



ZİRAAT VE TEMEL BİLİMLER ALANINDA SÜRDÜRÜLEBİLİR YAKLAŞIMLAR

II

EDİTÖRLER

PROF. DR. BÜNYAMİN SÖĞÜT

PROF. DR. TUGAY AYAŞAN

PROF. DR. HAKAN İNCİ



ZİRAAT VE TEMEL BİLİMLER ALANINDA SÜRDÜRÜLEBİLİR YAKLAŞIMLAR II

EDİTÖR

Prof. Dr. Bünyamin SÖĞÜT

Prof. Dr. Tugay AYAŞAN

Prof. Dr. Hakan İNCİ

YAZARLAR

Prof. Dr. Bünyamin SÖĞÜT

Prof. Dr. Hakan İNCİ

Prof. Dr. Sermin AKINCI

Associate Professor (Acting). Kushvar MAMMADOVA

Dr. Öğr. Üyesi Gökhan GÖKÇE

Dr. Öğr. Üyesi Günnur PEŞMEN

Dr. Öğr. Üyesi Hava Şeyma İNCİ

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet İLKAYA

Dr. Öğr. Üyesi Nurcan DEDEOĞLU

Dr. Öğr. Üyesi Pırıl TEKİN

Dr. Öğr. Üyesi Semiramis KARLIDAĞ

Dr. Öğr. Üyesi Mevhibe TERKURAN

Öğr. Gör. Zeynep ASUTAY

Öğr. Gör. Sinan ERDEM

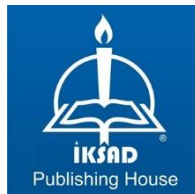
Ecz. Süheyl TUĞ

Ecz. Öğrn Esmâ TUĞ

Dilek TAŞKIRAN

Emre GÜLTEKİN

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14031396>



Copyright © 2024 by iksad publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed
or transmitted in any form or by
any means, including photocopying, recording or other electronic or
mechanical methods, without the prior written permission of the publisher,
except in the case of
brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial
uses permitted by copyright law. Institution of Economic Development and
Social
Researches Publications®
(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)
TÜRKİYE TR: +90 342 606 06 75
USA: +1 631 685 0 853
E mail: iksadyayinevi@gmail.com
www.iksadyayinevi.com

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.
Iksad Publications – 2024©

ISBN: 978-625-367-878-4
Cover Design: İbrahim KAYA
November / 2024
Ankara / Türkiye
Size = 16 x 24 cm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....1

BÖLÜM 1

GIDA GÜVENLİĞİ ALANINDA KULLANILAN YAPAY ZEKA UYGULAMALARI ÜZERİNE BİBLİYOMETRİK BİR DEĞERLENDİRME

Dilek TAŞKIRAN

Dr.Öğr. Üyesi Mevhibe TERKURAN.....3

BÖLÜM 2

ÜRETİMDEN TÜKETİME GIDA ÜRÜNLERİNDE EKONOMİK TÜKETİM DÖNGÜSÜ VE ÜRÜNLERİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ

Dr. Öğr. Üyesi Pırıl TEKİN.....35

BÖLÜM 3

ZİRAİ ÜRÜNLERİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİNİN SAĞLANMASI VE ZİRAİ SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİN GELİR YÖNETİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

Dr. Öğr. Üyesi Pırıl TEKİN

Dr. Öğr. Üyesi Nurcan DEDEOĞLU.....57

BÖLÜM 4

YOSUN(ALG) EKSTRAKTI VE ARITMA ÇAMURLARININ GELENEKSEL SEBZE VE ORGANİK SEBZE TARIMINDA KULLANIMI

Emre GÜLTEKİN.....81

BÖLÜM 5

KIRMIZIBİBERDE NİKEL (Ni) UYGULAMASININ BİTKİNİN BAZI MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Dr. Öğr. Üyesi Hava Şeyma İNCİ

Prof. Dr. Sermin AKINCI.....99

BÖLÜM 6

BAL ARILARINDA BESLENME VE BİYOLOJİK GELİŞİM EVRELERİ

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet İLKAYA

Öğr. Gör. Zeynep ASUTAY

Prof. Dr. Bünyamin SÖĞÜT.....119

BÖLÜM 7

MANDALARDA ÇEVRE VE DAVRANIŞ İLİŞKİSİ

Dr. Öğr. Üyesi Gökhan GÖKÇE.....137

BÖLÜM 8

KOLOSTRUM

Dr. Öğr. Üyesi Günnur PEŞMEN.....169

BÖLÜM 9

SÜPERKRİTİK KARBONDİOKSİT (SC-CO 2) EKSTRAKSİYONU YÖNTEMİ İLE ARI ÜRÜNLERİNİN VE BAZI AROMATİK BİTKİLERİN FENOLİK PROFİLLERİNİN BELİRLENME SÜREÇLERİ

Prof. Dr. Hakan İNCİ

Öğrt. Gör. Sinan ERDEM

Ecz. Süheyl TUĞ

Ecz. Öğrn Esmâ TUĞ.....209

BÖLÜM 10

BÖCEK SİSTEMATİĞİNDE BAL ARILARININ YERİ

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet İLKAYA

Öğr. Gör. Zeynep ASUTAY

Prof. Dr. Bünyamin SÖĞÜT.....235

CHAPTER11

CONTROL METHODS OF THE GREATER WAX MOTH,

Galleria mellonella L.

Assist. Prof. Dr. Semiramis KARLIDAĞ.....253

CHAPTER 12

FOOD SECURITY AND CLIMATE CHANGE

Associate Professor (acting). Kushvar MAMMADOVA.....285

ÖNSÖZ

Kitabımızda, Ziraat ve Temel Bilimler Alanında Sürdürülebilir Yaklaşımlar anlatılmaya çalışılmıştır. Kitapta ; Gıda Güvenliği Alanında Kullanılan Yapay Zeka Uygulamaları Üzerine Bibliyometrik Bir Değerlendirme, Zirai Ürünlerin Sürdürülebilirliğinin Sağlanması ve Zirai Sürdürülebilirliğin Gelir Yönetimi Üzerine Etkisi, Yosun(Alg) Ekstraktı Ve Arıtma Çamurlarının Geleneksel Sebze Ve Organik Sebze Tarımında Kullanımı, Kırmızı biberde Nikel (Ni) Uygulamasının Bitkinin Bazı Morfolojik Özellikleri Üzerine Etkisi, Bal Arılarında Beslenme ve Biyolojik Gelişim Evreleri, Mandalarda Çevre Ve Davranış İlişkisi), Kolostrum, Süperkritik Karbondioksit (Sc-Co 2) Ekstraksiyonu Yöntemi İle Arı Ürünlerinin ve Bazı Aromatik Bitkilerin Fenolik Profillerinin Belirlenme Süreçleri, Böcek Sistematiğinde Bal Arılarının Yeri, Control Methods of The Greater Wax Moth, Galleria Mellonella L., Food Security And Climate Change, olmak üzere 22 akademisyen tarafından kaleme alınan toplam 12 bölüm yer almaktadır.

Bu kitap, güncel konuları kapsayacak detaylı bir şekilde hazırlanmış ve belli bir emeğin karşılığında sizlere sunulmuştur. Bu kitabın bilim dünyasına katkısının önemli olacağı noktasından hareket ederek, herkese faydalı olmasını temenni ediyoruz.

Saygılarımızla

Prof. Dr. Bünyamin SÖĞÜT
Prof. Dr. Tugay AYAŞAN
Prof. Dr. Hakan İNCİ

BÖLÜM 1

GIDA GÜVENLİĞİ ALANINDA KULLANILAN YAPAY ZEKA UYGULAMALARI ÜZERİNE BİBLİYOMETRİK BİR DEĞERLENDİRME

Dilek TAŞKIRAN¹, Dr. Öğr. Üyesi Mevhibe TERKURAN^{2*}

¹ Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye, Türkiye: dilektskrn01@gmail.com, ORCID ID: 0009-0000-2877-9181.

² **Sorumlu yazar*; Mevhibe Terkuran (Dr. Öğr. Üyesi). Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye, Türkiye: mevhibeterkuran@korkutata.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-3150-459X.

1. GİRİŞ

Gıda güvenliği, tarladan sofraya kadar olan süreçte, gıdaların güvenli, sağlıklı ve besleyici olmasını sağlamak amacıyla alınan önlemleri ifade eder (WHO, 2022). Bu süreçte yapay zeka teknolojileri, gıda güvenliğini artırmada önemli bir rol oynamaktadır. Gıda üretimi, işlenmesi, dağıtımı ve tüketimi aşamalarında yapay zekanın sunduğu çözümler, gıda güvenliği risklerini minimize etmeye yardımcı olmaktadır. Hassas tarım uygulamaları, gıda işleme ve ambalajlama süreçleri, dağıtım ve tedarik zinciri yönetimi gibi birçok alanda yapay zeka teknolojisinin kullanımı, gıda güvenliğini artırmakta ve insan sağlığını korumaktadır (Çuhadar ve Demiray, 2022). Buna rağmen, bu teknolojilerin etkin bir şekilde kullanılabilmesi için doğru veri altyapısının oluşturulması ve bu sistemlerin düzenli olarak güncellenmesi gerekmektedir. Yani sürekli veri girişi, çeşitli araştırmalar yapılarak sürekli bir yenileme ve iyileştirme çalışmaları yapılması gerekmektedir (Frank, 2021).

