresi veya gıda atıkları üzerinde yetiştirilebilir. Ev sineğinde, ham protein (HP) %40 ile %64 arasında, ham yağ (HY) ise %2,5 ile %28 arasında değişiklik göstermektedir. Ev sineği larvalarında, yaş ilerledikçe ham protein oranı azalırken ham yağ oranı artmaktadır (Aniebo vd., 2008; Aniebo ve Owen, 2010). Kümes hayvanları beslenmesinde sınırlayıcı amino asit olan lizin ve metionin, ev sineği ununda yüksek miktarlarda bulunmaktadır (Hall vd., 2018). Ev sineği ununun amino asit profili, balık ununa benzerdir, bu da onu balık ununa alternatif bir protein kaynağı yapmaktadır. Ev sineği ununun besleyici değeri işleme yöntemine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Aniebo ve Owen, 2010). Yapılan çalışmalarda ev sineği kurtçuklarının protein oranının (%63,99) ve protein sindirilebilirliğinin (%98,50) yüksek olması ve esansiyel aminoasitler (%29,46) bakımından zengin olmasından dolayı broylerler rasyonuna ilavesi sonucunda performans ve yemden yararlanmanın iyileştiği bildirilmiştir. Ev sineği kurtçuklarının broyler rasyonuna %10-15 düzeyinde katılmasının uygun ve etkili olabileceği kanaatine varılmıştır. Bu doz düzeyleri

karkas randımanı, göğüs kası ve but kasını, ayrıca göğüs etinin lizin ve triptofan içeriğini de önemli düzeyde artırmıştır (Hwangbo vd., 2009).

2.2.Siyah Asker Sineği (SAS) ve Besin Değerleri

Siyah asker sineği (SAS), *Stratiomyidae* ailesine ait yaygın bir sinek türüdür. SAS unu, doğal olarak besleyici, protein açısından zengin ve kalsiyum içeriği yüksek bir yem kaynağıdır. SAS ununda ham protein (HP) oranı %35 ile %61 arasında, ham yağ (HY) oranı ise %7 ile %42 arasında değişiklik göstermektedir. Ayrıca, yüksek laurik ve palmitik asit konsantrasyonları da rapor edilmiştir (Moula vd., 2018). Metiyonin, lizin, treonin ve valin içeriklerinin sırasıyla %0,08 ile %0,90 (Brede vd., 2018; Mwaniki vd., 2018), %0,34 ile %3,30 (Neumann, 2018), %0,22 ve %2,26 (Brede vd., 2018; Mwaniki vd., 2018), ve %0,33 ve %3,38 (Brede vd., 2018; Mwaniki vd., 2018), arasında olduğu bildirilmiştir. Kalsiyum içeriği %1,21 ile %4,39 arasında, fosfor ise %0,74 ile %0,95 arasındadır (Liu vd., 2021). Yapılan çalışmalarda SAS unu ile beslenen tavukların bağırsak morfometrisinin standart yemle beslenenlere oranla önemli farklılıklar tespit edilmiştir. SAS ile beslenen grupların duedenum villi uzunluğu daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Cutrignelli vd., 2018).

SAS ununun besin değeri, yetiştirme substratına, hasat yaşı ve işleme teknolojisine bağlı olarak değişiklik gösterebilir. İşleme ve yağdan arındırma işlemleriyle yağ içeriği, başlangıçta %37 iken, bu değer buharla %27,36'ya, metanol ile ekstrakte edildiğinde %17,05'e, normal presleme ile %17,95'e veya ısıtılarak presleme ile %13,05'e kadar düşürülebilir (Astuti, 2018).

2.3.Cırcır Böcekleri, Çekirgeler ve Besin Değerleri

Cırcır böcekleri ve çekirgeler tavuklar için değerli protein kaynakları olarak kabul edilmektedir. Ham protein (HP) oranı %48 ile %65 arasında değişirken, ham lif (HL) içeriği %3 ile %21 arasında farklılık göstermektedir. Bu içerikler, Afrika çekirgesi (*Acanthacris ruficornis*), Çin çekirgesi (*Acrida cinerea*), yabani yenilebilir çekirge (*Ruspolia nitidual*), kısa antenli çekirge (*Oxya hyla hyla*) ve çöl çekirgesi (*Schistocerca gregaria*) türleri arasında değişiklik göstermektedir (Amobi vd., 2020). Ham lif içeriği %1,06 ile %9,21 arasında, brüt enerji değerleri 1618 ve 1917 Kcal/Kg arasında, metabolik enerji değerlerinin ise 3923 ile 4018 Kcal/Kg arasında değişkenlik gösterdiği

bildirilmiştir (Hassan vd., 2009; Ojewola ve Udom, 2005; Sun vd., 2012). Amino asit içeriği, balık unu ile karşılaştırıldığında uyumlu seviyelerdedir. Metiyonin, sistein ve lizin içerikleri kuru madde (KM) bazında sırasıyla %1,70, %0,69 ve %3,79 olarak değerlendirilmiştir (Wang vd., 2007).

2.4.Un Kurtları ve Besin Değerleri

Un kurtları, dünya genelinde sıcak, karanlık ve nemli ortamlarda bulunan organizmalardır. Un kurtları, iyi bir protein ve yağ kaynağı olarak kabul edilmekte olup, ham protein (HP) oranı %27 ile %54 arasında değişirken, ham lif (HL) içeriği %4 ile %34 arasında değişmektedir. Un kurdu larvalarının kül, ham lif ve enerji içerikleri sırasıyla %3,0 ile %4,5, %5,0 ile %8,8 ve 1378,00 ile 4029,63 Kcal/Kg kuru madde arasında değişmektedir (Hall vd., 2018; De Marco vd., 2015). Un kurdu larvaları soya fasulyesi küspesi (SFK) ile karşılaştırıldığında, un kurdu larvalarının daha yüksek ham protein, ham lif ve ADF (asit deterjan lifi) içeriğine sahiptir (Bovera vd., 2015). Metiyonin, sistein, lizin, lösin, izolösin, histidin, treonin, valin ve arginin gibi amino asitler SFK' da daha yüksek düzeylerde bulunurken, un kurtlarında daha yüksek triptofan içeriği gözlemlenmiştir (Bovera vd., 2015). Ayrıca, bu larvalar düşük miktarda kalsiyum (434,59 mg/Kg) ve yüksek miktarda potasyum (9479,73 mg/Kg) ve fosfor (7060,70 mg/Kg) içermektedir (Ravzanaadii vd., 2012). Bu nedenle, un kurdu larvalarının kalsiyum/fosfor oranı, özellikle tavuk üretimi için uygun değildir bu bakımdan kalsiyum takviyesi önerilmektedir (Makkar vd., 2014). Bunun yanı sıra, bu larvalarda çinko (104,28 mg/Kg), demir (66,87 mg/Kg) ve bakır (13,27 mg/Kg) gibi mineraller yüksek miktarlarda bulunmaktadır (Ravzanaadii vd., 2012).

2.5.Solucanlar ve Besin Değerleri

Solucanlar protein, enerji ve amino asit değerleri açısından önemli bir besin kaynağıdır. Solucan yemi, %41-66 ham protein (HP), %3,5-18 ham lif ve %32,5-71,3 arasında değişen ham yağ (HY) oranına sahiptir (Janković vd., 2020). Solucanlar, özellikle lizin ve metiyonin gibi önemli amino asitler açısından zengin olduğu bilinmektedir ancak bu değerlerin solucanların tazeliği ve nem içeriğine bağlı olarak değişebileceği önemle belirtilmelidir (Sun vd., 1997). Yapılan çalışmalarda rasyona solucan unu ilavesinin yumurta sarısı omega-3 ve omega-6 yağ asidi oranını iyileştirdiği ayrıca %0,2-0,6 arasında

değişen solucan unu ilavesinin yumurta kalite ve performans parametrelerini iyileştirdiği bildirilmiştir (Son vd., 2003).

2.6. İpek böceği ve Besin Değerleri

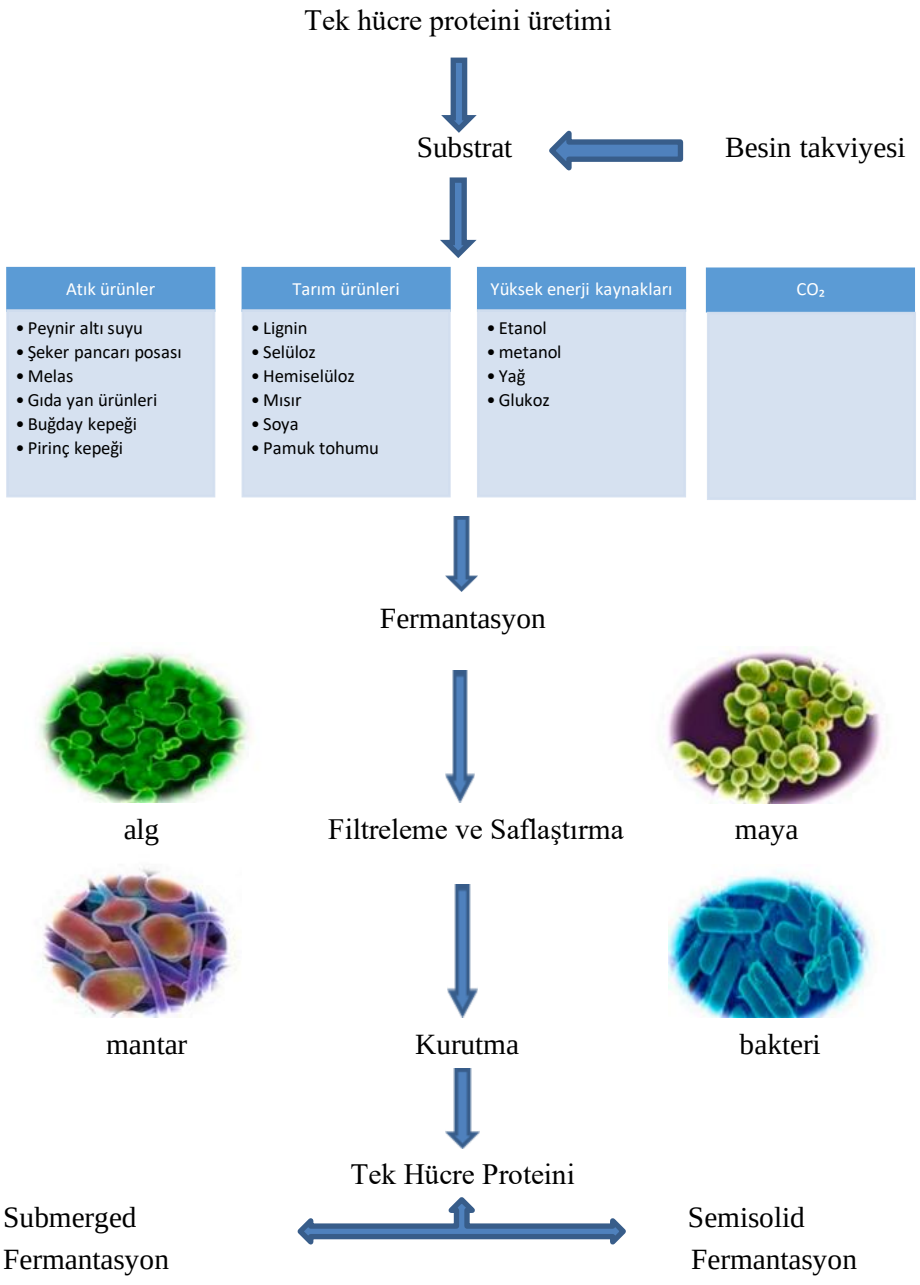
İpek böceği pupa unu yüksek protein içeriğine sahip önemli bir yem bileşimidir (Makkar vd., 2014). Kuru madde oranı %81,1-97,5, ham protein oranı %51,6-70,6, ham yağ oranı ise %6,2-37,1 arasında değişiklik gösterir (Anonim, 2022). Yapılan bir çalışmada ipek böceği pupa ununun %6 oranında yumurtacı tavukların rasyonlarına ilave edilmesi sonucu büyüme ve yumurta üretim performansının önemli ölçüde arttığı, ayrıca yem maliyetinin, artan pupa unu miktarıyla beraber kademeli olarak azaldığı, %6 ve %8 pupa unuyla beslenen kanatlıların verimliliğinin kontrol grubuna kıyasla arttığı bildirilmiştir (Khatun vd., 2005).

3.TEK HÜCRE PROTEİNİ (THP)

Tek hücre proteini, alg, maya, bakteri ve mantar gibi çeşitli mikroorganizmalardan elde edilmektedir (Sharif vd., 2021; Suman vd., 2015). Tek hücre proteini, yüksek kaliteli protein, amino asit, vitamin ve mineral açısından zengin, değerli bir yem katkı maddesi olarak öne çıkmaktadır (Suman vd., 2015). Protein içerikleri yüksek (%12-76,4), B grubu vitamini bakımından ise zengindir. Düşük fakat kaliteli yağ içeriklerinden dolayı insan ve hayvanlar için popüler alternatif besinler haline gelmiştir (Bhandari vd., 2022; Çalışkaner vd., 1998). Çoğu bakteri, maya ve küf hayvansal ürünlere benzer protein içeriğine sahip olup, uygun koşullarda geliştirildiklerinde bitkisel proteinlerden daha iyi bir protein kaynağı olurlar.

Optimum koşullar altında ve uygun besi ortamlarında kendi hücrelerinin %80'i kadar protein oluşturdukları için THP üretimi sıklıkla kullanılmaktadır (Şekil 2). Örneğin, mayalar genellikle 1-3 saat, algler 2-6 saat, funguslar 4-12 saat, birçok bakteri ise uygun ortamda bir saatten kısa bir sürede hızlı bir şekilde çoğalabilmektedir (Ulusan vd., 2024). THP'nin farklı tarımsal atık ve gıda endüstrisi yan ürünlerinden üretilebilmesi, çevresel sürdürülebilirlik ve ekonomik açıdan büyük avantaj sağlamaktadır. Aynı zamanda THP üretiminde, atık akışlarının etkili bir şekilde kullanılarak işlenebilir arazi ile tatlı su kaynaklarına olan bağımlılık azaltabilir (Bhandari vd., 2022; Nasseri vd., 2011).

THP' nin kümes hayvanlarının büyüme performansını iyileştirdiği ve yem dönüşüm oranlarını artırdığı çeşitli çalışmalarla gösterilmiştir (Al-Shadeedl ve Muhklis, 1988). Yapılan çalışmalarda etlik piliç yemlerine %5 ve %10 oranında THP dahil edilmesi durumunda canlı ağırlık artışı ve yemden yararlanmanın arttığı fakat %15 THP kullanımından kaçınılması gerektiği bildirilmiştir (Al-Shadeedl ve Muhklis, 1988; Najib vd., 2014). Ayrıca THP üretimi ile atıklar değerlendirilerek çevresel kirlilik azaltabilir ve işlenebilir arazi ile tatlı su kaynaklarına olan bağımlılık azaltabilir (Nasseri vd., 2011). Gelecekteki çalışmalar, THP üretim sürecinden besin profilinin iyileştirilmesine kadar olan süreçlerin, uzun vadede kümes hayvanlarının sağlığı ve performansı üzerindeki etkilerini araştırmalıdır.



Şekil 2. Tek hücre proteinin üretim aşaması (Bratosin vd., 2021)

4. DENİZ YOSUNLARI

Algler, karmaşık ve sıklıkla tartışmalı bir sınıflandırmaya sahip heterojen bir bitki grubudur. İki ana alg türü bulunmaktadır: makroalgler (deniz yosunları), kıyı bölgelerinde yaşayan ve oldukça büyük boyutlara ulaşabilen türlerdir; mikroalgler ise küçük boyutlarda olup, bentik ve kıyı habitatlarının yanı sıra fitoplankton olarak okyanus sularında yayılım gösterirler (Hasan ve Chakrabarti, 2009; El Gamal, 2012). Deniz yosunları, kahverengi algler (*Phaeophyceae*), kırmızı algler (*Rhodophyceae*) ve yeşil algler (*Chlorophyceae*) olmak üzere üç ana gruba ayrılır (Chapman ve Chapman, 1980; El Gamal, 2012) (Şekil 3). Farklı şekil, boyut, renk ve bileşimlere sahip olup çeşitli habitatlarda yaşam bulurlar. Bazı türler kayalar veya başka destekleyici malzemelere tutunarak büyürken, bazıları kök benzeri yapılar aracılığıyla okyanus tabanına tutunur, bazı türler ise su yüzeyinde serbestçe yüzer ve tek veya çok hücreli koloniler oluşturur (Murty ve Banerjee, 2012).



Kahverengi algler (*Phaeophyceae*) | Kırmızı algler (*Rhodophyceae*) | Yeşil algler (*Chlorophyceae*)

Şekil 3. Deniz yosunları çeşitleri

Deniz yosunları, kanatlı hayvanlarda bağışıklık sistemini güçlendirmek ve ürün (et, yumurta) kalitesini iyileştirmek amacıyla kullanılmaktadır (Abudabos vd., 2013; Ali ve Memon, 2008; Zahid vd., 2001). Bu amaçla yemlere genellikle %1-5 oranında eklenmektedir. Deniz yosunlarının yaklaşık 10.000 türü bulunduğu tahmin edilmekte (Guiry, 2014) olup, bunlardan yalnızca birkaçı hayvan beslenmesi açısından ilgi çekmektedir. Kümes hayvanları için genellikle *Chlorella, Spirulina, Ulva, Ascophyllum, Laminaria* ve *Sargassum* gibi çeşitli alg ve deniz yosunu türleri yem takviyesi olarak

kullanılmıştır (Coudert vd., 2020; Kulshreshtha vd., 2020). *Spirulina* (%63 protein) ve *Chlorella* (%47,8 protein) gibi algler, kümes hayvanı yemi için besin açısından zengin seçeneklerdir. Etlik piliç yemlerine Chlorella vulgaris ilavesi (1,55 g/kg), canlı ağırlığı %8, göğüs etini ise %5 oranında artırmıştır (El-Bahr vd., 2020). *Spirulina platensis*, broiler yemlerinde %0,25, %0,5, %0,75 veya %1,0 oranında kullanıldığında, canlı ağırlık, canlı ağırlık artışı ve yemden yararlanmayı iyileştirdiği bildirilmiştir (Sharmin vd., 2020). Yapılan çalışmalarda *Spirulina* içeren diyetlerle beslenen etlik piliçlerde, yeme 5-10 g/kg ilavesinin belirgin bir büyüme oranı artışı ve yemden yararlanmanın iyileştiği rapor edilmiştir (Kulshreshtha vd., 2020). Bu iyileşmenin, biyolojik aktif maddelerin varlığına ve yüksek amino asit sindirilebilirliğine bağlı olduğu düşünülmektedir. Mikroalgler, özellikle *Arthrospira* (yaygın adıyla *Spirulina*), etlik piliçlerin bağışıklık sistemini güçlendirmekte, çeşitli patojenlere karşı koruma sağlamakta ve T hücresi aktivitesini artırmaktadır (Sugiharto, 2020). Fakat yüksek dozlarda (%14-15) *Spirulina platensis* içeren yemlerin, canlı ağırlık artışını düşürdüğü bildirilmiştir (Pestana vd., 2020). Bu durum, kullanılan alg biyokütlesinin düşük kalitesine ve/veya yüksek konsantrasyonlarda jel oluşturma eğilimine bağlanabilir. Benzer şekilde, Toyomizu vd., (2001), broyler rasyonuna %4 veya %8 oranında *Spirulina platensis* eklenmesinin büyüme performansı veya et üretimi üzerinde kayda değer bir değişiklik yaratmadığını rapor etmiştir. Etlik piliç rasyonlarına uygun seviyelerde mikroalg eklenmesinin, büyüme performansını, karkas ve organ ağırlığını artırabileceği gibi bağırsak yapısını (villus yüksekliği ve kript derinliği) ve dolayısıyla bağışıklığıda iyileştirebileceği bildirilmiştir (Mishra vd., 2023).

Yumurtacı tavuklar üzerinde yapılan çalışmalarda, mikroalgler ile beslemenin yumurta büyüklüğünü artırdığı tespit edilmiştir. Bunu mikroalglerde bulunan besinlerin, yumurtalıkları uyararak daha büyük yumurtaların gelişimini teşvik edebileceği ile açıklanmıştır (Abdel-Wareth vd., 2024). Bu durum, özellikle pazarda belirli boyut gereksinimlerini karşılamayı hedefleyen yumurta üreticileri için değerlidir. Örneğin, *spirulina* bazlı diyetlerin uygulanmasının ardından ortalama yumurta ağırlığı ve yumurta kitlesinde önemli artışlar gözlemlenmiştir (De Farias vd., 2019).

Kalia ve Lei (2022), *Schizochytrium* (%0,5–1), *Spirulina platensis* (%1,5–2,5) ve *Chlorella vulgaris* (%2,5–7,5) takviyesinin yumurta üretim

oranını (%85'ten %91'e) ve yumurta ağırlığını (62,8 g'dan 64,3 g'a) artırdığını bildirmiştir. Ancak, Herber ve Van Elswyk (1996), %4,8 oranında deniz algi takviyesi yapılan tavukların, alg içermeyen kontrol diyetine göre daha düşük yumurta çıkış gücüne sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Bunun yanında yapılan birçok çalışmada *Spirulina* bazlı diyetlerin uygulanmasının ardından ortalama yumurta ağırlığı, sarı renk, kabuk kalınlığı ve demir içeriğinde önemli artışlar gözlemlenmiştir (Peipei, 2017). Yumurta üretimi, yumurta kitlesi ve yumurta ağırlığı, *spirulina'nın* %0,3 oranında dahil edilmesiyle iyileşmiştir (Selim vd., 2018). Ayrıca, yumurtadaki kolesterol ve trigliserit seviyeleri önemli ölçüde azalmıştır. *Spirulina'nın* %2,0–2,5 oranında yem olarak kullanılması, yumurtalarda daha iyi sarı renk sağladığını göstermiştir (Roche ve Gibney 2000). Sarının rengi, tüketicilerin algısı üzerinde önemli bir rol oynayan temel bir kalite parametresidir. Mikroalgler, yumurta sarısının parlak sarı-turuncu rengini sağlayan doğal pigmentler (karotenoidler) içerir. Tavuk diyetine mikroalg eklenmesi, daha zengin ve daha çekici sarı renge sahip yumurtalarla sonuçlanabilir. Bununla birlikte, bu takviyelerin optimal dozu, sıklığı ve kombinasyonu kümes hayvanlarının türüne, ırkına, yaşına ve üretim sistemine bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Alg ve deniz yosunlarının yem takviyesi olarak kullanılmasında yüksek lif, fenolik ve kül içeriği; değişken bulunabilirlik ve kalite, yüksek üretim ve işleme maliyetleri ve olası toksisite veya alerjenik etkiler gibi zorluklar ve sınırlamalar bulunmaktadır. Alg ve deniz yosununun çeşitli koşullar altında kümes hayvanlarının sağlığı ve performansı üzerindeki etkilerini değerlendirmek için daha fazla araştırma gereklidir; böylece, alg ve deniz yosununun kümes hayvanı beslenmesindeki potansiyelini tam anlamıyla ortaya çıkarmak mümkün olacaktır.

5. GIDA ATIKLARI VE YAN ÜRÜNLER

Yan ürünler ve gıda atıkları, genellikle göz ardı edilen değerli kaynaklardır. Bu atıklar, gıda üretimi, işlenmesi, dağıtımı ve tüketim süreçlerinden ortaya çıkabilmektedir. Örneğin, meyve suyu sektöründen kalan atıklar, tavukların sağlığına katkıda bulunabilecek diyet lifi, antioksidanlar, vitaminler, mineraller ve fitokimyasallar gibi besleyici bileşenler açısından zengin bir kaynaktır (Ismail vd., 2014; Noor Aziah vd., 2011). Benzer şekilde, yağlı tohum endüstrisinden (soya fasulyesi, kanola, ayçiçeği, pamuk tohumu ve keten tohumu yemleri veya kekleri) elde edilen yan ürünler, tavukların

beslenmesi için son derece faydalı olan protein, amino asit, yağ asitleri ve mineraller gibi değerli bileşenler sağlar (Georganas vd., 2023). Ayrıca, mısır, buğday, etanol üretiminden elde edilen distile tahıl yan ürünleri (kurutulmuş tahıllar), protein, enerji, lif ve fosfor gibi temel besin maddeleri sunmaktadır (Świątkiewicz ve Koreleski, 2008). Fabrikalarda büyük miktarlarda oluşan besinsel ve fonksiyonel açıdan değerli bu yan ürünlerin kaliteli şekilde işlenmesi ve değerlendirilmesi hem ekonomi hem de çevre kirliliği açısından oldukça önemlidir. Elde edilen bu yan ürünler genellikle büyükbaş hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Kanatlı hayvanlar üzerinde yapılan araştırmalar sınırlı düzeydedir. Kanatlı rasyonlarında genellikle kurutulmuş domates posası kullanılmış ve rasyona %20 oranına kadar ilave edilebileceği bildirilmiştir (Squires vd., 1992). Benzer bir çalışmada yumurta tavuğu rasyonuna %8 ve %15 düzeyinde kurutulmuş domates posası ilavesinin canlı ağırlık, yumurta verimi, yem tüketimi, kabuk kalitesi ve yaşama gücü üzerine etki etmediği buna karşın yumurta ağırlığının artan posa düzeyine bağlı olarak artığı (kontrol 62,9 g, %8 domates posalı grup 63,7 g, %15 domates posalı grup 64,8 g) kabuk kalitesini etkilenmediği ve yumurta sarısını iyileştiği bildirilmiştir (Yannakopoulos ve Chiristaki, 1992).

Bu atıkların tavuk diyetlerine entegre edilmesi, pahalı geleneksel yem kaynaklarına olan bağımlılığı azaltarak (Truong vd., 2019) aynı zamanda fonksiyonel bileşenler sağlayarak ürün kalitesini artırır (Georganas vd., 2023; Ominski vd., 2021). Ancak bu avantajlara rağmen, gıda atıklarının kullanımına ilişkin bazı zorluklar ve sınırlamalar bulunmaktadır. Güvenlik endişeleri, gıda atıklarının kalitesi ve stabilitesiyle ilgilidir; mikrobiyal bozulma, kimyasal kalıntılar, toksinler veya anti-besinsel faktörler gibi durumlar söz konusu olabilir. Bu durumlar, hayvan sağlığını ve performansını olumsuz etkileyebilir. Ayrıca, gıda atıklarının hayvan diyetlerine dahil edilmesi, bu malzemelerin toplanması, taşınması, depolanması ve işlenmesi gibi lojistik zorluklar olmaktadır. Bu nedenle, bu malzemelerin bileşimi, sindirilebilirliği ve potansiyel risklerinin kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir.

6. SONUÇ

Sonuç olarak, küresel nüfus artışı ve hayvansal protein talebindeki artış, kümes hayvancılığı sektörünün sürdürülebilirlik odaklı bir dönüşüm geçirmesini zorunlu kılmaktadır. Böcek bazlı proteinler ve tek hücreli proteinler gibi alternatif yem kaynakları hem çevresel etkileri azaltma hem de ekonomik verimliliği artırma potansiyeli ile sektör için güçlü bir seçenek sunmaktadır. Bu kaynakların yem endüstrisine entegrasyonu, kümes hayvanlarının büyüme performansını artırırken, sera gazı emisyonları ve su ayak izini önemli ölçüde azaltabilir.

Gelecek çalışmalarda, bu alternatif proteinlerin daha etkin ve yaygın bir şekilde kullanılmasını sağlayacak yöntemlerin geliştirilmesi kritik öneme sahiptir. Bu tür yenilikçi yaklaşımlar, hayvancılık sektörünün çevre dostu ve sürdürülebilir bir yapıya kavuşmasına katkı sağlayarak küresel gıda güvenliğini destekleyecektir.

KAYNAKÇA

Abdel-Wareth, A.A.A., Williams, A.N., Salahuddin, M., Gadekar, S. Lohakare, J. (2024) Algae as an alternative source of protein in poultry diets for sustainable production and disease resistance: present status and future considerations. Frontiers in Veterinary Science. 11:1382163. https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1382163

Abudabos, A.M., Okab, A.B., Aljumaah, R.S., Samara, E.M., Abdoun, K.A., Al-Haidary, A.A. (2013). Nutritional value of green seaweed (Ulva lactuca) for broiler chickens. Italian Journal of Animal Science 12, 177–181.

Adeniji, A.A. (2007). Piliçlerin diyetinde yer fıstığı kekinin kurtçuk unu ile değiştirilmesinin etkisi. International Journal of Poultry Science, 6, 822-825.

Al-Shadeedl, M., Muhklis, A. (1988). The effect of different levels of single-cell protein in broiler ration and bird densities on body weight and feed conversion ratio. Majalat Al-Buhu

Ali, A., Memon, M.S. (2008). Incorporation of Enteromorpha procera Ahlner as nutrition supplement in chick's feed. International Journal of Biology and Biotechnology. 5, 211–214.

Amobi, M. I., Saleh, A., Okpoko, V. O., Abdullahi, A. M. (2020). Growth performance of broiler chickens based on grasshopper meal inclusions in feed formulation. Fortschritte der Zoologie, 18, 39–43. https://doi.org/10.4314/tzool.v18i1.7.

Aniebo, A. O., Erondu, E. S., Owen, O. J. (2008). Proximate composition of housefly larvae (Musca domestica) meal generated from mixture of cattle blood and wheat bran. Livestock Research for Rural Development, 20, 205.

Aniebo, A. O., Owen, O. J. (2010). Effects of age and method of drying on the proximate composition of housefly larvae (Musca domestica Linnaeus) meal (HFLM). Pakistan Journal of Nutrition, 9, 485–487. https://doi.org/10.3923/pjn.2010.485.487

Anonim, (2022). Feedipedia [Internet]. [Cited: Februrary 15, 2022]. Available from: [Link]Anupama, P. R. (2000). Value-added food: single cell protein. Biotechnology Advances, 18, 459–479.

Astuti, D. A., Damanik, R. H., Anggraeny, A., Aidismen, Y. D. P. (2018). Utilization of insect as a protein alternative for goat rations. Proceedings of the 4th International Asian-Australasian Dairy Goat Conference, Vietnam, 17-19 October 2018.

Belhadj Slimen, I., Yerou, H., Ben Larbi, M., M'Hamdi, N., Najar, T. (2023). Insects as an alternative protein source for poultry nutrition: A review. Frontiers in Veterinary Science. 10, 1200031

Bhandari, P., Arora, M., Bhatt, S., Bharadwaj, M., Rahal, A. (2022). Single-cell protein: The potential substitute for animal nutrition. Feed Additive Magazine. Available at: https://www.feedandadditive.com/single-cell-protein-the-potential-substitute-of-animal-nutrition/ (verified 3 September 2023).

Bovera, F., Piccolo, G., Gasco, L., Marono, S., Loponte, R., Vassalotti, G. (2015). Yellow mealworm larvae (Tenebrio molitor, L.) as a possible alternative to soybean meal in broiler diets. British Poultry Science, 56, 569–575. https://doi.org/10.1080/00071668.2015.1080815

Bratosin, B. C., Darjan, S., Vodnar, D. C. (2021). Single cell protein: A potential substitute in human and animal nutrition. Sustainability, 13(16), 9284.

Brede, A., Wecke, C., Liebert, F. (2018). Does the optimal dietary methionine to cysteine ratio in diets for growing chickens respond to high inclusion rates of insect meal from Hermetia illucens? Animals, 8, 187. https://doi.org/10.3390/ani8110187

Chapman, V.J., Chapman, D.J. (1980). Seaweeds and their Uses, 3rd ed. Chapman and Hall.

Coudert, E., Baéza, E., 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

Cutrignelli, M. I., Messina, M., Tulli, F., Randazzo, B., Olivotto, I., Gasco, L., Bovera, F. (2018). Evaluation of an insect meal of the black soldier fly (Hermetia illucens) as soybean substitute: Intestinal morphometry, enzymatic and microbial activity in laying hens. Research in Veterinary Science, 117, 209–215.

Çalışkaner, Ş., Ceylan, N., Konca, Y., Demirel, R., Çördük, M., Milli, Ü. (1998). Etil alkol vasatında üretilen tek hücre proteini (Eprin) üzerinde

biyolojik bir araştırma. Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi, 22(3): 299–304.

De Farias, N.F., Demarco, M., Tribuzi, G. (2019). Drying and quality of microalgal powders for human alimentation In: Microalgae-from physiology to application. Ed. Milada Vítová London, UK: IntechOpen.

De Marco, M., Martínez, S., Hernandez, F., Madrid, J., Gai, F., Rotolo, L. (2015). Nutritional value of two insect larval meals (Tenebrio molitor and Hermetia illucens) for broiler chickens: Apparent nutrient digestibility, apparent ileal amino acid digestibility and apparent metabolizable energy. Animal Feed Science and Technology, 209, 211–218. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.08.006

El-Bahr, S., Shousha, S., Shehab, A., Khattab, W., Ahmed-Farid, O., Sabike, I., ... & Albosadah, K. (2020). Effect of dietary microalgae on growth performance, profiles of amino and fatty acids, antioxidant status, and meat quality of broiler chickens. Animals, 10(5), 761.

El Gamal, A.A. (2012). Biological importance of marine algae. In: Kim, S.-K. (Ed.), Handbook of Marine Macroalgae: Biotechnology and Applied Phycology. John Wiley & Sons, p. 567.

Georganas A, Giamouri E, Pappas AC, Zoidis E, Goliomytis M, Simitzis P. (2023). Utilization of Agro-Industrial By-Products for Sustainable Poultry Production. Sustainability. 15(4):3679. https://doi.org/10.3390/su15043679

Guiry, M.D. (2014). The Seaweed Site: Information on Marine Algae. Seaweed.ie.

Hall, H. N., Masey O'Neill, H. V., Scholey, D., Burton, E., Dickinson, M., Fitches, E. C. (2018). Amino acid digestibility of larval meal (Musca domestica) for broiler chickens. Poultry Science, 97, 1290–1297. https://doi.org/10.3382/ps/pex433

Hasan, M.R., Chakrabarti, R. (2009). Use of Algae and Aquatic Macrophytes as Feed in Small-scale Aquaculture: A Review. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 531. FAO, Rome, Italy.

Hassan, A. A., Sani, I., Maiangwa, M. W., Rahman, S. A. (2009). The effect of replacing graded levels of fishmeal with grasshopper meal in broiler starter diet. PAT, 5, 30–38.

Herber, S.M., Van Elswyk, M.E. (1996). Dietary marine algae promotes efficient deposition of n-3 fatty acids for the production of enriched shell eggs. Poultry Science. 75, 1501–1507. doi: 10.3382/ps.0751501

Hwangbo, J., Hong, E. C., Jang, A., Kang, H. K., Oh, J. S., Kim, B. W., Park, B. S. (2009). Utilization of house fly maggots, a feed supplement in the production of broiler chickens. Journal of Environmental Biology, 30(4): 609–614.

Ismail, T., Akhtar, S., Riaz, M., Ismail, A., (2014). Effect of pomegranate peel supplementation on nutritional, organoleptic and stability properties of cookies. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 65, 661-666.

Janković, L. J., Petrujkić, B., Aleksić, N., Vučinić, M., Teodorović, R., Karabasil, N. (2020). Carcass characteristics and meat quality of broilers fed on earthworm (Lumbricus rubellus) meal. Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society, 71, 2031–2040. https://doi.org/10.12681/jhvms.22953

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

Kelechi, M., Ukaegbu-Obi, K. M. (2016). Single cell protein: A resort to global protein challenge and waste management. Journal of Microbiology and Microbial Technology, 1, 5-16.

Khatun, R., Azmal, S. A., Sarker, M. S. K., Rashid, M. A., Hussain, A., Miah, M. Y. (2005). Effect of silkworm pupae on the growth and egg production performance of Rhode Island Red (RIR) pure line. International Journal of Poultry Science, 4(9), 718–720.

Kulshreshtha G, Hincke MT, Prithiviraj B, Critchley A. A. (2020). Review of the Varied Uses of Macroalgae as Dietary Supplements in Selected Poultry with Special Reference to Laying Hen and Broiler Chickens. Journal of Marine Science and Engineeringç 8(7):536. https://doi.org/10.3390/jmse8070536

Leinonen, I., Kyriazakis, I. (2016). How can we improve the environmental sustainability of poultry production? Proceedings of the Nutrition Society, 75, 265-273.

Liu, X., Liu, X., Yao, Y., Qu, X., Chen, J., Xie, K., et al. (2021). Effects of different levels of Hermetia illucens larvae meal on performance, egg quality, yolk fatty acid composition, and oxidative status of laying hens. Italian Journal of Animal Science, 20, 256–266. https://doi.org/10.1080/1828051X.2021.1878946

Makkar, H. P., Tran, G., Heuzé, V., Ankers, P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. Animal Feed Science and Technology, 197, 1–33. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008

Mishra P, Das R, Chaudhary A, Mishra B, Jha R. (2023). Effects of microalgae, with or without xylanase supplementation, on growth performance, organs development, and gut health parameters of broiler chickens. Poultry Science. 102:103056. https://doi.org/10.1016/j. psj.2023.103056

Moula, N., Scippo, M. L., Douny, C., Degand, G., Dawans, E., Cabaraux, J. F. (2018). Performances of local poultry breed fed black soldier fly larvae reared on horse manure. Animal Nutrition, 4, 73–78. https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.10.002

Murty, U.S., Banerjee, A.K. (2012). Seaweeds: the wealth of oceans. In: Kim, S.-K. (Ed.), Handbook of Marine Macroalgae: Biotechnology and Applied Phycology.

Mwaniki, Z., Neijat, M., Kiarie, E. (2018). Egg production and quality responses of adding up to 7.5% defatted black soldier fly larvae meal in a corn–soybean meal diet fed to Shaver white Leghorns from week 19 to 27 of age. Poultry Science, 97, 2829–2835. https://doi.org/10.3382/ps/pey118

Najib, H., Aleid, S., Aljasass, F., & Hamad, S. (2014). Feeding value of single-cell protein, produced from dates, for laying hens. Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences, 4, 30–36.

Nasseri, A., Rasoul-Amini, S., Morowvat, M. H., Ghasemi, Y. (2011). Single-cell protein: Production and process. American Journal of Food Technology, 6, 103–116.

Neumann, C., Velten, S., & Liebert, F. (2018). Improving the dietary protein quality by amino acid fortification with a high inclusion level of microalgae (Spirulina platensis) or insect meal (Hermetia illucens) in meat-type chicken diets. Open Journal of Animal Sciences, 8, 12–26. https://doi.org/10.4236/ojas.2018.81002

Noor Aziah, A. A., Lee Min, W., Bhat, R. (2011). Nutritional and sensory quality evaluation of sponge cake prepared by incorporation of high dietary fiber containing mango (Mangifera indica var. Chokanan) pulp and peel flours International Journal of Food Sciences and Nutrition, 62, 559-567.

Ojewola, G. S., Udom, S. F. (2005). Chemical evaluation of the nutrient composition of some unconventional animal protein sources. International Journal of Poultry Science, 4, 745–747. https://doi.org/10.3923/ijps.2005.745.747

Ominski, K., McAllister, T., Stanford, K., Mengistu, G., Kebebe, E. G., Omonijo, F., Wittenberg, K. (2021). Utilization of by-products and food waste in livestock production systems: A Canadian perspective. Animal Frontiers, 11(2): 55-63.

Oonincx, D. G., De Boer, I. J. (2012). Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans–A life cycle assessment. PloS one, 7(12): 51145.

Peipei, L., Sumin, Z. (2017). Effect of Spirulina Chinese herbal medicine on quality of eggs and serum biochemical indexes of egg-laying hens. Indian Journal of Animal Research. 52, 373–377. https://doi.org/10.18805/ijar.v0iOF.9143

Pestana, J.M., Puerta, B., Santos H., Madeira, M.S., Alfaia, C.M., Lopes, P.A., Prates, J. A. M. (2020). Impact of dietary incorporation of Spirulina (Arthrospira platensis) and exogenous enzymes on broiler performance, carcass traits, and meat quality. Poultry Science. 99, 2519–2532. https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.11.069

Ravzanaadii, N., Kim, S. H., Choi, W. H., Hong, S. J., Kim, N. J. (2012). Nutritional value of mealworm, Tenebrio molitor as food source. International Journal of Industrial Entomology, 25, 93–98. https://doi.org/10.7852/IJIE.2012.25.1.093

Roche, H.M., Gibney, M.J. (2000). Effect of long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids on fasting and postprandial triacylglycerol metabolism. American Journal of Clinical Nutrition. 71:232S–7S. https://doi.org/10.1093/ajcn/71.1.232S

Rumpold, B. A., Schlüter, O. K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. Molecular Nutrition and Food Research, 57(5): 802–823.

Sajid, Q. U. A., Asghar, M. U., Tariq, H., Wilk, M. (2023). Insect meal as an alternative to protein concentrates in poultry nutrition with future perspectives (an updated review). Agriculture, 13, 1239.

Selim, S., Hussein, E., Abou-Elkhair, A. (2018). Effect of Spirulina platensis as a feed additive on laying performance, egg quality and hepatoprotective activity of laying hens. European Poultry Science. (2018) 82:1–14. https://doi.org/10.1399/eps.2018.227

Sharif, M., Zafar, M. H., Aqib, A. I., Saeed, M., Farag, M. R., Alagawany, M. (2021). Single-cell protein: Sources, mechanism of production, nutritional value, and its uses in aquaculture nutrition. Aquaculture, 531, 735885. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735885

Sharmin F., Sarker N.R., Sarker M.S.K. (2020). Effect of using Oringa oleifera and spirulina platensis as feed additives on performance, meat composition and oxidative stability and fatty acid profiles in broiler chicken. Journal of Nutrition and Food Sciences.10:772. https://doi.org/10.35248/2155-9600.20.10.772

Sogari, G., Amato, M., Biasato, I., Chiesa, S., & Gasco, L. (2019). The potential role of insects as feed: A multi-perspective review. Animals, 9(4): 119. https://doi.org/10.3390/ani9040119

Son, J. H., Jo, I. H. (2003). Effects of earthworm meal supplementation on the performance of broiler chickens. Korean Journal of Organic Agriculture, 11(2): 79–90.

Sugiharto S. (2020). Nutraceutical aspects of microalgae Spirulina and chlorella on broiler chickens. Livestock Research for Rural Development 32, 6.

Suman, G., Nupur, M., Anuradha, S., & Pradeep, B. (2015). Single-cell protein production: A review. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 4, 251–262.

Sun, Z. J., Liu, X. C., Sun, L. H., Chunyang, S. (1997). Earthworm as a potential protein resource. Ecology of Food and Nutrition, 36, 221–236.

Sun, T., Long, R. J., Liu, Z. Y., Ding, W. R., Zhang, Y. (2012). Aspects of lipid oxidation of meat from free-range broilers consuming a diet containing

grasshoppers on alpine steppe of the Tibetan plateau. Poultry Science, 91, 224–231. https://doi.org/10.3382/ps.2011-01598

Świątkiewicz, S., Koreleski, J. (2008). The use of distillers dried grains with solubles (DDGS) in poultry nutrition. World's Poultry Science Journal, 64(2): 257-266.

Squires, M. W., E. C. Naber, V. D. Toelle. (1992). The effectsof heat, water, acid and alkali treatment of tomato cannerywastes on growth, metabolizable energy value, and nitrogenutilization of broiler chicks. Poultry Science. 71, 522–529.

Toyomizu, M, Sato K, Taroda H, Kato T, Akiba Y. (2001). Effects of dietary Spirulina on meat colour in the muscle of broiler chickens. British Poultry Science. 42:197–202. https://doi.org/ 10.1080/00071660120048447

Truong, L., Morash, D., Liu, Y., King, A. (2019). Food waste in animal feed with a focus on use for broilers. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture, 8(4):1-13.

Turck, D., Castenmiller, J., De Henauw, S., Hirsch-Ernst, K. I., Kearney, J., Maciuk, A., et al. (2021). Scientific opinion on the safety of dried yellow mealworm (Tenebrio molitor larva) as a novel food pursuant to regulation (EU) 2015/2283. EFSA Journal, 19, 6343. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6343

Ulusan, E. Ç., Oğuz, M. N. (2024). Hayvan beslemede kullanılan alternatif protein kaynakları: Geleneksel derleme. Türkiye Klinikleri Journal of Veterinary Sciences, 15(1): 30–38.

Waithaka, M. K., Osuga, I. M., Kabuage, L. W., Subramanian, S., Muriithi, B., Wachira, A. M., Tanga, C. M. (2022). Evaluating the growth and cost–benefit analysis of feeding improved indigenous chicken with diets containing black soldier fly larva meal. Frontiers in Insect Science, 2, 933571.

Wang, D., Zhai, S. W., Zhang, C. X., Zhang, Q., Chen, H. (2007). Nutrition value of the Chinese grasshopper Acrida cinerea (Thunberg) for broilers. Animal Feed Science and Technology, 135, 66–74. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.05.013

Yannakopoulos, A.L., Chiristaki, E.V. (1992). Effect of loccaly produced tomato meal on the performance and the egg quality of laying hens. Nutrition Abstracts and Reviews Series -B 062-1954.

Zahid, P.B., Abid A., Mah-e-Jabeen Z. (2001). Brown seaweeds as supplement for broiler feed. Hamdard Medicus. 44, 98–101.

