

YENİLİKÇİ HAYVAN BESLEME YAKLAŞIMLARI

Editörler:

Doç. Dr. Hilal ÜRÜŞAN

Doç. Dr. Emre TEKCE

Doç. Dr. Mahir Murat CENGİZ



YENİLİKÇİ HAYVAN BESLEME YAKLAŞIMLARI

Editörler:

Doç. Dr. Hilal ÜRÜŞAN

Doç. Dr. Emre TEKCE

Doç. Dr. Mahir Murat CENGİZ

Yazarlar:

Prof. Dr. Vecihi AKSAKAL

Prof. Dr. Abdulkерim DİLER

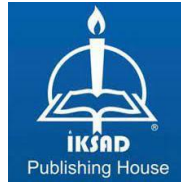
Prof. Dr. Tamer TURGUT

Doç. Dr. Hilal ÜRÜŞAN

Doç. Dr. Mahir Murat CENGİZ

Doç. Dr. Hacer KAYA

Doç. Dr. Emre TEKCE



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

(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)

TÜRKİYE TR: +90 342 606 06 75

USA: +1 631 685 0 853

E mail: iksadyayinevi@gmail.com

www.iksadyayinevi.com

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

Iksad Publications – 2025©

ISBN: 978-625-378-411-9

Cover Design: İbrahim KAYA

November / 2025

Ankara / Türkiye

Size: 16x24cm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ

BÖLÜM 1

GÜMÜŞHANE İLİNİN HAYVANCILIK POTANSİYELİ VE GELECEĞİ.....3-22

Prof. Dr. Vecihi AKSAKAL

Doç. Dr. Emre TEKCE

Doç. Dr. Hacer KAYA

BÖLÜM 2

BİTKİSEL KÖKENLİ YEM HAMMADDELERİNDE ANTİ-BESİNSEL FAKTÖRLER: SINIFLANDIRMA, ETKİLER VE AZALTMA STRATEJİLERİ.....23-46

Doç. Dr. Mahir Murat CENGİZ

Doç. Dr. Hilal ÜRÜŞAN

Prof. Dr. Vecihi AKSAKAL

BÖLÜM 3

MİKROBİYAL YEM KATKI MADDELERİNİN SÜT BUZAĞILARINDA RUMEN GELİŞİMİ ve BAĞIŞIKLIK SİSTEMİ ÜZERİNE ETKİLERİ..... 49-63

Prof. Dr. Abdulkerim DİLER

Prof. Dr. Tamer TURGUT

BÖLÜM 4

SİNBIYOTİK VE POSTBIYOTİK ÇAĞINDA PROBIYOTİK SÜT ÜRÜNLERİNİN YENİDEN TANIMLANMASI..... 65-84

Prof. Dr. Tamer TURGUT

Prof. Dr. Abdulkerim DİLER

BÖLÜM 5

BAL ARISI KOLONİLERİNDE ÜRETİM PERFORMANSINI GELİŞTİRME STRATEJİLERİ 85-107

Doç. Dr. Hilal ÜRÜŞAN

Doç. Dr. Mahir Murat CENGİZ

ÖNSÖZ

Değerli okuyucularımız;

Hayvansal üretimin sürdürülebilirliği ve verimliliği, modern tarım ve gıda sektörünün en kritik bileşenlerinden biridir. Bu üretim zincirinin merkezinde yer alan hayvan besleme bilimi, son yıllarda hızla gelişen teknolojiler, biyoteknolojik yenilikler, fonksiyonel yem katkı maddeleri ve çevresel etkilerin azaltılmasına yönelik stratejiler sayesinde büyük bir dönüşüm geçirmektedir. Bilimsel araştırmalar, yalnızca hayvanların büyüme ve performansını artırmayı değil, aynı zamanda hayvan refahını yükseltmeyi, yem kaynaklarını daha verimli kullanmayı ve elde edilen hayvansal ürünlerin kalitesini iyileştirmeyi hedeflemektedir. Bu doğrultuda hazırlanan “Yenilikçi Hayvan Besleme Yaklaşımları” başlıklı eser; araştırmacılara, veteriner hekimlere, yem endüstrisi profesyonellerine ve yetiştiricilere güncel, kanıta dayalı ve uygulamaya dönük kapsamlı bir kaynak sunmayı amaçlamaktadır. Kitapta; modern rasyon tasarım tekniklerinden fonksiyonel yem bileşenlerine, metabolik ve fizyolojik temelli besleme uygulamalarından çevresel sürdürülebilirliği önceleyen stratejilere kadar geniş bir yelpazede bilgi ve değerlendirmelere yer verilmiştir. Eserin ortaya çıkmasında özveriyle çalışan tüm yazarlarımıza akademik birikimleri, araştırma deneyimleri ve katkılarıyla kitabın bilimsel değerini artıran Doç. Dr. Hilal ÜRÜŞAN, Doç. Dr. Emre TEKÇE ve Doç. Dr. Mahir Murat CENGİZ’e teşekkür ederiz. Ayrıca kitabın hazırlanma ve yayımlanma sürecinde desteklerini esirgemeyen İKSAD Yayınevi çalışanlarına da şükranlarımızı sunarız. Bu kitabın, hayvan besleme alanında yeni ufuklar açacağına, araştırma ve uygulamalara rehberlik edeceğine yürekten inanıyoruz. Ayrıca, kitabın hazırlanma aşamasında yardımlarını ve desteğini esirgemeyen Sn. Sefa Salih BİLDİRİCİ ve İbrahim KAYA’ya, yayınlanma aşamasında desteği ve emeği geçen İKSAD Yayınevi çalışanlarına teşekkürlerimi sunarız.

YAYIN EDİTÖRLERİ

Doç. Dr. Hilal ÜRÜŞAN

Doç. Dr. Emre TEKCE

Doç. Dr. Mahir Murat CENGİZ

BÖLÜM 1

GÜMÜŞHANE İLİNİN HAYVANCILIK POTANSİYELİ VE GELECEĞİ

Prof. Dr. Vecihi AKSAKAL^{1*}

Doç. Dr. Emre TEKÇE²

Doç. Dr. Hacer KAYA³

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17777235>

^{1*} Bayburt Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Organik Tarım İşletmeciliği Bölümü, Bayburt, TÜRKİYE. e-mail:vecihiaksakal@bayburt.edu.tr, orcid ID:0000-0001-5701-0726

² Bayburt Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Organik Tarım İşletmeciliği Bölümü, Bayburt, TÜRKİYE. e-mail:emretekke@bayburt.edu.tr, orcid ID:0000-0002-6690-725X

³ Gümüşhane Üniversitesi, Kelkit Aydın Doğan MYO, Laborant ve Veteriner Sağlık Programı, Gümüşhane, TÜRKİYE. e-mail:hacerkaya@gumushane.edu.tr, orcid ID:0000-0001-9024-8525

GİRİŞ

1.1.İlin Genel Tanıtımı

Doğu Karadeniz Bölgesi'nde konumlanan Gümüşhane ili, doğuda Bayburt, batıda Giresun, kuzeyde Trabzon ve güneyde Erzincan ile komşudur. Coğrafi olarak 38° 45' - 40° 12' doğu boylamları ile 39° 45' - 40° 50' kuzey enlemleri arasında yer alan ilin yüzölçümü 6.575 kilometrekare olup, deniz seviyesinden ortalama yüksekliği 1210 metredir. Gümüşhane'nin yeryüzü şekilleri iki ana bölgeye ayrılır: Köse, Kelkit ve Şiran ilçelerinin bulunduğu güney kesimi yüksek bir plato özelliği gösterirken; Merkez, Torul ve Kürtün ilçelerini kapsayan kuzey kesimi ise oldukça engebeli bir yapıya sahiptir (Yaşar ve Mürsel, 2024).

Gümüşhane, İstatistiki Bölge Birimleri Sınıflandırması'nda Düzey 2 kapsamındaki TR90 Doğu Karadeniz bölgesi illerinden birisi olup, 6.575 km² yüzölçümüne ve 2024 Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi'ne göre 142.607 nüfusa sahiptir. İlde nüfus yoğunluğu yaklaşık 21,4 kişi/km² iken, Türkiye genelinde bu değer yaklaşık 109,3 kişi/km²'dir. İlde 6 ilçe, 15 belediye ve 318 köy bulunması, yerleşim ağının küçük ve dağınık bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Nüfusun 109.541'i il ve ilçe merkezlerinde, 33.076'sı belde ve köylerde yaşamaktadır. Bu dağılım, kentsel yerleşimlerin toplam nüfusa oranının Gümüşhane'de yüzde 76,84 ile Türkiye ortalamasının (yüzde 93,39) belirgin biçimde altında, buna karşılık belde ve köy nüfus payının yüzde 23,16 ile ülke ortalamasının (yüzde 6,61) oldukça üzerinde olduğu görülmektedir (Tablo1).

Tablo 1. Türkiye ve Gümüşhane ilinin idari ve nüfus bilgileri

	Türkiye	Gümüşhane
Yüzölçümü,km ²	783.562	6.668
İlçe	922	6
Yerleşim yeri sayısı	1.404	15
Köy	18.234	318
Nüfus	85.664.944	142.617
İl ve ilçe Merkezlerinin nüfusu	80.007.258	109.541
Belde ve Köy nüfusu	5.657.686	33.076
İl ve ilçe merkezlerinin toplam nüfusa oranı (%)	93,4	76,8
Belde ve köylerin toplam nüfusa oranı (%)	6,6	23,2

Kaynak:TÜİK,2025a

Gümüşhane yüzölçümünün %36'ını orman alanları, %23'ünü tarım alanları ve %13'ünü tarım dışı alanlar oluşturmaktadır (Tablo 2).

Tablo 2. Türkiye ve Gümüşhane ilinin arazi varlığı ve kullanım durumu, hektar

	Türkiye	Gümüşhane
Yüzölçümü	78.356.200	657.500
Toplam işlenen tarım alanı	20.224.380	113.280
Yem Bitkileri alanı	2.690.000	22.387
Çayır mera alanları	14.617.000	186.969
Orman alanları	22.363.000	238.223
Toplam tarım alanları	38.640.000	149.007
Tarım dışı arazi	16.374.200	83.000

Kaynak:TÜİK,2025b,GİTOM,2024

İl genelinde işlemeli tarım alanlarının toplam büyüklüğü 149.007 ha'dır. Bu alanın %75,4'ü (yaklaşık 112.351 ha) Kelkit, Köse ve Şiran ilçe sınırları içinde; %24,6'sı (yaklaşık 36.656 ha) ise Merkez, Torul ve Kürtün ilçe sınırları içinde yer almaktadır (KAGM,2024,TÜİK,2025a).

İlin 657.500 hektarlık toplam arazisinin 149.007 hektarı (%22,66) tarıma elverişlidir. Geriye kalanın 186.969 hektarı (%28,44) çayır ve mera, 238.223 hektarı (%36,23) orman ve fundalıklar oluştururken, 83.300 ha. Alanı (%12,67) ise (dağlık- kayalık alanlar, su yüzeyleri faydalanılamayan alanlar oluşturmaktadır (Tablo 3).

Tablo 3. Gümüşhane ilçeleri arazi varlığı dağılımı

İlçeler	Tarım Alanı	Orman – Fundalık	Çayır Mera	Tarım Dışı Alan	
	Miktar (Ha)	Miktar (Ha)	Miktar (Ha)	Miktar (Ha)	Yüzölçümü (Ha)
Merkez	23.988	72.449	52.819,44	30.643,56	179.900
Torul	7.763	64.608	23.502,69	9.026,31	104.900
Kürtün	4.963	39.726	35.999,92	311,08	81.000
Kelkit	65.068	21.209	58.350,75	6.872,25	151.500
Köse	16.211	5.874	5.583,23	13.331,77	41.000
Şiran	31.014	34.357	10.713,07	23.115,93	99.200
Toplam	149.007	238.223	186.969,1	83.300,9	657.500

Kaynak: GİTOM,2024

1.2.Hayvancılığın Gümüşhane İli Ekonomisindeki Yeri ve İlin Makro Ekonomik Göstergeleri

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) verilerine göre 2023 yılında tarım sektörü dünya gayri safi hâsılasının %5,1' ini oluşturmakta, hayvancılık sektörü ise tarımsal gayri safi hâsılasının %34'ünü oluşturmaktadır. Bu oran AB ülkelerinde %45, ABD'de %44,7 iken Afrika ülkelerinde %20'ler civarında gerçekleşmiştir. Görüldüğü gibi, hayvancılık, gelişmiş ülkelerde tarımsal gayri safi milli hasılasının %50'ye yakınına oluşturmaktadır.

Türkiye ve Gümüşhane ili 2023 yılı Gayri Safi Yurtiçi Milli Hasılası (GSYH) yaklaşık 26.55 trilyon TL ve 22.09 milyar TL olarak gerçekleşmiştir. Tarım ormancılık ve Balıkçılık ya da genel olarak “Tarım” diyebileceğimiz sektörün 2023 yılı GSYH'deki payı Türkiye ve Gümüşhane'de sırasıyla %6.2 ve 16.8'dir. Tarımın Gümüşhane ili GSYH'deki payı ülke ortalamasının yaklaşık 2.7 katıdır. Tarımsal üretim değeri içerisinde hayvansal üretim değeri Türkiye'de 2020 yılında 108.84 milyar TL olup, bu üretim değeri Gümüşhane ilinde 231 milyon TL'dir (TUİK,2025c). Türkiye hayvansal üretim değerinde Gümüşhane ilinin payı %0,14'tür. Türkiye ve Gümüşhane ili 2020 yılı toplam tarımsal üretim değerlerinin %30.7 ve 39.6'ü hayvansal ürünler değerinden

oluşturmuştur. Gümüşhane kişi başına hayvansal üretim değeri 1.513 TL olarak hesaplanmıştır (TÜİK,2025d)

TÜİK,2023 yılına ait gayrisafi yurt içi hâsıla (GSYH) verilerine göre Gümüşhane ilinde kişi başına milli gelir 6.416 dolar olarak gerçekleşmiş olup 81 il içinde 72.sıradadır. TR90 Doğu Karadeniz bölgesindeki 6 il içerisinde de sonuncu oldu. Türkiye ortalaması 13 bin 243 dolar oldu. TÜİK'in illerin Türkiye gayrisafi yurt içi hasıla büyümesine katkısına bakıldığında da 70.sırada olan Gümüşhane'nin Türkiye'nin büyümesine katkısı yüzde -0,0011 oldu. Türkiye'de, 2024 yılında, çalışanların %15'i tarım, %21'i sanayi ve %58'i hizmet sektöründe istihdam edilmiştir (TÜİK,2025e). İl bazlı sektörlerin istihdamdaki payları hesaplanmadığından Gümüşhane ilinin içinde bulunduğu TR90 Doğu Karadeniz Bölgesine bakacak olursak; bu bölgede tarım sektörünün istihdamdaki payı, %40 olup, ülke ortalamasından (%14) çok daha yüksek olduğu görülmektedir.

Gümüşhane ilinde hayvancılık sektörüne dayalı 222 sanayi işletmesi mevcut olup; işletmelerin 2'si süt ve süt ürünleri, 3'ü yumurta paketlenme, 3'ü yem, 4'ü arı ürünleri üretimi ve paketlenme işletmesinden oluştuğu görülmektedir (Yaşar ve Mürsel,2024).

2. GÜMÜŞHANE İLİNİN HAYVANCILIK POTANSİYELİ

2.1 Büyükbaş Hayvan Yetiştiriciliği

Türkiye'de büyükbaş hayvancılık dendiğinde akla sığır ve manda yetiştiriciliği gelir. Ancak, hem global ölçekte hem de yerel ekonomideki üretim değeri ve ticari potansiyeli sebebiyle sığır yetiştiriciliği çok daha kritik bir konuma sahiptir. Manda yetiştiriciliği, geçmişte sayıları önemli ölçüde azalmış olsa da, son zamanlarda tekrar ilgi odağı olmuş ve geliştirilmeye başlanmıştır. Türkiye Cumhuriyeti'nin kurulduğu ilk yıllardan itibaren sığırcılık, tarımsal üretimin ana direklerinden biri olarak kabul edilmiş ve diğer hayvancılık kollarına kıyasla öncelikli destek görmüştür. Günümüzde dahi hayvancılık sektörüne genel bir atıf yapıldığında, çoğu zaman doğrudan sığır üretimi kastedilmektedir. Bu durum, sığırın sağladığı çok yönlü faydaların yanı sıra, dünya ticaretinde gelişmiş ülkeler için de kilit bir meta olmasından kaynaklanmaktadır (TİGEM,2024).

Ülkemizdeki sığır yetiştirme faaliyetleri, yaklaşık olarak 1980 yılına kadar büyük ölçüde geleneksel aile çiftçiliği modeliyle yürütülmekteydi. Bu

dönüm noktasından itibaren ise, daha ekonomik ölçekli ve ticari sığırçılık operasyonları kurulmaya başlanmıştır. Özellikle son dönemlerde, devlet teşvik ve desteklerinin önemli ölçüde artmasıyla birlikte, bu dönüşüm hızlanmıştır. Sağlanan bu mali imkanlar neticesinde, yüksek kapasiteli, modern ve profesyonel sığırçılık tesislerinin sayısı oldukça kısa bir sürede ciddi bir artış göstermiştir.

Tablo 4. Türkiye ve Gümüşhane ilinin büyükbaş hayvan varlığı

Yıllar	Bölge	Sığır Kültür	Sığır Melez	Sığır Yerli	Sığır Toplam	Manda	B.Baş Toplam
2004	Türkiye	2.109.393	4.395.090	3.564.863	10.069.346	103.900	10.173.246
	G.Hane	7.995	27.884	44.241	80.120	342	80.462
2014	Türkiye	6.178.757	6.060.937	1.983.415	14.223.109	122.114	14.345.223
	G.Hane	27.288	20.856	20.106	68.250	128	68.378
2024	Türkiye	8.213.136	7.669.922	941.150	16.824.208	162.051	16.986.259
	G.hane	31.027	24.781	6.098	61.906	84	61.990
YDH (%)	Türkiye	7,0	2,8	6,4	2,6	2,3	2,6
	G.Hane	7,0	-0,6	-9,4	-1,3	-6,8	-1,3
İndeks	Türkiye	389,4	174,5	26,4	167,1	156,0	167,0
	G.Hane	388,1	88,9	13,8	77,3	24,6	77,0

* YDH (%): 2004 yılından 2024 yılına yıllık değişim hızı, %; ** İndeks: 2004 yılı hayvan varlığı 100 kabul edildiğinde 2024 yılı hayvan varlığı; Kaynak: TÜİK (2025f)

Türkiye'nin 2004 yılında toplam 10 milyon 069 bin baş olan sığır varlığının %21'i kültür ırkı, %44'ü Melez ırkı, %35'ini de yerli ırklar oluşturur iken 2024 yılında toplam 16 milyon 824 bin baş sığır varlığının %49'unu kültür ırkı, %45'ünü melez ırkı ve %6'sini yerli ırk oluşturmaktadır (Tablo 4).

Tablo 5. Gümüşhane ilinin ilçelere göre büyükbaş hayvan varlığı

İrk	İlçe	2004	2014	2024	YDH (%)	İndeks
Sığır (Kültür)	Merkez	142	1302	1956	14,0	1.377,5
	Kelkit	3.485	16.183	15.113	7,6	433,7
	Köse	800	3323	3155	7,1	394,4
	Şiran	3.330	6.247	9.690	5,5	290,9
	Torul	238	156	1010	7,5	424,4
	Kürtün	-	77	103	-	-
Sığır (Melez)	Merkez	880	3.671	4.319	8,3	490,804
	Kelkit	11.525	7.905	8.481	-1,5	73,6
	Köse	3.950	2.564	2.010	-3,3	50,9
	Şiran	9.174	5.286	2.595	-6,1	28,3

	Torul	1.115	877	2.456	4,0	220,3
	Kürtün	1.240	553	4.920	7,1	396,8
Sığır (Yerli)	Merkez	9.770	1.710	400	-14,8	4,1
	Kelkit	11.550	2.125	337	-16,2	2,9
	Köse	5.170	1.683	35	-22,1	0,7
	Şiran	2.301	613	70	-16,0	3,0
	Torul	8.520	7.482	3.796	-3,9	44,6
	Kürtün	6.930	6.493	1.460	-7,5	21,1
Sığır Toplam	Merkez	10.792	6.683	6.675	-2,4	61,9
	Kelkit	26.560	26.213	23.931	-0,5	90,1
	Köse	9.920	7.570	5.200	-3,2	52,4
	Şiran	14.805	12.146	12.355	-0,9	83,5
	Torul	9.873	8.515	7.262	-1,5	73,6
	Kürtün	8.170	6.493	6.483	-1,2	79,4
Manda	Merkez	11	-	-	-	-
	Kelkit	170	96	38	-7,2	22,4
	Köse	45	-	-	-	-
	Şiran	116	32	42	-4,9	36,2
	Torul	-	-	-	-	-
	Kürtün	-	-	-	-	-
Büyükbaş Toplam	Merkez	10.803	6.683	6.675	-2,4	61,8
	Kelkit	26.730	26.309	23.969	-0,6	89,7
	Köse	9.965	7.570	5.200	-3,2	52,2
	Şiran	14.921	12.178	12.397	-0,9	83,1
	Torul	9.873	8.515	7.262	-1,5	73,6
	Kürtün	8.170	6.493	6.483	-1,2	79,4

* YDH: 2004 yılından 2024 yılına yıllık değişim hızı, %; ** İndeks: 2004 yılı hayvan varlığı 100 kabul edildiğinde 2024 yılı hayvan varlığı; Kaynak: TÜİK (2025f)

Gümüşhane ili toplam büyükbaş hayvan varlığının son 20 yıldaki oransal dağılımına bakıldığında hayvan varlığında %23'lük gibi önemli bir azalış olmuştur. 2004 yılı itibari ile kültür, melez ve yerli sığırlar ile manda varlığı il genelinde sırasıyla %10, %34,6, %55 ve %0.4 oranlara sahipken, 2024 yılında aynı sıra ile %50, %40, %9,9 ve %0.1 oranlarına sahiptir. Bu oranlardan 20 yıllık süreç içerisinde il genelinde kültür ırkına olan talebin önemli miktarda (%288,1) artışı gözlemlenmektedir. Buna karşılık Melez hayvanlar da ise 2004-2024 yılları arasındaki dönemde %11,1'lik azalış gerçekleşirken yerli ırkta bu azalış %86,2 gibi oldukça yüksek oranda olmuştur (Tablo 4).

Özellikle yerli ırkların sayısındaki bu azalış için Gümüşhane ilinde diğer illere nazaran entansif tarımın daha yoğun yapılması, geleneksel üretim

sistemleri ile karı yüksek sığırcılık faaliyetlerinin gerçekleştirilmesinin mümkün olmaması ve yerli ırkların sahip oldukları genetik verim potansiyellerinin kültür ırkı ve kültür ırkı melezi popülasyonlara göre düşük olması yerli ırkların sayısal azalışının en büyük nedenleri olarak gösterilmektedir. Yine çok önemli bir değişimde manda sayısında gerçekleşmiştir. Son 20 yıllık süreçte manda varlığında il genelinde %75,4 oranında bir azalış gerçekleşmiştir.

Gümüşhane'nin ilçelerinde büyükbaş hayvan varlığı 2004–2024 döneminde genel olarak azalma eğiliminde olsa da ilçeler arasında farklılıklar görülmektedir. Toplam sığır sayısında Kelkit ilçesi (%43,1) ilk sırada yer alırken onu sırasıyla Şiran (%24,0) ve Merkez ilçesi (%17,4) takip etmektedir. 2004-2024 yılları arasında sığır sayısında ki azalmada yem girdi maliyetlerindeki artış nedeniyle karlılığın azalmasından kaynaklandığı değerlendirilmektedir (Tablo 5).

İrk bileşiminde ise Kelkit, Şiran ve Köse ilçelerinde kültür ırkına doğru belirgin bir kayma yaşanırken Merkez, Torul ve Kürtün ilçelerinde daha çok kültür melezine doğru bir kayma görülmektedir. Bunun nedeni olarak Merkez, Torul ve Kürtün ilçelerinin dağlık coğrafik yapısı, sınırlı çayır-mera alanları ve yem bitkisi üretimindeki kısıtlılıklardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Gümüşhane ilinde büyükbaş hayvan varlığı 2004-2024 döneminde Merkez'de 38,2, Kelkit'te 10,3, Köse'de 47,8, Şiran'da %16,9, Torul'da %26,4, Kürtün'de ise %26,6 oranında gerilemiştir (Tablo 5).

2.2 Küçükbaş Hayvan Yetiştiriciliği

Koyunculuk ülkemiz çiftçisinin tarih boyunca uğraştığı en önemli hayvan yetiştiriciliği dallarından biridir. Koyun yetiştiriciliği et, süt, yün ve deri üretimi açısından ülkemiz ekonomisinde önemli yer tutmaktadır. Koyunculuk özellikle Doğu Anadolu ve Güney Doğu Anadolu bölgelerinde yaşayan halkımızın önemli bir geçim kaynağını oluşturmuştur. Ancak, 1980 yılından sonra koyun sayısında önemli bir azalma görülmüş ancak koyunculuğa sağlanan devlet destekleri sayesinde koyun yetiştiriciliği tekrar önem kazanmış ve koyun sayısı 2024 yılında 2004 yılına oranla %75 artış göstermiştir.

Tablo 6. Türkiye, Gümüşhane ili ve ilçelere göre küçükbaş hayvan varlığı

Tür	Bölge	2004	2014	2024	YDH	İndeks
Koyun	Merkez	2.963	125	1172	-4,5	39,6
	Kelkit	31.020	12.650	15.508	-3,4	50,0
	Köse	10.850	815	2.745	-6,6	25,3
	Şiran	12.150	7.468	9.690	-1,1	79,8
	Torul	6.571	3.845	1.689	-6,6	25,7
	Kürtün	6.250	1.778	2.816	-3,9	45,1
	G.Hane	81.794	33.556	43.933	-3,1	53,7
	Türkiye	25.201.155	31.140.244	44.080.584	2,8	174,9
Keçi	Merkez	360	85	173	-3,6	48,1
	Kelkit	830	850	1722	3,7	207,5
	Köse	150	0	4	-16,6	2,7
	Şiran	445	391	795	2,9	178,7
	Torul	2.090	525	462	-7,3	22,1
	Kürtün	580	159	352	-2,5	60,7
	G.Hane	7.271	4.125	5.365	-1,5	73,8
	Türkiye	6.609.937	10.344.936	10.822.084	2,5	163,7
Toplam Küçük baş	Merkez	3.323	210	1.345	-4,4	40,5
	Kelkit	31.850	13.500	17.230	-3,0	54,1
	Köse	10.970	815	2.749	-6,7	25,1
	Şiran	12.595	7.859	10.485	-0,9	83,3
	Torul	8.661	4.370	2.151	-6,7	24,9
	Kürtün	6.830	1.937	3.168	-3,8	46,4
	G.Hane	89.065	37.681	49.298	-2,9	55,4
	Türkiye	31.811.092	41.485.180	54.902.668	2,8	172,6

* YDH: 2004 yılından 2024 yılına yıllık değişim hızı, %; ** İndeks: 2004 yılı hayvan varlığı 100 kabul edildiğinde 2024 yılı hayvan varlığı; Kaynak: TÜİK (2025f)

Ülkemizde geçmiş yıllarda pek çok kesimin geçimini sağlayan keçicilik faaliyeti 2004-2024 arasında önemli bir artış kaydetmiş, keçi sayısı 2004 yılında 6,6 milyon baş iken 2024 yılında 10,8 milyon başa ulaşmıştır.

Gümüşhane ilinde 43.933 baş olan koyun varlığı Kelkit (%35,2) ve Şiran ilçelerinde (%22,1) yoğunlaşmış olup, 5.365 başlık keçi varlığının %32'si Kelkit ilçesinde yer almaktadır (Çizelge 5). Gümüşhane ilinde küçükbaş hayvan varlığı 2004-2024 döneminde Merkez'de 59,6, Kelkit'te %55,9, Köse'de %75, Şiran'da %26,8, Torul'da %75,2, Kürtün 'de ise %54,7 oranında gerilemiştir. Söz konusu dönemde küçükbaş hayvan varlığı yıllık ortalama olarak Merkez, Kelkit, Köse, Şiran, Torul ve Kürtün ilçelerinde sırası ile %4,4, %5,0, %6,7, %0,9, %0,7, %3,8, %2,9 ve %2,8 oranlarında gerilemiştir (Tablo 6).

Tablo 6 incelendiğinde, ildeki koyun varlığı 2004-2024 döneminde Merkez’de %60,5, Kelkit’te %50,0, Köse’de %74,7, Şiran’da %20,3, Torul’da %74,3, Kürtün ‘de ise %54,9 oranında azaldığı görülmektedir. Keçi varlığı ise Kelkit %107,5, Şiran’da %78,7 oranında artmış, buna karşılık diğer ilçelerde azalmıştır. İlçelere göre keçi varlığındaki azalış oranları Merkez ilçede %3,6, Köse’de %16,6, Torul’da %7,3, Kürtün ‘de ise %2,5 olmuştur.

2.3 Kanatlı Hayvan Yetiştiriciliği

Kanatlı yetiştiriciliği, büyükbaş ve küçükbaş hayvancılık kollarının ardından tarım sektöründe önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle şehirleşmenin artması, tavuk etinin diğer et türlerine göre daha ekonomik olması ve beslenme açısından sağlıklı kabul edilmesi, son yıllarda beyaz et tüketimini belirgin şekilde artırmıştır. Tüketimdeki bu talep artışı, doğal olarak sektörün de büyümesine ve ilerlemesine neden olmuştur.

Türkiye’de kanatlı sektörü, geleneksel hayvancılık faaliyetlerine kıyasla gösterdiği hızlı büyüme hızı, teknolojiyle olan güçlü entegrasyonu ve ölçek ekonomilerinden faydalanma yeteneği sayesinde yaşamsal bir öneme sahiptir. Bu sektör, artan nüfusun temel hayvansal protein gereksinimini (et ve yumurta) karşılama noktasında merkezi bir rol üstlenmektedir, zira diğer hayvancılık kollarına göre daha kısa sürede, daha az girdi maliyetiyle ve daha yüksek bir üretim verimliliği sunmaktadır (Aktan, 2025).

Türkiye’de modern tavukçuluk pratikleri 1980’lerde ivme kazanmış ve aynı dönemdeki teşvik mekanizmaları ile yapısal bir dönüşüm sürecine girmiştir. Türk tavukçuluk sanayisi, 2000’li yıllara gelindiğinde bu yapısal değişimi tamamlamış, küresel standartlara erişmiştir. Bugün itibarıyla sektör, hem tavuk eti hem de yumurta üretimi bağlamında, küresel kanatlı hayvancılık pazarında kayda değer ve önemli bir oyuncu haline gelmiştir (Ergün ve Bayram, 2021).

2004 yılı verileri incelendiğinde Gümüşhane ilinde 172.788 baş olan Kümes hayvanı varlığı Merkez ilçede (%48,9) ve Kelkit ilçesinde (%22,9) yoğunlaşmış olup, 163.053 baş tavuk varlığının %50,9’u Merkez ilçesinde yer almaktadır. Gümüşhane ilinde kümes hayvan varlığı 2004-2024 döneminde Merkez’de %3, Kelkit’te %64,8, Şiran’da %22,7, Torul’da %85,8, Kürtün ‘de

ise %85,5 oranında gerilemiştir. Buna karşılık söz konusu dönemde Köse’de %1966,6 oranında oldukça yüksek bir artış olmuştur (Tablo 7).