Yapay zeka teknolojileri gıda verimini, kalitesini ve besin değerini iyileştirmek için kaynak tüketimini azaltırken güvenliği ve izlenebilirliği artırmak ve gıda israfını ortadan kaldırmak için güçlü çözümler oluşturmuştur. Bu çalışmada, bibliyometrik analiz yöntemini ile “artificial intelligence” (yapay zeka) ve “food safety” (gıda güvenliği) anahtar kelimeleri kullanılarak, 1993 yılından 2024 yılına kadar bu alanlarda hangi bilim insanlarının çalışmalar yaptığı, daha çok hangi temalar veya ülkeler üzerinde yoğunlaştığı, ülkemizde bu alanda çalışma yapılıp yapılmadığı, hangi temalar veya ülkelerde eksikliğin olduğunu analiz etmek amaçlanmıştır. “Web of Science” veri tabanı ve “Vosviewer” uygulaması kullanılarak gıda güvenliğinde yapay zekaya ilişkin derinlemesine niceliksel ve sistematik bir inceleme gerçekleştirilmiştir. Araştırma sürecinde aynı zamanda yapay zekanın çeşitli alanlarda gıda güvenliği yönetimine katkıları, makine öğrenimi, derin öğrenme, büyük veri analitiği ve sensör teknolojileri gibi farklı teknolojik uygulamaların etkinliği değerlendirilmiştir. Bu bağlamda gelecekte gıda güvenliği alanında yapay zekanın etkin bir şekilde kullanım alanı bulabilmesi, dünyada ve ülkemizde yapılması gereken proaktif uygulamalara yol göstermesi açısından bu çalışmanın verilerinin literatüre önemli katkılar sağlayabileceği öngörülmektedir.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1 Gıda Güvenliğinde Kalite Yönetim Sistemlerinin Önemi

Gıda güvenliği, insanların güvenli ve besleyici gıdaya erişimini sağlamayı amaçlayan bir kavramdır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) gıda güvenliğini, "tüketicinin sağlığına zarar vermeyecek şekilde, gıda maddelerinin güvenli ve sağlıklı olmasını sağlamak için alınan önlemler" olarak tanımlamaktadır (WHO, 2020). Bu bağlamda, gıda üretimi, işlenmesi, depolanması ve dağıtım süreçlerinin her aşamasında dikkat edilmesi gereken birçok faktör bulunmaktadır. Gıda ve tarım örgütü (FAO), her yıl sağlıksız gıdaların 2 milyondan fazla insanın ölümüne sebep olduğunu ve bunun çoğunun da çocuk olduğunu açıklamıştır (FAO, 2020). Dolayısıyla gıda güvenliğinin sağlanması için bazı önemli ilkelere uyulması gerekmektedir, belirlenen temel ilkeler şunlardır:

- Önleyici Kontroller:** Gıda üretim sürecinde potansiyel tehlikelerin belirlenmesi ve bu tehlikelerin önlenmesi için alınacak önlemler.
- İzlenebilirlik:** Gıda maddelerinin üretimden tüketime kadar izlenebilir olması.
- Hijyen:** Üretim ve işleme tesislerinde hijyenik koşulların sağlanması.
- Risk Analizi:** Gıda güvenliğine yönelik risklerin sürekli olarak değerlendirilmesi ve yönetilmesi (Aung ve Chang, 2014).

Gıda güvenliği aynı zamanda; gıda kaynaklı hastalıkları önlemek amacıyla gıda kalitesinin korunmasını sağlayacak koşulları ve yöntemleri sağlamaktır. Gıdanın taşıma, hazırlama ve depolama sırasında mikrobiyal, kimyasal ve fiziksel bulaşlar içermemesini ve tüketicilerde hastalık oluşturmasını engellemeye yönelik prosedürlerin toplamıdır. Gıdalarda bulunan mikroorganizmalar toprak, su, hayvan ve insan kökenli olarak genel olarak ellerden, temizlik bezinden ve kesme tahtasından besinlere geçmekte ve gıda kaynaklı hastalıklara neden olabilmektedir; dolayısıyla bunun engellenmesinde mutfakta çalışan insanların hijyen konusundaki eğitimi büyük öneme sahiptir. Bu nedenle WHO; ülkelerin gıda kaynaklı hastalıkları önlemesine, tanımlanmasına ve tedavi etmesine yardımcı olmak amacıyla, "gıda güvenliğini çiftlikten sofraya her zaman ve her yerde iyileştirmeyi" slogan olarak belirlemiştir (WHO, 2020).

2.2. Mevcut Gıda Güvenliği Uygulamaları

Gıda güvenliğinin sağlanması için birçok ülke ve uluslararası kuruluş çeşitli düzenlemeler ve standartlar geliştirmiştir. Örneğin, ABD'de Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) tarafından uygulanan ‘‘Gıda Güvenliği Modernizasyon Yasası (FSMA)’’, gıda güvenliği risklerini önleyici yaklaşımlarla yönetmeyi amaçlamaktadır. Avrupa Birliği’nde ise ‘‘Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA)’’ tarafından belirlenen standartlar uygulanmaktadır. Bu bölümde, tüm dünyada ve Türkiye’de en yaygın ve etkili gıda güvenliği yönetim sistemleri olarak değerlendirilen ve uygulanan HACCP (Tehlike Analizleri ve Kritik Kontrol Noktaları) ve ISO 22000 kalite yönetim sistemleri özetlenmeye çalışılacaktır (Alimentarius, 2010).

2.2.1. HACCP (Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktaları) Sistemi

HACCP sistemi, gıda güvenliğini sağlamak için belirli tehlikeleri ve bu tehlikelerin kontrolüne yönelik alınan önlemleri tanımlar. HACCP, tehlikeler oluştuğundan sonra değerlendirme ve son ürün testlerine değil de daha çok sorunları önlemeye odaklanan kontrol sistemleri oluşturmaya yönelik bir araçtır.(Mortimore, Wallace, 2016). HACCP'nin başarılı bir şekilde uygulanması, yönetimin ve iş gücünün tam bağlılığını ve katılımını gerektirir. Ayrıca çok disiplinli bir yaklaşım gerektirir; bu çok disiplinli yaklaşım, uygun olduğunda, ilgili çalışmaya göre tarım bilimi, veterinerlik sağlığı, üretim, mikrobiyoloji, tıp, halk sağlığı, gıda teknolojisi, çevre sağlığı, kimya ve mühendislik alanlarında uzmanlığı içermelidir. HACCP'nin uygulanması, ISO 9000 serisi gibi kalite yönetim sistemlerinin uygulanmasıyla uyumludur ve bu tür sistemler içinde gıda güvenliğinin yönetiminde tercih edilen sistemdir (Pierson, 2012).

HACCP, gıda güvenliğini sağlamak için geliştirilmiş bilimsel ve sistematik bir yaklaşımdır. HACCP sistemi, yedi temel prensibe dayanmaktadır, tehlike analizinin yapılması, Kritik kontrol noktalarının (CCP) belirlenmesi, Her bir CCP için kritik sınırların belirlenmesi, CCP’lerin izlenmesi, Düzeltici önlemlerin belirlenmesi, Sistemin etkinliğinin doğrulanması, Kayıtların tutulması ve dökümantasyondur. HACCP sistemi,

gıda üretim zincirinde potansiyel tehlikeleri önceden belirleyerek bu tehlikelerin kontrol altına alınmasını sağlamaktadır (Alimentarius, 2010).

2.2.2. ISO 22000 (Gıda Güvenliği Yönetim Sistemi)

ISO 22000, gıda güvenliği yönetim sistemleri için uluslararası bir standarttır. Bu standart, HACCP ilkelerini de içerecek şekilde geliştirilmiştir ve gıda güvenliği yönetiminde kapsamlı bir çerçeve sunar. ISO 22000, gıda zincirinin tüm aşamalarında güvenliğin sağlanması için gereklilikleri belirler. Bu gereklilikler arasında yönetim sorumluluğu, kaynak yönetimi, güvenli ürünlerin planlanması ve gerçekleşmesi, ve sürekli iyileştirme yer alır (ISO, 2018).

2.3. Gıda Güvenliğini Tehdit Eden Faktörler

İnsanların yedikleri yiyeceklerin güvenli ve tüketime uygun olmasını bekleme hakkı vardır. Gıda kaynaklı hastalıklar ve gıda kaynaklı yaralanmalar en iyi ihtimalle tatsızdır; en kötü ihtimalle ölümcül olabilir. Ancak başka sonuçları da vardır. Gıda kaynaklı hastalık salgınları ticarete ve turizme zarar verebilir ve kazanç kaybına, işsizliğe ve davalara yol açabilir. Gıda bozulması israftır, maliyetlidir ve ticareti ve tüketici güvenini olumsuz etkileyebilir (Karabal, 2019). Gıda güvenliğini tehdit eden başlıca faktörler şunlardır:

- *Mikrobiyal Kontaminasyon*: Bakteri, virüs ve parazit gibi mikroorganizmaların gıdalara bulaşması.
- *Kimyasal Kontaminasyon*: Pestisitler, ağır metaller ve diğer kimyasalların gıdalara karışması.
- *Fiziksel Kontaminasyon*: Gıda maddelerine yabancı maddelerin karışması.
- *İklim Değişikliği*: İklim değişikliklerinin tarım ve gıda üretimi üzerinde olumsuz etkileri bulunmaktadır (Koç ve Uzman, 2015).