BÖLÜM 8

İN OVO BESLEMEDE YENİ YAKLAŞIMLAR, POLEN EKSTRAKTI ENJEKSİYONUNUN ETLİK PİLİÇ CİVCİVLERİNİN KULUÇKA SONRASI AÇ KALMA SÜRELERİNE GÖRE DÖRT GÜNLÜK BÜYÜMELERİNE ETKİSİ

Doç. Dr. | İsa COŞKUN[1*]

Dr. Öğr. Üyesi | Hüseyin ÇAYAN[2]

[1*] Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni bölümü, Kırşehir, Türkiye. isa.coskun@ahi evran.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-5495-6006

[2*] Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni bölümü, Kırşehir, Türkiye. huseyin.cayan@ahi evran.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-7731-2967

1.GİRİŞ

Kanatlı sektöründe karlılığın artışı için civcivlerin kısa süre içerisinde yeme ulaştırılarak sindirim sisteminin erken dönemde geliştirilmesi ve bağırsak sağılığının erken dönemde artırılması büyük önem taşımaktadır. Etlik piliç yetiştiriciliği yapılan işletmelerde kuluçkadan sonra civcivlerin yetiştirilecekleri işletmelere ulaştırılmaları sırasında 24 ile 48 saat zaman geçmektedir. Civcivlerin işletmelere ulaştırılma zamanı 48 saate ulaştığı durumlarda, civcivlerin yem tüketimine başladıkları zamana kadar %25 canlı ağırlık kaybına uğradıkları (Bigot vd., 2003), canlı ağırlık artışının, iç organların, bağışıklığın ve sindirim enzimlerinin etkinliklerini düşürdüğü (Shira vd., 2005) belirlenmiştir. Kuluçkadan sonra karşılaşılan bu problemlerin önüne geçebilmek için civcivlerin kuluçka sonrası hemen yemlenmesi gerektiği ve kuluçka sonrası hemen yem tüketimine başlayan civcivlerin besi performanslarının arttığı yapılan çalışmalarda belirlenmiştir (Noy ve Sklan, 1998; Kornasio vd., 2011). Ama ülkemiz şartlarında ve dünya genelinde büyük kuluçka işletmelerinde civcivlerin kuluçkadan çıktıktan sonra üretim için gönderilecekleri işletmelere ulaştırılmaları sürecinde, civcivlerin kuluçka sonrası kurumaları, tasnif edilmeleri, kutulara yerleştirilmeleri, nakliye süreleri ve diğer faktörlerden dolayı hemen yeme ulaşmaları mümkün olmamaktadır. Bu nedenlerden dolayı civcivlerin uzun süre aç kalmaları sıkça karşılaşılan sorunların başında gelmektedir. Eğer kuluçka aşamasında embriyoların ağırlık artışı sağlanılabilinirse uzun süreli aç kalma dönemlerinde büyüme performanslarının düşüşünün önüne geçilebileceği belirtilmektedir (Uni vd., 2005). Zira kuluçkadan çıkan civcivlerin sindirim sistemleri yeterince gelişmemiş durumdadır. Civcivler ilk yemi tüketmeye başladıklarında sindirim sistemleri gelişmeye başladığından, kuluçkadan sonra 48 saat kadar uzun bir süre aç kalırlarsa %25'e kadar canlı ağırlık kaybedeceğinden ileriki dönemlerinde besi performansları düşmektedir (Panda vd., 2006). Bu nedenle kuluçka döneminde embriyoların gelişimlerinin arttırılması için embriyonun amniyotik sıvıyı ağızdan aldığı dönemde (16 ve 18. günlerde) besin maddelerinin yumurtada açılacak bir delikten enjektörle amniyotik sıvıya enjekte edilmesi, bu besin maddelerinin embriyo tarafından ağız yoluyla tüketimi sağlanarak civcivlerin daha fazla büyümelerini sağlayacak uygulamalar yapılmaktadır. Kuluçkadan sonra etlik piliçlerin bağışıklık sistemlerinin gelişmesi ve besi performansının arttırılması amacıyla kuluçka

döneminde yumurta kabuğunun küt ucundan küçük bir delikle açılan boşluktan enjektörle embriyoya zarar vermeden ya hava boşluğuna ya da amniyotik sıvıya embriyonun gelişimini ve bağışıklık artışını sağlayacak besinlerin verilmesine in ovo enjeksiyon ya da in ovo besleme adı verilmektedir. İn ovo besleme yapılan erken dönem beslemesi ile hem etlik piliçlerin hem de hindilerin kuluçka çıkış ağırlıklarının kontrol grubuna göre %7'e kadar arttığı bu ağırlık farklarının 35. gün'e kadar devam ettiği bildirilmiştir (Uni ve Ferket, 2004). İn ovo enjeksiyonla albumin, β-hidroksi-β-metil butirat (Tako vd., 2004), NaCl, sukroz, maltoz ve dextrin (Uni ve Ferket, 2004; Uni vd., 2005), Arginin (Foye vd., 2003) ve Çinko-Metionin enjeksiyonunun (Tako vd., 2004) etlik piliçlerde ve hindilerde performansı arttırdığını bildirmişlerdir.

Son yıllarda apiterapi ürünlerinin de özellikle arı poleninin gıda takviyesi olarak (Thakur ve Nanda, 2020), kozmetik ürünlerinde (Xi vd., 2018), ilaç takviyesi olarak (Nascimento ve Geraldo, 2018) ve gıda katkı maddesi sanayinde (Kostić vd., 2020) ve hayvan besleme çalışmalarında araştırılmaya başlandığı bilinmektedir. Yapılan bir araştırmada döllü etlik piliç yumurtalarına arı sütü enjeksiyonunun kuluçka randımanı üzerine olumlu etkilerinin olduğu bildirilmiştir (Moghaddam vd., 2013-2014). Diğer bir arı ürünü olan propolis enjeksiyonu ile yapılan çalışmada ise çıkış randımanını artırdığını ancak civciv ağırlığını düşürme eğiliminde olduğu belirlenmiştir (Bozbay vd., 2016). Yapılan çalışmalar incelendiğinde enjeksiyon maddesi olarak kullanılan ürünlerin hepsinin sentetik olduğu görülmektedir. Bu nedenlerden dolayı doğal yollarla elde edilmiş besin maddelerinin de araştırılması gerekmektedir. Bu amaçla kullanılabilecek maddelerden birisi de protein, amino asitler, mineraller, karbonhidratlar, şekerler ve auxin, brassin, gibberellin ve kinin gibi maddelere sahip olan polen ve polen ekstraktları olabilir (Erdoğan ve Dodoloğlu, 2005). Shettiwar vd., (2024) arı poleninin etlik piliçlerde sindirimi arttırdığını bildirmişlerdir. Nemauluma vd., (2023a, b) polenin etlik piliçlerde antibiyotiğe alternatif yem katkısı olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Döllü etlik piliç yumurtalarına polen ekstraktı enjeksiyonu yaptıkları çalışma sonucunda; kuluçka randımanı bakımından gruplar arasında fark oluşmadığını ancak, polen ekstraktı enjeksiyonu ile kontrole göre civciv ağırlığını artırdığını ($P<0,05$) bildirmişlerdir (Dos Santos vd., 2010).

Çalışmada Karadeniz bölgesinden toplanan polenlerden elde edilen polen ekstraktı kullanılacaktır. Elde edilen polen ekstraktlarının normal ticari şartlar altında döllü etlik piliç yumurtalarına enjeksiyonu ile embriyonik dönemde embriyoların daha fazla gelişimlerinin sağlanarak ve etlik piliç civcivlerinin 24 ve 48 saat aç kalma sürelerinde 4 günlük besi performanslarındaki düşüşü önlenmeye çalışılacaktır.

2. MATERYAL VE METOT

Çalışmada Kırıkkale ilinde faaliyet gösteren yerel bir damızlık kümesinden temin edilen ağırlıkları standardize edilmiş döllü etlik piliç yumurtaları kullanılmıştır. Kuluçkanın 12. gününde döl kontrolü yapılmış ve 150 adet yumurta 2 muamele grubuna ayrılmıştır. Kuluçka makinesinin sıcaklığı 37,8 ^{o}C nemi ise %56 olacak şekilde ayarlanmıştır. Kuluçkanın 18. gününde enjeksiyon grubuna ait 75 yumurta hızlı bir şekilde küt kısımları %70'lik etanol ile dezenfekte edilerek 2 ml polen ekstraktı yumurtaların hava boşluklarına 21 gauge kalınlığında enjektörle enjekte edilmiş ve hızlıca enjeksiyon deliği bant ile kapatılarak yumurtalar tekrar kuluçka makinasına alınmışlardır. Araştırmada kullanılan polen ekstraktı Ordu Arıcılık Araştırma Enstitüsünden sağlanmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında kuluçka sonrası elde edilen 120 adet günlük yaşta ve karışık cinsiyette etlik piliç civcivleri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan muamele grupları ve hayvan sayıları Tablo 1 de verilmiştir.

Tablo 1. Muamele grupları

Polen Enjeksiyonu	Aç kalma süresi	
Var	24	30 civciv 6 tekerrür
	48	30 civciv 6 tekerrür
Yok	24	30 civciv 6 tekerrür
	48	30 civciv 6 tekerrür

Araştırmada %23 HP ve 3100 kcal/kg ME içeren soya mısır bazlı etlik piliç başlangıç yemi kullanılmıştır. Kuluçka sonunda kontrol grubu (60 civciv) ve enjeksiyon grubuna (60 civciv) ait civcivler 1 m genişlik, 50 cm derinlik ve

40 cm yüksekliğe sahip 4 katlı tel tabanlı civciv kafeslerine alınmıştır. İçme suları nipelle suluklarla, yemler de kafeslere bağlı yemliklerle ad-libitum olarak sağlanmıştır. Civcivlerin canlı performans değerleri günlük olarak hesaplanmıştır.

Denemede elde edilen datalar SPSS (15) istatistik paket programında GLM prosedürü ile faktör analizine tabi tutulmuştur. Grup ortalamaları arasındaki farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir.

3. BULGULAR

Döllü etlik piliç yumurtalarının hava keslerine kuluçkanın 18. gününde 0,2 ml polen ekstraktı enjeksiyonunun kuluçka randımanı değerleri Tablo 2'de verilmiştir. Kuluçka randımanları enjeksiyon yapılan grupta enjeksiyon yapılmayana göre değişiklik göstermemiştir.

Tablo 2. Döllü etlik piliç yumurtalarına polen ekstraktı enjeksiyonun kuluçka randımanı üzerine etkileri

	Kontrol	Polen ekstraktı Enjeksiyonu	P değeri
KR	%88.00	%86.67	0.77
(n)	(75)	(75)	

KR: Kuluçka Randımanı

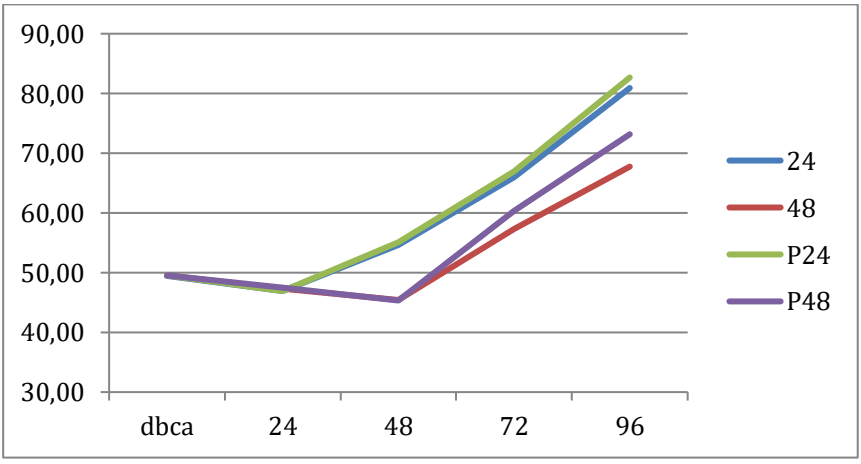
Tablo 3. İn ovo polen ekstraktı enjeksiyonunun etlik piliç civcivlerinin 24 ve 48 saat aç kalma sürelerine göre günlük büyüme değerleri

Gruplar	DBCA	24saat	48saat	72saat	96saat
K24	49.42	46.92	54.67^{a}	66.00^{a}	80.92^{a}
K48	49.58	47.33	45.42^{b}	57.33^{b}	67.75^{b}
P24	49.58	46.92	55.08^{a}	67.00^{a}	82.67^{a}
P48	49.50	47.50	45.33^{b}	60.33^{b}	73.17^{ab}
OSH	0.048	0.164	1.463	1.369	2.182
	P değerleri				
Açlık	0.694	0.178	0.001	0.001	0.004
Enjeksiyon	0.694	0.812	0.816	0.227	0.243
İnteraksiyon	0.256	0.812	0.728	0.531	0.537

$^{a-b}$, Aynı satırda farklı harfler taşıyan ortalamalar istatistiksel olarak farklıdır ($P<0.05$); OSH: Ortalamanın standart hatası; DBCA: Deneme Başı Canlı ağırlıklar; YT: Yem tüketimi; YYO: Yemden yararlanma oranı.

İn ovo polen enjeksiyonunun etlik piliç civcivlerinin 24 ve 48 saat aç kalma sürelerine göre 4 günlük büyüme değerleri Tablo 3'te verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre 48 saat aç kalan civcivlerin 4 günlük büyüme değerlerinin 24 saat aç kalan hayvanların değerlerine yakın olduğu ve aralarında istatistiki olarak farklılık oluşmadığı belirlenmiştir.

İn ovo polen enjeksiyonunun etlik piliç civcivlerinin 24 ve 48 saat aç kalma sürelerine göre 4 günlük büyüme değerleri Şekil 1' de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre 48 saat aç kalan civcivlerin 4 günlük büyüme değerleri mor ile gösterilmiş ve 24 saat kalan ve enjeksiyon yapılan grupların değerlerine doğru yaklaşım eğiliminde olduğu gösterilmiştir.



Şekil 1. İn ovo polen enjeksiyonunun etlik piliç civcivlerinin 24 ve 48 saat aç kalma sürelerine göre günlük büyüme eğrisi

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Civcivin gerek kuluçka dönemindeki gelişimi gerekse kuluçka sonrası gelişimi açısından besin kaynağı ve formunun önemi büyüktür. Civcivin yüksek yararlanılabilirlik özelliğine sahip besin maddelerini dengeli bir şekilde tüketmesi erken dönem performansı için son derece önemlidir. Yeme geçiş süreci ve başlatma döneminde tüketilen yemin kalitesine bağlı olarak civcivlerin gelişimi ve sağlığı önemli oranda etkilenebilmektedir. Bu noktada civcivin yeterli ve gerekli besin rezervleri olacak şekilde hayata başlaması son derece önemlidir.

Çalışma sonucunda kuluçka randımanları enjeksiyon yapılan grupta enjeksiyon yapılmayan gruba göre değişiklik göstermediği belirlenmiştir. Mevcut denemeden ve diğer çalışmalardan (Coşkun vd., 2014; Bozbay vd., 2016; Dos Santos vd., 2010; Liu vd., 2012; Gonzales vd., 2013) elde edilen sonuçlar, yumurtaların in ovo enjeksiyonunun kuluçka randımanını etkilemediğini göstermektedir. Bu sonuçlar, çıkışta palaz veya civcivlere ait özellikler bakımından delinen ve delinmeyen yumurta grupları arasında istatistiki bakımdan farklılıkların olmadığını bildiren çalışma sonuçları ile uyum içerisindedir.

Bitki dokularında bulunan major ve minor elementlerin tamamına yakınını ihtiva eden polen, proteinler, karbonhidratlar ve lipitler bakımından oldukça zengindirler (Orzáez Villanueva vd., 2002). Bunlara ilave olarak aminoasit, nükleik asit, enzim, vitamin ve hormon gibi organik maddeleri de yapılarında bulundururlar (Karataş vd., 2000; Karataş ve Şerbetçi, 2008). İn ovo polen enjeksiyonunun etlik piliç civcivlerinin 24 ve 48 saat aç kalma sürelerine göre 4 günlük büyüme değerlerine bakıldığında; 48 saat aç kalan civcivlerin 24 saat aç kalanlara büyüme değerlerinin benzer olduğu ve aralarında istatistiki olarak farklılık oluşmadığı belirlenmiştir. Ancak denemenin ilk 96 saatlik süresinde 24 saat açlığa maruz kalan civcivlerin büyümelerinin 48 saat açlığa maruz kalanlara göre istatistiki olarak daha iyi olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$).

Kanatlı hayvan beslemede sınırlı sayıda polen çalışması bulunmaktadır. Coşkun vd., (2014) polen ekstraktı enjeksiyonun kuluçka sonu civciv ağırlığını arttırmak için kullanılabildiğini bildirmişlerdir. Seven vd., (2011) farklı yerleşim sıklığında yetiştirilen bıldırcın rasyonlarına polen ilavesinin kontrole göre canlı ağırlığı artırdığını bildirmişlerdir. ELDeeb vd., (2024) bıldırcın yemlerine polen ilavesinin erkeklerde canlı ağırlığı iyileştirdiğini bildirmişlerdir. Shettiwar vd., (2024) polenin etlik piliçlerde sindirimi arttırdığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde Sierra-Galicia vd., (2023) tavşan rasyonuna arı poleni ilavesinin yemden yararlanmayı geliştirerek canlı ağırlığı arttırdığını bildirmişlerdir. Dolayısıyla kuluçkada polen ekstraktı enjeksiyonunun etlik piliç civcivlerinin çıkımı takiben 48 saatlik sürede sarıdan daha iyi yararlandığı ve canlı ağırlık kaybının önüne geçtiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar hayvanların yemlerine polen ilavesi veya ekstraktı ilavesi ile ilgili çalışmaların sonuçları ile paralellik göstermektedir.

Sindirim sisteminin fonksiyonel kapasitesine daha erken ulaşması, civcivin çıkış sonrası enfeksiyöz ve metabolik hastalıklara daha etkin şekilde karşı koymasına, aldığı besin maddelerini daha hızlı kullanmasına ve sonuçta enerji durumunu daha etkin şekilde koruyabilmesine neden olmaktadır (Uni vd., 2005; Bigot vd., 2003). Polenin beslenmede, terapötik ve iyileşme tedavilerinde ve ayrıca bozuklukların gelişiminin olası önleyicisinde yararlı olabilecek özellikler sergilediği bildirilmiştir (Kacemi ve Kampos, 2024). Protein, amino asitler, mineraller, karbonhidratlar, şekerler ve auxin, brassin, gibberellin ve kinin gibi besin maddelerince zengin olan polen ya da polen ekstraktı enjeksiyonu ile civcivlerin erken dönemde bağırsak gelişimleri sağlanmış yeme ve suya ulaşma sürelerine kadar geçen sürelerde ağırlık kayıpları minimize edilmesi sağlanmıştır.

Sonuç olarak damızlık etlik piliç yumurtalarına in ovo polen ekstraktı enjeksiyonunun etlik piliçlerde kuluçka randımanı üzerine bir etkisi olmamasına rağmen ilk 4 günlük büyüme performansını iyileştirmiştir. Bu nedenlerden dolay etlik piliç yetiştiriciliğinde kuluçkahanelerde ulaşımın uzak olduğu işletmelere civciv nakliyeleri için yapılabilecek bir uygulama olduğu belirlemiştir. Bununla birlikte farklı yörelerden, faunalardan elde edilmiş ve aynı zamanda farklı yöntemlerle elde edilmiş polen ya da polen ekstraktlarının etkinliği de farklı hayvan türlerinde araştırılmalıdır.

KAYNAKÇA

Bigot, K., Mignon-Grasteau, S., Picard, M., Tesseraud, S. (2003). Effects of delayed feed intake on body, intestine, and muscle development in neonatel broilers. Poult Sci., 82:781–788.

Bozbay, C.K., Konanç, K., Ocak, N., Öztürk, E. (2016). Yumurta içi (İn ovo) propolis enjeksiyonunun ve enjeksiyon yerinin kuluçka randımanı, civciv çıkış ağırlığı ve yaşama gücüne etkileri. Turk J Agric Res., 3: 48-54.

Coşkun, İ., Çayan, H., Yılmaz, Ö., Taşkın, A., Tahtabiçen, E., Şamlı, H. E. (2014). Döllü etlik piliç yumurtalarına in ovo polen ekstraktı enjeksiyonunun kuluçka randımanı ve civcivlerin çıkış ağırlığına etkisi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 1(4): 485–489.

Dos Santos, T.T., Corzo, A., Kidd, M.T., McDaniel, C.D., Araújo, L.F. (2010). Influence of in ovo inoculation with various nutrients and egg size on Broiler performance. The J App Poult Res., 19(1): 1-12.

ELDeeb, M. A., Abdelnabi, M. A., Galal, A. E., & AbdelKareem, W. (2024). Assessment of feeding date palm pollen and bee pollen on growth performance, carcass characteristics, intestinal development and Microbiota of Japanese Quail (Coturnix japonica). Assiut Journal of Agricultural Sciences, 55(1): 181-196.

Erdoğan, Y., Dodoloğlu, A. (2005). Importance of pollen in life of Honey bee (Apismeelifera L.) colonies. Uludağ Bee Journal, 5: 79-85.

Foye, O.T., Uni, Z., Ferket, P.R. (2003). The effects of in ovo feeding of protein and carbohydrate on early growth and glycogen status of Turkey poults. Poult Sci., 82:71.

Gonzales, E., Cruz, C.P., Leandro, N.S.M., Stringhini, J.H., Brito, A.B. (2013). In ovo supplementation of 25(OH)D3 to Broiler embryos. Braz J Poult Sci., 15(3): 169-286.

Kacemi, R., Campos, M. G. (2024). Bee pollen as a source of pharmaceuticals: Where are we now?. In Pollen Chemistry & Biotechnology (pp. 319-336). Cham: Springer International Publishing.

Karataş, F., Munzuroğlu, Ö., Gür, N. (2000). Arı polenlerindeki A, E ve C vitaminleri ile selenyum düzeylerinin araştırılması. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 12(1): 219-224.

Karataş, F., Şerbetçi, Z. (2008). Arı polenlerindeki adrenalin ve noradrenalin miktarlarının HPLC ile belirlenmesi. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 20(3): 419-422.

Kornasio, R., Halevy, O., Kedar, O., Uni, Z. (2011). Effect of in ovo feeding and its interaction with timing of first feed on glycogen reserves, muscle growth, and body eight. Poult Sci., 90(7):1467-77.

Kostić, A., D. D. Milinčić, M. B. Barać, M. A. Shariati, Ž. L. Tešić, and M. B. Pešić. (2020). The application of pollen as a functional food and feed ingredient—The present and perspectives. Biomolecules, 10(1): 84. https://doi.org/10.3390/biom10010084 .

Liu, P., Hu, Y., Grossmann, R., Zhao, R. (2012). In ovo leptin administration accelerates post-hatch muscle growth and changes myofibre characteristics, gene expression, and enzymes activity in Broiler chickens. J Anim Phys Anim Nutr., 97(5): 887-895.

Moghaddam, A., Borji, M., Komazini, D. (2014). Hatchability rate and embryonic growth of broiler chicks following in ovo injection royal jelly. British Poult Sci., 55(3): 391-397.

Moghaddam, A., Karimi, I., Borji, M., Bahadori, S. (2013). Effect of royal Jelly in ovo injection on embryonic growth, hatchability, and gonadotropin levels of Pullet breeder chicks. Theriogenology, 80(3): 193-198.

Nascimento, A., Geraldo E.L.J. (2018). Bee pollen properties: Uses and potential pharmacological applications-A review. Journal of Analytical & Pharmaceutical Research, 7 (5): 513–515. https://doi.org/10.15406/japlr.2018.07.00276 .

Nemauluma, M.F.D., Manyelo, T.G., Ng'ambi, J.W., Malematja, E.M., Kolobe, S.D. (2023a). Effects of bee pollen inclusion on the performance and gut morphology of ross 308 broiler chickens. Brazilian Journal of Poultry Science, 25(02), eRBCA-2022.

Nemauluma, M.F.D., Manyelo, T.G., Ng'ambi, J.W., Kolobe, S.D., Malematja, E. (2023b). Effects of bee pollen inclusion on performance and carcass characteristics of broiler chickens. Poult Sci, 102(6), 102628.

Noy, Y., Sklan, D. (1998). Yolk Utilisation in The Newly Hatched Poult. Br. Poult Sci., 39:446-451.

Orzáez Villanueva, M.T., Díaz Marquina, A., Bravo Serrano, R., Blazquez Abellán, G. (2002). The importance of bee-collected pollen in the diet: A study of its composition. Int J Food Sci and Nutr., 53(3): 217-224.

Panda, A.K, Raju, M.V.L.N., Shyam Sunder, G. Rao, S.V.R. (2006). The first seven days of life are increasingly important as broilers reach slaughter weight at an ever younger age. World Poultry., 22(4):15-16.

Seven, İ., Seven, T, P., Sur Aslan, A., Yıldız, N. (2011). Farklı yerleşim sıklığında yetiştirilen Japon bıldırcınlarının (Coturnix Coturnix Japonica) performansı ve bazı kan parametreleri üzerine rasyona katılan arı poleninin etkileri. Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 8(3): 173-180.

Shettiwar, S.N., Patel, V.R., Padheria, Y.D., Rao, T.K.S., Kumar, B., Raval, A.P. (2024). Heat stress ameliorative effect of guanidinoacetic acid and bee pollen supplementation on growth, nutrient utilization and blood biochemical status in broiler chicken. Animal Nutrition and Feed Technology, 24(1): 121-135.

Shira, E.B., Sklan, D., Friedman, A. (2005). Impaired immune responses in Broiler hatchling hindgut following delayed access to feed. Veter. İmmunology İmmunopath., 105(1): 33-45.

Sierra-Galicia, M.I., Rodríguez-de Lara, R., Orzuna-Orzuna, J.F., Lara-Bueno, A., Ramírez-Valverde, R., Fallas-López, M. (2023). Effects of supplementation with bee pollen and propolis on growth performance and serum metabolites of rabbits: A meta-analysis. Animals, 13(3): 439.

Tako, E., Ferket, P.R., Uni, Z. (2004). Effects of in ovo feeding of carbohydratesand beta-hydroxy-beta-methylbutyrate on the development of chicken intestine. Poult Sci., 83, 2023- 2028.

Thakur, M., Nanda, V. (2020). Composition and functionality of bee pollen: A review. Trends in Food Science & Technology, 98:82–106. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.001 .

Uni, Z, Ferket, P.R. (2004). Methods for early nutrition and their potential. World's Poult Sci J., 60, 101- 111.

Uni, Z., Ferket, P.R., Tako, E., Kedar, O. (2005). In ovo feeding improves energy status of late-term chicken embryos. Poult Sci., 84(5):764-770.

Xi, X., Li J., Guo, S., Li, Y., Xu, F., Zheng, M., Cao, H., Cui, X., Guo, H., and Han C. (2018). The potential of using bee pollen in cosmetics: a review.

Journal of oleo Science, 67 (9): 1071–1082. https://doi.org/10.5650/jos.ess18048.

BÖLÜM 9

KANATLILARDA VERİMLİ YEM KULLANIMI VE OPTİMİZASYONU

Dr. Öğr. Üyesi | Kalbiye KONANÇ[1*]

[1*] Ordu Üniversitesi, Ulubey Meslek Yüksekokulu, Ordu, Türkiye. kalbiye-serdaroglu@hotmail.com, Orcid ID: 0000-0001-7984-6129

1. GİRİŞ

Kanatlı çiftlik hayvanlarında verimli yem kullanımı ve optimizasyonu hem üretim maliyetlerini düşürmek hem de çevresel etkiyi minimize etmek açısından kritik öneme sahiptir. Verimli yem kullanımı, yem kaynaklarının israf edilmeden doğru bir şekilde hayvanlar tarafından kullanılmasını sağlar. Bu, çiftliklerin ekonomik sürdürülebilirliğini arttırırken, yem üretimi ve tüketiminden kaynaklanan çevresel sorunları azaltabilir.

Kanatlı çiftlik hayvanlarında verimli yem kullanımı, modern hayvancılık sistemlerinin temel hedeflerinden biridir. Yem, hayvan yetiştiriciliği maliyetlerinin büyük bir kısmını oluşturur ve bu maliyetlerin optimize edilmesi, üretim sürecinde büyük tasarruf sağlayabilir. Yem verimliliği, hayvanların tükettiği yemin ne kadarının canlı ağırlık artışı, yumurta üretimi veya et verimi gibi somut çıktılara dönüştüğünü ifade eder. Yem verimliliğinin yüksek olması, hayvanların tükettiği yemden maksimum fayda sağladığı anlamına gelir. Bu, yem kaynaklarının daha az israf edilmesi ve yem maliyetlerinin düşürülmesi açısından oldukça önemlidir.

Yem maliyetleri, genellikle kanatlı yetiştiriciliğinde toplam üretim maliyetlerinin %60-70'ini oluşturur. Bu nedenle, yem kullanımını optimize etmek çiftliklerin kârlılığı açısından belirleyici bir faktördür. Verimli yem kullanımı, birim başına üretim maliyetlerini düşürürken, aynı zamanda ürün kalitesinin artırılmasını da sağlar. Yem israfının azaltılması, çiftçilerin rekabetçi bir piyasa ortamında sürdürülebilir kârlılık elde etmelerine yardımcı olur.

Verimli yem kullanımı, çevresel sürdürülebilirliğe doğrudan katkı sağlar. Yem üretimi, su, enerji ve toprak gibi doğal kaynakların kullanımını gerektirir. Bu kaynakların bilinçsiz tüketimi ise çevresel bozulmaya ve iklim değişikliğine katkıda bulunabilir (Aydoğdu, 2020). Örneğin, yem üretimi sırasında ortaya çıkan karbon salınımı ve tarımsal faaliyetlerin su kaynaklarına olan etkisi önemli çevresel sorunlar yaratabilir. Bunun yanı sıra, hayvanlar tarafından sindirilemeyen ve dışkı yoluyla atılan yem kalıntıları da çevre kirliliğine neden olabilir. Yem kullanımının optimize edilmesi, bu olumsuz etkileri minimize eder (Aydoğdu, 2020).

Yem kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve yerel, sürdürülebilir yem kaynaklarının kullanımı, hem ekonomik hem de çevresel açıdan avantajlar sunabilir. Örneğin, bazı sucul bitkiler, geleneksel yem kaynaklarına göre daha

düşük maliyetli, hızlı büyüyen ve çevresel olarak sürdürülebilir alternatifler sunmaktadır. Bu sucul bitkiler, protein açısından zengin olması ve su ekosistemine olumlu etkileriyle bilinir. Tavuklar üzerinde yapılan çalışmalar, bu tür sucul bitkilerin yem katkısı olarak kullanılmasının hem yem maliyetlerini düşürdüğünü hem de tavukların verimliliğini artırdığını göstermektedir (Özdal ve Çetinkaya, 2024).

Yem kullanımını optimize etmek için ileri teknolojiler de devreye girmektedir. Örneğin, akıllı yemleme sistemleri, hayvanların bireysel ihtiyaçlarına göre yem miktarını ve türünü ayarlayarak israfı minimize eder. Ayrıca, yem analiz teknolojileri sayesinde yemlerin besin değerleri daha doğru bir şekilde hesaplanarak hayvanların tam olarak ihtiyaç duydukları besin maddelerini almaları sağlanır. Bu tür teknolojiler, hayvanların daha sağlıklı ve verimli olmasına yardımcı olurken, aynı zamanda çiftliklerin çevresel ayak izini küçültür (Öztürk ve Güngör, 2022).

2. YEM VERİMLİLİĞİ

Yem verimliliği, kanatlı hayvanların yemi vücut dokularına (et veya yumurta) dönüştürme kapasitesini ifade eder. Yem verimliliğini etkileyen birçok faktör vardır:

2.1. Genetik

Hayvanların genetik yapısı yemden nasıl yararlandıklarını etkiler. Bazı ırklar yem verimliliği açısından daha avantajlıdır. Her hayvanın genetik kodu, yemden ne kadar verimli yararlandığını belirleyen önemli bir unsurdur. Bu, hayvanın sindirim kapasitesi, metabolik hızı, büyüme potansiyeli ve yemden enerji veya besin maddesi çıkarma kabiliyeti gibi birçok faktörü içerir. Bazı ırklar, yemden daha fazla besin maddesi alabilir ve bu, verimliliği artırarak daha az yemle daha fazla ürün (örneğin, et, yumurta) elde edilmesini sağlar (Tüzün ve Aktan, 2012).

Farklı kanatlı ırkları arasında yem verimliliği açısından büyük farklar bulunmaktadır. Bu farklar, özellikle tavukçulukta çok belirgindir. Yemden maksimum düzeyde yararlanan bazı ırklar, ekonomik olarak daha avantajlı hale gelirken, diğer ırklar daha düşük verim gösterebilir. Örneğin; Broiler tavukları yem verimliliği açısından en başarılı olanlardandır. Genetik olarak hızlı büyüme potansiyeline sahip olan bu tavuklar, yemden yüksek düzeyde protein

ve enerji alabilir. Örneğin, Cobb 500 ve Ross 308 gibi broiler hatları, genetik seleksiyon yoluyla yem dönüşüm oranları oldukça düşük olan, yani yemden en fazla verimi alan ırklar arasındadır. Bu ırklar, genetik olarak yemden maksimum faydayı sağlamaları için seçilmiştir ve et üretiminde yüksek başarı gösterirler. Cobb 500 ırkı, ortalama olarak 1,7 kg yem tüketerek 1 kg canlı ağırlık kazanımı sağlayabilir (Akçay ve Yetişir, 2014). Yumurta tavukları ise verimli yem kullanımı, yumurta üretimi açısından önem taşır. Lohmann Brown ve Isa Brown (görsel Şekil 1'de verilmiştir) gibi ticari yumurta tavukları, yemden maksimum yumurta verimini sağlayan ırklar olarak bilinir. Bu ırklar, yüksek verimli yumurta üretimi için genetik olarak optimize edilmişlerdir ve nispeten az yemle daha fazla yumurta üretimi sağlarlar (Fathel ve Elibol, 2006). Lohmann Brown ırkı, günde yaklaşık 110-115 gram yem tüketerek yılda 300'den fazla yumurta üretebilir.



Şekil 1. A. Etlik Tavuklar B. Yumurtacı Tavuklar (Anonim, 2024a; b)

Son yıllarda hayvan yetiştiriciliğinde genetik seleksiyon çalışmaları, yem verimliliğini artırmak için kullanılmaktadır. Bu çalışmalar, yemden daha iyi yararlanma özellikleri olan bireylerin seçilmesi ve bu bireylerin üremesi ile yem verimliliği yüksek sürüler elde etmeyi amaçlar. Genetik olarak seçilmiş bu sürüler, daha az yemle daha fazla üretim sağlayabilir, bu da çiftliklerin maliyetlerini önemli ölçüde azaltır. Örneğin yavaş gelişen Broiler ırkları (görsel Şekil 1'de verilmiştir), son yıllarda hızlı büyüyen broiler ırklarına alternatif olarak daha yavaş büyüyen ırklar popüler hale gelmiştir (Ustroi vd., 2023). Bu

ırklar, genellikle yem dönüşüm oranları daha düşük olsa da sağlık ve refah açısından avantajlar sağlar.

Hayvanların genetik yapısı, yemden nasıl yararlandıklarını etkileyen sindirim sistemi fonksiyonlarına da yön verir. Sindirim sistemi enzim üretim kapasitesi, yemden besinlerin emilimini etkiler. Genetik olarak farklı sindirim sistemi özelliklerine sahip hayvanlar, aynı yemi farklı verimlilikle kullanabilir. Örneğin; Cornish tavukları, genetik olarak güçlü sindirim kapasiteleri ve hızlı büyüme potansiyelleri ile bilinir (Türk vd., 2013). Cornish tavukları (görsel Şekil 2'de verilmiştir), yemlerden protein ve enerji gibi besin maddelerini yüksek verimle emebilirler.

Yem verimliliğini artırmak için Genetik Olarak Değiştirilmiş Hayvanlarla da yapılan çalışmalar bulunmaktadır. Yemden fosfor ve azot gibi mineralleri daha verimli şekilde sindirebilen genetik olarak modifiye edilmiş hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalar, çevresel kirliliği azaltmayı amaçlamaktadır. Örneğin, Enviropig, yemden daha verimli fosfor emilimi sağlayan bir domuz ırkı olarak geliştirilmiştir (Forsberg vd., 2003). Bu prensip, kanatlı hayvanlara da uygulanarak hayvanların yemden besin madde alımları artırılabilir.

Farklı çevresel koşullara daha iyi uyum sağlayan ırklar, yem verimliliği açısından da avantaj sağlar. Bu tür ırklar, çevresel streslere dayanıklıdır ve yemden maksimum fayda sağlayarak verimlerini korurlar. Örneğin; Naked Neck tavukları (görsel Şekil 2'de verilmiştir) özellikle sıcak iklimlerde yetiştirilir, sıcak stresine karşı dayanıklıdır ve bu nedenle sıcak iklimlerde yemden daha verimli yararlanabilir (Mutaf vd., 2003). Yüksek sıcaklıklar altında bile yem tüketimleri ve büyüme hızları olumsuz etkilenmez. Soğuk iklimlerde yetiştirilen bazı sert tüylü tavuk ırkları, yemden aldığı enerjiyi daha verimli bir şekilde kullanarak vücut ısısını koruyabilir (Romanov vd., 2023). Bu tür ırklar, zorlu iklim koşullarında yemden en iyi şekilde yararlanabilirler.



Şekil 2. C. Cornish tavuğu, D. Naked Neck Tavukları (Anonim c, d)

Hayvanların genetik yapısı, yem gereksinimlerini de belirler. Genetik olarak daha yüksek büyüme hızına sahip ırklar, belirli besin maddelerine daha fazla ihtiyaç duyar. Örneğin, protein ve amino asit gereksinimleri genetik olarak daha hızlı büyüyen tavuklarda daha yüksektir. Bu nedenle, genetik yapıya uygun bir yem formülasyonu, hayvanın genetik potansiyelini en iyi şekilde ortaya çıkarır.

2.2. Yem Kalitesi

Yem bileşenlerinin dengesi (protein, enerji, vitamin ve mineral seviyeleri) yemden alınan verimi doğrudan etkiler. Yem bileşenlerinin dengesi, hayvanların büyümesi, üretkenliği ve genel sağlığı üzerinde doğrudan etkiye sahip olan kritik bir faktördür. Yem rasyonlarında protein, enerji, vitamin ve mineral seviyeleri gibi besin maddelerinin doğru şekilde dengelenmesi, yemden alınan verimin maksimum düzeyde olmasını sağlar. Dengesiz bir yem rasyonu, hem hayvanların performansını düşürebilir hem de yem israfına yol açabilir.

Yemden alınan verimi artırmak için yem bileşenlerinin dengesi, yani protein, enerji, vitamin ve mineral düzeylerinin doğru bir kombinasyonda ayarlanması gerekmektedir (Kutlu ve Şahin, 2017). Bu denge, hayvanların besin ihtiyaçlarını tam olarak karşılar ve böylece yemden maksimum verim elde edilir. Denge, sadece yemden elde edilen enerji ve besin maddelerinin kullanımını değil, aynı zamanda hayvanların genel sağlık ve üretim performansını da etkiler.

Protein, hayvanların kas gelişimi, yumurta üretimi ve büyüme performansı için en önemli besin maddelerinden biridir. Ancak, protein kalitesi

ve amino asit bileşimi de en az miktarı kadar önemlidir. Yem rasyonundaki protein içeriği yüksek olabilir, ancak esansiyel amino asitlerin eksikliği durumunda bu protein tam anlamıyla değerlendirilemez. Broiler tavuklarının hızlı büyüme potansiyelleri nedeniyle yüksek kaliteli proteinlere ihtiyaçları vardır. Protein miktarının ve kalitesinin yetersiz olması, büyüme hızında yavaşlamaya ve yemden alınan verimin düşmesine neden olabilir (Taşkesen, 2017). Özellikle lizin ve metiyonin gibi esansiyel amino asitlerin eksikliği, büyüme performansını ciddi şekilde etkileyebilir. Bu amino asitler, kas dokusunun inşası için gereklidir ve yetersiz olduklarında yem israfı artar. Yumurta tavuklarında ise protein ihtiyacı, özellikle yumurta üretiminde önemlidir. Yumurta tavuğu rasyonlarındaki protein miktarı, yumurta üretimini ve kalitesini doğrudan etkiler. Metiyonin ve treonin gibi amino asitlerin yeterli seviyede olması hem yumurta kabuğunun kalitesini hem de yumurta sarısının rengini iyileştirir. Protein eksikliği durumunda ise yumurta verimliliği düşebilir ve yumurta kabukları zayıf olabilir (Kaya, 2007).

Hayvanlar için enerjinin büyük kısmı karbonhidratlar ve yağlardan sağlanır. Enerji, hayvanların günlük aktivitelerini, büyüme ve üretim süreçlerini desteklemek için gereklidir. Ancak enerji-protein dengesinin korunması çok önemlidir; aşırı enerji düşük proteinle birleştiğinde yağlanmaya, yetersiz enerji ise büyüme geriliğine neden olabilir. Genellikle kanatlılarda yem rasyonlarında enerjiyi sağlamak için mısır, buğday, soya küspesi ve bitkisel yağlar gibi bileşenler kullanılır. Bu bileşenlerin oranı, hayvanların yaşına, türüne ve üretim amacına göre dikkatlice ayarlanmalıdır. Örneğin, broiler tavuklar, büyüme dönemlerinde yüksek enerjiye ihtiyaç duyar. Ancak enerji fazlası, bu tavukların yağlanmasına neden olabilir, bu da yem verimliliğini düşürür (Karadaş vd.,1999). Dengeli enerji seviyesi, hayvanların doğru miktarda kas ve et üretmesini sağlar. Yumurta tavuklarının enerji gereksinimi, yumurta üretimi için proteinin yanı sıra kritik bir faktördür. Düşük enerjili yemler, yumurta üretiminde düşüşe neden olabilir, ancak aşırı enerji alımı da yağlanmaya ve yumurta verimliliğinin azalmasına yol açar (Bozkurt vd., 2001). Bu nedenle, yumurta tavukları için enerji seviyesi optimum düzeyde ayarlanmalıdır.

Vitamin ve mineraller, hayvanların büyüme, bağışıklık sistemi, kemik gelişimi ve genel sağlıkları için önemlidir. Yem rasyonlarındaki vitamin ve mineral eksiklikleri, hayvanlarda çeşitli sağlık sorunlarına ve verim kaybına yol

açabilir. Özellikle yumurta tavuklarında kalsiyum ve fosfor dengesi, yumurta kabuğu kalitesi için önemlidir. Yeterli kalsiyum olmadan, tavuklar zayıf kabuklu yumurtalar üretir ve bu da ticari üretimde kayıplara yol açar (Atik ve Ceylan, 2009). Fosfor ise, kemik gelişimi ve metabolik süreçler için gereklidir. Dengesiz bir kalsiyum-fosfor oranı, tavuklarda kemik hastalıklarına neden olabilir. Optimal denge, kalsiyumun fosfora oranının yaklaşık 2:1 olmasıyla sağlanır. D vitamini, kalsiyum ve fosforun vücutta doğru kullanılabilmesi için gereklidir (Akkoyun vd., 2014). D vitamini eksikliği, hayvanlarda kemik deformasyonlarına ve yumurta kabuğu sorunlarına neden olabilir (Kılınç, 2013). E vitamini ve selenyum gibi antioksidanlar, hayvanların bağışıklık sistemini destekler ve hastalıklara karşı direnci artırır. Özellikle stres altındaki hayvanlar için bu vitaminlerin eksikliği, yemden alınan verimi düşürebilir. E vitamini ve selenyum eksikliği, üreme performansını ve yumurta verimliliğini olumsuz etkileyebilir. Demir ve çinko, kan hücrelerinin üretimi ve metabolik süreçler için gereklidir (Hira ve Yörük, 2015; Kılınç, 2013). Bu minerallerin eksikliği, tavuklarda anemiye, büyüme geriliğine ve düşük yem verimliliğine yol açabilir.

Yem bileşenlerinin dengesi kadar, bu bileşenlerin biyoyararlılığı da önemlidir. Hayvanların tükettiği besin maddelerinin sindirilebilir ve vücut tarafından kullanılabilir olması gerekir. Biyoyararlılığı yüksek yem maddeleri, hayvanların daha az yem tüketerek daha fazla besin maddesi almasını sağlar.

Fosfor, özellikle tahıllarda fitat formunda bulunduğu için kanatlı hayvanlar tarafından zor sindirilir. Bu nedenle, yem rasyonlarına fitaz enzimi eklenerek fosforun biyoyararlılığı artırılabilir (Deniz, 2014). Bu sayede, yemden daha fazla fosfor emilimi sağlanır ve yem verimliliği artar.

Son yıllarda, mineral katkılarında organik minerallerin kullanımı artmıştır. Organik mineraller, inorganik formlarına göre daha yüksek biyoyararlılığa sahiptir. Örneğin, organik çinko ve bakır katkıları, hayvanların mineral ihtiyacını daha düşük dozlarda karşılayarak yemden daha verimli faydalanmalarını sağlar (Hira ve Yörük, 2015).

Yem bileşenlerinin sindirilmesini ve emilimini artırmak için yem katkıları ve enzimler kullanılır. Bu katkılar, yemden alınan verimi doğrudan etkileyebilir. Fitaz enzimi, fitat formundaki fosforun biyoyararlılığını artırarak fosforun daha iyi sindirilmesini sağlar (Deniz, 2014). Bu enzim, yemden daha fazla fosfor emilimini sağlayarak verimliliği artırır ve çevresel kirliliği azaltır.

Probiyotikler ve prebiyotikler ise, bağırsak sağlığını iyileştirir ve hayvanların yemden daha fazla besin maddesi almasını sağlar (Üstündağ ve Özdoğan, 2017; Sarıca, 1999; Ülger vd., 2015). Bu katkılar, sindirim sistemi sağlığını destekleyerek yemden alınan verimi artırabilir.

2.3. Yaş ve Büyüme Aşaması

Genç hayvanlar, özellikle büyüme ve gelişim aşamalarında yemi daha verimli kullanırlar. Bu dönemde metabolik hız yüksektir ve alınan yem, büyüme, kas gelişimi, kemik gelişimi ve organ fonksiyonlarının iyileştirilmesi için kullanılır. Genç hayvanlar, yemden alınan enerjiyi ve besin maddelerini çok verimli bir şekilde değerlendirirler, çünkü büyüme sürecinin desteklenmesi için protein ve enerji gereksinimleri yüksektir. Broiler tavuklar, özellikle ilk 4-6 haftalık dönemde yem verimliliği açısından zirve yaparlar. Bu dönemde hayvanların büyüme hızı çok yüksektir ve yemden alınan besin maddeleri büyük oranda kas kütlesine dönüşür. Örneğin, broiler tavuklarının büyüme döneminde yem dönüşüm oranı oldukça düşüktür, yani az miktarda yemle yüksek oranda canlı ağırlık kazanımı sağlanır. İlk haftalarda yem dönüşüm oranı 1.5-1.7 civarındadır, bu da 1,5 kg yemle 1 kg et üretebildiklerini gösterir (Prakash vd., 2020). Ancak bu verim, hayvan yaşlandıkça azalır. Yumurta tavuklarında genç civcivler ve yarkalar (yumurta üretimine başlamadan önceki dönem), yemden çok iyi faydalanırlar. Bu dönemde besin maddeleri, kas gelişimi ve gelecekteki yumurta üretimi için gerekli olan organların gelişimi için kullanılır. İyi beslenmiş yarkalar, ileriki dönemde daha yüksek verimli yumurta üreticileri olurlar.

Ergenlik dönemine giren ve üreme aşamasında olan hayvanlar, yemden alınan besin maddelerini büyüme yerine üreme için kullanmaya başlarlar. Bu dönemde yem verimliliği, üreme verimliliği ile doğrudan ilişkilidir (Sabah, 2022). Yani, hayvanlar büyümeyi durdurdukları için artık yemi, süt, yumurta veya et üretimi gibi spesifik ürünlere dönüştürürler. Yumurta tavukları, ergenlik döneminden itibaren yem verimliliğini yumurta üretiminde kullanmaya başlarlar. Yarka dönemi olarak bilinen bu aşamada, yemden alınan enerji ve protein, yumurtalıkların gelişimi ve yumurta üretimi için kullanılır. Bu aşamada dengeli bir besleme; hem sağlıklı yumurta üretimini hem de uzun süreli üretim verimliliğini sağlar. Genç yarkalar genellikle yemden daha iyi

verim alır, ancak üretim dönemi boyunca bu verimlilik yaşla birlikte azalabilir (Şeker, 2003).