Tablo 7. Türkiye,Gümüşhane ili ve ilçeler bazında kanatlı hayvan varlığı

Tür	Bölge	2004	2014	2024	YDH	İndeks
Yumurta Tavuğu	Merkez	83.000	60.000	81.750	-0,1	98,5
	Kelkit	36.000	13.800	13.100	-4,9	36,4
	Köse	8.500	4.700	202.245	17,2	2.379,4
	Şiran	8.953	7.150	7.700	-0,8	86,0
	Torul	18.600	570	2.850	-8,9	15,3
	Kürtün	8.000	750	970	-10,0	12,1
	G.Hane	163.053	86.970	308.615	3,24	189,3
	Türkiye	58.774.172	93.751.470	109.100.202	3,1	185,6
Hindi	Merkez	1.300	55	47	-15,3	3,6
	Kelkit	900	80	170	-8,0	18,9
	Köse	1.000	65	11	-20,2	1,1
	Şiran	500	48	120	-6,9	24,0
	Torul	400	0	30	-12,2	7,5
	Kürtün	0	11	21	-	-
	G.Hane	4100	259	399	-11,0	9,7
	Türkiye	3.902.346	2.990.305	2.826.858	-1,6	72,4
Kaz	Merkez	0	15	103	-	-
	Kelkit	2.200	120	464	-7,5	21,1
	Köse	200	25	100	-3,4	50,0
	Şiran	55	30	60	0,4	109,1
	Torul	1.000	0	45	-14,4	4,5
	Kürtün	0	10	149	-	-
	G.Hane	3.455	200	921	-6,4	26,7
	Türkiye	1.250.634	911.990	1.303.026	0,2	104,2
Ördek ve Beç Tavuğu	Merkez	130	80	35	-6,4	26,9
	Kelkit	400	60	170	-4,2	42,5
	Köse	100	22	26	-6,5	26,0
	Şiran	750	19	45	-13,1	6,0
	Torul	800	65	35	-14,5	4,4
	Kürtün	0	15	21	-	-
	G.Hane	2.180	261	332	-8,9	15,2
	Türkiye	770.436	399.820	389.957	-3,4	50,6
Kümes Hayvanları Toplam	Merkez	84.430	60.150	81.935	-0,2	97,0
	Kelkit	39.500	14.060	13.904	-5,1	35,2
	Köse	9.800	4.812	202.526	16,4	2.066,6
	Şiran	10.258	7.247	7.925	-1,3	77,3
	Torul	20.800	635	2.960	-9,3	14,2
	Kürtün	8.000	786	1.161	9,2	14,5
	G.Hane	172.788	87.690	310.267	2,9	179,6
	Türkiye	64.697.588	98.053.585	113.620.043	2,9	175,6

* YDH: 2004 yılından 2024 yılına yıllık değişim hızı, %; ** İndeks: 2004 yılı hayvan varlığı 100 kabul edildiğinde 2024 yılı hayvan varlığı; Kaynak: TÜİK (2025f)

Yumurta tavuğu sayısına yıllara göre bakıldığında 2004 yılında tüm ilçelerin yumurta tavuğuna sahip olduğu ve en çok yumurta tavuğunun 83 bin baş ile Merkez ilçesinde bulunduğu görülmektedir. En az yumurta tavuğu ise 8000 baş ile Kürtün ilçesinde bulunmaktadır.

İldeki Tavuk varlığı 2004-2024 döneminde Köse’de %2.279,4 oranında artarken Merkez (%1,5), Kelkit (63,6), Şiran (%14), Torul (%84,7) ve Kürtün ‘de (%87,9) ise önemli oranda azalmıştır (Tablo 7).

2.4 Arı Yetiştiriciliği

Türkiye’de arı yetiştiriciliği, zengin bitki örtüsü ve uygun iklim koşullarının sağladığı büyük potansiyel ile tarım, çevre, ekonomi ve insan beslenmesi için hayati öneme sahiptir. Tarımsal üretimde arıların sağladığı tozlaşma (polinasyon) hizmeti, sadece bal üretimi gelirinden kat kat daha fazla bir ekonomik değer yaratır; birçok ticari bitkide (meyve, sebze, yağlı tohumlar) ürün miktarını ve kalitesini doğrudan artırır (TOB, 2024).

Anadolu’nun özgün yer şekilleri (topoğrafyası), bitkilerin farklı bölgelerde yılın çeşitli zamanlarında çiçeklenmesini mümkün kıldığı için, ülkemiz arıcılık faaliyetleri açısından elverişli bir çevre sunar. Bu coğrafi yapının ve Türkiye’nin küresel konumunun birleşimi sonucunda, dünyadaki tüm nektarlı bitki türlerinin dörtte üçünü barındırması, Türkiye’nin arıcılık sektöründeki avantajını ve başarısını önemli ölçüde yükseltmektedir (Fıratlı vd., 2000).

Arıcılığın temel hedefi, arı kolonilerinin çevredeki yoğun balözü (nektar) akış periyodunda, bölge florasında bulunan bitkisel kaynakları maksimum düzeyde kullanarak bu hammaddeyi çeşitli arı ürünlerine dönüştürmesini sağlamaktır. Bu amaca ulaşmak için, arıcılık yapılan bölgenin bitki örtüsü (flora) hakkında detaylı bilgi sahibi olmak zorunludur. Özellikle, çiçeklenmenin ve nektar salgısının hangi tarihte başlayacağını, ne kadar süreceğini ve bu kaynakların potansiyel miktarını önceden saptamak kritik öneme sahiptir (Genç,1990; Erdoğan vd., 2004).

Gümüşhane ilinde organik bal üretimi yapan 32 üretici olup, 2.176 kovanda üretilen organik bal ise 11.995 kg’dır. İl genelinde yapılan bitkisel üretimde kimyevi gübre ve ilaç kullanımının az oluşu organik arı ürünleri üretimi için önemli bir potansiyel oluşturmaktadır (Yaşar ve Saltık,2024).

TUIK 2024 yılı verilerine göre Ülkemizde arıcılıkla uğraşan 97.984 adet arıcılık işletmesinde 8.961.975 adet arılı kovan bulunmakta olup bunun yaklaşık %97 si yeni tip fenni kovanlardan oluşmaktadır (AKS 2024). İşletme başına arılı kovan ortalaması 91 dir.

Gümüşhane İli coğrafi açıdan engebeli yapıya sahip olması, bitki örtüsünün, özellikle ballı bitkilerin doğal olarak çok zengin olması arıcılık faaliyetlerinin gelişmesine imkân tanımaktadır. İlde toplam 40.901 kovan ile 469,9 ton bal üretilmektedir. Bal verimine bakıldığında 11,49 kg/kovan verim alınmaktadır. Bal mumu üretimi ise yıllık 20.1 tondur (Tablo 8).

Tablo 8’deki 2024 yılı verileri incelendiğinde Gümüşhane ilinde 40.901 adet olan kovan sayısı Kelkit (%43,8) ve Merkez ilçesinde (%23,3) yoğunlaşmıştır. Gümüşhane ilinde kovan sayısı 2004-2024 döneminde Kelkit’te %32,9, Köse’de %14 ve Kürtün’de %7,2 oranında artarken Şiran’da %55,6, Torul’da %51,5, Merkez ‘de ise %14 oranında gerilemiştir.

Tablo 8. Türkiye, Gümüşhane ili ve ilçeleri arı verileri

		2004	2014	2024	YDH	İndeks
Kovan sayısı (Eski+Yeni Tip)	Merkez	11.100	15.549	9.547	-0,8	86,0
	Kelkit	13.500	14.028	17.937	1,4	132,9
	Köse	2.000	2.500	2.280	0,7	114,0
	Şiran	8.765	7.910	3.891	-3,9	44,4
	Torul	7.090	1.300	3.440	-3,6	48,5
	Kürtün	3.550	3.432	3.806	0,4	107,2
	G.Hane	46.005	44.719	40.901	-0,6	88,9
	Türkiye	4.399.725	7.082.732	8.961.975	3,6	203,7
Bal Üretimi (Ton)	Merkez	197,6	263,5	37,6	-7,9	19,0
	Kelkit	465,5	437,7	346,1	-1,5	74,4
	Köse	38,8	46	16,4	-4,2	42,3
	Şiran	156,3	142,0	37,2	-6,9	23,8
	Torul	105	20	18,1	-8,4	17,2
	Kürtün	33,8	45,1	14,5	-4,1	42,9
	G.Hane	997,1	954,3	469,9	-3,7	47,1
	Türkiye	73.929,1	103.525,2	95.492,3	1,3	129,2
Balmumu (Ton)	Merkez	11,2	1,0	2,8	-6,7	25,0
	Kelkit	12,7	14	9,4	-1,5	74,0
	Köse	1,0	2,2	1,0		100,0
	Şiran	4,0	7,1	3,0	-1,4	75,0
	Torul	10	1,5	2,7	-6,3	27,0
	Kürtün	5,1	1,3	1,1	-7,4	21,6

	G.Hane	43,9	27,0	20,1	-3,8	45,8
	Türkiye	3.470,1	4.052,6	3.315,8	-0,2	95,6

* YDH: 2004 yılından 2024 yılına yıllık değişim hızı, %; ** İndeks: 2004 yılı hayvan varlığı 100 kabul edildiğinde 2024 yılı hayvan varlığı; Kaynak: TÜİK (2025a)

3. GÜMÜŞHANE İLİNDE HAYVANSAL ÜRETİM

3.1 Süt Üretimi

Türkiye ve Gümüşhane süt üretimi Tablo 10'da verilmiş olup, tablodan görüldüğü gibi Türkiye'de toplam 22.487.756 ton süt üretilirken bu miktarın %94 gibi önemli bir kısmı sığır cinsi hayvanlardan karşılanmaktadır. Gümüşhane 97.288 ton süt üretimi ile Türkiye toplam süt üretiminin %0,4'ünü karşılamaktadır. Türkiye toplam süt üretimi 2004-2024 arası dönemde %110,6 oranında artarken, Gümüşhane ilinde aynı dönemde %33,1 arasında düşüş göstermiştir (Tablo 10).

Tablo 9. Türkiye ve Gümüşhane İli Süt Üretimi (Ton)

		2004	2014	2024	YDH	İndeks
İnek	G.Hane	70.023	77.118	94.109	1,5	134,4
	Türkiye	9.609.326	16.998.850	21.040.442	4,0	218,9
Manda	G.Hane	143	78	32	- 7,2	22,4
	Türkiye	39.279	54.803	58.122	1,9	147,9
Koyun	G.Hane	2.636	1.269	2.901	0,5	110,1
	Türkiye	771.715	1.113.937	906.945	0,8	117,5
Keçi	G.Hane	229	153	246	0,4	107,4
	Türkiye	259.087	463.270	482.247	3,2	186,1
Toplam	G.Hane	73.031	78.618	97.288	1,4	133,1
	Türkiye	10.679.407	18.630.860	22.487.756	3,5	210,6

* YDH: 2004 yılından 2024 yılına yıllık değişim hızı, %; ** İndeks: 2004 yılı hayvan varlığı 100 kabul edildiğinde 2024 yılı hayvan varlığı; Kaynak: TÜİK (2025a),GİTOM,2024.

3.2 Kırmızı Et Üretimi

2023 yılında 2 milyon 384 bin 47 ton olan kırmızı et üretimi, 2024 yılında %11,7 azalarak 2 milyon 105 bin 895 ton olmuştur. Türkiye kırmızı et üretimi yaklaşık %71,1'i büyükbaş hayvanlardan %28,9'u ise küçükbaş hayvanlardan elde edilmektedir. Gümüşhane, Türkiye kırmızı et üretiminin %0,2'sini karşılamaktadır (Tablo 10).

Tablo 10. Türkiye ve Gümüşhane İli Kırmızı Et Üretimi (Ton)

Tür	Bölge	2023	2024	İndeks
Büyükbaş eti	Gümüşhane	4.921	4.360	88,6
	Türkiye	1.686.442	1.496.823	88,8
Küçükbaş eti	Gümüşhane	546	583	106,8
	Türkiye	698.055	609.071	87,2
Toplam	Gümüşhane	5.467	4.943	90,4
	Türkiye	2.384.497	2.105.894	88,3

İndeks: 2023 yılı hayvan varlığı 100 kabul edildiğinde 2024 yılı hayvan varlığı; Kaynak: TÜİK (2025f),GİTOM,2024.

3.3. Yumurta Üretimi

İnsan vücudunun protein gereksinimi, büyük ölçüde hayvansal kaynaklı besinlerle karşılanır. Uzmanlar, günlük alınması gereken toplam proteinin en az yarısının bu yüksek biyolojik değere sahip gıdalardan gelmesini önermektedir. Özellikle Türkiye’de, hayvansal protein kaynakları arasında yumurta ön plana çıkar. Bunun temel nedenleri, ekonomik olarak daha uygun olması ve pazarlarda kolaylıkla bulunabilmesidir, bu da onu diğer et ve süt ürünlerine göre daha yaygın tüketilen bir alternatif haline getirir.

Türkiye’de tavuk yumurtası üretim miktarı 2024 yılında bir önceki yıla göre %6,8 artarak 1.69 milyar adete yükselmiştir (Tablo 11).

Tablo 11. Türkiye ve Gümüşhane İli Yumurta Üretimi (Adet)

Tür	Bölge	2023	2024	Değişim (%)
Tavuk Yumurtası	Gümüşhane	48.622.015	86.304.000	77,5
	Türkiye	1.585.872.000	1.694 374.000	6,8

Kaynak:GİTOM,2024

Gümüşhane’de tavuk yumurtası üretim miktarı 2024 yılında bir önceki yıla göre %77,5 artarak 86 milyon adete yükselmiştir (Tablo 11).

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Sonuç

Gümüşhane İli’nin ekonomisinde tarım sektörü merkezi bir rol oynamakta olup, 2023 GSYH içindeki %16,8’lik payı ile Türkiye ortalamasının yaklaşık 2,7 katıdır. İl, toplam arazisinin %28,44’üne tekabül eden 186.969 hektarlık geniş çayır ve mera alanlarına sahiptir.

Ancak, 2004-2024 yılları arasında geleneksel hayvancılıkta önemli azalmalar gözlenmiştir. Toplam büyükbaş hayvan varlığı %23 gerilemiştir. Yerli ırk sığır varlığı %86,2 ve manda varlığı %75,4 oranında ciddi düşüşler yaşamıştır.

Buna karşılık, daha yüksek verim potansiyeli nedeniyle tercih edilen kültür ırkı sığır varlığı %288,1 oranında büyük bir artış göstermiştir. Büyükbaş varlığının %43,1'i Kelkit ilçesinde yoğunlaşmıştır.

Küçükbaş hayvan varlığı da toplamda %44,6 oranında azalmıştır. Keçi varlığı Kelkit (%107,5) ve Şiran'da (%78,7) artarken koyun sayısında Merkez, Köse ve Torul ilçelerinde %70'in üzerinde azalmalar yaşanmıştır.

Kanatlı hayvan sektöründe ise, Köse ilçesindeki rekor düzeydeki artış (%1966,6) sayesinde il genelinde kümes hayvanı varlığı %79,6 artış göstermiştir.

Arıcılıkta ise kovan sayısında %11,1 azalma ve bal üretiminde %52,9'luk önemli bir düşüş gerçekleşmiştir.

İl hayvancılığı, yüksek verimli ırklara ve kanatlı sektörüne doğru bir dönüşüm yaşarken, artan yem maliyetleri ve geleneksel hayvancılığın (yerli ırk ve manda) gerilemesi önemli zorluklar olarak öne çıkmaktadır.

4.2. Öneriler

Gümüşhane İli'nin hayvancılık potansiyelini artırmak ve sürdürülebilirliğini sağlamak için aşağıdaki adımlar önerilmektedir:

Girdi Maliyetlerinin Azaltılması ve Yem Üretiminin Teşviki: Hayvan sayısındaki azalmaların en büyük nedenlerinden biri olan yem maliyetlerinin artışına karşı, yem bitkileri üretimine yönelik devlet destekleri artırılmalı ve bu alanlara yönelim teşvik edilmelidir. Özellikle Kelkit, Köse ve Şiran gibi ekilebilir tarım alanlarının yoğun olduğu ilçelerde, kaliteli kaba yem üretiminin yaygınlaştırılması ve teknik kapasitenin artırılması gerekmektedir.

Verimli Irklara Geçişin Desteklenmesi ve Modernizasyon: Yüksek verim potansiyeli gösteren kültür ırkı sığırlara olan talebin artması doğrultusunda, bu ırkların yaygınlaştırılmasına yönelik mevcut destekler sürdürülmeli ve modern işletmecilik sistemlerine geçiş hızlandırılmalıdır. Yerel coğrafi koşullara daha uygun olan kültür melezi sığırların yetiştiriciliği, Merkez, Torul ve Kürtün gibi

engebeli ve sınırlı mera alanlarına sahip ilçelerde, yerel üretim potansiyeli gözetilerek desteklenmelidir.

Geleneksel Hayvancılığın ve Yerli Irkların Korunması: Yerli ırk sığır ve manda varlığındaki yüksek azalmalar, genetik kaynakların korunması açısından kritik riskler taşımaktadır. Bu ırkların adaptasyon yetenekleri göz önünde bulundurularak, yerli ırkları koruma ve geliştirme projelerine katılım teşvik edilmelidir.

Kanatlı ve Küçükbaş Sektörüne Stratejik Yaklaşım: Köse ilçesindeki rekor artışla ivme kazanan kanatlı hayvan sektörünün il genelinde yaygınlaşması için yeni yatırımlar teşvik edilmeli ve entegre tesisler desteklenmelidir. Keçi varlığının arttığı Kelkit ve Şiran ilçelerinde, katma değeri yüksek keçi ürünleri (süt, peynir) üretimine odaklanılarak küçükbaş hayvancılık yeniden canlandırılmalıdır.

Arıcılığın Geliştirilmesi: Kovan sayısındaki azalma ve bal üretimindeki ciddi düşüş göz önüne alındığında, Gümüşhane'nin zengin ballı bitki örtüsü potansiyelinden daha fazla yararlanılmalıdır. Gezginci arıcılık dahil olmak üzere modern arıcılık tekniklerinin yaygınlaştırılması, kovan başına verimin artırılması ve bal mumu üretiminin desteklenmesi önemlidir.

KAYNAKLAR

- AKS, (2024). Arıcılık Kayıt Sistemi Verileri.
<https://hbsapp.tarbil.gov.tr/Default.aspx>.
- Aktan, S. (2025). Dünyada ve Türkiye'de Kanatlı Hayvancılık Sektörü. Türkiye Ziraat Mühendisliği X. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-2. Ocak 2025, Ankara.
- Erdoğan, Y., Dodoloğlu, A., Zengin, H., 2004. Farklı koşulların bal kalitesi üzerine etkileri. IV. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi, 01-03 Eylül 2004. Isparta
- Ergün, O. F., & Bayram, B. (2021). Türkiye’de Hayvancılık Sektöründe Yaşanan Değişimler. Journal of Bahri Dagdas Animal Research, 10(2), 158-175. e-ISSN: 2.
- Fıratlı, Ç., Genç, F., Karacaoğlu, M., Gençer, H.V. 2000. Türkiye Arıcılığının Karşılaştırılmalı Analizi Sorunlar-Öneriler. Türkiye Ziraat Mühendisliği V. Teknik Kongresi, 17–21 Ocak 2000, Ankara, s. 8–11.
- Genç, F., 1990. Arı ailelerinin nektar akımına hazırlanması. Tavukçuluk, 67:36-34. Ankara.
- GİTOM. (2024). Gümüşhane İl Tarım Orman Müdürlüğü, Değerlendirme Raporu.
- GTOB. (2024). Gümüşhane Ticaret Odası Başkanlığı. Gümüşhane Tarımsal Yatırım Rehberi 2024.
- KAGM. (2024). Kalkınma Ajansları Genel Müdürlüğü. İstatistiki Bölge Birimleri Sınıflandırması (İBBS). <https://ka.gov.tr/sayfalar/kalkinma-planlamasinda-istatistiki-bolge-birimleri-siniflandirmasi--24>.
- TİGEM. (2025). 2024 Yılı Hayvancılık Sektör Raporu. Erişim Tarihi: 13.11.2025.
<https://www.tigem.gov.tr/Folder/GosterimDetayDosyasi/73a95a9f-db1b-48a5-934a-1381620afc69.pdf>.
- TOB,2024. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (2024). *Ürün Raporu ARICILIK 2024*. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü (TEPGE).
- TÜİK. (2025a). Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr>.
- TÜİK. (2025b). Bitkisel Üretim İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>.

- TÜİK. (2025c). Bölgesel istatistikler. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=102&locale=tr>.
- TÜİK. (2025d). Tarımsal Ürün Fiyatları ve Üretim Değerleri. Bitkisel ve hayvansal üretim değerleri. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=110&locale=tr>.
- TÜİK. (2025e). İşgücü istatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=%C4%B0%C5%9Fg%C3%BCc%C3%BC-%C4%B0statistikleri-2024-54059&dil=1#:~:text=%C4%B0stihdam%20edilenlerin%20%14%2C8',sekt%C3%B6r%C3%BCn%C3%BCn%20pay%C4%B1%20ise%20de%C4%9Fi%C5%9Fim%20g%C3%B6stermedi>.
- TÜİK. (2025f). Hayvancılık İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=101&locale=tr>.
- Yaşar, M. ve Saltık, S. (2024). Gümüşhane İl Ekonomik Görünüm Raporu.

BÖLÜM 2

BİTKİSEL KÖKENLİ YEM HAMMADDELERİNDE ANTİ-BESİNSEL FAKTÖRLER: SINIFLANDIRMA, ETKİLER VE AZALTMA STRATEJİLERİ

Doç. Dr. Mahir Murat CENGİZ¹

Doç. Dr. Hilal ÜRÜŞAN^{2*}

Prof. Dr. Vecihi AKSAKAL³

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17777336>

¹Atatürk Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, 25240 Erzurum, Türkiye. mcengiz@atauni.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-9844-4229

^{2*}Atatürk Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, 25240 Erzurum, Türkiye. hilalurusan@atauni.edu.tr, Orcid ID: 0000-0003-4676-3049

³Bayburt Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Organik Tarım İşletmeciliği Bölümü, Bayburt, TÜRKİYE. e-mail: vecihiaksakal@bayburt.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-5701-0726

GİRİŞ

Bitkiler, evrimsel süreç boyunca böcekler, mantarlar ve otlayan hayvanlar gibi doğal düşmanlarına karşı hayatta kalabilmek için çeşitli savunma mekanizmaları geliştirmiştir. Bu mekanizmaların başında, doğrudan büyüme ve gelişme süreçlerinde rol almayan ancak predatörlerin saldırılarını caydırıcı işlev gören sekonder metabolitler (Plant secondary metabolites, PSM) gelmektedir (Rao vd., 2013). Bu bileşikler, hayvan besleme açısından değerlendirildiğinde genellikle anti-nutrisyonel faktörler (Anti-nutritional factors, ANF) olarak adlandırılmaktadır. ANF'ler, besin öğelerinin sindirimini, emilimini ve metabolik kullanımını sınırlandırarak hayvanların büyüme performansını ve verimliliğini düşürmekte, bazı durumlarda toksik etkilere yol açabilmektedir (Singh vd., 2023; Kuenz vd., 2022; Töngel ve Ayan, 2005). Bu bileşikler, doğrudan ya da metabolitleri aracılığıyla besin kullanımını engelleyebilir. Örneğin, tripsin inhibitörleri ruminantların rumeninde parçalanabilmesine karşın monogastriklerde sindirilemez ve bu nedenle anti-besinsel etki gösterir. Bu durum, bir bileşiğin anti-nutrisyonel aktivitesinin yalnızca kimyasal yapısına değil, aynı zamanda hayvanın sindirim fizyolojisine bağlı olduğunu göstermektedir (Emire vd., 2013).

Sekonder metabolitler, primer metabolitlerden (ör. amino asitler, nükleotitler, şekerler) farklı olarak doğrudan fotosentez, solunum, protein sentezi gibi büyüme ve gelişmeye yönelik biyolojik süreçlere doğrudan katılmazlar. Ayrıca primer metabolitlerin bitki âleminde yaygın bulunmasına karşın, sekonder metabolitlerin dağılımı sınırlıdır (Nte vd., 2023). Bu nedenle, bazı PSM'ler biyolojik aktiviteye sahip olsalar da besin değeri taşımamaları ve hatta istenmeyen etkiler göstermeleri nedeniyle yem hammaddelerinde istenmeyen bileşikler sınıfına girmektedir (Dey 2016).

Günümüzde antibiyotik büyüme faktörlerinin yem katkısı olarak yasaklanmasıyla birlikte, doğal bileşikler ve biyoteknolojik yöntemlere olan ilgi artmıştır. Bu bağlamda, ANF'lerin doğru tanımlanması, sınıflandırılması ve olumsuz etkilerinin azaltılmasına yönelik stratejiler daha da önem kazanmıştır. Yem işleme teknikleri (ısı işlemleri, fermentasyon, ekstrüzyon), enzim ilavesi (ör: fitaz) ve ileri genetik uygulamalar (RNAi, CRISPR-Cas) gibi modern biyoteknolojik yaklaşımlar ile PSM'lerin zararlı etkilerinin azaltılmasına yönelik yöntemler geliştirilmektedir (Khajali ve Rafiei 2024). Bu

stratejiler, yem hammaddelerindeki ANF'lerin zararlı etkilerini azaltarak hem hayvan sağlığı ve performansını korumayı hem de gıda güvenliği ve sürdürülebilirliği desteklemeyi amaçlamaktadır.

Dolayısıyla bu bölümde, yem hammaddelerinde bulunan başlıca anti-nutrisyonel faktörler sınıflandırılacak; bunların hayvan besleme üzerindeki biyolojik etkileri ve giderilmesine yönelik güncel stratejiler literatür ışığında tartışılacaktır.

2. Bitkisel Sekonder Metabolitlerin Sınıflandırılması

2.1. Glikozitler

Glikozitler, bir veya birden fazla şeker grubunun (glikon) şeker olmayan bir kısım (aglikon) ile glikozidik bağ aracılığıyla birleşmesiyle oluşan bitkisel kökenli organik bileşiklerdir. Aglikon kısmı bir alkol, fenol veya steroid çekirdeği gibi kompleks bir molekül olabilirken; şeker kısmı mono- ya da oligosakkarit yapısında olabilir. Bitkilerde yaygın olarak bulunan glikozitler, çoğu zaman inaktif formda depo edilir ve hidrolizleyici enzimlerin etkisiyle aktif hâle gelir (Wang vd., 2016).

Aglikon yapısına bağlı olarak farklı glikozit sınıfları tanımlanmıştır. Bunlar arasında glukosinolatlar, siyanojenik glikozitler, steroid glikozitler, kalsinojenik glikozitler ve fenolik glikozitler yer almaktadır (Khajali ve Rafiei, 2024). Ancak, çoğu durumda glikozitlerin biyolojik aktiviteleri esas olarak glikon kısmının yapısına bağlıdır; aglikon aynı kalsa bile farklı glikon yapıları, farklı biyolojik etkiler ortaya çıkarabilmektedir.

2.1.1. Siyanojenik Glikozitler (CGs)

Siyanojenik glikozitler (CGs), suda çözünebilir ve ısıya dayanıklı sekonder metabolitlerdir. Bu bileşikler, amino asit öncüllerinden sentezlenmektedir. Sentez sürecinde amino asitler önce N-mono-oksijenaz enzimi tarafından oksitlenir, ardından oksidatif dekarboksilasyon ile aldoksime dönüşür. Aldoksimden bir su molekülünün uzaklaştırılması, dehidrataz enzimi aracılığıyla gerçekleşir ve sonuçta nitril oluşur. Daha sonra nitril mono-oksijenaz, C2 pozisyonuna bir hidroksil grubu ekleyerek hidroksinitril aglikonu (siyanohidrin) oluşturur. Bu bileşik son aşamada glikozillenerek siyanojenik glikozit (CG) formuna dönüşür (Gleadow ve Moller, 2014).

Siyanohidrin aglikonunun genel formülü $R_2C(OH)-C\equiv N$ şeklindedir; burada R, H, alkil veya aril grubu olabilir. Dolayısıyla siyanojenik glikozitler, 2-hidroksi nitrillerin glikozitleri olarak tanımlanmaktadır. Nitril grubu; alifatik, aromatik veya heterosiklik bir yapıya bağlanabilir. Bu durum, CG'lerin hangi amino asitten türediğine bağlı olarak farklılık göstermektedir (Gleadow ve Moller, 2014).

Siyanojenik glikozitler, sorgum, manyok, keten tohumu ve bazı baklagil yem bitkileri ile yonca, üçgül ve çim türleri gibi yaygın yem hammaddelerinde bulunmaktadır (Monbaliu vd., 2012). Bitkiler bu bileşikler, otoburlar, böcekler ve mikroorganizmalar (bakteri ve mantar) gibi biyotik stres etmenlerine karşı bir savunma mekanizması olarak üretmektedir.

Başlıca siyanojenik glikozitler arasında amigdalin (acı badem ve kayısı çekirdeğinde), dhurrin (sorgumda), linamirin ve lotaustralin (manyokta), linustatin ve neolinustatin (keten tohumunda), prunasin (Prunus türlerinde) ve bunun diasetereomer formu sambunigrin (Sambucus nigra – kara mürver) bulunmaktadır (Rietjens ve Eisenbrve, 2023).

Siyanojenik glikozitlerden kaynaklanan bitki zehirlenmeleri hem hayvanlarda hem de insanlarda akut veya kronik olarak sıkça görülmektedir. Zehirlenme riskini azaltmak için düşük siyanür içeriğine sahip çeşitlerin tercih edilmesi önemlidir. Bununla birlikte, tam korunma için hayvan yemlerinin uygun şekilde hazırlanması (kurutma, silaj yapma) ve insan tüketimi için gıdaların doğru yöntemlerle işlenmesi (doğrama, yıkama, kaynatma) gerekmektedir (Panter, 2018).

Özellikle ruminantlar, siyanür zehirlenmesine oldukça duyarlıdır. Bunun nedeni rumen ortamının hafif asidik yapısı, yüksek su içeriği ve mikrobiyal popülasyonun siyanojenik glikozitleri hızla serbest siyanür gazına dönüştürebilmesidir (Arnold vd., 2014).

2.1.2. Steroid glikozitler

Steroid glikozitler Saponinler, Kardiyak glikozitler ve Kalsinojenik glikozitler olmak üzere 3 ana gruptan oluşmaktadır.

2.1.2.1. Saponinler

Saponinler, yüksek moleköl ağırlıklı (1000–1500 Da), uçucu olmayan ve yüzey-aktif özelliklere sahip steroid glikozitlerdir. Aglikon kısmı sapogenin olarak adlandırılır ve bu yapı steroidal (nötral; tetrasiklik) veya triterpenoid (asidik; pentasiklik) olabilir. Steroidal saponinler genellikle monokotil bitkilerde, triterpenoid saponinler ise daha çok dikotil bitkilerde bulunur. Hidrofobik bir aglikon ile hidrofilik şeker birimlerinden oluşan yapıları nedeniyle amfipatik özellik gösterirler ve bu özellikleri sayesinde sulu çözeltilerde stabil köpük oluşturabilirler. Biyosentezleri 2,3-oksidoskualen prekürsöründen başlar; cycloartenol synthase enzimi tetrasiklik steroidal saponinleri, β -amyrin synthase ise pentasiklik triterpenoid saponinleri oluşturur. Bu aşamadan sonra oksidasyon ve glikozilasyon gibi çeşitli modifikasyonlarla farklı saponin tipleri meydana gelir (Khajali ve Rafiei, 2024).

Doğada geniş bir dağılım gösteren saponinler özellikle baklagiller ve yem bitkilerinde yaygındır; soya, yonca, kırmızı üçgül ve lupin gibi bitkilerde; ayrıca bazı deniz canlıları ve rizobakterilerde bulunur. Bitkilerde zararlılara ve mikroorganizmalara karşı savunma mekanizması olarak işlev gördükleri bildirilmektedir (Westendarp, 2005).