2.4. Gıda Güvenliği Alanında Gelecekteki Olası Zorluklar ve Çözüm Önerileri

Gıda güvenliği alanında gelecekte karşılaşılabilecek zorluklar arasında; artan dünya nüfusu, iklim değişikliği ve gıda tedarik zincirinin karmaşıklığı yer almaktadır. Bu zorluklarla başa çıkmak için önerilen çözümler şunlardır:

1. Teknolojik İnovasyonlar: Gıda üretim ve işleme teknolojilerinde yenilikler.
2. Eğitim ve Bilinçlendirme: Gıda güvenliği konusunda tüketici ve üretici eğitimlerinin artırılması.
3. Uluslararası İşbirliği: Gıda güvenliği standartlarının uluslararası düzeyde uyumlaştırılması ve işbirliği sağlanmasıdır.

Gıda güvenliği, hem bireylerin sağlığını koruma hem de sürdürülebilir kalkınmayı destekleme açısından büyük bir öneme sahiptir. Mevcut uygulamalar ve teknolojiler bu alanda önemli ilerlemeler sağlamış olsa da, gelecekte karşılaşılabilecek zorluklarla başa çıkmak için sürekli bir çaba ve yenilik gerekmektedir. Eğitim, işbirliği ve teknolojik gelişmelerin entegrasyonu, gıda güvenliğinin sürdürülebilir bir şekilde sağlanmasına katkıda bulunacaktır. Dolayısıyla bu noktada, devreye yapay zeka teknolojilerinden ne kadar faydalanılabileceği girmektedir (Uçar vd., 2016).

2.5. Yapay Zekanın Gıda Sektöründe Kullanım Alanları

Yapay zeka, geniş veri setlerini analiz ederek ve karmaşık algoritmalar kullanarak insan benzeri düşünme ve karar verme yeteneklerini taklit eden bir teknolojidir. Gıda güvenliği açısından, yapay zeka üretimden tüketiciye kadar olan tüm süreçlerde kullanılabilir. Bu süreçler arasında; tarım üretimi, gıda işleme, depolama, dağıtım ve tüketici güvenliği yer alır (Jiang vd., 2022).

Yapay zeka, son yıllarda birçok sektörde devrim niteliğinde değişikliklere yol açmış ve gıda sektörü de bu dönüşümden nasibini almıştır. Gıda üretiminden, tedarik zinciri yönetimine ve müşteri hizmetlerine kadar geniş bir yelpazede yapay zeka uygulamaları, sektörde verimliliği artırmakta ve maliyetleri düşürmektedir. Yapay zeka, çok sayıda sensör ve mobil cihaz tarafından üretilen, internetten ve diğer kaynaklardan alınan çok sayıda verinin yüksek hız, yüksek yoğunluk ve yüksek boyutluluk ile işlenmesi, analiz edilmesi ve depolanmasını sağlamaktadır. Gıda endüstrisinde kullanılan yapay zeka uygulamaları; pazar talebini tahmin etmeye, tedarik zincirini yönetmeye, gıda güvenliği ve kalitesini iyileştirmeye, işletmelere daha fazla rekabet ve fırsat avantajı getirmeye yardımcı olur. Son yıllarda yapay zeka teknolojileri, gıda sektöründe kilit rol oynamakta, inovasyon ve gelişim alanında önemli bir

etki yaratmaktadır (Ding ve Tian, 2023). Yapay zekanın gıda sektöründeki uygulama alanları aşağıda kısaca özetlenmektedir.

2.5.1. Gıda Üretiminde Otomasyon

Yapay zeka, gıda üretiminde otomasyonu mümkün kılarak üretim hatalarının azaltılmasına ve üretim hızının artırılmasına katkıda bulunur. Örneğin, görüntü işleme teknolojileri kullanılarak ürün kalitesi sürekli olarak kontrol edilebilir. Bu sayede, insan müdahalesine ihtiyaç duyulmadan kusurlu ürünler anında tespit edilip ayrılabilir (Aung ve Chang, 2014).

2.5.2. Tedarik Zinciri Optimizasyonu

Tedarik zincirlerinde yapay zeka kullanımı, stok yönetiminden lojistiğe kadar birçok alanda iyileştirmeler sağlar. Yapay zeka algoritmaları, talep tahmini yaparak stok seviyelerini optimize edebilir ve böylece israfı önleyebilir. Ayrıca, nakliye rotalarının ve taşıma süreçlerinin en verimli şekilde planlanması için de yapay zeka teknolojileri kullanılmaktadır (Kamble vd., 2020)

2.5.3. Gıda Güvenliği ve İzlenebilirlik

Gıda güvenliği, tüketiciler için kritik bir öneme sahiptir. Yapay zeka, gıda güvenliği süreçlerini iyileştirerek izlenebilirliği artırır. Sensörler ve yapay zeka algoritmaları sayesinde, üretimden tüketime kadar olan süreçte her bir ürünün geçmişi detaylı bir şekilde izlenebilir. Bu da olası bir gıda güvenliği sorunu durumunda hızlı ve etkili bir müdahale yapılmasını sağlar (Jaison ve Ramaiah, 2022).

2.5.4. Tarımda Verimliliğin Artırılması

Yapay zeka, tarım sektöründe de büyük bir rol oynamaktadır. Örneğin, drone ve sensörler yardımıyla tarla verimliliği sürekli olarak izlenebilir ve optimize edilebilir ve drone yardımıyla ilaçlama yapılabilir. Bitki sağlığı ve toprak durumu hakkında elde edilen veriler, çiftçilere ekim ve sulama gibi konularda daha bilinçli kararlar verme imkanı sunar (Maru vd., 2018)

2.5.5. Kişiselleştirilmiş Beslenme

Yapay zeka, bireylerin beslenme alışkanlıklarını analiz ederek kişiselleştirilmiş diyet planları oluşturulmasına olanak tanır. Tüketici tercihleri

ve sağlık verileri dikkate alınarak hazırlanan bu planlar, daha sağlıklı beslenme alışkanlıklarının geliştirilmesine yardımcı olur (Whitehouse vd., 2016).

2.5.6. Müşteri Hizmetlerinde Yapay Zeka

Gıda sektöründe müşteri hizmetleri de yapay zekadan büyük ölçüde faydalanmaktadır. Chatbotlar ve sanal asistanlar, müşterilerin sorularını hızlı ve etkili bir şekilde yanıtlayarak müşteri memnuniyetini artırır. Ayrıca, müşteri geri bildirimleri analiz edilerek hizmet kalitesi sürekli olarak iyileştirilebilir (Liao ve Yang, 2021).

2.5.7. Ürün Geliştirme ve Yenilikçilik

Yapay zeka, yeni gıda ürünlerinin geliştirilmesi sürecinde de önemli bir rol oynar. Yapay zeka tabanlı analizler, tüketici trendlerini ve pazar ihtiyaçlarını belirleyerek firmaların inovatif ürünler geliştirmesine olanak tanır. Bu sayede, firmalar rekabet avantajı elde edebilir ve pazar paylarını artırabilirler (Marianni ve Wamba, 2020).

2.5.8. Sürdürülebilirlik ve Çevresel Etkiler

Gıda üretiminde sürdürülebilirlik, giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Yapay zeka, su ve enerji kullanımını optimize ederek çevresel etkileri azaltmada yardımcı olur. Ayrıca, atık yönetimi süreçlerinde de yapay zeka çözümleri kullanılarak atık miktarı minimize edilebilir (Marvin vd., 2022).

2.5.9. Fiyatlandırma Stratejileri

Yapay zeka, dinamik fiyatlandırma stratejilerinin uygulanmasında da kullanılmaktadır. Tüketici davranışları ve pazar koşulları analiz edilerek en uygun fiyatlandırma stratejileri geliştirilebilir. Bu, hem firmaların karlılığını artırır hem de tüketicilere daha adil fiyatlar sunulmasını sağlar (Eriksson vd., 2020).

2.5.10. Tüketici Deneyiminin Geliştirilmesi

Tüketici deneyimi, gıda sektöründe başarı için kritik bir faktördür. Yapay zeka, tüketici alışkanlıklarını ve geri bildirimlerini analiz ederek daha iyi bir deneyim sunulmasını sağlar. Örneğin, restoranlar ve marketler, yapay zeka kullanarak müşteri tercihlerine göre özelleştirilmiş hizmetler sunabilirler (Lee vd., 2021)

2.5.11. Gıda Atıklarının Azaltılması

Yapay zeka, gıda atıklarının azaltılması için de etkili çözümler sunar. Tüketici talebi ve stok seviyeleri analiz edilerek, gereksiz gıda üretimi ve israf önlenir. Ayrıca, atık gıdaların yeniden kullanımı veya geri dönüşümü konusunda da yapay zeka tabanlı yaklaşımlar geliştirilebilir (Marvin vd., 2022).