Hayvanlar yaşlandıkça, metabolik hızları düşer ve yemden alınan verimlilik azalır. Yaşlı hayvanlar genellikle daha az büyüme ve üretim performansı gösterirler. Yem verimliliğinin düşmesi, yemin enerji ve protein gereksinimlerinin karşılanmasına rağmen bu besinlerin daha düşük bir oranda vücut kütlesine veya üretime dönüştürülmesi anlamına gelir. Yumurta tavukları, yaklaşık 72 hafta sonra yem verimliliği açısından en verimli dönemlerini tamamlamış olurlar. Bu dönemde yemden alınan besin maddeleri, yumurta üretiminde azalmaya başlar ve yaşlı tavuklarda yumurta verimliliği düşer (Şeker, 2003). Yem dönüşüm oranı da kötüleşir, yani aynı miktarda yemle daha az yumurta elde edilir. Bu nedenle, ticari üretimde genellikle yaşlı tavuklar daha genç tavuklarla değiştirilir. Broiler tavuklarda veya büyükbaş hayvanlarda yaş ilerledikçe yem verimliliği önemli ölçüde azalır. Broiler tavuklarda örneğin, 6-8 haftadan sonra büyüme hızı yavaşlar ve yemden alınan verim düşer. Bu nedenle, ticari broiler üretiminde tavuklar genellikle 6 hafta civarında kesime gönderilir, çünkü bu yaştan sonra yem dönüşüm oranı bozulur.

Her yaş ve büyüme aşamasında hayvanların besin ihtiyaçları farklıdır. Bu nedenle, yem verimliliğini en üst düzeye çıkarmak için yaşa ve büyüme aşamasına uygun besleme stratejileri benimsemek gerekir. Genç hayvanların hızlı büyüme dönemlerinde yüksek kaliteli protein ve enerji sağlayan yemlerle beslenmeleri önemlidir (Çelik ve Açıkgöz, 2006). Özellikle broiler tavuklar gibi hızlı büyüyen türler için bu kritik öneme sahiptir. Ergenlik döneminde hayvanların ihtiyaçları dengeli bir şekilde karşılanmalıdır. Süt ineklerinde ve yumurta tavuklarında, bu dönemde enerji ve protein ihtiyaçları, üretim verimliliğini destekleyecek şekilde optimize edilmelidir. Yaşlı hayvanlar, üretkenlikleri düştüğü için daha düşük enerji ve protein gereksinimlerine sahip olabilirler. Bu nedenle, yem rasyonları bu duruma uygun hale getirilmelidir. Örneğin, yaşlı tavuklarda yem tüketimini ve vücut ağırlığını kontrol altında tutmak için düşük enerjili yemler kullanılabilir (Çelik ve Açıkgöz, 2006).

2.4. Çevre Koşulları

Sıcaklık, nem ve havalandırma gibi çevresel faktörler hayvanların metabolizmasını ve yem alımını etkileyebilir. Çevre koşulları, hayvanların yem

alımını, sindirimini ve metabolik süreçlerini doğrudan etkileyen kritik faktörlerden biridir. Sıcaklık, nem, havalandırma, aydınlatma ve stres gibi dış etkenler, hayvanların yemden aldıkları verimi değiştirebilir. Çevresel stres faktörleri, hayvanların büyüme hızını ve üretim performansını düşürebilir, bu da yemden alınan faydayı azaltır. Uygun çevre koşulları sağlanmadığında, yem tüketimi ya da yemden elde edilen verim ciddi şekilde olumsuz etkilenebilir (Yıldız vd., 2013).

Sıcaklık, hayvanların yem tüketimini ve metabolik hızlarını en çok etkileyen çevresel faktörlerden biridir. Hayvanların optimal sıcaklık aralığı, türüne, yaşına ve üretim aşamasına bağlı olarak değişir. Bu aralığın dışına çıkıldığında, hayvanlar yemden aldıkları verimi düşürebilirler (Yıldız vd., 2013).

Yüksek sıcaklık, özellikle kümes hayvanları ve çiftlik hayvanlarında yem tüketimini önemli ölçüde azaltabilir. Hayvanlar, vücut sıcaklıklarını dengelemek için daha az yem tüketme eğiliminde olur ve bu da büyüme hızlarını yavaşlatır. Örneğin, broiler tavukları ve yumurta tavukları, 30°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda yem tüketimini azaltır ve verimleri düşer. Sıcaklık 35°C'nin üzerine çıktığında, yem verimliliği hızla azalır ve büyüme durabilir (Çimrin ve İvgin Tunca, 2012). Sıcak stresine maruz kalan tavuklar, yumurta üretiminde de düşüş yaşayabilir. Yumurtaların boyutu küçülebilir ve kabuk kalitesi bozulabilir. Sıcak stresini azaltmak için, havalandırma sistemleri ve soğutma teknolojileri kullanılmalıdır. Bu sistemler, hava sirkülasyonunu sağlayarak ortam sıcaklığını düşürebilir. Ayrıca, su alımını artıracak yöntemler ve yem rasyonlarında değişiklikler de sıcak stresiyle başa çıkmada yardımcı olabilir (Çimrin ve İvgin Tunca, 2012). Yem rasyonlarına enerji ve protein takviyesi yapılması, yem verimliliğini artırmaya yardımcı olabilir.

Düşük sıcaklıklar ise, hayvanların yemden alınan enerjiyi vücut ısısını korumak için kullanmasına neden olur. Soğuk hava, hayvanların enerji ihtiyacını artırır, bu da yem tüketiminde artışa neden olabilir. Ancak bu enerji, büyüme veya üretim yerine vücut ısısının korunmasına harcanır. Broiler tavukları, soğuk hava koşullarında daha fazla yem tüketme eğiliminde olabilir, bu durum, yem tüketim maliyetlerini artırır ve verimi düşürür. Ancak kısa süreli soğuk uygulamasının performans ve yaşama gücünü olumsuz yönde etkilemediğini gösteren çalışmalar da mevcuttur. Çalışmada broiler piliçleri

erken yaşta kısa süreli soğuğa maruz bırakıldıklarında ileriki yaşlarda soğuk hava şartlarına duyarlılık geliştirdikleri ifade edilmiştir (Şengür vd., 2006). Soğuk stresini azaltmak için uygun ısıtma sistemleri ve yalıtım kullanılmalıdır. Ayrıca, yüksek enerji içerikli yemler verilerek hayvanların enerji ihtiyaçları dengelenebilir. Bu, hayvanların metabolizmalarını dengelemelerine ve büyüme hızlarını korumalarına yardımcı olur.

Nem oranı, hayvanların yem tüketimini ve sağlığını doğrudan etkiler. Yüksek nem seviyeleri, özellikle sıcak hava koşullarıyla birleştiğinde hayvanlarda strese neden olabilir. Yüksek nem seviyeleri, hayvanların vücut sıcaklıklarını düzenlemelerini zorlaştırır. Yüksek nem, havadaki buharlaşmayı azaltır ve hayvanların serinleme kapasitesini düşürür. Bu durumda hayvanlar, özellikle kümes hayvanları ve domuzlar gibi hassas türler, yem tüketimini azaltabilir (Yaslıoğlu ve İlhan, 2016). Yüksek nemle birleşen yüksek sıcaklık, sıcak stresini daha da şiddetlendirir. Nem seviyelerini kontrol altına almak için iyi bir havalandırma sistemi ve iklim kontrol teknolojileri kullanılmalıdır. Bu sistemler, ortamın nem dengesini koruyarak hayvanların daha rahat hissetmelerini sağlar. Ayrıca, havalandırmanın yetersiz olduğu ortamlarda amonyak gazı birikebilir, bu da hayvanların sağlığını ve yemden faydalanma kapasitesini olumsuz etkileyebilir (Yıldız vd., 2013). Kümeslerde ve ahırlarda uygun havalandırma sistemleri ile nem kontrolü sağlanabilir.

Havalandırma, çevre kontrolü açısından son derece önemlidir. Hayvanların bulunduğu ortamda yeterli oksijen seviyesinin sağlanması ve zararlı gazların birikmemesi gerekir. Özellikle kapalı alanlarda yetiştirilen hayvanlar için uygun havalandırma sistemlerinin olmaması, yem verimliliğini düşürebilir. Kapalı kümeslerde veya ahırlarda yetersiz havalandırma, amonyak ve karbondioksit gibi gazların birikmesine neden olabilir. Bu gazlar, hayvanların solunum yollarını tahriş ederek strese yol açabilir ve yemden alınan verimi azaltabilir. Amonyak birikimi, özellikle kümes hayvanlarında, yemden alınan protein ve enerji verimliliğini olumsuz etkileyebilir ve yumurta verimini düşürebilir. Uygun havalandırma, ortam havasının taze kalmasını ve zararlı gazların birikmesini önler. Aynı zamanda, hayvanların metabolizmasını destekler ve yemden alınan verimi artırır. Özellikle yaz aylarında, havalandırma sistemleri sıcaklık ve nem seviyelerini kontrol ederek hayvanların rahatlamasını sağlar.

Aydınlatma, hayvanların biyolojik saatlerini ve yem tüketim alışkanlıklarını doğrudan etkiler. Kümes hayvanlarında ışık döngüsü, büyüme, yumurta üretimi ve yem tüketimi üzerinde önemli bir rol oynar. Yumurta tavukları, ışık döngüsüne oldukça duyarlıdır. Yumurtlama sürecini düzenleyen en önemli faktörlerden biri aydınlatma süresidir. Optimum aydınlatma süresi, yem tüketimini ve yumurta üretimini artırabilir. Genellikle yumurta tavukları için 14-16 saatlik bir aydınlatma süresi önerilir (Başer ve Yetişir, 2010). Işık miktarındaki düşüş, yem tüketimini ve yumurta verimini azaltabilir. Broiler tavukları için ışık döngüsü, yem tüketimi ve büyüme hızını düzenler (Altan vd., 1998). Sürekli aydınlatma, tavukların sürekli yem yemesine neden olabilir, bu da yem verimliliğini düşürebilir. Ancak kontrollü bir ışık döngüsüyle, yem tüketimi ve büyüme dengelenebilir.

Çevre koşullarındaki ani değişiklikler veya sürekli olumsuz çevresel faktörler, hayvanların stres seviyelerini artırabilir. Stres, hayvanların yemden faydalanma kapasitelerini önemli ölçüde düşüren bir etkendir. Çevresel stres faktörleri arasında kalabalık yaşam alanları, aşırı ses, kötü barınma koşulları ve aniden değişen iklim koşulları sayılabilir. Hayvanların yaşam alanlarının kalabalık olması, yem alımını azaltabilir ve büyüme performansını düşürebilir (Öztürk ve Türkoğlu, 2012). Özellikle kümes hayvanlarında, kalabalık kümeslerde hareket alanı sınırlı olduğunda yem alımı azalır ve strese bağlı olarak yem verimliliği düşer. Bu durum, hayvanlar arasında daha fazla hastalık yayılmasına da yol açabilir. Çevresel stres faktörlerini en aza indirmek için hayvanların uygun barınma koşullarında tutulması, yeterli alan sağlanması ve çevre koşullarının optimize edilmesi gerekir. İyi bir yönetimle stres faktörleri azaltıldığında, hayvanlar daha rahat ortamda büyüyebilir ve yemden maksimum verimi alabilirler.

3. SONUÇ

Verimli yem kullanımı ve optimizasyonu, hem ekonomik hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından kritik bir öneme sahiptir. Geleneksel yem kaynaklarının yanı sıra, Azolla gibi alternatif yem kaynaklarının kullanımı ve yenilikçi yem teknolojileri, bu süreci daha verimli ve çevre dostu hale getirebilir.

Hayvanların genetik yapısı, yemden nasıl yararlandıklarını önemli ölçüde etkiler. Genetik seleksiyonla yem verimliliği artırılabilirken, farklı ırklar

ve genetik özellikler yem verimliliği açısından büyük avantajlar veya dezavantajlar sunabilir. Yem kullanımının optimizasyonu, sadece yem kaynaklarına değil, aynı zamanda hayvanların genetik yapısına uygun beslenme stratejileri geliştirilmesini de içerir.

Yem bileşenlerinin dengesi, hayvanların yemden maksimum fayda sağlamasını ve verimli bir üretim sürecini destekler. Protein, enerji, vitamin ve mineral düzeylerinin doğru bir şekilde ayarlanması, sadece yem verimliliğini artırmakla kalmaz, aynı zamanda hayvanların genel sağlığı ve üretkenliğini de artırır. Yem katkıları ve enzimler gibi teknolojilerle desteklenen dengeli rasyonlar, hayvanların biyoyararlılığı yüksek besin maddeleri almasını sağlar ve hem ekonomik hem de çevresel sürdürülebilirliği destekler.

Yaş ve büyüme aşamaları, hayvanların yemden aldıkları verimi büyük ölçüde etkiler. Genç hayvanlar büyüme aşamalarında yemden maksimum düzeyde faydalanırken, yaşlandıkça bu verimlilik azalır. Bu nedenle, hayvanların her yaşta ve üretim aşamasında optimum beslenmelerini sağlamak için rasyonlar dikkatlice dengelenmeli ve ihtiyaçlarına uygun hale getirilmelidir.

Çevre koşulları, hayvanların yemden aldıkları verimi büyük ölçüde etkileyen faktörlerdir. Optimum sıcaklık, nem, havalandırma ve aydınlatma koşulları sağlandığında, hayvanlar yemden daha fazla faydalanır ve üretim performansı artar. Bu koşullar sağlanmadığında ise yem verimliliği düşebilir ve maliyetler artabilir. Hayvanların rahat ve sağlıklı bir çevrede tutulması, yem verimliliğini optimize etmenin temel yollarından biridir.

KAYNAKÇA

Akçay, S., Yetişir, R. (2014). Farklı genotipten broyler kuluçkalık yumurtalarını, farklı dalga uzunluğunda UV (Ultraviyole) ile ışınlamanın kuluçka sonuçları ve bazı performans özellikleri üzerine etkisi. Tavukçuluk Araştırma Dergisi, 11 (2): 5-9.

Akkoyun, H.T., Bayramoğlu, M., Ekin, S., Çelebi, F. (2014). D vitamini ve metabolizma için önemi. Atatürk Üniversitesi Vet. Bil. Derg., 9(3): 213-219.

Altan, Ö., Altan, A., Özkan, S. (1998). Değişik aydınlatma yöntemlerinin etlik piliç performansı üzerine etkisi. Tr. J. of Veterinary and Animal Sciences, 22, 97-102.

Anonim 2024a. Broiler tavuğu. https://tr.wikipedia.org/wiki/Broiler_tavuğu. Son erişim tarihi: 11.11.2024.

Anonim 2024b. Lohmann- brown tavuğu. https://cs-tf.com/lohmann-brown/. Son erişim tarihi: 11.11.2024.

Anonim 2024c. Kernevek tavuğu. https://tr.wikipedia.org/wiki/Kernevek_tavuğu. Son erişim tarihi: 11.11.2024.

Anonim 2024d. Naked-Neck Tavuğu. https://en-m-wikipedia-org.translate.goog/wiki/Naked_Neck?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=tr&_x_tr_hl=tr&_x_tr_pto=tc. Son erişim tarihi: 11.11.2024

Atik, Z., Ceylan, N. (2009). Yumurta kabuk kalitesine mineral maddelerin etkisi. 1. Tavukçuluk Araştırma Dergisi 8 (1): 42-49.

Aydoğdu, G. (2020). İklim değişikliği ve tarımsal uygulamalar etkileşimi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi İnsan Bilimleri Dergisi, Haziran, 43-61.

Başer, E., Yetişir, R. (2010). Farklı aydınlatma programlarının etlik piliç performansı ve refahı üzerine etkisi. Hayvansal Üretim, 51(2): 68-76.

Bozkurt, M., Çabuk, M., Basmacıoğlu, E., Alçiçek, A. (2001). Yumurta tavuğu karma yemlerine ilave edilen doğal zeolitin yumurta verimi ve yumurta kabuk kalitesine etkileri: enerji ve protein düzeyi dengelenmemiş karmalara doğal zeolit ilavesi. Hayvansal Üretim, 42 (1): 21-27.

Çelik, L., Açıkgöz, Z. (2006). Kanatlı hayvanlarda sindirim sisteminin gelişimi ve besleme ile sindirim sisteminin gelişimi arasındaki ilişki. Hayvansal Üretim, 47(2): 38-47.

Çimrin, T., İvgin Tunca, R. (2012). Bıldırcın beslemede alternatif yem ve katkıların kullanımı. Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der., 2(3): 109-116.

Deniz, G. (2014). Kanatlı hayvanların rasyonlarında fitaz enzimi kullanılmasının önemi. Uludag Univ. J. Fac. Vet. Med., 33 (1,2): 27-31.

Fathel, A.N., Elibol, O. (2006). Yerli ve dış kaynaklı kahverengi yumurtacı hibritlerin verim özellikleri bakımından karşılaştırılması. Tarım Bilimleri Dergisi, 12 (2): 182-187.

Forsberg, C.W., Phillips, J.P., Golovan, S.P., Fan, M.Z., Meidinger, R.G., Ajakaiye, A., Hilborn, D., Hacker, R. R. (2003). The Enviropig physiology, performance, and contribution to nutrient management advances in a regulated environment: The leading edge of change in the pork industry. Journal of Animal Science, Volume 81, Issue 14 (2): 68-77. https://doi.org/10.2527/2003.8114_suppl_2E68x.

Hira, F., Yörük, M.A. (2015). Yumurta tavuklarında inorganik ve organik bakır, çinko, manganın farklı düzeylerinin yumurta verim ve kalitesine etkileri. Atatürk Üniversitesi Vet. Bil. Derg., 10 (2): 77-87. DOI:10.17094/avbd.01827.

Karadaş, E., Özer, H., Beytut, E., Özdemir, N. (1999). Rendering yağı içeren yemle beslenen broiler piliçlerde "Karaciğer-Böbrek Yağlanması Sendromu" üzerinde patolojik ve biyokimyasal araştırmalar. Tr. J. of Veterinary and Animal Sciences, 23, 93-104.

Kaya, T. (2007). Metiyonin düzeyinin damızlık yumurtacı tavuklarda kannibalizm ve yumurta kalitesi üzerine etkileri. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.

Kılınç, Ö.O. (2013). İlave organik ve inorganik selenyum preparatlarının ve ilave vitamin E'nin yumurta tavuklarında verim ve bazı kan parametrelerine, yumurta selenyum içeriğine ve plazma glutasyon peroksidaz enzgim aktivitesine etkisinin belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.

Kutlu, H.R., Şahin, A. (2017). Kanatlı beslemede güncel çalışmalar ve gelecek için öneriler. Hayvansal Üretim, 58(2): 66-79.

Mutaf, S., Alkan, S., Şeber, N. (2003). Yaz koşullarındaki ısıl çevrenin farklı genotiplerdeki et tipi ebeveyn hattı horozların vücut ve vücut yüzeyi sıcaklıklarına etkileri. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 16 (2): 155-160.

Özdal, İ., Çetinkaya, O. (2024). Türkiye sucul bitkileri sıcak noktaları: göller bölgesi habitatları, makrofitleri, biyoçeşitlilik, kullanım, tehditler ve oluşturduğu sorunlar. Acta Aquatica Turcica, 20(3): 267-286.

Öztürk, A.K., Türkoğlu, M. (2012). Türkiye'de organik tavukçuluk. Lalahan Hay. Araşt. Enst. Derg., 52 (1): 41-50.

Öztürk, H. H., Güngör, C. (2022). Çiftlik tipi biyogaz tesislerinin tarımsal kooperatifler aracılığıyla kurulması ve işletilmesi. Ege 5. Uluslararası Sosyal Bilimler Kongresi, pp.1-10. İzmir, Turkey.

Prakash, A., Saxena, V.K., Singh, M.K. (2020). Genetic analysis of residual feed intake, feed conversion ratio and related growth parameters in broiler chicken: a review. World's Poultry Science Journal. 76 (2): 304–317. https://doi.org/10.1080/00439339.2020.1735978.

Romanov, M.N., Abdelmanova, A.S., Fisinin, V.I., Gladyr, E.A., Volkova, N.A., Koshkina, O.A., Rodionov, A.N., Vetokh, A.N., Gusev, I.V., Anshakov, D.V., Stanishevskaya, O.I., Dotsev, A.V., Griffin D.K, Zinovieva, N.A. (2023). Selective footprints and genes relevant to cold adaptation and other phenotypic traits are unscrambled in the genomes of divergently selected chicken breeds. Journal of Animal Science and Biotechnology, 14 (35):1-21. https://doi.org/10.1186/s40104-022-00813-0.

Sabah, S. (2022). Farklı seviyelerde yapılan tek ve çift defa horoz değişiminin broiler damızlık sürüsünde üreme performansı, bazı vücut konfor ve kan parametreleri üzerine etkisi. Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.

Sarıca, Ş. (1999). Kanatlı hayvan beslemede probiyotik kullanımı. Hayvansal Üretim, 39 (40): 105-112.

Şeker, İ. (2003). Bıldırcınlarda kuluçkalık yumurtaların döllülük oranına ve kuluçka sonuçlarına bazı faktörlerin etkisi. YYÜ Vet. Fak. Derg., 14 (2): 42-46.

Şengör, E., Şahin, E.H., Bayram, İ., Çetingül, İ.S. (2006). The influence of cold conditioning on the performance of the broiler chicken. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, Volume 30 (6): 583-588.

Taşkesen, H.O. (2017). Yumurta tavuğu rasyonlarında amino asit yoğunluğu ve proteaz ilavesinin performans, yumurta kalitesi ve azot atılımı üzerine etkileri. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.

Türk, S., Karakaya, E., İnci, H. (2013). Bingöl ilinde organik ürün tüketimini ve tüketim alışkanlıklarını etkileyen faktörler. 9. Ulusal Zootekni Öğrenci Kongresi, Mayıs, s: 55-63.

Tüzün, C.G., Aktan, S. (2012). Kanatlı hayvanlarda verime dönüşmeyen yem. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 7 (1):115-123.

Usturoi, M.G., Radu-Rusu, R-M., Usturoi, A., Simeanu, C., Doliș, M.G., Rațu R.N., Simeanu D. (2023). Impact of different levels of crude protein on production performance and meat quality in broiler selected for slow growth. Agriculture, 13 (2): 427. https://doi.org/10.3390/agriculture13020427.

Ülger, İ., Büyükkılıç Beyzi, S., Kaliber, M., Konca, Y. (2015). Kanatlı sektöründe probiyotiklerin etkinliği ve geleceği. Tavukçuluk Araştırma Dergisi, 12 (2): 7-12.

Üstündağ, A.Ö., Özdoğan, M. (2017). Kanatlı beslemede alterbiyotik kullanımı: probiyotikler, prebiyotikler, organik asitler ve bakteriyosinler. Türkiye Klinikleri, s:16.

Yaslıoğlu, E., İlhan, H. (2016). Güney Marmara süt sığırı yetiştiriciliğinin ısı stresi yönünden değerlendirilmesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 13 (04): 12-19.

Yıldız, A., Laçin, E., Esenbuğa, N., Kocaman, B., Muhlis, M. (2013). Farklı mevsimlerde kafes seviyesinin yumurtacı tavukların performans ve yumurta kalite özellikleri üzerine etkisi. Atatürk Üniversitesi Vet. Bil. Derg., 8(2): 145-152.

BÖLÜM 10

PELETLEME TEKNOLOJİSİ ve BROYLER BESLEME ÜZERİNE ETKİLERİ

Dr. Öğr. Üyesi | Hulüsi Ozan TAŞKESEN [1*]

[1*] Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Yozgat, Türkiye. ozan.taskesen@yobu.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-8732-5868

1.GİRİŞ

Yem, broyler üretiminde toplam üretim maliyetinin %60-70'ini temsil eden en büyük maliyet kalemidir ve yem maliyetinin büyük bir kısmını hammadde maliyeti oluşturmaktadır (Abdollahi vd., 2013). Yem işleme, yem maliyetini daha da artırmaktadır (Nolan vd., 2010). Bununla birlikte, yem işleme broyler performansını iyileştirmek için bir fırsat sunmaktadır. Bu nedenle, kümes hayvanı beslemede araştırma için ortaya çıkan bir alan, yemin değerini artırmak için yemlerin yutulmadan önce hazırlanmasıdır. Yem işleme tekniklerini geliştirmek için birçok olası strateji vardır. Ancak her stratejinin maliyeti, elde edilebilir performans iyileştirmeleri ve hedef hayvandaki olumsuz etkilere karşı dikkatlice tartılmalıdır (Behnke, 1996). Peletleme, kanatlı yemi üretiminde en yaygın termal işleme yöntemidir. Peletlemenin temel amacı, mekanik basınç, nem ve ısı kullanarak daha küçük yem partiküllerini toplamaktır. Peletleme işleminde önemli bir adım, toz yem haline getirilmiş yemin peletleme öncesinde şartlandırılmasıdır (Skoch vd., 1981) ve bu işlem genellikle öğütülerek toz hale getirilmiş yeme buhar eklenerek gerçekleştirilir.

Kümes hayvanlarına pelet formunda yem sunmak, yem tüketimini (YT) ve dolayısıyla büyüme performansını ve yem verimliliğini artırarak üretim ekonomisini geliştirir. Öte yandan, peletlenmiş yem yapma süreci, peletleme sırasında meydana gelen kimyasal ve fiziksel değişiklikler yoluyla üretim üzerinde zararlı etkilere de sahip olabilir (Svihus, 2011; Svihus ve Zimonja, 2011). Bu bölümün amacı, peletleme sürecini, fiziksel pelet kalitesini, peletleme motivasyonlarını ve peletleme sürecinin yem bileşenleri ve broyler performansı üzerindeki yararlı ve zararlı etkilerini tanımlamaktır.

2. YEM İŞLEME SÜREÇLERİ

Yem işleme, hayvan yemlerinin tüketilmeden önce tabi tutulduğu her türlü işlemi ifade eder (Maier ve Bakker-Arkema, 1992). Yem işleme teknolojisi, temel karıştırma aracı olan el kepçesinden (Schoeff vd., 2005) günümüzde modern yem teknolojisi kullanılarak gerçekleştirilen çeşitli işleme operasyonlarına kadar önemli gelişmelere tanık olmuştur (Deyoe, 1976). Yem fabrikalarında yaygın olarak kullanılan işleme operasyonları şunlardır: hammaddelerin alınması, öğütme veya partikül boyutunun küçültülmesi,

oranlama veya harmanlama, karıştırma, ısıtma veya ısıl işlem (veya pelet şekillendirme), paketleme, depolama ve yükleme. Bu işlemlerin her biri yem kalitesini ve kanatlı performansını etkileyebilir (Abdollahi vd., 2013).

2.1. Öğütme, Oranlama ve Karıştırma

Yem bileşenlerinin çoğu, özellikle de tahıl taneleri, alındıktan ve temizlendikten sonra bir yeme karıştırılmadan önce öğütülür. Öğütme veya partikül boyutunu küçültme, besin maddelerinin daha iyi sindirilmesi için yüzey alanını artırmak, karma yemin harmanlama kabiliyetini ve homojenitesini geliştirmek, ayrışma ve karıştırma sorunlarını azaltmak ve peletlemeyi kolaylaştırmak için bileşenlerin fiziksel özelliklerini değiştirir (Behnke, 1996; Koch, 1996).

Yem bileşenlerinin partikül boyutunu küçültmek için kullanılan en yaygın ekipmanlar çekiçli ve valsli değirmenlerdir. Çekiçli değirmenlerde partikül boyutunun küçültülmesi, yavaş hareket eden bileşenlerin yüksek hızda hareket eden bir dizi çekiçle çarptırılmasıyla gerçekleştirilir. Çekiçli değirmenler genellikle cilalı yüzeye sahip küresel şekilli partiküller üretir (Koch, 1996). Bir çekiçli değirmende üretilen partiküllerin boyut dağılımı, bazı büyük ve birçok küçük boyutlu partiküller ile geometrik ortalama etrafında büyük ölçüde değişir (Koch, 1996; Svihus vd., 2004). Valsli değirmenlerde boyut küçültme, dönen vals çiftleri arasında bir sıkıştırma kuvveti aracılığıyla gerçekleştirilir ve düşük oranda ince malzeme ile daha düzgün bir partikül boyutu dağılımı üretir (Koch, 1996).

Oranlama, döngüsel (kesikli) ve sürekli olmak üzere iki temel yöntem kullanılarak gerçekleştirilebilir. Döngüsel veya kesikli sistemde, bileşenler ayrı ayrı tartılarak partiler haline getirilirken, sürekli sistemde bileşenlerin eş zamanlı ve sürekli olarak eklenmesi söz konusudur (Fairchild ve Moorehead, 2005). Oranlanmış bileşenlerin homojen bir karışımını elde etmek için bileşenlerin uygun şekilde karıştırılması gerekir (Abdollahi vd., 2013).

2.2.Buharla Şartlandırma

Peletlemeden önce toz yem karışımının buharla şartlandırılması, peletleme işleminde önemli bir adımdır (Skoch vd., 1981). Şartlandırma sürecini optimize etmek için uygun ısı ve nem dengesi elde edilmelidir. Buhar, uygun ısı ve nem dengesini sağlama kabiliyetine sahiptir ve kolay

uygulanabilir ve kolay kontrol edilebilir olması nedeniyle peletleme sürecinde önemli bir bileşen olarak kendini göstermiştir (Smallman, 1996).
Şartlandırma sırasında ısı uygulamasının amacı, bağlanma özelliklerini iyileştirmek ve yem kaynaklı patojenleri ortadan kaldırmaktır (Van Immerseel vd., 2009; Jones, 2011). Skoch ve arkadaşlarına (1981) göre, buhar koşullandırma için kullanılan ek enerji, yem işlemeye sunduğu avantajlarla haklı gösterilebilir. Bu araştırmacılar, 65 ve 78°C de buhar koşullandırmanın pelet üretim oranını kuru koşullandırmaya (21°C) kıyasla sırasıyla % 250 ve % 275 oranında artırdığını bildirmiştir. Üretim oranları kuru, 65 ve 78°C uygulamaları için sırasıyla 655, 1636 ve 1800 kg/saat olmuştur. Pelet dayanıklılık indeksi (PDI) olarak ölçülen pelet kalitesi de buharlı koşullandırma ile iyileştirilmiştir.

2.3.Peletleme

Peletleme süreci "küçük partiküllerin nem, ısı ve basınç ile birlikte mekanik bir süreç vasıtasıyla daha büyük partiküller halinde toplanması" olarak tanımlanabilir (Falk, 1985). Bu adım, toz yemin bir hazne vasıtasıyla şartlandırıcıya geçirilmesini içerir. Şartlandırıcı içindeki beslemeye buhar enjeksiyonundan sonra, şartlandırılmış toz yem peletleme odasına akar. Peletler, sıcak toz yem metal bir kalıptan geçirilerek ve ardından soğutularak oluşturulur. Soğutucuda sürüklenen ince taneler bir toplayıcıda ayrılabilir ve yeniden işlenmek üzere pelet odasına geri gönderilebilir. Soğuk ve kuru peletler soğutucudan çıkar ve üretilen ürüne bağlı olarak kırıcının etrafından veya içinden geçer (Fairfield vd., 2005).

2.4.Soğutma

Peletler pelet değirmeninden 80 ila 90°C arasında değişen sıcaklıklarda (Zimonja vd., 2007) ve 150-170 g/kg kadar nem içererek çıkar. Sıcaklık, ortam sıcaklığının yaklaşık 8°C üzerine ve nem de 100-120 g/kg'a düşürülmelidir. Sıcak peletlerden ısı ve nemi uzaklaştırmak için genellikle bir ortam havası akışı kullanılır (Robinson, 1976).

3.PELETLERİN FİZİKSEL KALİTESİ

Fiziksel pelet kalitesi, peletlerin mekanik ve pnömatik işleme (torbalama, depolama ve taşıma) sırasında parçalanmadan ve aşınmadan dayanma ve yüksek oranda ince toz oluşturmadan besleyicilere ulaşma kabiliyeti olarak tanımlanır (Cramer vd., 2003; Amerah vd., 2007a).

Peletlerin aşınması, parçalanma ve aşınma olmak üzere iki olayla gerçekleşebilir. Parçalanma, peletlerin kırılma bölgesinde daha küçük parçacıklara ve ince tanelere ayrılmasını içerirken, aşınma parçacıkların kenarlarında veya yüzey düzensizliklerinde kırılmayı içerir (Thomas ve van der poel, 1996). Peletlerin fiziksel kalitesi, pelet dayanıklılığı ve pelet sertliği parametreleri kullanılarak değerlendirilebilir. Peletler, üretildikleri andan kanatlılar tarafından yutuldukları ana kadar aşınmaya maruz kalır ve bu da yemde ince taneciklere neden olur. Pelet dayanıklılık testi, mekanik veya pnömatik çalkalama nedeniyle yıpranma stresine maruz kalan üretilmiş peletlerde kalan sağlam peletlerin oranını belirler (Thomas ve van der poel, 1996). Daha yüksek pelet dayanıklılığı, peletlerin besleme zamanına kadar bozulmadan kalma olasılığının daha yüksek olduğu anlamına gelir. Pelet kalitesi genellikle PDI kullanılarak tanımlanır (ASAE, 1997). Pelet dayanıklılığı Pfost tamburlu kutu cihazı kullanılarak belirlenebilir. Pfost'un prosedürüne göre (Abdollahi vd., 2013), dayanıklılık, birbiri üzerinde ve tamburun duvarı üzerinde kesilen peletlerin aşındırma hareketi yoluyla ince tanelerin indüklenmesi ile ölçülür. Pelet dayanıklılık testi için, test edilecek pelet numuneleri önce uygun elek üzerinde elenerek ince tanelerden arındırılır. Daha sonra elenmiş pelet numunesi, belirli bir süre boyunca tumbling can cihazında yuvarlanır (Thomas ve van der poel, 1996). Yuvarlama işleminden sonra numuneler elenir ve elekten geçmeyen pelet miktarı belirlenir. Pelet dayanıklılık endeksi daha sonra yuvarlanma sonrası sağlam peletlerin başlangıçtaki bütün peletlere oranı olarak hesaplanır. 'Holmen' pelet test cihazı (pnömatik direnç testi) pelet dayanıklılığını ölçmek için kullanılan bir başka cihazdır (Thomas ve van der poel, 1996) ve yem fabrikalarında yaygın olarak kullanılan bir testtir. Bu testte, 100 g'lık elenmiş bir pelet numunesi bir hava akımına sokulur. Standart bir süre boyunca (30-120 sn), hava ve peletler dik açılı kıvrımlar boyunca dolaştırılır ve sert yüzeylere tekrar tekrar çarptırılır. Test döngüsünden sonra numune, pelet çapının yaklaşık %80'i kadar açıklığa sahip bir elek kullanılarak tekrar elenir

(Thomas ve van der poel, 1996). Pelet dayanıklılık indeksi, testten sonra elekten geçmeyen peletlerin başlangıçtaki tüm peletlere oranı olarak ifade edilir. Üçüncü pelet dayanıklılık test cihazı LignoTester olarak adlandırılır. Bu yöntemde, 100 g'lık bir pelet numunesi, belirli bir süre boyunca delikli bir test odasının etrafındaki bir hava akımında hızla dolaştırılır. İnce taneler oluştukça deliklerden sürekli olarak uzaklaştırılır. Testten sonra, kalan peletlerin ağırlığı anında PDI değerini verir (Abdollahi vd., 2013).

Pelet kalitesiyle ilgili bir diğer ölçü de sertliktir, ancak bu nadiren dikkate alınır. Sertlik testi, yığın kutularındaki basınç nedeniyle pelet parçalanmasına karşı direnci ölçmenin alternatif bir yoludur. Sertlik, bir peleti ezmek için gerekli kuvveti ölçen ekipman kullanılarak belirlenir. Sektörde pelet sertliğini ölçmek için kullanılan en yaygın cihaz 'Kahl' cihazıdır. Kahl cihazında, bir pelet iki çubuk arasına yerleştirilir ve bir yay vasıtasıyla uygulanan statik basınç artırılarak, peleti parçalamak için gereken kuvvet belirlenir (Thomas ve van der poel, 1996). Pelet sertliği için genel olarak uygulanan diğer test cihazları Schleuniger test cihazı, Sarkaç test cihazı, Instron cihazı, Kramer kesme presi (Thomas ve van der poel, 1996) ve Tekstür Analizörüdür (Svihus vd., 2004).

PDI ve pelet sertliğindeki genel iyileşmelere rağmen, peletleme sürecindeki artan şartlandırma sıcaklıkları (Abdollahi vd., 2010b, 2011, 2012a), pelet bağlayıcı ve/veya nem ilavesi (Abdollahi vd., 2012a) ve pelet çapının ve uzunluğunun artırılması (Abdollahi vd., 2012c) aynı yönde gerçekleştiği gösterilmiştir, bu veriler daha yakından incelendiğinde, çoğu çalışmada pelet sertliğindeki iyileşmenin büyüklüğünün PDI'dakinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu nedenle, farklı işlemlerin peletlerin parçalanmaya dayanma kabiliyeti üzerindeki etkisinin aşınma direncinden daha belirgin olduğu varsayılabilir. Bu durumda, pelet kalitesinin bir parametresi olarak bazı manipülasyonların pelet sertliği üzerindeki olumlu etkilerinin, yalnızca PDI belirlendiğinde fark edilmemesi mümkündür. Parsons vd. (2006) benzer dayanıklılığa sahip peletler için farklı pelet sertlikleri (yumuşak ve sert peletler için sırasıyla 1662 ve 1856 g pelet mukavemeti) bildirmiştir. Pelet kalitesi çoğu yem fabrikasında genellikle dayanıklılık testi ile belirlendiğinden, farklı manipülasyonların fiziksel pelet kalitesi üzerindeki etkilerinin daha iyi anlaşılması için hem PDI hem de pelet sertliği ölçümlerinin dikkate alınması önerilebilir (Abdollahi vd., 2013).

4. PELETLEME NEDENLERİ

Broyler yemlerinin peletlenmesinin ardındaki motivasyonlar olarak bir dizi faktör düşünülebilir. Yem tüketimi, canlı ağırlık artışını (CAA) tetikleyen başlıca faktördür ve artan CAA, broyler rasyonlarının peletlenmesi için birincil motivasyondur (Engberg vd., 2002; Svihus vd., 2004). Abdollahi vd. (2011) başlangıç aşamasında (1-21 günlük yaş) peletlemeye bağlı olarak broylerlerin yem tüketiminde % 14'lük bir artış olduğunu bildirmiştir. Lily vd. (2011) broyler rasyonunda bozulmamış pelet yüzdesinin % 30'dan % 60'a ve % 90'a çıkarılmasının öncelikle yem tüketimini ve buna bağlı olarak canlı ağırlık artışını artırdığını göstermiştir. Buna ek olarak, peletleme yem israfını azaltır, bu da gagadan yere veya suya daha az partikül düşmesine bağlanabilir (Jensen, 2000). Peletleme aynı zamanda kanatlıların toz yem yemden daha büyük parçacıkları seçmesini ve yemin yemliklerden dışarı itilmesine ve yem israfının artmasına neden olabilecek dağınık ayıklamayı da önler. Peletle beslenen kanatlılar yem yutmak için daha az zaman ve enerji harcamakta ve harcanan her birim enerji başına ezme yemle beslenenlere göre daha fazla besin maddesi elde etmektedir (Jones vd., 1995; Vilarino vd., 1996). Jensen (2000) tarafından yapılan bir çalışmada, toz yem ile beslenen tavuklar (21-28 gün) 12 saatlik bir sürenin % 14,3'ünü yemek yiyerek geçirirken, pelet ile beslenen tavuklarda bu oran sadece % 4,7'dir. Bu araştırmacılar benzer bir eğilimi piliçler (38-45 gün) için daha büyük bir farkla gözlemlemişlerdir; toz yem ile beslenenler 12 saatlik günün % 18,8'ini yemek yiyerek geçirirken, pelet ile beslenen piliçler sadece % 2,2'sini yemek yiyerek geçirmiştir. Nir vd. (1994) da pelet ile beslenen tavukların (28-40 günlük) daha az aktif olduğunu ve toz yem ile beslenenlere kıyasla yem tüketme süresinin sadece üçte birini harcadığını tespit etmiştir. Homojenize edilmiş ve dengelenmiş toz yem rasyonları bile, piliçler sadece büyük parçacıkları seçerse besin gereksinimlerini karşılayamayabilir. Peletleme, ayıklamayı önleyerek kanatlıların tam bir rasyon almasını ve dolayısıyla dengeli bir besin konsantrasyonu elde etmesini sağlar (Abdollahi vd., 2013). Peletleme işlemi sırasında partiküllerin aglomerasyonu, kireçtaşı gibi ayrışanlar da dahil olmak üzere bileşenlerin pelet içinde sabit kalmasını sağlar (Greenwood ve Beyer, 2003). Peletleme, toz yemin yığın yoğunluğunu artırarak daha verimli taşınmasını sağlar ve yemin akış özelliklerini geliştirir. Hem yem

fabrikalarında hem de kümeslerde yem tozlanmasının azalması, peletlemenin bir diğer önemli olumlu yönüdür.

5. PELETLEMENİN BROYLER PERFORMANSI ÜZERİNE ETKİLERİ

Abdollahi vd. (2013), daha 1960'lardan başlayarak çeşitli araştırmacıların, peletlemenin CAA ve yem verimliliğini artırdığını, ancak besin maddelerinin sindirilebilirliğinin etkilenmediğini bulduklarını bildirmiştir. Yeniden öğütülmüş peletlerin erken dönem (7-14 gün) performansını etkilemediğini bildirmiştir. Bununla birlikte, piliçler büyüdükçe (28-49 gün), bütün pelet ile beslenenler, yeniden öğütülmüş pelet ile beslenenlere kıyasla daha iyi CAA ve yem verimliliğine sahip olmuştur. Benzer sonuçlar nispeten daha güncel çalışmalarda da bildirilmiştir (Moran, 1989). Genel olarak, yeniden öğütülmüş peletlerle beslenen kanatlıların CAA ve yem verimliliği, toz yemiyle beslenenlerden daha üstündür. Buna karşılık, Plavnik vd. (1997) yeniden öğütülmüş peletlerle beslenen kanatlıların performansının ya farklı olmadığını ya da toz yeme göre daha düşük olduğunu bildirmiştir. Büyüme ve yem verimliliği sadece bütün pelet yedirildiğinde iyileşmiştir. Sibbald ve Wolynetz (1989), toz yem veya buharla peletlenmiş formdaki bir rasyonun azotla düzeltilmiş gerçek metabolize edilebilir enerjisinde (TMEn) önemli bir fark olmadığını bildirmiştir (14.34'e karşı 14.40 MJ/kg). Cutlip vd. (2008) yetişkin horozlar için mısır-soya rasyonunun TMEn değerinin rasyon uygulamaları (koşullandırılmamış toz yem, farklı koşullandırma sıcaklıklarında ve buhar basınçlarında peletlenmiş ve yeniden öğütülmüş pelet) arasında farklılık göstermediğini bildirmiştir. Buna karşılık, Svihus vd. (2004) peletlemenin buğday bazlı rasyonların AME'sini 11,6'dan 11,8 MJ/kg'a yükselttiğini bildirmiştir. Buna karşın, Amerah vd. (2007b) peletlemenin buğday bazlı bir rasyonun azotla düzeltilmiş görünür metabolize edilebilir enerjisi (AMEn) üzerinde olumsuz etkisi olduğunu bildirmiştir. Çalışmalarında, peletleme rasyonun AMEn değerini 12,5'ten 11,8 MJ/kg'a düşürmüştür. Abdollahi vd. (2011) da peletleme nedeniyle buğday bazlı rasyonların AME'sinde 14,02'den 13,56 MJ/kg'a bir düşüş olduğunu bildirmiştir.

Peletlemenin yem verimliliği üzerindeki olumlu etkisi kısmen bakım için kullanılan yem enerjisindeki azalmadan kaynaklanmaktadır. Bu nedenle,

peletleme ile üretken enerjide iyileşme gözlemlenebilir (Nir vd., 1994). Üretken enerji, lipid ve protein birikimi için fiilen kullanılan birim yem başına MJ'ün bir tahminidir (Abdollahi vd., 2013). Üretken enerji içeriğinin belirlenmesiyle, pelet rasyonun toz yem rasyondan daha fazla üretken enerji içerdiği de kaydedilmiştir. Peletleme işlemiyle rasyon yoğunluğunun artırılmasının rasyonun ME içeriğini etkilemediği, ancak üretken enerjiyi belirgin şekilde artırdığı bildirilmiştir (Jensen, 2000). Mckinney ve Teeter'e (2004) göre, iyi pelet kalitesine sahip bir rasyonun enerji içeriği, büyüme tepkisinden ödün vermeden azaltılabilir. Peletlemenin %100 pelette (ince tanesiz) 0,78 MJ MEn/kg rasyona katkıda bulunduğu, bu değerin ince tanelerin peletlere oranı arttıkça azaldığı, ancak %20 pelette hala 0,32 MJ MEn/kg katkıda bulunduğu bildirilmiştir. Skinner-Noble vd. (2005) pelet yemlerin toz yem yemlere kıyasla 0,63 MJ MEn/kg rasyon katkısı olduğunu bildirmiştir. Latshaw ve Moritz (2009) tarafından yapılan yeni bir çalışma, üretim ve ısı artışı için kullanılan her birim yemden elde edilen enerjinin yem formundan etkilendiğini göstermiştir. Peletle beslenen piliçler, toz yemiyle beslenenlere kıyasla daha düşük ısı artışına sahip olmuş ve yem enerjisinin daha büyük bir kısmını üretim amacıyla kullanmıştır.

Abdollahi vd. (2013)'ün bildirişine göre, 1960'larda araştırmacılar peletlemenin, toz yem formundaki benzer rasyonlara kıyasla büyüyen kanatlılar için ham protein (HP) ve lizin (Lys) gereksinimlerini artırdığını bildirmiştir. Rasyonlar kritik HP veya Lys konsantrasyonlarında formüle edildiğinde, peletleme eksikliği vurgulamıştır. Bu araştırmacılar, rasyonlar pelet formunda beslendiğinde, üretken enerjinin arttığını ve HP ve Lys gereksinimlerinin rasyonun bir oranı olarak arttığını öne sürmüşlerdir. Lys'in enerji birikimi ve protein tutulması için bölümleme üzerindeki bilinen etkileri nedeniyle, rasyon Lys konsantrasyonu özellikle endişe verici olabilir (Batterham vd., 1990). Peletleme nedeniyle büyüme için mevcut olan ekstra enerji dikkate alınmazsa, rasyon enerjisi ve Lys konsantrasyonları arasında bir dengesizlik meydana gelebilir (Greenwood vd., 2004).