Hayvan besleme açısından bakıldığında, saponinler olumlu ve olumsuz etkiler gösterebilmektedir. Ruminal protozoa popülasyonunu baskılayarak amonyak üretimini azaltmaları, azot kullanım verimliliğini artırmaları ve fermentasyonu olumlu yönde etkilemesi önemli yararları arasındadır (Gunun vd., 2019; Ramdani vd., 2023; Kholif, 2023). Ayrıca immün sistemi uyarıcı, antimikrobiyal, hipokolesterolemik ve antiinflamatuvar özellikleri de rapor edilmiştir (Das vd., 2012). Ancak yüksek miktarlarda alındığında eritrosit membranında kolesterol ile etkileşime girerek hemolize yol açabilmekte, amilaz, lipaz ve tripsin gibi sindirim enzimlerini inhibe ederek besin öğelerinin kullanımını sınırlandırabilmekte ve ruminantlarda köpük oluşumuna bağlı şişkinlik gibi sindirim bozukluklarına neden olabilmektedir (Westendarp, 2005).

Bu nedenle saponinlerin rasyondaki düzeylerinin kontrol edilmesi önemlidir. Olumsuz etkilerin azaltılması amacıyla soya gibi bazı bitkilerde klasik ıslah yöntemleriyle düşük saponin içerikli çeşitler geliştirilmiş, ayrıca CRISPR/Cas9 gen düzenleme teknolojisi kullanılarak saponinsiz hatlar elde

edilmiştir (Ramdani vd., 2023). Bunun dışında mikrodalga uygulamaları, fermantasyon, asit-baz işlemleri, peletleme ve ekstrüzyon gibi teknolojiler de yemlerde saponin içeriğini azaltmak için kullanılmaktadır (Das vd., 2012). Böylece saponinler, hem faydaları hem de potansiyel riskleri nedeniyle hayvan beslemede dikkatle değerlendirilmesi gereken ikincil bitkisel metabolitler arasında yer almaktadır.

2.1.2.2. Kardiyak Glikozitler

Kardiyak glikozitler (CGIs), çoğunlukla bitkilerde bulunan steroidal sekonder metabolitlerdir ve karakteristik olarak aglikon kısmında C-17 pozisyonunda yer alan doymamış bir lakton halkasına sahiptirler. Bu yapı C-3 pozisyonunda bir veya birden fazla şeker grubuyla bağlanarak glikozit formunu oluşturur. Glikoz, fruktoz, galaktoz, glukuronid, mannoz ve ramnoz gibi çeşitli monosakkaritler bu yapıda bulunabilir ve bağlı şekerin türü bileşiğin biyolojik etkinliğini doğrudan etkilemektedir (Botelho vd., 2018). Kardiyak glikozitler yapısal olarak iki ana gruba ayrılır: kardenolitler, beş üyeli bir lakton halkası içerirken; bufadienolitler altı üyeli lakton halkasına sahiptir. Bufadienolitler çoğunlukla angiospermelerde sınırlı olarak bulunur. Bu bileşikler C₂₃ ve C₂₄ steroid yapılarıyla kalp kası üzerinde güçlü ve spesifik etkilere sahip olup, aynı zamanda hayvanlarda zehirlenmelere yol açabilmektedir (Khota vd., 2023).

Kardiyak glikozitler, bitkilerin tohum, yaprak, gövde, kök ve kabuklarında düşük miktarlarda bulunmakta olup Brassicaceae, Solanaceae, Scrophulariaceae, Oleaceae, Liliaceae ve Apocynaceae gibi birçok familyada rapor edilmiştir (Morsy 2017). Özellikle *Digitalis purpurea*, *Digitalis lanata*, *Strophanthus gratus* ve *Strophanthus kombe* en önemli tıbbi kaynaklar arasında yer almaktadır (Cressey ve Saunders 2012). Bu bileşikler, Na⁺/K⁺-ATPaz pompasını inhibe ederek kalp kasında aritmilere ve kontraksiyon gücünde azalmaya neden olmakta, ruminantlarda ise zehirlenmelere yol açabilmektedir (Kumavath vd., 2021).

2.1.2.3. Kalsinojenik glikozitler

Kalsinojenik glikozitler (CIGIs), aglikon kısmı aktif D vitamini metabolitlerinden biri olan 1,25 (OH)₂ D₃ veya 25 (OH) D₃ yapısındaki steroidal bileşiklerdir. Bu glikozitlerin biyosentezinde, mevalonik asitten

türeleyen izopren üniteleri ile steroller öncül rol oynamaktadır. Solanaceae familyasına ait bitkilerde bulunurlar ve aglikon kısmının hidrolizi sonucu D vitamini intoksikasyonuna neden olarak kalsinozis tablosu oluştururlar (Wrissenberg 2023). Özellikle Güney Amerika'da görülen *Nierembergia veitchii* bitkisinin ruminantlarca tüketilmesi, aort, akciğer, eklem ve böbrek gibi yumuşak dokularda kalsiyum birikimine yol açar; bu lezyonlar yıllarca kalıcı olabilir (Gimeno vd., 2014). Zehirlenme iştahsızlık, kilo kaybı, kısırlık, solunum yetersizliği ve kardiyak aritmi ile karakterizedir. CIGIs asitlere, oksitleyici ajanlara ve UV ışınlarına duyarlıdır. Tedavi olarak diyetle kalsiyumun azaltılması ve deksametazon gibi glukokortikoidlerin uygulanması önerilse de kesin bir iyileşme sağlanamadığından, en etkili yöntem hayvanların toksik bitkilerin bulunduğu alanlarda otlatılmamasıdır (Gröber 2012).

2.1.3. Fenolik Glikozitler

Fenolik glikozitler (PhGIs), fenolik yapılu bir aglikonun şeker grubuna glikozidik bağ ile bağlanmasıyla oluşan ve şikimik asit ile flavonoid yolakları üzerinden sentezlenen bileşiklerdir. Salicaceae türlerinde yoğun olarak bulunmakla birlikte, kumarin glikozitleri tek ve çift çenekli bitkilerin yaprak, kök ve meyvelerinde; flavonoidler ise birçok bitki ve meyvede yaygın olarak görülmektedir (Crozier ve Jaganath 2006). İzoflavonlar fitoöstrojen özellik göstermekte olup ruminantlarda hormonal düzensizliklere, büyüme performansı ve üreme fonksiyonlarında bozulmalara yol açabilir; ayrıca tatlı yoncada bulunan dikumarol antikoagülan etki yaparak vitamin K eksikliğine neden olur (Stob 2018). Bu bileşikler biyolojik olarak aktif değildir, ancak sindirim sırasında bağırsak bakterileri tarafından parçalanarak toksik aglikonlar açığa çıkar; bu nedenle hayvanların söz konusu bitkilere erişiminin sınırlandırılması en pratik korunma yoludur.

2.2. Alkaloidler

Glikoalkaloidler, yapılarında bir şeker grubu ve alkaloid bulunduran, hidrolizle aglikon oluşturan bileşiklerdir. Alkaloidler bitkiler tarafından çoğunlukla otçullara karşı savunma mekanizması olarak üretilen doğal toksik aminlerdir (Barceloux 2009). Patates ve benzeri yumrulu bitkilerde bulunan solanin de özellikle yeşil kabuklu ve filizlenmiş kısımlarda yoğunlaşarak sığırlarda zehirlenme riski oluşturur (Bondi ve Alumot, 1987). Alkaloidlerin

toksik etkileri genellikle merkezi sinir sistemi, sindirim, üreme ve bağışıklık sistemi üzerinde bozukluklar şeklinde görülür ve hem hayvanlar hem de insanlar için tehlikelidir (Akinboye vd., 2023). Bununla birlikte, bazı alkaloidler lezzetli olduklarından hayvanlar tarafından tercih edilebilmekte, örneğin lupinler yüksek oranda alkaloid içerirken bakla, bezelye ve yağlı tohumlarda bu bileşiklere rastlanmamaktadır. Ayrıca ıslah çalışmalarıyla düşük alkaloid içeriğine sahip acı bakla çeşitleri geliştirilmiş ve hayvan beslenmesinde güvenli düzeylerde kullanılmaya başlanmıştır (Bondi ve Alumat, 1987; Porres vd., 2005; Prusinski, 2015). Cıvciv rasyonlarında sarı lupinin %10'dan fazla kullanımı büyüme performansını olumsuz etkilemektedir (Okuyucu ve Okuyucu, 2008). Öte yandan, bazı çalışmalarda bitki alkaloidlerinin bağırsak mukozasındaki inflamatuvar süreçleri düzenleyerek bağırsak bütünlüğüne katkı sağladığı ve özellikle domuzlarda yemden yararlanma oranını iyileştirdiği de bildirilmiştir (Van Leeuwen ve Additives, 2016).

2.3. Fenolik Bileşikler

Bitkilerde en önemli fenolik bileşik sınıfları arasında tanenler ve gossypol bulunmaktadır. Fenolik bileşikler temel yapılarında bir benzen halkası içeren maddelerdir ve hidroksibenzoik asitler, hidroksisinamik asitler ve flavonoidler olarak sınıflandırılmaktadır (Kumar ve Goel 2019). Yemlerde bulunan fenolik bileşikler, aminoasitlerle birleşerek bazı mineral maddelerin (örneğin çinko) ve besin maddelerinin yararlanılabilirliğini azaltabilmekte, ayrıca yemlere koyu bir renk kazandırabilmektedir (Samtiya vd., 2020).

2.3.1. Tanenler

Tanenler, bitkilerin böcek ve mantarlara karşı korunmasında rol alan fenolik bileşiklerdir. Tanenlerin etkileri; kimyasal yapıları, miktarları, hayvanın türü ve fizyolojik durumuna bağlı olarak hem olumlu hem de olumsuz şekilde ortaya çıkabilmektedir (Besharati vd., 2022). Bitkilerin kök, yaprak, meyve, tohum ve kabuk gibi birçok farklı organında bulunurlar (Aktaş ve Akkan, 2011). Tanenler, hidrolize olabilen tanenler ve kondanse tanenler olmak üzere iki gruba ayrılır (Khajali ve Rafiei 2024). Hidrolize tanenler zayıf asitler, bazlar, sıcak su veya enzimlerin etkisiyle karbonhidratlara ve fenolik asitlere

hidrolize edilebilirken; çok daha büyük bir grup olan kondanse tanenler hidrolize edilemez. Hidrolize tanenler ruminantlarda yüksek miktarlarda alındığında toksisiteye yol açarken, kondanse tanenler çeşitli besin maddeleriyle kompleks oluşturarak besin yetersizliklerine neden olabilmektedir (Reed, 1995). Türler arasında tolerans farklılık göstermekte olup; keçiler rasyonda %8–10, sığırlar %3–5, kanatlılar ise yaklaşık %1 oranına kadar taneni tolere edebilmektedir (Begovic vd., 1978).

Ruminantlarda tanenler, rumende şişkinliği önleme, metanogenezi azaltma, by-pass protein etkisiyle aminoasit emilimini artırma, süt ve yapağı verimini iyileştirme ve iç parazitleri kontrol etme gibi yararlı etkiler gösterebilirken; aşırı alımlarda iştah azalması, mide-bağırsak yangısı, karaciğer ve böbrek hasarı, sindirim bozuklukları ve büyüme geriliği gibi olumsuzluklar da ortaya çıkabilmektedir (Waghorn, 2008; Min vd., 2003). Yapılan bir çalışmada tanenlerin süt ineklerinde görünen azot sindirilebilirliğini düşürdüğü rapor edilmiştir (Herremans vd., 2020).

Kanatlılarda yüksek düzeyde tanen tüketimi; canlı ağırlık ve yumurta veriminde azalma, yemden yararlanma ve aminoasit sindirimini bozulması, karaciğer ve böbreklerde histopatolojik değişiklikler ile %5'in üzerindeki düzeylerde ölümlerle sonuçlanabilmektedir (Çalışlar, 2018). Nitekim yapılan çalışmalar, sorgumda bulunan kondanse tanenlerin kanatlılar için en olumsuz anti-besinsel faktör olduğunu ortaya koymuştur (Herremans vd., 2020). Bununla birlikte, tanenlerin olumsuz etkilerini azaltmaya yönelik çeşitli stratejiler geliştirilmiştir. Bu kapsamda kurutma ve depolama, alkalilerle muamele, yemlerin su ile ıslatılması veya otoklavlanması gibi yöntemlerin yanı sıra polietilen glikol (PEG) ilavesi de etkili bulunmuş; PEG uygulamasının sindirilebilirliği ve metabolik enerji değerlerini artırdığı bildirilmiştir (Xie vd., 2021; Nsahlai vd., 2011). Ayrıca bitki ıslahı çalışmalarıyla düşük tanen içeriğine sahip sorgum çeşitleri geliştirilmiş, fenolik bileşiklerin biyosentezinden sorumlu genlerin devre dışı bırakılmasında CRISPR-CAS9 teknolojisi başarıyla uygulanmış ve tanenlerin buruk tat oluşumuyla ilişkili gen düzenlemeleri de ortaya çıkarılmıştır (Selle vd., 2018; Shi vd., 2021).

Öte yandan, tanenlerin hayvan beslemede faydalı yönleri de rapor edilmiştir. Protein kullanımını artırmaları, bağırsak sağlığını desteklemeleri, antioksidan ve bağışıklık sistemi üzerinde olumlu etkiler göstermeleri ile iç

parazit kontrolünde etkin olmaları bu yararların başında gelmektedir (Salzano vd., 2021; Damiano vd., 2022).

2.3.2. Gossypol

Gossypol, pamuk bitkisinde (*Gossypium spp.*) bulunan fenolik bir bileşiktir. İsmi, pamuk bitkisinin bilimsel adı olan *Gossypium* ve fenolden türetilen “ol” ekinden almıştır. En yoğun olarak pamuk tohumlarında bulunmakla birlikte, bitkinin kabuk, yaprak ve gövde gibi diğer kısımlarında da yer almaktadır. Gossypol serbest ve bağlı olmak üzere iki formda bulunur. Serbest form toksik etkiye sahiptir. Serbest gossypol %70 sulu aseton ile ekstrakte edilebilirken, bağlı form bu çözelti içinde çözünmez (Morgan 2017).

Gossypol toksisitesi pamuk tohumu, pamuk yağı veya pamuk küspesinin tüketilmesiyle ortaya çıkar. Çiftlik hayvanlarında ve kanatlılarda görülen gossypol zehirlenmesi infertilite, kalp hasarı, akciğer ödemi, böbrek ve karaciğer hasarı, anemi ve tiroit metabolizmasının bozulması ile ilişkilidir (Rikihisa ve Lin 1989). Monogastrik hayvanlar gossypol toksisitesine ruminantlara kıyasla daha duyarlıdır. Ruminantlarda zehirlenme zayıflık, düşük canlı ağırlık artışı ve solunum güçlüğü ile kendini gösterir. Serbest gossypol demire bağlanarak demir eksikliğine yol açar, bu da eritropoezi ciddi şekilde etkileyerek anemiye sebep olur. Gossypolün uzun süreli alımı, gebe kalma oranını düşürür ve süt ineklerinde düşük insidansının artışıyla ilişkilendirilmiştir (Wang vd., 2021). Avrupa Birliği, serbest gossypolün yetişkin ruminant rasyonlarında en fazla 5 g/kg, buzağı ve kuzu rasyonlarında ise en fazla 0,1 g/kg olmasını önermektedir (Knutsen vd., 2017).

Gossypolün toksisitesini azaltmak için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Düşük gossypol içerikli pamuk çeşitlerinin geliştirilmesi için genetik ıslah ve CRISPR/Cas9 uygulamalarıyla toksik (–) izomerin üretimi baskılanarak tohumların güvenli hale getirilebildiği bildirilmiştir (Lin vd., 2023). Ayrıca ısıtma işlemi, peletleme ve ekstrüzyon gibi teknolojik yöntemlerle serbest gossypol düzeyi önemli ölçüde düşürülebilmekte, pamuk tohumlarının etanol, hekzan ve sulu aseton gibi organik çözücülerle işlenmesi de etkin bir azaltma sağlamaktadır. Bunun yanında demir sülfat ile muamele gossypolün toksisitesini azaltmada yaygın bir kimyasal yöntem olarak kullanılmakta,

mikrobiyal fermentasyon gibi biyolojik yaklaşımlarla da serbest gossypol düzeylerinde azalma elde edilebilmektedir (Lin vd., 2023).

2.4. Fitik Asit

Fitik asit, özellikle hayvan yemlerinin temel bileşenini oluşturan tahıllar ve baklagillerde yoğun olarak bulunan ve fosforun depo formu şeklinde yer alan bir bileşiktir. Fitik asidin mineral tuzu formu olan fitat, tüm tohumlarda bitki hücrelerinde yaygın olarak bulunur ve yapısında bir inositol halkası ile en az bir fosfat grubu taşır (Raboy 2003). Fitatın biyosentezi çiçeklenmeden hemen sonra başlamakta, tohum olgunlaşması ve kurumasına kadar birikimi devam etmektedir. Tahıllarda fitat genellikle protein-aleuron tabakasında yoğunlaşırken, mısırdaki embriyoda daha fazla bulunur (Humer vd., 2014). Tohumlardaki toplam fosforun yaklaşık %80'i fitik asit formunda depolanır; bu nedenle fitik asit, fosfatın başlıca depo bileşiği olarak işlev görmektedir, aynı zamanda çimlenme sürecinde enerji kaynağı ve antioksidan görevi üstlenmektedir (Feyera vd., 2020). Yem hammaddelerindeki fitat düzeyi ise bitki veya tohum türüne, yetiştirme koşullarına, ıslah programına ve işleme yöntemlerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

Yem hammaddelerinde fitat, genellikle potasyum ve magnezyum tuzları formunda bulunur ve bu formlar nispeten düşük reaktiviteye sahiptir. Ancak yem hayvan tarafından alındığında ve gastrointestinal kanalın proksimalinde düşük pH ile karşılaştığında, potasyum ve magnezyum iyonlarının yerini H^+ iyonları alır ve bu da fitat tuzlarını çözünür hale getirir. Böyle bir ortamda, birçok protein izoelektrik noktasının altında olduğundan protein-fitat kompleksleri oluşur. Bu kompleksler bağırsak proteazlarına dirençli olup endojen amino asit kayıplarını artırır (Selle vd., 2012). Bunun sonucunda azot (N) atılımı yükselir ve çevrede N kirliliğine yol açar.

Fitat, mineral emilimini bozması nedeniyle bazen anti-besinsel (antinutritional) bir faktör olarak kabul edilmektedir. Diyetle fitatın varlığı, mineral alımı üzerindeki olumsuz etkisi nedeniyle özellikle kemik mineralizasyonunda yetersizlik oluşturur. Fitat; demir, çinko, kalsiyum gibi metal katyonlarını şelatlayabilmekte, ayrıca pepsin, amilaz ve tripsin gibi protein ve sindirim enzimlerine bağlanabilmektedir. Bu nedenle fitat, antinutrient olarak büyük önem taşımaktadır çünkü fosfat gruplarının şelat yapıcı etkisi, fitik asidin özellikle Zn^{2+} ve Cu^{2+} gibi minerallere bağlanmasına

yol açar (Liu vd., 2022). Diyetle yüksek ve tek tip fitat içeriği, kemiklerde mineral yetersizlikleri ve malnütrisyon gibi antimetabolik sonuçlara neden olabilmektedir (Lin vd., 2023).

Bohn vd., (2008), fitik asidin minerallerle güçlü bağlar oluşturma özelliği nedeniyle önemli bir anti-besinsel faktör olduğunu; bunun, fitik asit mineral komplekslerinin ince bağırsağın nötral pH koşullarında düşük çözünürlüğe sahip olmasından kaynaklandığını bildirmişlerdir. Aynı araştırmada, monogastrik hayvanlarda fosforun büyük oranda fitik asit formunda bulunmasına rağmen, gastrointestinal sistemde yeterli parçalanma gerçekleşmediği için bu fosforun biyoyararlılığının düşük olduğu ifade edilmiştir. Bu nedenle, domuz ve kanatlı yemleri optimum büyüme ve kemik gelişimini sağlamak amacıyla sıklıkla inorganik fosfat kaynaklarıyla desteklenmektedir (Selle & Ravindran, 2007; Dersjant-Li vd., 2015).

Fitik asidin parçalanmasını sağlamak için çeşitli fiziksel ve biyokimyasal işlem yöntemleri denenmiştir. Bunlar arasında, fitik asidi hidrolize eden fitaz enzimlerinin kullanımı en etkili strateji olarak değerlendirilmektedir (Selle & Ravindran, 2007; Chondrou vd., 2024). Fitazlar yem katkısı olarak uygulandığında, özellikle tahıl bazlı rasyonlarda minerallerin, fosforun ve enerji kullanımının artmasına katkı sağlamaktadır (Dersjant-Li vd., 2015; Bohn vd., 2008).

Domuzlarda yapılan bazı çalışmalarda, maya kaynaklı fitazın pirinç kepeği gibi yan ürünlerle kombine edilmesiyle ısıl denatürasyona karşı daha dirençli hale geldiği ve fosfor sindirilebilirliğini belirgin ölçüde artırdığı gösterilmiştir (Casas, 2018). Bu nedenle, fitik asidin hidrolizi ve bağlı fosforun serbest bırakılması, yalnızca hayvan besleme açısından değil, aynı zamanda çevresel fosfor yükünün azaltılması yönünden de büyük önem taşımaktadır (Bohn vd., 2008; Chondrou vd., 2024).

2.5. Nişasta Tabiatında Olmayan Polisakkaritler (NOP)

Nişasta tabiatında olmayan polisakkaritler (NOP) veya literatürdeki adıyla nişasta dışı polisakkaritler (NSP), bitki hücre duvarının temel bileşenleri olup selüloz, hemiselüloz, pektin, mannan, arabinoksilan ve oligosakkaritleri içerir (Huyghebaert ve De Groote, 1995; Knudsen, 2014). Kanatlılar sindirim sistemlerinde bu polisakkaritleri parçalayan endojen enzimlerden yoksun

olduklarından, NOP'ler enzimatik olarak parçalanamaz ve anti-besinsel faktör olarak değerlendirilir. NSP'ler kimyasal yapıları ve çözünürlük özelliklerine bağlı olarak sindirim fizyolojisini ve bağırsak mikrobiyotasını etkiler. Özellikle suda çözünebilir NOP'ler sindirim kanalında viskoziteyi artırarak mukus tabakasının kalınlaşmasına, villus yüksekliğinin azalmasına, nişasta granüllerine enzim erişiminin engellenmesine ve *E. coli*, *Clostridium spp.* gibi bakterilerin çoğalmasına neden olur; bu durum yemden yararlanmayı ve canlı ağırlık artışını olumsuz etkiler (Kırkpınar ve Açıkgöz, 2003; Montagne vd., 2003). Buğdayda hücre duvarı polisakkaritlerinin %60–70'ini arabinoksilanlar oluştururken, arpa ve yulafta $\beta(1\rightarrow4)$ ve $\beta(1\rightarrow3)$ bağları içeren karışık bağlı β -glukanlar baskındır (Sinha vd., 2011). Bu yapısal farklılıklar çözünürlük ve viskozite özelliklerini belirler. NSP'lerin oluşturduğu yüksek viskozite, sindirim enzimlerinin etkisini azaltmanın yanı sıra, bağırsak epitelinde “pattern recognition receptor”ların (özellikle Toll-like reseptörlerin) aktivasyonu ile immün sistemi uyarak büyüme performansını baskılayabilir (Choct ve Annison 1992; Sinha vd., 2011). Bu nedenle, kanatlı rasyonlarına β -glukanaz, ksilinaz ve fitaz gibi dışsal enzimlerin ilavesi, yem viskozitesini azaltarak besin sindirilebilirliğini ve yemden yararlanmayı artırmakta, bağırsak mikrobiyal dengesini korumakta ve uçucu yağ asidi üretimini desteklemektedir (Bölükbaşı vd., 2019). Ayrıca, tahılların ıslatma veya fermentasyon gibi ön işleme teknikleriyle besleme değerinin artırılması, NOP'lerin olumsuz etkilerini azaltmada etkili bir yöntem olarak değerlendirilmektedir.

2.6. Lektinler

Lektinler (hemaglutininler), glikoprotein yapısında olan ve hücre yüzeyindeki karbonhidratlara bağlanabilen bileşiklerdir. Bitkilerde, özellikle baklagillerde yüksek oranda (%2–10) bulunurlar ve bitkinin savunma sisteminde görev alırlar (Atmaca ve Aksoy, 2015). Lektinlerin toksik etkileri ilk kez eritrositlere bağlanarak aglutinasyon (kümeleşmeye) neden olmalarıyla tanımlanmıştır. Daha sonraki araştırmalar, lektinlerin yalnızca eritrositleri değil, farklı hücre tiplerini de aglutine edebildiğini ve özellikle bağırsak epitel hücrelerine bağlanarak besin maddelerinin taşınması ile emilimini engellediğini göstermiştir (Herzig vd., 1997). Bu durum, bağırsak mukozasında yapısal bozulmalara, endojen azot kayıplarının artmasına, mikrobiyal dengenin (disbiyozis) bozulmasına ve sonuç olarak sindirim bozuklukları, ishal, kilo

kaybı ve büyüme geriliği gibi olumsuz fizyolojik etkilere yol açmaktadır. Japonya’da rapor edilen “beyaz fasulye olayı”, lektin kaynaklı zehirlenmeye örnek teşkil etmektedir (Ogawa ve Date 2014). Hayvanlarda lektin tüketimi, sindirim kanalında besin emiliminin azalmasına, bağırsak mukozasında yangıya, bağışıklık sisteminin zayıflamasına, yemden yararlanma oranında azalmaya ve büyüme performansının düşmesine neden olabilmektedir. Ayrıca buzağılarda ishal, endojen azot kaybı, yağ ve glikojen yıkımı ile mineral metabolizmasında bozulmalar gözlenmiştir (Atmaca ve Aksoy, 2015; Ergün vd., 2002).

Lektinlerin zararlı etkileri çeşitli ısıl işlemlerle önemli ölçüde azaltılabilmekte, ancak tamamen ortadan kaldırılamamaktadır. Pişirme, otoklavlama veya ısıtma gibi işlemler lektin toksisitesini düşürmede etkili yöntemlerdir. Örneğin, kuru baklanın 5 saat suda bekletilmesi ve bu suyun dökülmesi zararlı etkileri azaltırken, fasulyenin 100 °C’de en az 30 dakika pişirilmesiyle lektinlerin büyük oranda parçalandığı bildirilmiştir (Lampel vd., 2012). Ayrıca, baklagil yemlerinin rasyonda %15–25’in altında ve kuru otlarla birlikte kullanılması, olumsuz etkilerin hafifletilmesine katkı sağlayabilmektedir (Williams vd., 1984). Bununla birlikte, otoklavlama ve ekstrüzyon gibi ısı işlemleri lektinlerin yapısının bozulmasında ve baklagillerin besin değerinin artırılmasında en etkili yöntemler arasında yer almaktadır. Nitekim, soya lektinlerinin civcivlerde büyüme geriliğinin yaklaşık %15’inden sorumlu olduğu, ancak uygun ısıl işlemle bu olumsuz etkinin tamamen ortadan kaldırılabildiği belirtilmiştir (Singh vd., 2023; Douglas vd., 1999).

2.7. Enzim İnhibitörleri

Bitkilerde başlıca iki grup enzim inhibitörü bulunur: proteaz inhibitörleri ve amilaz inhibitörleri (Aoki-Shioi vd., 2023). Proteaz inhibitörleri (Pİ’ler), proteinaz aktivitesini sınırlayarak sinyal iletimi, apoptoz, inflamasyon, kan pıhtılaşması ve hormon işlenmesi gibi birçok biyolojik süreci düzenler (Gomes vd., 2011). Amilaz inhibitörleri ise bitkilerde biyotik streslere karşı savunma mekanizmasının bir parçasıdır. Tahıllarda bulunan α -amilaz inhibitörleri, genellikle 120–160 amino asit kalıntısından ve beş disülfid bağından oluşur; küçük yapıli inhibitörler substrat bağlanma bölgesini bloke ederken, büyük yapıli olanlar enzimin belirli amino asit kalıntılarıyla etkileşir (Li vd., 2021).

Proteaz ve amilaz inhibitörleri özellikle baklagiller ve tahıllarda yaygın olarak bulunur ve anti-besinsel faktörler arasında değerlendirilir. Pİ'ler, bağırsakta proteolitik enzimleri engelleyerek protein sindiriminin azalmasına, dolayısıyla büyüme geriliği ve pankreas hipertrofisine neden olabilir (Atmaca ve Aksoy, 2015).

Isıl işlemler, proteaz inhibitörlerinin büyük bölümünü inaktive edebilir; ısı, inhibitörlerin aktif bölge konformasyonunu değiştirir. Örneğin, 148 °C'de ekstrüzyon (25 % nem, 100 rpm), 100 °C'de 9 dakika kaynatma, 2 dakika kavurma, 7–30 dakika pişirme, 3 dakika mikrodalga işlemi veya 121 °C'de 15 dakika otoklavlama, tripsin inhibitörlerinin çoğunu etkisiz hale getirebilir. Ayrıca ıslatma işlemi, sıcaklık, pH ve sürenin uygun şekilde ayarlanmasıyla inhibitör aktivitesini azaltmada etkilidir (Avil'es-Gaxiola vd., 2018).

2.8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bitkisel kökenli anti-nutrisyonel faktörler (ANF'ler), yem değeri ve hayvan sağlığını sınırlayabilse de; uygun işleme teknikleri, enzim desteği ve bilinçli rasyon tasarımı ile bu etkiler önemli ölçüde kontrol altına alınabilir. Uygulamada dikkat edilmesi gereken temel noktalar;

- (i) hammaddeye özgü risk profilinin belirlenmesi (bitki türü, çeşidi, hasat ve depolama koşulları),
- (ii) işlem türü, dozu ve süresinin optimize edilmesi (örneğin ekstrüzyon veya otoklav parametreleri),
- (iii) besin kaybı–maliyet dengesinin korunması,
- (iv) hayvan türü, yaşı ve fizyolojik durumuna uygun eşik ve limit değerlerin gözetilmesi,
- (v) süreçlerin kimyasal analiz, performans ve sağlık göstergeleriyle düzenli olarak izlenmesidir.

Günümüzde düşük tanen veya gossypol içeren bitki hatlarının geliştirilmesi gibi genetik iyileştirme çalışmaları ve CRISPR/Cas9 temelli modern biyoteknolojik yaklaşımlar, “düşük-ANF” içeriğine sahip yem hammaddelerinin sürdürülebilir üretimi için umut verici stratejiler sunmaktadır.

Sonuç olarak, işleme, enzim uygulaması, rasyon formülasyonu ve genetik iyileştirmeyi kapsayan çoklu strateji yaklaşımı, yemlerdeki ANF

yükünü azaltarak hayvan performansı, sağlık ve çevresel sürdürülebilirliği birlikte optimize etme potansiyeline sahiptir.