2.5.12. Sağlık ve Beslenme Eğitimi

Yapay zeka, sağlık ve beslenme konusunda eğitim programlarının geliştirilmesinde de kullanılmaktadır. Özelleştirilmiş eğitim içerikleri, bireylerin sağlık bilincini artırarak daha sağlıklı yaşam alışkanlıkları kazanmalarına yardımcı olur (Niszczota ve Rybicka, 2023).

2.5.13. Paketleme ve Dağıtım Süreçleri

Yapay zeka, gıda paketleme ve dağıtım süreçlerini de optimize eder. Akıllı sensörler ve algoritmalar kullanılarak, ürünlerin raf ömrü uzatılabilir ve tazelikleri korunabilir. Bu da tüketicilere daha kaliteli ürünler sunulmasını sağlar (Lii vd., 2023).

2.5.14. Tedarikçi İlişkileri Yönetimi

Yapay zeka, tedarikçi ilişkileri yönetiminde de önemli bir araçtır. Tedarikçi performansı analiz edilerek en verimli tedarikçiler belirlenebilir ve tedarik zinciri süreçleri iyileştirilebilir (Jaison ve Ramaiah,2022).

2.5.15. Gıda Güvenliği Denetimleri

Gıda güvenliği denetimleri, yapay zeka sayesinde daha etkin ve verimli hale gelir. Otomatik denetim sistemleri, üretim süreçlerini sürekli olarak izleyerek olası sorunları anında tespit edebilir (Marvin vd., 2023).

2.5.16. Gıda İşleme Teknolojileri

Yapay zeka, gıda işleme teknolojilerinde de yenilikçi çözümler sunar. Örneğin, 3D baskı teknolojisi kullanılarak özelleştirilmiş gıda ürünleri üretilir (Jaison ve Ramaiah, 2022).

2.5.17. Enerji Verimliliği

Yapay zeka, gıda üretim süreçlerinde enerji verimliliğini artırır. Enerji tüketim verileri analiz edilerek, enerji tasarrufu sağlanabilir ve maliyetler düşürülebilir (Karanth vd., 2023).

2.5.18. Pazarlama ve Reklamcılık

Yapay zeka, pazarlama ve reklamcılık alanında da gıda sektörüne önemli katkılar sağlar. Tüketici verileri analiz edilerek daha etkili pazarlama stratejileri geliştirilebilir (Eriksson vd., 2020).

2.5.19. Gıda Güvenliği Sertifikasyonu

Yapay zeka, gıda güvenliği sertifikasyon süreçlerini hızlandırır ve daha güvenilir hale getirir. Otomatik veri analizi ve raporlama sistemleri, sertifikasyon süreçlerini kolaylaştırır (Liu vd., 2023).

2.5.20. Tedarik Zinciri Şeffaflığı

Yapay zeka, tedarik zinciri şeffaflığını artırarak tüketicilere daha güvenilir bilgiler sunar. Ürünlerin menşei ve üretim süreçleri hakkında detaylı bilgiler sağlanabilir (Ding ve Tian, 2023).

2.5.21. Perakende Yönetimi

Yapay zeka, perakende yönetiminde de etkin bir rol oynar. Mağaza içi stok yönetimi, raf düzenlemeleri ve müşteri hizmetleri yapay zeka ile optimize edilebilir (Ding ve Tian, 2023).

2.5.22. Ürün Tavsiyeleri

Yapay zeka, tüketicilere kişiselleştirilmiş ürün tavsiyeleri sunar. Müşteri verileri analiz edilerek, bireysel tercihlere uygun ürün önerileri yapılabilir (Kazama vd., 2018).

2.5.23. İklim Değişikliği ve Tarım

Yapay zeka, iklim değişikliği ve tarım ilişkisini analiz ederek sürdürülebilir tarım uygulamalarını destekler. İklim verileri kullanılarak ekim ve hasat dönemleri optimize edilebilir (Karanth vd., 2023).

2.5.24. Çapraz Satış ve Yukarı Satış

Çapraz satış bir müşterinin ihtiyacı olan bir ürünü internetten satın aldığı esnada yapay zeka uygulamalarının kişinin zevkine uygun başka bir ürün önermesi ile ihtiyacı olmayan diğer ürünü de almasını sağlayarak firmanın cirosunu artırma deneyimidir. Dolayısıyla yapay zeka, çapraz satış ve yukarı satış stratejilerinde de kullanılır. Müşteri alışveriş alışkanlıkları analiz edilerek, ilgili ürünler önerilebilir ve firmalar satışlarını artırabilir (Boustani vd., 2023).

2.5.25. Sağlık ve Güvenlik Protokolleri

Yapay zeka, gıda işletmelerinde sağlık ve güvenlik protokollerinin uygulanmasını kolaylaştırır. Otomatik izleme ve raporlama sistemleri sayesinde, işletmeler güvenlik standartlarına uyum sağlayabilir (Kalra vd., 2020).

2.5.26. Gıda İşletmelerinde Verimlilik

Yapay zeka, gıda işletmelerinde verimliliği artırır. Üretim süreçleri, enerji kullanımı ve atık yönetimi gibi alanlarda verimlilik sağlanabilir (Jaison ve Ramaiah, 2022).

2.6.YAPAY ZEKANIN GIDA GÜVENLİĞİNİ SAĞLAMADA KULLANIMI ve ÖNEMİ

Gıda güvenliği dünya genelinde milyarlarca insanın sağlığını ve refahını doğrudan etkileyen kritik bir konudur. Gıda tedarik zincirlerinde meydana gelen sorunlar, sağlığa zararlı patojenlerin yayılması ve gıda sahtekarlığı gibi riskler, küresel çapta ciddi sağlık sorunlarına yol açabilir. Bu bağlamda, yapay zeka teknolojileri, gıda güvenliğini artırmak ve bu riskleri minimize etmek için önemli fırsatlar sunmaktadır (Sadiku vd., 2020).

2.6.1. Gıda Tedarik Zinciri Yönetimi

Yapay zeka, gıda tedarik zincirlerinin izlenmesi ve yönetilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Örneğin, makine öğrenimi algoritmaları, tedarik zinciri boyunca veri toplayarak ve analiz ederek, potansiyel riskleri önceden tespit edebilir ve bu sayede müdahale süreçlerini hızlandırabilir. Bu tür sistemler, sıcaklık, nem ve taşıma koşulları gibi parametreleri izleyerek, gıdaların bozulmasını engelleyebilir. Blok zincir teknolojisi ile bir ürünün üreticiden tüketiciye kadar olan her basamağı şeffaf bir şekilde izlenebilmekte,

bunun sağlanması için çeşitli yapay zeka programları kullanmakta ve programlara ücretsiz bir şekilde ulaşılabilmektedir. Bu programlarla, besinlerin her aşamada (sırayla; tedarikçi-üretici-işlemci-dağıtıcı-gümrük-perakendeci-tüketici aşamaları) takip edilebilmesi uluslararası standartlar ve gıda mevzuatlarına uyulup uyulmadığı görüldüğü için besinlerin fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik hasarı en aza indirilmektedir dolayısıyla üretici, tüketici ve aracı firmalar açısından verimli sonuçlar alınabilmekte ve üretici ile tüketici arasındaki güvenin artmasına vesile olmaktadır (Gerdan ve Koç, 2020).

2.6.2. Gıda Güvenliği Denetimleri

Yapay zeka tabanlı görüntü işleme teknolojileri, gıda üretim tesislerinde otomatik denetimler yaparak, kontaminasyon risklerini azaltabilir. Görüntü işleme algoritmaları, yüzeydeki kirleticileri veya anormallikleri tespit edebilir ve bu bilgileri hızlı bir şekilde ilgili birimlere iletebilir. Bu sayede, insan kaynaklı hata olasılığı azalır ve denetim süreçleri daha verimli hale gelir (Feng vd., 2024).

2.6.3. Gıda Kaynaklı Hastalıkların İzlenmesi ve Önlenmesi

Yapay zeka, gıda kaynaklı hastalıkların yayılmasını izlemek ve önlemek için de kullanılmaktadır. Büyük veri analitiği ve makine öğrenimi algoritmaları, halk sağlığı verilerini analiz ederek, salgınların erken teşhis edilmesine olanak tanır. Ayrıca, yapay zeka destekli sistemler, gıda kaynaklı patojenlerin yayılma modellerini tahmin edebilir ve bu sayede önleyici tedbirler alınmasını sağlar (Panaligan vd., 2024).

2.6.4. Gıdalarda Hile (Taklit ve Tağşiş) Tespiti

Gıdalarda hile yapılması, tüketici güvenini sarsan ve ekonomik kayıplara yol açan ciddi bir sorundur. Yapay zeka, sahte gıdaların tespitinde etkili bir araç olarak kullanılabilir. Örneğin, makine öğrenimi ve kimyasal analiz teknikleri birleştirilerek, ürünlerin kimyasal bileşimleri analiz edilebilir ve sahte ürünler hızlı bir şekilde tespit edilebilir. Gıda zincirinin dijitalleştirilmesi ve blok zincir uygulamalarının kullanılıp gıdanın üretildiği aşamadan tüketildiği aşamaya kadar her anının yeni nesil minyatür ekipmanlar, taşınabilir ve akıllı telefon tabanlı gıda teşhis teknolojilerinin kullanılmasıyla birlikte dolandırıcılık ve

gıda sahtekarlığı minimum düzeyde tutulmaya çalışılmıştır (Büyüktepe vd., 2023).