Greenwood vd. (2004) sindirilebilir Lys konsantrasyonlarının 8,5 ila 10,5 g/kg arasında artırılmasının pelet ile beslenen kanatlıların CAA'nda doğrusal bir artışa neden olduğunu, 8,5 g/kg'dan daha yüksek sindirilebilir Lys konsantrasyonlarında ise toz yem ile beslenen kanatlılarda herhangi bir büyüme tepkisi gözlenmediğini bildirmiştir. Greenwood vd. (2003), pelet ile

beslenen kanatlıların 16 ila 30 gün arasında optimum CAA ve yem verimliliği için ezme ile beslenen kanatlılardan sırasıyla 1,3 ve 0,9 g/kg daha fazla sindirilebilir Lys'ye ihtiyaç duyduğunu öne sürmüştür (ezme ile beslenen kanatlılar için 8,7 ve 9,0 g/kg'a kıyasla pelet ile beslenen kanatlılar için 10,0 ve 9,9 g/kg). Bu araştırmacılar, doz-yanıt analizini kullanarak yem formunun piliçlerin tahmini Lys ihtiyaçlarını etkilediğini göstermiştir. Jensen (2000), 10,0 g/kg Lys içeren bir toz yem rasyonun Lys alımını (g CAA başına) eşleştirmek için, 10,8 g/kg Lys konsantrasyonuna sahip peletlenmiş bir rasyonun gerekli olduğunu öne sürmüştür. Greenwood ve Beyer'e (2003) göre, kanatlıların toplam sülfür amino asit gereksinimleri yem formundan Lys'de gözlemlendiği ölçüde etkilenmemektedir. Peletlenmiş bir rasyonda birim yem başına piliçlerin besin maddesi gereksinimlerinin toz yem formundaki bir rasyondan daha yüksek olduğu kabul edilirse, saflaştırılmış, yarı saflaştırılmış, doza yanıt veren veya toz yem rasyonlare dayalı analizlerle belirlenen amino asit (AA) önerilerinin, iyi pelet kalitesinin mevcut olduğu bir endüstri durumuna uygulanması, piliçlerin AA ihtiyaçlarının düşük tahmin edilmesi nedeniyle optimal olmayan piliç performansıyla sonuçlanabilir (Greenwood ve Beyer, 2003; Greenwood vd., 2004).

Peletlemenin piliç performansı üzerindeki etkisi kısmen kullanılan kondisyonlama sıcaklığına bağlıdır. Silversides ve Bedford (1999), orta sıcaklıklarda (80-85°C) şartlandırılmış buğday bazlı pelet rasyonlarla beslemenin en iyi broyler performansıyla sonuçlandığını, ancak şartlandırma sıcaklığının 85 °C'nin üzerine çıkmasının performansı düşürdüğünü göstermiştir. Samarasinghe vd. (2000), arpa-soya-mısır rasyonunda 90 °C'ye kadar yükselen kondisyonlama sıcaklıklarının enerji ve azot (N) kullanımını ve broyler performansını düşürdüğünü bulmuştur. Bu çalışmada, kondisyonlama sıcaklığı 60'tan 75°C' e çıkarıldığında kanatlılar %6 daha fazla yem tüketmiş ve %9 daha fazla ağırlık kazanmışken, kondisyonlama sıcaklığının 90°C' e çıkarılması daha düşük YT ve CAA ile sonuçlanmıştır. Yüksek şartlandırma sıcaklığı ayrıca ME ve N kullanımını sırasıyla %3,2 ve %4,0 oranında azaltmıştır. Bedford vd. (2003) tarafından rapor edilen bir çalışmada, buğday bazlı rasyonlarda yüksek sıcaklığın olumsuz etkileri, peletleme sıcaklığı (peletler pelet kalıbından çıkarken ölçülen sıcaklıklar) 65°C' 'yi aştığında ortaya çıkmıştır. Bu denemede, pelet kalıbı sıcaklığındaki her 10°C' 'lik artış için -75 g kazanç ve kazanç başına yemde 4,0 puan ile

sıcaklığın hem CAA hem de yem verimliliği üzerinde önemli bir doğrusal, negatif etkisi vardı. Cowieson vd. (2005), buğday bazlı bir rasyonda kondisyonlama sıcaklıklarının 80'den 90 °C'ye çıkarılmasının CAA'nı azalttığını ve broylerlerde daha yüksek kazanç başına yem (2.03'e karşı 1.94) ile sonuçlandığını göstermiştir. Buğday bazlı rasyonlarla beslenen piliçlerin performansının 80 °C'nin üzerindeki koşullandırma sıcaklıklarında tehlikeye girebileceği sonucuna varılmıştır. Kırkpınar ve Basmacıoğlu (2006), mısır-soya rasyonunun 65 °C'de peletlenmesinin, bazal toz yem rasyonune ve 75 ve 85 °C'de peletlenen rasyonlare kıyasla daha yüksek CAA ile sonuçlandığını göstermiştir. Peletleme sıcaklığının 75 ve 85 °C'ye yükseltilmesi, 85 °C'de peletlenen rasyonlarla beslenen piliçlerin bazal toz yem rasyoniyle beslenenlere benzer ağırlık artışlarına sahip olduğu ölçüde, broylerlerin CAA'nda önemli bir azalmaya neden olmuştur. Buna karşın, Cutlip vd. (2008), 82,2 °C'de peletlenen rasyonlarla beslenenlere kıyasla 93,3 °C'de peletlenen mısır-soya rasyonlarıyle beslenen piliçler için azalmış YT, benzer CAA ve azalmış kazanç başına yem göstermiştir. Yüksek sıcaklıkta peletlenmiş rasyonlarla besleme, kazanç başına yemde 20 puanlık bir düşüşle sonuçlanmıştır.

Abdollahi vd. (2010a), kondisyonlama sıcaklığının 60 °C'nin üzerine çıkarılmasının buğday bazlı rasyonlarla beslenen kanatlılarda YT ve CAA'nı azalttığını, ancak 60 ve 90 °C'de kondisyonlanan mısır bazlı rasyonlarla beslenen kanatlıların 75 °C'de kondisyonlanan rasyonla beslenenlere göre daha yüksek YT ve CAA'na sahip olduğunu göstermiştir. Her iki rasyon türünde de, daha yüksek koşullandırma sıcaklıklarında kazanç başına yem miktarı kötüleşmiştir (Tablo 1). Abdollahi vd. (2010b), bir denemede koşullandırma sıcaklığının mısır ve sorgum bazlı rasyonlar üzerindeki etkilerini yeniden değerlendirmiştir. Hem mısır hem de sorgum bazlı rasyonlarda, koşullandırma sıcaklığının 60'tan 75 °C'ye çıkarılması CAA'nı azaltmış, ancak 90 °C'de koşullandırılmış rasyonlarla beslenen kanatlılarda kazanç geri kazanılmıştır. 60 ve 90 °C'de şartlandırılmış rasyonlarla beslenen kanatlılar, 75 °C'de şartlandırılmış rasyonlarla beslenenlere göre daha yüksek YT'ye sahip olma eğilimindedir. Kondisyonlama sıcaklığının artırılması kazanç başına yem miktarını etkilememiştir. Daha yüksek koşullandırma sıcaklıklarının dayanıklılık ve sertlik açısından pelet kalitesi üzerindeki olumlu etkileri, 90 °C'de geri kazanılan CAA ve YT'nin yanı sıra farklı

sıcaklıklarda koşullandırılmış rasyonlarla beslenen kanatlıların kazanç başına yemleri arasında önemli bir fark olmamasını da açıklamaktadır. Bu veriler, farklı sıcaklıklarda şartlandırılmış rasyonlarla beslenen piliçlerin CAA ve YT yanıtlarının besin mevcurasyoni ve pelet kalitesi arasındaki dengeyi yansıttığını göstermiştir. Bu faktörlerin birbirlerinin etkilerini iyileştirebileceği gerçeği, broyler performansının belirlenmesinde önemlidir. Bu hipotez doğruysa, benzer sıcaklıklarda buharla şartlandırılmış ancak yem formunda farklılık gösteren (toz yeme karşı pelet) rasyonlarla beslenen piliçlerde farklı büyüme tepkisi modellerinin gözlemlenmesi gerekirdi. Abdollahi ve ark. (2011) tarafından bildirilen çalışma, bu hipotezi desteklemek için daha fazla kanıt sağlamaktadır. Veriler, buğday bazlı toz yem rasyonlarında 60 °C'nin üzerindeki koşullandırma sıcaklıklarının broyler starterlerinin besin kullanımını ve performansını olumsuz etkilediğini göstermiştir. Bununla birlikte, rasyonlar peletlendiğinde, 60 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda elde edilen daha iyi pelet kalitesi performansı geri kazanmıştır. Bu restorasyonun büyüklüğü, yüksek koşullandırma sıcaklıklarının besin kullanılabilirliği üzerindeki olumsuz etkisi ile pelet kalitesi üzerindeki olumlu etkisi arasındaki denge ile belirlenir. Bu çalışma, kondisyonlama sıcaklığının etkilerini yem formundan ayıran ilk çalışmadır. Abdollahi vd. (2012a) da buğday bazlı rasyonların 90 °C'de şartlandırılmasının, 60 °C'de şartlandırılanlara kıyasla başlangıç döneminde (1-21. günler) CAA'nı azalttığını göstermiştir. Tüm deneme süresi boyunca (1-35. günler), 90 °C'de şartlandırılmış rasyon sunulan kanatlılar, 60 °C'de şartlandırılmış rasyon sunulanlara kıyasla daha düşük ağırlık artışına sahip olmuştur. Bu kanatlılar aynı zamanda en düşük YT'ne sahip olma eğiliminde olduğu bildirilmiştir. Bu çalışma, yüksek kondisyonlama sıcaklığının kanatlıların CAA ve bir dereceye kadar YT üzerindeki olumsuz etkilerinin başlangıç dönemiyle sınırlı olmadığını, aynı zamanda büyüme dönemine de taşındığını göstermiştir. Pelet kalitesinin kanatlı performansı üzerindeki önemi iyi bilinmektedir. Abdollahi vd. (2013)'ün aktardığına göre Proudfoot ve Sefton (1978), % 45 oranında ince yem içeren pelet yemlerle beslenen erkek piliçlerin 49 günlük canlı ağırlığında (CA), ince yem içermeyen pelet yemlerle beslenenlere kıyasla 150 g'lık bir azalma olduğunu bildirmişlerdir. Genel performans, işlenmemiş toz yem rasyonlarıyle beslenen piliçler ile %100 ince yem (eşdeğer enerji ve besin maddesi konsantrasyonlarına sahip yeniden öğütülmüş peletler) içeren

rasyonlarla beslenen piliçler arasında benzerdi. Parsons ve arkadaşları (2006) yumuşak (1662 g pelet mukavemeti) ve sert (1856 g pelet mukavemeti) olmak üzere iki farklı pelet yapısını karşılaştırmış ve sert pelet ile beslenen piliçlerde N ve Lys tutma, TMEn, CAA ve yem verimliliğinin yumuşak pelet ile beslenenlere kıyasla daha iyi olduğunu bildirmiştir.

Güncel araştırmalar, mısır (Cutlip vd., 2008; Kenny, 2008; Corzo vd., 2011) ve buğday bazlı (Kenny, 2008) rasyonlarla beslenen broylerlerde zayıf yem formunun CA ve yem verimliliği üzerinde önemli olumsuz etkileri olduğunu göstermiştir. Cutlip vd. (2008) mısır-soya peletlenmiş rasyonla beslenen piliçlerin 39 günlük canlı ağırlıklarının 433 g daha yüksek olduğunu ve aynı rasyonla işlenmemiş toz yem olarak beslenenlere kıyasla kazanç başına yem miktarının (10 puan) daha düşük olduğunu göstermiştir. Kenny (2008) iyi kalitede buğday bazlı peletlenmiş rasyonu %50 ve %100 ince yem karışımı içeren rasyonlarla karşılaştırmıştır. Sonuçlar, %50 ve %100 ince yem içeren rasyonlarla beslemenin CA'yi kontrole kıyasla sırasıyla %7,0 ve %20 oranında azalttığını göstermiştir. Mısır bazlı rasyonlarda benzer uygulamaların değerlendirildiği bir başka deneme de performans üzerinde benzer etkiyi ortaya koymuştur. 50 ve %100 ince yem içeren rasyonlar, CA'yi sırasıyla %4,5 ve %19 oranında azaltmıştır. Kazanç başına yemde buna karşılık gelen bozulmalar sırasıyla %2,2 ve %6,1 olmuştur. Corzo vd. (2011) şartlandırılmamış toz yem rasyonunun ve tamamı mısır bazlı %32 ve %64 oranında bozulmamış pelet içeren rasyonların broyler performansı üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. 28 ve 42 günlük yaşlarda, her iki pelet içeren rasyonla beslenen piliçler benzer CA ve YT değerlerine sahipken, koşullandırılmamış toz yem rasyoniyle beslenenlerden daha yüksekti. Kazanç başına en düşük yem %64 pelet içeren rasyonla beslenen piliçlerde gözlenmiştir. Bu kanatlılar aynı zamanda 1 kg CA, karkas ağırlığı, göğüs eti, but ve but üretimi ile ilişkili yem maliyeti açısından en yüksek verimliliği göstermiştir.

6. PELETLEMENİN BESİN MADDELERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Şartlandırma ve peletleme sırasında uygulanan ısı, su ve basınç nedeniyle bir dizi kimyasal değişiklik meydana gelir. Bu kimyasal değişiklikler birçok farklı besin maddesi üzerinde çeşitli etkiler gösterse de bu

bölümde broyler beslemede öne çıkan nişasta ve protein üzerindeki etkilerden bahsedilecektir.

6.1. Nişasta

Tahıllardaki nişasta, kümes hayvanları için en bol bulunan enerji kaynağıdır (çoğu tahıl tanesinde 500-700 g/kg). Nişasta doğal olarak suda çözünmeyen granüller halinde oluşur (Parker ve Ring, 2001) ve benzersiz kimyasal ve fiziksel özelliklere sahiptir (Di Paola vd., 2003). Nişasta, amiloz ve amilopektin polisakkaritlerinden oluşan bir glukandır. Bu polisakkaritlerin her ikisi de 1→4 bağlı D-glukoz zincirlerine dayanmaktadır. Amiloz esasen doğrusaldır, amilopektin ise her 20-25 düz zincir kalıntısı için ek bir 1→6 bağlantı içeren ortalama bir dallanma noktası içeren oldukça dallıdır (Rooney ve Pflugfelder, 1986; Parker ve Ring, 2001). Amilopektin normal nişastaların %70-80'ini, amiloz ise %20-30'unu oluşturur (Rooney ve Pflugfelder, 1986).
Nişasta granülleri suda çözünmezler, ancak sulu bir ortamda, özellikle de ısı uygulandığında şişerler. Başlangıçta şişme geri dönüşümlüdür, ancak belirli bir sıcaklık eşiğine ulaşıldığında şişme geri dönüşümsüz hale gelir ve granülün yapısı önemli ölçüde değişir. Bu süreç jelatinleşme olarak adlandırılır ve jelatinleşmenin gerçekleştiği sıcaklık jelatinleşme sıcaklığı olarak adlandırılır. Bu sıcaklıkta, granüldeki materyal suya difüze olur (Lund, 1984). Jelatinleşme granülün yapısını açar ve böylece enzimler nişasta granüllerine girebilir ve amilolitik bozunmaya duyarlılığı önemli ölçüde artırır (Rooney ve Pflugfelder, 1986). Nişasta ve nişasta jelatinleşmesinin kapsamlı bir incelemesi Svihus vd. (2005) bulunabilir. Jelatinleşme aralığı boyunca mısır nişastası granüllerinin morfolojisindeki değişiklikler Di Paola vd. (2003) tarafından araştırılmıştır. Bu çalışmada, sulu nişasta süspansiyonları, farklı jelatinleşme dereceleri elde etmek için 25 °C (jelatinleşmenin olmadığı kontrol) ile 85 °C arasında değişen farklı sıcaklıklara tabi tutulmuştur. Doğal mısır nişastası granülleri, polarize ışık mikroskobu altında gözlemlendiğinde çift kırılma gösteren karakteristik bir biçim ve boyuta sahipti. 55 °C'den itibaren bazı granüllerin boyutlarında artış gözlenmiş, 55 °C'nin üzerinde ise bazı granüllerde çift kırılma, bütünlük kaybı ve granüler bozulma gözlenmiştir.

Nişasta jelatinleşmesini başlatmak için suyun varlığı bir ön koşuldur (Camire vd., 1990; Thomas vd., 1998). Bununla birlikte, öğütme, ezme ve

öğütme gibi mekanik işlemler de belirli bir dereceye kadar jelatinleşmeye neden olur (Camire vd., 1990). Fazla su içeriğinde, nişastaların çoğu 50 ila 70°C arasındaki bir sıcaklıkta jelatinleşecektir (Donald, 2001). Öte yandan, 400 g/kg'ın altındaki sınırlı su içeriğinde (Donald, 2001), jelatinleşme sıcaklığı artacak (Camire vd., 1990; Donald, 2001; Parker ve Ring, 2001) ve su içeriğiyle ters orantılı olacaktır (Donald, 2001). Jelatinleşme süreci sırasında, ilk önce jelatinleşen nişasta granüllerinin diğer granüllerin jelatinleşmesi için mevcut su miktarını azalttığı da bilinmektedir (Liu vd., 1991). Lund (1984), jelatinleşme için genellikle 0,3:1'lik bir su-nişasta oranına ihtiyaç duyulduğunu ve tam nişasta jelatinleşmesi için yaklaşık 1,5:1'lik bir oranın gerekli olacağını öne sürmüştür. Buharla şartlandırma işlemi sırasında yeme sadece yaklaşık 30 g/kg nem eklendiğinden, su peletleme sırasında nişasta jelatinleşmesi için sınırlayıcı bir faktördür (Thomas vd., 1998). Lund'a (1984) göre, farklı tahıllardan elde edilen nişastalar farklı jelatinleşme özelliklerine sahiptir. Buğday nişastası düşük jelatinleşme sıcaklığına (52-65 °C) sahipken, mısır için bu sıcaklık daha yüksektir (65-70,6 °C). Ayrıca, jelatinleşme ısısı nişasta kaynağına bağlıdır. Buğday nişastasının jelatinleşme ısısı (10.05 J/g) mısırınkinden (13.82 J/g) daha düşüktür (Lund, 1984). Taylor ve Dewar (2001) sorgum nişastasının jelatinleştiği sıcaklığın (68-78 °C) mısırınkinden (62-72 °C) daha yüksek olduğunu bildirerek sorgum bazlı rasyonların mısır bazlı rasyonlardan daha yüksek koşullandırma sıcaklıklarına ihtiyaç duyabileceğini ima etmiştir. Yüksek amiloz içerikli tahıllar, normal ve yüksek amilopektin seviyelerine sahip olanlara göre işleme sırasında jelatinleşmeye karşı daha dirençlidir (Svihus vd., 2005). Çeşitli araştırmalar, geleneksel peletleme sırasında sınırlı nem içeriği ve ılımlı sıcaklıklar nedeniyle sadece %5 ila 30 arasında değişen küçük bir nişasta jelatinleşmesinin meydana geldiğini göstermiştir (Skoch vd., 1981; Goelema vd., 1999; Svihus vd., 2004; Moritz vd., 2005; Zimonja vd., 2007; Zimonja ve Svihus, 2009; Abdollahi vd., 2010b, 2011, 2012a, 2012c). Bu jelatinleşmenin bir kısmı buharla şartlandırma sırasında bir dereceye kadar meydana gelir, ancak jelatinleşmenin büyük kısmı asıl peletleme işlemi sırasında gerçekleşir (Zimonja vd., 2008; Abdollahi vd., 2010b, 2011). Skoch vd. (1981) kuru ve buharlı koşullandırmayı karşılaştırmış ve kuru peletleme sırasında buharlı peletlemeye göre daha fazla nişasta hasarı olduğunu bildirmiştir. Stevens (1987) pelet kalıbındaki sıcaklık artışını nişasta

jelatinleşmesinin derecesiyle ilişkilendirmiştir. 100 mısır rasyonlarında 23, 43, 63 ve 80° koşullandırma sıcaklıklarının nişasta jelatinleşme derecesi üzerindeki etkisini araştırmış ve peletin dış kısmında (2 mm kalınlığında) en fazla jelatinleşmenin (%58,3) rasyon kuru peletlendiğinde (23 °C koşullandırma sıcaklığında) ve en az jelatinleşmenin (%25,9) rasyon peletlemeden önce 80 °C'de buharla koşullandırıldığında meydana geldiğini göstermiştir. 80 °C'de nişasta jelatinleşmesi tüm pelet boyunca homojen olmuştur. Ayrıca, koşullandırma sıcaklığının 23'ten 80 °C'ye çıkarılmasının tüm peletlerin jelatinleşme derecesini %41,9'dan %28,0'a düşürdüğünü bildirmiştir. Rasyon kuru peletlendiğinde (23 °C) peletin dış kısmındaki jelatinleşme derecesinin tüm pelete kıyasla daha yüksek olması (%58,3'e karşı %41,9), kalıp deliğinin yüzeyinin yanında oluşan sürtünme ısısı ve mekanik kesmenin önemli miktarda jelatinleşmeden sorumlu olduğunu göstermiştir (Abdollahi vd., 2013). Peletlerin yüzeyinde daha yüksek oranda nişasta jelatinleşmesi eğilimi Zimonja vd. (2008) tarafından da rapor edilmiştir. Abdollahi vd. (2010b) pelet kalıbının (daha doğrusu kalıp deliklerinin sürtünme ısısının) mısır ve sorgum bazlı broyler rasyonlarının jelatinleşmiş nişasta içeriği üzerindeki etkilerini araştırmış ve rasyonlar pelet kalıbından geçirildikten sonra (şartlandırılmış-peletlenmiş rasyonlar) jelatinleşmiş nişasta içeriğinde sadece şartlandırılmış örneklere (pelet kalıbından geçirilmemiş) kıyasla önemli bir artış olduğunu bildirmiştir. Pelet kalıbının jelatinleşmiş nişasta oluşumu üzerindeki etkisi düşük koşullandırma sıcaklıklarında daha belirgin olmuştur. Abdollahi vd. (2011) buğday bazlı broyler rasyonlarının nişasta jelatinleşmesi için yem formu ve koşullandırma sıcaklığı arasındaki etkileşimi incelemiş ve pelet rasyonlarda (9,37 g/100 g toplam nişasta) sadece koşullandırılmış toz yem rasyonlare (6,23 g/100 g toplam nişasta) kıyasla ortalama %50 daha yüksek jelatinleşmiş nişasta içeriği bildirmiştir. Toz yem rasyonlarda, kondisyonlama sıcaklığının 20 ila 90 °C arasında artırılması en yüksek jelatinleşmiş nişasta içeriği ile sonuçlanırken, peletlenmiş rasyonlarda, 20 °C'de kondisyonlanan rasyonun jelatinleşmiş nişasta içeriği 60 ve 75 °C'de kondisyonlanan rasyonlardan daha yüksekti. Bu bulgu, kalıp sürtünme kuvvetinin nişasta jelatinleşmesi üzerindeki etkisini vurgulamaktadır. Moritz ve arkadaşları (2003), mısır-soya etlik piliç rasyonune nem ilavesinin, rasyonun enerji yoğunluğundan bağımsız olarak, peletlerdeki nişasta jelatinleşmesinin derecesini azalttığını bildirmiştir. NRC tarafından önerilen

rasyondaki jelatinleşmiş nişasta içeriği %18,4'ten (nem ilavesiz kontrol rasyoni) sırasıyla 25 ve 50 g/kg su ilavesiyle %10,6 ve 6,1'e düşmüştür. Modifiye edilmiş düşük enerjili rasyonda (NRC tavsiyelerinden %5 daha az) nişasta jelatinleşmesindeki azalma %24,5'ten (nem ilavesiz kontrol rasyoni) 25 ve 50 g/kg su ilavesiyle sırasıyla %18,1 ve %14,6'ya düşmüştür. İlave edilen nemin yağlayıcı etkilerinin kalıp deliği sürtünme ısısını azaltabileceği ve jelatinleşme derecesini düşürebileceği öne sürülmüştür. Bu bulgular, Abdollahi vd. (2012a) tarafından gözlemlenen buğday bazlı başlangıç ve bitirme broyler rasyonlarına nem ilavesinin jelatinleşmiş nişasta içeriğini azalttığını gösteren bulgularla uyumludur. Buna karşın, Moritz vd. (2001) peletlemeden önce mısır-soya broyler rasyonunda su-nişasta oranının artırılmasının nişasta jelatinleşmesini önemli ölçüde artırdığını bildirmiştir. Bir çalışmada (Moritz vd., 2002), rasyona 50 g/kg nem eklenmesi nişasta jelatinleşmesini NRC tarafından önerilen rasyonda %15,8'den %29,6'ya ve modifiye rasyonda %5,5'ten %12,2'ye çıkarmıştır (kontrol rasyonune kıyasla enerji ve tüm besin maddelerinde %5 artış). Moritz vd. (2001)'in su ilavesinden önce mısır-soya toz yemsi rasyonunda çok yüksek kuru madde içeriği (933 g/kg) bildirmesi dikkat çekicidir; bu da muhtemelen bu çalışmada nem ilavesine bağlı olarak nişasta jelatinleşmesinde gözlenen artışları açıklayabilir. Bir rasyona normal nem seviyelerinin üzerinde daha fazla nem eklenmesi ters etki yaratır (Abdollahi vd., 2012a).

Jelatinleşmiş bir nişasta-su karışımının oda sıcaklığına soğutulmasının ardından, genellikle nişasta retrogradasyonu olarak tanımlanan kristalleşme meydana gelebilir (Parker ve Ring, 2001). Retrogradasyon, jelatinleşme sırasında ayrılan nişasta moleküllerinin yeniden birleşmesidir. Bu olay jelatinleşmenin tersi olarak görülebilir ve nişastanın sindirilebilirliğini azaltabilir (Rooney ve Pflugfelder, 1986). Englyst vd. (1992) göre nişasta, in vitro nişasta sindirimine dayalı olarak üç gruba ayrılabilir. Bunlardan ilki, örneğin pişirme yoluyla jelatinleştirilmiş nişastayı içeren hızlı sindirilebilir nişastalardır (RDS). Birçok tahıldan elde edilen doğal nişasta granüllerini içeren yavaş sindirilebilir nişastalar (SDS) ikinci kategori ve son olarak sindirime dirençli olan dirençli nişastalar (RS). RS kategorisinin RS1, RS2 ve RS3 olmak üzere üç alt kategoriyi kapsadığı düşünülmektedir (Brown, 1996). İlk kategori (RS1), nişasta içeren bileşenlerin tamamında veya kısmen öğütüldüğünde erişilemeyen nişasta granüllerini ifade eder. Sindirim

enzimlerinin etkisi, bu bileşenlerin partikül boyutu veya bileşimi nedeniyle geciktirilebilir veya hatta engellenebilir. İkinci RS kategorisi (RS2), direnç derecesinin granül yapısı ve jelatinleşmeye yatkınlığı ile ilişkili olduğu görülen doğal nişasta granüllerini içerir. Üçüncü RS kategorisi (RS3), işleme sırasında geriye doğru bozulmuş nişastayı yansıtır. Eerlingen ve arkadaşları (1994), 6 °C'de 24 saat ve ardından 40 °C'de 29 gün depoladıktan sonra mumsu mısır nişastasında 420 g/kg RS seviyesi gözlemlemiştir. Bu araştırmacılar ayrıca retrogradasyonun derecesini artırarak nişastanın pankreatik -amilaz ve amiloglukozidaza karşı duyarlılığında bir azalma olduğunu göstermişlerdir. Abdollahi ve ark. (2010b) 75 (2,59 g/100 g toplam nişasta) ve 60 °C'de (2,25 g/100 g toplam nişasta) koşullandırılanlara kıyasla 90 °C'ye (3,59 g/100 g toplam nişasta) artan koşullandırma sıcaklıklarıyla mısır ve sorgum bazlı broyler rasyonlarında RS içeriğinin arttığını bildirmiştir. Buğday bazlı broyler rasyonlarında 90 °C'ye kadar artan kondisyonlama sıcaklıkları ile daha yüksek RS içeriği de bildirilmiştir (Abdollahi vd., 2011).

Önceden jelatinleştirilmiş nişastanın pelet kalitesi üzerindeki olumlu etkisi, jelatinleştirilmiş nişastanın bir bağlayıcı olarak hareket etme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, geleneksel peletleme sırasında yem partiküllerinin bağlanmasında nişastanın rolü, peletlemenin jelatinleşme üzerindeki ihmal edilebilir etkisi nedeniyle önemsiz görünmektedir (Svihus vd., 2004). Gilpin vd. (2002) nişasta jelatinleşme derecesi ile pelet dayanıklılığı arasında negatif bir korelasyon olduğunu bildirmiştir. Zimonja ve Svihus (2009), nişasta içermeyen bir rasyon karışımına ham veya önceden jelatinleştirilmiş nişasta eklendiğinde, pelet dayanıklılığının azaldığını göstermiştir. Bu sonuçlar, nişastanın geleneksel peletleme işlemi sırasında pelet kalitesine önemli bir katkıda bulunmayabileceğini göstermektedir. Jelatinleşme, nişastanın enzimatik parçalanma için kullanılabilirliğini artırdığından, peletlenmiş rasyonlarda nişasta sindirilebilirliğinin artması beklenebilir. Bununla birlikte, peletleme nedeniyle nişasta jelatinleşmesinin küçük olması, bu etkinin mütevazı bir öneme sahip olmasına neden olabilir (Svihus vd., 2004; Zimonja vd., 2008). Svihus (2011), nişasta sindirilebilirliği ile ilgili bir literatür incelemesinde, yüksek nişasta sindirilebilirliğinin genellikle ezme yemle beslemeye denk geldiğini, düşük nişasta sindirilebilirliğinin ise soğuk peletlenmiş rasyonlarla

beslemeyle ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Yüksek düzeyde buğday (dört çeşit) içeren soğuk peletlenmiş rasyonların nişasta sindirilebilirliğini incelemiş ve dört buğday çeşidinde de ortalama görünür ileal nişasta sindirilebilirlik katsayısının 0,83'ün altında olduğunu bildirmiştir.

Zimonja vd. (2007)'ye göre, yem işleme sırasında amilaz-lipit kompleksi oluşumu da nişasta sindirilebilirliğinin azalmasına katkıda bulunabilir. Abdollahi vd. (2011) tarafından da 21 günlük broylerlerde pelet beslemeye bağlı olarak buğday bazlı rasyonların nişasta sindirilebilirliğinde önemli bir düşüş bildirilmiştir. Dolayısıyla, peletlemenin nişasta sindirilebilirliği için faydalı olmadığı ve hatta yüksek YT'nin bir sonucu olarak bazı durumlarda nişasta sindirilebilirliğini azaltabileceği görülmektedir.

6.2. Protein

Proteinler ısıya duyarlı yapılardır. Nemli ısıya maruz kaldıklarında proteinlerin fiziksel yapısı genellikle değişir ve reaktivite, fonksiyonel ve besinsel özelliklerde önemli değişikliklere neden olur (Voragen vd., 1995). Camire vd. (1990) protein denatürasyonunu, bir proteinin konformasyonunda peptit bağlarının kopmasını içermeyen herhangi bir değişiklik olarak tanımlamıştır. Çoğu protein, nemli ısıya veya kesmeye maruz kaldığında yapısal olarak katlanmaya ve ardından agregasyona uğrar. Eğer termo-mekanik işlem agregasyon başlamadan önce durdurulursa, açılma genellikle tersine çevrilebilir bir süreçtir. Daha fazla ısı veya kesme eklenirse, proteinlerin üç boyutlu yapısının (ikincil, üçüncül ve dördüncül yapılar) stabilizasyonuna katkıda bulunan kovalent olmayan etkileşimler kırılacak ve geri dönüşümsüz protein denatürasyonuna neden olacaktır. Termo-mekanik işlem devam ederse, disülfit bağları gibi kovalent bağlar da kopacaktır (Voragen vd., 1995). Sıcaklık, nem içeriği ve kesme kuvvetleri denatürasyon sürecini etkileyen ana faktörler olarak kabul edilirken, bekleme süresi, pH ve lipidler ve karbonhidratlar gibi diğer bileşenlerin varlığı daha az önem taşımaktadır (Voragen vd., 1995). Yem işleme kesme, ısı, bekleme süresi ve suyun bir kombinasyonunu içerdiğinden, yemdeki proteinlerin kısmi denatürasyonu ile sonuçlanabilir (Thomas vd., 1998) ve bu sayede sindirilebilirlikleri artabilir (Voragen vd., 1995). Peletlemeye bağlı tutarlı gelişmeler rapor edilmemiş olsa da ısıtma, enzim inhibitörlerini etkisiz hale

getirerek ve enzim saldırısı için yeni bölgeler ortaya çıkarabilecek proteini denatüre ederek proteinlerin sindirilebilirliğini artırabilir (Camire vd., 1990). Yem işleme, birçok yem bileşeninin katıldığı Maillard reaksiyonu olarak adlandırılan reaksiyonla sonuçlanabilir (Thomas vd., 1998). Termo-mekanik işlemlerde kullanılan yüksek sıcaklıklar ve düşük nem içeriklerinin Maillard reaksiyonunu desteklediği bilinmektedir (Voragen vd., 1995). Su ve ısı varlığında, glikoz, laktoz veya maltoz gibi indirgen şekerlerden gelen serbest aldehit grupları ve AA'lardan gelen serbest amino grupları, özellikle Lys'in epsilon-amino grubu, ürünü koyulaştıran ve aynı zamanda viskoziteyi arttıran melanoidleri oluşturmak için birleşebilir (Voragen vd., 1995; Thomas vd., 1998). Enzimatik olmayan esmerleşme olarak bilinen bu reaksiyonun önemli besinsel ve işlevsel sonuçları vardır (Camire vd., 1990). Bu, pelet bağlama için olumludur; ancak Maillard ürünleri, proteinlerin ve muhtemelen karbonhidratların kullanımının azalması nedeniyle yemin besin değerini bozabilir (Thomas vd., 1998). Lys, tahıllarda ilk sınırlayıcı AA olduğundan, bu bileşenlerden mevcut Lys kaybı önemli bir sonuçtur. Nişasta ve sakkaroz gibi indirgen olmayan şekerler, işleme sırasında, özellikle de ekstrüzyon sırasında hidrolize olarak indirgen şekerler oluşturabilir ve Lys kaybına neden olabilir (Camire vd., 1990). Yüksek yem işleme sıcaklıkları da ısıya en dayanıklı AA olan sisteinin belirgin bir şekilde bozulmasına, ardından Lys'in ve arginin, treonin ve serin kaybına neden olabilir (Abdollahi vd. 2013). Dale (1992), bir *in-vivo* civciv çalışması ve bir *in-vitro* çalışmaya dayanarak, serbest şekerler (glikoz, fruktoz ve sukroz) ve sentetik Lys içeren bir broyler rasyonunde peletlemenin Lys kullanılabilirliği üzerinde zararlı bir etkisi olmadığını bildirmiştir. Bu denemede serbest şekerler, kg yem başına 60 g kurutulmuş unlu mamul eklenerek sağlanmış ve rasyonlar 85-88 ℃'de buharla şartlandırılmıştır. Shipe vd. (2011), 75 g/kg fırıncılık yan ürünü küspesi ve 1,3 g/kg Lys HCL içeren bir broyler finisher rasyonu kullanarak, yeniden öğütülmüş peletlenmiş (82 °C'de buharla şartlandırılmış) rasyonların besin kullanılabilirliğini tehlikeye attığını, ancak Lys'in etkilenip etkilenmediğinin belirsiz olduğunu bildirmiştir. Aynı araştırmacılar benzer rasyonları Maillard reaksiyon yolunun bir ara ürünü olan furfural açısından analiz etmiş ve peletleme işlemi nedeniyle furfural konsantrasyonunda bir değişiklik olmadığını bildirmiştir. Bu araştırmacılar, çekektomize horozlar kullanılarak değerlendirilen rasyonların gerçek Lys sindirilebilirliğinde herhangi bir

farklılık olmadığı gerçeğiyle ilgili olarak, peletlemenin Lys sindirilebilirliğini azaltmadığı sonucuna varmışlardır. Soğutulduktan sonra proteinler yeniden birleşir ve farklı partiküller arasında bağlar kurulabilir (Thomas vd., 1998). Denatürize proteinler güçlü jelleşme özelliklerine sahip olabilir ve bu da daha dayanıklı bir pelete katkıda bulunabilir. Buğday ununun nemlendirilmesinin protein matrisini nişasta ve/veya lifler gibi asılı parçacıkları birbirine bağlayan uzun yapışkan fibrillere dönüştürdüğü gösterilmiştir (Abdollahi vd., 2013). Cavalcanti (2004) mısırdan elde edilen proteinlerin (örneğin mısır glüteni) pelet dayanıklılığı üzerinde olumsuz etkileri olduğunu bildirmiştir. Proteinlerin denatürasyonu ve fiziksel pelet kalitesiyle ilgili çelişkili sonuçlar göz önüne alındığında, proteinlerin pelet bağlanmasında önemli bir rol oynadığını varsaymak makul olsa da proteinlerin ve/veya protein kaynaklarının kimyasal modifikasyonunun pelet dayanıklılığı üzerindeki etkilerini araştırmak için araştırmalara ihtiyaç vardır. Kaliyan ve Morey (2010), UV otofloresans ve taramalı elektron mikroskobu kullanarak, nem ve sıcaklık nedeniyle lignin ve protein tarafından oluşturulan katı köprülerin mısır sapı ve sustalı ottan yapılan peletlerde bağlanmaya önemli katkıda bulunduğu sonucuna varmıştır.

Yem işlemenin bir sonucu olarak proteinlerin daha sindirilebilir hale gelip gelmeyeceğini değerlendirmek için çok az sayıda yem işleme deneyi yapılmıştır. Yem işlemeden önce ve sonra protein sindirilebilirliğindeki değişiklikleri değerlendirmek için birkaç deney yapılmıştır, ancak bu deneylerin çoğu, fiziksel yapıdaki değişikliklerin etkileri veya antinutritif faktörlerin ortadan kaldırılmasının etkisi ile protein moleküllerinin değişen yapısı nedeniyle protein sindirilebilirliğindeki değişikliklerin doğrudan etkileri arasında ayrım yapamamıştır. Duodu vd. (2002) ısıl işlemin (yaklaşık 95 °C'de 10 dakika) sorgumun in vitro protein sindirilebilirliğini azalttığını ancak mısırın azaltmadığını bildirmiştir. Isıl işleme tabi tutulmuş sorgumun daha düşük protein sindirilebilirliği, mısıra kıyasla sorgumda daha büyük ölçüde meydana gelen enzime dirençli disülfit bağlı oligomerik proteinlerin oluşumu ile açıklanmıştır. Ayrıca perikarp bileşenleri, tohum, endosperm hücre duvarları ve jelatinleşmiş nişastanın sorgumda protein sindirilebilirliğini sınırlayan olası faktörler olabileceği öne sürülmüştür. Selle vd. (2010), sorgum bazlı rasyonların yüksek sıcaklıklarda (90 °C'nin üzerinde) buharla peletlenmesinin, kafirinde disülfit bağlarını indüklemek ve sorgumda protein

ve nişasta sindirilebilirliğini tehlikeye atmak için yeterli 'nemli ısı' sağlayabileceğini öne sürmüştür. Abdollahi vd. (2011) buğday bazlı broyler rasyonlarının 60 ve 75 °C'de buharla şartlandırıldığında (sırasıyla 0,854 ve 0,852) buharla şartlandırılmamış bazal rasyona (0,833) kıyasla N'un ideal sindirilebilirliğinde küçük ama önemli bir artış gözlemlemiştir. Ancak, koşullandırma sıcaklığı 90 °C'ye ulaştığında N sindirilebilirliğindeki iyileşme kaybolmuştur (0,835). N sindirilebilirliğinin 60 °C'de iyileşmesinin muhtemel protein denatürasyonu ve enzim-inhibitörlerinin inaktivasyonundan, 90 °C'de ise Maillard ürünlerinin oluşumundan kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Bu araştırmacılar ayrıca buğday bazlı pelet formundaki rasyonlarda (0,831) toz yem formundaki rasyonlara (0,855) kıyasla daha düşük N sindirilebilirliği bildirmiştir. Bu nedenle, işlemenin protein sindirilebilirliği üzerindeki doğrudan etkilerinin, eğer varsa, küçük olduğunu varsaymak mantıklıdır. Peletlemenin buğdayda nişasta sindirilebilirliği üzerindeki etkisi iyi belgelenmiş olsa da (Svihus vd. 2004), peletlemenin tahıllarda protein ve yağ sindirilebilirliği üzerindeki etkisine ilişkin araştırmalar sınırlıdır.

7. PELETLEMENİN YEM PARTİKÜL BOYUTU ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Peletleme, toz yem rasyonları pelet şeklinde makro partiküllere dönüştürürken, aynı zamanda sağlam peleti oluşturan mikro partiküllerin boyutunu da küçültür. Svihus vd. (2004) peletlemeden önce ve sonra rasyonları ıslak elekten geçirmiş ve peletlemenin bir sonucu olarak kaba partiküllerin miktarının azaldığını ve ince partiküllerin miktarının arttığını göstermiştir. Bu çalışmada, çekiçle öğütülmüş buğday bazlı broyler toz yem rasyonları peletleme öncesinde 0,2 mm'den küçük partiküllerin %40 ila 50'sine sahipken, peletleme sonrasında bu oran %50 ila 60'a yükselmiştir. Amerah vd. (2007b), peletlemenin >1 mm partiküllerin nispi oranını azalttığını ve kaba rasyonlarda <0,075 mm ince partiküllerin oranını artırdığını bildirmiştir. Abdollahi vd. (2011), rasyonların pelet kalıbından geçirilmesinin 2 mm'den büyük kaba partiküllerin oranını azalttığını ve 0,075 mm'den küçük ince partiküllerin oranını artırdığını göstermiştir. Bu bulgular, peletlemenin yem partikül boyutunu önemli ölçüde azalttığını ve kaba ve ince öğütülmüş peletler arasındaki farkları eşitlediğini bildiren Engberg vd. (2002)'nin sonuçlarıyla uyumludur. Adı geçen çalışmada, peletleme

sayesinde, 1 mm'den büyük yem partiküllerinin fraksiyonu kaba öğütülmüş rasyonda 262'den 149 g/kg'a ve ince öğütülmüş rasyonda 209'dan 135 g/kg'a düşmüştür. Peletlemeye bağlı olarak partikül boyutundaki azalma Péron vd. (2005) tarafından da rapor edilmiştir. Svihus vd. (2004), peletleme sırasında, pelet silindirleri ile pelet kalıbı arasındaki dar boşluk nedeniyle büyük partiküllerin özellikle öğütülmeye eğilimli olduğunu ve bunun peletleme işleminin neden partikül boyutu dağılımındaki farklılıkları eşitleme eğiliminde olduğunu açıklayabileceğini düşünmektedir. Ayrıca, Abdollahi vd. (2011) kalıp deliği içindeki sürtünme kuvvetinin kaba partikülleri daha küçük partiküllere öğütebileceğini tahmin etmiştir. Bu araştırmacılar, rasyona daha fazla nem ekleyen buhar akış hızının artırılması yoluyla artan şartlandırma sıcaklıklarının peletlenmiş rasyonlardaki partikül oranını etkilediğini bildiren ilk araştırmacılardır. Çalışmalarında, 20, 60, 75 ve 90 °C'de şartlandırılmış peletlenmiş rasyonlardaki >1 mm partiküllerin oranı sırasıyla %26,5, 35,0, 41,2 ve 46,7'dir. Nemin kayganlaştırıcı etkisinin, kalıp deliklerindeki sürtünme kuvvetinin azalmasına ve daha yüksek sıcaklıklarda şartlandırılan rasyonlarda daha yüksek kaba partikül oranına neden olduğu öne sürülmüştür. Nir vd. (1994) peletlemenin taşlığın nispi ağırlığının yanı sıra jejunum ve ileum uzunluğunu da azalttığını bildirmiştir. Munt vd. (1995) da toz yem yemlerle beslenen piliçlerde taşlık ağırlığının pelet yemlerle beslenenlere kıyasla daha fazla olduğunu bildirmiştir. Nir vd. (1995) peletlemenin 21 günlük yaşta proventrikulus ağırlığını ve içeriğini azalttığını, ancak 40 günlük yaşta azaltmadığını bildirmiştir. Engberg vd. (2002) tarafından yürütülen bir çalışma, pelet ile beslenen piliçlerin taşlık ve pankreas ağırlıklarının ezme ile beslenen piliçlerden daha düşük olduğunu göstermiştir. Bu araştırmacılar ayrıca toz yem ile beslenen kanatlılarda pelet ile beslenen kanatlılara kıyasla amilaz, lipaz ve kimotripsin için daha yüksek pankreas aktiviteleri bildirmişlerdir. Agah ve Norollahi (2008) pelet rasyonla beslenen piliçlerde toz yem rasyonla beslenenlere kıyasla daha düşük nispi pankreas ağırlığı (42 günlük yaşta) bildirmiştir. Amerah vd. (2007b) buğday bazlı toz yem rasyonlarla beslenen piliçlerde bağırsak segmentlerinin nispi boş ağırlığının pelet rasyonlarla beslenenlere kıyasla daha fazla olduğunu bildirmiştir. Çalışmaları ayrıca, pelet rasyonların broyler başlangıçlarına verilmesinin, toz yem rasyonlarla beslenmeye kıyasla göreceli taşlık ağırlığını ve içeriğini düşürdüğünü göstermiştir. Bu araştırmacılar ayrıca pelet ile beslenen

piliçlerde toz yem ile beslenenlere kıyasla hem duodenum hem de jejunumda daha fazla mukozal içerik, villus yüksekliği ve kript derinliği bildirmiştir. Bu bulgu, proksimal ince bağırsağın sindirim ve emilim kapasitesinin pelet beslemenin neden olduğu daha fazla besin yüküne verdiği genel bir yanıt olarak değerlendirilmiştir. Mirghelenj ve Golian (2009) toz yem ile beslenen piliçlerde, pelet veya parçalanmış pelet ile beslenenlere kıyasla daha ağır taşlık ve çekum bildirmiştir. Mahsul, proventrikulus ve ince bağırsağın bağıl ağırlıkları yemin fiziksel formundan etkilenmemiştir. Abdollahi vd. (2011) peletlemenin ince bağırsak ve çekumun nispi uzunluğunu azalttığını göstermiştir. İnce bağırsak ve çekum uzunluğundaki değişikliklerin, rasyondaki kimyasal ve fiziksel değişikliklerin neden olduğu besin sindirilebilirliği değişikliklerinden kaynaklanabileceği tahmin edilmiştir. Bu araştırmacılar ayrıca pelet rasyonla beslenen kanatlılarda toz yem rasyonla beslenenlere kıyasla daha düşük proventrikulus, taşlık ve çekum ağırlıkları gözlemlemişlerdir. Farklı çalışmalar, kaba öğütülmüş rasyonlarla beslenen kanatlılarda daha fazla taşlık gelişimi olduğunu bildirmiştir (Nir vd., 1994; Engberg vd., 2002). Özellikle kaba öğütülmüş bir toz yem rasyon, taşlıkta daha uzun süre kalma eğilimindedir, dolayısıyla bu organın mekanik uyarımını artırır (Nir vd., 1994; Engberg vd., 2002). Peletlemenin taşlığın öğütme ihtiyacını azalttığı, böylece işlevinin bir geçiş organına indirgendiği öne sürülmüştür (Amerah vd., 2007b).