KAYNAKLAR

- Akinboye, A. J., Kim, K., Choi, S., Yang, I., Lee, J. G. (2023). Alkaloids in food: a review of toxicity, analytical methods, occurrence and risk assessments. *Food Science and Biotechnology*, 32(9), 1133–1158.
- Aktaş, B., Akkan, S. (2011). Sığır besi yemine ilave edilen meşe palamudu taneninin rumen fermantasyonuna etkilerinin rumen simulasyon tekniği (Rusitek) ile saptanması. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48(3), 249–254.
- Aoki-Shioi, N., Nagai, Y., Deshimaru, M., Terada, S. (2023). Precursor genes of Bowman–Birk-type serine proteinase inhibitors comprise multiple inhibitory domains to promote diversity. *Biochimica et Biophysica Acta BBA, General Subjects*, 1867, 130248. doi:10.1016/j.bbagen.2022.130248
- Arnold, M., Gaskill, C., Smith, S. R., Lacefield, G. D. (2014). Cyanide poisoning in ruminants. *Agriculture and Natural Resources Publications*, 168. Retrieved from https://uknowledge.uky.edu/anr_reports/168
- Atmaca, E., Aksoy, A. (2015). Toksikolojik açıdan yemlerde oluşabilecek doğal kaynaklı risk faktörleri. *Türkiye Klinikleri Journal of Animal Nutrition and Nutritional Diseases – Special Topics*, 1(1), 32–42.
- Avilés-Gaxiola, S., Chuck-Hernández, C., Serna Saldívar, S. O. (2018). Inactivation methods of trypsin inhibitor in legumes: A review. *Journal of Food Science*, 83, 17–29. doi:10.1111/1750-3841.13985
- Barceloux, D. G. (2009). Potatoes, tomatoes, and solanine toxicity *Solanum tuberosum* L., *Solanum lycopersicum* L.. *Disease-a-Month*, 55(6), 391–402. doi:10.1016/j.disamonth.2009.03.009
- Begovic, S., Duzic, E., Sakirbegovic, A., Tafro, A. (1978). Examination of tannase activity in ruminal contents and mucosa of goats fed oak leaves and during intraruminal application of 3 to 10% tannic acid. *Veterinaria*, 4, 445–457.
- Besharati, M., Maggiolino, A., Palangi, V., Kaya, A., Jabbar, M., Eseceli, H., Lorenzo, J. M. (2022). Tannin in ruminant nutrition. *Molecules*, 27(23), 8273. doi:10.3390/molecules27238273
- Bohn, L., Meyer, A. S., Rasmussen, S. K. (2008). Phytate: Impact on environment and human nutrition – A challenge for molecular breeding.

- Journal of Zhejiang University Science B, 9(3), 165–191. doi:10.1631/jzus.B0710640
- Bondi, A., Alumot, R. (1987). Anti-nutritive factors in animal feedstuffs and their effects on livestock. *Progress in Food and Nutrition Science*, 11, 151–175.
- Bölükbaşı, C., Dumlu, B., Ahmadova, R. (2019). Katıfaz fermentasyonu ile arpanın besin değerinin iyileştirilmesi. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 14(3), 315–323.
- Botelho, A. F. M., Pierezan, F., Soto-Blanco, B., Melo, M. M. (2019). A review of cardiac glycosides: Structure, toxicokinetics, clinical signs, diagnosis, and antineoplastic potential. *Toxicon*, 158(2), 63–68. doi:10.1016/j.toxicon.2018.11.429
- Casas Bedoya, G. A. (2018). Nutritional evaluation of rice coproducts fed to pigs. Doctoral dissertation, University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Choct, M., Annison, G. (1992). Anti-nutritive effect of wheat pentosans in broiler chickens: Roles of viscosity and gut microflora. *British Poultry Science*, 33(4), 821–834. doi:10.1080/00071669208417524
- Chondrou, T., Adamidi, N., Lygouras, D., Hirota, S. A., Veroutsos, O., Svolos, V. (2024). Dietary phytic acid, dephytinization, and phytase supplementation alter trace element bioavailability — A narrative review of human interventions. *Nutrients*, 16(23), 4069. doi:10.3390/nu16234069
- Crozier, A., Jaganath, I. B., Clifford, M. N. (2006). Phenols, polyphenols and tannins: An overview. In Crozier, A., Clifford, M. N., Ashihara, H. (Eds.), *Plant secondary metabolites: Occurrence, structure and role in the human diet*, 1–25. Blackwell Publishing, Oxford, UK.
- Cressey, P., Reeve, J. (2019). Metabolism of cyanogenic glycosides. *Food and Chemical Toxicology*, 125(3), 225–232. doi:10.1016/j.fct.2019.01.002
- Çalışlar, S. (2018). Tanenlerin kanatlı hayvan beslemede etkileri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(4), 615–623. doi:10.18016/ksutarimdog.vi.464152
- Damiano, S., Longobardi, C., Salzano, A., D'Angelo, L., Amenta, M., Maggiolino, A., others. (2022). Red orange and lemon extract preserve from oxidative stress, DNA damage and inflammatory status in lambs.

- Italian Journal of Animal Science, 21, 934–942. doi:10.1080/1828051X.2022.2093112
- Das, T. K., Banerjee, D., Chakraborty, D., Pakhira, M. C., Shrivastava, B., Kuhad, R. C. (2012). Saponin: Role in animal system. *Veterinary World*, 5(4), 248–254. doi:10.5455/vetworld.2012.248-254
- Dersjant-Li, Y., Awati, A., Schulze, H., Partridge, G. (2015). Phytase in non-ruminant animal nutrition: A critical review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(5), 878–896. doi:10.1002/jsfa.6998
- Dey, D. (2016). Role of secondary metabolites in plant defense. *Innovative Farming*, 1(4), 115–118.
- Douglas, M. W., Parsons, C. M., Hymowitz, T. (1999). Nutritional evaluation of lectin-free soybeans for poultry. *Poultry Science*, 78(1), 91–95. doi:10.1093/ps/78.1.91
- Emire, S. A., Jha, Y. K., Mekam, F. (2013). Role of antinutritional factors in food industry. *Beverage ve Food World*, 2, 23–28.
- Ergün, A., Çolpan, İ., Yıldız, G., Küçükersan, S., Tuncer, D. Ş., Yalçın, S., Küçükersan, M. K., Şehu, A. (2002). *Yemler, yem hijyeni ve teknolojisi*. Ankara Üniversitesi Yayınları.
- Feyera, M. (2020). Review of some cereal and legume-based composite biscuits. *International Journal of Agricultural Science and Food Technology*, 6, 162.
- Gimeno, E. J., Portiansky, E. L., Gomar, M. S., Costa, E. F., Massone, A. R., Alonso, C. R., Barros, S. S. (2004). Calcinosis in ruminants due to plant poisoning: Contributions on the pathogenesis. In Acamovic, T., others (Eds.), *Poisonous plants and related toxins*, 84–89. CABI, Wallingford, UK. doi:10.1079/9780851996141.0084
- Gleadow, R. M., Møller, B. L. (2014). Cyanogenic glycosides: Synthesis, physiology, and phenotypic plasticity. *Annual Review of Plant Biology*, 65, 155–185. doi:10.1146/annurev-arplant-050213-040027
- Gomes, M. T. R., Oliva, M. L., Lopes, M. T. P., Salas, C. E. (2011). Plant proteinases and inhibitors: An overview of biological function and pharmacological activity. *Current Protein and Peptide Science*, 12(5), 417–436.

- Gröber, U., Kisters, K. (2012). Influence of drugs on vitamin D and calcium metabolism. *Dermato-Endocrinology*, 4(2), 158–166. doi:10.4161/derm.20731
- Gunun, P., Gunun, N., Khejornsart, P., Oupppamong, T., Cherdthong, A., Wanapat, M., Kang, S. (2019). Effects of *Antidesma thwaitesianum* Muell. Arg. pomace as a source of plant secondary compounds on digestibility, rumen environment, hematology, and milk production in dairy cows. *Animal Science Journal*, 90(3), 372–381.
- Herremans, S., Vanwindekens, F., Decruyenaere, V., Beckers, Y., Froidmont, E. (2020). Effect of dietary tannins on milk yield and composition. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 104(3), 1209–1218. doi:10.1111/jpn.13341
- Herzig, K. H., Bardocz, S., Grant, G., Nustede, R., Fölsch, U. R., Pusztai, A. (1997). Red kidney bean lectin is a potent cholecystokinin-releasing stimulus in the rat. *Gut*, 41(3), 333–338. doi:10.1136/gut.41.3.333
- Humer, E., Schwarz, C., Schedle, K. (2015). Phytate in pig and poultry nutrition. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 99(4), 605–625.
- Hygheabert, G., De Groote, G. (1995). The effect of specific enzymes on MEN-value and nutrient utilization. 10th European Symposium on Poultry Nutrition, Antalya, Turkey.
- Khajali, F., Rafiei, F. (2024). A review of plant anti-nutritional factors. *Journal of Agriculture and Food Research*, 18, 101290. doi:10.1016/j.jafr.2024.101290
- Kholif, A. F. (2023). A review of effect of saponins on ruminal fermentation. *Veterinary Sciences*, 10(7), 450. doi:10.3390/vetsci10070450
- Khota, W., Kaewpila, C., Kimprasit, T., Seemakram, W., Kakaisorn, S., Wanapat, M., Cherdthong, A. (2023). The isolation of rumen *Enterococci* strains with high potential for cyanide utilization. *Scientific Reports*, 13, 13176. doi:10.1038/s41598-023-40488-9
- Kırkpınar, F., Açıkgöz, Z. (2003). Kanatlı hayvanlarda nişasta tabiyatında olmayan polisakkaritlerin etkileri. *Hayvansal Üretim*, 44(2), 20–28.
- Knudsen, K. E. B. (2014). Fiber and non-starch polysaccharide content in crops. *Poultry Science*, 93(9), 2380–2393. doi:10.3382/ps.2014-03902

- Knutsen, H. K., Barregård, L., Bignami, M., others. (2017). Presence of free gossypol in whole cottonseed. *EFSA Journal*, 15, 4850e65. doi:10.2903/j.efsa.2017.4850
- Kuenz, S., Thurner, S., Hoffmann, D., Brugger, D. (2022). Effects of trypsin inhibitor activity on digestible amino acids. *Poultry Science*, 101(4), 101740. doi:10.1016/j.psj.2022.101740
- Kumavath, R., Paul, S., Pavithran, H., Paul, M. K., Ghosh, P., Barh, D., Azevedo, V. (2021). Emergence of cardiac glycosides as potential drugs: Current and future scope for cancer therapeutics. *Biomolecules*, 11(9), 1275.1275.
- Kumar, N., Goel, N. (2019). Phenolic acids: Natural versatile molecules with promising therapeutic applications. *Biotechnology Reports*, 24, e00370. doi:10.1016/j.btre.2019.e00370
- Lampel, K. A., Al-Khalidi, S., Cahill, S. M. (2012). Handbook of foodborne pathogenic microorganisms and natural toxins *Bad Bug Book*. U.S. Food and Drug Administration, 292.
- Li, H., Zhou, H., Zhang, J., Fu, X., Ying, Z., Liu, X. (2021). Proteinaceous α -amylase inhibitors: Purification, detection methods, types, and mechanisms. *International Journal of Food Properties*, 24(1), 277–290. doi:10.1080/10942912.2021.1876087
- Lin, J. L., Fang, X., Li, J. X., Chen, Z. W., Wu, W. K., Guo, X. X., Huang, J. Q. (2023). Dirigent gene editing of gossypol enantiomers for toxicity-depleted cotton seeds. *Nature Plants*, 9(4), 605–615. doi:10.1038/s41477-023-01376-2
- Liu, Y., Zhai, Y., Li, Y., Zheng, J., Zhang, J., Kumar, M., Ren, M. (2022). Multiple strategies to detoxify cottonseed as human food source. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1080407. doi:10.3389/fpls.2022.1080407
- Min, B. R., Barry, T. N., Attwood, G. T., McNabb, W. C. (2003). The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 106, 3–19. doi:10.1016/S0377-8401(03)00041-5
- Monbaliu, S., Van Peteghem, C., De Saeger, S. (2012). Detection and determination of natural toxins mycotoxins and plant toxins in feed. In Fink-Gremmels, J. (Ed.), *Animal feed contamination*, 286–325.

- Woodhead Publishing, Cambridge, UK.
doi:10.1533/9780857093615.3.286
- Montagne, L., Pluske, J. R., Hampson, D. J. (2003). A review of interactions between dietary fibre and intestinal health in young non-ruminant animals. *Animal Feed Science and Technology*, 108, 95–117.
- Morgan, S. E. (2017). Gossypol toxicity in livestock. Oklahoma State University, Division of Agricultural Sciences and Natural Resources VTMD-9116. Retrieved from <https://extension.okstate.edu/gossypol-toxicity-in-livestock.htm>
- Morsy, N. (2017). Cardiac glycosides in medicinal plants. In El-Shemy, H. A. (Ed.), *Aromatic and medicinal plants – Back to nature*, 288–307. IntechOpen, Rijeka, Croatia. doi:10.5772/65963
- Nsahlai, I. V., Fon, F. N., Basha, N. A. D. (2011). The effect of tannin with and without polyethylene glycol on in vitro gas production and microbial enzyme activity. *South African Journal of Animal Science*, 41(4), 337–344.
- Nte, I. J., Owen, O. J., Owuno, F. (2023). Anti-nutritional factors in animal feedstuffs: A review. *International Journal of Research and Review*, 10(2), 226–244. doi:10.52403/ijrr.20230230
- Ogawa, H., Date, K. (2014). The white kidney bean incident in Japan. In Hirabayashi, J. (Ed.), *Lectins: Methods and Protocols*, 39–45. Springer Protocols, New York.
- Okuyucu, B. R., Okuyucu, F. (2008). Kimi lüpen türlerinin *Lupinus L.* species içerik maddeleri, yem değeri ve hayvan beslemede kullanılma olanakları. *Hayvansal Üretim*, 49(2), 60–67.
- Panther, K. E. (2018). Cyanogenic glycoside-containing plants. In Gupta, R. C. (Ed.), *Veterinary toxicology*, 3rd edition, 935–940. Academic Press, Cambridge, MA. doi:10.1016/B978-0-12-811410-0.00062-5
- Porres, J. M., Aranda, P., Pez-Jurado, M. L., Urbano, G. (2005). Nutritional potential of raw and free α -galactosides lupin *Lupinus albus* seed flours. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 3088–3094. doi:10.1021/jf0483704

- Prusinski, J. (2015). Łubin biały *Lupinus albus* L. historia udomowienia i postępu biologicznego. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 580, 105–119.
- Raboy, V. (2003). myo-Inositol-1,2,3,4,5,6-hexakisphosphate IP6. *Phytochemistry*, 64(6), 1033–1043.
- Ramdani, D., Yuniarti, E., Jayanegara, A., Chaudhry, A. S. (2023). Roles of essential oils, polyphenols, and saponins of medicinal plants as natural additives and anthelmintics in ruminant diets: A systematic review. *Animals*, 13(4), 767. doi:10.3390/ani13040767
- Rao, S. B. N., Prasad, K. S., Rajendran, D. (2013). Recent advances in amelioration of anti-nutritional factors in livestock feedstuffs. In Sampath, K. T., Jyotirmoy, J. G., Raghavendra, B. (Eds.), *Animal nutrition and reproductive physiology: Recent concepts*, 655–678. Satish Serial Publishing House, Delhi, India.
- Reed, J. D. (1995). Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. *Journal of Animal Science*, 73(5), 1516–1528. doi:10.2527/1995.7351516x
- Rietjens, I. M., Eisenbrand, G. (2023). Natural toxicants in plant-based foods, including herbs and spices and herbal food supplements, and accompanying risks. In Rietjens, I. M., Eisenbrand, G. (Eds.), *Present knowledge in food safety*, 2–25. Academic Press, London, UK. doi:10.1016/B978-0-12-819470-6.00001-5
- Rikihisa, Y., Lin, Y. C. (1989). Effect of gossypol on the thyroid in young rats. *Journal of Comparative Pathology*, 100(4), 411–417. doi:10.1016/0021-9975(89)90006-6
- Salzano, A., Damiano, S., D'Angelo, L., Ballistreri, G., Claps, S., Rufrano, D., Ciarcia, R. (2021). Productive performance and meat characteristics of kids fed a red orange and lemon extract. *Animals*, 11, 809. doi:10.3390/ani11030809
- Samtiya, M., Aluko, R. E., Dhewa, T. (2020). Plant food anti-nutritional factors and their reduction strategies: An overview. *Food Production, Processing and Nutrition*, 2(1), 6. doi:10.1186/s43014-020-00018-7
- Selle, P. H., Ravindran, V. (2007). Microbial phytase in poultry nutrition. *Animal Feed Science and Technology*, 135(1–2), 1–41. doi:10.1016/j.anifeedsci.2006.06.010

- Selle, P. H., Cowieson, A. J., Cowieson, N. P., Ravindran, V. (2012). Protein–phytate interactions in pig and poultry nutrition: A reappraisal. *Nutrition Research Reviews*, 25(1), 1–17. doi:10.1017/S0954422411000151
- Selle, P. H., Moss, A. F., Truong, H. H., Khoddami, A., Cadogan, D. J., Godwin, I. D., Liu, S. Y. (2018). Outlook: Sorghum as a feed grain for Australian chicken-meat production. *Animal Nutrition*, 4(1), 17–30.
- Shi, M., Du, Z., Hua, Q., Kai, G. (2021). CRISPR/Cas9-mediated targeted mutagenesis of bZIP2 in *Salvia miltiorrhiza* leads to promoted phenolic acid biosynthesis. *Industrial Crops and Products*, 167, 113560. doi:10.1016/j.indcrop.2021.113560
- Sinha, A. K., Kumar, V., Makkar, H. P., De Boeck, G., Becker, K. (2011). Non-starch polysaccharides and their role in fish nutrition — A review. *Food Chemistry*, 127(4), 1409–1426. doi:10.1016/j.foodchem.2011.02.042
- Singh, P., Pandey, V. K., Sultan, Z., Singh, R., Dar, A. H. (2023). Classification, benefits, and applications of various anti-nutritional factors present in edible crops. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14, 100902. doi:10.1016/j.jafr.2023.100902
- Stob, M. (2018). Naturally occurring food toxicants: Estrogens. In Miloslav, R. (Ed.), *Handbook of naturally occurring food toxicants*, 81–100. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Töngel, M. Ö., Ayan, İ. (2005). Samsun ili çayır ve meralarında yetişen bazı zararlı bitkiler ve hayvanlar üzerindeki etkileri. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(1), 84–93.
- Van Leeuwen, J. I., Additives, P. F. (2016). Using plant alkaloids in animal feed to improve gut health and FCR. *International Pig Topics*, 31(7), 19–21.
- Waghorn, G. (2008). Beneficial and detrimental effects of dietary condensed tannins for sustainable sheep and goat production — Progress and challenges. *Animal Feed Science and Technology*, 147, 116–139. doi:10.1016/j.anifeedsci.2007.09.013
- Wang, W. K., Yang, H. J., Wang, Y. L., Yang, K. L., Jiang, L. S., Li, S. L. (2021). Gossypol detoxification in the rumen and *Helicoverpa armigera* larvae. *Animal Nutrition*, 7(4), 967–972. doi:10.1016/j.aninu.2021.02.007

- Wang, Y., Singh, A. P., Nelson, H. N., Kaiser, A. J., Reker, N. C., Hooks, T. L., Vorsa, N. (2016). Urinary clearance of cranberry flavonol glycosides in humans. *Journal of Agricultural ve Food Chemistry*, 64(42), 7931–7939.
- Westendarp, H. (2005). Saponins in nutrition of swine, poultry and ruminants. *DTW Deutsche Tierärztliche Wochenschrift*, 112(2), 65–70.
- Williams, P. E. V., Pustai, J. A., Macdearmid, A., Innes, M. G. (1984). The use of kidney beans *Phaseolus vulgaris* as protein supplements in diets for young rapidly growing beef. *Animal Feed Science and Technology*, 12, 1–10.
- Wrissenberg, M. (2023). Calcinogenic glycosides. In *Toxicants of plant origin*, 201–238. CRC Press.
- Xie, B., Yang, X., Yang, L., Wen, X., Zhao, G. (2021). Adding polyethylene glycol to steer ration containing sorghum tannins increases crude protein digestibility and shifts nitrogen excretion from feces to urine. *Animal Nutrition*, 7(3), 779–786.

BÖLÜM 3

MİKROBİYAL YEM KATKI MADDELERİNİN SÜT BUZAĞILARINDA RUMEN GELİŞİMİ ve BAĞIŞIKLIK SİSTEMİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Prof. Dr. Abdulkerim DİLER^{1*}

Prof. Dr. Tamer TURGUT²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17777400>

^{1*} Atatürk Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Erzurum, Türkiye. tturgut@atauni.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0070-4318

²Atatürk Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Erzurum, Türkiye. akerimd@atauni.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001- 7958-6179

GİRİŞ

Dünya nüfusunun 2050 yılına kadar 9,8 milyarı aşması beklenmektedir (United Nations Department of Economic and Social Affairs Population Division vd., 2017). Bu hızlı artış, küresel ölçekte gıda güvenliği konusunda önemli zorluklar ortaya çıkarmaktadır. Gıda ihtiyaçlarının karşılanmasında kritik bir rol üstlenen hayvancılık sektörü, sürdürülebilir bir çözüm sunan ve tarımın en hızlı büyüyen alanlarından biri olarak öne çıkmaktadır. Günümüzde kırsal nüfusun yaklaşık %75'i ve kentsel nüfusun %25'i geçimini hayvancılıktan sağlamaktadır (Grace, 2012). Hayvancılık et, süt, yumurta ve balık gibi çeşitli çiftlik hayvanı ürünlerini kapsamakta olup, yem birimi başına hayvansal verimliliğin artırılması bu bağlamda büyük önem taşımaktadır.

Hayvanlarda verimliliği artırmak ve artan küresel gıda talebini karşılamak amacıyla antibiyotikler, kemoterapötikler, hormonlar ve hormon benzeri anabolizanlar uzun yıllar boyunca dünyanın birçok ülkesinde yaygın olarak kullanılmıştır (Li vd., 2020). Ancak bu maddelerin doğal olmayan biçimlerde ve kontrolsüz kullanımı, insan ve hayvan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle kamuoyunda ciddi endişelere yol açmıştır. Bu nedenle, Avrupa Birliği ve birçok ülkede söz konusu maddelerin tedavi amacı dışında kullanımı yasaklanmıştır (European Parliament and the Council of the European Union, 2003).

Günümüzde ise beslenme uzmanları, yem kullanımını optimize ederek büyüme performansını, verimliliği, hayvan sağlığını ve hayvansal ürünlerin güvenliğini artırmaya yönelik alternatif stratejiler geliştirmeye yoğun şekilde odaklanmışlardır (Kholif vd., 2024). Başlıca stratejileri arasında optimum fermentasyonu kolaylaştırmak, ruminal hastalıkları azaltmak ve patojenleri ortadan kaldırmak yer almaktadır (Ban vd., 2021). Bu stratejilere ulaşmada microbial yem katkı maddeleri önemli bir alternatiftir.

Mikrobiyal yem katkı maddelerinin (MYKM) temel işlevi, gastrointestinal sistemde zararlı mikroorganizmaların çoğalmasını engellemek, mikrobiyal popülasyonu dengelemek ve faydalı mikroorganizmaların etkinliğini artırmaktır (Anee vd., 2021). Bu katkı maddeleri, yemlerin sindirimini iyileştirmek ve rumen mikrobiyal profilini düzenlemek amacıyla ruminantların diyetlerine dahil edilir. Böylece rumen fermentasyonu optimize

edilir, yemden yararlanma oranı artar ve genel hayvan performansında ve sağlığında iyileşme sağlanır.

MYKM'leri; bakteriler, mayalar, mantarlar ve bunların karışımları olmak üzere sınıflandırılabilir (Kholif vd., 2024). Hayvanlar için kullanılan en yaygın probiyotikler arasında *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Lactococcus*, *Bacillus*, *Streptococcus* bakterileri ile *Candida* ve *Saccharomyces* gibi mayalar bulunur (Arora vd., 2020) (Tablo 1).

Tablo 1. Mikrobial yem katkı maddesi olarak kullanılan mikroorganizmalar

Bakteriler		Mantarlar	Mayalar
<i>Bacillus coagulans</i>	<i>Lactobacillus cellobiosus</i>	<i>Aspergillus niger</i>	<i>S. cerevisiae</i>
<i>Bacillus lentus</i>	<i>Lactobacillus curvatus</i>	<i>Aspergillus oryzae</i>	<i>Torulopsis candida</i>
<i>Bacillus lincheniformis</i>	<i>Lactobacillus delbruekii</i>		
<i>Bacillus pumilus</i>	<i>Lactobacillus fermentum</i>		
<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Lactobacillus lactis</i>		
<i>Bacteriodes amlophilus</i>	<i>Lactobacillus plantarum</i>		
<i>Bacteriodes ruminicola</i>	<i>Lactobacillus reuterii</i>		
<i>Bacteriodes suis</i>	<i>Leuconostoc mesenteriodes</i>		
<i>Bifidobacterium bifidum</i>	<i>Pediococcus acidilacticii</i>		
<i>Bifidobacterium animalis</i>	<i>Pediococcus cerevisiae</i>		
<i>Bifidobacterium infantis</i>	<i>Pediococcus shermanii</i>		
<i>Bifidobacterium longum</i>	<i>Pediococcus freudenreichii</i>		
<i>Clostridium butyricum</i>	<i>Streptococcus diacetylactis</i>		
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	<i>Streptococcus faecium</i>		
<i>Lactobacillus brevis</i>	<i>Streptococcus intermedius</i>		
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	<i>Streptococcus lactis</i>		
<i>Lactobacillus casei</i>	<i>Streptococcus thermophilus</i>		

(Diler, 2007)

Süt sığırcılığı hayvancılık faaliyetleri içerisinde önemli bir yer tutmaktadır. Süt sığırcılığında sürünün devamlılığı sürüden çıkarılan inekler

yerine daha iyi ve daha verimli genç düvelerin kazandırılmasıyla sağlanmaktadır (LeBlanc vd., 2006). Buzağların sağlıklı ve yüksek performanslı olması yalnızca üreticilerin ekonomik kazançları açısından değil, aynı zamanda sürülerin istikrarlı büyümesi ve süt işletmelerinin uzun vadeli sürdürülebilir kalkınması açısından da büyük önem taşımaktadır. Genç hayvanların yetiştirilme süreci, yavrunun ana rahmindeki gelişiminden itibaren başlamakta; doğum sonrasında ise uygun bakım ve besleme uygulamalarıyla devam etmektedir. Araştırmalar, erken dönem beslenme stratejilerinin ve doğru besleme yönetiminin buzağların büyüme, gelişim ve sağlık durumlarını önemli ölçüde iyileştirdiğini ortaya koymaktadır (Kertz vd., 2017).

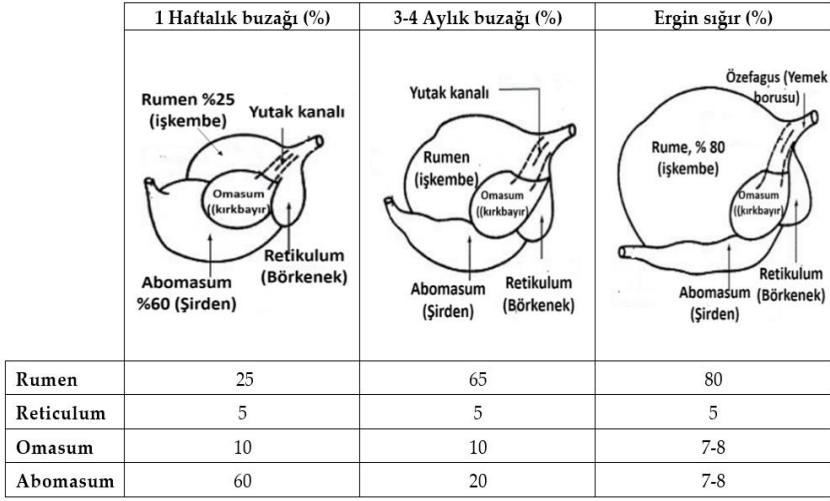
Süt buzağları, doğumu takiben yaşamlarının ilk günlerinden itibaren sindirim sistemlerinde bulunabilen ve süttten kesim öncesi dönemde hastalıklara neden olan enterik bakteriyel patojenlere karşı son derece hassastırlar. Doğum sonrası görülen ishale yol açan sindirim sistemi sorunları kısa vadede buzağı ölümlerine, ekonomik kayıplara ve zayıf buzağı gelişimine neden olur iken uzun vadede ise büyüme performansı ve verimliliği olumsuz yönde etkilemektedir (Amanullah vd., 2020). Bu nedenle, gastrointestinal sağlığın korunması, sağlıklı buzağı gelişimi için önemli bir faktördür. Süt buzağlarında olumsuz mikrobiyal etkilerin önlenmesi ile ikame düvelerin başarılı bir şekilde yetiştirilmesi sağlanır (Reddy vd., 2020; Olagunju vd., 2024).

Bu derlemenin temel amacı, süt sığırcılığında önemli bir yeri olan süt buzağlarında mikrobiyal katkı maddelerinin rumen gelişimi ve bağışıklık sistemi üzerindeki potansiyel etkilerini değerlendirmektir.

Mikrobiyal yem katkı maddelerinin rumen gelişimi üzerine etkileri

Buzağlar, doğumdan sonraki yaklaşık iki haftalık döneme kadar sindirim sistemi bakımından tek mideli hayvanlara benzer özellik gösterirler. Bu dönemde mide bölmelerinden yalnızca abomasum (şirden) sindirime aktif olarak katılır ve süt veya süt ikame yemlerinin sindirilmesinden sorumludur. Buzağının besin madde gereksinimleri, bu aşamada büyük ölçüde abomasum tarafından karşılanmaktadır.

Ergin bir sığırın mide yapısı ise rumen, retikulum, omasum ve abomasum olmak üzere dört bölmeden oluşur. Buzağı, geniş getiren bir hayvana dönüşürken bu mide bölmelerinde özellikle rumen ve retikulumda belirgin bir büyüme ve fonksiyonel gelişim meydana gelir (Şekil 1). Buzağı ile ergin bir ruminant arasındaki bu fizyolojik farklılıklar, süt emme dönemindeki ve süten kesim sonrasındaki buzağılar için özgün beslenme gereksinimlerini ortaya koymaktadır (Tüzemen ve Yanar, 2013).



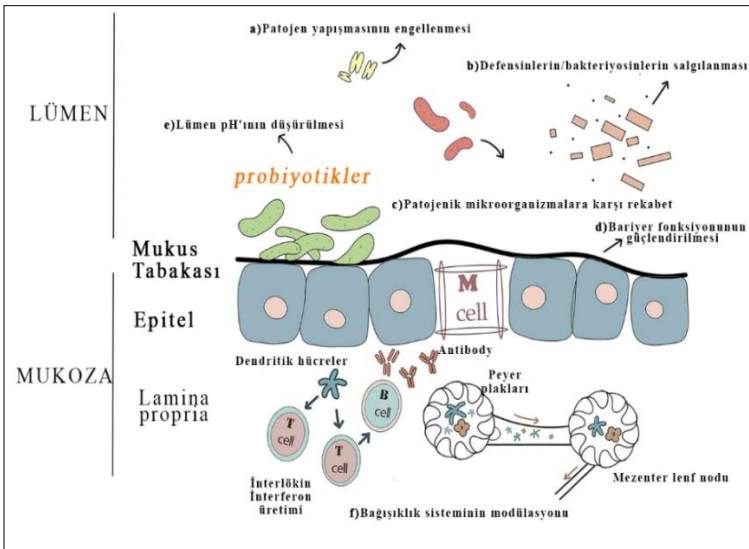
Şekil 1. Buzağılıktan olgun ruminantta mide bölümlerinin gelişimi ve % oranları (Diler, 2020).

Olgunluk döneminde, gastrointestinal mikrobiyota, bakteriler, virüsler, mantarlar, arkeler ve protozoalar dahil olmak üzere çeşitli bir mikroorganizma ekosistemine sahiptir. Preruminant dönemde mikrobiota daha az karmaşıktır ve yaşamın ilk aylarında bileşiminde sürekli değişikliklere uğrar. Buzağılar genellikle bu geçiş dönemde disbiyozu neden olabilecek bozulmalara karşı daha az dirençlidir. Bağırsaklarında bazı zararlı organizmaların çoğalması ishale, kilo kaybına hatta buzağı ölümlerine neden olabilir (Davies vd., 2022). Bu döneme yönelik yemleme programlarında mikrobiyal yem katkı maddelerinin kullanımı, buzağılara hızlı bir beslenme yeteneği kazandırılması ve katı yemlere hızlı adapte olmalarını sağlamak açısından iyi bir çözüm olabilir. MYKM'ler rumen ve bağırsak mikroflorasının destekler ve ishal gibi

hastalıklara neden olan enteropatojenlerin oluşumunu engeller. Böylece genç buzağılarda rumenin daha hızlı gelişmesine yardımcı olur.