2.7.Yapay Zekanın Gıda Güvenliği Uygulamalarında Sağladığı Faydalar

2.7.1. Hız ve Verimlilik

Yapay zeka, geleneksel yöntemlere kıyasla çok daha hızlı ve verimli sonuçlar sağlar. Özellikle büyük veri setlerinin analizinde, insan gücüyle elde edilemeyecek hız ve doğrulukta sonuçlar elde edilir.Bu, gıda güvenliği süreçlerinin daha etkin bir şekilde yönetilmesine olanak tanır (Castro ve New, 2016).

2.7.2. Maliyet Tasarrufu

Otomasyon ve yapay zeka uygulamaları, gıda güvenliği denetimlerinde ve izleme süreçlerinde insan emeği ihtiyacını azaltarak maliyet tasarrufu sağlar. Ayrıca, gıda israfının önlenmesi ve tedarik zinciri optimizasyonu sayesinde ekonomik kazançlar elde edilir (Chen ve Yu, 2021).

2.7.3. Gelişmiş İzlenebilirlik

Yapay zeka, gıda ürünlerinin tedarik zinciri boyunca izlenebilirliğini artırır. Blok zinciri teknolojisiyle entegre edilen yapay zeka sistemleri, ürünlerin kaynağından tüketiciye kadar olan yolculuğunu detaylı bir şekilde takip edebilir. Bu, gıda güvenliği sorunlarının kaynağının hızla tespit edilmesini ve çözülmesini sağlar (Zhou vd., 2022).

2.8.Yapay Zeka ve Gıda Güvenliğinde Gelecek Perspektifleri

Yapay zekanın gıda güvenliğinde kullanılmasının gelecekte daha da yaygınlaşacağı öngörülmektedir. Teknolojinin gelişimiyle birlikte, daha sofistike algoritmalar ve veri analitiği araçları, gıda güvenliği süreçlerinde devrim yaratabilir. Özellikle nesnelerin interneti (IoT) ve büyük veri teknolojileriyle entegre edilen yapay zeka sistemleri, daha kapsamlı ve etkili çözümler sunacaktır (Frank, 2021).

2.8.1. IoT (Internet of Things, Nesnelerin İnterneti) ve Sensör Teknolojileri

IoT cihazları ve gelişmiş sensör teknolojileri, gıda güvenliği yönetiminde yapay zekaya daha fazla veri sağlayarak, süreçlerin daha hassas ve güvenilir hale gelmesine katkıda bulunur. Örneğin, çiftliklerden mağazalara kadar her aşamada sıcaklık ve nem gibi parametreler anlık olarak izlenebilir ve bu veriler yapay zeka tarafından analiz edilerek potansiyel riskler önceden tespit edilebilir (Ding ve Tian,2023). Nesnelerin interneti tarım faaliyetlerini kişiler orda olmaksızın sensörler aracılığıyla yapabildiği ve kişiler buna çok kolay ulaşabildiği için az emek ile büyük katkılar sağlamaktadır. Ayrıca yine bu teknoloji sayesinde verileri elde ettikten sonra depolamak ve arşivlemek çok daha kolay olacağından süreçle alakalı oluşabilecek karmaşa önlenmiş olacaktır. Ayrıca restoranlarda kullanılan bazı “bluetooth ve sensör teknolojileri” yemeklerin iç ve dış sıcaklıklarını ayarlayarak kendi kendine pişmelerine olanak sağlamaktadır. Bu da mikroorganizmaların üremeleri için gereken sıcaklık koşullarının en başından engellenmesini sağlayacaktır (Aydın ve Çakır, 2022).

2.8.2. Gelişmiş Algoritmalar ve Makine Öğrenimi

Makine öğrenimi ve derin öğrenme gibi gelişmiş algoritmalar, gıda güvenliğinde öngörüsnel analizler yaparak, olası tehlikelerin önceden belirlenmesini sağlar. Bu algoritmalar, geçmiş verileri ve mevcut koşulları analiz ederek, gelecekteki olası sorunları tahmin edebilir ve böylece proaktif önlemler alınmasına olanak tanır (Ding ve Tian, 2023).

Yapay zeka, gıda güvenliği alanında devrim niteliğinde yenilikler sunan ve gelecekte daha da büyük etkilere sahip olması beklenen bir teknolojidir. Tedarik zinciri yönetimi, denetimler, hastalıkların izlenmesi ve gıdalardaki hilelerin tespiti gibi çeşitli alanlarda yapay zekanın kullanımı, gıda güvenliği standartlarını önemli ölçüde artırmaktadır. Hız, verimlilik, maliyet tasarrufu ve izlenebilirlik gibi faydalar, bu teknolojinin benimsenmesini teşvik etmektedir. Gelecekte, “IoT” ve gelişmiş algoritmalarla entegre edilen yapay zeka çözümlerinin, gıda güvenliği alanında daha kapsamlı ve etkili çözümler sunması beklenmektedir. Bu nedenle, yapay zekanın gıda güvenliğinde etkin

bir şekilde kullanılması, hem tüketicilerin sağlığını korumak hem de ekonomik kayıpları önlemek açısından kritik öneme sahiptir (Chhetri, 2024).

3. YÖNTEM

3.1.Araştırmanın Metodolojisi

Yaptığımız bu çalışma; farklı ülkelerde yapılan çalışmalar incelenerek hazırlanmış bir derleme ve bibliyometrik analiz çalışmasıdır. Bibliyometrik analiz yöntemiyle; Web of Science veri tabanından toplanan toplam 933 çalışma analiz edilmiştir. Bu makaleler/çalışmalar, gıda güvenliği yönetim sistemleri (HACCP, ISO 22000) ve yapay zeka uygulamaları üzerinde odaklanmaktadır. 28.05.2024 tarihinde, 1993 tarihi ile 2024 tarihleri arasında Web Of Science (WOS) veri tabanı kullanılarak all fields yani tüm alanlar dahil edilerek; “artificial intelligence”, “food safety”, “machine learning” ve “food industry” anahtar sözcükleriyle arama yapılmıştır. Tekrar eden makaleler çıkarıldıktan sonra, bu arama sonucunda WOS veri tabanında toplam 933 adet çalışma ile karşılaşılmıştır. Yıllara göre en yeni 2024 yılında 113 çalışma, en eski 1993 yılında 1 çalışmayla karşılaşılmıştır. Çalışmaların en yoğun olarak 266 yayın ile 2023 yılı olduğu ve genel olarak 2017 yılından sonra yayın sayısının ivme kazandığı sonucuna varılmıştır. Ulaşılan veriler yazar-atıf-dergi-ülke-kurum-anahtar sözcük ve özet analizleri üzerinden incelendi. Veri tabanı olarak “Web of Science” endeksleri kullanılmıştır. Araştırma sonucu incelenen çalışmaların atıf sayılarına, ülke sayılarına, yazar sayılarına göre analizleri “Vosviewer sözcük haritalama programı” ile oluşturulmuştur.

4. BİBLİYOMETRİK ANALİZ BULGULARI

4.1.Gıda Güvenliği Alanında, Yapay Zeka Kullanımı Üzerine Bibliyometrik Analiz Bulguları

Bibliyometrik analiz metodolojisi, çeşitli veri tabanlarından aldığı çok büyük çaptaki niceliksel verileri, araştırmaları bilimsel bir şekilde analiz etmemizi sağlayan, haritalayan, alıntı analizi, ortak alıntı analizi, ortak kelime analizi, ortak yazarlık analizi yapıp bunu görsele çevirerek o konu hakkında araştırmacıların kısa sürede birçok yorum yapmasını sağlayan bir yöntemdir (Donthu ve Kumar, 2021).

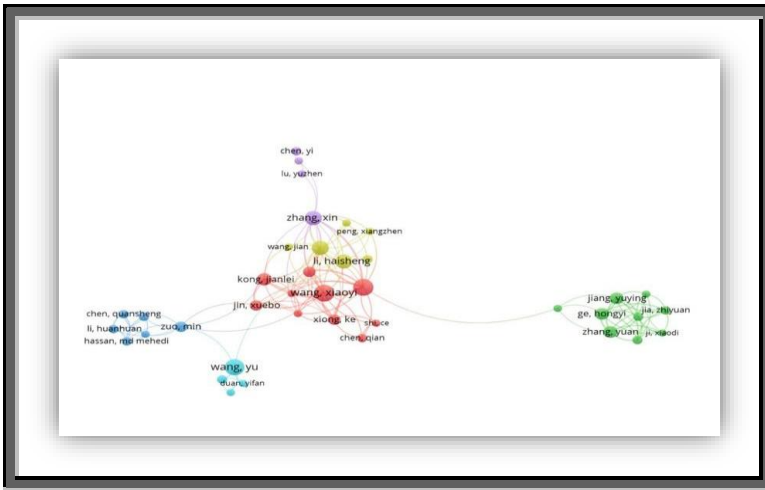
4.2. Veri Analizi

28.05.2024 tarihinde, 1993 tarihi ile 2024 tarihleri arasında Web Of Science (WOS) veri tabanı kullanılarak all fields yani tüm alanlar dahil edilerek; “artificial intelligence”, “food safety”, “machine learning” ve “food industry” anahtar sözcükleriyle arama yapılmıştır. Tekrar eden makaleler çıkarıldı, bu arama sonucunda WOS veri tabanında toplam 933 adet çalışma ile karşılaşılmıştır. Yıllara göre en yeni 2024 yılında 113 çalışma, en eski 1993 yılında 1 çalışmayla karşılaşılmıştır. Çalışmaların en yoğun olarak 266 yayın ile 2023 yılı olduğu ve genel olarak 2017 yılından sonra yayın sayısının ivme kazandığı sonucuna varılmıştır. Ulaşılan veriler yazar-atıf-dergi-ülke-kurum-anahtar sözcük ve özet analizleri üzerinden incelendi. Veri tabanı olarak Web of Science endexleri kullanıldı. Araştırma sonucu incelenen çalışmaların atıf sayılarına, ülke sayılarına, yazar sayılarına göre analizleri “Vosviewer sözcük haritalama programı” ile oluşturulmuştur.