Taşlık iyi gelişmemişse besin maddesi sindirilebilirliği ve piliç performansı düşecektir (Gonzalez-Alvarado vd., 2008). Büyük ve iyi gelişmiş bir taşlık, artan öğütme aktivitesi (Nir vd., 1994; Amerah vd., 2007a,b; Svihus, 2011), artan kolesistokinin salınımı yoluyla artan pankreatik enzim salgısı (Svihus, 2011) ve gelişmiş GIT hareketliliği (Ferket, 2000; Gonzalez-Alvarado vd., 2008) ile ilişkilidir, bu da besin sindirimi ve enerji kullanımının iyileşmesine neden olur.

Aktif ve daha gelişmiş bir taşlığın YT'yı düzenleyebileceği ve kanatlıların aşırı yem tüketimini önleyebileceği de öne sürülmüştür (Svihus vd., 2010). Taşlık hacminin artmasının bir sonucu olarak taşlıkta artan alıkonma süresi, hidroklorik asit (Gonzalez- Alvarado vd., 2008) ve muhtemelen pepsin salgılanması için daha fazla zaman sağlayarak ve sindirimi pepsine yeniden maruz bırakmaya hizmet eden bağırsak reflülerini artırarak besin sindirilebilirliğini artırabilir (Gonzalez-Alvarado vd., 2008).

Artan alıkonma süresi, yemin eklenen enzimlerle karışmasını kolaylaştırarak eksojen enzimlerin etkinliğini de potansiyel olarak artırabilir (Gonzalez-Alvarado vd., 2008). Bu nedenle, peletleme işlemi, partikül boyutunu azaltma özelliği nedeniyle, taşlık gelişimini ve kümes hayvanları için rasyonların besin sindirilebilirliğini olumsuz yönde etkileyebilir.

8.SONUÇ

Giderek artan yem hammaddesi maliyetleri, yem değerini artırarak ve yem maliyetlerini düşürerek broyler verimliliğini en üst düzeye çıkarmak için yem işleme teknolojisinde sürekli iyileştirmelere duyulan ihtiyacın altını çizmektedir. Yem işleme teknolojisinin broyler endüstrisine sunabileceği faydaları elde etmek için, her bir işleme adımının önemi ve olası iyileştirmeler dikkatle incelenmelidir. Peletleme, broyler yemi üretiminde yaygın olarak kullanıldığından ve yem bileşenleri üzerinde büyük bir fiziksel ve kimyasal etkiye sahip olabileceğinden, peletleme işlemi, üretim karını artırmak için yem işleme teknolojisinde en büyük fırsatı sunmaktadır. Yemin besin değerini en üst düzeye çıkarmak için optimum pelet işleme gereklidir. Yetersiz işleme, anti-besinsel faktörlerin eksik inaktivasyonu, yetersiz nişasta jelatinleşmesi ve yetersiz protein denatürasyonu ile ilişkilendirilirken, aşırı işleme RS ve Maillard reaksiyon ürünlerinin oluşmasına ve ek enzimlerin ve vitaminlerin inaktivasyonuna neden olabilir. Beslenme açısından bakıldığında yem teknolojisinin temel amacı, dengeli bir toz yem rasyonunu yüksek sindirilebilirliğe sahip yüksek fiziksel kalitede peletlere dönüştürmektir. Fiziksel pelet kalitesi broyler performansını belirleyen kritik bir faktör olmasına rağmen, besin kullanılabilirliği de peletlerin dikkate alınması gereken bir diğer önemli özelliğidir. Besin kullanılabilirliği ile peletlerin fiziksel kalitesi arasındaki denge, broylerlerin gerçek performansını belirlemede kritik öneme sahiptir. Peletlerin fiziksel kalitesini artırmak için kullanılabilecek birkaç olası çözüm vardır. Ancak bu çözümlerin besin kullanılabilirliği üzerindeki potansiyel olumsuz etkileri dikkatle değerlendirilmelidir.

KAYNAKÇA

Abdollahi, M.R., Ravindran, V., Svihus, B. (2013). Pelleting of broiler diets: An overview with emphasis on pellet quality and nutritional value. Animal Feed Science and Technology 179 (2013) 1– 23.

Abdollahi, M.R., Ravindran, V., Wester, T.J., Ravindran, G., Thomas, D.V. (2010a). Influence of conditioning temperature on the performance, nutrient utilisation and digestive tract development of broilers fed on maize- and wheat-based diets. Br. Poult. Sci. 51, 648–657.

Abdollahi, M.R., Ravindran, V., Wester, T.J., Ravindran, G., Thomas, D.V. (2010b). Influence of conditioning temperature on performance, apparent metabolisable energy, ileal digestibility of starch and nitrogen and the quality of pellets, in broiler starters fed maize- and sorghum-based diets. Anim. Feed Sci. Technol. 162, 106–115.

Abdollahi, M.R., Ravindran, V., Wester, T.J., Ravindran, G., Thomas, D.V. (2011). Influence of feed form and conditioning temperature on performance, apparent metabolisable energy and ileal digestibility of starch and nitrogen in broiler starters fed wheat-based diet. Anim. Feed Sci. Technol. 168, 88–99.

Abdollahi, M.R., Ravindran, V., Wester, T.J., Ravindran, G., Thomas, D.V. (2012a). Effect of improved pellet quality from the addition of a pellet binder and/or moisture to a wheat-based diet conditioned at two different temperatures on performance, apparent metabolisable energy and ileal digestibility of starch and nitrogen in broilers. Anim. Feed Sci. Technol. 175, 150–157.

Abdollahi, M.R., Ravindran, V., Wester, T.J., Ravindran, G., Thomas, D.V. (2012c). The effect of manipulation of pellet size (diameter and length) on pellet quality and performance, apparent metabolisable energy and ileal nutrient digestibility in broilers fed maize-based diets. Anim. Prod. Sci., http://dx.doi.org/10.1071/AN12166.

Agah, M.J., Norollahi, H. (2008). Effect of feed form and duration time in growing period on broilers performance. Int. J. Poult. Sci. 7, 1074–1077.

Amerah, A.M., Ravindran, V., Lentle, R.G. (2007a). Feed particle size: Implications on the digestion and performance in poultry. Worlds Poult. Sci. J. 63, 439–451.

Amerah, A.M., Ravindran, V., Lentle, R.G., Thomas, D.G. (2007b). Influence of feed particle size and feed form on the performance, energy utilisation, digestive tract development, and digesta parameters of broiler starters. Poult. Sci. 86, 2615–2623.

American Society of Agricultural Engineers (ASAE), (1997). ASAE S269.4, Cubes, pellets and crumbles-definitions and methods for determining density, durability and moisture. Standards 1997. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI.

Batterham, E.S., Andersen, L.M., Baigent, D.R., White, E. (1990). Utilisation of ileal digestible amino acids by growing pigs:effect of dietary lysine concentration on efficiency of lysine retention. Br. J. Nutr. 64, 81–94.

Bedford, M.R., Koepf, E., Lanahan, M., Tuan, J., Street, P.F.S. (2003). Relative efficacy of a new, thermotolerant phytase in wheat-based diets for broilers. Poult. Sci. 82 (Suppl. 1), 149.

Behnke, K.C. (1996). Feed manufacturing technology: current issues and challenges. Anim. Feed Sci. Technol. 62, 49–57.

Brown, I. (1996). Complex carbohydrates and resistant starch. Nutr. Rev. 54, 115–119.

Camire, M.E., Camire, A., Krumhar, K., (1990). Chemical and nutritional changes in food during extrusion. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 29, 35–57.

Cavalcanti, W.B. (2004). The effect of ingredient composition on the physical quality of pelleted feeds: a mixture experimental approach. Ph.D. Thesis. Kansas State University, Manhattan, KS.

Corzo, A., Mejia, L., Loar, I.I.R.E. (2011). Effect of pellet quality on various broiler production parameters. J. Appl. Poult. Res. 20, 68–74.

Cowieson, A.J., Hruby, M., Faurschou Isaksen, M. (2005). The effect of conditioning temperature and exogenous xylanase addition on the viscosity of wheat-based diets and the performance of broiler chickens. Br. Poult. Sci. 46, 717–724.

Cramer, K.R., Wilson, K.J., Moritz, J.S., Beyer, R.S. (2003). Effect of sorghum-based diets subjected to various manufacturing procedures on broiler performance. J. Appl. Poult. Res. 12, 404–410.

Cutlip, S.E., Hott, J.M., Buchanan, N.P., Rack, A.L., Latshaw, J.D., Moritz, J.S. (2008). The effect of steam-conditioning practices on pellet quality and growing broiler nutritional value. J. Appl. Poult. Res. 17, 249–261.

Dale, N. (1992). Pelleting effects on lysine bioavailability in diets containing dried bakery product. J. Appl. Poult. Res. 1, 84–87.

Deyoe, C.W. (1976). Nutritional effects feed formulation and processing. In: Pfost, H.B. (Ed.), Feed Manufacturing Technology. American Feed Manufacturers Association, Arlington, pp. 19–20.

Di Paola, R.D., Asis, R., Aldao, M.A.J. (2003). Evaluation of the degree of starch gelatinisation by a new enzymatic method. Starch 55, 403–409.

Donald, A.M. (2001). Review. Plasticization and self assembly in the starch granule. Cereal Chem. 78, 307–314.

Duodu, K.G., Nunest, A., Delgadillot, I., Parker, M.L., Mills, E.N.C., Belton, P.S., Taylor, J.R.N. (2002). Effect of grain structure and cooking on sorghum and maize in vitro protein digestibility. J. Cereal Sci. 35, 161–174.

Engberg, R.M., Hedemann, M.S., Jensen, B.B. (2002). The influence of grinding and pelleting of feed on the microbial composition and activity in the digestive tract of broiler chickens. Br. Poult. Sci. 43, 569–579.

Fairchild, F.C., Moorehead, D.F. (2005). Proportioning. In: Schofield, E.K. (Ed.), Feed Manufacturing Technology V. American Feed Industry Association, Arlington, pp. 127–136.

Fairfield, D., Thomas, H., Garrison, R., Bliss, J., Behnke, K. (2005). Pelleting. In: Schofield, E.K. (Ed.), Feed Manufacturing Technology V. American Feed Industry Association, Arlington, pp. 142–167.

Falk, D. (1985). Pelleting cost centre. In: Mcellhiney, R.R. (Ed.), Feed Manufacturing Technology III. American Feed Manufacturers Association, Arlington, pp. 167–190.

Ferket, P.R. (2000). Feeding whole grains to poultry improves gut health. Feedstuffs 4, 12–14.

Gilpin, A.S., Herrman, T.J., Behnke, K.C., Fairchild, F.J. (2002). Feed moisture, retention time, and steam as quality and energy utilisation determinants in the pelleting process. Appl. Eng. Agric. 18, 331–338.

Goelema, J.O., Smits, A., Vaessen, L.M., Wemmers, A. (1999). Effects of pressure toasting, expander treatment and pelleting on in vitro and in

situ parameters of protein and starch in a mixture of broken peas, lupins and faba beans. Anim. Feed Sci. Technol. 78, 109–126.

Gonzalez-Alvarado, J.M., Jimenez-Moreno, E., Valencia, D.G., Lazaro, R., Mateos, G.G. (2008). Effects of fibre source and heat processing of the cereal on the development and pH of the gastrointestinal tract of broilers fed diets based on corn or rice. Poult. Sci. 87, 1779–1795.

Greenwood, M.W., Beyer, R.S. (2003). Effect of feed manufacturing practices on nutrient availability and feed quality. In: Proceedings of the 30th Annual Carolina Poultry Nutrition Conference, Raleigh, NC, pp. 7–16.

Greenwood, M.W., Cramer, K.R., Clark, P.M., Behnke, K.C., Beyer, R.S. (2004). Influence of feed form on dietary lysine and energy intake and utilisation of broilers from 14 to 30 days of age. Int. J. Poult. Sci. 3, 189–194.

Jensen, L.S. (2000). Influence of pelleting on the nutritional needs of poultry. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 13, 35–46.

Jones, F.T. (2011). A review of practical Salmonella control measures in animal feed. J. Appl. Poult. Res. 20, 102–113.

Jones, F.T., Anderson, K.E., Ferket, P.R. (1995). Effect of extrusion on feed characteristics and broiler chicken performance. J. Appl. Poult. Res. 4, 300–309.

Kaliyan, N., Morey, R.V. (2010). Natural binders and solid bridge type binding mechanisms in briquettes and pellets made from corn stover and switchgrass. Bioresour. Technol. 101, 1082–1090.

Kenny, M. (2008). Broilers perform well on pellet rations. World Poult. 24, 18–19.

SELLE effects of pelleting on performance, gastrointestinal tract and behaviour of meat-type chickens. Br. Poult. Sci. 35, 589–602.

Nolan, A., McDonnell, K., Devlin, G.J., Carroll, J.P., Finnan, J. (2010). Economic analysis of manufacturing costs of pellet production in the Republic of Ireland using non-woody biomass. Open Renew. Energy J. 3, 1–11.

Parker, R., Ring, S.G. (2001). Aspects of the physical chemistry of starch. J. Cereal Sci. 34, 1–17.

Parsons, A.S., Buchanan, N.P., Blemings, K.P., Wilson, M.E., Moritz, J.S. (2006). Effect of corn particle size and pellet texture on broiler performance in the growing phase. J. Appl. Poult. Res. 15, 245–255.

Péron, A., Bastianelli, D., Oury, F.X., Gomez, J., Carré, B. (2005). Effects of food deprivation and particle size of ground wheat on digestibility of food components in broilers fed on a pelleted diet. Br. Poult. Sci. 46, 223–230.

Plavnik, I., Wax, E., Sklan, D., Hurwitz, S. (1997). The response of broiler chickens and turkey poults to steam-pelleted diets supplemented with fat or carbohydrates. Poult. Sci. 76, 1006–1013.

Robinson, R. (1976). Pelleting—Introduction and general definitions. In: Pfost, H.B. (Ed.), Feed Manufacturing Technology. American Feed Manufacturers Association, Arlington, pp. 103–110.

Rooney, L.W., Pflugfelder, R.L. (1986). Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. J. Anim. Sci. 63, 1607–1623.

Samarasinghe, K., Messikommer, R., Wenk, C. (2000). Activity of supplemental enzymes and their effect on nutrient utilisation and growth performance of growing chickens as affected by pelleting temperature. Arch. Tierernahr. 53, 45–58.

Schoeff, R.W., Fairchild, F.J., Bursiek, B., Castaldo, D. (2005). History of the formula feed industry. In: Schofield, E.K. (Ed.), Feed Manufacturing Technology V. American Feed Industry Association, Arlington, pp. 1–13.

Selle, P. H., Cadogan, D. J., Li, X., Bryden, W. L. (2010). Implications of sorghum in broiler chicken nutrition. Animal Feed Science and Technology, 156(3-4), 57-74.

Shipe, K.J., Evans, A.M., Lilly, K.G.S., Shires, L.K., Swiger, B.N., Moritz, J.S. (2011). Effects of feed manufacture techniques that vary feed exposure to pellet die heat and pressure on pellet quality and subsequent broiler lysine utilization. Poult. Sci. 90 (Suppl. 1), 105.

Sibbald, I.R., Wolynetz, M.S. (1989). Research note: Pellet binder and steam pelleting as nitrogen-corrected true metabolisable energy contributors: an example of the statistics used to evaluate a component of a mixture. Poult. Sci. 68, 1299–1302.

Silversides, F.G., Bedford, M.R. (1999). Effect of pelleting temperature on the recovery and efficacy of a xylanase enzyme in wheat-based diets. Poult. Sci. 78, 1184–1190.

Skinner-Noble, D.O., McKinney, L.J., Teeter, R.G. (2005). Predicting effective caloric value of non-nutritive factors: III Feed form affects broiler performance by modifying behaviour patterns. Poult. Sci. 84, 403–411.

Skoch, E.R., Behnke, K.C., Deyoe, C.W., Binder, S.F. (1981). The effect of steam-conditioning rate on the pelleting process. Anim. Feed Sci. Technol. 6, 83–90.

Smallman, C. (1996). Maximising conditioning potential. Feed Milling Int. 190, 15–16.

Stevens, C.A. 1987. Starch gelatinization and the influence of particle size, steam pressure and die speed on the pelleting process. PhD. Dissertation Kansas State University Manhattan, KS.

Svihus B, Uhlen AK, Harstad OM. (2005). Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch: A review. Anim Feed Sci Technol. 122, 303-320.

Svihus, B. (2011). The gizzard: function, influence of diet structure and effects on nutrient availability. Worlds Poult. Sci. J. 67, 207–223.

Svihus, B., Kløvstad, K.H., Perez, V., Zimonja, O., Sahlstrom, S., Schuller, R.B., Jeksrud, W.K., Prestløkken, E. (2004). Physical and nutritional effects of pelleting of broiler chicken diets made from wheat ground to different coarsenesses by the use of roller mill and hammer mill. Anim. Feed Sci. Technol. 117, 281–293.

Svihus, B., Zimonja, O. (2011). Chemical alterations with nutritional consequences due to pelleting animal feeds: A review. Anim. Prod. Sci. 51, 590–596.

Taylor, J.R.N., Dewar, J. (2001). Developments in sorghum food technologies. Adv. Food Nutr. Res. 43, 217–264.

Thomas, M., van der poel, A.F.B. (1996). Physical quality of pelleted animal feed: 1 Criteria for pellet quality. Anim. Feed Sci. Technol. 61, 89–112.

Thomas, M., van Vliet, T., van der Poel, A.F.B. (1998). Physical quality of pelleted animal feed: 3 Contribution of feedstuff components. Anim. Feed Sci. Technol. 70, 59–78.

Van Immerseel, F., De Zutter, L., Houf, K., Pasmans, F., Haesebrouck, F., Ducatelle, R. (2009). Strategies to control Salmonella in the broiler production chain. Worlds Poult. Sci. J. 65, 367–391.

Vilarino, M., Picard, M.J., Melcion, J.P., Faure, J.M. (1996). Behavioural adaptation of laying hens to dilution of diets under mash and pellet form. Br. Poult. Sci. 37, 895–907.

Voragen, A.G.J., Gruppen, H., Marsman, G.J.P., Mul, A.J. (1995). Effect of some manufacturing technologies on chemical, physical and nutritional properties of feed. In: Garnsworthy, P.C., Cole, D.J.A. (Eds.), Recent Advances in Animal Nutrition, University of Nottingham Feed Manufacturers Conference 1995. Nottingham University Press, pp. 93–126.

Zimonja, O., Hetland, H., Lazarevic, N., Edvardsen, D.H., Svihus, B. (2008). Effects of fibre content in pelleted wheat and oat diets on technical pellet quality and nutritional value for broiler chickens. Can. J. Anim. Sci. 88, 613–622.

Zimonja, O., Stevnebø, A., Svihus, B. (2007). Nutritional value of diets for broiler chickens as affected by fat source, amylose level and diet processing. Can. J. Anim. Sci. 87, 553–562.

Zimonja, O., Svihus, B. (2009). Effects of processing of wheat or oats starch on physical pellet quality and nutritional value for broilers. Anim. Feed Sci. Technol. 149, 287–297.

BÖLÜM 11

ARICILIKTA LAVANTA (*Lavandula L.)* 'NIN ÖNEMİ

Öğr. Gör. | Zafer TABUR[1*]
Doç. Dr. | Aykut BURĞUT[2*]

1* Kayseri Üniversitesi, Yeşilhisar Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Kayseri, Türkiye. zafertabur@kayseri.edu.tr Orcid ID: 0000-0002-0823-8641
2*Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Adana, Türkiye. burguta@cu.edu.tr Orcid ID: 0000-0002-5335-5070

1. GİRİŞ

Ülkemizin kendine has olan coğrafik ve topografik yapısı ile doğal kaynaklarının çeşitliliği, geniş çayır, mera ve ormanlık alanlara sahip olması, bu alanlarda farklı bitki türleri bulunması arıcılık bakımından avantajlı bir ortam oluşturmaktadır (Köseman vd., 2016). Bal arıları ekolojik ve ekonomik açıdan son derece önemli canlılardır. Bal arıları bal, polen, propolis, arı sütü gibi değerli ürünler üretmekte ve ürettikleri bu ürünler insan beslenmesinde kullanılmaktadır. En önemlisi ise polinasyon ile bitkisel üretimin devamlılığını ve ekonomik olarak arı ürünlerinden sağlanan gelirin 20 katını sağlar (Karahan ve Özbakır, 2020).

Genel olarak arıcılık, çevreye ve doğaya zararlı etkisi olmayan, sabit bir arazi gerektirmeyen topraksız veya az toprağa sahip ailelerin tek geçim kaynağı olan önemli bir tarım faaliyetidir (Akyol ve Kaftanoğlu, 2001; Kutlu ve Kılıç, 2020). Dünya geneline bakıldığında ballı bitkilerin %75'i Türkiye'de yetişmekle birlikte, ama bunların sadece 1/10'u değerlendirilebilmektedir (Doğanay, 2007). Arılar tarafından üretilen polen, bal, balmumu, arı sütü, propolis ve arı zehri gibi ürünler sağlıklı olmak ve dengeli beslenmek bakımından son derece önemlidir ve birçok hastalığın tedavisinde de kullanılmaktadır (Şahinler, 2000; Pehlivan ve Gül, 2016). Arı yetiştiriciliğinde bal arılarının sağlığını olumsuz bir şekilde etkileyerek verim düşmesine ve kolonilerin sönmesine neden olan arı hastalık ve zararlıları bulunmaktadır. Bunların içinde arılara en fazla zarar veren parazit ise *Varroa destructor*'dur.

Varroa destructor bal arısı *(Apis mellifera L.*) yetiştiriciliğinin en önemli sorunlarından birisidir ve *Varroa*'ya karşı sürekli farklı mücadele yöntemi uygulanmaktadır. Organik tarım ile ürünlerine olan ilgi son yıllarda sürekli artmaktadır. Arılar vasıtasıyla üretilen bal, polen, propolis ve arı sütü insan sağlığına fayda sağlamaktadır. Fakat elde edilen arı ürünlerinde kimyasal kalıntı problemi sebebiyle ihracatta bazı güçlüklerle karşılaşılmaktadır. Bundan dolayı da *Varroa* paraziti ile genetik, organik ve biyolojik mücadele uygulamaları gündeme gelmiştir. *Varroa* zararlısına karşı yapılan mücadelede kimyasal madde kullanımı üzerinde önemle durulması gerekmektedir (Güneşdoğdu, 2019).

Varroa destructor bir dış parazittir ve bal arılarının en önemli problemlerinden biridir. Aynı zamanda arı koloniler için ciddi bir tehdit

oluşturmaktadır. Bu parazit, arıların hemolenf sıvısını emerek beslenirken aynı zamanda arı larvalarının hemolenfi ile de çoğalmaktadır. *Varroa* akarına karşı alınmayan önlemler, arı kolonilerinde ciddi zararlara ve hatta koloni kayıplarına neden olabilir (Sırrı vd., 2006; Sanford, 2001; Aydın vd., 2007).

2. *VARROA DESTRUCTOR*

Bal arılarının polinasyonda önemli bir rolü olmasına rağmen çeşitli tehditlerle karşı karşıyadırlar. Bu tehditler arasında hastalıklar, parazitler ve insektisitler bulunmaktadır (Brown vd., 2016; Potts vd., 2016). *Varroa* akarı Türkiye'ye ilk defa 1976 yılında Bulgaristan üzerinden Trakya Bölgesine bulaştığı ve ardından Ayçiçek Balı üretmek amacıylaTrakya Bölgesine giden arıcılar vasıtasıyla tüm Anadolu'ya taşındığı ifade edilmiştir (Yücel, 2005). Bal arılarının hemolenfini emerek beslenen *Varroa*, beslendiği arının ölümüne neden olur. Bundan dolayı hem dünyada hem de Türkiye'deki arı yetiştiriciliği yoğun bir şekilde *Varroa* tehdidine maruz kalmıştır. Bu akar ergin bal arısının vücuduna yapışmakta ve bu şekilde petek gözleri içerisine girmektedir. Petek gözü içerisindeki larvaların kanını emerek zarar vermekte, sonuç olarak kolonide zayıf, güçsüz ve cılız arı yetişmesine sebep olmaktadır (Tutkun ve Boşgelmez, 2003). Ayrıca işçi arıların yön bulma yeteneği azalarak normal daha fazla olan uçuşlar ile kovana geri gelme yüzdesinde düşüşler meydana gelmektedir (Rosenkranz vd., 2010).

Varroa destructor'un üremesi ve çoğalması genellikle ilkbaharda arı kolonilerindeki popülasyon artışı ve larva gelişimi ile başlamaktadır. Sonbahar dönemindeki en son genç işçi arı çıkışına kadar devam etmektedir (Burgut vd., 2023). *Varroa destructor* yetişkin arı üzerinde normal şartlarda bir hafta kadar kalır. Yumurtlamak ve çoğalmak amacıyla beslendiği arıyı terk ederek kapanmak üzere olan ve larvalı petek gözlerinin içerisine girerler (Anderson ve Trueman, 2000). İlk 24 saatte yumurtadan çıkan larvalar genellikle 6 bacaklıdır ve gelişim süreci başlar. Erkek varroa akarlarının gelişimi genellikle 6-7 gün içinde tamamlanabilirken, dişi akarların gelişimi 8-10 gün kadar sürebilir. *Varroalar* gelişimini tamamladıktan sonra kapalı yavru gözü içerisinde çiftleşir. Erkek *Varroa* çiftleştikten hemen sonra ölür. Dişi *Varroalar* ise beslenmesine devam eder ve arılar ergin hale gelip gözden çıkması ile beraber petek gözünü terk ederler. Gelişimini tamamlayan *Varroalar* kapalı yavru gözü içinde çiftleşirler. Çiftleşmeden hemen sonra

erkek ölür. Dişiler ise beslenmeyi sürdürerek arıların gözden çıkması ile birlikte gözü terk ederler (Anonim, 2024a). Kapalı gözler içerisinde bulunan larva üzerine geçmeden önce *Varroa,* ergin arılar üzerinde 7 gün kalır ve arıların kanları ile beslenir. Eğer kolonide yavru yoksa daha uzun süre ergin arılar üzerinde yaşamını devam ettirebilir ve yaz aylarında 2-3 ay yaşarken, kış aylarında ise 6-7 ay yaşarlar (Goodvin ve Eaton, 2001). Akar yaklaşık 5-5.5 gün arasında beslenmeden hayatta kalabilmektedir (Akyol ve Korkmaz, 2006).

Ergin bal arılarının petek gözleri içinde bulunan üç veya daha fazla sayıda *Varroa* akarının varlığı, arılar üzerinde birtakım olumsuzluklara sebep olabilir. Bu olumsuzluklar arasında yaşam kısalığı, kanat kaybı, abdomen kısalması, kanat ve ayaklarda deformasyon, canlı ağırlık kaybı, erkek arılarda sperm üretiminde azalma, uçuş etkinliğinin azalması ve yavru yetiştirmede isteksizlik gibi durumların olduğu belirtilmiştir (Aydın, 2012).

Eğer ölü larva sayısı petek gözlerinde fazla olur ise işçi arılar bunları dışarı çıkaramazlar. Petekte kuruyan arı larvaları Avrupa Yavru Çürüklüğü hastalığına benzeyen belirtiler gösterir. *Varroalar* arılar üzerinde yaralar açmaktadır. Bu sayede virüsler başta olmak üzere mikroorganizmalar arının vücuduna kolay bir şekilde girerek arıyı hastalandırır. *Varroa* zararı sebebiyle zayıflayan koloniler yağmalanmaya açık hale gelir. Bundan dolayı arılar huzursuz olur ve bazı zamanlarda kış salkımı oluşturamazlar. Salkımdan düşen arılar tekrar salkıma giremeyerek ölür (Anonim, 2024a). *Varroa destructor* ile düzenli bir şekilde mücadele yapılırsa arıcılık sürdürülebilir olarak yapılabilir (Anderson and Trueman, 2000). *Varroa* zararlısına karşı önlem alınmaz ve mücadele edilmez ise arı ölümleri ve ileriki aşamalarda da koloni kayıpları ortaya çıkabilmektedir.

Arıcılıkta ileri olan ülkelerin bugün, *Varroa* parazitini kimyasal kullanmadan yok etme çabaları yoğun bir şekilde devam etmektedir. Ancak bugüne kadar kimyasal madde kullanımı olmadan *Varroa'*yı etkisiz hale getiren pratik bir yöntem bulunamamıştır. Bu nedenle, pek çokülke arıcılık alanında entegre bir mücadele stratejisi benimsemekte ve uygulamaktadır. Bu strateji biyoteknik yöntemler, çeşitli organik asitler, esansiyel yağlar ve bazı durumlarda kimyasal maddelerin birlikte kullanımını gerektiren kontrol yöntemleri uygulamaya geçilmiştir (Kumova, 2004). Tıbbi ve aromatik bitkilerden elde edilen uçucu yağlar ve ekstrelerin *Varroa* mücadelesinde

kullanımı, son zamanlarda alternatif bir yöntem olarak ortaya çıkmıştır (Alparslan, 2019).

2.1.Mücadelesi

Varroa ile mücadele genellikle bu zararlıdan korunma yöntemleri ile kültürel önlemler birlikte uygulandığında başarılı olmaktadır. Bu önlemler hala uygulanan arıcılık tekniklerinde yapılacak olan basit düzenlemeler ile kovanların düzgün bir şekilde kontrolü ile olmaktadır. *Varroa* akarı ile bulaşık olan bölgelerde sonbahar mevsiminde bazı koloniler zayıflamaktadır ve bunlar kuvvetli koloniler tarafından yağmalanmaktadır. Bunu önlemenin yolu ise arılıktaki zayıf olan kolonilerin uçuş delikleri daraltılarak yağmacılığın önüne geçilmelidir (Tutkun vd., 2003). Arı kolonilerinde *Varroa* bulaşıklık oranı yüksekse ve herhangi bir savaşım yöntemi uygulanmaz ise koloniler bundan olumsuz bir şekilde etkilenecektir. Bunu sonucunda ise ergin arıların yenilenme gücü ve kolonin sosyal düzeni zayıflayarak bozulmakta ve koloni sönmektedir (Çetin, 2010). *Varroa destructor* paraziti ile mücadelede uygulanan yöntemler şunlardır;

2.1.1. Kimyasal Mücadele

Varroa akarı gelişimini petek gözlerindeki bal arısı larvaları ve pupalarında tamamlar. Ancak bu durumda *Varroa* ile mücadelede kullanılan ilaçlar etkisiz olmaktadır. Günümüzde *Varroa*'nın sistemlerine etkili olan sistemik ilaçlar hariç, sindirim sistemi, solunum sistemi, sinir sistemi, üreme sistemi, dolaşım ve boşaltım sistemi üzerine etkisi olan sistemik ilaçlar ve kontakt (dokuma ve temas yolu ile) etkisi olan ilaçların hiçbirisi kapalı gözler içerisinde gelişen akarı öldürememektedir. Sonuç olarak bu durum *Varroa* ile mücadele edilmesini son derece güçleştirmektedir. *Varroa* ile mücadelede kullanılan kimyasallar farklı şekilde uygulanmaktadır. Bu uygulamalar ise arıların besinleri ile beraber verilmekte, ergin işçi arılar üzerinde; damla, püskürtme, fumige edilerek (dumanla) ve şerit şeklindedir (Tutkun ve Boşgelmez 2003). İlkbahar ve yaz dönemi boyunca üremeye devam eden *Varroa destructor*, güz sezonunda en fazla popülasyona ulaşmaktadır. Kış döneminde arı kayıplarını önlemek ve *Varroa'*ya karşı daha etkili bir şekilde mücadele edilmek isteniyor ise akarisit özelliği olan maddeler kullanılmalıdır. Bu kimyasallar ise formik asit, oksalik asit ve esansiyel yağlar gibi hafif kimyasallar ile amitraz, fluvalinate ve flumetrin gibi ağır kimyasallar olarak

sınıflandırılabilmektedir. Eğer bu kimyasallar düzensiz bir şekilde ve aşırı dozlarda verilirse, bal arılarının ölmesine ve elde edilen arı ürünlerinde kimyasal madde bulaşıklığına neden olur (Rinkevich vd., 2017).

2.1.2. Fiziksel Mücadele

Fiziksel mücadele stratejileri arasında yer alan ısı uygulamaları, *Varroa* parazitinin yaşam döngüsünü bozmak için kullanılan bir yöntemdir. *Varroa'*nın yumurtalarının ve dişi *Varroa*'ların gelişimi için uygun sıcaklık aralıkları bulunmaktadır. Örneğin, yumurtaların gelişimi için en uygun sıcaklık 32.5-33.4°C arasındadır. Ancak, 36.5°C'de dişi *Varroa*'ların üreme etkinliği önemli ölçüde düşmekte ve 40°C'nin üzerinde ise *Varroa'*lar üreyemeden ölmektedirler (Le Conte vd., 1990). Bu mücadele yönteminde herhangi bir kimyasal kullanılmamaktadır. Bundan dolayı balda herhangi bir kalıntı problemi olmamaktadır. Fakat uygulanan yöntemin pahalı olması ve dikkatli olunması gerektiği için herkes kolay bir şekilde bu yöntemi uygulayamamaktadır (Anonim, 2024b).

2.1.3. Biyolojik Mücadele

Biyolojik kontrol yöntemleri, paraziti hiçbir kimyasal madde kullanmayarak kontrol altına alıp, ekonomik anlamda zararı azaltmayı hedefleyen yöntemlere denir. Hedef alarak zararlı organizmaların kontrol edilmesini sağlayan yöntemlerdir (Akyol ve Korkmaz, 2006; Tutkun ve Boşgelmez, 2003). Biyolojik mücadele, arı ve insan sağlığı için genellikle daha güvenli bir seçenektir. Çünkü kimyasal ilaçlar kullanılmadığından arı ürünlerinde kalıntı bırakma riski azalır. Bu durum organik arıcılık sistemlerinde kullanımını uygun hale getirir. Ancak, biyolojik mücadele yöntemleri bazı zorluklarla karşılaşabilir. Özellikle, bu yöntemler zaman alıcı ve maliyetli olabilir (Güneşdoğdu, 2019).

2.1.4. Esansiyel (Uçucu) Yağlar

Uçucu yağlar, arı hastalıklarının önlenmesinde ve kontrol etmede etkili ve değerli bir tedavi yöntemi olabilir (Lazăr ve Patruica, 2020). Uçucu yağlar ve uçucu yaş bileşenleri *Varroa jacopsoni*'yi kontrol etmek için sentetik böcek öldürücülere alternatif olarak ilgi çekenbir öneridir. Onlar genellikle ucuzdur ve daha az sağlık riskleri ortaya çıkar. Terpenler uçucu yağların ana bileşenidir ve toplam bileşimin yaklaşık %90'ını içerir (Imdorf vd., 1999).

Varroa mücadelesinde birçok kimyasal preparat kullanılmakta ve etkili olmaktadır. Fakat zararlıya karşı sürekli olarak aynı etken maddeli ilaç kullanımı, kimyasallara karşı parazitin bağışıklık kazanmasına sebep olmakla birlikte arıların sağlığı üzerine olumsuz etkiler göstermektedir. Ayrıca arı ürünlerinde kalıntı problemine sebep olarak insan sağlığını da tehdit etmektedir. Son yıllardaki araştırmalara göre doğada kolay bir şekilde parçalanabilen, kimyasal kalıntı bırakmayan, zararlıların bağışıklığını kuvvetlendirmeyen özelliklere sahip olduğu için bitkisel kökenli preparatlara ilgi artmaktadır. Bazı uçucu yağ asitleri ile *Varroa* zararlısına karşı mücadelede thymol, oksalik asit ve kekik (*Thymus caucasicus*) (*Lamiaceae)* olmakla birlikte çördük (*Hyssopus officinalis L.*) (*Lamiaceae*) otu yağı, laktik asit, kostik asit, karanfil (*Syzgium aromaticum L.*) (*Myrtaceae*) yağı, okaliptüs (*Eucalyptus globulus*) (*Myrtaceae*) yağı ve nane *(Mentha piperita*) (*Lamiaceae*) özütü hem sadece özüt, hem de bu yağ asitlerinin karışımı ile oluşturulan preparatlar başarılı bir şekilde kullanılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Demirel vd., 2019). *Varroa* mücadelesinde kullanılabilecek bir diğer bitkisel kökenli preparat ise lavanta (*Lavandula L.*)'dır. Lavanta içeriğinde bulunan yoğun esansiyel yağ asitleri sayesinde *Varroa* zararlısına karşı başarılı bir şekilde kullanılacağı düşünülmektedir (Imdorf vd., 2006).

3. LAVANTA

Doğa tarafından insanoğluna sunulan zenginliklerden birisi de mevsime göre açan çiçeklerdir. İnsanoğlu bu güzellikleri farklı amaçlarla uzun yıllardan beri kullanmıştır. Mevsime bağlı olarak açan çiçek ve bitkilerin, yazılı kaynaktaki bilgilere göre yüzyıllardır sağlık ve güzellik amacıyla kullanıldığı ifade edilmiştir (Şahin, 2019). Tıbbi ve aromatik bitkiler son yıllarda tüm dünyada daha fazla talep görmektedir. Çok yıllık tıbbi ve aromatik bitkilerden birisi olarak öne çıkan Lavanta (*Lavandula L.*), uçucu yağ içeriği açısından zengindir (Crişan vd., 2023). Lavantanın latincesi temizliği çağrıştıran aromaya sahip olduğu için "yıkama" anlamına gelen "Larvae" den gelir (Demir, 2014). Lavantanın (*Lavandula L.*) dünyada çok çeşitli alt türleri ve çeşitleri bulunmaktadır. Fakat yaklaşık 28 türü üzerinde yoğunlaşıldığı ifade edilebilir (Şahin, 2017). Lavanta, antimikrobiyal, antibakteriyel, antiviral ve antioksidan etkilere sahip olmasıyla bilinir. Bu özelliklerinden dolayı hoş bir kokuya sahiptir ve gıda katkısı, kozmetik, parfümeri, ilaç ile aromaterapi gibi pek çok farklı endüstride geniş bir kullanım alanına sahiptir (Kara ve Baydar,

2013). Lavanta, yenilebilir çiçekler arasında önemli bir yere sahiptir ve dünyada beslenme ve sağlık açısından yaygın olarak kullanılan çiçeklerden biridir. Lavantanın hoş kokusu ve hafif çiçeksi tadı, çeşitli yemeklerde ve içeceklerde kullanılmasını sağlar. Bunlar; lavantalı krema, lavanta aromalı şekerler ve lavantalı pudra şekeri, çubuklu donmuş lavanta, lavantalı piliç ve lavanta jelidir. Lavantanın gıda olarak kullanılması ilk olarak beslenme, daha sonra yemeğin sosyal ve ekonomik boyutlarına aynı zamanda ülkelerin ve bölgelerin ekonomik koşullarına olumlu katkı sağlayacağı düşünülerek öneriler sunulmuştur (Akgül vd., 2019). Lavanta mor rengi ile güzel bir görüntü oluşturur. Isparta'nın Kuyuca Köyü'nde yetiştirilen lavantadan eşsiz lezzeti ve kokusuyla dondurma, çay, kahve, bal, reçel, gözleme, limonata ve lokum gibi çeşitli gıda ve içecekler üretilir (Akşap, 2018). Ayrıca lavanta sos yapımında kullanılarak etli yemeklere lezzet katar (Lim, 2014). Lavanta, A ve C vitaminleri bakımından çok zengin bir bitkidir. Bu özelliği sebebiyle lavanta doymamış yağlar bakımından daha zenginleşmesine ve aynı zamanda antioksidan özelliğinin ön plana çıkmasını sağlamaktadır. Ayrıca lavantanın içeriğinde bulunan protein, kalsiyum ve demir gibi elementler, günlük besin tüketimimize eklenerek vücudun ihtiyaç duyduğu besin öğelerini desteklemektedir (Akgül vd., 2019).

Lavanta, uçucu yağların elde edilmesi için önemli bir kaynaktır ve dünya genelinde yıllık olarak yaklaşık 1500 ton civarında lavanta uçucu yağı üretilmektedir. Lavanta uçucu yağı, kolonya, parfüm, sabun, deterjan, sıvı temizleyiciler, losyon ve kozmetik ürünlerin üretiminde kokusu ve renk verici özelliği nedeniyle tercih edilir. Yenilebilen çiçekler pastacılıkta, kristalize edilip, reçel haline getirilir aynı zamanda salatalara renk, aroma ve tat vermek amacıyla taze ve kuru olarak kullanılır. Yenilebilir çiçeklerin yiyecek ve içecek üretiminde kullanılması konusunda dünya genelinde birçok ilginç uygulama ve çalışma mevcuttur. Türkiye'de yenilebilir çiçeklerin kullanımı konusundaki çalışmaların sınırlı olduğu tespit edilmiş olsa da son yıllarda gastronomiye olan ilginin artmasıyla bu alanda bir ivme kazanmıştır. Özellikle lavantanın yüksek potansiyele sahip olması, Türkiye'de yenilebilir çiçeklerin kullanımına olan ilginin daha da arttığı görülmektedir (Şahin, 2017).

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Varroa destructor Türkiye'de dahil olmak üzere arıcılık yapılan dünyanın bütün ülkelerinde görülen bal arılarının kanını emerek beslenen mücadele edilmez ise koloninin zayıflamasına ve koloninin sönmesine sebep olan tehlikeli bir dış parazittir. Bu parazite karşı genellikle kimyasal ilaçlar kullanılmaktadır. Aynı etken maddeli ilaçların sürekli olarak kullanılması durumunda ise zararlı, kimyasala karşı bağışıklık kazanmakta ve koloni bireylerinin sağlığı üzerine olumsuz etkiler ortaya çıkmaktadır. Ayrıca arılardan elde dilen ürünlerde kalıntı problemine sebep olarak insanların sağlığına zarar vermektedir. Bal arıları elde edilen ürünlerinin yanı sıra, doğadaki çiçekli bitkilerin tozlaşmasına yardımcı olmakta ve bu sayede ekosistemimize çok önemli katkılar sağlamaktadır. Bal arılarının insanoğlunun beslenmesi ve yaşamının devamına olan bu önemli katkısından dolayı arı yetiştiricilerinin de bal arılarına gerekli önemi vererek hastalık ve zararlılar ile zamanında, arılara zarar vermeyen mücadele yöntemlerini kullanması gerekmektedir.

Öneriler:

- Lavanta bitkisi yağı tamamen doğal olup zengin bir uçucu yağ içeriğine sahip olduğundan dolayı *Varroa* mücadelesinde kullandırılabilir,
- Bal hasatı öncesinde ve bal hasatı sırasında *Varroya* karşı lavanta yağı kullanımının insan sağlığı açısından herhangi bir olumsuz etkisi olmamaktadır,
- Lavanta bitkisi çiçeği direk arının içerisine konulduğu zaman hem *Varroa* dışarı atılmakta hem de zararlı böceklerin kovana girmesi engellenmektedir,
- Lavanta yağı üretimi sırasında elde edilen lavanta suyu bala arılarının üzerine püskürtüldüğü zaman Varroa düşme miktarı artmakta ve arılar daha güçlü ve dirençli olmaktadır,
- Lavanta bitkisi direk stok peteklerin içerisine konulduğu zaman mum güvesine karşı stok petekler korunmaktadır,
- Bal arısı kovanları lavanta tarlası yanlarına konulduğu zaman bal verimi ve diğer arı ürünlerinin üretimi artmaktadır.

KAYNAKÇA

Akşap, Y. (2018). Gastronomik bir değer olarak Lavanta. Uluslararası Global Turizm Araştırmaları Dergisi, 2(1):32-41.

Akgül, D.T., Göğüş, N., Glaue, Ş., Akcan, T. (2019). Yenilebilir çiçek: Lavanta, 4 th International Anatolian Agriculture, Food, Environment and Biology Congress, s:723.

Akyol, E., Kaftanoğlu, O. (2001). Colony characteristics and the performance of Caucasian (*Apis mellifera caucasica*) and Mugla (*Apis mellifera anatoliaca*) Bees and theirreciprocal crosses. Journal of Apicultural Research, 40(3-4): 11-15.

Akyol, E., Korkmaz, A. (2006). *Varroa destructor*'un biyolojik kontrol yöntemleri. Uludag Arıcılık Dergisi, 6(2): 62-67.

Alparslan, B. (2019). Van Gölü havzasında bal arısı (*Apis mellifera L.*) kolonilerinde *Varroasis*'e karşı tıbbi bitki ekstrelerinin etkinliğinin araştırılması (doktora tezi, basılmamış). Ege Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Anonim, (2024a). Bal arısı zararlıları. https://arastirma.tarimorman.gov.tr/etae/Belgeler/EgitimBrosur/131-ciftcibro.pdf (Erişim Tarihi: 30.11.2024).

Anonim, (2024b). Bal arılarının *Varroasisi*'ne karşı korunma ve mücadele talimatı.https://www.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Mevzuat/Talimatlar/gkgm/balarilarinin_varro osis_hast_mucadele_koruma_talimati.pdf (Erişim Tarihi: 16.03.2024).

Anderson, D.L., Trueman, J.W.H. (2000). *Varroa jacobsoni (Acari: Varroidae)* is more than one species. Exp Appl Acarol, 24,165-189.

Aydın, L. (2012). Varroa ilaçları ve kontrol programı. International III. Muğla Beekeepingand Pine Honey Congress. 1-4 Kasım, Muğla-Turkey.

Aydın, L., Güleğen, E., Çakmak, İ., Girgişin, A.O. (2007). The occurrence of *Varroa destructor* Anderson and Trueman, 2000 on honey bees in Turkey. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 31(3):189- 191.

Burgut A., Kutlu H. R., Tufan M. (2023). Bal Arılarında (Apis mellifera L.) Spirulina platensis Alginin, Varroa destructor parazitine karşı

kullanımı ve bal arısı kolonilerinin performansı üzerine etkilerinin araştırılması. Çukurova Tarım ve Gıda Bil. Derg., 38(1):14-25.

Brown, M.J., Dicks, L.V., Paxton, R.J., Baldock, K.C., Barron, A.B., Chauzat, M.P., et al. (2016). A horizon scan of future threats and opportunities for pollinators and pollination. PeerJ, 4:e2249. https://doi.org/10.7717/peerj.2249.

Crişan, I., Ona, A., Vârban, D., Muntean, L., Vârban, R., Stoie, A., Mih ˘aiescu, T., Morea, A. (2023). Current trends for Lavender (*Lavandula angustifolia Mill.*) crops and products with emphasis on essential oil quality. Plants 2023, 12 (357): 1-29.