MYKM'lerinin etki mekanizması şu şekilde özetlenebilir; (Şekil 2) (Anee vd., 2021)

- Patojenik mikropların büyümesini baskılayarak ve gastrointestinal sistemde patojenlerin yapışmasını engeller.
- Patojenleri ortadan kaldırmak için defensinler gibi antimikrobiyal protein salgılanmasını yoğunlaştırır.
- Zararlı kolonizasyonu önlemek amacıyla bağırsak epitel hücreleri ve mukus tabakasındaki reseptörlere bağlanarak bağırsaktaki zararlı mikroplarla sıkı bir rekabet içine girer.
- Mukus üreten hücreler tarafından müsin glikoprotein salgılanmasını artırarak, patojenlere karşı hücre içi geçirgenliği azaltmaya yardımcı olan yoğun bir mukus tabakası oluşturur.
- Diğer patojenler için öldürücü olan asetik asit üretimini tetikleyerek lümen pH seviyesini düşürür.
- Mukozadaki dendritik hücreler aracılığıyla T ve B hücrelerinin aktivasyonu yoluyla doğuştan gelen bağışıklık ve adaptif bağışıklığı modüle eder.



Şekil 2. Mikrobiyal yem katkı maddelerinin etki mekanizması (Anee vd., 2021)

Çeşitli MYKM'lerinin suşları ile yapılan çalışmalarda buzağılarda rumen gelişimini desteklemek için katkı maddesi olarak kullanılma potansiyeli vurgulanmıştır. Ruminal laktat birikimini önlemek amacıyla laktat kullanan *Megasphaella elsdenii* ve *Propionibacterium* gibi MYKM suşları rumen fermentasyonunu iyileştirmek amacıyla ruminant beslenmesinde kullanılmıştır. Bu MYKM suşların süttten kesilmemiş buzağılarda yem alımını ve rumen gelişimini iyileştirdiği gösterilmiştir (Klieve vd., 2003; Davies vd., 2022). Pinos-Rodríguez vd., (2008) *S. cerevisiae* suşları ile yaptıkları çalışmada *S. cerevisiae* kültürleri, selülozu uyaran rumen koşullarını iyileştirerek kuru madde alımını ve uçucu yağ asidi üretimini artırdığı bildirmiştir. MYKM maya suşlarının, nişastayı hızla fermente eden amilolitik laktik asit bakterileriyle etkili biçimde rekabet eden belirli siliyat protozoa popülasyonlarını uyarak rumen pH'sını artırma ve stabilize etmede önemli rol oynadığı bildirilmiştir. Daha az asidik bir rumen ortamı, selülitik mikroorganizmaların gelişimini ve lif parçalama aktivitelerini desteklemektedir. Ayrıca maya, rumen fermentasyon sürecini değiştirerek metan (CH₄) üretimini azaltma potansiyeline sahiptir (Chung vd., 2011). *Saccharomyces cerevisiae* hücreleri; organik asitler, oligosakkaritler, B vitaminleri ve amino asitler gibi mikrobiyal büyüme faktörlerini sağlayarak rumen mikroorganizmalarının çoğalmasını teşvik eder. Bu durum dolaylı olarak rumen pH'sının dengelenmesine katkıda bulunur. Bunun yanı sıra maya, rumen ortamındaki oksijeni tüketerek mikroorganizmaların ihtiyaç duyduğu daha anaerobik koşulların oluşmasına yardımcı olur. Dolayısıyla maya yalnızca bir probiyotik olarak değil, aynı zamanda rumen mikrobiyotasının gelişimini destekleyen bir prebiyotik etki de göstermektedir (Uyeno vd., 2015).

Mikrobiyal yem katkı maddelerinin bağışıklık sistemi üzerine etkileri

Mikrobiyal yem katkı maddeleri konakçının bağışıklık sistemini düzenleyerek hem doğuştan gelen hem de kazanılmış bağışıklık yanıtlarını güçlendiren canlı mikroorganizmalardır. Özellikle mukozal bağışıklık sistemini uyarak bir sinyal ağı oluşturlar ve bu sayede konakçının immün yanıtını yönlendirirler.

Probiyotiklerin bağışıklık sistemi üzerindeki etkilerinde dendritik hücreler kilit rol oynamaktadır. Antijen sunan hücreler olan dendritik hücreler,

bakteriyel bileşenleri tanıyarak T ve B lenfositlerini aktive eder, böylece özgül immün tepkilerin gelişimini sağlar (Kapsenberg, 2003). Probiyotik mikroorganizmalar, yüzeylerindeki patojen tanıma kalıpları aracılığıyla dendritik hücreler doğrudan etkileşime girer ve ko-stimülatör moleküllerin ifadesini artırarak bağışıklık sisteminin aktivasyonunu başlatırlar (Anee vd., 2021).

Bağışıklık sistemi aktive oldukça sitokin salgısı artar ve bu durum T hücrelerinin aktivasyonunu tetikler. Dendritik hücre kaynaklı sinyaller, T yardımcı hücrelerinin polarizasyonunu veya T düzenleyici yanıtlarını şekillendirir. Bu süreç, patojenlere karşı B hücrelerinin oluşturacağı bağışıklık yanıtının türünü de belirler (Kapsenberg, 2003).

Mikrobiyal katkı maddesi olarak sıklıkla kullanılan Laktik asit bakterileri, patojenik mikroorganizmaların baskılanmasında etkili olan antimikrobiyal peptitler (AMP'ler), bakteriyosinler, organik asitler, etanol ve diasetil gibi çeşitli antimikrobiyal bileşikler üretirler. Laktobasiller tarafından üretilen laktik asit ve diğer kısa zincirli yağ asitleri, patojenik mikroorganizmaların hücre zarını ve önemli metabolik süreçlerini etkileyerek onların yok olmasına neden olurlar. Yapılan çalışmalar laktik aside maruz bırakılan *Salmonella Enteritidis*, *Listeria monocytogenes* ve *Escherichia coli* gibi patojenlerin inaktiv olduğunu göstermiştir (Russo vd., 2017; Nair vd., 2017).

Mikrobiyal katkı maddeleri bağışıklık sistemi hücreleri (makrofajlar, dendritik hücreler, granülositler, T ve B lenfositleri) üzerinde doğrudan etki göstererek TNF- α , IL-6, IL-8 gibi proinflamatuvar ve IL-10, TGF- β gibi antiinflamatuvar sitokinlerin üretimini düzenler (Hardy vd., 2013). *Lactobacillus gasseri*, *L. salivarius* ve *L. fermentum* gibi *Lactobacillus* türlerin IL-6, IL-8 ve IL-10 seviyelerini düzenleyerek inflamasyonu azalttığı ve fizyolojik dengeyi yeniden sağladığı bildirilmiştir (Luongo vd., 2013; Sun vd., 2013). Ayrıca *Lactobacillus delbrueckii* suşu, proinflamatuvar IL-8 düzeylerini düşürerek antiinflamatuvar etkiler göstermektedir (Zhang vd., 2017).

Buzağılarda mikrobiyal katkı maddeleri uygulamaları serum immünoglobulin (IgA, IgG ve IgM) seviyelerini artırmakta, lipid peroksidasyon göstergesi olan malondialdehide düzeyini azaltmakta ve antioksidan enzim aktivitesini (özellikle katalaz) yükseltmektedir (Guo vd.,

2022). Bu durum, probiyotik takviyesinin hem oksidatif stresi azalttığını hem de bağışıklık savunma kapasitesini güçlendirdiğini göstermektedir.

Mikrobiyal katkı maddelerinin bağırsak sağlığı üzerindeki bir diğer önemli etkisi, bütirat üretimini artırarak bağırsak epitelinin bütünlüğünü koruması, villus ve papilla uzunluğunu artırmasıdır. Bu durum, potansiyel toksinlerin ve mikropların dolaşım sistemine geçişini engelleyerek istenmeyen inflamatuvar tepkilerin önüne geçmektedir (Sordillo, 2016; Van Niekerk vd., 2021).

Mikrobiyal katkı maddeleri ayrıca dendritik hücrelerin olgunlaşmasını, sitokin gen ekspresyonunu ve T lenfosit aktivitesini düzenleyerek bağışıklık yanıtını destekler (Delcenserie vd., 2008). Bazı probiyotikler doğal öldürücü hücre aktivitesini artırmakta ve mukozal bağışıklığın temel bileşeni olan IgA üretimini uyarak patojenlere karşı koruyucu bir bariyer oluşturmaktadır (Collado vd., 2009).

Mikrobiyal katkı maddeleri koruyucu etkilerinden biri de bağırsak florasında yer alan patojenlerle rekabet etmeleridir. Yararlı bakteriler, kolonizasyon bölgeleri ve besin kaynakları için patojenlerle yarışarak, toksik metabolitler üretilip bağışıklık sistemini aktive ederek zararlı mikroorganizmaların tutunmasını engeller (Chaucheyras-Durand vd., 2008; Paravez vd., 2006). Bu sayede *E. coli*, *Salmonella* ve *Listeria* gibi patojenlerin büyümesi baskılanmakta, hayatta kalma oranı, yem tüketimi ve kilo artışı önemli ölçüde iyileşmektedir (Chiquette, 2009). Sağlıklı bir hayvanda probiyotikler, spesifik olmayan bağışıklık tepkisini uyarır ve bağışıklık koruma sistemini güçlendirir (Ceslovas vd., 2005). İmmünoglobulin seviyelerini artıran probiyotiklerin, büyüme performansı, üretim ve hastalıklara karşı direnç yeteneği üzerinde daha olumlu etkisi vardır.

Mikrobiyal katkı maddeleri sadece patojenleri baskılayan değil, aynı zamanda bağışıklık sistemini modüle eden, bağırsak sağlığını koruyan ve büyüme performansını iyileştiren çok yönlü mikrobiyal katkı maddeleridir. Bu etkiler, süt buzağılarında sindirim sisteminin erken gelişimi, hastalık direncinin artması ve genel performansın yükselmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

SONUÇ

Mikrobiyal yem katkı maddeleri buzağılarda rumen gelişimi, bağırsak sağlığı ve bağışıklık sistemi üzerinde çok yönlü olumlu etkiler göstermektedir.

Bu katkılar, preruminant dönemde sindirim sisteminin fonksiyonel olgunlaşmasını hızlandırarak buzağların katı yemlere adaptasyonunu kolaylaştırmakta, rumen mikroflorasının erken dönemde dengeli bir şekilde gelişmesini sağlamaktadır. Maya ve laktik asit bakterisi gibi mikrobiyal suşlar, rumen pH'sının dengelenmesine, selülitik mikroorganizmaların aktivitesinin artmasına ve fermentasyonun daha verimli hale gelmesine katkı sağlamaktadır.

Bunun yanı sıra, mikrobiyal katkı maddeleri konakçının bağışıklık sistemini hem doğuştan gelen hem de kazanılmış immün yanıtlar düzeyinde güçlendirmektedir. Dendritik hücrelerin aktivasyonu, sitokin üretiminin düzenlenmesi ve T-B lenfosit etkileşimlerinin artırılması yoluyla immün sistemin denge ve etkinliğini desteklemektedir. Ayrıca bu katkılar, serum immünoglobulin (IgA, IgG, IgM) düzeylerini yükseltirken, oksidatif stres belirteci olan malondialdehit (MDA) düzeyini düşürmekte ve antioksidan enzim aktivitelerini artırmaktadır.

Sonuç olarak, mikrobiyal yem katkı maddeleri; rumen gelişimini hızlandırarak sindirim verimliliğini artırmakta, bağışıklık sistemini güçlendirmekte ve oksidatif stresi azaltarak buzağların genel sağlık durumunu iyileştirmektedir. Bu etkiler, büyüme performansının artması, hastalık oranlarının azalması ve üretim verimliliğinin yükselmesi açısından önemli katkılar sağlamaktadır. Dolayısıyla Mikrobiyal yem katkı maddelerinin buzağı beslenme programlarında stratejik olarak kullanımı, sürdürülebilir hayvancılık açısından büyük bir potansiyel taşımaktadır.

KAYNAKÇA

- Amanullah, S. M., R. Bateen, K. S. Huque, M. R. Alam, M. S. Alam, R. N. Subarna, M. M. Hossain, and K. Islam. 2020. Effects of feeding probiotic *Lactobacillus* spp. on growth performances, scours and *Escherichia coli* shedding in dairy calves. *Bangladesh J. Livest. Res.* 21:89–102
- Anee IJ, Alam S, Begum RA, et al. (2021) The role of probiotics on animal health and nutrition. *J Basic Appl Zool* 82: 52.
- Arora, N. K. (2020). Advances in probiotics for sustainable food and medicine.
- Ban Y, Guan LL (2021) Implication and challenges of direct-fed microbial supplementation to improve ruminant production and health. *J Anim Sci Biotechnol* 12: 109.
- Ceslovas J, Vigilius J, Almantas S (2005). The effect of probiotic and phytobiotics on meat properties and quality in pigs. *Vet. Zootechnol.* 29:80-84.
- Chaucheyras-Durand F, Walker ND, Bach A (2008). Effects of active dry yeasts on the rumen microbial ecosystem: Past, present and future. *Anim. Feed Sci. Technol.* 145(1-4):5-26.
- Chiquette J (2009). The role of probiotics in promoting dairy production. *WCDS Adv. Dairy Technol.* 21:143-157.
- Chung, Y. H., Walker, N. D., McGinn, S. M., & Beauchemin, K. A. (2011). Differing effects of 2 active dried yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) strains on ruminal acidosis and methane production in nonlactating dairy cows. *Journal of dairy science*, 94(5), 2431-2439.
- Collado, M. C., E. Isolauri, S. Salminen, and Y. Sanz. 2009. The impact of probiotic on gut health. *Curr. Drug Metab.* 10:68–78.
- Davies, S. J., Esposito, G., Villot, C., Chevaux, E., & Raffrenato, E. (2022). An Evaluation of Nutritional and Therapeutic Factors Affecting Pre-Weaned Calf Health and Welfare, and Direct-Fed Microbials as a Potential Alternative for Promoting Performance—A Review. *Dairy*, 3(3), 648-667.
- Delcenserie, V., D. Martel, M. Lamoureux, J. Amiot, Y. Boutin, and D. Roy. (2008). Immunomodulatory effects of probiotics in the intestinal tract. *Curr. Issues Mol. Biol.* 10:37–54.

- Diler, A., (2020). Ardahan Bölgesinde Buzağı Varlığı ve Geleceği. Ardahan Değerlemeleri -2- (Editör: İ. Kurtbaş), Nobel Akademik Yayınları, Ankara, 2020, ss. 373-395.
- Diler, A., Aydın, R., (2007). Probiyotik+ enzim kombinasyonunun esmer ırkı buzağılarda yemden yararlanma ve büyüme performansı üzerine etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Erzurum, Türkiye.
- European Parliament and the Council of the European Union. (2003). Regulation (EC) No 1831/2003. Off. J. Eur. Union 4, 29–43.
- Grace, D. (2012). The deadly gifts of livestock: Zoonoses. Agric. Dev.
- Guo,Y., Li, Z., Deng, M., Li, Y., Liu, G., Liu, D., Liu, Q., Sun, B. (2022). Effects of a multi-strain probiotic on growth, health, and fecal bacterial flora of neonatal dairy calves. Anim. Biosci., 35, 204.
- Hardy, H., Harris, J., Lyon, E., Beal, J., & Foey, A. D. (2013). Probiotics, Prebiotics and Immunomodulation of Gut Mucosal Defences: Homeostasis and Immunopathology. *Nutrients*, 5(6), 1869-1912
- Kapsenberg, M. Dendritic-cell control of pathogen-driven T-cell polarization. *Nat Rev Immunol* 3, 984–993 (2003).
- Kertz, A. F., Hill, T. M., Quigley Iii, J. D., Heinrichs, A. J., Linn, J. G., & Drackley, J. K. (2017). A 100-Year Review: Calf nutrition and management. Journal of dairy science, 100(12), 10151-10172.
- Kholif, A. E., Anele, A., & Anele, U.Y. (2024). Microbial feed additives in ruminant feeding. AIMS microbiology, 10(3), 542.
- Klieve, A.V., D. Hennessy, D. Ouwerkerk, R.J. Forster, R.I. Mackie, G.T. Attwood, Establishing populations of *Megasphaera elsdenii* YE 34 and *Butyrivibrio fibrisolvens* YE 44 in the rumen of cattle fed high grain diets, Journal of Applied Microbiology, Volume 95, Issue 3,1 September 2003, Pages 621–630,
- LeBlanc, S. J., Lissemore, K. D., Kelton, D. F., Duffield, T. F., & Leslie, K. E. (2006). Major advances in disease prevention in dairy cattle. Journal of dairy science, 89(4), 1267-1279.
- LeBlanc, S.J., Lissemore, K.D., Kelton, D.F., Duffield, T.F., Leslie, K.E. (2006). Major advances in disease prevention in dairy cattle. J. Dairy Sci., 89, 1267–1279.

- Li, X.Y., Duan, Y.L., Yang, X., & Yang, X.J. (2020). Effects of *Bacillus subtilis* and antibiotic growth promoters on the growth performance, intestinal function and gut microbiota of pullets from 0 to 6 weeks. *Animal*.
- Luongo, D., Miyamoto, J., Bergamo, P., Nazzaro, F., Baruzzi, F., Sashihara, T., & Rossi, M. (2013). Differential modulation of innate immunity in vitro by probiotic strains of *Lactobacillus gasseri*. *BMC microbiology*, 13(1), 298.
- Nair, M. S., Amalaradjou, M. A., & Venkitanarayanan, K. (2017). Antivirulence properties of probiotics in combating microbial pathogenesis. *Advances in applied microbiology*, 98, 1-29.
- Olagunju, L. K., Casper, D. P., Officer, M., Klanderman, K., & Anele, U. Y. (2024). Holstein calves fed a milk replacer with a direct-fed microbial and a starter containing a botanical extract or a direct-fed microbial alone or in combination. *Journal of Dairy Science*, 107(10), 8021-8033.
- Paravez S, Malik KA, Ah-Kang S, Kim HY (2006). Probiotics and their fermented food products are beneficial for health. *J. Appl. Microbiol.* 100:1171-1185.
- Pinos-Rodríguez, J. M., Robinson, P. H., Ortega, M. E., Berry, S. L., Mendoza, G., & Bárcena, R. (2008). Performance and rumen fermentation of dairy calves supplemented with *Saccharomyces cerevisiae*1077 or *Saccharomyces boulardii*1079. *Animal Feed Science and Technology*, 140(3-4), 223-232.
- Reddy, P. R. K., Elghandour, M. M. M. Y., Salem, A. Z. M., Yasaswini, D., Reddy, P. P. R., Reddy, A. N., & Hyder, I. (2020). Plant secondary metabolites as feed additives in calves for antimicrobial stewardship. *Animal Feed Science and Technology*, 264, 114469.
- Russo, P., Arena, M. P., Fiocco, D., Capozzi, V., Drider, D., & Spano, G. (2017). *Lactobacillus plantarum* with broad antifungal activity: A promising approach to increase safety and shelf-life of cereal-based products. *International journal of food microbiology*, 247, 48-54.
- Sordillo, L. M. 2016. Nutritional strategies to optimize dairy cattle immunity. *J. Dairy Sci.* 99:4967–4982.
- Sun, K., Xie, C., Xu, D., Yang, X., Tang, J., & Ji, X. (2013). *Lactobacillus* isolates from healthy volunteers exert immunomodulatory effects on

- activated peripheral blood mononuclear cells. *Journal of Biomedical Research*. 27(2): 116-126.
- Tüzemen, N., Yanar, M. (2013). Buzağı Yetiştirme Teknikleri, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Yayınları No:232, Erzurum.
- United Nations Department of Economic and Social Affairs Population Division. (2017). *World Population Prospects: The 2017 Revision. World Popul. Prospect*.
- Uyeno, Y., Shigemori, S., Shimosato T. (2015). Effect of Probiotics/Prebiotics on Cattle Health and Productivity. *Microbes Environ*. 30(2):126-32.
- Van Niekerk, J., M. Middeldorp, L. Guan, and M. Steele. (2021). Pre weaning to postweaning rumen papillae structural growth, ruminal fermentation characteristics, and acute-phase proteins in calves. *J. Dairy Sci*. 104:3632–3645.
- Zhang, C. N., Zhang, J. L., Guan, W. C., Zhang, X. F., Guan, S. H., Zeng, Q. H., ... & Cui, W. (2017). Effects of *Lactobacillus delbrueckii* on immune response, disease resistance against *Aeromonas hydrophila*, antioxidant capability and growth performance of *Cyprinus carpio* Huanghe var. *Fish & Shellfish Immunology*, 68, 84-91.

BÖLÜM 4

SİNBİYOTİK VE POSTBİYOTİK ÇAĞINDA PROBİYOTİK SÜT ÜRÜNLERİNİN YENİDEN TANIMLANMASI

Prof. Dr. Tamer TURGUT^{1*}

Prof. Dr. Abdulkерim DİLER²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17777435>

^{1*} Atatürk Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Erzurum, Türkiye. tturgut@atauni.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0070-4318

²Atatürk Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Erzurum, Türkiye. akerimd@atauni.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001- 7958-6179

GİRİŞ

Fermente süt ürünlerinin sağlık amacıyla kullanımı, laktik asit bakterilerinin (LAB) keşfinden çok daha eskiye dayanmaktadır. Bu konuda ilk yazılı kayıt, Romalı tarihçi Plinius'un MÖ 76 yılında fermente süt ürünlerinin çeşitli mide ve bağırsak enfeksiyonlarının tedavisinde kullanıldığını belirtmesine kadar uzanmaktadır. Mikroskobun keşfiyle birlikte LAB'nin tanımlanmasının ardından, probiyotik kavramının bilimsel temelleri 20. yüzyılın başlarında Rus asıllı ve Nobel ödüllü Elie Metchnikoff tarafından atılmıştır (Jankoviç 2010). Metchnikoff, Kafkaslarda yaşayan insanların uzun ömürlü olmalarının, düzenli olarak yüksek miktarda yoğurt ve diğer fermente süt ürünlerini tüketmeleriyle ilişkili olabileceğini öne sürmüştür. Metchnikoff'a göre sindirim sistemindeki mikroorganizmalar genellikle konakçıya zararlı verici etkilere sahip olsa da yoğurtta bulunan bakteriler bu zararlı bakterileri baskılayarak sindirim sisteminde yararlı bir mikrobiyal denge oluşturabilmekteydi. Metchnikoff'un bu yaklaşımı, yoğurt bakterilerinin ürettiği laktik asidin patojenleri inhibe edebileceği fikrine dayanıyordu. Bu görüş, probiyotik kavramının bilimsel temellerinin atılmasına öncülük etmiştir.

Her ne kadar insanlar binlerce yıldır fermente süt ürünleri tüketiyor olsalar da artık bunu bilinçli bir şekilde mikroorganizmaları akılda tutarak yapmaya başlamışlardır. Ancak I. Dünya Savaşı'nın başlamasıyla birlikte ilgi odağı patojen bakterilere kaymış, probiyotiklere yönelik çalışmalar büyük ölçüde azalmıştır. Bu dönemde insanları mikropardan arındırmaya yönelik aşırı hijyen anlayışı ön plana çıkmış, ardından antibiyotiklerin keşfiyle birlikte probiyotik araştırmaları uzun süre kesintiye uğramıştır. Antibiyotikler, vücuttaki mikroorganizmaları yok etmeyi hedeflerken; probiyotikler, bu mikroorganizmaların yararlı türlerini bilinçli şekilde eklemeyi amaçlamaktadır. Sonraki yıllarda mikrobiyolojik tekniklerin gelişmesiyle birlikte, daha önce tanımlanamayan çok sayıda mikroorganizma tanımlanmış ve bu durum mikropalara bakış açısında köklü bir değişime yol açmıştır (Yong, 2016). Böylece, mikrobiyota ve probiyotik kavramı yeniden bilimsel ilgi odağı haline gelmiş ve probiyotik araştırmaları yeniden ivme kazanmış ve bu mikroorganizmaların konakçı sağlığı üzerindeki bağışıklık düzenleyici, antimikrobiyal ve metabolik etkileri ayrıntılı biçimde incelenmeye başlanmıştır. Günümüzde, probiyotik kavramı yalnızca canlı

mikroorganizmalarla sınırlı kalmamış; bu bakterilerin hücre bileşenleri, metabolitleri ve salgıladıkları biyolojik olarak aktif maddeleri de kapsayacak şekilde genişlemiştir. Bu doğrultuda, canlı mikroorganizmaların olmaksızın da sağlık yararı sağlayabilen postbiyotikler kavramı ortaya çıkmıştır. Ayrıca, sinbiyotik yaklaşımlar, gastrointestinal sistem sağlığının korunmasında yeni bir paradigma olarak değerlendirilmektedir. Bu yeni kavramsal çerçeveler, mikrobiyota temelli beslenme stratejilerinin gelecekteki gelişimi açısından önemli bir dönüm noktası oluşturmaktadır.

Probiyotikler: Mekanizmalar, Uygulamalar ve Güncel Yaklaşımlar

Probiyotik terimi, ilk olarak 1954 yılında antibiyotiklerin zıttı anlamında bir kavram olarak ortaya atılmış olup, yaşam için anlamında Latince pro ve Yunanca bios (biōtikos) sözcüklerinden türetilmiştir. Daha sonra, 1965'te Lilly ve Stillwell probiyotikleri diğer mikroorganizmaların gelişimini teşvik eden mikroorganizmalar şeklinde tanımlamışlardır. Kavram, ilerleyen yıllarda daha da gelişmiş ve Parker, probiyotikleri konakçının gastrointestinal mikroflora dengesini koruyarak faydalı etki gösteren gıda bileşenleri olarak tanımlamıştır (Yurdakök 2013). Ancak bu tanım, mikroorganizmaların yanı sıra bakterilerin metabolitlerini de kapsadığı için 1997 yılında Fuller tarafından revize edilmiştir. Fuller, probiyotikleri yeterli miktarlarda uygulandığında konakçının mikrobiyal dengesini geliştirerek sağlığa yarar sağlayan canlı mikroorganizmalar olarak tanımlamıştır ve bu tanım günümüzde de yaygın biçimde kabul edilmeye devam etmektedir (Hoesl ve Altvein, 2005; Hill vd., 2014; Xiao vd., 2014). Her ne kadar bazı ölü mikrobiyal hücreler veya bunların bileşenleri sağlık yararları sağlayabilse de probiyotiklerin bağırsaklara canlı olarak ulaşması gerekliliği önemli bir kriterdir (Salminen vd., 1999, Mattila-sandholm vd., 2002).

Probiyotik bakterilerin, gastrointestinal sistem (GIT) benzeri koşullar altında potansiyel hayatta kalma yetenekleri son yıllarda kapsamlı biçimde araştırılmış ve literatürde ayrıntılı olarak ortaya konmuştur. Tüketim sonrasında probiyotik mikroorganizmalar öncelikle midenin zorlu asidik ortamıyla karşılaşmakta ve burada sindirim enzimlerinin yıkıcı etkilerine maruz kalmaktadır. Mide pH'sı, gıda alımına bağlı olarak 1–2 düzeylerinden 4–5 aralığına kadar değişiklik gösterebilmektedir (Erkkilä vd., 2001; Papadimitriou

vd., 2015). Ancak çoğu in vitro çalışma, aşırı düşük pH değerlerine dayanıklı suşların seçilmesini amaçlayan deneysel koşullar altında yürütülmektedir. Çoğu in vitro çalışma, aşırı düşük pH değerlerine dayanıklı suşların seçilmesini amaçlayan deneysel koşullar altında yürütülmektedir. Asit tolerans testleri, probiyotiklerin dayanıklılığını değerlendirmede kullanılan en temel yöntemlerden biridir ve çok sayıda suşun rutin olarak taranmasına olanak tanır. Ancak bu testlerde sıklıkla kullanılan, gerçekçi olmayan derecede düşük pH koşulları, nispeten aside duyarlı fakat potansiyel olarak yararlı probiyotik adaylarının elenmesine yol açabilmektedir. Gerçekte ise aside duyarlı bazı suşlar, gıda matrislerinin tamponlama kapasitesi veya belirli bileşenlerin koruyucu etkisi sayesinde mide asidinin olumsuz etkilerinden büyük ölçüde korunabilmektedir (Papadimitriou vd., 2015). Ayrıca probiyotik mikroorganizmalar genellikle log veya durağan fazdaki saf kültürler halinde test edilmekteyken, gerçek ürünlerde bu hücreler; fermantasyon süresi, gıda işleme koşulları ve depolama gibi etkenler nedeniyle zaten belirli düzeyde stres altında tüketiciye ulaşmaktadır. Öte yandan, ince bağırsağın hafif alkali ortamını taklit eden yüksek pH değerlerine yönelik benzer araştırmalar sınırlıdır (Corcoran vd., 2005; Zago vd., 2011). Bu durum, muhtemelen çoğu probiyotik suşun alkali koşullara doğal direnç gösterdiği varsayımından kaynaklanmaktadır.

Probiyotik bakteriler, genellikle *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Bifidobacterium* ve *Bacillus* gibi cinsler içerisinde yer almaktadır. Probiyotik ürünlerde en fazla ve en güvenilir şekilde kullanılan mikroorganizmaların, özellikle *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* cinslerine ait türler olduğu bildirilmektedir (Mattila-Sandholm vd., 2002). Tablo 1 de probiyotik olarak kullanılan bazı mikroorganizmalar verilmiştir. Geleneksel yoğurt fermantasyonunda kullanılan *S. thermophilus* ve *L. bulgaricus* insan bağırsak florasına ait türler olmayıp safra tuzlarına dayanıklı değildir ve sindirim kanalından geçerken ölmektedirler (Kailaspathy ve Chin 2000; L.Hatting ve Viljoen 2001). Bunlar gastrointestinal sistemde uzun süreli kolonizasyon için gerekli özelliklere de sahip değildir. Bu türler, insan bağırsak florasından hiçbir zaman izole edilmemiştir. Dolayısıyla, bu bakteriler gastrointestinal sistemden yalnızca geçici olarak geçmekte ancak orada tutunamamaktadır. Ancak bu geçici varlıkları sırasında, konakçının bağırsak fizyolojisinde bazı

yararlı mekanizmaları tetikleyebildikleri bildirilmiştir. Nitekim, *S. thermophilus* ve *L. bulgaricus* 'un laktoz sindirimini iyileştirdiği (Guarner vd., 2005) ve yetişkinlerde B vitamini düzeylerini artırabildiği (Morelli, 2014) belirlenmiştir. Dolayısıyla, bu bakteriler kalıcı kolonizasyon oluşturmamaları bile, geçici aktiviteleriyle konakçı sağlığı üzerinde faydalı etkiler gösterebilirler.