4.2.1.Ortak Yazar Analizi (Co-authorship – Authors)

Yazarların tamamını dahil ederek. Bir yazarın en az 2 makede olmasını ve çalışmada en az 2 atıf yapılmasını istediğimizde 259 tane makale listelendiğini görüyoruz.

Oluşturulan görsele aralarında hiçbir ilişki olmayan ağlar hariç tutularak, en fazla ilişkili ağlar referans alınmıştır.



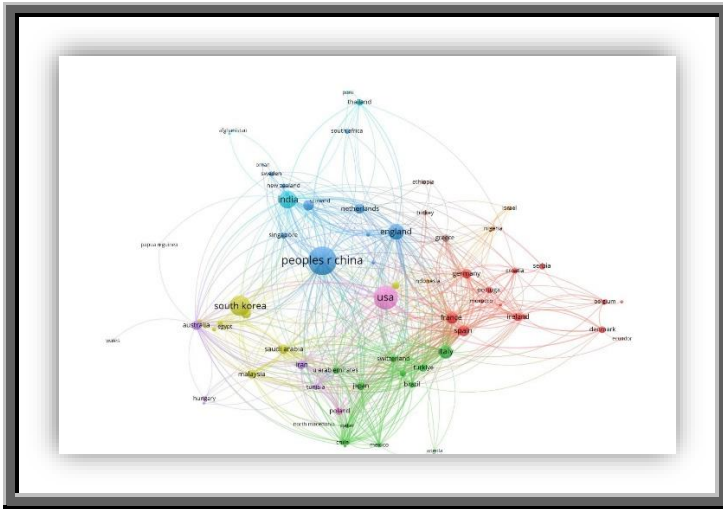
Şekil 1. Yazarların Birbiri Arasındaki İlişki

Şekil 1.'e bakıldığında toplam 6 küme ve 39 öge görülmektedir. Ögeler arasında 134 bağlantı olduğu belirlenmiştir.

Yazarların makale sayıları ve aldıkları toplam atıf sayıları ise şu şekilde sıralanmıştır: Hassoun-Abdo; 8 makale 165 atıf, Zhao-Zhiyao; 11 makale 75 atıf, Wang-Xiaoyi; 11 makale 135 atıf ve Xu-Jiping'in; 8 makale ile 39 atıf aldığı tespit edilmiştir.

4.2.2.Yazar Ülke Analizi (Co-authorship – Countries) Analizi

Yazarların tamamını dahil ederek, bir ülkenin belge/yayın sayısı ve alıntı sayısı 1 olarak belirlendiğinde; toplam 77 ülke listelenmiştir. Çalışmada, Çin'den; 140 döküman 1843 alıntı, Amerika Birleşik Devletleri'nden ;98 döküman 1464 alıntı, Hindistan'dan; 55 döküman 773 alıntı, İngiltere'den; 44 döküman 906 alıntı, İtalya'dan; 33 döküman 461 alıntı, İspanya'dan; 22 döküman 292 alıntı, Avustralya'dan; 16 döküman 146 alıntı, , Almanya'dan; 16 döküman 238 alıntı , Suudi Arabistan'dan; 15 döküman 113 alıntı, İran'dan; 14 döküman 130 alıntı , Türkiye'den; 11 döküman 79 alıntı, Polonya'dan; 11 döküman 231 alıntı, İsviçre'den; 9 döküman 261 alıntı, Norveç'ten; 7 döküman 85 alıntı, Malezya'dan; 7 döküman 31 alıntı, Brezilya'dan; 7 döküman 31 alıntı şeklinde devam etmektedir (Şekil 2). Dolayısıyla en çok çalışmanın Çin ve Amerika Birleşik Devletleri'nde en az çalışmanın ise Norveç, Malezya ve Brezilya'da yapıldığı görülmektedir.



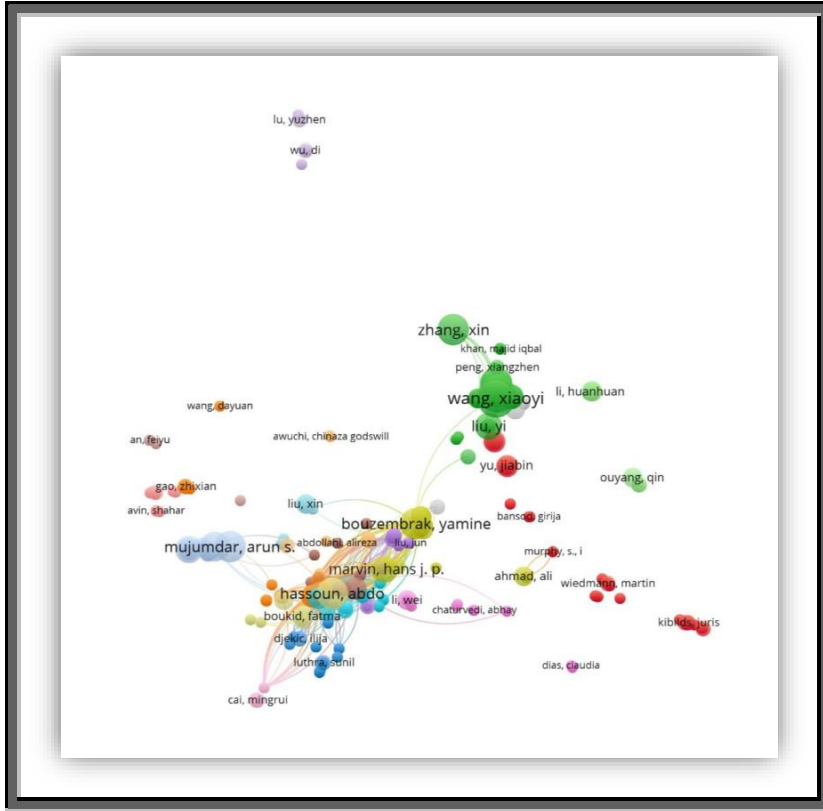
Şekil 2. Yazar Ülke İlişkisi

Şekil 2. incelendiğinde; 9 adet kümelenme ile 74 öge ile karşılaşılmaktadır. Bu ögeler arasında toplam 642 adet bağlantı olduğunu görülmektedir. Aynı zamanda, çalışmaların 2023 yılında daha sık olduğu, 2021'de ise daha seyrek olduğu göze çarpmaktadır.

4.2.3.Yazar Atıf Analizi (Citation – Authors)

Doküman/makale başına maksimum yazar sayısı 25 olarak seçilmiştir. En az 1 makalesi olan ve en az 1 atıf alan yazarlar arasında; toplam 1885 yazardan 1000 adedinin bu kriterleri sağladığı belirlenmiştir. En çok atıf alan yazarlar ise, toplam 254 atıf ile Zhang ve Min olup, bu yazarları 218 atıf ile Ahmad Almallahi, Manreet Singh, Alex Martynenko, Rohit Upadhyay takip etmektedir.

Oluşturulan görselde (Şekil 3.), aralarında hiçbir ilişki olmayan ağlar hariç tutularak, en fazla ilişkili ağlar referans alınmıştır.