Çetin, M., (2010). Bal Arısı (*Apis mellifera L.*) kolonilerinde *Varroa destructor*'un kontrolünde bitkisel, kimyasal ve biyoteknik uygulama yöntemlerinin karşılaştırılması. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, ss.86.

Demir, N. (2014). Biyomedikal bitkiler-VII, Lavanta (Lavandula spp.), https://blog.milliyet.com.tr/biyomedikalbitkiler--vii--lavanta--lavandula-spp-/Blog/?BlogNo=466860 (Erişim Tarihi: 03.12.2023).

Demirel, M., Keskin, M., Kumral, N.A. (2019). Varroa mücadelesinde sentetik ve organik akarisitlerin kullanım olanakları. Uludağ Arıcılık Dergisi, 19 (1): 96-109.

Doğanay, H. (2007). Ekonomik Coğrafya 3, Ziraat Coğrafyası, Akif Yayın Evi, İstanbul. Goodvin, M., Eaton V.C. (2001). Control of Varroa. A Guide for New Zealand Beekeepers.

Güneşdoğdu, M. (2019). Bal Arısı (*Apis mellifera L.*) kolonilerinde bulunan arı zararlısı *Varroa destructor* ile savaşımda erkek arı gözlerini tuzaklama yöntemi etkinliğinin araştırılması. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, HayvansalÜretim ve Teknolojileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 52 s.

Imdorf, A., Bogdanov, S., Ocha, R. I., Calderone, N. W. (1999). Use of essential oils for the control of Varroa jacobsoni Oud. in honey bee colonies. Apidologie, 30, 209- 228.

Imdorf, A., Bogdanov, S., Kilchenmann, V., Berger, T. (2006). Toxic effects of essential oils and some of their components on *Varroa destructor*

and *Apis mellifera L*. under aboratory conditions. ALP Science 495, 3-18.

Kara, N., Baydar, H. (2013). Determination of Lavender and Lavandin Cultivars (*Lavandula sp.*) containing high quality essential oil in Isparta, Turkey. Turk J of Field Crops. 18(1): 58-65.

Karahan, Ş., Özbakır, Özmen, G. (2020). Güneydoğu Anadolu'da arıcılık faaliyetlerinin ve bal tüketim alışkanlıklarının belirlenmesi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 7(4): 1148–1158.

Köseman, A., Şeker, İ., Karlıdağ, S., Güler, H. (2016). Arı yetiştiricilerinin sosyo-Demografik özellikleri, problemleri ve beklentileri ile arıcılıkta idari ve iktisadi mevcut uygulamalar. Kocatepe Veterinary Journal, 9, 308-321.

Kutlu, M.A., Kılıç. Ö. (2020). Elazığ İli Türkiye arıcılığının sürdürülebilirliği üzerine bir çalışma. Adyütayam Dergisi 8(1), 38-49.

Lazăr, R. N., Pătruică, S. (2020). Use of essential oils in bees. Animal Science and Biotechnologies, 53 (1):74-79.

Le Conte, Y., Arnold, G., and Desenfant, P. (1990). Influence Of brood temperature and hygrometry variations on the development of the honey bee ectoparasite *Varroa jacobsoni* (*Mesostigmata: Varroidae*). Environmental Entomology, 19(6), 1780- 1785.

Lim, T.K. (2014). Edible medicinal and non-medical plants, New York: Springer.

Pehlivan, T., Gül, A. (2016). Türkiye'de üretilen Keçiboynuzu, Kekik ve Sütleğen Ballarının kimyasal özellikleri. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 21(1): 48- 56.

Potts, S.G., Imperatriz-Fonseca, V., Ngo, H.T., Aizen, M.A., Biesmeijer, J.C., Breeze, T.D., etal. (2016). Safeguarding pollinators and their values to human well-being. Nature, 540(7632): 220.

Rinkevich, F.D., Danka, R.G. and Healy, K.B. (2017). Infuluence of Varroa mite (*Varroa destructor*) management practices on insecticide sensitivity in the Honeybee (Apis mellifera), Insects, 8(9): 1-12.

Rosenkranz, P., Aumeier, P., Ziegelmann, B. (2010). Biology and control of Varroa destructor. Journal of Invertebrate Pathology, 103, 96-119.

Sanford, M.T. (2001). Introduction, spread and economic impact of Varroa

mites in North America. Mites of the Honey Bee. Dadant and Sons, Hamilton, Illinois, 149-162.

Sırrı, K., Nesim, K., Güven, E., Karaer, Z. (2006). Yeni geliştirilen tespit kabı ile ergin arılarda Varroa enfestasyonunun belirlenmesi. Uludağ Arıcılık Dergisi, 2, 68- 73.

Şahin, Ö. (2017). Muğla Karabaşının (*Lavandula Stoechas L.*) yiyecek ve içecek olarak değerlendirilmesine yönelik bir öneri. Journal of Tourism and Gastronomy Studies, 5(2):37-49.

Şahin, Ö. (2019). Yiyecek içecek işletmeciliğinde yenilebilir çiçekler. 3. Ulusal Gastronomi Sempozyumu. 17-18 Nisan 2019, 1-15.

Şahinler, N. (2000). Arı ürünleri ve insan sağlığı açısından önemi. MKÜ Ziraat FakültesiDergisi, 5(1-2): 139-148.

Tutkun, E., Boşgelmez, A. (2003). Bal arısı zararlıları ve hastalıkları, teşhis ve tedavi yöntemleri. Bizim Büro Basımevi, Ankara.

Yücel, B. (2005). Bal arısı (*Apis mellifera L.)* kolonilerinde Varroa (*Varroa jacobsoni Q.*) ile mücadelede farklı Organik Asitlerin kullanılmasının koloni performansı üzerine etkileri. Hayvansal Üretim, 46(2): 33-39.

BÖLÜM 12

HAYVANCILIKTA SU KAYNAKLARI YÖNETİMİ: KALİTE, KITLIK VE TEKNOLOJİK ÇÖZÜMLER

Dr. Öğr. Üyesi | Serkan GÜNEY[1*]

[1*] Ordu Üniversitesi, Ulubey Meslek Yüksekokulu, Ordu, Türkiye. serkanguney@odu.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-6270-5458

1. GİRİŞ

Su, tüm canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri için ihtiyaç duydukları en önemli unsurlardan biridir. Hayvanlarda vücuttaki tüm moleküllerin yaklaşık %98'ini oluşturan suyun rol aldığı önemli görevlerinden bazıları şunlardır:

- Vücut sıcaklığını düzenlemek,
- Büyüme, üreme ve süt üretimi,
- Sindirim, metabolizma, atık boşaltımı; protein, yağ ve karbonhidratların hidrolizi,
- Mineral homeostazının düzenlenmesi,
- Eklem sıvılandırılması,
- Ses iletimi
- Görme yetisi

Su, glukoz, amino asitler, mineral iyonları, bazı vitaminler ve metabolik atıkların vücutta taşınması için mükemmel bir çözücüdür. Su gereksinimleri, ağırlık artış hızı ve bileşimi, hamilelik, emzirme, aktivite, yem türü ve çevresel sıcaklık gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir (Schlink vd., 2010).

Su, tarım ve hayvancılık sektörü için vazgeçilmez bir kaynaktır. Tarımsal faaliyetlerin yaklaşık %70'inde su kullanımı, tarımın genel yapısını ve sürdürülebilirliğini doğrudan etkiler (FAO, 2021). Hayvancılık sektörü hem hayvanların doğrudan su tüketimi hem de yem bitkilerinin sulama ihtiyacı dolayısıyla suya büyük oranda bağımlıdır (Steinfeld vd., 2006). Ancak, küresel su kaynaklarının üzerindeki baskının giderek artması hayvancılık faaliyetlerini olumsuz yönde etkilemektedir.

Hayvancılık sektörü, özellikle büyükbaş hayvancılık ve süt üretiminde suya yoğun şekilde bağımlıdır. Bir litre süt üretimi için ortalama 1.000 litre suya ihtiyaç duyulurken, bir kilogram sığır eti üretimi için yaklaşık 15.400 litre su gerekmektedir (Mekonnen ve Hoekstra, 2012). Bu yüksek su tüketimi, özellikle su kıtlığı çeken bölgelerde sürdürülebilirlik açısından ciddi sorunlar yaratmaktadır. Bu nedenle su kullanımının daha etkin bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Suyun daha verimli kullanılmasını sağlamak için teknolojik yenilikler ve yönetim stratejileri geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır (Rockström vd., 2010).

2. HAYVANCILIK ÜRETİMİNDE SU KAYNAKLARININ KULLANIMI

Hayvancılık üretim sistemleri, dünya gıda sistemine önemli bir katkıda bulunur ve büyük miktarda su kaynağı tüketir (Ran vd., 2016). Hayvancılık üretimindeki su kullanımını, yerel çevresel etkiler ve ekosistem fonksiyonlarıyla ilişkilendirmeye yönelik farklı yaklaşımları içeren çalışmalar literatürde yer almıştır (Milà i Canals vd., 2009; Deutsch vd., 2010; Ridoutt ve Pfister, 2010; Ran vd., 2013; Ridoutt ve Pfister, 2013). Her bir hayvancılık üretim sisteminin su kullanımı üzerindeki etkilerini anlamak için, değerlendirmelerin su, arazi ve hayvan yönetimindeki zamansal ve mekânsal farklılıkları dikkate alması ve bunların yerel hidrolojiyi nasıl etkilediğini göz önünde bulundurması gerekir (Deutsch vd., 2010).

Birçok farklı yaklaşım önerilmiş olmasına rağmen, hayvancılık üretiminde su kaynaklarının kullanımını değerlendirmek için net veya tutarlı bir yöntem bulunmamaktadır. Yayınlanmış çalışmalar arasındaki karşılaştırmalar, terminoloji ve sistem sınırlarındaki farklılıklar ile etki değerlendirme yöntemleri ve göstergelerindeki farklılıklar nedeniyle genellikle zorlaşır. Bu nedenle, paydaşlar hayvansal ürünler ve hayvancılık üretim sistemleri arasındaki su kullanımı farklılıklarının gerçekten mevcut olup olmadığını veya sadece farklı hesaplama yöntemleri nedeniyle mi ortaya çıktığını belirlemekte zorlanabilirler. Ayrıca, bu durum, su kullanımı ile su kıtlığı ve yerel su kalitesi üzerindeki etkiler gibi çevresel etkiler arasında doğrudan bir bağlantı olup olmadığını belirlemeyi de genellikle zorlaştırır (Ran vd., 2016).

Mevcut su değerlendirmeleri, özellikle sığır eti gibi hayvansal ürünlerin, bitkisel üretim değerlendirmelerine kıyasla çok daha büyük su ayak izlerine sahip olduğunu göstermektedir (örneğin, van Breugel vd., 2010; Hoekstra ve Mekonnen, 2012; Mekonnen ve Hoekstra, 2012).

Ran vd. (2016) hayvancılık üretiminde su kullanımını nicelendirirken yaygın olarak kullanılan yöntemleri üç kategoriye ayırmıştır.

2.1. Su Verimliliği Değerlendirmeleri

Su verimliliği değerlendirmeleri, tarımda su kullanımını değerlendirmek ve iyileştirmek amacıyla geliştirilmiştir (Ran vd., 2016). Su verimliliği, mahsul, ormancılık, balıkçılık, hayvancılık ve karma tarım

sistemlerinden elde edilen net faydaların, bu faydaları üretmek için tüketilen su miktarına oranıdır. Faydalar, fiziksel tarımsal çıktılar veya bu çıktılardaki ekonomik değer olarak ölçülebilir. Tüketilen su miktarı ise; üretim sırasında kullanılan tüketici suyu, bir ürüne dahil edilen su miktarı, geri dönüşümü mümkün olmayan bir yere akan su akışları veya yeniden kullanım için uygun olmayan ağır şekilde kirlenmiş su miktarını içerebilir (Molden vd., 2010). Su verimliliği çalışmaları genellikle hayvancılığın birçok faydasını içermektedir; bu faydalar, hayvancılık ürünlerinin kilogramları veya ekonomik değeri ile tüketilen su miktarına bölünerek hesaplanır (Rockström vd., 2007; Descheemaeker vd., 2010; Molden vd., 2010; Kebebe vd., 2015). Farklı hayvancılık faydalarının karşılaştırılması, çiftçilere ve diğer su kaynakları yöneticilerine, üretim faydaları ile belirli kaynak kullanım arasındaki bağlantılara dayalı olarak yönetim değişiklikleri hakkında rasyonel kararlar alma imkânı sağlar (Ran vd., 2016).

2.2. Su Ayak İzi Yöntemi

Su ayak izi metodolojisi, insan baskısının su kaynakları üzerindeki etkilerini artırmak ve tüketiciler ile üreticilere su kullanımları hakkında tutarlı bir şekilde bilgi vermek amacıyla geliştirilmiştir (Ran vd., 2016). Su ayak izi, bir ürünün veya hizmetin üretimi için gereken toplam su miktarını ifade eder ve yeşil, mavi ve gri su miktarlarının özetlenmiş bir değerini içerir. Bu metodoloji farklı ölçeklerde uygulanabilir ve hatta "insanlığın su ayak izi"ni nicelendirmek için kullanılmıştır. Su ayak izi yaklaşımı ilk olarak 2000'li yılların başında tanıtıldı (Hoekstra ve Huynen, 2002) ve şirketler ve tüketicilere çeşitli ürünlerin, özellikle hayvan kaynaklı gıdaların üretimindeki su kaynakları üzerindeki baskıyı bilgilendirmek amacıyla kullanılmıştır (Chapagain ve Hoekstra, 2003; Mekonnen ve Hoekstra, 2010, 2012). Su ayak izi kavramı farklı kuruluşlar ve şirketler tarafından geniş çapta kabul görmüş ve örneğin Dünya Doğa Fonu (WWF, 2010) tarafından küresel insan baskısını azaltmak amacıyla benimsenmiştir (Ran vd., 2016).

2.3. Yaşam Döngüsü Değerlendirmeleri

Yaşam döngüsü değerlendirmeleri, kaynak kullanımını yerel çevresel etkilerle ilişkilendirmeyi amaçlar ve birçok farklı ürün ve gösterge için mevcuttur. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi çalışmaları, bir ürünün tüm

değer zinciri boyunca çevresel etkisini değerlendirmeyi ve bu etkiyi kaynak kullanımının yerel konumuna dayandırarak nicelendirmeyi amaçlar. Metodoloji, stresli su indekslerine dayalı su kullanımını hesaplayarak yerel çevresel etkilere doğrudan bir bağlantı sunar. Mevcut Yaşam Döngüsü Değerlendirme çalışmaları, özellikle hayvancılık üretimi sırasında tüketilen ve bozulmuş mavi su kullanımına odaklanır ve bunların yerel su stresi üzerindeki katkılarını inceler (Ran vd., 2016). Bu çalışmalar, su kıtlığı hakkında mekânsal bilgi içerir ve su stresine bağlı su ayak izlerini ortaya koyar (Pfister vd., 2009).

3. SU KALİTESİNİN HAYVANCILIK ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

3.1. Su Kalitesinin Hayvan Sağlığı ve Verimliliği Üzerindeki Rolü

Ekonomi, hayvancılık üretiminde ana faktördür ve hayvanın verimliliği ve performansı ile doğrudan ilişkilidir. Üreticiler, sunulan suyun kalitesini iyileştirerek hayvanlarının sağlıklarını, verimliliklerini ve performanslarını artırabilir. Su kalitesinde yapılacak küçük iyileştirmeler bile üstün performans ve büyüme sağlayabilir (Brew vd., 2009).

Su, büyüme hızını artırmanın yanında hastalıklara karşı direnci artırmak için de hayati öneme sahiptir (Bagley vd., 1997). Çoğu zaman hayvanlar, kontaminantlarla dolu olan su birikintilerinden su alırlar; böyle bir suyun içilmesi, büyüme ve performansta azalmaya yol açan sorunlara neden olabilir. Araştırmalar, hayvanlara temiz içme suyu sağlandığında, hastalıklara karşı direncin arttığını ve performansın daha iyi olduğunu göstermiştir. Arıtma yoluyla herhangi bir kaynaktan temiz su kullanmanın maliyeti, kısa sürede artan performans ile geri kazanılır (Brew vd., 2009).

Hayvanlar, sağlıklı olduklarında ve stresten uzak olduklarında daha iyi büyür. Düşük su kalitesi, sağlık sorunlarına neden olur, bu da büyümenin yavaşlaması ve performansın azalması ile sonuçlanır. Her bir kirletici, su kalitesini ve dolayısıyla hayvanlarda büyüme ve performansı farklı şekillerde etkiler. Ancak genellikle su kalitesinin azalması, su ve yem alımında azalma ile sonuçlanır ve bu da üreme potansiyelini, süt üretimini ve kilo alımını azaltır (Beede, 2006; Williams vd., 1994). Hayvancılıkta kullanılacak suyun kalitesi değerlendirilirken, hayvanların veriminin etkilenip etkilenmeyeceği,

suyun hastalık yayma potansiyeli ve bu suyun hayvansal ürünler yoluyla insan sağlığını tehdit edip etmeyeceği dikkate alınmalıdır (Cemek vd., 2011).

Batı Kanada'da H.A. Lardner vd. (2005) tarafından yapılan bir çalışmada, iyileştirilmiş su kalitesinin sığır performansı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Hayvanlar, doğrudan su birikintisinden pompalanan, havalandırılmış, pıhtılaştırılmış ve klorlanmış su alan gruplara ayrılmıştır. Su arıtma işlemlerinin sığır performansı üzerindeki etkisi, suyun lezzetsizliği, alımı ve gıda tüketimi ile ilişkilendirilmiştir. Sonuç olarak, arıtılmış suyu tüketen hayvanlarda %9-10 oranında daha fazla kilo alımı gözlemlenmiştir (Lardner vd., 2005).

Williams vd. (2002), daha temiz suya erişimi olan düvelerin, doğrudan su birikintisinden su alanlara kıyasla %23 daha fazla kilo aldığını bildirmiştir. Williams vd. (1994), yaz aylarında 71 gün boyunca su birikintisinden su içen 18 aylık erkek sığırların %20 oranında kilo kaybı yaşadığını rapor etmiştir (Williams vd., 1994, 2002).

Su kalitesinin değerlendirilmesinde dikkate alınan bazı temel parametreler ile bu parametrelerin hayvan sağlığı için önemini belirten bazı literatür örnekleri şöyledir:

3.1.1. Sıcaklık

Sıcaklık, hayvanlar için su kalitesini belirlemede önemli bir etkiye sahiptir; dolayısıyla su alımını, yem alımını, solunum hızını, rektal sıcaklığı, rumen fermentasyonunu, plazma tiroid hormonu konsantrasyonunu, süt verimini, kilo alımını ve hayvanların performansını etkiler (Wilks vd., 1990; Brod vd., 1982). Sıcaklık, kaliteleri doğrudan değiştirerek hayvanlar tarafından kabul edilebilirliği etkiler veya sindirim sisteminin mikrobiyotasını bozarak su kalitesini etkiler. Genellikle sığır gibi hayvanlar, özellikle sıcak koşullarda soğuk suyu tercih eder (Arias ve Mader, 2011).

3.1.2. pH Değeri

İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik'e göre suyun pH değeri 6,5-9,5 arasında olmalıdır. Aşırı asidik veya bazik su, hayvanların su tüketimini ve sindirim sistemlerini olumsuz etkileyebilir. Örneğin süt sığırlarında pH'nın 5,1'in altına düşmesi kronik veya hafif asidozla ilgili sorunlara yol açabilmektedir (Adams ve Sharpe, 1995). Kronik veya hafif

asidozis ise sığırların süt verimi, canlı ağırlık artışı ve yem tüketimini olumsuz etkilemekte, diğer yandan süt yağı depresyonuna, enfeksiyoz ve metabolik hastalıkların artmasına neden olmaktadır. Suyun alkali karakterde olması, suda bulunan tuz tipleri hakkında bilgi vermektedir (German vd., 2008). İçme suyunun alkali olması ise sığırlarda sindirim sistemi rahatsızlıklarına ve ishale yol açarken, su ve yem tüketiminin azalmasına ve yemden yararlanmanın düşmesine yol açabilmektedir (Bagley vd., 1997). Bunun yanı sıra içme suyunun ticari organik asit karışımıyla asitlendirilmesinin hayvancılığa olumlu etkisi ile ilgili uygulamalar da mevcuttur. Örneğin büyüyen tavşanlarda büyüme performansını ve pepsin aktivitesini iyileştirdiği, mide pH'sını düşürdüğü ve sekumda toplam bakteri ve Bacteroides-Prevotella'ya göre E. coli'nin göreceli oranını azalttığı görülmüştür (Zhua vd., 2014).

3.1.3. Toplam Çözünmüş Madde (TÇM)

Suda çözünmüş mineral ve organik madde miktarını ifade eder. TÇM'nin yüksek seviyelerde olması, suyun lezzetini ve hayvanların su tüketimini olumsuz etkileyebilir. Örneğin, içme suyunda molibden ve sülfatın yüksek seviyelerde bulunması, bakır emilimini olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle, hayvan yetiştiriciliğinde kullanılacak suyun kalitesi değerlendirildiğinde, hayvanların verimlerinin azalıp azalmayacağı, suyun hastalık taşıyıcı olup olmadığı ve elde edilen hayvansal ürünlerin insan sağlığına zarar verip vermeyeceği göz önünde bulundurulmalıdır (Cemek vd., 2011).

3.1.4. Suyun tuzluluğu

Tuzluluk, sudaki toplam çözünmüş maddeler (TÇM), toplam çözünmüş tuzlar (TÇT) ve suda çözünebilen maddelerin bir göstergesi olup, mg/L veya elektriksel iletkenlik (umhos/cm) birimleriyle ifade edilmektedir (Bagley vd., 1997). Tuzluluğun büyük bir kısmı sodyum klorürden kaynaklansa da, bikarbonat, sülfat, kalsiyum, magnezyum ve silisyum düzeyleri de bu durumu etkileyebilir (Higgins vd., 2008). Ayrıca, kalsiyum, magnezyum ve sodyumla birleşen klor, sülfat, nitrat ve karbonat ile bikarbonatlar, çiftlik hayvanlarının içme suyunda sıkça bulunan inorganik tuz formlarıdır (German vd., 2008). Suyun tuz içeriğine katkıda bulunan magnezyum, sodyum, klor ve kalsiyumun fazlalığı toksik etki oluşturabilir veya diğer elementlerle

etkileşime girerek zararlı sonuçlar doğurabilir. Hayvanların aşırı sodyum tüketimi kan basıncını yükseltirken, farklı yapıdaki tuzlar eklemeli etki yaparak olumsuz sonuçlara yol açabilir. Bu nedenle, toplam tuz miktarı ve tuzların hayvanlar üzerinde farklı fizyolojik etkiler oluşturması dikkate alınarak, sulardaki tuz türlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Sülfat tuzlarının, klorür ve karbonat tuzlarına kıyasla daha fazla sağlık sorunlarına yol açtığı bildirilmiştir (German vd., 2008). Eğer tuzlu su içirmek zorunlu hale gelirse, hayvanların buna yavaş yavaş alıştırılması gerekir, aksi takdirde geçici ishal ortaya çıkabilir veya hayvanlar bu suyu içmek istemeyebilir. Hayvanların tuza karşı toleransları, tür, yaş, su ihtiyacı, mevsim ve fizyolojik duruma bağlı olarak değişkenlik gösterebilir (Bagley vd., 1997).

3.1.5. Suyun sertliği

Sertlik, sudaki çözünmüş iki değerli metalik katyonların, özellikle kalsiyum ve magnezyumun konsantrasyonunu ifade eden ve suyun sabun çökeltme kapasitesini belirleyen bir ölçüdür (Higgins vd., 2008). Bunun yanı sıra, çinko, demir, stronsiyum, alüminyum ve manganez gibi diğer iki değerli metalik katyonlar da düşük konsantrasyonlarda bulunmalarına rağmen suyun sertliğini etkileyebilir (NRC, 2001; Waldner ve Looper, 2007; Yaylak ve Yavuz, 2016; Higgins vd., 2008). Suyun sertliğinin hayvanlar üzerindeki etkileri konusunda farklı görüşler mevcuttur. German vd. (2008), sığırların sert su tüketmelerinin rahatsızlığa yol açtığına dair bir bulgu olmadığını, sertliğin suyun lezzeti veya güvenliği üzerinde olumsuz bir etkisi bulunmadığını ve hayvanların performansı ile su tüketiminde değişiklik yaratmadığını bildirmektedir. Ancak Beede (2006, 2012), sert suyun su tüketimini azalttığını ve süt üretimini düşürdüğünü savunmaktadır. Öte yandan, içme suyundaki mineraller, hayvanların mineral ihtiyaçlarının karşılanmasına katkı sağlayabilir (Göncü-Karakök vd., 2008). Yüksek kalsiyum içeriği nedeniyle sertliği artan sular, süt ineklerinde süt hummasının görülme sıklığını artırabilir (Anonim, 2013). Ayrıca, sert suyun su iletim hatlarının tıkanmasına yol açabileceği de belirtilmiştir (German vd., 2008).

3.1.6. Su Kirleticiler

Su kirliliği, hayvanların içme suyuna karışan patojenler ve kimyasal maddeler (ağır metaller, nitrat ve sülfat gibi) nedeniyle ciddi sağlık

sorunlarına yol açabilir. Su kirleticiler ve hayvancılığa olan etkileri bir sonraki başlıkta verilmiştir.

3.2. Kirli Su Kullanımının Riskleri

Dünyada nüfus artışı ve endüstriyel gelişmeler, suyun doğal yapısını olumsuz yönde etkilemektedir. Su kirliliği, doğal suların biyolojik, fiziksel, kimyasal veya radyoaktif maddelerle kirlenmesi sonucu oluşur. Kanalizasyon suları, endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan atıklar ve diğer zararlı maddelerin belirli miktar veya konsantrasyonlarda suya karışması, suyun kalitesini düşürür. Bu durum, insan ve hayvan sağlığını tehdit ederken bitkilerin büyümesini de olumsuz etkiler.

Kirleticilerin kökeni, yeryüzünde doğal ve yapay olarak meydana gelmelerine bağlanabilir. Örneğin, azot, oksitler, ağır metaller, hidrokarbonlar ve radyoaktif maddeler doğal kirleticilerden bazılarıdır. Kirliliğe neden olan birçok kimyasal, çeşitli pestisit sentezleri, yüzey aktif maddeler, plastikler ve petrokimyasallar gibi tamamen insan yapımıdır (Evans vd., 2019; Cao vd., 1996; Dwivedi, 2017).

Su kirliliğinin yaygın kaynakları yağmur suyu, toz ve fırtınalar, yer altı kaynakları ve volkanlar ile bitki örtüsü gibi doğal kaynaklardan evsel ve endüstriyel atık sular gibi insan yapımı kaynaklara kadar değişiklik gösterebilir (Lin vd., 2022; Barbera ve McConnell, 1990; Sophocleous, 2002).

Literatürde yer alan bazı su kirleticiler ve hayvanlara etkilerine bu bölümde yer verilmiştir.

3.2.1. Nitrat

Nitrat (NO_3^-), yeraltı sularındaki en yaygın kirleticilerdendir. Nitrat yeraltı suyunda kalma ve birikme özelliğine sahiptir. Azot, bitki büyümesi için hayati bir elementtir ve çiftçiler daha iyi bitki performansı için çok sayıda azotlu gübre kullanır. Aşırı ve yanlış gübre kullanımı, bitkilerin azotu alması ile nitrata ulaşımı arasında dengesizlik yaratabilir. Sonuç olarak, bitkiler tarafından kullanılmayan fazla gübre yıkanarak suya karışır. Öte yandan, insan faaliyetleri, atık bertarafı, kanalizasyon deşarjı, endüstriyel atıklar, kirlenmiş temizlik hizmetleri, çöp sahaları ve hayvan atıkları nitratla ilgili kirliliğe neden olabilir. Suyun nitrat konsantrasyonunun 50 mg/L'nin üzerine

çıkması, insanlar ve hayvanlar için sağlık sorunlarına yol açabilir (Spalding ve Exner, 1993; WHO, 2009; Suthar vd., 2009).

Nefes darlığı, nitrat toksisitesinin bir belirtisidir. Kan kırmızı yerine kahverengi görünecektir. Ağızda köpürme, kasılmalar, mavi burun ve gözlerin etrafında mavi renk de nitrat zehirlenmesini gösterebilir. Daha ılımlı seviyelerde nitrat zehirlenmesinin zayıf büyüme, kısırlık, düşükler ve A vitamini eksikliklerine yol açtığı düşünülmektedir. Çiftçiler, hayvanlarının üreme performansının kötü olmasından nitratları sorumlu tutabilir. Nitratlar, yeni döllenmiş hayvanlarda progesteron seviyelerinin düşük veya fetüsü korumak için yetersiz olmasına neden olabilir (Boyles vd., 1988).

3.2.2. Sülfat

Sülfat, suya acı bir tat verir, ancak hayvanlar zamanla buna alışabilir. Tavsiye edilen maksimum sülfat konsantrasyonu buzağılar için 500 ppm, yetişkin sığırlar için 1000 ppm'dir. Magnezyum sülfat (Epsom tuzu) ve sodyum sülfat (Glauber tuzu), suyu daha içilemez hale getirir. 1500 ppm'ye kadar olan sülfat seviyeleri, hayvanlar üzerinde hafif etkiler yaratırken, 1500 ile 2500 ppm arasındaki seviyeler geçici ishal yapabilir. Sülfat seviyesi 3500 ppm'ye ulaştığında, bu su dişi domuzlar (sows) için uygun değildir. 4500 ppm üzerindeki seviyelerdeki su ise kullanılmamalıdır (Bagley vd., 1997).

3.2.3. Ağır Metaller

Yüzey su sistemlerinde ağır metaller doğal veya antropojenik kaynaklardan gelebilir. Doğal kaynaklar, volkanik patlamalar, metal içeren kayaların aşınması, deniz tuzu spreyleri, orman yangınları ve metal salınımını içeren doğal aşınma süreçlerini kapsar. Bu süreçler, metallerin yerel gökyüzünden farklı çevresel bölgelere salınımına yol açabilir (Kabata-Pendias ve Pendias, 1984; Herawati vd., 2000). Antropojenik kaynaklar ise endüstriyel atıklar, tarım faaliyetleri, madencilik, elektronik atıklar, biyomedikal atıklar ve enerji santralleridir (Sonone vd., 2021).

Hayvanlarda ağır metallerin toksik etkileri, maruziyetin süresine, ağır metalin türüne ve formuna, maruz kalan hayvanın yaşı, cinsiyeti, fizyolojik ve beslenme durumu ile zehirlenme yoluna bağlıdır. Çoğu metal, karaciğer ve böbrek gibi hayati organlarda yoğunlaşır ve klinik veya subklinik toksisiteler ya da oksidatif stres, immün toksisite, kardiyo toksisite, teratojenite, enzim

inhibisyonu, üreme defisiti ve endokrin bozukluklar gibi ince etkiler yaratır (Swarup ve Dwivedi, 2002). Ağır metaller biyolojik olarak parçalanamazlar, ancak serbest metal iyonlarına dönüşebilir ve böylece biyolojik kullanılabilirlikleri, aktiviteleri ve sonuç olarak toksisiteleri değiştirebilir (Hollenberg, 2010). Toksik ağır metaller potansiyel olarak endokrin sistemin işleyişini bozabilir ve hayvanların üretim ve üreme performansını etkileyebilir (Swarup vd., 2007). Ağır metallerin antibiyotik direncini etkileyebileceğine dair artan kanıtlar vardır (Ding vd., 2019).

Ağır metaller genellikle biyolojik olarak parçalanmadığı için maruz kalan hayvan popülasyonlarının et, süt gibi yenilebilir hayvansal ürünlerine dahil olarak gıda zincirinde birikme eğilimindedir (Gupta vd., 2021). Önemli miktarda ağır metal, kirlenmiş toprak, su ve havadan bitkilere ve otlara geçebilir, bu da otlayan hayvanlarda bu metallerin birikmesine ve sonrasında süt ve et yoluyla gıda zincirine geçmesine neden olur. Dolayısıyla, hayvanlarda toksik metal birikimi yalnızca gıda üreten hayvanlarda toksik etkilere neden olmakla kalmaz, aynı zamanda toksik metallerle kirlenmiş süt ve eti tüketen insanlar için sağlık riskleri oluşturur. Sanayi kaynakları etrafında yetiştirilen emziren hayvanların sütünde daha yüksek kurşun konsantrasyonlarının bulunması ve bu durumun da halk sağlığı için tehlike oluşturması beklenmektedir (Swarup vd., 2000).

Veterinerlik açısından önemli bazı ağır metaller ve hayvanlara etkileri şöyledir:

Kadmiyum (Cd), oldukça toksik bir elementtir (NRC, 2001; Roman vd., 2002; Patra vd., 2006; Yu vd., 2006; Newairy vd., 2007; Swarup vd., 2007; Djukić-Ćosić vd., 2008; Stanevičinė vd., 2008). Hayvanlar aşırı miktarda Cd aldıklarında, bu mineral organizmada on yıllar boyunca birikerek subakut, akut veya kronik zehirlenmeye neden olabilir (Djukić-Ćosić vd., 2008). Bu durum karaciğer (Aranha vd., 1994; Roels vd., 1999; Ikeda vd., 2000; Roman vd., 2002; Alonso vd., 2004; Djukić-Ćosić vd., 2008), morfolojik ve fonksiyonel değişiklikler (Dehn vd., 2004; Newairy vd., 2007), böbrek (Aranha vd., 1994; Roels vd., 1999.; Ikeda vd., 2000; NRC, 2001; Roman vd., 2002; Alonso vd., 2004; Djukić-Ćosić vd., 2008), akciğer (Djukić-Ćosić vd., 2008), kemikler (Blottner vd., 1999; Uemura, 2000; Roman vd., 2002; Djukić-Ćosić vd., 2008), sinir sistemi (Groten ve Blanderen, 1994; Roman vd., 2002), testis (Blottner vd., 1999; Roman vd.,

2002; Djukić-Ćosić vd., 2008), bağırsak (Groten ve Blanderen, 1994; Roman vd., 2002), cilt (Blottner vd., 1999; Roman vd., 2002) ve kan (Roels vd., 1999; Ikeda vd., 2000; Roman vd., 2002) gibi çeşitli organlarda ciddi hasara neden olur.

Kurşun (Pb), hayvan vücudunda biyolojik işlevlere sahip olsa da hem hayvanlar hem de insanlar için son derece toksiktir (NRC, 2001; Roman vd., 2002; Patra vd., 2006; Patra vd., 2007; Swarup vd., 2007). Hayvan sağlığı için en tehlikeli minerallerden biri olup, dünya genelinde yaygın bir dağılım göstermektedir ve sanayi kirliliği ile çevrede birikmektedir (Patra vd., 2006; Patra vd., 2007; Swarup vd., 2007).

Kurşun zehirlenmesi yaşayan bir hayvan, et ve sütünde bu mineralin birikmesi nedeniyle halk sağlığı için bir risk oluşturabilir (kanında ≥ 0,20 μg Pb/mL konsantrasyonu olduğunda), bu da insanları zehirleyebilir (Waldner vd., 2002; Swarup vd., 2005).

Hayvanlar akut kurşun zehirlenmesi geçirdiğinde, bu mineral özellikle karaciğerde (Rumbeiha vd., 2001; Radostits vd., 2002; Waldner vd., 2002; Miranda vd., 2006; Swarup vd., 2007), böbrek korteksinde (Stöber, 1989; Rumbeiha vd., 2001; Radostits vd., 2002; Waldner vd., 2002; Miranda vd., 2006; Swarup vd., 2007), endokrin sistemde (Swarup vd., 2007) ve medullada (Radostits, 2007) birikir. Kronik zehirlenme durumunda ise, kurşun birikimi kemiklerde gerçekleşir (Stöber, 1989; Waldner vd., 2002; Radostits vd., 2002). Bu dokuların dışında, kurşun beyinde de birikir, ancak diğer birikim dokularına kıyasla daha düşük konsantrasyonlardadır (Radostits vd., 2002; Swarup vd., 2007). Kemikler hariç, diğer belirtilen dokularda kurşun uzun süre birikmez; çünkü kan dolaşımına salınır ve hayvanlarda kronik kurşun zehirlenmesine neden olabilir (Radostits vd., 2002).

Kurşun, plasenta bariyerini yüksek konsantrasyonlarda geçer ve fetüs dokularında birikir (O'hara vd., 1995; Radostits vd., 2002; Waldner vd., 2002) ve kemikler, böbrek, karaciğer (O'hara vd., 1995; Radostits vd., 2002) ve kan-beyin bariyerinin olgunlaşmamış olmasından dolayı sinir sisteminde birikir (O'hara vd., 1995; Waldner vd., 2002).

Akut kurşun zehirlenmesi yaşayan atlar, iştahsızlık, aşırı sinir depresyonu (Hoff vd., 1998; Radostits vd., 2002), felç, yatma durumu (Radostits vd., 2002), hafif ile şiddetli arasında değişen karın ağrısı (Hoff vd., 1998; Radostits vd., 2002) ve kasılmalar (Radostits vd., 2002) gösterebilir.

Kronik kurşun zehirlenmesi yaşayan sığırlar opak tüy, falanj epifizlerinin kalınlaşması, orta dereceli anemi (Stöber, 1989; Miranda vd., 2006), şiddetli depresyon, hipoglosal sinir felci, koordinasyon eksikliği, ataksi, kas seğirmesi, opisthotonus (Radostits vd., 2002), kasılmalar (Radostits vd., 2002; Gilbert vd., 2005), koma, solunum yetmezliği ve ölüm (Gilbert vd., 2005; Radostits vd., 2002), triiodotironin (T3) ve tiroksin (T4) konsantrasyonunda azalma, estradiol plazma konsantrasyonunda artış (Swarup vd., 2007) gibi klinik belirtiler gösterebilir. Kronik kurşun zehirlenmesinde koyunlar, arka uzuvlarda felç, yürüme zorluğu, osteoporoz, ekstremite eklem hareketlerinde eksiklik, düşük ve geçici kısırlık (Radostits vd., 2002) gösterebilir. Atlar ise; sert, kuru ve mat tüy, kilo kaybı (Radostits vd., 2002), farinks felci (Hoff vd., 1998; Radostits vd., 2002), yiyecek ve suyun burun deliklerinden geri gelmesi (Radostits vd., 2002), inspiratuar dispne, genel kas zayıflığı (Hoff vd., 1998; Radostits vd., 2002), sert eklemler, kolik (Hoff vd., 1998) gibi belirtiler gösterebilir ve bazı durumlarda hiçbir belirti göstermeden ölebilir (Radostits vd., 2002).

Bakır(Cu), çeşitli enzimler ve proteinlerin bir parçası olarak, temel bir mineral elementtir. Ancak, aşırı alındığında son derece toksiktir (Jenkins ve Hidroglou, 1989; Sullivan vd., 1991; Steffen vd., 1997; Bailey vd., 2001; Engle vd., 2001; López-Alonso vd., 2005; Blanco-Penedo vd., 2006; López-Alonso vd., 2005a; Christodoulopoulos ve Roubies, 2007). Bu mineralden zehirlenme, hayvanların ölümü nedeniyle ekonomik kayıplara yol açmaktadır (Headley vd., 2008).

Bakır zehirlenmesi, özellikle Avustralya, Yeni Zelanda, Amerika Birleşik Devletleri, Britanya ve Güney Afrika gibi koyun üreten ülkelerde görülmektedir (Headley vd., 2008). Bakır serbest olarak hepatosit sitoplazmasında birikmeye ve bu da sığır ve koyunları zehirlemeye yol açabilir. Ayrıca, bakırın karaciğerde depolanması ciddi karaciğer hasarına yol açabilir (Jenkins, 1989; Engle vd., 2001; López-Alonso vd., 2005a). Bakır, hayvanların karaciğerinde birikir ve bu da ciddi yapısal ve işlevsel değişikliklere neden olabilir; bu durum hayvanların ölümüne yol açabilir (Jenkins, 1989; Sullivan vd., 1991 ; NRC, 1996; Bailey vd., 2001; López-Alonso vd., 2005; López-Alonso vd., 2005a; Blanco-Penedo vd., 2006; Christodoulopoulos ve Roubies, 2007; Headley vd., 2008).

Mangan (Mn), hayvanlarda lipid metabolizması için gerekli bir mineraldir (Jenkins ve Kramer, 1991) ve hayvanlar için düşük toksisiteye sahip bir mineral elementi olarak kabul edilmektedir (McDowell, 1992; Carvalho vd., 2003). Ancak, fazla miktarda alındığında zehirlenmeye neden olabilir (McDowell, 1992; Carvalho vd., 2003; Crossgrove ve Yokel, 2005). Mangan zehirlenmesi yaşayan hayvanlar büyüme ve kilo artışında azalma (Jenkins ve Kramer, 1991; McDowell, 1992), anemi, gastrointestinal lezyonlar (Jenkins ve Kramer, 1991), nörolojik değişiklikler (McDowell, 1992) ve plazma kolesterol esteri ile trigliseritlerinin artışı (Jenkins ve Kramer, 1991) gibi klinik semptomları gösterebilir.

Molibden (Mo) zehirlenmesi, molibdenozis olarak da bilinir (Stöber, 1989; Tiffany vd., 2000; Raisbeck vd., 2006) ve Yeni Zelanda, Kanada, İrlanda, Avustralya ve Amerika Birleşik Devletleri'nde tanımlanmıştır (Radostits vd., 2002). Mo, emilim sonrası kemiklerde, karaciğerde, böbreklerde ve dalakta depolanır (Stöber, 1989). Mo'nun hipofiz bezinde birikimi, hormonların üretim ve salınımında bir bozulmaya neden olarak üreme değişikliklerine yol açmaktadır (Phillipo vd., 1987; Haywood vd., 1998), bu da kısırlığa neden olmaktadır (Haywood vd., 2004).

Mo ile zehirlenmiş sığırlar, mineralin aşırı alımının ardından 10 gün içinde anoreksiya (NRC, 1996); immün baskılanma (Raisbeck vd., 2006); persistans diare (Stöber, 1989; NRC, 1996; Radostits vd., 2002; Raisbeck vd., 2006) ile köpüklü sıvı dışkı ve sindirilmemiş gıda (Stöber, 1989; Raisbeck vd., 2006); dudley tüy (özellikle göz çevresinde, ancak hayvanın diğer kısımlarında da) opak tüy (NRC, 1996; Stöber, 1989; Radostits vd., 2002); uzuvlarda ve sırtında sertlik ile anormal yürüyüş (NRC, 1996; Radostits vd., 2002; Raisbeck vd., 2006) gibi semptomlar gösterebilir. Daha şiddetli ve ciddi zehirlenmelerde, sığırların büyüme ve vücut kondisyonunda azalma (Stöber, 1989; NRC, 1996; Raisbeck vd., 2006); solgun mukozalar, anemi (Stöber, 1989); lökositoz (Gengelbach vd., 1997); arka uzuvlarda koordinasyon bozukluğu, daha fazla kırık olayı ve üreme problemleri (Stöber, 1989) gibi spermatogenez ve libidoda azalma ve şiddetli testis dejenerasyonu (Haywood vd., 1998; 2004) görülebilir. Mo ile zehirlenmiş atlar, kompresyon nedeniyle kolik, ishal ve yüksek ölüm oranı gibi semptomlar gösterebilir (Radostits vd., 2002).

Selenyum (Se), hayvanlar ve insanlar için temel bir mikro mineralidir (Kommisrud vd., 2005; Haddad ve Alves, 2006; Carroll ve Forsberg, 2007). Öte yandan, Se maksimum tolere edilebilir dozun (2 ppm) üzerinde yüksek konsantrasyonlarda alındığında zehirlenmelere yol açabilir ve bu durum selenozis olarak bilinir (Stöber, 1989; Carvalho vd., 2003; Papp vd., 2007). Hayvanlar yüksek dozda Se aldıklarında, selenyum vücutta birikmekte ve tioller ile hücre içi redoks döngüsü oksidatif strese neden olarak hücresel bileşenlere zarar vermekte ve bu mineral elementin zehirlenmesine yol açmaktadır (Papp vd., 2007).

Se zehirlenmesinin klinik ve patolojik patogenezi ile ilgili mekanizmalar karmaşık olup yayınlanan tanımlar kafa karıştırıcı ve çelişkili olarak nitelendirilmektedir (Néspoli vd., 2001). Bununla birlikte, literatürde Se zehirlenmesinin üç klasik sendromu tanımlanmaktadır: bir akut ve iki kronik, Kuru Göz (Blind Staggers) ve Alkali Hastalığı (Alkali Disease) (Stöber, 1989; Néspoli vd., 2001; Oliveira vd., 2007).

Akut selenyum zehirlenmesi, özellikle selenyifer bitkilerin yüksek selenyum konsantrasyonu içeren büyük miktarlarda bir kerede tüketilmesi durumunda meydana gelir (Stöber, 1989). Akut selenozis belirtileri arasında yüksek ateş, solgun mukozalar, midriasis (Gözbebeğinin genişlemesi), körlük, salya akması, taşikne (hızlı nefes alma), köpüklü ve kanlı burun akıntısı, taşikardi (hızlı kalp atışı), karın krampları, koyu renkli sulu ishal, şişkinlik, yatma pozisyonu alma, solunum durması ve ölüm bulunmaktadır (Stöber, 1989; Carvalho vd., 2003).

Kuru Göz, orta derecede selenyum konsantrasyonu içeren selenyifer bitkilerin sürekli (birkaç hafta) alınması sonrasında meydana gelir (günlük vücut ağırlığının 2-3 mg Se alımı) (Stöber, 1989). Kuru göz sendromu geçiren sığırlar, salya akması, solgun mukozalar, diş gıcırdatma, dairesel yürüme, korneal opasite, körlük, genel kas felci (dil ve yutak kasları dahil), solunum durması ve ölüm gibi belirtiler gösterir (Stöber, 1989). Alkali hastalığı ise, proteinlere bağlı orta düzeyde selenyum konsantrasyonu içeren ot ve tahılların uzun süreli tüketimi sonrası oluşur (Stöber, 1989). Alkali hastalığı yaşayan sığırların belirtileri arasında iştahsızlık, sarhoş yürüyüş, anemi, kabarık ve mat tüyler, kuyruk uçlarında kellik, tırnak deformasyonu, laminitis (tırnak iltihabı), topallama ve ataksi bulunmaktadır (Stöber, 1989; Carvalho vd., 2003).

Çinko (Zn) zehirlenmesi, sığırlar, koyunlar ve domuzlar arasında muhtemelen daha az sıklıkla meydana gelir çünkü bu türler, diyetlerinde yüksek dozda bu minerali tolere edebilmektedir (McDowell, 1992; NRC, 1996; Radostits vd., 2002). Stöber'e (1989) göre, günde 2.000 ppm Zn içeren gıdaların altı hafta boyunca alınması, yalnızca kan selenyum konsantrasyonunu artırırken, günlük 8 gram Zn alan ineklerde gözlemlenen tek değişiklik bu mineralin süt miktarındaki artışı olmuştur. Ayrıca, günde 1.000 ppm Zn içeren gıda alan buzağılarda bu mineralin zehirlenme belirtileri gözlemlenmemiştir.