Tablo 1. Probiyotik olarak kullanılan bazı bakteri, maya ve küfler

Cins	Tür
<i>Lactobacillus</i>	<i>L. acidophilus</i> , <i>L. reuteri</i> , <i>L. casei</i> , <i>L. fermentum</i> , <i>L. plantarum</i> , <i>L. brevis</i> , <i>L. delbrueckii</i> , <i>L. helveticus</i> , <i>L. lactis</i> , <i>L. cellobiosus</i> , <i>L. curvatus</i>
<i>Bifidobacterium</i>	<i>B. adolescentis</i> , <i>B. animalis</i> , <i>B. bifidum</i> , <i>B. infantis</i> , <i>B. longum</i> , <i>B. thermophilum</i>
<i>Enterococcus</i>	<i>E. faecium</i> , <i>E. intermedius</i> , <i>E. lactis</i> , <i>E. thermophilus</i> , <i>E. cremoris</i> , <i>E. diacetylactis</i>
<i>Pediococcus</i>	<i>P. acidilactici</i> , <i>P. cerevisiae</i> , <i>P. pentosaceus</i> , <i>P. freudenreichii</i> , <i>P. shermanii</i>
<i>Propionibacterium</i>	<i>P. freudenreichii</i>
<i>Bacillus</i>	<i>B. coagulans</i> , <i>B. lentus</i> , <i>B. licheniformis</i> , <i>B. pumilus</i> , <i>B. subtilis</i>
<i>Bacteroides</i>	<i>B. amylophilus</i> , <i>B. capillosus</i> , <i>B. ruminicola</i> , <i>B. suis</i>
<i>Saccharomyces</i>	<i>S. cerevisiae</i>
<i>Aspergillus</i>	<i>A. niger</i> , <i>A. oryzae</i>

Probiyotikler günümüzde çok çeşitli ürünlere dahil edilmektedirler. Bu ürünler fermente (örneğin yoğurt, peynir) veya fermente edilmemiş (dondurma, tahıl ezmeleri, çikolatalar ve meyve suları) gıdaları kapsamakta; süt kökenli ya da bitki bazlı formülasyonlarla sunulabilmektedir. Bununla birlikte, yoğurt ve genel olarak fermente süt ürünleri, probiyotiklerin tüketiciye ulaştırılmasında en yaygın ve en etkili taşıyıcı gıda grubu olarak kabul edilmektedir (Vinderola vd., 2022). Probiyotiklerin düzenli olarak alınmasıyla elde edilen sağlık avantajları arasında laktoz intolerans semptomlarının hafifletilmesi, sindirim sisteminin enfeksiyonlara karşı doğal direncinin güçlendirilmesi, kabızlığın önlenmesi, bazı kanser türlerine karşı korunma, serum kolesterol düzeyinin

düşürülmesi, sindirim sistemi bağışıklığının uyarılması ve üst gastrointestinal sistem rahatsızlıklarının önlenmesi ile SARS-CoV-2 enfeksiyonuna karşı destekleyici etkiler yer almaktadır (Guarner ve Schaafsma, 1998; Holzapfel ve Schillinger, 2002; Sarvari vd., 2014; Olson ve Aryana, 2022). Tablo 2 de probiyotiklerin sağlık faydaları ve mekanizmaları özetlenmiştir. Bu etkiler, probiyotiklerin konakçı üzerindeki biyokimyasal ve fizyolojik mekanizmaları aracılığıyla gerçekleşmektedir; bu mekanizmalar arasında mikrobiyal dengeyi düzenleme, patojenlerle rekabet, immün yanıt modülasyonu ve metabolik ürünlerin (örneğin bakteriyosin) üretimi önemli rol oynamaktadır.

Probiyotik bakteriler tanımları gereği sağlıklı olarak kabul edilirler. Bunu destekleyecek çok sayıda araştırma vardır. Aslında LAB türlerinin büyük çoğunluğu GRAS (Generally Recognized As Safe) statüsünde yer almaktadır. Buna karşın, Streptococcus ve Enterococcus genuslarına ait bazı türler ile bazı laktik asit bakterisi üyeleri fırsatçı patojen özellik gösterebilmektedir. Literatür bulguları, Lactobacillus ve Bifidobacterium türlerinin kontrollü uygulamalarında herhangi bir olumsuz veya zararlı etki gözlemlenmediğini göstermektedir. Son dönem araştırmalarında ise, bağırsak mukoz tabakasındaki bozulma toksisite göstergesi olarak değerlendirilmiş ve ticari probiyotik suşların mukoz tabakasının bütünlüğü üzerinde olumsuz bir etki oluşturmadığı belirlenmiştir (Wright, 2005). Ancak bu çalışmaların büyük bir kısmı hücre kültürleri veya laboratuvar hayvanları üzerinde gerçekleştirilmiş olup, elde edilen sonuçların insanlar açısından taşıdığı önem tam olarak net değildir. İnsanlar üzerinde yürütülen klinik çalışmalarda ise, çoğunlukla gönüllü sayısının yetersiz olması, çalışma süresinin kısa tutulması ve metodolojik yanlışlıkların bulunması nedeniyle istatistiksel açıdan güvenilir sonuçlara ulaşmak güçleşmiştir. Probiyotik bakterilerin, enfeksiyöz ishal vakalarında hastalık süresini kısaltabildiği ve antibiyotik tedavisine bağlı ishal riskini azalttığı bildirilmektedir. Ayrıca, probiyotiklerin prematüre bebeklerde görülen nekrotizan enterokolit gibi ciddi bağırsak hastalıklarına bağlı ölümleri önleyerek yaşam kurtarıcı etki gösterebileceği belirtilmiştir. Bununla birlikte, probiyotiklerin alerji, astım, egzama, obezite ve diyabet gibi hastalıkların herhangi birinde etkin olduğuna dair kesin ve tutarlı bilimsel kanıtlar henüz bulunmamaktadır. Bu nedenle, probiyotiklerin insan sağlığı üzerindeki

etkilerinin daha iyi anlaşılabilmesi için geniş katılımlı, kontrollü ve uzun süreli klinik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır (Yong 2005; Goodman vd., 2021).

Tablo 2. Probiyotiklerin başlıca sağlık yararları ve olası etki mekanizmaları

Sağlık Yararları	Olası Etki Mekanizması	Kaynaklar
Laktoz intoleransının iyileştirilmesinde	β -galaktozidaz un laktozun parçalaması	Sarvari vd., 2014
Patojen inhibisyonu	Organik asitler, bakteriyosinler ve H_2O_2 ile patojenlerin engellenmesi	Sánchez vd., 2017
Kolesterol seviyesinin düşürülmesi	Safra tuzlarının bağlanması ve kolesterolün biyotransformasyonu	Olson ve Aryana, 2022
Bağışıklıklığın düzenlenmesi	Makrofaj aktivasyonu ve sitokin üretiminin modülasyonu	Sarvari vd., 2014
Bağırsak ve vajinal enfeksiyonların önlenmesi	Mikrobiyal rekabet, pH ve epitel yüzeyine tutunma	Sánchez vd., 2017
Bazı kanser türlerine karşı koruma	Karsinojenlerin bağlanması, immün sistemin aktive edilmesi	Sarvari vd., 2014
Gıda alerjilerinin azaltılması	TH1/TH2 dengesinin düzenlenmesi ve Ig E düzeylerinin azaltılması	Sánchez vd., 2017
Kalsiyum emiliminin artırılması	Laktik asit üretimiyle mineral çözünürlüğünün artırılması	Olson ve Aryana, 2022
İmmünostimülasyon ve immünomodülasyon	Doğal öldürücü hücre (NK) ve T-hücre aktivitesinin desteklenmesi	Sarvari vd., 2014; Olson ve Aryana, 2022
Kabızlık tedavisi	Bağırsak peristaltizminin uyarılması, su tutulumunun artırılması	Sánchez vd., 2017
SARS-CoV-2 (COVID-19) enfeksiyonuna karşı destekleyici etki	Mikrobiyota-bağışıklık ekseninin güçlendirilmesi, inflamasyonun azaltılması	Olson ve Aryana, 2022

Probiyotik ürünler genellikle gramda en fazla 10^8 – 10^9 adet canlı bakteri içermektedir. Bu miktar oldukça yüksek görünse bile insan bağırsaklarında bunun en az yüz katı kadar mikroorganizma bulunduğu bilinmektedir. Sindirim sisteminin mikrobiyal ekolojisini anlamaya yönelik araştırmalar hızla ilerlemesine rağmen, bu karmaşık ekosistemin yapısı ve mikroorganizmaların

çevreleriyle olan dinamik etkileşimleri hâlâ tam olarak açıklığa kavuşturulmamıştır. Yetişkin bir bireyin gastrointestinal sisteminde yaklaşık 10^{14} adet mikroorganizmanın kolonize olduğu bildirilmektedir (Holzapfel vd., 1998). Bu sayı, vücuttaki toplam insan hücrelerinin yaklaşık on katına karşılık gelmektedir (Çakır vd., 2002; Puupponen-Pimiä vd., 2002). Böylesine yoğun bir mikrobiyal varlık, özellikle mikroorganizma sayısının 10^{11} adet gibi son derece yüksek değerlere ulaştığı kalın bağırsakta, konakçı fizyolojisi üzerinde güçlü düzenleyici bir etkiye işaret etmektedir (Holzapfel ve Schillinger, 2002). Bağırsak mikrobiyotası; bakteri, mantar ve arkea türlerinden oluşan son derece karmaşık ve dinamik bir topluluktur. Bu mikroorganizmalar yalnızca sindirim süreçlerine katılmakla kalmaz, aynı zamanda bağışıklık sisteminin gelişimi, epitel bariyer bütünlüğünün korunması ve nörometabolik sinyallerin düzenlenmesinde de rol oynar. Mikrobiyal topluluğun bileşimi ve işlevi, diyet, yaş, antibiyotik kullanımı ve yaşam tarzı gibi pek çok faktör tarafından şekillendirilir. Probiyotik bakteriler temel olarak enterosit veya bağırsak epitel dokusunda tutunarak koloni oluşturabilmektedir (Kuter vd., 2020). Ancak sindirim kanalında bu bakteriler bulunuyor diye tamamen insana faydalı olduğunu düşünmek hatalı bir tutumdur. Yeni kuşak probiyotikler artık immünomodülatör, nöroaktif ve metabolit odaklı özellikleriyle değerlendirilmektedir. Ayrıca *Akkermansia muciniphila* ve *Faecalibacterium prausnitzii* gibi türler, yaşayan hücreden çok salgıladıkları bileşenlerle etkili olmaktadır (O'Toole vd., 2017). Bu durum, probiyotiklerin artık bir mikroorganizma değil, bir biyolojik işlev sistemi olarak yeniden tanımlanması gerektiğini göstermektedir.

Postbiyotik Kavramı: Mekanizmalar, Etkiler ve Uygulama Alanları

Postbiyotik terimi, Yunanca kökenli post (sonra) ve bios (yaşam) sözcüklerinden türetilmiştir ve kelime anlamı olarak yaşamın ardından ifadesini taşır. Bu adlandırma, kavramın özünü yansıtarak, canlılığını yitirmiş ancak biyolojik olarak hâlâ etkin bileşenler içeren mikrobiyal ürünleri tanımlar. Mikrobiyal kökenli etkileşimleri veya substratları tanımlayan postbiyotik kavramı, mikroorganizmaların canlı olmadığı durumlarda ortaya çıkan biyolojik ürünleri ifade eder. Başka bir deyişle, postbiyotikler, canlı

mikroorganizmalar yerine onların inaktif hücreleri, hücre duvarı bileşenleri veya yapısal parçaları ile mikrobiyal metabolitlerini içeren biyolojik komplekslerdir. Birçok postbiyotik preparatı, mikrobiyal hücrelerden türeyen bu yapısal bileşenlere ek olarak, mikroplar tarafından üretilen peptitler, enzimler, organik asitler veya proteinler gibi maddeleri de içerebilir. Bu bileşenler postbiyotiklerin konakçı sağlığı üzerindeki genel etkilerine katkıda bulunabilir (Vinderola vd. 2022). Bu durum, canlı mikroorganizmalarla ilişkili biyolojik etkiler ile mikrobiyal metabolitlerin veya hücresel bileşenlerin etkileri arasındaki ayrımı netleştirmiştir. Nitekim postbiyotik kavramı, canlı olmayan mikrobiyal hücreleri, bunların hücresel fraksiyonlarını veya metabolik ürünlerini içeren ve konağa sağlık yararı sağlayan bileşenleri tanımlamak amacıyla geliştirilmiştir. Dolayısıyla, probiyotiklerin hedeflenen vücut bölgelerine canlı olarak ulaşabilmesi önemini korurken, postbiyotiklerin bu gerekliliği ortadan kaldırması, fonksiyonel gıda araştırmalarında yeni bir paradigma ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, çeşitli stres toleransı analizlerine dayalı suş taramaları probiyotikler için kritik önem taşıırken, postbiyotiklerde amaç, bu canlılığın sürdürülmesinden ziyade, sağlık üzerinde etkili olan metabolit veya yapısal bileşenlerin belirlenmesidir (Upadrasta vd., 2011).

Probiyotiklerin gastrointestinal geçiş sırasında canlı kalmasının zorunlu olup olmadığı son yıllarda, çokça tartışılmaya başlanmıştır. Postbiyotik kavramının ortaya çıkışıyla birlikte, canlılık gerekliliği yerine, mikrobiyal hücre bileşenlerinin ve metabolitlerin biyolojik işlevleri ön plana çıkmıştır. Geleneksel yoğurt kültürlerini oluşturan *S. thermophilus* ile *L. bulgaricus*, mide asidine karşı düşük tolerans göstermeleri ve bağırsak epitel hücrelerine tutunup çoğalamamaları nedeniyle bazı araştırmacılar tarafından klasik anlamda probiyotik olarak kabul edilmemektedirler (Senok vd., 2005). Ancak yoğurt kültürleri, üretim ve depolama süreçlerinde canlılıklarını kaybetse bile, sentezledikleri organik asitler, ekzoselüler polisakkaritler (EPS) ve peptitler aracılığıyla immün sistemi postbiyotik etkiler yoluyla modüle edebilir, inflamasyonu azaltabilir ve bağırsak bariyer fonksiyonlarını destekleyebilirler. Bu açıdan bakıldığında yoğurt önemli bir postbiyotik süt ürünüdür. Yoğurt, sütün *S. thermophilus* ve *L. bulgaricus* ile fermentasyonu sonucu elde edilen bir süt ürünü şeklinde tanımlanmıştır (Bakırcı vd., 2017, Savaiano ve Hutkins, 2021). Yoğurt tüketiminin olası sağlık yararları arasında kolesterol düzeylerini düşürülmesi, kilo alımının azaltılması, gastrointestinal enfeksiyon ve kolon

kanseri riskinin azaltılması, obezitenin azaltılması, bağışıklık sisteminin güçlendirilmesi, diyabetin önlenmesi, kalsiyum emiliminin artırılması ve laktoz intoleransı semptomlarının ortadan kaldırması yer alır (Guarner vd. 2005, Aktaş vd., 2022). Böylece canlı olmasalar dahi, mikroorganizmaların hücre duvarı bileşenleri, yüzey proteinleri veya salgıladıkları metabolitleri, konakçı bağışıklık sistemini uyarabilmekte, bağırsak bariyer bütünlüğünü destekleyebilmekte ve mikrobiyotanın dengelenmesine katkıda bulunabilmektedir. Bu durum, özellikle gastrointestinal koşullar altında canlılığını sürdürmeyen suşların da potansiyel sağlık yararları sunabileceğini göstermektedir.

Gıdaların belirli özellikleri (su aktivitesi ve çeşitli kimyasal bileşenler) ile depolama koşulları (nem, sıcaklık, ambalajın oksijen geçirgenliği ve depolama süresi), üretim ve raf ömrü boyunca probiyotik mikroorganizmaların hayatta kalmasını zorlaştırabilmektedir. Bu durum, canlı mikroorganizmaların her zaman istenen düzeyde korunamaması nedeniyle, cansız mikroorganizmaların ve onların türevlerinin birçok gıda ürünüde potansiyel bileşen olarak değerlendirilmesini gündeme getirmektedir (Vinderola vd. 2022). Dolayısıyla, klasik probiyotik değerlendirme kriterleri, günümüzde postbiyotiklerin biyoeşdeğer etkilerini kapsayacak şekilde yeniden ele alınmaktadır. Bu paradigma değişimi, hem in vitro test stratejilerinin yeniden tasarlanmasını hem de fonksiyonel gıdaların geliştirilmesinde mikrobiyal canlılığın ötesine geçilmesini teşvik etmektedir. Bilimsel açıdan geçerli bir postbiyotik, genom dizileri bilinen, tanımlanmış mikroorganizmalardan veya mikroorganizma kombinasyonlarından türetilmeli ve biyokütle üretimi ile inaktivasyonunun belirli, tekrarlanabilir bir teknolojik süreç kullanılarak hazırlanmalıdır. Bu yaklaşım, postbiyotik ürünlerin hem güvenilirliğini hem de biyolojik etkinliklerinin standardizasyonunu sağlamaktadır. Postbiyotiklerin süt ürünlerinde kullanımının diğer avantajı ise stabilite ve raf ömrü avantajları sağlamasıdır. Çünkü canlı kültürler, depolama süresince çevresel streslere karşı duyarlıdır; oysa postbiyotik bileşenler bu tür zorluklardan etkilenmeden biyolojik aktivite gösterebilir. Ayrıca duyuşal özellikler (tat, aroma, kıvam) üzerinde olumsuz etki yaratmadan ürünün fonksiyonelliğini artırabilir. Bu yönüyle postbiyotik süt ürünleri, soğuk zincir gereksinimini azaltan,

fonksiyonelliği koruyan yeni bir ürün kategorisi olarak değerlendirilmektedir (Aguilera-Toalá vd., 2018).

Sonuç olarak, postbiyotik bakış açısı, yoğurt kültürlerinin yalnızca canlı mikroorganizmalar olarak değil, aynı zamanda biyolojik olarak aktif bileşenlerin kaynağı olarak değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu perspektif, hem yoğurdun fonksiyonel gıda olarak önemini güçlendirmekte hem de geleneksel fermente süt ürünlerinin sağlık yararlarının anlaşılmasına yeni bir boyut kazandırmaktadır.

Sinbiyotik Konsepti, Uygulama Alanları ve Yeni Nesil Formülasyonlar

Sinbiyotik terimi, Yunanca kökenli syn (birlikte) öneki ile biotikos (yaşama ilişkin) sözcüğünün birleşiminden türetilmiştir. Bu etimolojik yapı, kavramın özünü yansıtarak, birlikte uygulandığında konakçı sağlığı üzerinde tamamlayıcı veya sinerjik etkiler oluşturan probiyotik ve prebiyotik bileşenlerin ortak işleyişini ifade eder. Sinbiyotik kavramı, seçici olarak fermente edilebilen ve sindirilemeyen gıda bileşenlerinin (prebiyotiklerin) probiyotik mikroorganizmalarla birlikte kullanılabileceği fikrine dayanıyordu. Bu nedenle sinbiyotikler, başlangıçta konakçıya sağlık faydası sağlayan probiyotik ve prebiyotik karışımları olarak tanımlanmıştır (Swanson vd., 2020). Bu kombinasyon, probiyotik mikroorganizmaların gastrointestinal sistemdeki canlılık, kolonizasyon ve metabolik etkinliğini artırmayı hedeflerken; prebiyotik substratlar ise bu mikroorganizmaların büyümesini ve işlevselliğini destekleyerek toplam biyolojik etkinliği güçlendirmektedir. Bir sinbiyotik, seçici olarak belirli bir veya sınırlı sayıdaki faydalı bakterinin büyümesini destekleyerek veya metabolik aktivitelerini artırarak konakçı üzerinde olumlu etkiler oluşturur. Bu etki, aynı zamanda gastrointestinal sistemde probiyotik mikroorganizmaların hayatta kalmasını, kolonizasyonunu ve işlevselliğini iyileştiren bir prebiyotik substratın varlığıyla güçlenir. Sinbiyotik terimi doğrudan sinerjiyi ifade ettiğinden, bu kavram özellikle prebiyotik bileşiklerin uygulanan probiyotikleri desteklediği ürünler için kullanılmalıdır (Kolida vd., 2011). Güncel The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) tanımına göre sinbiyotikler, konak mikroorganizmalar tarafından seçici olarak kullanılan ve konakçıya sağlık yararı sağlayan canlı mikroorganizmalar ile substratlardan oluşan bir karışım” olarak

tanımlanmaktadır. Bu tanımında yer alan konak mikroorganizmaları ifadesi, hem konakta doğal olarak bulunan yerleşik mikroorganizmaları hem de probiyotikler gibi dışarıdan alınan ve geçici olarak gastrointestinal sistemde bulunabilen geçici mikroorganizmaları kapsamaktadır. Dolayısıyla, bu mikroorganizmalar kalıcı olmasalar bile, konak mikrobiyotasının işlevsel bir bileşeni olarak değerlendirilirler. Sinbiyotik ürünler, probiyotik ve prebiyotik bileşenlerin birlikte veya koordineli şekilde kullanıldığı formülasyonlardır. Dolayısıyla tanım yalnızca birlikte bulunmayı değil, karşılıklı fonksiyonel tamamlayıcılığı da kapsayacak şekilde genişlemiştir (Swanson vd., 2020).

İnsan sağlığının korunması ve iyileştirilmesinde bağırsak mikrobiyotasının rolü, beslenme biliminin paradigma değişimlerinden birine öncülük etmiştir. Son yıllarda yürütülen yoğun araştırmalar, gastrointestinal (GIT) bölgedeki mikrobiyal topluluğun insan ve hayvan sağlığı üzerindeki belirleyici rolünü açık bir şekilde ortaya koymuştur. GIT oldukça karmaşık bir durum arz etmektedir. İnce bağırsakların mukozal geniş yüzey tabakası, mikroorganizmaların tutunmalarını ve burada kolonize olmalarını sağlar. Vücudumuzu saran deri tabakasının yaklaşık iki metrekaare olan yüzey alanıyla karşılaştırıldığında GIT, 150-200 metrekaare olduğu hesaplanan yüzey alanıyla muazzam bir büyüklüktedir. Bu artış dairesel katlanma, epitel dokunun kıvrımlar halinde bulunmasıyla ve emici rol oynayan tüy şeklindeki mikrovillilerin yardımıyla sağlanmaktadır (Holzapfel vd., 1998; Holzapfel ve Schillinger, 2002). Sindirim sistemindeki mikrobiyal ekosistemin anlaşılmasına yönelik araştırmalar hızlı bir şekilde ilerlemesine rağmen, bu kompleks ekosistem ve mikroorganizmaların çevreleriyle olan etkileşimleri hakkındaki bilgilerimiz hâlen sınırlıdır. Normal, sağlıklı bir bireyin sindirim sisteminde, 190'dan fazla genusa ait 300–500 farklı bakteri türü tanımlanmıştır. Bu mikrobiyal çeşitlilik, bağırsak ekosisteminin işlevselliği ve dayanıklılığı açısından kritik öneme sahiptir. Farklı türlerin ve cinslerin birbirleriyle ve konakçıyla olan etkileşimleri, besinlerin sindirimi, bağışıklık sisteminin düzenlenmesi ve patojen mikroorganizmaların kontrolü gibi birçok fizyolojik sürecin sürdürülmesine katkıda bulunur. Bu kompleks ekosistemin tam olarak anlaşılması hâlen sınırlıdır ve sinbiyotik yaklaşımlar, mikrobiyota kompozisyonunu ve işlevini modüle ederek konakçı sağlığını desteklemeyi amaçlayan stratejiler olarak önem kazanmaktadır (Lourens-Hatting ve Viljoen

2001; Saarela vd., 2002). Ancak her sinbiyotik ilişkinin arkasında belirli bir dereceye kadar rekabet veya antagonizm vardır; karşılıklı fayda sağlanabilmesi yalnızca uygun düzenleme ve dikkatli ayarlamalarla mümkün olabilir. Bir bakterinin yalnızca sindirim sistemimizde bulunuyor olması, onun mutlaka faydalı olduğu anlamına gelmemektedir; bu tür değerlendirmelerde dikkatli olunması ve mikroorganizmanın fonksiyonel etkilerinin bilimsel olarak doğrulanması gerekmektedir (Yong, 2015).

Gastrointestinal bölge, fonksiyonel gıdaların test edilmesi ve geliştirilmesi açısından açık bir hedef bölgedir; çünkü bu sistem, alınan besinler ile insan sağlığı arasında doğrudan etkileşimin gerçekleştiği temel bir arayüz görevi görmektedir (Zubillaga vd., 2001). Bağırsak mikrobiyotasının en dikkat çekici özellikleri arasında işlevsel esnekliği ve çevresel değişimlere karşı dayanıklılığı yer alır. Sağlam ve dengeli bir mikrobiyal topluluk, konağı dışarıdan gelen potansiyel patojenlere karşı korurken, aynı zamanda bağışıklık yanıtının düzenlenmesi ve genel homeostazın sürdürülmesinde temel bir rol oynar. Ancak diyet değişiklikleri, antibiyotik kullanımı, yaşlanma veya enfeksiyonlar gibi etkenler bu ekosistemde bozulmalara yol açarak inflamatuvar bağırsak hastalıkları, kolorektal kanser, metabolik sendrom ve atopik reaksiyonlar gibi çeşitli inflamatuvar, enfeksiyöz ve metabolik durumların gelişimine katkıda bulunabilir (Swanson vd., 2020). Bu bağlamda, bağırsak mikrobiyotasının bileşimini ve/veya işlevini hedefe yönelik şekilde modüle etmek için çeşitli müdahale stratejileri geliştirilmiştir. Fekal mikrobiyota nakli, probiyotiklerin ve diğer faydalı canlı mikroorganizmaların uygulanması ve sindirilemeyen diyet bileşenlerinin (prebiyotiklerin) kullanılması bu stratejilerin başlıcalarıdır. Güncel yaklaşımlarda ise sinbiyotikler—probiyotik mikroorganizmalar ile bunlar tarafından seçici olarak kullanılan substratların birlikte uygulanması—mikrobiyal dengeyi yeniden tesis etme, mikrobiyota işlevselliğini güçlendirme ve konakçı sağlığını çok boyutlu olarak destekleme potansiyeli nedeniyle giderek daha fazla önem kazanmaktadır.

Probiyotik Süt Ürünlerinde Formülasyon ve Stabilité İnovasyonları

Beslenmenin temel rolü, bireyin metabolik gereksinimlerini karşılayacak yeterli besin öğelerini sağlamakla birlikte, aynı zamanda tatmin ve genel iyi olma hâline katkıda bulunmaktır. Ancak güncel bilimsel veriler, beslenmenin

yalnızca temel ihtiyaçları karşılamanın ötesinde, çeşitli fizyolojik işlevleri düzenleyebileceği ve bazı hastalıklarda hem yararlı hem de zararlı roller üstlenebileceği görüşünü desteklemektedir (Koletzko vd., 1998). Özellikle Batı toplumlarında, beslenme anlayışı geçmişte olduğu gibi yalnızca hayatta kalma, açlık giderme ve olumsuz etkileri önleme odaklı olmaktan çıkmış; bunun yerine, refahı destekleyen, sağlığı iyileştiren ve hastalık riskini azaltmaya yönelik gıdaların kullanımına doğru genişlemiştir. Bu yaklaşım, sağlık hizmetlerinin artan maliyetleri, yaşam süresinin uzaması ve yaşlı bireylerin yaşam kalitesini yükseltme isteği göz önünde bulundurulduğunda, giderek daha fazla önem kazanmaktadır (Roberfroid, 2000). Fonksiyonel gıdalar içerisinde önemli bir yer tutan probiyotik süt ürünleri, sadece canlı mikroorganizmaların taşındığı geleneksel birer fermentasyon ürünü olmaktan çıkarak, biyolojik etki mekanizmaları yeniden tanımlanan kompleks sistemler hâline gelmiştir. Günümüzde bu kavramlar artık yalnızca canlılık kriteriyle değil, biyolojik aktivite, metabolit üretimi ve konakçı etkileşimi gibi çok katmanlı özelliklerle değerlendirilmektedir (Hill vd., 2014). Bu dönüşüm, probiyotik, postbiyotik ve sinbiyotik kavramlarının da önem kazanmasıyla daha belirgin hâle gelmiştir. Fonksiyonel gıdalar ve probiyotikler, prebiyotikler, sinbiyotikler ve yeni gıdaların tıbbi yönü üzerinde çalışan uzmanlar için zorluk, bağırsak florası alanında temel bilim insanları tarafından üretilen yeni bilgileri uygulamaktır (Salminen vd., 2021). Araştırmalarının günümüzde gastroenteroloji, immünoloji ve mikrobiyolojinin kesişim noktasında yer aldığını ve hem temel hem de klinik alanda oldukça dinamik olduğunu görülmektedir. Probiyotiklerin etkinliğine yol açan karmaşık moleküler mekanizmaların daha iyi anlaşılması, daha başarılı probiyotik formülasyonlarının geliştirilmesini de teşvik edecektir. Sinbiyotikler ise probiyotik ve prebiyotiklerin birlikte veya koordineli etkilerini hedefleyen formülasyonları ifade etmektedir. Bu bağlamda, modern süt endüstrisi artık yalnızca yaşayan hücre içeren ürünler üretmekle değil, biyolojik etkiyi optimize eden formülasyonlar geliştirmekle de yükümlüdür.

SONUÇ

Bu derlemede, probiyotikler, postbiyotikler ve semiyotiklerin güncel durumları kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. Mevcut bulgular, bu yaklaşımların gastrointestinal mikrobiyota ile etkileşimler yoluyla çeşitli

fizyolojik durumları modüle edebildiğini göstermektedir. Gelecekteki araştırmaların, mikroorganizma-substrat kombinasyonlarının mekanizmalarını daha derinlemesine açığa çıkararak, bireyselleştirilmiş beslenme stratejileri ve hedefe yönelik biyoterapötik uygulamaların geliştirilmesine katkı sağlayacağı öngörülmektedir. Bu bağlamda, bu üç biyotik yaklaşımın birlikte değerlendirilmesi, fonksiyonel gıdaların geliştirilmesi ve mikrobiyota temelli terapötik stratejiler açısından kritik öneme sahiptir. Probiyotik süt ürünleri artık sadece bir mikroorganizma taşıyıcısı değil, biyoteknolojik ve fonksiyonel etkiyi bir araya getiren akıllı gıda sistemleri olarak değerlendirilmektedir. Postbiyotik ve sinbiyotik çağ, probiyotik süt ürünlerinin bilimsel ve teknolojik tanımını kökten değiştirmiştir. Canlı hücre zorunluluğunun ötesine geçen bu yeni yaklaşım, fonksiyonelliği biyolojik etki üzerinden yeniden kurgulamaktadır. Süt endüstrisi açısından bu dönüşüm hem raf ömrü hem de bilimsel güvenilirlik açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Geleceğin probiyotik süt ürünleri, yaşayan mikroorganizmaların ötesinde, biyolojik olarak anlamlı etkileşimleri hedefleyen sistemler olarak varlık gösterecektir. Bu bağlamda, probiyotik terimi artık yalnızca bir mikrobiyal tanım değil, sürdürülebilir sağlık stratejilerinin bir parçası olacaktır.

KAYNAKÇA

- Aguilar-Toalá, J. E., et al. (2018). Postbiotics: salminAn evolving term within the functional foods field. *Trends in Food Science & Technology*, 75, 105–114.
- Aktaş, H., Yıldız, S., and Çetin, B. (2022). Probiotic and technological properties of isolates from homemade and industrial yoghurts. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(11), e17135.
- Bakırcı, S., Dagdemir, E., Boran, O. S., and Hayaloglu, A. A. (2017). The effect of pumpkin fibre on quality and storage stability of reduced-fat set-type yogurt. *International Journal of Food Science and Technology*, 52(1), 180-187.
- Corcoran, B. M., Stanton, C., Fitzgerald, G. F., ve Ross, R. P. (2005). Survival of probiotic lactobacilli in acidic and bile conditions: relevance for functionality in the gut. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(12), 6208–6217.
- Erkkilä, S., Suihko, M. L., Eerola, S., Petäjä, E., & Mattila-Sandholm, T. (2001). Dry sausage fermented by *Lactobacillus rhamnosus* strains. *International Journal of Food Microbiology*, 64(1-2), 205-210.
- Goodman, C., Keating, G., Georgousopoulou, E. N., Hespe, C., Levett, K., ve Love, T. (2021). Probiotics for the prevention of antibiotic-associated diarrhoea: A systematic review and meta-analysis. *BMJ Open*, 11(8), e043054. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-043054>.
- Guarner, F., Perdigon, G., Corthier, G., Salminen, S., Koletzko, B., Morelli, L. (2005). Should yoghurt cultures be considered probiotic? *British Journal of Nutrition*, 93(6):783-786.
- Guarner, F., ve Schaafsma, G. J. (1998). Probiotics. *International journal of food microbiology*, 39(3), 237-238.
- Hill, C., Guarner, F., Reid, G., Gibson, G. R., Merenstein, D. J., Pot, B., ve Sanders, M. E. (2014). The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nature reviews Gastroenterology & hepatology*, 11(8), 506-514.