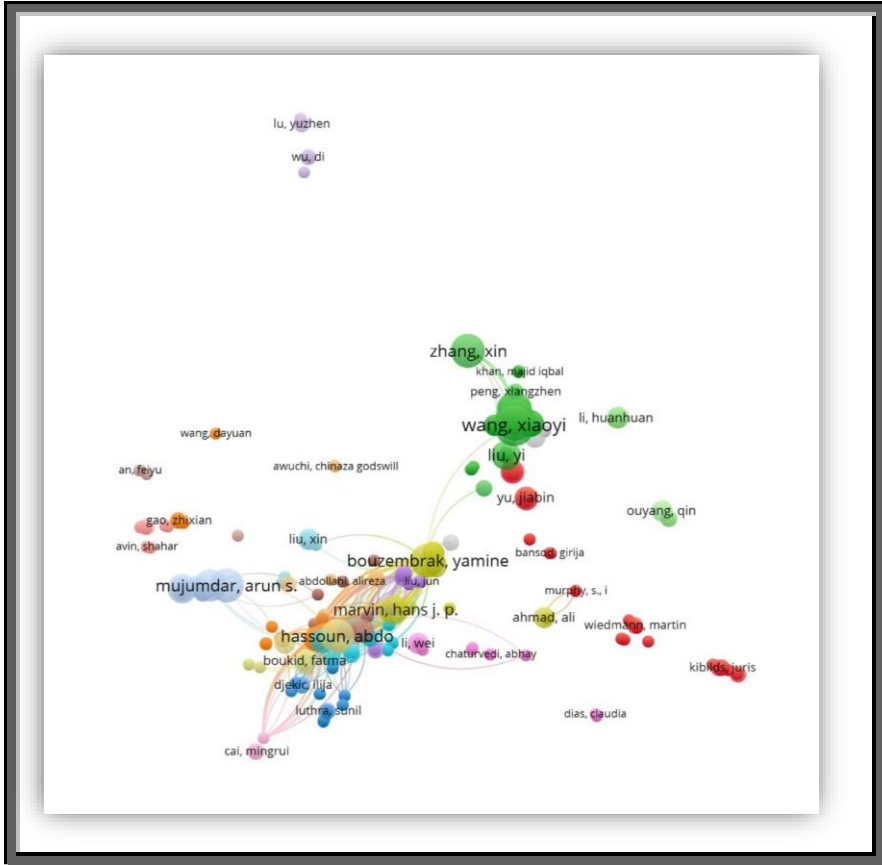


Şekil 3. Yazarlar Arası Atıflar

Şekil 3.'te toplam 19 farklı kümeden 1620 yazar ve 9111 bağlantı olduğu görülmektedir.

4.2.4.Kaynak Atıf Analizi

Çalışmamıza bir belgenin/makalenin minimum aldığı atıf sayısı 1 seçilerek, toplam 245 döküman listelenmiştir. Eserden alıntı sayılarının ise: Hassoun 165, Yamine Bouzembrak 114, Hans Marvin 106 , Sandeep Jagtap 97, Hana Trollman 97, Francisco Barba 96, Janna Cropotova 83, Jose Lorenzo 79, Muhammed Rana 72 olarak devam ettiği görülmektedir (Şekil 4). Sonuç olarak Hassoun ve Yamine Bouzembrak isimli yazarların en çok atıf aldığı görülmüştür. Jose Lorenzo ve Muhammed Rana'nın ise nispeten az atıf aldığı görülmektedir.

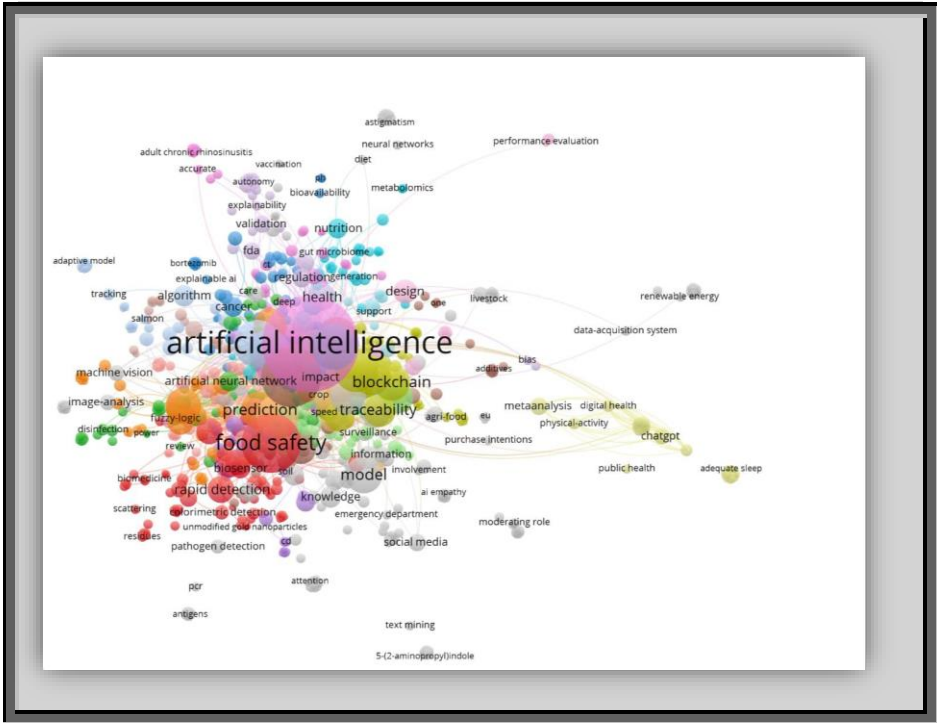


Şekil 4. Kaynaklar Arası Atıflar

4.2.5. Anahtar Sözcük Analizi

Çalışmamızda bir anahtar sözcüğün en az görülme sayısı 1 olarak seçilmiştir. Buna göre; toplam 2825 anahtar sözcükten hepsinin bu kriteri karşıladığı belirlenmiştir. En çok kullanılan anahtar sözcükler sırasıyla; artificial intelligence (177), machine learning (69), food safety (67), deep learning (44), system (42), safety (40), big data (38), quality (35), classification (31), management (29), model (27), prediction (27), blockchain (26), agriculture (24), computer vision (24), food (24), internet (18) olarak devam etmektedir. Dolayısıyla en çok kullanılan anahtar kelimelerin artificial intelligence ve machine learning, en az kullanılan anahtar kelimelerin ise agriculture, computer vision, food ve internet olduğu görülmektedir.

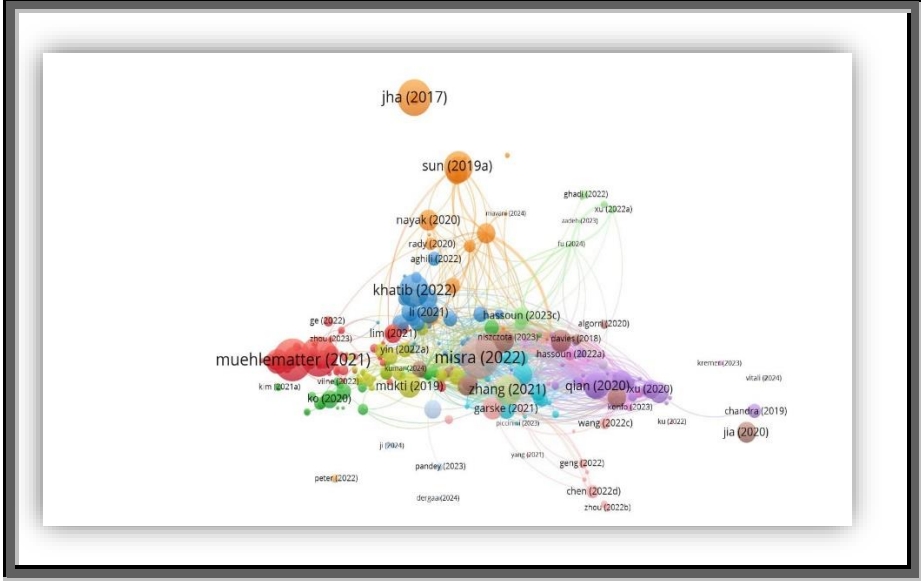
Oluşturulan görselde aralarında hiçbir ilişki olmayan ağlar hariç tutularak, en fazla ilişkili ağlar referans alınmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Anahtar Sözcük İlişkisi

4.2.6. Metinlerin Bibliyografik Eşleşme Analizi

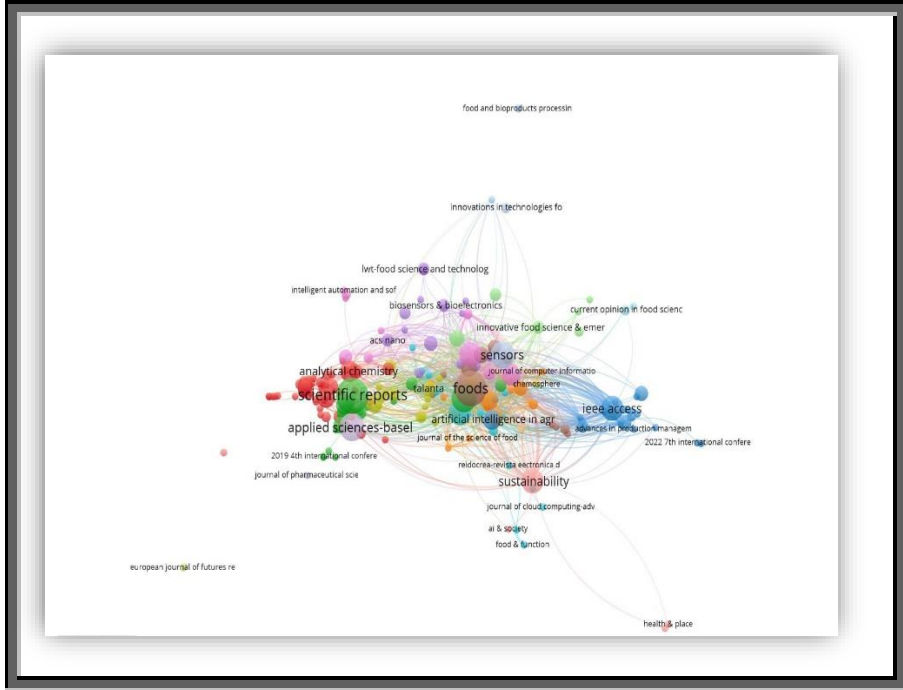
Bir belgenin en az alıntı sayısını 1 olarak belirlediğimizde; 372 doküman listelenmiştir. Eserden aktarma sayılarının (atıf) sırasıyla: Pandey(2022); 53, Mavani(2022); 52, Rejeb(2022); 50, Hassoun(2022b); 47, Sharma(2021); 25, Liu (2023); 21, Hassoun(2023b); 21, Hassoun(2023a) ;16, Hassoun(2024); 15, Qian(2023); 12, Hassoun(2023); 2 olarak devam ettiği görülmektedir (Şekil 6).