Zn'den zehirlenen sığırlar iştahsızlık (Allen vd., 1983), sersemlik, uyku hali, paralizi (Radostits vd., 2002), kronik kabızlık (Stöber, 1989; Radostits vd., 2002), kolik (Stöber, 1989), yeşil renkli ishal ve bazen kanlı ishal (Stöber, 1989; Radostits vd., 2002), dehidrasyon, deri altı ödemi, anemi (Allen vd., 1983), süt üretiminde belirgin azalma (Stöber, 1989; Radostits vd., 2002), buzağıların büyümesinde azalma, kalp yetmezliği (Stöber, 1989) ve selüloz kullanımındaki azalmaya bağlı olarak selülozolitik bakterilerin azalması (Eryavuz ve Dehority, 2009) gibi belirtileri gösterebilir. Zn'den zehirlenen atlar da kilo kaybı, osteoporoz ve topallama gibi belirtiler gösterebilir (Radostits vd., 2002). Akut zehirlenme geçiren domuzlar iştahsızlık, artrit, koltuk altlarında kanama, gastrit ve enterit; kronik zehirlenme durumunda ise iştahsızlık, uyuşukluk, kabarık tüyler, topallama gibi belirtileri gösterebilir (Radostits vd., 2002).

Arsenik (As) zehirlenmesinin sığırlardaki klinik belirtileri, gastrointestinal ve sinirsel belirtiler arasında değişiklik göstermektedir. Kronik As zehirlenmesi genellikle kilo kaybı, iştahsızlık, konjonktivit ve ağız ülserasyonu gibi mukozal eritematöz lezyonlarla kendini gösterir ve süt verimini azaltır. Akut toksik etkiler arasında karın krampları, uzuvlarda aşırı duyarlılık, karın diz refleksleri ve karın elektrokardiyogramı bulunmaktadır (Franzblau ve Lilis, 1989). Kronik arsenik zehirlenmesi anemi, karaciğer ve böbrek hasarı, hiperpigmentasyon ve keratozis gibi cilt hasarlarını içermektedir (Wu vd., 1989; ATSDR, 2000).

Cıva (Hg), son derece toksik bir kirletici olarak kabul edilmektedir. Cıvanın toksisitesi, kimyasal formuna bağlıdır; metil cıva en tehlikeli ve cıvanın stabil formu olarak, kirlenmiş tropik bölgelerdeki çoğu kuş ve memeli yırtıcının acı çekmesine neden olduğu bilinir. Endüstriyel atıklar ve

kloroalkali sanayisinden kaynaklanan atık sular, cıva kirliliğinin başlıca kaynaklarıdır. Çoğu hayvan türünde toksikoz belirtileri arasında hareket koordinasyonunun bozulması, görsel anormallikler ve bilinçte azalma yer almaktadır. 0.4 ppm'den fazla cıva içeren balıklar, insan tüketimi için uygun değildir; cıvanın kritik idrar konsantrasyonu 1 ila 2 µg/ml olarak önerilmiştir. Minamata hastalığı, yorgunluk, hafıza ve konsantrasyon kaybı, titreme, görme alanında daralma, kortikal körlük gibi belirtilerle karakterizedir (Jarup, 2003). Dünya Sağlık Örgütü tarafından önerilen cıva alımı miktarı 43 µg'dır (Murti, 1987). Yüksek cıva içeren bitkilerle beslenen hayvanlar etkilenir ve alopesi, nöropati, görme ve gastrointestinal sistem bozuklukları gibi sorunlar yaşarlar (Raikwar vd., 2008).

4. SU KITLIĞI VE HAYVANCILIĞA ETKİLERİ

Kabul gören Falkenmark su indeksine göre; bir ülkede kişi başına yıllık su arzının 1.700 m^3'ün altına düşmesi mevsimlik veya sürekli su stresi ile ilişkilendirilmektedir. Su arzı miktarının 1.000 m^3'ün altında olması su sıkıntısı, 500 m^3'ün altında su arzı ise su kıtlığı olarak ifade edilmektedir (Dilcan vd., 2018). Su kıtlığı, tüm kullanıcıların toplam etkisinin su arzını veya kalitesini etkileyeceği, çevre dahil tüm sektörlerin talebinin tamamen karşılanamayacağı noktadır (UN-Water/FAO, 2007).

Su, önemli bir besin maddesidir ve hayvanlar için gerekli miktarlarda kolayca erişilebilir olmalıdır (Nejad vd., 2014). Yeterli miktarda kaliteli su sağlamak, iyi hayvancılık yönetimi için hayati önem taşır. Günümüzde, kaliteli su talebini karşılayamama, dünyanın birçok yerinde kritik bir seviyeye ulaşmıştır. 2050 yılına kadar yüksek biyolojik değere sahip hayvansal kaynaklı gıdalara olan talebin iki katına çıkması beklenmektedir (Akinmoladun vd., 2019). Hayvansal gıdalara yönelik talebi karşılamak amacıyla artacak olan hayvancılık üretimi mevcut tatlı su kaynaklarını zorlayacaktır (Food and Agriculture Organization (FAO), 2012). Su kıtlığı, yüksek nüfus artış oranları, iklim değişikliği, doğal afetlere karşı hazırlıksızlık ve sınırlı müdahale kapasitesi gibi faktörlerle daha da kötüleşmektedir (Opiyo vd., 2015). 2025 yılında dünya nüfusunun %64'ünün su yetersizliği yaşayan bölgelerde yaşayacağı tahmin edilmektedir (Rosegrant vd., 2002)

Hayvancılık için içme suyunun yetersizliği veya bulunamaması, performans göstergelerinin tümünü olumsuz etkiler ve özellikle gelişmekte

olan ülkelerdeki küçük çiftçiler için gıda güvenliğine yol açabilir (Peacock, 2005). Su stresi, küçükbaş hayvanlar yem alımlarını azaltarak vücut kütlesi ve su kaybına bağlı olarak kilo kaybıyla sonuçlanır (Chedid, 2014). Vücut ağırlığının %18'ine varan su kayıpları sığır tarafından tolere edilebilir; koyun ve keçilerde bu oran %20'dir; deve için ise %25'tir ve bazı çöl Beduin ve Barmer keçilerinde %40'tan fazla olabilir. Çünkü mide öncesi su biriktirme kapasitesine sahiptir. Ancak, diğer hayvanlarda %15 veya daha fazla vücut kütlesi kaybı ölümcül olabilir (Shkolnik, 1980).

Su kısıtlaması sırasında hayvanların metabolizma hızının düştüğüne dair kanıtlar mevcuttur; bu durum enerji tasarrufu tepkisini öne sürmektedir (Choshniak vd., 1995). Su alımındaki bu dengesizlik, vücut ısısında ve rektal sıcaklıkta bir artışa neden olabilir (Rahardja vd., 2011; Nejad vd., 2017).

Literatürde su kıtlığının koyunculuğa etkisi ile ilgili çok sayıda çalışma vardır. Yetersiz su alımı, düşük yem temini ve sıcaklık stresi, koyunların fizyolojik dengesini olumsuz etkileyerek bağışıklık sistemlerini, büyüme ve üreme performanslarını bozar (Chedid vd., 2014). Ayrıca, bu faktörler et verimini düşürebilir ve et kalitesini daha kuru, daha sert ve daha koyu hale getirerek olumsuz etkileyebilir (Gregory, 2010; Jacob vd., 2006). Bu da özellikle geçimlerini koyun ticaretine bağlayan kaynakları sınırlı üreticiler için büyük ekonomik kayıplara yol açmaktadır.

Rahardja vd. (2011), açık alanda yetiştirilen koyunların (18–39 °C) sınırsız su alımının %50'sinin kısıtlandığında, iç mekân grubuna kıyasla organik madde (OM) alımında %11.8 azalma gözlemlemiştir (18–30 °C). Bu durum, su, sıcaklık ve besin stresi üçlüsünün yaygın olduğu kurak ve yarı kurak bölgelerdeki yaygın üretim sistemlerindeki koşullara benzer (Chedid vd., 2014; Silanikove, 1992). Ancak, azalmış yem alımı genellikle rumine etme, tükürük salgılama, hareket ve rumende geçiş hızlarında azalmayla birlikte görülür (Silanikove, 1992). Bu durumda, sindirim daha uzun süre rumende kalır ve rumen mikroplarının yapısal karbonhidratları parçalama süresi artar; dolayısıyla, besin sindirilebilirliği artar (Silanikove, 1992). Genel olarak, su alımı, besin alımı ile olumlu bir ilişki içindedir (Jaber vd., 2013); ılıman ırkların, kurak ve yarı kurak bölgelerde tropikal ırklara göre besin alımında daha fazla azalma yaşadığı gözlemlenmiştir (Silanikove, 1992). Düşük su alımının neden olduğu yem alımındaki düşüş, vücut ağırlığındaki ve karkas ağırlığındaki gözlemlenen azalmaların kısmen açıklamasını

sağlamaktadır; çünkü bu değişkenler, besin alımının doğal göstergeleridir ve doğrudan hayvan performansını yansıtır (Dos Santos vd., 2019; Silanikove, 1992).

Hayvancılıkta kullanılan yemlerin büyük bir kısmı suya bağımlıdır. Su kıtlığı, yem üretiminde verim kaybına neden olarak yem fiyatlarının artmasına ve dolayısıyla hayvancılık maliyetlerinin yükselmesine yol açar. Ayrıca, kuraklık dönemlerinde yem bitkilerinin verimi ciddi şekilde azalır (Gerber vd., 2013). Bu, hayvanların yeterli besin almasını engelleyerek, et ve süt verimliliğinde azalmaya neden olur.

Su kıtlığı sorunu, dünya genelinde çeşitli coğrafyalarda farklı boyutlarda kendini göstermektedir. Orta Doğu ve Kuzey Afrika, su kaynaklarının aşırı kullanımı ve iklim değişikliği nedeniyle ciddi su kıtlığı yaşayan bölgeler arasında yer almaktadır. Bu bölgelerde hayvancılık, su kaynaklarının azalmasıyla birlikte büyük tehdit altındadır. FAO (2020) raporuna göre, bu bölgelerde su kıtlığı nedeniyle hayvansal üretim 2030 yılı itibarıyla %30 oranında azalabilir.

Literatürde hayvancılıkta su kıtlığının etkilerini azaltabilmek adına yapılan ya da önerilen uygulamalardan bazıları şunlardır (Chikwanha vd., 2021):

- Su stresine toleranslı ırkların kullanımı
- Su kısıtlama ve yoksunluk tekniklerinin kullanımı
- Sürdürülebilir meraların yönetimi
- Sulu yem kaynaklarının kullanımı
- Su stresi azaltıcıların kullanımı
- Su kullanım verimliliğinin optimize edilmesi
- Tatlı su kaynaklarının sürdürülebilir şekilde toplanması ve muhafaza edilmesi
- Konvansiyonel olmayan su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı
- Su tasarrufu sağlayan karar destek araçları
- Kapasite geliştirme ve politika geliştirme.

5. MEVCUT SU KAYNAKLARI VE GÜNCEL DURUMU

Dünya üzerindeki su kaynakları, gezegenin yaşam döngüsünün temel taşıdır. Ancak, bu kaynaklar eşit şekilde dağılmamış ve büyük bir kısmı insanların kullanımına uygun değildir. Dünya yüzeyinin %70'i suyla kaplı

olmasına rağmen, bu suyun %97,5'i tuzlu su olup büyük oranda okyanuslarda ve denizlerde bulunurken yalnızca %2,5'i tatlı su olarak kabul edilir (Shiklomanov, 1993). Tatlı su kaynaklarının yaklaşık %68,9'u kutuplarda buzullar ve kalıcı kar örtüleri şeklinde, dolayısıyla insan kullanımına erişilemeyecek durumdadır. Kalan %30,8'lik tatlı su yer altı suyu, toprak nemi ve bataklıklarda bulunurken, yalnızca %0,3'ü nehir ve göllerde bulunmaktadır (Shiklomanov, 1993). Yer altı suları ve yüzey suları, tarım, endüstri, enerji üretimi ve içme suyu gibi hayati alanlarda kullanılır. Ancak bu kaynakların sürdürülebilir şekilde yönetilmesi gereklidir, aksi takdirde kıtlıklar kaçınılmaz hale gelecektir (Falkenmark ve Rockström, 2004).

Tatlı suyun küresel dağılımı oldukça dengesizdir; bazı bölgelerde bol miktarda bulunurken, bazı bölgelerde ciddi su kıtlığı yaşanır. Örneğin, Suudi Arabistan, Libya ve diğer bazı Orta Doğu ülkeleri gibi kurak ve yarı kurak bölgelerde su kaynakları oldukça sınırlıdır. Buna karşın, Amazon havzası, Kanada ve Norveç gibi bölgelerde su kaynakları bol miktarda mevcuttur. Bu durum, su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımını ve suya erişimi zorlaştırmaktadır (Gleick, 1993).

İklim değişikliği, su kaynakları üzerindeki baskıları artıran en önemli faktörlerden biridir. Küresel ısınma, buzulların erimesine, deniz seviyelerinin yükselmesine ve su döngüsündeki dengesizliklere neden olarak tatlı su kaynaklarının miktarını ve kalitesini tehdit etmektedir. Örneğin, Antarktika ve Grönland'daki buz tabakalarının hızla erimesi, tatlı su depolarının azalmasına ve deniz seviyesinin yükselmesine katkıda bulunmaktadır (IPCC, 2014). Ayrıca, yağış rejimlerindeki değişiklikler, bazı bölgelerde sel riskini artırırken, diğer bölgelerde kuraklıkların sıklığını ve şiddetini artırmaktadır.

Yağışların azalması ve düzensizleşmesi, özellikle tarıma dayalı ekonomilerde ciddi sonuçlar doğurur. Dünya nüfusunun büyük bir kısmı yağmura dayalı tarım yaparken, kuraklık dönemleri bu üretimi tehlikeye sokar ve gıda güvenliği üzerinde olumsuz etkiler yaratır. Tarımsal üretimin suya olan bağımlılığı göz önüne alındığında, su kıtlığının artması tarımsal verimliliği önemli ölçüde azaltabilir (Rockström vd., 2009).

Türkiye, su kaynakları açısından zengin bir ülke değildir. Hatta gerekli önlemler alınmazsa, gelecekte su sorunlarıyla karşılaşma riski oldukça yüksektir. Bunun temel sebepleri, ülkenin yıllık yağış miktarının dünya ortalamasından düşük olması ve yağışların bölgesel olarak dengesiz

dağılmasıdır. Ayrıca, su kaynakları coğrafi yapının düzensizlikleri nedeniyle yeterince kontrol edilememektedir (Savaş, 2021).

Türkiye'nin ortalama yıllık yağış miktarı 643 mm olup, yağış rejimi mevsimsel ve bölgesel olarak büyük farklılıklar göstermektedir. Yıllık su miktarı ise yaklaşık 501 km³ olarak hesaplanmıştır. Bu suyun 274 km³'ü buharlaşma ile atmosfere geri dönmekte, 41 km³'ü yeraltı suyu rezervlerini beslemekte ve 186 km³'ü akarsular yoluyla denizlere ve göllere ulaşmaktadır. Ayrıca, komşu ülkelerden gelen akarsularla yıllık 7 km³ suyun Türkiye'nin su potansiyeline eklendiği kabul edilmektedir, bu da toplam yenilenebilir tatlı su potansiyelini 234 km³ olarak belirlemektedir (Okman, 1994).

Yapılan çeşitli projeler ve değerlendirmeler sonucunda, teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir su miktarı 110 km³ olarak belirlenmiştir. Bu miktarın 95 km³'ü Türkiye'de doğan akarsulardan, 3 km³'ü dışarıdan gelen akarsulardan ve 12 km³'ü ise yeraltı sularından sağlanmaktadır (Savaş, 2021).

Türkiye, dünya ortalaması ile karşılaştırıldığında, su kaynakları sınırlı olan ülkeler arasında yer almaktadır (Bayazıt, 1995). Su zengini ülkelerde kişi başına düşen yıllık su miktarı 8.000 m³ iken, Türkiye'de bu rakam 3.400 m³'tür (Brutsaert, 2008). Bu da Türkiye'nin su kaynakları açısından yetersiz olduğunu göstermektedir. Gelecekte nüfusun artmasıyla kişi başına düşen su miktarının daha da azalacağı öngörülmektedir (Bayazıt, 1995).

6. SU ÇATIŞMALARI

Nüfus artışının su talebini artırması ve azalan su miktarı ile sınır aşan su kaynakları göz önünde bulundurulduğunda, su kaynakları üzerindeki anlaşmazlıkların çatışmalara dönüşme riski giderek artmaktadır (TASAM, 2016). Günümüzde su stresinin artması ve adaletsiz su dağılımı, ulusal güvenlik tehdidi olarak görülmektedir (Phillips vd., 2006). Bu tehdidin arkasındaki nedenlerden biri, dünya genelinde 310 nehir havzasının birden fazla ülkenin sınırlarından geçmesidir (Grech-Madin vd., 2018). Ayrıca, su kaynaklarının kullanımında fazla sayıda paydaşın bulunması ve bazı ülkeler arasında zaten mevcut olan sorunlar da çatışma riskini artıran faktörler arasındadır. 2025 yılına gelindiğinde su sıkıntısı yaşayacak insan sayısının 3 milyar olacağı öngörüldüğünde, çatışma ihtimalleri daha da artacaktır (Maden, 2013; Grech-Madin vd., 2018). Sınır aşan su etkileşimleri doğası gereği siyasidir ve bu etkileşimler, havzayı paylaşan ülkelerin daha geniş

sosyo-politik bağlamı tarafından belirlenir (Barua vd., 2018; Warner vd., 2017).

Su çatışmaları genellikle, su kıtlığı, etnik, dini veya ideolojik gerilimler, kıyıdaş ülkeler arasındaki güç asimetrisi gibi nedenlerle meydana gelmektedir (Maden, 2013). Örneğin, gücün en belirgin kaynaklarından biri coğrafi konumdur. Coğrafya, farklı ülkelere farklı avantajlar sağlar. Üst kıyı ülkesine belirgin bir avantaj tanınır. Çünkü bu ülke akışları manipüle edebilir (Cascão ve Zeitoun, 2010). Örneğin, nehirleri kendi çıkarlarına göre barajlamak veya saptırmak gücünü göstermek için bir yöntem olabilir (Vij vd., 2019). Nil havzasında, aşağı kıyı Mısır baskın bir konumdayken, Brahmaputra havzasında Çin ve Hindistan hegemonya için yarışmaktadır. Bu nedenle coğrafya dışında, sınır aşan etkileşimleri etkileyebilecek diğer güç alanları da vardır (Barua vd., 2018; Menga, 2016; Zeitoun, 2008). Warner (1992), üst kıyıdaki ülkelerin genellikle daha fazla güç kazanmak için suyu kullandıklarını, aşağı kıyıdaki ülkelerin ise daha fazla su elde etmek için gücü kullandıklarını ileri sürmüştür. Su çatışmalarına Ürdün ve Yarmuk Nehirleri'ndeki su kaynaklarının yön değiştirilmesi nedeniyle 1950'lerde kıyıdaş ülkeler arasında yaşanan çatışmalar ile Fırat Nehri üzerine yapılacak barajlar yüzünden Irak, Türkiye ve Suriye arasında meydana gelen anlaşmazlıklar örnek olarak gösterilebilir (Maden, 2013).

Uluslararası kuruluşlar, suyla ilgili çatışmaları önlemek amacıyla çeşitli hedefler belirlemiştir. Örneğin, Avrupa Birliği (AB), su diplomasisi yoluyla barışı, sürdürülebilir kalkınmayı ve insan haklarına saygıyı desteklemeyi amaçlamaktadır (Ruiz, 2020). Su, çatışmanın olduğu kadar iş birliğinin ve barışın da kaynağı olabilir. 2017 yılında yayımlanan "Küresel Üst Düzey Su ve Barış Paneli Raporu", suyun yalnızca kalkınma ve insan hakları açısından değil, aynı zamanda barış ve güvenlik açısından da önemli olduğunu vurgulamaktadır. Avrupa Konseyi de 2018 yılında, su kıtlığının barış ve güvenlik üzerindeki etkisine dikkat çekmiştir (Ruiz, 2020). AB, suyun sürdürülebilir ve iş birliğine dayalı kullanımını teşvik etmek amacıyla uluslararası anlaşmaların uygulanmasını desteklemektedir, örneğin "Sınıraşan Su Yolları ve Uluslararası Göllerin Korunması ve Kullanımı Sözleşmesi" (Helsinki Su Sözleşmesi) ve Birleşmiş Milletler Sınıraşan Su Kaynakları Hukuku Sözleşmesi (Ruiz, 2020) gibi.

Birleşmiş Milletler'in 2015 yılında kabul ettiği 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri, güvenli içme suyuna erişimi, sanitasyon hizmetlerini geliştirmeyi ve su ekosistemlerinin korunmasını amaçlamaktadır. Bu hedefler, su güvenliğini sağlama açısından kritik öneme sahip olup, diğer pek çok alanda da (gıda güvenliği, sağlık, enerji gibi) kesişen bir rol oynamaktadır (Ruiz, 2020).

Sonuç olarak, dünya çapında artan nüfus ve iklim değişikliği, su kıtlığı riskini daha da artırmaktadır. Özellikle sınıraşan su kaynakları üzerindeki gerilimler, iş birliği veya çatışmaya yol açabilecek potansiyel taşıyan önemli bir faktördür. Bu nedenle, uluslararası iş birliği ve su kaynaklarının etkin yönetimi hayati önem taşımaktadır (Smith ve Winterman, 2022).

7. YENİ NESİL SU YÖNETİM TEKNOLOJİLERİ

Su yönetimi, su kaynaklarının korunması, verimli kullanımı ve su kalitesinin iyileştirilmesi amacıyla kritik bir öneme sahiptir. Su kıtlığı ve iklim değişikliği gibi küresel zorluklar, su yönetim teknolojilerinde yenilikçi çözümleri zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda, yeni nesil su yönetim teknolojileri, daha akıllı, sürdürülebilir ve entegre sistemlerle suyun kullanımını optimize etmeyi hedeflemektedir. Su yönetimi için geliştirilen yeni nesil teknoloji uygulamalarına aşağıdaki uygulamalar örnek verilebilir.

7.1. Akıllı Su Şebekeleri

Akıllı sulama sistemi, performansı artıran ve sulama sistemlerini otomatikleştirerek su kullanımını koruyan gelişen bir tekniktir. Bu teknik, sulamayı gerçek toprak ve hava koşullarına göre ayarlar, bu nedenle çiftçilerin sulama süreci için suyu koruyan yeni bir teknikle taleplerini karşılamalarını sağlar (Abedin vd., 2017). Akıllı sulama sisteminin bileşenleri; veri toplama (sensör), sulama kontrolü, kablosuz iletişim, veri işleme ve hata tespitidir ve bu bileşenlerin her biri IoT cihazlarında kullanılabilir (Obaideen vd., 2022).

Nesnelerin İnterneti (IoT), akıllı telefon araçları ve sensörler, çiftçilerin tarla durumunu tam olarak bilmelerini sağlayan teknolojilerdir; bu, toprak sıcaklığı, ihtiyaç duyulan su miktarı, hava koşulları ve çok daha fazlasını içerir (Ayaz vd., 2019). IoT, mevcut internetin tüm cihazlara uzatılması olarak düşünülebilir; bu cihazlar, elektronik ekipmanlarla iletişim kurabilir ve internete bağlıdır, bu da cihazları kullanıcı dostu ve kolay kullanılabilir hale

getirir. Buna karşılık, IoT, tarım ve çiftçilik süreçlerinin tüm alanlarının otomasyonu ile bağlantılıdır, böylece tüm süreci daha verimli ve üretken hale getirir (Nawandar vd., 2019).

Kumar vd. (2017), sıcaklık, toprak nemi ve yağmur damlası sensör verilerini toplamak için IoT'ye dayalı tam otomatik bir zeki sulama sistemi oluşturmuşlardır. Bu çalışmada, IoT teknolojisinin ML (makine öğrenimi) ile su talebi değerlendirmesinde ve programlamasında yenilikçi bir şekilde birleştirilmesi, su kullanımı optimizasyonunda daha iyi sonuçlar elde edilmesi için bir atılım olarak kabul edilmiştir (Kumar vd., 2017).

Goap vd. (2018), IoT ve ML tekniklerine dayalı bir akıllı sulama sistemi geliştirmiştir. Bu çalışmada geliştirilen sistem, hava durumu tahminlerini kullanarak toprak nemini tahmin etmiş ve buna göre sulama ihtiyaçlarını belirlemiştir (Goap vd., 2018).

7.2. Makine Öğrenimi ile Su Yönetimi

Son yıllarda, su kaynakları yönetiminde (WRM) makine öğrenmesi (ML) uygulamaları önemli ilgi görmüştür (Razavi vd., 2022). Makine öğreniminin sulama zamanlamasında uygulanması, tarımsal üretkenliği ve su kullanım verimliliğini artırmıştır (Hunsaker vd., 2005; Karasekreter vd., 2013; Nachankar vd., 2018; Nawandar ve Satpute, 2019; Jamroen vd., 2020; Jimenez vd., 2020). Yeni veri toplama teknikleriyle birlikte elde edilen verilerden yararlanarak çiftçilerin karşılaştığı su kıtlığı, mahsul ve maliyet yönetimi gibi sorunlar için uygun çözümler bulunabilir (García vd, 2020; Elijah vd., 2018). Makine öğrenimi teknolojilerinin büyük veri ile entegrasyonu, sulama tahminlerinin daha zeki ve verimli bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlayarak, dünya nüfusunun artan su ihtiyacını sürdürülebilir şekilde karşılamayı garanti etmektedir (Sharma vd., 2021).

Günümüzde, farklı tarım ortamlarında uygulanan sulama suyu talebini tahmin etmek için çeşitli makine öğrenimi yöntemleri mevcuttur. Liou vd. (2001), simüle edilen parlaklık sıcaklığından toprak nemini tahmin etmek için hata yayılım öğrenme geri yayılım sinir ağı gibi makine öğrenimi modellerini ilk uygulayan araştırmacılar arasında yer almıştır. Sonrasında da toprak nemini tahmin etmek için çok sayıda çalışma yapılmıştır. Hatta Gill vd. (2006), SVM (Support Vector Machines, Destek Vektör Makineleri)'yi kullanarak dört ila yedi gün öncesinden toprak nemini tahmin etmiş ve

tahminlerin gerçek toprak nemi ölçümleriyle oldukça uyumlu olduğunu göstermiştir.

Navarro-Hellín vd. (2016), İspanya'da narenciye plantasyonunun haftalık sulama süresini tahmin etmek için Kısmi En Küçük Kareler Regresyonu (PLSR) ve Uyarlanabilir Bulanık Çıkarım Sistemleri'ni (ANFIS) kullanan ilk araştırmacılar olmuşlardır. Amaç, verimi en üst düzeye çıkarırken suyu en iyi şekilde yöneterek sulama süresini bulmaktır.

Sun vd. (2017), sulama planlama ve programlama yapmak için bir RL (yıkama gereksinimi) algoritması geliştirmişlerdir.

Goldstein vd. (2018), İsrail'de jojoba tarlaları için sensör ve hava durumu verilerine dayalı bir ML modeli oluşturmuşlardır. Çalışma, doğrusal olmayan fonksiyonel ilişkilerin bulunduğu durumlarda parametrik olmayan modellerin RL yöntemlerine göre daha iyi performans gösterdiğini vurgulamıştır.

Adeyemi vd. (2018), bir patates tarlasında tahmine dayalı sulama programlaması için FFNN (ileri beslemeli sinir ağı) ve LSTM (uzun-kısa süreli bellek) modellerini geliştirmiştir. Elde edilen sonuçlar, iki modelin karşılaştırılabilir performans sergilediğini ve LSTM'nin daha yüksek bir regresyon katsayısı sağladığını göstermiştir.

7.3. İleri Seviye Arıtma Teknolojileri

İleri Seviye Arıtma Teknolojileri (Advanced Treatment Technologies), su ve atık suların ileri düzeyde arıtılması için kullanılan yöntemlerdir. Bu teknolojiler, geleneksel arıtma yöntemlerinin ötesine geçerek mikro kirleticiler, ağır metaller, endokrin bozucular ve diğer inatçı kirleticilerin giderilmesine odaklanır. Bu bölümde literatürde yer alan ileri seviye arıtma teknolojilerine örnekler verilmiştir.

7.3.1. Membran Teknolojileri

Endokrin bozucu bileşikler (EDC'ler) ve farmasötik aktif bileşikler (PhAC'ler), su sistemlerine çeşitli yollarla salınan ve yüzey suyu, atık su ve yer altı suyu gibi farklı su ortamlarında bulunan kalıcı, insan yapımı bileşiklerdir (Snyder vd., 2005). Bu bileşikler, günümüzde ortaya çıkan su kirleticileri ve küresel endişe kaynağı olarak kabul edilmektedir (Liu ve Wong, 2013). EDC'ler ve PhAC'ler, tarımsal çamur ve kanalizasyonun

yeniden kullanımı gibi yollarla insanlara ve hayvanlara bulaşarak, besin zincirinde birikme, kanserojenlik ve büyüme inhibisyonu gibi olumsuz sağlık etkileri yaratır (Aurelien vd., 2013; Dodgen vd., 2015). Bu tür kirleticilerin sudan uzaklaştırılmasında mebran teknolojileri kullanımı ile ilgili çok sayıda uygulamaya literatürde yer verilmiştir (Han vd., 2024).

1960'larda icat edilen membran filtrasyonu, iki faz arasında bir bariyer oluşturarak birçok kimyasalın taşınmasını sınırlayan bir yöntemdir (Yalcinkaya vd., 2020). Membranlar, yapı/pore boyutuna bağlı olarak mikrofiltrasyon (MF), ultrafiltrasyon (UF), nanofiltrasyon (NF) ve ters osmoz (RO) olarak sınıflandırılır (Zazouli ve Kalankesh, 2017). MF membran genellikle sudan partikül maddeleri uzaklaştırır, ancak çözünmüş organikler ve iyonları gideremez. UF membran, çözünmüş katıların bir kısmını uzaklaştırmada etkilidir, NF membran ise boyut sınırlaması yoluyla küçük çözünmüş parçacıkları, renk ve sertliği giderir (Yadav vd., 2022). RO membran basınç teknolojisini kullanır ve tek değerli iyonları ve silika tortularını giderebilir (Zazouli ve Kalankesh, 2017). Membran filtrasyonu, atıksu arıtımında etkili bir strateji olarak bilinir ve geleneksel arıtma tekniklerinin yerini almak üzere uygulanmaktadır (Kamran vd., 2022; Yadav vd., 2020). Bununla birlikte, membran tabanlı süreçlerin yaygın şekilde benimsenmesi, su akışı ve seçicilik kısıtlamaları, kontaminasyon ve basınç sorunları, yeniden kullanılabilirlik zorlukları ve kirletici reddi sırasında tehlikeli yan ürünlerin oluşumu gibi çeşitli sınırlamalarla engellenmiştir (Kumari vd., 2020).

Son zamanlarda, yenilikçi hibrit membran teknolojileri, geleneksel su arıtma membranlarının dezavantajlarını aşmak için olası çözümler olarak büyük ilgi görmüştür (Kamran vd., 2022).

7.3.2. Aktif Karbon Adsorpsiyonu

Atıksu arıtma tesisi (AAT) deşarjlarında özellikle ilaçlar, hormonlar, kişisel bakım ürünleri veya pestisitler gibi geniş bir yelpazedeki yeni mikro kirleticilerin varlığına dikkat çekilmiştir (Miège vd., 2009; Verlicchi vd., 2012; Loos vd., 2013; Mailler vd., 2015). Çeşitli hidrofobik, uçucu veya biyobozunur bileşikler geleneksel atıksu arıtma yöntemleri ile güçlü bir şekilde uzaklaştırılsa da (Ruel vd., 2012; Mailler vd., 2014) çoğu mikro kirletici yeterince giderilememektedir. Bu nedenle, kirlilik azaltma stratejileri

olarak, kaynakta azaltma, AAT optimizasyonu veya üçüncül arıtma yöntemlerinin uygulanması gibi çeşitli stratejiler, bilim camiası ve su arıtma mühendisleri tarafından değerlendirilmektedir. Bu stratejiler arasında, mikro kirleticilerin giderilmesine yönelik üçüncül arıtma yöntemlerinin uygulanması, uygun bir çözüm olarak öne çıkmaktadır. Özellikle, aktif karbon adsorpsiyonu, her türlü AAT'ye uyum sağlayabilen, nispeten ucuz ve oksidasyon yan ürünleri üretmeyen etkili bir yöntem olarak görünmektedir (Abegglen ve Siegrist, 2012; Mailler vd., 2016).

Aktif karbonlar üzerindeki adsorpsiyon süreçleri çok hızlıdır. Bu tür karbon materyallerinin yüksek adsorpsiyon kapasitesi, sadece iyi gelişmiş yüzey alanlarının değil, aynı zamanda yüzeylerinde bulunan ve gaz ve sıvı kirleticilerin adsorpsiyonuna yardımcı olan her türlü fonksiyonel grubun varlığının bir sonucudur. Aktif karbonun geniş kullanım alanı, aynı zamanda düşük üretim maliyeti, zengin kaynakları ve nispeten kolay bertarafı ile de ilgilidir (Bandosz, 2006).

Son zamanlarda, sıvı ve gaz fazlarından kirleticilerin etkili adsorbanları olarak karbon materyalleri giderek daha fazla kullanılmaktadır (Herrera-González vd., 2019; Kazmierczak-Razna vd., 2017).

7.3.3. İleri Oksidasyon Prosesleri (AOPs)

Ozonlama, UV-ışınımı, Fotokatalitik Oksidasyon, Fenton Reaksiyonu gibi oksidatif işlemler, organik ve inorganik kirleticilerin su içerisindeki kimyasal bağlarını kırarak bu kirleticilerin mineralizasyonunu sağlar. Bu yöntemler, ilaç kalıntıları ve endokrin bozucular gibi inatçı bileşenlerin giderilmesinde çok etkilidir (Pera vd., 2004; Esplugas vd., 2007).

7.3.4. Elektrokimyasal Oksidasyon

Bu yöntem, elektriksel akımın suya uygulanarak kirleticilerin oksidasyon yoluyla giderilmesini sağlar. Elektrokimyasal oksidasyon, inatçı organik kirleticilerin, ağır metallerin ve mikrobiyal patojenlerin uzaklaştırılmasında oldukça etkilidir (Martínez-Huitle ve Brillas, 2009).

7.3.5. Biyolojik Arıtma Yöntemleri ve Hibrit Sistemler

Birçok atık su arıtma süreci fiziksel, kimyasal ve biyolojik teknikleri içerir. Biyolojik arıtma sırasında atık su kimyasallar yerine

mikroorganizmalar kullanılarak arıtılır. Bu nedenle, bu yöntemler nispeten daha çevre dostudur (Hussain vd., 2021). Biyolojik atık su arıtımı, EC'lerin (emerging contaminants - gelişen kirleticiler) ve diğer kirleticilerin giderilmesi ve bozunmuş ürünlerin bertaraf edilmesi için biyolojik süreçler ve organizmaların kullanılmasıdır (Grandclément vd., 2017). Biyobozunma, mikroorganizmalar (algler, bakteriler ve mantarlar gibi) kullanılarak EC'lerin daha küçük moleküllere veya hatta su ve CO_2'ye biyomineralizasyon yoluyla ayrıştırılmasını içerir. Organik maddelerin ve azot, fosfor gibi besin maddelerinin mikroorganizmalar tarafından metabolize edilmesiyle bu süreç gerçekleşir. Bu teknikler, organik kirleticiler içeren atık suların arıtımında yaygın olarak kullanılır (Christensen vd., 2009). Biyolojik süreçler, aerobik ve anaerobik süreçler olarak sınıflandırılabilir. Aerobik teknikler aktif çamur, membran biyoreaktörü (MBR) ve ardışık kesikli reaktör (SBR) içerirken, anaerobik işlemler anaerobik çamur reaktörleri ve anaerobik film reaktörlerini içerir. Aerobik arıtımın nihai ürünleri CO_2, su ve biyokütle iken, anaerobik arıtımda CO_2, metan ve biyokütle üretilir (Ahmed vd., 2017; Ahmed vd., 2021).

Biyolojik Filtreler, Biyoreaktörler ve Alg Bazlı Sistemler gibi biyolojik süreçler, mikroorganizmaların organik kirleticileri biyolojik olarak ayrıştırmasını sağlar. Özellikle atıksu arıtımında yaygın olarak kullanılan bu teknolojiler, düşük enerji tüketimi ve sürdürülebilirlik açısından avantajlıdır (Henze vd., 2008). Ancak, biyolojik arıtma organik kirleticileri temizler, tüm kirleticileri değil (Hussain vd., 2021). Bu nedenle, atık suyun istenen seviyeye kadar arıtılması için çeşitli arıtma yöntemlerinin uygun bir kombinasyonu gereklidir (Singh vd., 2024).

Çevre koruma ve sürdürülebilir kalkınma konusunda hükümetler ve vatandaşlar arasında farkındalığın artmasıyla birlikte, atık su arıtma kriterleri gittikçe daha katı hale gelmektedir. Tüm ülkeler, Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarına (SKA) uymaya çalışmakta ve bu nedenle çeşitli boyutlarda sürdürülebilir uygulamaları benimsemektedir (Hoareau vd., 2021). Bu nedenle, sürdürülebilir hibrit atık su arıtma yöntemlerinin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır.

8. TÜRKİYE'NİN SU YÖNETİM POLİTİKALARI

Su stresi yaşayan ülkeler kategorisine giren Türkiye'nin yıllık kullanılabilir su potansiyelinin %74'ü tarımda, %15'i içme suyu olarak, %11'i ise sanayide kullanılmaktadır (Anonim, 2023). Türkiye, artan nüfus, iklim değişikliği ve tarımsal faaliyetlerin baskısı altında su yönetimi konusunda büyük zorluklarla karşı karşıya kalmaktadır. Bu durum, su kaynaklarının etkin yönetimi ve korunmasını her zamankinden daha önemli hale getirmektedir. Türkiye'nin su yönetim politikaları, su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi, su kalitesinin korunması ve suyun etkin bir şekilde dağıtılmasına yönelik bir dizi stratejiye dayanmaktadır.

DSİ verilerine göre Türkiye'de toplam yıllık su akış miktarının yaklaşık yarısı, 26 havzanın beşinde (Fırat, Dicle, Doğu Karadeniz, Doğu Akdeniz ve Antalya) bulunmaktadır. Bu beş havzanın dışındaki 21 havza toplam su akışının geri kalan yarısını paylaşmaktadır. Sadece Fırat ve Dicle Havzalarının payı toplam akışın yaklaşık %30'unu bulmaktadır (Anonim, 2006). Su dağılımındaki bu eşitsizlik, su yönetimi politikalarının bölgesel olarak farklılık göstermesine neden olmaktadır. Türkiye'nin Su Yönetimi Politikalarını birkaç başlık altında inceleyelim.

8.1. Nehir Havza Yönetimi Yaklaşımı

Türkiye, Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi (WFD) ile uyum süreci çerçevesinde, su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi için "Nehir Havza Yönetimi" ilkesi benimsenmiştir (Anonim, 2021). İklim değişikliği sonucu oluşacak kuraklığa karşı su kaynaklarının korunması için gerekli uygulama araçlarından biri olarak kabul edilen havza yönetimi, suyun doğal ve kıt bir kaynak olarak ele alınmasını vurgulayan, ekolojik dengeyi ön plana çıkaran bir yönetim modelidir (Karadağ ve Uzun, 2009). Havza yönetimi kavramının gelişimi ile su kaynaklarını ve kalitesini korumaya, etkinliğini, verimliliğini arttırmaya yönelik hedefler, bu hedeflerin uygulama aracı olarak da yönetim planları oluşturulmaktadır (MPCA, 2002).

Türkiye'de 25 ana nehir havzası bulunmakta olup, her bir havza için ayrı yönetim planları hazırlanmaktadır. Bu planlar, havzaların ekosistemlerinin korunması, su kalitesinin iyileştirilmesi ve suyun adil dağılımını hedeflemektedir (Anonim, 2021).

8.2. Su Tasarrufu ve Verimli Kullanım

Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD)'nin Environmental Performance Reviews: Turkey 2019 raporunda Türkiye'nin değerlendirmesi yapılmıştır. Bu rapora göre;

- Türkiye, 2015 yılında Tarımda Su Kullanım Verimliliğini Artırma Programı için Eylem Planı'nı tanıttı. Bu plan, sulama altyapısının modernleştirilmesini; eğitim ve yayım programları aracılığıyla su tasarrufu uygulamalarının yaygınlaştırılmasını; su kıtlığına dayalı destek politikalarının gözden geçirilmesini ve su yönetiminin iyileştirilmesini önceliklendirmektedir. Amaç, yeraltı suyu kullanımını azaltmak ve su tasarrufu sağlayan sulama teknolojilerinin kullanımını artırmaktır (OECD, 2017).

- İçme Suyu Arzı ve Dağıtım Sistemi Su Kaçaklarının Kontrolü" konulu bir yönetmelik (2014) ile idarelerin su kaçaklarını nüfuslarına göre belirli seviyelere düşürmelerini ve yıllık bir rapor hazırlamalarını zorunlu kılındı (ÇŞB, 2016). Bu yönetmelik, büyükşehir belediyelerinde içme suyu arz sistemlerindeki su kaybı ve kaçaklarını beş yıl içinde %30, sonraki dört yıl içinde ise %25 oranında azaltma hedefleri belirlemiştir. Diğer belediyelerde ise bu oran, dokuz yıl içinde %30 ve sonraki beş yıl içinde %25 olarak belirlenmiştir (EEA, 2015).

- Mevcut arıtma tesislerinin rehabilitasyonu ve geri dönüştürülmüş suyun sulamada kullanılması için çalışmalar yürütülmektedir. Turizm odaklı yatırımların yoğunlaştığı Ege ve Akdeniz bölgelerinde, arıtma tesislerinden çıkan atık suların sulamada kullanımı ancak son zamanlarda başlamıştır. Bazı arıtılmış su, park ve bahçelerin sulanmasında kullanılmakta; bazıları ise sulama amacıyla kullanılmak üzere stabilizasyon havuzlarında depolanmaktadır (ÇŞB, 2016)

- Tarım, Türkiye'de suyun birincil tüketicisi olup, tatlı su çekimlerinin neredeyse %90'ını temsil etmektedir. Bu nedenle, sulama verimliliğine yapılan yatırımlar, su kullanımını azaltmak ve su kıtlıklarına karşı dayanıklılık geliştirmek için kritik öneme sahip olacaktır. Türkiye, sulama alanında yatırımlarını önemli ölçüde artırmıştır. 2015'te yıllık yatırımlar, 2008'e göre üç katından fazla olmuştur (OECD, 2016). Yeni projeler, damla ve püskürtme sulama sistemleri ile tasarlanmakta ve açık kanallar kapalı kanal sistemlerine dönüştürülmektedir.

- Atık su toplama ağına ve arıtma tesislerine erişim yaklaşık %70'e yükselmiş, ancak OECD ülkeleri arasında en düşük seviyelerde kalmıştır (OECD, 2019).

8.3. Baraj ve Gölet Projeleri

Türkiye, su kaynaklarının yönetiminde su depolama projelerine büyük önem vermektedir. DSİ verilerine göre Türkiye'deki baraj sayısı 861'dir. Özellikle Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) kapsamında inşa edilen barajlar hem tarımsal sulama hem de enerji üretimi açısından kritik öneme sahiptir. DSİ 2023 Faaliyet raporuna göre 2023 yılında 54 yeni baraj inşa edilmiş, 25 adet gölet yapılmıştır. Bu barajlar, suyun depolanması, taşkın kontrolü ve enerji üretiminde kullanılmaktadır (Anonim, 2023). Ancak, bu projeler ekolojik etkiler bakımından tartışmalıdır. Özellikle Dicle ve Fırat nehirleri üzerindeki baraj projeleri, bölgesel ekosistemler üzerinde önemli değişikliklere yol açmış ve komşu ülkelerle su paylaşımı konusunda anlaşmazlıklara neden olmuştur (Kibaroglu ve Scheumann, 2013).

06.02.2023 tarihinde Kahramanmaraş ili Pazarcık merkezli 7.7 büyüklüğünde ve Elbistan Merkezli 7.6 büyüklüğünde 11 ili kapsayan iki depremin ardından Sabit ve döner kanatlı insansız hava araçlarımızla depremden etkilenen tesislerimizin durumu incelenmiştir. Ayrıca DSİ teknik ekipleri tarafından deprem bölgesi içerisinde kalan 140 adet baraja gidilmiş olup ilk etapta gözlemsel incelemeler sonucunda acil müdahaleyi gerektirecek bir duruma rastlanmamıştır. Atatürk Barajı 4 defa detaylıca kontrol edilmiş ve herhangi bir sorun gözlemlenmemiştir. Deprem sonrası bölgedeki Hatay Yarseli ve Büyük Karaçay barajlarında tekrardan inceleme yapılmış ve barajlarda acil müdahale gerektiren herhangi bir risk unsuruna rastlamamıştır (Anonim, 2023).

8.4. İklim Değişikliğine Uyum Stratejileri

İklim değişikliği, Türkiye'nin su kaynakları üzerinde büyük bir baskı oluşturmaktadır. Artan sıcaklıklar ve değişen yağış rejimleri, su kıtlığı riskini artırmaktadır. Türkiye, Paris Anlaşması'na taraf olarak, iklim değişikliğiyle mücadele stratejilerine su yönetimini de dahil etmiştir. Türkiye'nin Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı (2011-2023) kapsamında, su kaynaklarının

iklim değişikliğine dayanıklı hale getirilmesine yönelik çalışmalar yürütülmektedir (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2023).

KAYNAKÇA

Abedin, Z., Chowdhury, A.S., Hossain, M.S., Andersson, K., Karim, R. (2017). An interoperable IP based WSN for smart irrigation system. 14th IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC).

Abegglen, C., Siegrist, H. (2012). Micropolluants dans les eaux résiduaires urbaines. Etapes de traitement supplémentaire dans les stations d'épuration Report. Publié par l'Office fédéral de l'environnement OFEV" (in French).

Adams, R.S., Sharpe, W.E. (1995). Water intake and quality for dairy cattle. Penn State Ext. Publ. DAS 95-8. Pennsylvania State University, University Park, PA.

Adeyemi, O., Grove, I., Peets, S., Domun, Y., Norton, T. (2018). Dynamic neural network modelling of soil moisture content for predictive irrigation scheduling. Sensors, 18(10), 3408.

Ahmed, M.B., Zhou, J.L., Ngo, H.H., Guo, W., Thomaidis, N.S., Xu, J. (2017). Progress in the biological and chemical treatment technologies for emerging contaminant removal from wastewater: a critical review. J. Hazard Mater., 323, 274-298.