- Hoesl, C.E. ve Altwein J.E. (2005). The Probiotic Approach: An Alternative Treatment Option in Urology, *European Urology*, Volume 47, Issue 3, Pages 288-296.
- Holzapfel, W. H., Haberer, P., Snel, J., Schillinger, U., ve in't Veld, J. H. H. (1998). Overview of gut flora and probiotics. *International journal of food microbiology*, 41(2), 85-101.
- Holzapfel, W. H., ve Schillinger, U. (2002). Introduction to pre-and probiotics. *Food research international*, 35(2-3), 109-116.
- Jankovic, I., Sybesma, W., Phothirath, P., Ananta, E., ve Mercenier, A. (2010). Application of probiotics in food products—challenges and new approaches. *Current Opinion in Biotechnology*, 21(2), 175-181.
- Kailasapathy, K., ve Chin, J. (2000). Survival and therapeutic potential of probiotic organisms with reference to *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium* spp. *Immunology and cell biology*, 78(1), 80-88.
- Koletzko, B., Aggett, P. J., Bindels, J. G., Bung, P., Ferre, P., Gil, A., ... ve Strobel, S. (1998). Growth, development and differentiation: a functional food science approach. *British Journal of Nutrition*, 80(S1), S5-S45.
- Kolida, S., ve Gibson, G. R. (2011). Synbiotics in health and disease. *Annual review of food science and technology*, 2(1), 373-393.
- Kuter, E., Gümüş, H., Karakaş Oğuz, F. (2020). Probiyotik ve prebiyotiklerin bağırsak sağlığı üzerine etkileri. *Hayvan Beslemede Bağırsak Sağlığının Önemi*, 1. Baskı. Türkiye Klinikleri, Ankara.
- Lourens-Hattingh, A., ve Viljoen, B. C. (2001). Yogurt as probiotic carrier food. *International dairy journal*, 11(1-2), 1-17.
- Mattila-Sandholm, T., Myllärinen, P., Crittenden, R., Mogensen, G., Fondén, R., ve Saarela, M. (2002). Technological challenges for future probiotic foods. *International Dairy Journal*, 12(2-3), 173-182.
- Morelli, L. (2014). Yogurt, living cultures, and gut health. *The American journal of clinical nutrition*, 99(5), 1248-1250.
- O'Toole, P. W., Marchesi, J. R., & Hill, C. (2017). Next-generation probiotics: the spectrum from probiotics to live biotherapeutics. *Nature microbiology*, 2(5), 1-6.
- Olson, D. W., ve Aryana, K. J. (2022). Probiotic incorporation into yogurt and various novel yogurt-based products. *Applied Sciences*, 12(24), 12607.

- Papadimitriou, K., Zoumpopoulou, G., Foligné, B., Alexandraki, V., Kazou, M., Pot, B., ve Tsakalidou, E. (2015). Discovering probiotic microorganisms: in vitro, in vivo, genetic and omics approaches. *Frontiers in microbiology*, 6, 58.
- Puupponen-Pimiä, R. A. M. A., Aura, A. M., Oksman-Caldentey, K. M., Myllärinen, P., Saarela, M., Mattila-Sandholm, T., ve Poutanen, K. (2002). Development of functional ingredients for gut health. *Trends in Food Science & Technology*, 13(1), 3-11.
- Roberfroid, M. B. (2000). Prebiotics and probiotics: are they functional foods?. *The American journal of clinical nutrition*, 71(6), 1682S-1687S.
- Saarela, M., Lähteenmäki, L., Crittenden, R., Salminen, S., ve Mattila-Sandholm, T. (2002). Gut bacteria and health foods—the European perspective. *International journal of food microbiology*, 78(1-2), 99-117.
- Salminen, S., Collado, M. C., Endo, A., Hill, C., Lebeer, S., Quigley, E. M., ... ve Vinderola, G. (2021). The International Scientific Association of Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of postbiotics. *Nature reviews Gastroenterology & hepatology*, 18(9), 649-667.
- Salminen, S., Ouwehand, A., Benno, Y. ve Lee, YK (1999). Probiyotikler: Nasıl tanımlanmalı? *Trends Food Sci. Technol* . 10, 107–110. doi: 10.1016/S0924-2244(99)00027-8
- Sánchez, B., Delgado, S., Blanco-Míguez, A., Lourenço, A., Gueimonde, M., ve Margolles, A. (2017). Probiotics, gut microbiota, and their influence on host health and disease. *Molecular nutrition & food research*, 61(1), 1600240.
- Sarvari, F., Mortazavian, A. M., ve Fazeli, M. R. (2014). Biochemical characteristics and viability of probiotic and yogurt bacteria in yogurt during the fermentation and refrigerated storage.
- Savaiano, D. A., and Hutkins, R. W. (2021). Yogurt, cultured fermented milk, and health: A systematic review. *Nutrition Reviews*, 79(5), 599-614.
- Senok, A. C., Ismaeel, A. Y., and Botta, G. A. (2005). Probiotics: facts and myths. *Clinical Microbiology and Infection*, 11(12), 958-966.
- Swanson, K. S., Gibson, G. R., Hutkins, R., Reimer, R. A., Reid, G., Verbeke, K., ... & Sanders, M. E. (2020). The International Scientific Association

- for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of synbiotics. *Nature reviews Gastroenterology & hepatology*, 17(11), 687-701.
- Upadrasta, A., Stanton, C., Hill, C., Fitzgerald, G. ve Ross, RP (2011). “Probiyotik kültürlerin stres toleransının iyileştirilmesi: son eğilimler ve gelecekteki yönler,” *Laktik Asit Bakterilerinin Stres Tepkileri* kitabında , editörler E. Tsakalidou ve K. Papadimitriou (New York: Springer), 395–438.
- Vinderola G, Sanders M.E, Salminen S. The Concept of Postbiotics. *Foods*. 2022; 11(8):1077. <https://doi.org/10.3390/foods11081077>
- Wright, A. V. (2005). Regulating the safety of probiotics-the European approach. *Current pharmaceutical design*, 11(1), 17-23.
- Xiao, J., Zhang, Y.ve Yang, Z. (2014). Lactic acid bacteria in health and disease. In *Lactic Acid Bacteria: Fundamentals and Practice* (pp. 303-374). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Yong, E. (2016). *I contain multitudes: The microbes within us and a grander view of life*. Random House.
- Yurdakök, M. (2013). Yoğurdun öyküsü, probiyotiklerin tarihi. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*, 56(1), 43-60.
- Zago, M., Fornasari, M. E., Carminati, D., Burns, P., Suárez, V., Vinderola, G., & Giraffa, G. (2011). Survival of *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus paracasei* during simulated passage through the human gastrointestinal tract. *Food Microbiology*, 28(8), 1359–1366.
- Zubillaga, M., Weill, R., Postaire, E., Goldman, C., Caro, R., & Boccio, J. (2001). Effect of probiotics and functional foods and their use in different diseases. *Nutrition Research*, 21(3), 569-579.

BÖLÜM 5

BAL ARISI KOLONİLERİNDE ÜRETİM PERFORMANSINI GELİŞTİRME STRATEJİLERİ

Doç. Dr. Hilal ÜRÜŞAN¹

Doç. Dr. Mahir Murat CENGİZ^{2*}

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17777475>

¹Atatürk Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, 25240 Erzurum, Türkiye. hilalurusan@atauni.edu.tr, Orcid ID: 0000-0003-4676-3049

^{2*}Atatürk Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, 25240 Erzurum, Türkiye. mcengiz@atauni.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-9844-4229

1. GİRİŞ

Dünyanın hemen her yerinde uzun bir geçmişe sahip olan arıcılık, insanlığın en eski tarımsal uğraşlarından biridir. Eski toplumlarda günümüzdeki anlamıyla gelişmiş bir arıcılıktan bahsetmek mümkün olmasa da, arı ürünlerinden yararlanma bilgisi oldukça eskiye dayanır. Son yüzyıllarda bilimsel araştırmaların artmasıyla birlikte arıcılık alanında dikkate değer bir gelişme yaşanmıştır.

Günümüzde kişi başına düşen gelir düzeyi yüksek, yaşam standartları gelişmiş ve refah düzeyine ulaşmış ülkeler, sanayi alanındaki ilerlemelere paralel olarak tarım sektöründe de modern teknikleri geliştirip uygulamaya başlamışlardır.

Gelişmiş ülkeler, tarım sektörü içerisinde arıcılığa stratejik bir üretim kolu olarak önem atfetmiş ve bu doğrultuda dikkate değer ilerlemeler kaydetmişlerdir. Bu ülkelerde arıcılığın doğrudan geliştirilmesini amaçlayan bilimsel ve teknolojik çalışmaların yanı sıra, arıcılıkla yakından ilişkili olan diğer tarımsal faaliyetlerdeki gelişmeler de sektöre dolaylı katkılar sağlamıştır. Özellikle çayır, mera ve yaylaların korunması, geliştirilmesi ve ıslahına yönelik uygulamalar; yem bitkileri tarımına verilen önem ile meyvecilik ve tohumculuk alanlarında kaydedilen ilerlemeler, arıcılığın sürdürülebilir biçimde gelişmesine önemli ölçüde katkıda bulunmuştur (Genç ve Dodoloğlu, 2017).

Birçok Batı ülkesinde arıcılıkla ilgili sorunlar üzerinde kapsamlı biçimde durulmuş, bu alanda yürütülen araştırmalardan elde edilen bilimsel bulgular uygulamaya aktarılmış ve arıcılık, tarım sektörünün temel üretim kollarından biri haline getirilmiştir.

Bu ülkelerde arıcılık sektörünün gelişimine paralel olarak çok sayıda üretici, teknisyen, eğitimci ve araştırmacı yetiştirilmiştir. Mevcut bal arısı genotipleri tanımlanarak seleksiyon programlarına dahil edilmiş; aynı zamanda farklı ekolojik koşullar ve üretim amaçları doğrultusunda yeni genotiplerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar yürütülmüştür. Modern arı yönetimi uygulamaları, damızlık materyal üretimi ve arı sağlığı konularında gerçekleştirilen yoğun bilimsel araştırmalar, arıcılığın bilimsel temellere dayalı bir üretim koluna dönüşmesine önemli katkılar sağlamıştır. Ayrıca, arıcılığın sürdürülebilir biçimde gelişimini desteklemek amacıyla çeşitli mesleki ve

bilimsel organizasyonların kurulması teşvik edilmiştir (Genç ve Dodoloğlu, 2017).

Yukarıda belirtilen tüm bu çabaların bir sonucu olarak, günümüzde arıcılık; arı yönetimi, arı sağlığı, arı genetiği ve ıslahı, arı ürünleri teknolojisi ve apiterapi gibi alt dalları kapsayan geniş bir bilim alanı haline gelmiştir. Bu bilim dalı, kökenini temel arıcılık çalışmalarından almakta olup bal, polen, balmumu, propolis, arı sütü, arı zehiri ve ana arı gibi arı ürünlerinin üretimi, işlenmesi ve kullanımı üzerine şekillenen çok sayıda alt disiplinin gelişmesine zemin hazırlamıştır.

Bal arıları, geniş bir kullanım alanına sahip yüksek değerli ürünler sağlamalarının yanı sıra, tozlaşmadaki rolleriyle bitkisel üretime vazgeçilmez katkılar sunmaktadır. Bu ekolojik ve ekonomik önemleri, dünya arıcılığının gelişiminde belirleyici bir unsur olmuştur. Dolayısıyla arıcılık, tarım sektörünün ayrılmaz bir parçası olarak küresel ölçekte sürekli gelişmekte; arı biyolojisi, üretim teknikleri ve arı ürünleri üzerine yürütülen bilimsel araştırmalar her geçen gün daha da yaygınlaşmaktadır (Güler, 2017).

Türkiye açısından değerlendirildiğinde, özellikle kırsal bölgelerde kalkınmayı destekleyebilecek tarımsal üretim kollarından biri, hatta en önemlilerinden biri arıcılıktır.

Türkiye, coğrafi konumu, iklim özellikleri ve zengin bitki örtüsüyle arıcılığa son derece elverişli koşullar sunmaktadır. İklim ve topografik yapının uygunluğu ile birlikte, yerli arı popülasyonlarında gözlenen yüksek genetik varyasyon, ülkemizin arıcılık açısından büyük bir potansiyele sahip olmasına olanak sağlamaktadır. Ayrıca, dünyada bulunan ballı bitki türlerinin yaklaşık dörtte üçüne ev sahipliği yapan Türkiye’de, dış pazarlarda büyük talep gören yüksek kaliteli bal üretimi gerçekleştirilmektedir. Anadolu coğrafyası, kıyı bölgelerindeki narenciye alanlarından yüksek dağ silsileleri arasındaki geniş yayla ve otlaklara kadar uzanan doğal yapısıyla arıcılığa son derece uygun ekolojik koşullara sahiptir.

Genel olarak Türkiye’nin coğrafi yapısında rakım, batıdan doğuya ve kıyı bölgelerden iç kesimlere doğru belirgin bir şekilde artış göstermektedir. Ülkemize özgü bu topografik özellik, bitki örtüsünün çiçeklenme dönemlerinin bölgelere göre farklılık göstermesine neden olmakta ve bu durum, göçer arıcılık faaliyetleri için son derece elverişli ekolojik koşullar oluşturmaktadır.

Günümüzde Türkiye, arıcılığa elverişli iklim ve zengin bitki örtüsü, yüksek arılı kovan sayısı ve yıllık bal ile balmumu üretimi bakımından dünya çapında önde gelen ülkeler arasında yer almaktadır. Ülkemizde toplam arılı kovan sayısı, fenni kovanların oranı ve birim alana düşen koloni yoğunluğu sürekli olarak artış göstermesine rağmen, koloni başına verimde aynı oranda bir yükseliş sağlanamamıştır. Örneğin, 1960 yılında koloni başına bal verimi 6,51 kg iken, 1990'lı yıllarda 15–17 kg düzeyine ulaşmıştır; ancak 1990 sonrası dönemde hem koloni sayısı hem de toplam bal üretimi artış göstermesine karşın, koloni başına verimde belirgin bir gelişme kaydedilememiştir.

Yapılan hesaplamalara göre, örneğin 2003 yılı itibarıyla arılı kovan sayısında %100'ün üzerinde bir artış gerçekleşmiştir. Öte yandan, arılı kovanların yapısı da hızlı bir değişim göstermiş; ilkel kovanların sayısı neredeyse yok denecek düzeye inmiştir. Yıllar itibarıyla toplam bal üretiminde önemli bir artış sağlanmasına rağmen, 1990 sonrası dönemde koloni başına bal veriminde belirgin bir yükseliş gözlenmemiştir. Bu durum, arıcılıkta esas olanın yalnızca koloni sayısı değil, aynı zamanda verimlilik olduğunu açıkça ortaya koymaktadır.

Türkiye'de arıcılık faaliyetleri genel olarak bilgi eksikliği yaşayan üreticiler tarafından yürütülmekte olup, birçok arıcı modern arı yönetimi tekniklerine hâkim değildir. Yetiştiriciler, kolonilerini genellikle uygun olmayan, sağlıklı ve kapalı ortamlarda kışlatmakta; bu durum her yıl kışlatma döneminde önemli ölçüde koloni kayıplarına yol açmaktadır. Olumsuz kışlatma koşullarını aşabilen kolonilerde ise ilkbahar döneminde ciddi populasyon azalması gözlenmektedir. Bahara zayıf bir şekilde çıkan koloniler, ilkbaharın kritik dönemini atlatsalar bile yeterli gelişimi sağlayamamakta; bu nedenle nektar akışı dönemine hazırlık yapamamakta ve floradan yeterince yararlanmadan sezon sona ermektedir.

2. BALARISI KOLONİLERİNDE ÜRETİMİN TEMEL BİLEŞENLERİ

Arıcılıkta kolonilerin sezon boyunca petek örme, yavru üretimi, nektar ve polen toplama ile bu kaynakları çeşitli arı ürünlerine dönüştürme kapasitesi, arıcıların elde edeceği gelir düzeyini belirleyen temel unsurlardır. Dolayısıyla

tatmin edici bir ekonomik getiri yalnızca yüksek performans gösteren arı kolonileri ile mümkün olmaktadır.

Arı ailelerinin performansı, çok sayıda bileşenin etkileşimi sonucunda şekillenmektedir. Bunlar arasında iklim ve bitki örtüsü gibi çevresel faktörler, ana arının kalitesi, arı hastalık ve parazitleri ile arı zararlıları gibi yönetsel faktörler ve devlet politikaları ile düzenlemelerden kaynaklanan etkiler yer almaktadır. Tüm bu faktörler, büyük ölçüde arıcıların modern arıcılık bilgi ve becerisine bağlı olarak koloninin performansını belirlemektedir (Genç ve Dodoloğlu, 2017).

Koloni performansının temel bileşenlerinin her birinin kolonilerin verimi üzerinde belirleyici etkileri olup, bu bileşenler birbirleriyle oldukça kompleks bir ilişki ve karşılıklı etkileşim içerisindedir. Arıcılıkta hedeflenen gelir düzeyine ulaşmak, yani kolonilerden yüksek performans elde etmek, yalnızca arılı bir kovan satın alıp sezon başında onu flora ile baş başa bırakmak kadar basit bir süreç değildir. Koloni performansını artırmak için, performansı etkileyen tüm unsurların verimini, geliştirilmesine yönelik en ince ayrıntıları ve güncel teknikleri bilmek ve bu bilgileri eş zamanlı olarak uygulamak gerekmektedir.

2.1. İklim ve Bitki Örtüsü

Arıcılık faaliyetleri, en modern uygulamaların kullanıldığı ülkelerde bile büyük ölçüde bulunduğu bölgenin iklim özellikleri ile bitki örtüsünün yapısına bağlı olarak şekillenmektedir. Bu iki unsur, koloni gücünü ve üretim seviyesini doğrudan etkilediğinden çevresel faktörler içinde birlikte ele alınmaktadır. İklim koşulları, bir yörenin bitki çeşitliliğini ve dağılımını belirleyen temel etmenlerden biridir. Buna karşılık, vejetasyonda meydana gelen değişimler de yerel iklim üzerinde geri etkiler oluşturabilmektedir. Özellikle ormanlık alanların tahrip edildiği bölgelerde görülen mikroklima farklılıkları, bu karşılıklı ilişkinin dikkate değer bir örneğidir (Genç ve Dodoloğlu, 2017).

İklim ve bitki örtüsü, birbirleriyle karşılıklı sebep-sonuç ilişkisi içerisinde olmakla birlikte, aynı zamanda bir bölgenin arıcılık açısından uygunluğunu belirleyen temel unsurlardır. İklimi oluşturan başlıca faktörler arasında rüzgar, yağış miktarı ve mevsimsel döngüler yer almakta olup, arıcıların bu unsurları bilmeleri ve bazı arıcılık uygulamalarında bu bilgilerden yararlanması gerekmektedir (Güler, 2017).

2.1.1 Rüzgar ve İklim Faktörlerinin Koloni Performansına Etkisi

Arılık çevresinde etkili olan rüzgârların yönü, türü ve şiddeti hem arıcılık uygulamalarını hem de kolonilerin günlük faaliyetlerini doğrudan belirleyen önemli çevresel etmenlerdendir. Arıcılar, hâkim rüzgâr koşullarını dikkate alarak arılığın kurulacağı yeri seçmekte, kovanların yönünü düzenlemekte ve kat atma, oğul yönetimi ile ana arı yetiştirme gibi işlemlerin zamanlamasını buna göre planlamaktadır. Nektar akımı sırasında birkaç gün süren sert rüzgârlar bile çiçeklerin nektar üretimini ve arılar için çekiciliğini belirgin biçimde azaltabilmektedir. Bu durum, kolonilerde erkek arıların dışarı atılmasına, yavru üretiminin düşmesine ve yağmacılık eğiliminin artmasına yol açabilmektedir. Böyle zamanlarda arıcı; uçuş deliklerini daraltmak, yeni petek vermeyi durdurmak, mevcut ballık veya çerçevelerin bir kısmını almak ya da erken bal hasadı yapmak zorunda kalabilmektedir (Genç ve Dodoloğlu, 2017).

Ana arıların çiftleşme döneminde yaşanan iklimsel anomaliler, dölsüz ana arıların çiftleşme uçuşlarını geciktirebilir veya tamamen engelleyerek kısır kalmalarına neden olabilmektedir (Koeniger ve Koeniger, 2005). Bu nedenle ana arı yetiştirme ve suni oğul alma programları planlanırken, bölgedeki yağışların türü, miktarı ve mevsimsel dağılımı göz önünde bulundurulmalıdır (Root, 1983).

2.1.2. Kışlatma ve Mevsimsel Etkiler

Bir bölgede karla kaplı gün sayısının yüksek olması, kolonilerin kışlatma süresini uzatmakta ve kış kayıplarının artmasına zemin hazırlamaktadır. Kar örtüsünün devamlılığı, aynı zamanda baharın ne zaman başlayacağını ve çiçeklenme takviminin nasıl şekilleneceğini belirleyerek arıcılar için sezonun başlangıcını tayin eder. Bahar aylarında iklim koşullarındaki iyileşme; kovanların dışarıya alınması, taban temizliği, koloni muayenesi ve yemleme gibi uygulamaların zamanlamasında belirleyici rol oynar (Winston, 1993). Bu dönem, kolonilerde kuluçka faaliyetlerinin yeniden hızlanmasına katkıda bulunur ve nektar akımı dönemine güçlü bir işçi arısı yapısıyla girilmesini sağlar (Genç ve Kaftanoğlu, 1996).

2.1.3. Bitki Örtüsünün Rolü ve Arıcılıkta Ürün Kalitesi

Bir yörede üretilen balın miktarı ve kalitesi, o bölgenin bitki örtüsünün kompozisyonu ve yoğunluğu ile doğrudan ilişkilidir. Vegetasyonun tür çeşitliliği, nektar ve polen kaynaklarının sürekliliğini belirlediği için arıcılık faaliyetlerinin temel ekolojik belirleyicilerinden biri olarak değerlendirilir. Orman ekosistemleri, meyve bahçeleri, pamuk, ayçiçeği ve tütün gibi endüstriyel bitkilerin bulunduğu tarımsal alanlar ile çayır-mera ve yem bitkilerinin dağılımı, arıcılık işletmelerinin üretim desenini, elde edilen balın duysal ve kimyasal özelliklerini ve ürün çeşitliliğini önemli ölçüde şekillendirmektedir.

Bitkilerin arılar için sunduğu kaynaklar bakımından belirgin farklılıklar bulunmaktadır. Bazı türler yüksek kaliteli polen sağlayarak protein açısından zengin bir besin kaynağı oluştururken, diğerleri yüksek miktarda nektar üreterek bal verimini doğrudan destekler. Bunun yanı sıra bazı bitkiler hem polen hem de nektar bakımından zengin olup kolonilerin gelişimi için çift yönlü besin desteği sunmaktadır.

Uluslararası literatürde ak üçgül (*Trifolium repens*), özellikle Amerika Birleşik Devletleri'nin birçok eyaletinde başlıca bal bitkisi olarak tanımlanmakta ve yem bitkileri içinde en yüksek bal verim potansiyeline sahip türlerden biri olarak kabul edilmektedir. Adi yonca (*Medicago sativa*), korunga (*Onobrychis viciifolia*), ak ve kırmızı üçgül (*Trifolium incarnatum*, *T. pratense*), çayır üçgülü, taş yoncası (*Melilotus spp.*) ve gazel boynuzu gibi baklagil türleri hem nektar hem de polen üretimleriyle koloni beslenmesini destekleyen önemli kaynaklardır.

Buna karşılık çam ormanlarının bulunduğu alanlar, salgı balı üretimi açısından yüksek potansiyele sahip olmakla birlikte, bu ekosistemlerde polen kaynaklarının sınırlı olabilmesi kolonilerde dönemsel protein açığı oluşmasına neden olabilmektedir. Çayır ve mera alanları, yaylalar, meyve bahçeleri ile pamuk, ayçiçeği ve narenciye üretim alanları ise nektar ve polen kaynaklarının sürekliliği bakımından arılar için yüksek kaliteli bal üretimine elverişli ekolojik ortamlar sağlamaktadır (Genç ve Dodoloğlu, 2017).

2.1.4. Çiçeklenme Süresi ve Koloni Verimi

Çiçeklerin ömrü ve nektar salgı süresi, kolonilerin verim potansiyelini doğrudan etkilemektedir. Uzun süre çiçek açan ve sürekli nektar salgılayan

bitki türleri, koloni veriminde daha yüksek katkı sağlamaktadır. Örneğin funda ve söğüt gibi türler, birbirini izleyen uzun çiçeklenme dönemleri oluşturarak kolonilerin sezon boyunca yeterli besin toplamasına ve yüksek verim elde etmesine olanak tanımaktadır (Genç ve Dodoloğlu, 2017).

2.2. Ana Arı

Ana arı, sahip olduğu anatomik ve fizyolojik özellikleriyle kolonideki en önemli birey olarak kabul edilmektedir. Öyle ki, bir koloninin göstereceği performans ve verim, büyük ölçüde ana arının performansı ile özdeşleştirilebilir. Koloniler, en ileri arı yönetimi teknikleri ile yönetilseler bile, damızlık değeri düşük bir ana arıya sahip olmaları durumunda beklenen verim düzeyine ulaşamazlar (Genç, 1990).

Ana arının damızlık değerini belirleyen başlıca faktörler arasında ırkı, yaşı, çıkış ağırlığı, spermateka çapı ve depoladığı spermatozoa miktarı, ovariol sayısı, yetiştirildiği dönem ve koşulları ile anatomik herhangi bir kusurunun bulunup bulunmaması yer almaktadır. Bu özelliklerin tümü, ana arının kolonideki üretkenliğini ve genetik katkısını doğrudan etkilemektedir (Cengiz vd., 2019).

2.2.1. Ana Arının Koloni İçindeki Önemi

Bir arı kolonisi, ana arı, işçi arılar ve erkek arılar olmak üzere üç farklı bireyden oluşmaktadır. Ana arı, salgıladığı feromonlar sayesinde koloni birliğini ve düzenini sağlamak ve koloninin tüm kalıtsal özelliklerinden sorumlu olarak kolonideki en kritik birey konumundadır. Yeni nesillerin yetiştirilmesi, ana arının düzenli yumurtlamasıyla mümkün olmaktadır (Cengiz ve Arslan, 2023). İşçi arılar genetik yapılarının %50'sini ana arıdan alırken, erkek arılar tüm genetik materyalini ana arıdan almaktadır. İşçi arıların kalan %50'lik genetik yapısı ise, ana arıyla çiftleşen erkek arılardan gelir; ancak spermilerin spermatekasında depolanması ve kullanılması nedeniyle dolaylı olarak yine ana arının kontrolündedir (Cengiz ve Genç, 2023).

Kolonideki sosyal düzen ve çalışma disiplini, yalnızca fonksiyonlarını tam olarak yerine getirebilen bir ana arının varlığında mümkündür. Koloninin popülasyon gücü, çalışkanlığı, hastalıklara karşı duyarlılığı veya dayanıklılığı, iyi huyluluğu veya agresifliği, kışlama kapasitesi ve diğer pek çok özellik, ana arı ve onunla çiftleşen erkek arılarla doğrudan ilişkilidir. Dolayısıyla bir

koloninin genel performansı, büyük ölçüde ana arının damızlık değerini yansıtmaktadır.

2.2.2. Genotip ve Çevre Uyumu

Farklı genotiplerden yetiştirilen ana arıların damızlık değerleri birbirinden farklıdır. Ayrıca her ırkın yüksek performans gösterebileceği çevresel koşullar da değişiklik göstermektedir. Kolonilerden yüksek performans elde edebilmek için genotip-çevre uyumu sağlanmalıdır (Genç ve Dodoloğlu, 2017). Örneğin, bazı ırklar yüksek rakım ve soğuk iklim koşullarında yüksek performans gösterirken, diğerleri yağışlı ve nemli bölgelerde ya da sıcak sahil bölgelerinde daha verimli olabilmektedir (Cengiz ve Genç, 2023).

2.2.3. Ana Arı Yaşı ve Sperma Stoku

1982–1985 yılları arasında yürütülen uzun dönemli bir araştırmada, farklı yaşlardaki ana arıların sperma depolama kapasiteleri incelenmiş ve 0, 1, 2 ve 3 yaşlı ana arılarda sperma stoklarının sırasıyla 7.77, 7.63, 5.75 ve 2.08 milyon adet spermatozoa düzeyinde olduğu belirlenmiştir (Szabo ve Heikel, 1987). Bu sonuçlar, spermatekadaki sperm miktarının yaşa bağlı olarak düzenli bir düşüş gösterdiğini ve söz konusu azalmanın logaritmik bir eğilim izlediğini ortaya koymaktadır.

Diğer çalışmalar da ana arının fizyolojik durumu ile koloni performansı arasında yakın bir ilişki bulunduğunu desteklemektedir. Ana arının günlük yumurtlama kapasitesi ile koloni bal verimi arasında güçlü bir pozitif korelasyon ($r=0.70$) bildirilmiş; yine koloni popülasyonu ile bal üretimi arasında yüksek düzeyde pozitif ilişki ($r=0.93$) belirlenmiştir (Cale ve Rothenbuhler, 1984). Polonya’da gerçekleştirilen bir araştırmanın sonuçlarına göre, bir yaşındaki ana arıya sahip koloniler, iki yaşlı ana arıların bulunduğu kolonilere kıyasla %19–27 oranında daha yüksek bal üretimi gerçekleştirmektedir (Woyke, 1984). Benzer şekilde Genç (1992), kolonide bir yaşlı ana arı bulunmasının, iki yaşlı ana arılı kolonilere göre bal verimini yaklaşık %28 oranında artırdığını rapor etmektedir.

Erzurum’da yapılan bir araştırmada, 1, 2 ve 3 yaşlı ana arılara sahip kolonilerin bal verimleri sırasıyla 11,69; 8,38 ve 3,38 kg/koloni olarak bulunmuştur. Ayrıca ana arı yaşı ile yıl arasında bal verimi bakımından anlamlı bir etkileşim saptanmıştır. Genç ana arıların kullanıldığı yıllarda mevsim

koşullarının elverişli olmaması bile bal verimini yüksek tutabilmekte; yaşlı ana arılarla yapılan arıcılıkta ise mevsim koşulları verim üzerinde sınırlı etkiye sahip olmaktadır (Genç, 1992).

Genç ana arılar, yüksek miktarda yavru üretme kapasitesine sahiptir. Güçlü bir ana arı, bir sezon boyunca yaklaşık 200.000 yumurta bırakabilmektedir. Yaşlanan ana arılarda yumurtlama kapasitesi düşmekte, bu da kolonilerin veriminde azalmaya yol açmaktadır. Bu nedenle, göçer arıcılıkta ana arılar her yıl, sabit arıcılıkta ise iki yılda bir yenilenmektedir (Genç ve Dodoloğlu, 2017).