Ahmed, S.F., Mofijur, M., Nuzhat, S., Chowdhury, A.T., Rafa, N., Uddin, M.A., Inayat, A., Mahlia, T.M.I., Ong, H.C., Chia, W.Y., Show, P.L. (2021). Recent developments in physical, biological, chemical, and hybrid treatment techniques for removing emerging contaminants from wastewater. J. Hazard Mater., 416.

Akinmoladun, O.F., Muchenje, V., Fon, F.N., Mpendulo, C.T. (2019). Small ruminants: farmers' hope in a world threatened by water scarcity. Animals 9, 456.

Allen, J.G., Masters, H.G., Peet, R.L., Mullins, K.R., Lewis, R.D., Skirrow, S.Z., Fry, J. (1983). Zinc toxicity in ruminants. J. Comp. Pathol., 93, 363-377.

Alonso, M.L., Mantaña, F.P., Miranda, M., Castilho, C., Hernández, J., Benedito, J.L. (2004). Interactions between toxic (As, Cd, Hg and Pb) and nutritional essential (Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Se, Zn)

elements in the tissues of cattle from NW Spain. Biometals, 17, 397-398.

Anonim, (2006). Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü 2006 Yılı Faaliyet Raporu. https://www.dsi.gov.tr

Anonim, (2013). Farm water quality considerations. New Nouveau Brunswick Canada.

Anonim, (2023). Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü 2023 Barajlar ve Göletler Raporu. https://www.dsi.gov.tr

Aranha, S., Nishikawwa, A.M., Taka, T., Salione, E.M.C. (1994). Níveis de cádmio e chumbo em fígado e rins de bovinos. Rev. Inst. Adolfo Lutz, 54, 16-20.

Arias, R.A., Mader, T.L. (2011). Environmental factors affecting daily water intake on cattle finished in feedlots. J. Anim. Sci., 89: 245-251.

Aurelien, B.D., Sylvie, B., Alain, D., Jerome, G., Yves, P. (2013). Ecotoxicological risk assessment linked to the discharge by hospitals of bio-accumulative pharmaceuticals into aquatic media: the case of mitotane. Chemosphere, 93 (10), 2365-2372.

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) (2000). Toxicological profile for arsenic U.S. Department of health and human service, Public Health Service, A-5.

Ayaz, M., Ammad-Uddin, M., Sharif, Z., Mansour, A., Aggoune, E.H.M. (2019). Internet-of-Things (IoT)-based smart agriculture: toward making the fields talk. IEEE Access, 7, 129551-129583.

Bagley, C.V., Amacher, J.K., Poe, K.F. (1997). Analysis of water quality for livestock. All Archived Publications, digitalcommons.usu.edu, Paper 106.

Bailey, J.D., Ansotegui, R.P., Paterson, J.A., Swenson, C.K., Johnson, A.B. (2001). Effects of supplementing combinations of inorganic and complexed copper on performance and liver mineral status of beef heifers consuming antagonists. J. Anim. Sci., 79, 2926-2934.

Bandosz (2006). Activated Carbon Surfaces in Environmental Remediation Elsevier Ltd, Oxford.

Barbera, A.J., McConnell, V.D. (1990). The impact of environmental regulations on industry productivity: Direct and indirect effects, J. Environ. Econ. Manage., 18, 50–65.

Barua, A., Vij, S., Zulfiqur Rahman, M. (2018). Powering or sharing water in the Brahmaputra River basin. International Journal of Water Resources Development, 34(5), 829–843.

Bayazıt, M. (1995). Hidroloji. İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları.

Beede, D.K. (2006). Evaluation of Water Quality and Nutrition for Dairy Cattle.High Plains Dairy Conference. Albuquerque, NM, 129-154.

Beede, D.K. (2012). What will our ruminants drink? Animal Frontiers 2, 36-43.

Blanco-Penedo, I., Cruz, J.M., López-Alonso, M., Miranda, M., Castilho, C., Hernández, J., Benedito, J.L. (2006). Influence of copper status on the accumulation of toxic and essential metals in cattle. Environ. Int., 32, 901-906.

Blottner, S., Frolich, K., Roelants, H., Streich, J., Tataruch, F. (1999). Influence of environmental cadmium on testicular proliferation in roe deer. Reproductive Toxicology, 13(4), 261-267.

Boyles, S., Wohlgemuth, K., Fisher, G., Lundstrom, D., Johnson, L. (1988). Livestock and water. North Dakota State University, Extension Service Bulletin, AS-954.

Brew, M.N., Jeffrey, C., Mary, K.M. (2009). The Impact of Water Quality on Beef Cattle Health and Performance. UF IFAS Extension; 1-4.

Brod, D.L., Bolsen, K.K., Brent, B.E. (1982). Effect of Water Temperature in Rumen Temperature Digestion and Rumen Fermentation in Sheep. J. Anim. Sci., 54, 179-182.

Brutsaert, W. (2008). Hydrology an introduction. Cornell University, Cambridge University Press.

Cao, Y., Bark, A.W., Williams, W.P. (1996). Measuring the responses of macroinvertebrate communities to water pollution: A comparison of multivariate approaches, biotic and diversity indices, Hydrobiologia. 341, 1–19.

Carroll, J.A., Forsberg, N.E. (2007). Influence of stress and nutrition on cattle immunity. Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract., 23, 105-149.

Carvalho, F.A.N., Barbosa, F.A., McDowell, L.R. (2003). Minerais. In: Carvalho, FAN, Barbosa FA, McDowell LR (eds.). Nutrição de bovinos a pasto Belo Horizonte: PapelForm Editora Ltda, 157-368.

Cascão, A. E., Zeitoun, M. (2010). Power, hegemony and critical hydropolitics. In A. Earle, A. Jagerskog, & J. Ojendal (Eds.), Transboundary Water Management: Principles and Practice, 27–42.

Cemek, B., Çetin, S., Yıldırım, D. (2011). Çiftlik ve Kümes Hayvanlarının Su Tüketimi ve Su Kalite Özellikleri. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi 4 (1), 57-67.

Chapagain, A.K., Hoekstra, A.Y. (2003). Virtual Water Flows Between Nations in Relation to Trade in Livestock and Livestock Products. Value of Water Research Report Series No. 13, UNESCO-IHE, Delft, The Netherlands.

Chedid, M., Jaber, L.S., Giger-Reverdin, S., Duvaux-Ponter, C., Hamadeh, S.K. (2014). Review: Water stress in sheep raised under arid conditions. Can. J. Anim. Sci., 94, 243–257.

Chikwanha, O.C., Mupfiga, S., Olagbegi, B.R., Katiyatiya, C.L.F., Molotsi, A.H., Abiodun, B.J., Dzama, K., Mapiye, C. (2021). Impact of water scarcity on dryland sheep meat production and quality: Key recovery and resilience strategies. Journal of Arid Environments, 190, 104511.

Choshniak, I., Ben-Kohav, N., Taylor, C.R., Robertshaw, D., Barnes, R.J., Dobson, A., Belkin, V., Shkolnik, A. (1995). Metabolic adaptations for desert survival in the Bedouin goat. Am. J. Physiol. 268, 1101–1110.

Christensen, A., Gurol, M.D., Garoma, T. (2009). Treatment of persistent organic compounds by integrated advanced oxidation processes and sequential batch reactor. Water Res., 43, 3910-3921.

Christodoulopoulos, G., Roubies, N. (2007). Diagnosis and treatment of copper poisoning caused by accidental feeding on poultry litter in sheep flock. Australian Veterinary Journal, 85, 451-453.

Crossgrove, J.S., Yokel, R.A. (2005). Manganese distribuition across the blood-brain barrier, IV. Evidence For brain influx through storeoperated calcium channles. Neurotoxicology, 26, 297-307.

ÇŞB (2016). Çevresel Göstergeler 2015, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.

Dehn, P.F., White, C.M., Conners, D.E., Shipkey, G., Cumbo, T.A. (2004). In vitro characterization of the human hepatocellular carcinoma (herpg 2) cell lines an in vitro model of cadmium toxicity studies. Cell Dev. Biol. Anim., 40, 172-182.

Descheemaeker, K., Amede, T., Haileslassie, A. (2010). Improving water productivity in mixed crop-livestock farming systems of sub-Saharan Africa. Agric. Water Manag., 97, 579–586.

Deutsch, L., Falkenmark, M., Gordon, L., Rockström, J., Folke, C. (2010). Water- mediated ecological consequences of intensification and expansion of livestock production. In: Steinfeld, H., Mooney, H., Schneider, F., Neville, L.E. (Eds.), Livestock in a Changing Landscape. Volume1. Drivers, Consequences and Responses. Island Press, London, UK, 97–110.

Dilcan, Ç.C., Çapar, G., Korkmaz, A., İritaş, Ö., Karaaslan, Y., Selek, B. (2018). İçme suyu şebekelerinde görülen su kayıplarının dünyada ve ülkemizdeki durumu. Anahtar Dergisi, 354, 10-18.

Ding, J., An, X.L., Lassen, S.B., Wang, H.T., Zh, D., Ke, X. (2019). Heavy metal-induced co-selection of antibiotic resistance genes in the gut microbiota of collembolans. Science of The Total Environment, 683, 210-215.

Djukić-Ćosić, D., Jovanović, M.C., Blut, Z.P., Ninković, M., Maličevic, Z., Matović, V. (2008). Relation between lipid peroxidation and iron concentration in mouse liver after acute and subacute cadmium intoxication. J. Trace Elem. Med. Biol., 22, 66-72.

Dodgen, L.K., Ueda, A., Wu, X.Q., Parker, D.R., Gan, J. (2015). Effect of transpiration on plant accumulation and translocation of PPCP/EDCs Environ. Pollut., 198, 144-153.

Dos Santos, F.M., de Araújo, G.G.L., de Souza, L.L., Yamamoto, S.M., Queiroz, M.A.´A., Lanna, D.P.D., de Moraes, S.A. (2019). Impact of water restriction periods on carcass traits and meat quality of feedlot lambs in the Brazilian semi-arid region. Meat Sci., 156, 196–204.

Dwivedi, A.K. (2017). Researches in water pollution: a review, Int. Res. J. Nat. Appl. Sci., 4, 118–142.

EEA (2015), Turkey Country Briefing – The European Environment – State and Outlook 2015, European Environment Agency, Copenhagen, www.eea.europa.eu/soer.

Elijah, O., Rahman, T.A., Orikumhi, I., Leow, C.Y., Hindia, M.N. (2018). An overview of internet of things (IoT) and data analytics in agriculture: benefits and challenges. IEEE Internet Things J. 5 (5), 3758–3773.

Engle, T.E., Fellner, V., Spears, J.W. (2001). Copper status, serum cholesterol, and milk fatty acid profile in holstein cows fed varying concentrations of copper. J. Dairy Sci., 84, 2308-2313.

Eryavuz, A., Dehority, B.A. (2009). Effects of supplemental zinc concentration on cellulose digestion and cellulolytic and total bacterial numbers in vitro. Anim. Feed Sci. Technol., 151, 175-183.

Esplugas, S., Bila, D.M., Krause, L.G.T., Dezotti, M. (2007). Ozonation and advanced oxidation technologies to remove endocrine disrupting chemicals (EDCs) and pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in water effluents. Journal of Hazardous Materials, 149(3), 631-642.

Evans, A.E., Mateo-Sagasta, J., Qadir, M., Boelee, E., Ippolito, A. (2019). Agricultural water pollution: key knowledge gaps and research needs, Curr. Opin. Environ. Sustain., 36, 20–27.

FAO (2020). The State of Food and Agriculture (2020). Overcoming Water Challenges in Agriculture. FAO. http://www.fao.org/3/cb1447en/CB1447EN.pdf

Falkenmark, M., Rockström, J. (2004). Balancing Water for Humans and Nature: The New Approach in Ecohydrology, Earthscan.

Franzblau, A. and Lilis, R. (1989). Acute Arsenic Intoxication from Environmental Arsenic Exposure. Archives of Environmental Health., 44, 385-390.

García, L., Parra, L., Jimenez, J., Lloret, J., Lorenz, P. (2020). IoT-based smart irrigation systems: an overview on the recent trends on sensors and IoT systems for irrigation in precision agriculture. Sensors, 20(4), 1042.

Gengelbach, G.P., Ward, J.D., Spears, J.W., Brown, Jr T.T. (1997). Effects of copper deficiency and copper deficience coupled with high dietary iron or molybdenum on phagocytic cell function and response of calves to a respiratory disease challenge. J. Anim. Sci., 75, 1112-1118.

Gerber, P. J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A., Tempio, G. (2013). Tackling climate change through livestock: A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome 2013, FAO.

German, D., Thiex, N., Wright, C. (2008). Interpretation of water analysis for livestock suitability. South Dakota State University, C274.

Grandclément, C., Seyssiecq, I., Piram, A., Wong-Wah,-Chung, P., Vanot, G., Tiliacos, N., Roche, N., Doumenq, P. (2017). From the conventional biological wastewater treatment to hybrid processes, the evaluation of organic micropollutant removal: a review. Water Research, 111, 297-317.

Gilbert, M.E., Kelly, M.E., Samsam, T.E., Goodman, J.H. (2005). Chronic developmental lead exposure reduces neurogenesis in adult rat hippocampus but does not impair spatial learning. Toxicol. Sci., 86, 365-374.

Gill, M.K., Asefa, T., Kemblowski, M.W., McKee, M. (2006). Soil moisture prediction using support vector machines. J. Am. Water Resour. Assoc. 42 (4), 1033-1046.

Gleick, P. H. (1993). Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources. Oxford University Press, New York.

Goap, A., Sharma, D., Shukla, A.K., Rama Krishna, C. (2018). An IoT based smart irrigation management system using Machine learning and open source technologies. Comput. Electron. Agric., 155, 41–49.

Goldstein, A., Fink, L., Meitin, A., Bohadana, S., Lutenberg, O., Ravid, G. (2018). Applying machine learning on sensor data for irrigation recommendations: revealing the agronomist's tacit knowledge. Precis. Agric., 19 (3), 421–444.

Göncü-Karakök, S., Özkütük, K., Görgülü, M. (2008). Sığır yetiştiriciliğinde su gereksinimi ve İçme Suyu Kalitesi. Hasad Hayvancılık, 279, 44-51.

Grech-Madin, C., Döring, S., Kim, K. ve Swain, A. (2018). Negotiating Water Across Levels: A Peace and Conflict "Toolbox" for Water Diplomacy. Journal of Hydrology, 559, 100-109.

Gregory, N.G. (2010). How climatic changes could affect meat quality. Food Res. Int., 43, 1866–1873.

Groten, J.P., Blanderen, P.J. (1994). Cadmium bioavailability and health risk in food. Trends Food Sci. Techon., 5, 50-55.

Gupta, A. R., Bandyopadhyay, S., Sultana, F., Swarup, D. (2021). Heavy metal poisoning and its impact on livestock health and production system. Indian J. Anim. Health., 60(2)-Special Issue, 01-23.

Han, S., Jun, B.M., Choi, J.S., Park, C.M., Jang, M., Nam, S.N., Yoon, Y. (2024). Removal of endocrine disruptors and pharmaceuticals by graphene oxide-based membranes in water: A review. Journal of Environmental Management, 363, 121437.

Haddad, C.M., Alves. F.V. (2006). Minerais para gado de corte. In Minerais e aditivos para bovinos; anais. Piracicaba: FEALQ, 63-76.

Haywood, S., Dincer, Z., Holding, J., Parry, N.M. (1998). Metal (molybdenum, copper) accumulation and retention in brain, pituitary and other organs of ammonium tetrathiomolybdate-treated sheep. Br. J. Nutr., 79, 329-331.

Haywood, S., Dincer, Z., Jasani, B., Loughran, M.J. (2004). Molybdenumassociated pituitary endocrinopathy in sheep treated with ammonium tetrathiomolybdate. J. Comp. Path., 190, 21-31.

Headley, A.S., Reis, A.C.F., Nakagawa, T.L.D.R., Bracarense, A.P.F.R.L. (2008). Chronic copper poisoning in sheep from Northern Paraná, Brazil: case report. Semina: Ciências Agrárias, 29, 179-184.

Henze, M., Van Loosdrecht, M. C., Ekama, G. A., Brdjanovic, D. (Eds.). (2008). Biological wastewater treatment: principles, modelling and design. IWA Publishing.

Herawati, N., Suzuki, S., Hayashi, K., Rivai, I.F., Koyama, H. (2000). Cadmium, Copper, and Zinc Levels in Rice and Soil of Japan, Indonesia, and China by Soil Type. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 64, 33-39.

Herrera-González, A.M., Caldera-Villalobos, M., Peláez-Cid, A.A. (2019). Adsorption of textile dyes using an activated carbon and crosslinked polyvinyl phosphonic acid composite. J. Environ. Manage., 234, 237-244.

Higgins, S.F., Agouridis, C.T., Gumberd, A. (2008). Drinking water quality guidelines for cattle. University of Kentucky Cooperative Extension Publication ID170.

Hoareau, C.E., Ahmad, N., Rubiyatno Nuid, M., Khoi, D.N., Kristanti R.A. (2021). Sustainable technology in developed countries: waste municipal management Ind. Domest. Waste Manag., 1, 48-55.

Hoekstra, A.Y., Huynen, M. (2002). Balancing the World Water Demand and Supply. In: Martens, P., Rotmans, J. (Eds.), Transitions in a Globalising World.Swets & Zeitlinger Publishers, Lisse, the Netherlands, 17–35.

Hoekstra, A.Y., Mekonnen, M.M. (2012). The water footprint of humanity. Proc. Natl. Acad. Sci., 109, 3232–3237.

Hoff, B., Boermans, H.J., Baird, J.D. (1998). Retrospective study of toxic metal analyses requested at a veterinary diagnostic toxicology laboratory in Ontario (1990-1995). Can. Vet. J., 39, 39-43.

Hollenberg, P.F. (2010). Introduction: Mechanisms of metal toxicity special issue. Chem Res Toxicol, 23, 292-293.

Hunsaker, D.J., Barnes, E.M., Clarke, T.R., Fitzgerald, G.J., Pinter, P.J. (2005). Cotton irrigation scheduling using remotely sensed and FAO-56 basal crop coefficients. Trans. ASAE 48 (4), 1395–1407.

Hussain, A., Kumari, R., Sachan, S.G., Sachan, A. (2021). Biological wastewater treatment technology: advancement and drawbacks Microbial Ecology of Wastewater Treatment Plants, Elsevier, 175-192.

Ikeda, M., Zhang, Z.W., Moon, C.S., Shimbo, S., Watanabe, N.H., Matsuda, N.I. (2000). Possible effects of environmetal cadmium exposure on cadmium function in the japonese general population. Int. Arch. Occup. Environ. Health, 73, 15-25.

IPCC (2014). Summary for policymakers In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Cambridge Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA) ed C B Field et al. (Cambridge University Press), 1-32.

Jaber, L., Chedid, M., Hamadeh, S. (2013). Water stress in small ruminants. In: Responses of Organisms to Water Stress. InTech, 115–149.

Jacob, R.H., Pethick, D.W., Clark, P., D'Souza, D.N., Hopkins, D.L., White, J. (2006). Quantifying the hydration status of lambs in relation to carcass characteristics. Aust. J. Exp. Agric., 46, 429–437.

Jamroen, C., Komkum, P., Fongkerd, C., Krongpha, W. (2020). An intelligent irrigation scheduling system using low-cost wireless sensor network toward sustainable and precision agriculture. IEEE Access 8, 172756–172769.

Jarup, L. (2003). Hazards of Heavy Metal Contamination. British Medical Bulletin, 68, 167-182.

Jenkins, K.J., HidIroglou, M. (1989). Tolerance of the calf for excess copper in milk replacer. J. Dairy Sci., 72, 150-156.

Jenkins, K.J. (1989). Effect of copper loading of preruminant calves on intracelular distribuition of hepatic copper, zinc iron and molybdenum. J. Dairy Sci., 72, 2346-2350.

Jenkins, K.J., Kramer, J.K.G. (1991). Effect of excess dietary manganese on lipid composition of calf blood plasma, heart and liver. J. Dairy Sci., 74, 3944-3948.

Jimenez, A.F., Cardenas, P.F., Jimenez, F., Canales, A., L´opez, A. (2020). A cyber-physical intelligent agent for irrigation scheduling in horticultural crops. Comput. Electron. Agric., 178, 105777.

Kabata-Pendias, A., Pendias, H. (1984). Trace elements in soil and plants. CRC Press, Boca Raton, 315.

Kamran, U., Rhee, K.Y., Lee, S.Y., Park, S.J. (2022). Innovative progress in graphene derivative-based composite hybrid membranes for the removal of contaminants in wastewater: a review. Chemosphere, 306, 1-21.

Karadağ, A., Uzun, O. (2009). Havza Yönetimi ve Türkiye'nin Sınıraşan Su Politikalarına Etkisi, 1. International Davras Congress, Social And Economics Issues Sahping The World's Future: New Global Dialogue, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye.

Karasekreter, N., Başçiftçi, F., Fidan, U. (2013). A new suggestion for an irrigation schedule with an artificial neural network. J. Exp. Theor. Artif. Intell., 25 (1), 93–104.

Kazmierczak-Razna, J., Nowicki, P., Pietrzak, R. (2017). Characterization and application of bio-activated carbons prepared by direct activation of hay with the use of microwave radiation. Powder Technology., 319, 302-312.

Kebebe, E.G., Oosting, S.J., Haileslassie, A., Duncan, A.J., de Boer, I.J.M. (2015). Strategies for improving water use efficiency of livestock production in rain-fed systems. Animal, 9, 908.

Kibaroglu, A., Scheumann, W. (2013). Evolution of transboundary politics in the Euphrates-Tigris river system: new perspectives and political challenges. Global Governance, 19, 279-305.

Kommisrud, E., Osteras, O., Vatn, T. (2005). Blood selenium associated with health and fertility in Norwegian dairy herds. Acta Vet. Scand., 46, 229-240.

Kumar, A., Surendra, A., Mohan, H. (2017). Internet of things based smart irrigation using regression algorithm. International Conference on Intelligent Computing, Instrumentation and Control Technologies (ICICICT), Kerala, India, 1652–1657.

Kumari, P., Bahadur, N., Dumee, L.F. (2020). Photo-catalytic membrane reactors for the remediation of persistent organic pollutants - A review. Separation and Purification Technology, 230, 1-16.

Lardner, H.A., Kirychuk, B.D., Braul, L., Williams, W.D., Yarotski, J. (2005). The effect of water quality on cattle performance on pasture. AUS. J. AGR. RES., 56, 97-104.

Lin, L., Yang, H., Xu, X. (2022). Effects of Water Pollution on Human Health and Disease Heterogeneity: A Review. Front. Environ. Sci., 10. 880246.

Liou, Y.A., Liu, S.F., Wang, W.J. (2001). "Retrieving soil moisture from simulated brightness temperatures by a neural network," in IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 39(8), 1662-1672.

Liu, L., Wong, M.H. (2013). Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs): a review on environmental contamination in China Environ. Int., 59, 208-224.

Loos, R., Carvalho, R., António, D.C., Comero, S., Locoro, G., Tavazzi, S., Paracchini, B., Ghiani, M., Lettieri, T., Blaha, L., Jarosova, B., Voorspoels, S., Servaes, K., Haglund, P., Fick, J., Lindberg, R.H., Schwesig, D., Gawlik, B.M. (2013). EU-wide monitoring survey on emerging polar organic contaminants in wastewater treatment plant effluents. Water Res., 47, 6475-6487.

López-Alonso, M., Prieto, F., Miranda, M., Castilho, C., Hernández, J.R., Benedito, J.L. (2005). Intracellular distribuition of copper and zinc in the liver of copper-exposed cattle from northwest Spain. The Veterinary Journal, 170, 332-338.

López-Alonso, M., Prieto, F., Miranda, M., Castilho, C., Hernández, J.R., Benedito, J.L. (2005a). The role of metallothionein and zinc in hepatic copper accumulation in cattle. The Veterinary Journal, 169, 262-267.

Maden, T.E. (2013). Sınıraşan Su Havzalarında İşbirliği Sorunu. Ortadoğu Analiz, 5(53), 23-31.

Mailler, R., Gasperi, J., Rocher, V., Gilbert-Pawlik, S., Geara-Matta, D., Moilleron, R., Chebbo, G. (2014). Biofiltration vs conventional activated sludge plants: what about priority and emerging pollutants removal? Environ. Sci. Pollut. Res., 21, 5379-5390.

Mailler, R., Gasperi, J., Coquet, Y., Deshayes, S., Zedek, S., Cren-Olivé, C., Cartiser, N., Eudes, V., Bressy, A., Caupos, E., Moilleron, R., Chebbo, G., Rocher, V. (2015). Study of a large scale powdered activated carbon pilot: removals of a wide range of emerging and priority micropollutants from wastewater treatment plant effluents Water Res., 72, 315-330.

Mailler, R., Gasperi, J., Coquet, Y., Derome, C., Buleté, A., Vulliet, E., Bressy, A., Varrault, G., Chebbo, G., Rocher. V. (2016). Removal of emerging micropollutants from wastewater by activated carbon adsorption: Experimental study of different activated carbons and factors influencing the adsorption of micropollutants in wastewater. Journal of Environmental Chemical Engineering, 4(1), 1102-1109.

Martínez-Huitle, C. A., Brillas, E. (2009). Decontamination of wastewaters containing synthetic organic dyes by electrochemical methods: A general review. Applied Catalysis B: Environmental, 87(3-4), 105-145.

Miège, C., Choubert, J.M., Ribeiro, L., Eusèbe, M., Coquery, M. (2009). Fate of pharmaceuticals and personal care products in wastewater treatment plants – Conception of a database and first results. Environmental Pollution, 157 (5), 1721-1726.

McDowell, L.R. (1992). Zinc. In: McDowell LR (ed.). Minerals in animal and human nutrition. London: Academic Press, 265.

Mekonnen, M.M., Hoekstra, A.Y. (2010). The green, blue and grey water footprint of animals and animal products. (Value of water research report 48; No. 48). Unesco-IHE Institute for Water Education. http://www.unesco-ihe.org/Value-of-Water-Research-Report-Series/Research-Papers.

Mekonnen, M.M., Hoekstra, A.Y. (2012). A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products. Ecosystems, 15, 401–415.

Menga, F. (2016). Reconceptualizing hegemony: The circle of hydro-hegemony. Water Policy, 18(2), 401–418.

Milà i Canals, L., Chenoweth, J., Chapagain, A., Orr, S., Antón, A., Clift, R. (2009). Assessing freshwater use impacts in LCA: PartI—inventory modelling and characterisation factors for the main impact pathways. Int. J. Life Cycle Assess., 14, 28–42.

MPCA (2002). Minnesota Pollution Control Agency. "Basin Planning and Management", Policy and Planning Division, 1-3, Saint Paul, MN.

Miranda, M., López-Alonso, M., Garcia-Partida, P., Velasco, J., Benedito, L. (2006). Long-term follw-up of blood lead levels and haematological and biochemical parameters in heifers that survived an accidental lead poisoning episode. J. Vet. Med. A., 53, 305-310.

Molden, D., Oweis, T., Steduto, P., Bindraban, P., Hanjra, M.A., Kijne, J. (2010). Improving agricultural water productivity: between optimism and caution. Agric. Water Manag., 97, 528–535.

Murti, C.R.K. (1987). The cycling of arsenic cadmium, lead and mercury in India. In: Lead, mercury, cadmium and arsenic in the environmental. (Eds: C. Hutchinson and K.M. Meema). SCOPE 31, John Wiley and Sons, Chichester, 315-333.

Nachankar, P.J., Somani, M.G., Singh, D.M., Katkar, S.N. (2018). IOT in agriculture. Int. Res. J. Eng. Technol.

NRC, National Research Council (1996). Minerals In: National Research Council, editors. Nutrient requerements of beef cattle. Washington: National Academy Press, 54-74.

NRC, National Research Council (2001). Minerals In: National Research Council, editors. Nutrient requirements of dairy cattle. Washington: National Academy Press, 105-61.

Navarro-Hellín, H., Martinez-del-Rincon, J., Domingo-Miguel, R., Soto-Valles, F., Torres- S´anchez, R. (2016). A decision support system for managing irrigation in agriculture. Comput. Electron. Agric., 124, 121–131.

Nawandar, N.K., Satpute, V.R., (2019). IoT based low cost and intelligent module for smart irrigation system. Comput. Electron. Agric., 162, 979–990.

Nejad, G.J., Lohakare, J.D., West, J.W., Sung, K.I. (2014). Effects of water restriction after feeding during heat stress on nutrient digestibility, nitrogen balance, blood profile and characteristics in Corriedale ewes. Animal Feed Science and Technology, 193, 1–8.

Nejad, J.G., Sung, K. (2017). Behavioral and physiological changes during heat stress in Corriedale ewes exposed to water deprivation. J. Anim. Sci. Technol., 59, 13.

Néspoli, P.B., Duarte, M.D., Bezerra, Jr O.S., Dobereiner, J., Peixoto, P.V. (2001). Aspectos clínico-patológicos da intoxicação experimental por selenito de sódio em eqüinos. Pesq. Vet. Bras., 21, 109-116.

Newairy, A.A., El-Sharaky, A.S., Baldreldeen, M.M., Eweda, S.M., Sheweita, S.A. (2007). The hepatoprotective effects of selenium against cadmium toxicity in rats. Toxicology, 242, 23-30.

Obaideen, K., Yousef, B.A.A., AlMallahi, M.N., Tan, Y.C., Mahmoud, M., Jaber, H., Ramadan, M. (2022). An overview of smart irrigation systems using IoT. Energy Nexus, 7, 100124.

OECD (2016), Turkey, in OECD Regional Outlook 2016: Productive Regions for Inclusive Societies, OECD Publishing, Paris.

OECD (2017), "Turkey", in Agricultural Policy Monitoring and Evaluation 2017, OECD Publishing, Paris.

OECD (2019), OECD Environmental Performance Reviews: Turkey 2019, OECD Environmental Performance Reviews, OECD Publishing, Paris.

O'Hara, T.M., Bennett, L., McCoy, C.P., Jack, S.W., Fleming, S. (1995). Lead poisoning and toxicokinetics in a heifer and fetus treated with CaNa2 EDTA and thiamine. J. Vet. Diagn. Invest., 7, 531-537.

Okman, C. (1994). Hidroloji. Ankara: Ankara Üniversitesi Yayınları, 1388/402.

Oliveira, K.D., França, T.N., Nogueira, V.A., Peixoto, P.V. (2007). Enfermidades associadas à intoxicação por selênio em animais. Pesq. Vet. Bras., 27, 125-136.

Opiyo, F., Wasonga, O., Nyangito, M., Schilling, J., Munang, R. (2015). Drought adaptation and coping strategies among the Turkana pastoralists of Northern Kenya. Int. J. Disaster Risk Sci., 6, 295–309.

Papp, L.V., Lu, J., Holmgrem, A., Khanna, K.K. (2007). From selenium to selenoproteins: synthesis, identity, and their role in human health. Antioxid. Redox Signal, 9, 775-806.

Patra, R.C., Swarup, D., Sharma, M.C., Naresh, R. (2006). Trace mineral profile in blood and hair from cattle environmentally exposed to lead and cadmium around different industrial units. J Vet Med A Physiol Pathol Clin Med., 53, 511-517.

Patra, R.C., Swarup, D., Naresh, R., Kumar, P., Nandi, D., Shekhar, P., Roy, S., Ali, S.L. (2007). Tail hair as na indicator of environmental exposure of cows to lead and cadmium in different indutrial areas. Ecotoxicol. Environ. Saf., 66, 127-131.

Peacock, C. (2005). Goats-A pathway to poverty. Small Ruminant Research, 60, 179–186.

Pera-Titus, M., García-Molina, V., Baños, M. A., Giménez, J., Esplugas, S. (2004). Degradation of chlorophenols by means of advanced oxidation processes: A general review. Applied Catalysis B: Environmental, 47(4), 219-256.

Pfister, S., Koehler, A., Hellweg, S. (2009). Assessing the Environmental Impacts of Freshwater Consumption in LCA. Environ. Sci. Technol., 43, 4098–4104.

Phillipo, M., Humphiries, W.R., Atkinson, T., Henderson, G.D., Garthwaite, P.H. (1987). The effect of dietary molybdenum and iron on copper status, puberty, fertility and oestrus cycles in cattle. J. Agric. Sci., 109, 321-336.

Phillips, D., Daoudy, M., McCaffrey, S., Öjendal, J., Turton, A. (2006). Trans-boundary Water Cooperation as a Tool for Conflict Prevention and for Broader Benefit-sharing. Global Development Studies, No: 4. Prepared for the Ministry for Foreign Affairs: Sweden.

Radostits, O.M., Gay, C.C., Blood, D.C., Hinchcliff, K.W., McKenzie, R. A. (2002). Doenças causadas por substâncias químicas inorgâncias e produtos químicos utilizados nas fazendas. In Clínica Veterinária: um

tratado de doenças dos bovinos, ovinos, suínos, caprinos e equinos. Guanabara Koogan: Rio de Janeiro, 1417-1471.

Radostits, O.M., Gay, C.C., Hinchcliff, K.W., Constable, P.D. (2007). A textbook of the diseases of cattle, horses, sheep, pigs and goats. Vet. Med, sutlib2.sut.ac.th

Rahardja, D.P., Toleng, A.L., Lestari, V.S. (2011). Thermoregulation and water balance in fat-tailed sheep and Kacang goat under sunlight exposure and water restriction in a hot and dry area. Animal, 5, 1587–1593.

Raikwar, M.K., Kumar, P., Singh, M., Singh, A. (2008). Toxic effect of heavy metals in livestock health. Veterinary World, 1(1), 28-30.

Raisbeck, M.F., Siemion, R.S., Smith, M.A. (2006). Modest copper supplementation blocks molybdenosis in cattle. J. Vet. Diagn. Invest., 18, 506-572.

Ran, Y., Deutsch, L., Lannerstad, M., Heinke, J. (2013). Rapidly intensified beef production in Uruguay: Impacts on water-related ecosystem services. Aquat. Proced., 1, 77–87.

Ran, Y., Lannerstad, M., Herrero, M., Van Middelaar, C.E., De Boer, I.J.M. (2016). Assessing water resource use in livestock production: A review of methods. Livestock Science, 187, 68–79.

Razavi, S., Hannah, D.M., Elshorbagy, A., Kumar, S., Marshall, L., Solomatine, D.P., Dezfuli, A., Sadegh, M., Famiglietti, J. (2022). Coevolution of Machine Learning and Process-Based Modelling to Revolutionize Earth and Environmental Sciences A Perspective. Hydrol. Process., 36, e14596.

Ridoutt, B.G., Pfister, S. (2010). A revised approach to water footprinting to make transparent the impacts of consumption and production on global freshwater scarcity. Glob. Environ. Change—Human PolicyDimens, 20, 113–120.

Ridoutt, B.G., Pfister, S. (2013). A new water footprint calculation method integrating consumptive and degradative water use into a single stand-alone weighted indicator. Int. J. Life Cycle Assess, 18, 204–207.

Rockström, J., Lannerstad, M., Falkenmark, M. (2007). Assessing the water challenge of a new green revolution in developing countries. Proc. Nal. Acad. Sci. USA 104, 6253–6260.

Rockström, J., Falkenmark, M., Karlberg, L., Hoff, H., Rost, S., Gerten, D. (2009). Future water availability for global food production: The potential of green water for increasing resilience to global change. Water resources research, 45(7):W00A12.

Rockström, J., Karlberg, L., Wani, S.P., Barron, J., Hatibu, N., Oweis, T., Bruggeman, A., Farahani, J., Qiang, Z. (2010). Managing water in rainfed agriculture—The need for a paradigm shif. Agricultural Water Management, 97, 543–550.

Roels, H.A., Hoet, P., Lison, D. (1999). Usefuness of biomarkers of expossure to inorganic mercury, lead, or cadmium in controlling occupacional and environmetal risks of nephrotoxicity. Ren. Fail., 21, 251-262.

Roman, T.R.N., Lima, E.G., Azoubel, R., Batigália, F. (2002). Toxicidade do cádmio no homem. HB Científica, 9, 43-48.

Rosegrant, M., Cai, X., Cline, C.A. (2002). Global Water Outlook to 2025: Averting an Impending Crisis, A 2020 Vision for Food, Agriculture, and the Environment Initiative International Food Policy Research Institute Washington, D.C., U.S.A.

Ruel, S.M., Choubert, J.M., Budzinski, H., Miège, C., Esperanza, M., Coquery M. (2012). Occurrence and fate of relevant substances in wastewater treatment plants regarding water framework directive and future legislations Water Sci. Technol., 65, 1179-1189.

Ruiz, C. M. (2020). EU Water Diplomacy. Water Management and Diplomacy, 1, 1-9.

Rumbeiha, W.K., Braselton, W.E., Donch, D. (2001). A retropective study on thedisappearance of blood lead in cattle with accidental lead toxicosis. J. Vet. Diagn. Invest., 13, 373-378.

Savaş, B. (2021). Sürdürülebilir Kalkınma İçin Suyun Ekonomik Önemi ve Sektörel Paylaşımı. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.

Schlink, A.C., Nguyen, M.-L., Viljoen, G.J. (2010). Water requirements for livestock production: a global perspective. Rev. sci. tech. Off. int. Epiz., 29(3), 603-619.

Sharma, A., Jain, A., Gupta, P., Chowdary, V. (2021). Machine learning applications for precision agriculture: a comprehensive review. IEEE Access 9, 4843–4873.

Shiklomanov, I. A. (1993). World Fresh Water Resources. In P. H. Gleick (Ed.), Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources, 13-24. Oxford University Press.

Shkolnik, A., Maltz, E., Choshniak, I. (1980). The role of the ruminants digestive tract as a water reservoir. In Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants; Rockebusch, Y., Thiven, P., Eds.; MTP Press: Lancaster, UK, 731–741.

Silanikove, N. (1992). Effects of water scarcity and hot environment on appetite and digestion in ruminants: a review. Livest. Prod. Sci., 30, 175–194.

Singh, D., Singh, D., Mishra, V., Kushwaha, J., Sengar, M., Sinha, S., Singh, S., Shekher Giri, B. (2024). Strategies for biological treatment of waste water: A critical review. Journal of Cleaner Production, 454, 142266.

Smith, D., Winterman, K. (2022). Models and Mandates in Transboundary Waters: Institutional Mechanisms in Water Diplomacy. Water, 14, 1-23.

Snyder, E.M., Pleus, R.C. and Snyder, S.A. (2005), Pharmaceuticals and EDCS in the US Water Industry–An Update. Journal American Water Works Association, 97, 32-36.

Sonone, S.S, Jadhav, S., Sankhla, M.S., Kumar, R. (2021). Water contamination by heavy metals and their toxic effect on aquaculture and human health through food Chain. Letters in Applied NanoBioScience, 10(2), 2148 – 2166.

Sophocleous, M. (2002). Interactions between groundwater and surface water: The state of the science, Hydrogeology Journal, 10, 52– 67.

Spalding, R.F., Exner, M.E. (1993). Occurrence of Nitrate in Groundwater—A Review, J. Environ. Qual., 22, 392–402.

Stanevičienė, I., Sadauskienė, I., Lesauuskaitė, V., Ivanovienė, L., Kašauskas, A., Ivanov, L. (2008). Subacute effects of cadmium and zinc ions on protein synthesis and cell death in mouse liver. Medicina (Kaunas), 44, 131–136.

Steffen, D.J., Carlson, M.P., Casper, H.H. (1997). Copper toxicosis in suckling beef calves associated with improper administration of copper oxide bolus. J. Vet. Diagn. Invest., 9, 443-446.

Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., Haan, C. (2006). FAO (2006) Livestock's Long Shadow. Environmental Issues and Options. Rome: FAO. Available at: ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0701e/A0701E00.pdf

Stöber, M. (1989). Intoxicaciones. In: Rosenberger, G. (Ed.). Enfermidades de los bovinos. Buenos Aires: Editorial Hemisferio Sur S.A., Tomo II, 357-532.

Sullivan, J.M., Janvitz, E.B., Robinson, F.R. (1991). Copper toxicosis in veal calves. J. Vet. Diagn. Invest., 31, 161-164.

Sun, L., Yang, Y., Hu, J., Porter, D., Marek, T. (2017). Reinforcement learning control for water-efficient agricultural irrigation. In 2017 IEEE International Symposium on Parallel and Distributed Processing with Applications and 2017 IEEE International Conference on Ubiquitous Computing and Communications (ISPA/IUCC), 1334–1341.

Suthar, S., Bishnoi, P., Singh, S., Mutiyar, P.K., Nema, A.K., Patil, N.S. (2009). Nitrate contamination in groundwater of some rural areas of Rajasthan, India, J. Hazard. Mater., 171, 189–199.

Swarup, D., Dwivedi, S.K., Patra, R.C. (2000). Industrial Pollution and Animal Health- A Review. Veterinary Practitioner, 1(2), 75-94.

Swarup, D., Dwivedi, S.K. (2002). Environmental pollution and effect of lead and fluoride on animal health. Indian Council of Agricultural Research, New Delhi, 68-106.

Swarup, D., Patra, R.C., Naresh, R., Kumar, P., Shekhar, P. (2005). Blood lead levels in lactating cows reared around polluted localities of lead into milk. Sci. Total Environ., 347, 106-110.

Swarup, D., Naresh, R., Varshney, V.P., Balagangatharathilagar, M., Kumar, P., Nandi, D., Patra, R.C. (2007). Changes in plasma hormones profile and liver function in cows naturally exposed to lead and cadmium around different industrial areas. Research in Veterinary Science, 82(1), 16-21.

TASAM (2016). Su Diplomasisi Çalıştayı Sonuç Raporu. https://tasam.org/tr-TR/Icerik/39036/su_diplomasisi_calistayi_sonuc_raporu (Erişim Tarihi: 05 Mayıs 2023).

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, (2023). Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı (2011-2023).

Tiffany, M.E., McDowell, L.R., O'Connor, G.A., Martin, F.G., Wilkinson, N.S., Cardoso, E.C., Percival, S.S., Rabiansky, P.A. (2000). Effects of pasture applied biosolids on performance and mineral status of grazing beef heifers. J. Anim. Sci., 78, 1331-1337.

Uemura, T. (2000). Experimental reprodution of "Itai-Itai" disease: a chronic cadmium poisoning of humans in rats and monkey. J. Vet. Res., 48, 15-28.

UN-Water/FAO. (2007). Coping with Water Scarcity: Challenge of the 21st Century.

Van Breugel, P., Herrero, M., van de Steeg, J., Peden, D. (2010). Livestock water use and productivity in the Nile Basin. Ecosystems, 13, 205–221.

Verlicchi, P., Al Aukidy, M., Zambello, E. (2012). Occurrence of pharmaceutical compounds in urban wastewater: removal, mass load and environmental risk after a secondary treatment - a review. Science of The Total Environment, 429, 123-155.

Vij, S., Warner, J. F., Biesbroek, R., Groot, A. (2019). Non-decisions are also decisions: Powerinterplay between Bangladesh and India over the Brahmaputra River. Water International, 45(4), 254–274.

Waldner, C., Checkley, S., Blakley, B., Pollock, C., Mitchell, B. (2002). Managing lead exposure and toxicity in cow-calf herds to minimize the potential for food residues. J. Vet. Diagn. Invest., 14, 481-486.

Waldner, D.N., Looper, M.L. (2007). Water for Dairy Cattle. Oklahoma Cooperative Extension Service ANSI4275, 1-4.

Warner, J. (1992). Tightropes across the river: Managing water in the Middle East [MSc thesis]. Department of International Relations, University of Amsterdam.

Warner, J., Mirumachi, N., Farnum, R. L., Grandi, M., Menga, F., Zeitoun, M. (2017). Transboundary 'hydro-hegemony': 10 years later. Wiley Interdisciplinary Reviews: Water, 4(6).

Wilks, D.L., Coppock, C.E., Lanham, J.K., Brooks, K.N., Baker, C.C., Bryson, W.L., Elmore, R.G., Stermer, R.A. (1990). Responses of Lactating Holstein Cows to Chilled Drinking Water in High Ambient Temperatures. J Dairy Sci., 73, 1091-1099.

Williams, W.D., Doug, C., Orin, K. (1994). Water from Dugouts can Reduce Livestock Performance. AAFC Research station, lethbridge, AB, Canada; 3099.

Williams, W.D., Kenzie, O.R., McAllister, T.A., Colwell, D., Veira, D., Wilmshurst, J.F., Entz, T., Olson, M.E. (2002). Effects of water quality on cattle performance. J Range Manage, 55, 452-460.

WHO, World Health Organization (2009). Nitrate and nitrite in Drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality, 2, 21.

Wu, M.M., Kuo, T.L., Huang Y.H., Chen C.J. (1989). Dose-response relation between arsenic concentration in well water and mortality from cancers and vascular diseases. American Journal of Epidermology, 130, 1123-1132.

WWF Living Planet Report (2010). Biodiversity, Biocapacity and Development. WWF International, Gland, Switzerland (2010).

Yadav, S., Saleem, H, Ibrar, I., Naji, O., Hawari, A.A., Alanezi, A.A., Zaidi, S.J., Altaee, A., Zhou, J. (2020). Recent developments in forward osmosis membranes using carbon-based nanomaterials. Desalination, 482, 1-23.

Yadav, D., Karki, S., Ingole, P.G. (2022). Current advances and opportunities in the development of nanofiltration (NF) membranes in the area of wastewater treatment, water desalination, biotechnological and pharmaceutical applications. J. Environ. Chem. Eng., 10 (4), 1-31.

Yalcinkaya, F., Boyraz, E., Maryska, J., Kucerova, K. (2020). A review on membrane technology and chemical surface modification for the oily wastewater treatment Materials, 13 (2), 1-14.

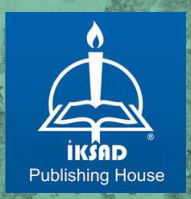
Yaylak, E., Yavuz, M. (2016). Sığırlarda İçme Suyu Kalitesi ve Suluk Yönetimi. Hayvansal Üretim 57(2), 57-67.

Yu, H., Wang, J., Fang, W., Yuan, J., Yang, Z. (2006). Cadmium accumulation in different rice cultivars and screening for pollution-safe cultivars of rice. Sci. Total Environ., 370, 302-309.

Zazouli, M.A., Kalankesh, L.R. (2017). Removal of precursors and disinfection by-products (DBPs) by membrane filtration from water; a review. J. Environ. Health Sci. Eng., 15, 1-10.

Zeitoun, M. (2008). Power and water in the Middle East: The hidden politics of the Palestinian-Israeli water conflict. London and New York: I.B.Tauris and Co. ISBN: 987 1 84511 464 0, 214 pages.

Zhua, K.H., Xua, X.R., Sunb, D.F., Tanga, J.L., Zhanga, Y.K. (2014). Effects of drinking water acidification by organic acidifier on growth performance, digestive enzyme activity and caecal bacteria in growing rabbits. Animal Feed Science and Technology, 190, 87–94.





ISBN: 978-625-367-945-3