2.2.4. Ana Arı ve Koloni Verimliliği

Yaşlı veya verimden düşmüş ana arılara sahip koloniler daha fazla oğul verme eğilimi göstermektedir. Sadece genç ana arılarla çalışmak bile koloninin veriminde %30'a varan bir artış sağlayabilmektedir. Ana arı yetiştirmek için en uygun dönem, nektar ve polen kaynaklarının yeterli olduğu, erkek arıların bol bulunduğu ve iklim koşullarının istikrarlı seyrettiği dönemdir. Bu dönemde genç larvalardan yetiştirilen ana arılarda çıkış ağırlığı, ovariol sayısı, spermateka çapı ve spermatozoa stoku maksimum düzeyde olmaktadır (Genç ve Dodoloğlu, 2017).

Diğer tüm şartlar ideal olsa dahi, ana arısı yetersiz olan kolonilerin nektar döneminden beklenen yararı sağlaması ve yüksek verim elde etmesi mümkün değildir. Yaşlı, tam gelişmemiş, yeterli arı sütü alamamış, bakıcı işçi arı kadrosu yetersiz veya çiftleşmesini tamamlamamış ana arılara sahip koloniler, mer'ada verim sağlayamaz; çoğu zaman kış yiyeceklerini bile toplayamayarak açlıktan ölebilirler (Güler, 2017).

2.3. Hastalık Parazitler

Bal arıları, koloni adı verilen topluluklar halinde yaşayan sosyal böceklerdir. Diğer canlılarda olduğu gibi, bal arılarının da kendilerine özgü çeşitli hastalıkları, parazitleri ve zararlıları bulunmakta ve bunlardan kaynaklanan sağlık sorunları meydana gelmektedir. Bu hastalık etmenleri, kolonilerin verimliliği ile çalışma isteği ve arzusu üzerinde önemli etkiler gösterebilmektedir.

Arılarda görülen hastalıklar genellikle mikrobik kökenli olup, bunun yanında parazitler etmenlerden kaynaklanan hastalıklar da mevcuttur.

Parazitler, koloninin düzenini bozmakta ve bazı durumlarda koloninin tamamen çökmesine yol açabilmektedir. Arı hastalık ve parazitlerinin gelişimi, çeşitli çevresel ve yönetsel faktörlere bağlıdır ve kontrol altına alınmadığında arıcılığın gelişimini engelleyerek arıların gelir düzeyini olumsuz yönde etkilemektedir.

2.3.1. İklim ve Bitki Örtüsünün Hastalıklar Üzerindeki Etkisi

Bazen iklim ve buna bağlı olarak şekillenen bitki örtüsü, arı kolonilerinde bazı hastalıkların habercisi olabilmektedir. Olumsuz iklim koşulları, arıların normal uçuş yapmalarını engelleyerek polen yetersizliğine ve dolayısıyla protein açlığına yol açmaktadır. Arıların yetersiz protein tüketimi, hastalık etmenlerine karşı dirençlerini azaltmaktadır. Örneğin, geniş çamlık alanlarda uzun süre tutulan kolonilerde polen sıkıntısı nedeniyle yavru üretimi durmakta, nosema ve yavru üşmesi gibi sağlık sorunları ortaya çıkmaktadır (Genç ve Dodoloğlu, 2017).

2.3.2. Hastalık ve Zararlılarla Mücadele

Koloni verimliliğini ve ürün miktarını artırmanın en etkili yollarından biri, arı hastalık ve parazitleriyle mücadeledir. Bu mücadelenin en yaygın yöntemi ilaçlı uygulamalardır; ancak zaman zaman ilaçlı mücadele de yeterli sonuç vermemektedir. Bu nedenle, dünyanın ileri ülkelerinde arı genotiplerinin hastalıklara dayanıklı yeni hatlara dönüştürülmesi yönünde yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Örneğin, Amerikan yavru çürüklüğüne karşı seleksiyon yoluyla dayanıklı hatlar geliştirilmiş ve 15 nesil sonunda direnç %98'e kadar yükseltilmiştir (Genç, 1994).

Her genotipin kendine özgü bazı özellikleri mevcuttur. Örneğin; Esmer arılar akariyoz (*Acarapis woodi*) hastalığına duyarlı iken, İtalyan arıları bu hastalığa dayanıklıdır. Karniyol arısı yavru çürüklüğüne dirençli, ancak arı felcine karşı hassastır. Kafkas arısı, Nosema hastalığına (*Nosema apis* ve *Nosema cerana*) en duyarlı ırk olarak bilinmekte olup, benzer şekilde Anadolu arısı da Nosema'ya karşı hassastır (Genç, 1994).

2.3.3. Pupa Dönemi ve Varroa Paraziti

Arıların kuluçka dönemindeki pupa süresi yüksek kalıtım derecesine sahiptir. Pupa süresinin seleksiyon ve ıslah yoluyla kısaltılması çalışmalarına devam edilmektedir. Pupa döneminin kısaltılması, Varroa parazitinin üreme

katsayısını düşürerek parazitin koloniler üzerindeki olumsuz etkilerini büyük ölçüde azaltmaktadır.

2.3.4. Yasal Düzenlemeler ve Kontrol Eksiklikleri

Arı hastalık ve parazitlerinin kontrolünde devletin uyguladığı yasal düzenlemeler, devletin yaklaşımı ve laboratuvar altyapısı büyük önem taşımaktadır. Örneğin, 1980’li yıllarda ülkemizde yaşanan bal mumu sıkıntısı nedeniyle ithal edilen mumlar, kontrolsüz olarak kireç hastalığının ülkeye taşınmasına yol açmıştır. Ayrıca, depolanmış bal mumlarını ve petekleri mum güvesine karşı korumak amacıyla kullanılan naftalin, bal ürünlerinde yüksek oranda kalıntı bırakmaktadır (Güler, 2017).

Arıcılıkta bilinçsiz ve aşırı antibiyotik kullanımı, tarım ilacı kalıntıları ve ruhsatsız ilaç uygulamaları, hem arı hem de insan sağlığını tehdit etmekte ve ürünlerin ihracatını engellemektedir. Varroa paraziti, 1976 yılında Bulgaristan sınırından ülkemize girmiş ve kontrolsüz göçer arıcılık nedeniyle kısa sürede tüm ülkeye yayılmıştır. Varroa ile mücadelede kullanılan ilaçların %75’i korsan ve potansiyel olarak kanserojen olup, etkileri bala ve arıya bilinmemektedir (Genç ve Dodoloğlu, 2017).

2.3.5. Arıcı Eğitimi ve Bölgesel Laboratuvar İhtiyacı

Devlet bünyesinde, bulaşıcı ve tehlikeli hastalıklarla mücadele edecek yeterli laboratuvar ve denetim mekanizmaları mevcut değildir. Arıcılar bu konuda çoğu zaman bireysel olarak hareket etmekte ve sahipsiz kalmaktadırlar. Arıcılıkla ilgili hemen her sorunun çözümünde en kritik unsur, arıcının bilgi ve becerisidir. Arıcıların eğitimi, hastalık ve parazitlerle mücadelede en etkili yöntem olup, modern laboratuvar veya ilaçlardan daha yüksek bir başarı sağlayabilmektedir.

2.4. Devlet Politikası

Devletin yatırım, kredilendirme, ihracat, destekleme alımları ve çiftçi eğitim politikaları kapsamında arıcılığa ayrılan yer, hem arıcılar hem de ülke arıcılığı açısından büyük önem taşımaktadır.

Arıcılığın ülke düzeyinde devlet teşviki ve desteği alması, arıcıların bilinçlenmesini sağlamaktadır. Bu durum, kolonilerin daha iyi bakım ve besleme koşullarına kavuşmasına, koloni performansının artmasına ve koloni

başına elde edilen kazancın yükselmesine olanak tanımaktadır. Ülkemizde bazı tarım ürünlerine devlet tarafından taban fiyat uygulamaları yapılmakta, destekleme alımları gerçekleştirilmektedir ve bazı tarımsal girdiler için sübvansiyonlar sağlanmaktadır. Arıcılık ve arıcılık girdilerinin bu tür destekleme ve teşvik uygulamalarına dahil edilmesi, arıcılığı dolaylı yoldan teşvik edecek ve sektörün gelişimini destekleyecektir.

2.4.1. Devlet Teşvikleri ve Arıcılık Yatırımları

Bazı ülkelerde uygulandığı gibi, arıcılıktan elde edilen ürünlerin ihracatında sağlanan teşviklerin ülkemizde de uygulanması, tarımsal yatırımlar içerisinde arıcılığa öncelik verilmesi ve arıcılıkla ilgili araştırmaların finansmanının sağlanması, arıcılığı teşvik edici önemli faktörlerdir. Ayrıca, arıcılara kovan yapımı için kereste tahsis edilmesi, göçer arıcılığın desteklenmesi ve arıcılıkla ilişkili kültür bitkilerinin tarımının teşvik edilmesine yönelik yasal düzenlemeler, koloni performansının artmasına ve arıcılığın gelişmesine doğrudan katkı sağlamaktadır.

2.4.2. Arıcılık Eğitimi ve Teknik Personel Yetiştirme

Ülkemizde arıcılara ve teknik elemanlara yönelik iki tür eğitim gerçekleştirilmektedir. Çiftçilere yönelik eğitim, daha çok Tarım ve Köyişleri Bakanlığı merkez ve taşra teşkilatındaki ziraat mühendisleri ve ziraat teknisyenleri aracılığıyla yürütülmektedir. Üniversitelerin bu alandaki faaliyetleri ise oldukça sınırlıdır. Bununla birlikte, tarım teşkilatı tarafından sağlanan arıcılık eğitimi, arzu edilen düzeyde etkinlik göstermemektedir.

Arıcıların, bal arılarının biyolojik, fizyolojik, anatomik ve morfolojik özellikleri bakımından diğer çiftlik hayvanlarından farklılık gösterdiğini anlamaları, ancak yoğun ve kaliteli eğitim programları ile mümkün olabilmektedir. Bu tür eğitim programları, arıcılara modern arı yönetimi tekniklerini kazandırmakta ve uygulama becerilerini geliştirmektedir. Ancak bu sonuçların elde edilebilmesi için öncelikle eğitimcilerin eğitimi büyük önem taşımaktadır. Teknik eleman yetiştirilmesi günümüzde Tarım Meslek Liseleri ve üniversiteler tarafından gerçekleştirilmektedir. Bununla birlikte, mevcut eğitim yöntemleri istenilen düzeyde ve etkinlikte değildir; bu durum arıcılık sektöründe bilgi ve beceri eksikliğine yol açmaktadır.

2.5. Arıcı

Bir koloninin ortaya koyduğu performans, temel olarak çevresel koşullar ve arıcının doğrudan müdahalesine bağlıdır. İklim ve bitki örtüsü seçimi gibi faktörlerin de arıcının inisiyatifinde olması göz önüne alındığında, koloni verimliliği büyük ölçüde arıcının bilgi, beceri ve uygulamalarına bağlı bir durum olarak değerlendirilebilir. Arıcının genel eğitim düzeyi, özel arıcılık eğitimi alıp almaması, yaşı, sağlık durumu ve arıcılık deneyimi gibi faktörler, arı ailelerinin verimlerinin belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır.

Arıcılık, yılın belirli dönemlerinde çeşitli yatırımlar ve harcamalar yapılmasını gerektiren bir faaliyet alanıdır. Yaşlanmış ana arıların ve eski kovanların yenilenmesi, ilaçlama, yemleme ve arı nakilleri önemli bir sermaye gerektirmektedir. Geçim sıkıntısı içinde olan bireylerin kolonilerin bu tür ihtiyaçlarını yeterince karşılaması beklenemez. Benzer şekilde, arıcılık tecrübesi olmayan gençler veya sağlık durumu zayıf yaşlı bireylerin başarılı olmaları da güçtür.

Başarılı bir arıcı, sürekli olarak sebep-sonuç ilişkilerini analiz eden, araştıran ve gözlemleyen bir kişi olmalıdır. Üniversite eğitimi almak tek başına iyi bir arıcı olmak için ne gerekli ne de yeterlidir; arıcılıkla ilgili özel eğitim ve uygulamalı bilgi çok daha kritik bir rol oynamaktadır. Kendini yetiştirmiş ve eğitim programlarına katılmış arıcılar, göçer arıcılığın gerekliliklerini bilir, genç ana arının önemini kavrar, arılarını zengin nektar ve polen kaynaklarına taşır ve kolonilerine bilinçli bakım uygularlar.

Tecrübeli arıcılar, yöresindeki nektar akımının sınırlarını belirleyerek kolonilerini bu döneme en iyi şekilde hazırlar, balını süzme bal olarak pazarlayabilir ve örülmüş eski petekleri tekrar kullanabilir. Ayrıca, arı hastalık ve parazitlerine karşı etkili önlemler alır. Buna karşılık, arıcılık eğitimi almamış ve sektöre yabancı kişiler için bu uygulamaları gerçekleştirmek mümkün değildir; başarıları tamamen şansa ve mer'anın kapasitesine bağlıdır.

3. ANA ARININ PERFORMANSINA ETKİ EDEN YETİŞTİRME FAKTÖRLERİ

3.1. Aşılana Larvanın Yaşının Etkisi

Ana arı yetiştiriciliğinde damızlık materyalin niteliği kadar, üretim sürecinde etkili olan biyolojik ve çevresel faktörler de yetiştirilen ana arının

fizyolojik kapasitesini belirleyen kritik unsurlardır. Bu kapsamda, larva transferi için seçilen larvanın yaşı, besleyici kolonilerin gücü ile iklim ve bitki örtüsü gibi ekolojik koşullar, ana arı kalitesini doğrudan şekillendiren temel değişkenler arasında yer almaktadır. Mevcut araştırmalar, transfer edilen larva yaşının küçülmesiyle birlikte ana arının canlı ağırlığının yükseldiğini; ovariol sayısı, spermateka hacmi ve depolanan sperm miktarının arttığını ortaya koymakta ve bu parametrelerdeki artışın ana arı kalitesinin önemli bir göstergesi olduğunu bildirmektedir (Cengiz ve Arslan, 2023).

Bu nedenle yüksek kaliteli ana arı üretimi için mümkün olduğunca genç larvaların transfer edilmesi önerilmektedir. Nitekim 3–4 günlük larvalardan yetiştirilen ana arılar, genellikle daha düşük vücut ağırlığına sahip olmakta; ovariol sayısı, spermateka hacmi ve sperm depolama kapasitesi bakımından yetersiz kalmaktadır. Bu durum, yetiştirilen ana arının koloni içinde istenen performansı sergileyememesine yol açmakta; hatta genetik açıdan üstün bir ana arı bile fizyolojik açıdan zayıf yetiştirildiğinde koloninin genetik potansiyelini aktaramamakta ve işçi arılar tarafından kısa sürede yenilenmektedir (Dodoloğlu ve Genç, 2003).

Larva yaşının ana arı kalitesi üzerindeki etkisini inceleyen çalışmalar, çıkış ağırlığı, vücut ağırlığı ve yumurtlama performansı arasında güçlü ilişkiler bulunduğunu göstermektedir. Özellikle çıkış ağırlığı ile yumurtalık ağırlığı arasında doğrusal ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilmiş; yüksek çıkış ağırlığına sahip ana arıların, daha düşük ağırlıklı ana arılara kıyasla yaklaşık %40 oranında daha fazla yavru ürettiği belirlenmiştir. Bu nedenle çıkış ağırlığı, ana arı yetiştiriciliğinde güvenilir bir seleksiyon kriteri olarak önerilmektedir (Genç vd., 2005; Cengiz ve Arslan, 2023).

3.2. Yetiştirme Yönteminin Etkisi

Ticari ana arı üretiminde en yaygın olarak kullanılan yöntem, Doolittle tarafından geliştirilen larva transferi (grafting) tekniğidir. Bu yöntemde ana arısı bulunmayan güçlü kolonilere, damızlık kolonilerden alınan bir günlük larvalar (genellikle 30–45 adet) aktarılmakta ve bu koloniler tarafından yetiştirilen ana arıların, bölme veya doğal yöntemlerle elde edilen ana arılara kıyasla daha yüksek fizyolojik kaliteye sahip olduğu bildirilmektedir (Dodoloğlu ve Genç, 2003). Larva transferinin sağladığı temel avantajlar arasında, damızlık kolonilerin seçilebilmesi sayesinde genetik ilerlemenin

sürdürülebilir hâle gelmesi ve larva yaşının kontrol edilebilmesi yer almaktadır. Bu iki unsur, yüksek verimli ana arı üretimi için kritik öneme sahiptir.

Larva transferi sırasında uygulanan ek işlemler de ana arı kalitesini belirgin biçimde etkilemektedir. Özellikle transfer öncesinde yüksüklere 1:1 oranında seyreltilmiş arı sütü verilmesi, larvaların beslenmesini iyileştirerek hem aşılama başarısını artırmakta hem de yetiştirilen ana arıların fizyolojik özelliklerini güçlendirmektedir. Çukurova Üniversitesi'nde 1986 yılında gerçekleştirilen bir çalışmada; arı sütü ilavesi yapılan, su ilavesi yapılan ve kuru yöntemle gerçekleştirilen üç farklı uygulamanın sonuçları karşılaştırılmıştır. Buna göre aşılama başarı oranları sırasıyla %68, %58 ve %58; ana arı memesi uzunlukları 23.25 mm, 20.63 mm ve 21.75 mm; spermateka çapları 1.45 mm, 1.33 mm ve 1.37 mm; yumurtlama öncesi süre ise 10.36 gün, 11.82 gün ve 12.27 gün olarak ölçülmüştür. Arı sütü ilavesinin larva kurumasını önlediği, besin değerini artırdığı ve yetiştirilen ana arının genel biyolojik kalitesini iyileştirdiği ifade edilmektedir (Kaftanoğlu vd., 1992).

3.3. Besleyici Kolonilerin Gücü ve Kondisyonu

Ana arı yetiştiriciliğinde kaliteyi belirleyen başlıca unsurlardan biri de larva transferinin yapıldığı besleyici kolonilerin güç ve fizyolojik durumudur. Arı sütü salgılayan genç işçi arıların yoğun olarak bulunduğu, güçlü ve sağlıklı kolonilerde aşılama başarısı yüksek olmakta; bu kolonilerde yetiştirilen ana arılar daha yüksek canlı ağırlığa, daha iyi gelişmiş üreme organlarına ve üstün performans özelliklerine sahip olmaktadır. Buna karşılık yaşlı işçilerin baskın olduğu, uzun süre ana arısız kalmış veya hastalık nedeniyle zayıflamış kolonilerde yapılan larva transferlerinde başarı oranı belirgin biçimde düşmekte; yetiştirilen ana arıların vücut ölçüleri küçülmekte ve fizyolojik kapasiteleri yetersiz kalmaktadır. Bu durum özellikle yüksek hacimli ticari ana arı üretimi yapan işletmelerde sık karşılaşılan bir sorun olarak bildirilmektedir (Dodoloğlu ve Genç, 2003).

3.4. Transfer Edilen Larva Sayısının Etkisi

Başlangıç ve besleyici kolonilerin ne kadar güçlü olursa olsun, bu kolonilere tek seferde aktarılacak larva sayısı belirli bir sınırın üzerinde olmamalıdır. Uygulamada, bir defada 30–45 adet, en fazla ise 60 adet larva transferi önerilmektedir. Transfer edilen larva sayısının artması, koloninin

larvaları yeterli düzeyde besleme kapasitesini aşarak aşılama başarısında düşüşe yol açmakta; buna bağlı olarak ana arı yüksüklerinin uzunluğu, ana arıların canlı ağırlığı ve genel kalite parametreleri olumsuz etkilenmektedir. Dolayısıyla yüksek başarı oranı ve kaliteli ana arı üretimi için, başlangıç kolonilerine 4 günlük aralıklarla 30–45 larvalık partiler hâlinde aşılama yapılması uygun bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir (Emsen vd., 2003).

3.5. Yetiştirme Mevsiminin Etkisi

Ana arı üretimi yıl boyunca gerçekleştirilebilmekle birlikte, erkek arı üretimi ilkbahar döneminde, özellikle Mart-Nisan aylarında başlamaktadır. Nisan-Mayıs aylarında kolonilerdeki erkek arı sayısı maksimum düzeye ulaşırken, daha sonraki aylarda azalmaya başlamakta ve Eylül-Ekim aylarında kolonilerde çok az sayıda erkek arı bulunmaktadır.

Bu nedenle, ana arı yetiştiriciliği bölgesel koşullara bağlı olarak en erken Nisan, Mayıs veya Haziran aylarında yapılmalıdır. Böylece çiftleşme uçuşuna çıkan ana arılar, yeterli sayıda yerli erkek arı ile çiftleşme olanağı bulabilecektir. Erken ilkbaharda yetiştirilen ana arılar yeterli erkek arı ile çiftleşemediklerinde kısa sürede döllenmemiş yumurta bırakma oranı artmakta, koloni performansı düşmekte ve işçi arılar ana arıyı değiştirerek öldürmek zorunda kalmaktadır.

Doğal olarak en kaliteli ana arılar, nektar ve polen girdisinin en fazla, koloni gelişmesinin en yüksek olduğu oğul verme mevsiminde yetiştirilebilmektedir. Çukurova Bölgesi'nde yapılan bir çalışmada, Nisan-Eylül ayları arasında ana arı yetiştirilebileceği, ancak aşılama randımanı ve çiftleşme oranının yüksek, yumurtlama öncesi sürenin kısa olması nedeniyle Nisan-Mayıs aylarında ticari ana arı yetiştiriciliğinin daha ekonomik ve randımanlı olduğu ortaya konmuştur (Kaftanoğlu vd., 1992).

Haziran-Ağustos ayları arasında ise yüksek hava sıcaklığı, nektar ve polen sağlayan çiçeklerin azalması ve bölgede yeterli sayıda erkek arı bulunmaması nedeniyle, bu dönemde yetiştirilen ana arıların canlı ağırlığı, spermateka çapı ve hacmi azalmakta, spermatekadaki sperm sayısı düşük olmaktadır.

Ana arı yetiştiriciliği, nektar ve polen üretiminin en fazla, erkek arı popülasyonunun en yoğun olduğu dönemlerde yapılmalı veya ana arı

yetiştirilen koloniler sürekli olarak şurup ve proteince zengin ek yemlerle desteklenmelidir.

3.6. Erkek Arı Populasyonunun Etkisi

Ana arılar erginleşmelerinden 8–10 gün sonra çiftleşme uçuşuna çıkar ve havada uçarken genellikle 8–10 erkek arı ile çiftleşirler. Çiftleşmenin kontrol altında tutulabilmesi ve kaliteli ana arı yetiştirilebilmesi için izole edilmiş alanların seçilmesi büyük önem taşımaktadır. Ana arı yetiştiriciliği yapılan bölgede, yeterli sayıda erkek arı üretecek güçlü damızlık kolonilerin bulunması gerekmektedir (Güler, 2017).

Eğer ana arı üretimi yapılan bölgede yeterli damızlık koloni yoksa veya bölgede aşırı sayıda ana arı yetiştiriliyorsa, her bir ana arının çiftleşeceği erkek arı sayısı azalacak ve bunun sonucu olarak yetiştirilen ana arıların performansı düşecektir. Ayrıca, bölgede veya yakın çevrede düşük bal verimi, agresif davranış veya fazla oğul verme eğilimi gibi istenmeyen özelliklere sahip koloniler bulunuyorsa, bu kolonilerden gelecek erkek arılarla çiftleşen ana arılar, kolonilerinde performans kaybına yol açacaktır. Bu nedenle, ana arı yetiştiriciliği yapılan bölgelerde diğer kolonilerin bulunmaması sağlanmalı; mevcut ise bu koloniler alan dışına taşınmalıdır.

3.7. Ana Arı Yaşının Etkisi

Ana arı kalitesi ve performansını etkileyen en önemli faktörlerden biri ana arının yaşıdır. Genç ana arılar, yaşlı ana arılara kıyasla daha yüksek yumurtlama kapasitesine ve döllenmiş yumurta bırakma oranına sahiptir. Yaşlı ana arılarda yumurtlama hızı düşmekte ve döllenmemiş yumurta oranı artmaktadır; bunun sonucu olarak koloninin populasyon artış hızı azalmakta, işçi arı sayısı düşmekte ve erkek arı sayısı artmaktadır. Bu durum, gelişmesi yetersiz kolonilerin nektar akımından etkin şekilde yararlanamamasına, bal veriminin düşmesine ve kış mevsimine zayıf bir populasyonla girmesine yol açmakta, dolayısıyla kış kayıpları artmaktadır.

Yapılan çalışmalarda, ana arıların kolonilerde en fazla iki yıl tutulabileceği, üçüncü yıldan itibaren ana arının yaşama gücü ve koloninin gelişme hızının belirgin biçimde azaldığı bildirilmektedir.

Sonuç olarak Türkiye, doğal florası, uygun ekolojisi ve genetik çeşitliliği ile büyük bir arıcılık potansiyeline sahiptir. Bölgesel arı populasyonlarının

özellikleri belirlenmeli ve kısa sürede verim yönünden ıslah çalışmaları başlatılmalıdır. Verimleri kanıtlanmış soy kütükleri belirlenen damızlık koloniler, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı'na bağlı Tarım İşletmeleri Müdürlüklerinde korunmalı ve genetik yapıların bozulması önlenmelidir.

Kontrollü koşullarda yetiştirilen ve izole bölgelerde çiftleştirilen damızlık ana arılar, ana arı üreticilerine dağıtılmalı ve damızlık ihtiyaçları karşılanmalıdır. Böylece ana arı üreticileri kaliteli ve yüksek verimli kolonilerden ana arılar elde edebilecek, arıcılar ise güvenilir ve verimli ana arı satın alma olanağına kavuşacaktır.

Ana arı yetiştiriciliği, bilgi ve özen gerektiren bir üretim koludur. Üstün verimli ve sağlıklı ana arılar yetiştirilerek bal üretiminin artırılabilmesi için ana arı üretiminin desteklenmesi; desteklenen yetiştiricilerin ise ana arı kalitesi ve arı sağlığı açısından düzenli olarak kontrol edilmesi gerekmektedir.

SONUÇ

Arıcılık, hem ekonomik hem de ekolojik açıdan büyük öneme sahip bir tarımsal faaliyettir. Türkiye, zengin doğal florası, uygun ekolojisi ve genetik çeşitliliği ile arıcılık potansiyeli yüksek bir ülkedir. Ancak kolonilerin verimliliği yalnızca çevresel faktörlere bağlı olmayıp, büyük ölçüde arıcının bilgi ve deneyimine, ana arının kalitesine ve koloni yönetimine bağlıdır.

Ana arının yaşı, genotipi, çıkış ağırlığı, spermateka kapasitesi ve yumurtlama hızı, koloni performansının belirlenmesinde kritik rol oynamaktadır. Genç ve kaliteli ana arılar kolonilerin popülasyon gücünü, kuluçka faaliyetlerini, bal üretimini ve kışlama başarılarını doğrudan artırmaktadır. Ayrıca, larva transferi, besleme kolonilerinin gücü, çiftleşme koşulları ve izole bölgelerde yetiştirilen damızlık ana arılar gibi uygulamalar, ana arı kalitesi ve performansını iyileştirmede etkin yöntemlerdir.

Arı hastalık ve parazitleri, koloni verimliliğini olumsuz etkileyen diğer önemli faktörlerdir. Bu nedenle hastalık ve parazitlerle mücadele, genetik dayanıklılık ve modern arı yönetimi tekniklerinin birlikte uygulanması gerekmektedir. Arıcılığın sürdürülebilirliği ve koloni performansının artırılması, yalnızca bireysel arıcı çabalarına değil, devletin eğitim, destekleme ve kontrol mekanizmalarına da bağlıdır.

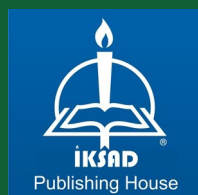
Sonuç olarak, Türkiye'de arıcılığın gelişmesi ve kolonilerden yüksek verim alınabilmesi için, kaliteli ana arı üretiminin desteklenmesi, arıcıların

modern arı yönetimi konusunda eğitilmesi, genetik kaynakların korunması ve arı sağlığı kontrollerinin etkin bir şekilde yürütülmesi gerekmektedir. Bu bütüncül yaklaşım, hem verimliliği artıracak hem de ülke arıcılığının ulusal ve uluslararası pazarlarda rekabet gücünü güçlendirecektir.

KAYNAKLAR

- Cengiz, M., Yazıcı, K., Arslan, S. (2019). The effect of supplemental feeding of queen rearing colonies on the reproductive characteristics of queen bees (*Apis mellifera* L.) reared from egg and different age of larvae. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 25(6).
- Cengiz, M. M., Arslan, S. (2023). Türkiye'de yetiştirilen ana arıların fiziksel kalite kriterleri ve Türkiye arıcılığı için önemi. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 23(2), 296–306.
- Cengiz, M. M., Genç, M. (2023). Honeybee breeding. In *Current Issues in Agriculture* (Vol. 49). İKSAD Yayınevi.
- Dodoloğlu, A., Genç, F. (2003). Comparison of some features of queens reared from different honeybee (*Apis mellifera* L.) genotypes. *Journal of Applied Animal Research*, 24(1), 105–109.
- Emsen, B., Dodoloğlu, A., Genç, F. (2003). Effect of larvae age and grafting method on larval acceptance rate and height of sealed queen cell (*Apis mellifera* L.). *Journal of Applied Animal Research*, 24, 201–206.
- Genç, F. (1990). Bal arılarında koloni performansını etkileyen faktörler. *Teknik Arıcılık*, 27, 18–26.
- Genç, F. (1992). Bal arısı (*Apis mellifera* L.) kolonilerinde farklı yaşta ana arı kullanımının koloni performansına etkileri. In *Doğu Anadolu Bölgesi I. Arıcılık Semineri Bildirileri* (pp. 76–95). Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi.
- Genç, F. (1994). *Arıcılığın temel esasları* (Ders notu). Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 166.
- Genç, F., Dodoloğlu, A. (2011). *Arıcılığın temel esasları*. Atatürk Üniversitesi Yayınları No: 931, Ziraat Fakültesi Yayınları No: 341.
- Genç, F., Dodoloğlu, A. (2011). Biological diversity in beekeeping in Turkey and the Anatolian bee (*Apis mellifera anatoliaca*). In *2nd Beekeeping Conference Israel–Turkey Abstracts*.
- Genç, F., Dodoloğlu, A. (2017). *Arıcılığın temel esasları*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 341.
- Genç, F., Emsen, B., Dodoloğlu, A. (2005). Effects of rearing period and grafting method on queen bee rearing. *Journal of Applied Animal Research*, 27(1), 45–48.

- Genç, F., Kaftanoğlu, O. (1996). Determination of a suitable wintering method for honeybee (*Apis mellifera* L.) colonies in cold climates. *Apiacta*, 31(4), 116–122.
- Güler, A. (2017). *Bal arısı (Apis mellifera L.) yetiştiriciliği, hastalıkları ve ürünleri*. Bereket Akademi Yayınları.
- Kaftanoğlu, O., Kumova, U., Yeninar, H. (1992). Ana arı yetiştiriciliğinin önemi ve ana arı kalitesini etkileyen faktörler. In *Doğu Anadolu Bölgesi I. Arıcılık Semineri Bildirileri* (pp. 48–60). Atatürk Üniversitesi.
- Koeniger, N., Koeniger, G., Gries, M., Tingek, S. (2005). Drone competition at drone congregation areas in four *Apis* species. *Apidologie*, 36(2), 211–221.
- Root, A. I. (1983). *ABC and XYZ of bee culture*. The A. I. Root Company.
- Szabo, T. I., Heikel, D. T. (1987). Numbers of spermatozoa in spermathecae of queens aged 0–3 years reared in Beaverlodge, Alberta. *Apicultural Abstracts*, 40(1), 156/89.
- Winston, M. L. (1993). The honey bee colony: Life history. In *The Hive and the Honey Bee* (pp. 73–101). Dadant and Sons.
- Woyke, J. (1984). Correlations and interactions between populations, length of worker life and honey production by honey bees in temperate regions. *Journal of Apicultural Research*, 23(3), 148–156.



ISBN: 978-625-378-411-9