Şekil 6. Metinlerin Bibliyografik Eşleşme Analizi

4.2.7. Kaynakların Bibliyografik Eşleşme Analizi

Çalışmamızda, ortak minimum alıntı sayısı 1 olarak seçilmiştir. Alıntı yapılan toplam 245 kaynak listelenmiştir. Oluşturulan görselde aralarında hiçbir ilişki olmayan ağlar hariç tutularak, en fazla ilişkili ağlar referans alınmıştır (Şekil 7.).



Şekil 7. Kaynakların Bibliyografik Eşleşme Analizi

TARTIŞMA VE SONUÇ

İnsanların günlük yaşamında teknolojik gelişmelerden faydalanması ve yiyecek içecek sektöründe de bu hizmetlerden faydalanmak istemesi, işletmeleri bu anlamda kendilerini geliştirmeye yöneltmiştir. Bu yenilenme isteği sadece bununla sınırlı olmayıp, gastronomi sektöründeki işletmelerin daha vizyonlu görünme, zamandan tasarruf etme, hizmet kalitesi ve kar marjını artırma gibi istekleriyle de doğrudan ilişkilidir (Çuhadar ve Demiray, 2022). Gastronomide yapay zeka uygulamaları, gıdanın topraktan çatala olan tüm serüveninde uygulanabilmektedir. Bununla birlikte, çalışmamızda gıda güvenliği alanındaki uygulamalar incelenmiş olup, işletmelerin tedarik zincirinde yani çiftlikten tüketiciye gelen aşamada nakliye, depolama vb. aşamalarda, herhangi bir kontaminasyonun engellenmesi için yapay zeka uygulamalarının kullanılabileceği çeşitli çalışmalarda bildirilmiştir. Yapay zeka uygulamalarında; kişilerin bir uygulamaya bilgileri anında kaydedebilmeleri ve bu bilgilerin değiştirilememesi sonucunda, hata yapma oranlarını en aza indirebilmiştir. Yapay zeka uygulamaları, gıda güvenliği ve

tedarik zinciri yönetiminin sağlıklı bir şekilde yönetilmesini ve besinlerin üretiminin en başından itibaren izlenmesini sağlamak ve güvenilirliklerini artırmak için blok zincir teknolojisinden faydalanılabileceği bazı çalışmalarda bildirilmiştir (Doğan, 2023). Ayrıca, kişilerin kişisel hijyen konusunda ne derece dikkatli oldukları, mutfak çalışma prosedürlerinde kritik öneme sahiptir. Yapay zeka teknolojileri ile, mutfakta kullanılan kameralarla kişilerin bu kurallara uyum durumlarının takibi yapılarak, kural ihlali yapan personelin bu durumlarını fotoğraflayarak gerekli uyarıların dahi yapılabildiği bazı çalışmalarda ifade edilmektedir (Çerkez ve Kızıldemir, 2020). Yine el hijyeninin uygulanması ile ilgili yapılan başka bir çalışmada; yapay zeka kullanılarak yapılan bir yazılıma, el yıkama kurallarıyla ilgili olarak; ‘el sabunlanır, su elin her tarafına değdirilir, ovulur, durulanır, kurulanır, el dezenfektanı uygulanır vb.’ gibi el tanıma kuralları yüklenerek, kişilerin makine öğrenimi sağlanmıştır. Ayrıca, bu uygulama kullanılırken nelere dikkat edileceği anlatıldıktan sonra kullanılması önerilmiş olup, buna benzer yapay zeka programlarının kullanımı konusunda kişilerin tutumları derinlemesine incelenmiştir. Bu amaçla; toplam 12 şef ile görüşme tekniği kullanılarak bir araştırma yapılmıştır. Çalışmada sonuçlar analiz edildiğinde, gıdaların daha çok el kullanılarak hazırlandığı, dolayısıyla el yıkamanın çok önemli olduğu ve yapay zeka kullanımına genel olarak olumlu baktıkları sonucuna ulaşmışlardır (Evans ve Bulochova, 2023). Yapılan araştırmaların çoğunda, gıda kaynaklı kontaminasyonların daha çok insan eli aracılığıyla aktarıldığını, dolayısıyla yapay zeka kökenli uygulamalar kullanıldığında insan eli faktörünün olabildiğince ortadan kalkması sebebiyle, gıda güvenliğinin daha çok sağlanacağı bildirilmektedir. Ayrıca yakın gelecekte, gıda üretiminde robot ellerin kullanılacağı, sınırlı zamanlarda ise robot şeflerin tüm parçalarının yıkanmaya ve dezenfeksiyona elverişli olacak şekilde tasarlanabileceği, hijyen prosedürlerinin sistemine yüklenmesi ile deterjanlara, sıcak veya tazyikli suya elverişli olacak şekilde tasarlanabileceği öngörülmektedir (Özgürel, 2021). Yapay zeka uygulamalarında kullanılan bilgisayar görüntü sistemlerinin, gıda güvenliği ve gıda kalite kontrolünde kullanılan geleneksel uygulamalara göre bazı avantajlarının olduğu bazı çalışmalarda belirtilmiştir. Söz gelimi, geleneksel kalite kontrol yöntemlerinde gıdalardan örnek alınmakta, gıdanın iç yapısı ve bütünlüğü bozulmakta, hatta ürün kayıpları ile karşı karşıya kalılabilmektedir. Yapay zeka uygulamalarında ise: Besinlerin iç ve dış

parametleri belirlenirken; gıdaların görüntüsünü veya içeriğini bozacak şekilde numune alınmadan bilgisayarlı tomografi vb. yöntemlerle ürünün sertlik, yumuşaklık, asitlik, mikrobiyal yük içeriği, patojen bilgisi, nem miktarı, pH değeri gibi bilgilere kızılötesi görüntüleme ile daha hızlı ulaşılmaya olanak tanınmaktadır (Chen ve Yu, 2021; Sharma ve Gahlawat, 2021). Bu ve buna benzer uygulamalarla, optik görüntüleme kullanılarak bazı önemli uygulamalar son yıllarda hayata geçmiştir. Örneğin; gıdalarda hijyen parametresi olarak kullanılan *Escherichia coli* bakterisinin yapay zeka destekli tespiti, sebze yetiştiricilerinin hava, konum ve su kalitesi verilerine dayalı olarak, yeşil yapraklı ürünlerindeki mikroorganizmalarının tespiti, gıda işçilerinin iş yerindeki davranış verileri ile (FAO) ABD Gıda ve İlaç Dairesi'nin, karides gibi ithal edilen deniz ürünlerinin riskli kısımlarının yapay zeka ile tespiti gibi uygulamalar söz konusudur. Ayrıca, mezbahanelerdeki karkaslardaki patolojik lezyonları ve dışkı kontaminasyonlarını tespit etmek için de bilgisayarlı görme sistemlerinin kullanıldığı bazı çalışmalar da belirtilmiştir (Kleter ve Bouzembrak, 2024).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Son yıllarda dünyada yaşam standartlarının artması, kişilerin teknolojiyle çok ilgili olması ve yakından takip etmesi, görüntü işleme alanındaki gelişmeler, yapay zeka teknolojilerinin bir çok alanda kullanıldığı gibi, gıda kalitesi ve güvenliği konusunda da kullanılmasını kaçınılmaz hale getirmiştir. Yapay zeka uygulamalarında kullanılan ekipmanların yorulmaması, maaş almaması, önyargıdan uzak olması, insan gücüne olan gerekliliği azaltması, güvenilir olması, yapılan işi daha kısa sürede ve yüksek doğrulukla yapması gibi avantajlarından dolayı, ilgi ve talep yüksektir. Diğer taraftan, maliyetli olması, insani duyguları gerektirecek iş ve işlemlerde yetersiz olması gibi dezavantajları da vardır. Yapay zekanın gıda güvenliği yönetiminde kullanımı, genel olarak pozitif sonuçlar vermiştir. Ancak, teknolojik altyapı eksiklikleri ve eğitim ihtiyaçları gibi zorluklar hala mevcuttur. Gelecekteki araştırmalar, bu engelleri aşmak için çözümler geliştirmeye odaklanmalıdır.

Çalışmamızda, bibliyometrik analiz yapılarak gıda güvenliği alanında kullanılan yapay zeka uygulamaları incelenmiş ve sadece ‘‘WOS’’

veri tabanı aracılığıyla İngilizce makalelerden çeşitli bilgiler alınmıştır. Buna karşın, literatürde başka veri tabanları ve Türkçe makaleler de mevcuttur. Bu çalışmamızın sınırlamalarından biridir. Çalışmamızın olumlu sonuçları ise: Pek çok ülkeden pek çok veriyi karşılaştırma imkanına ulaşılabilmesi, çalışmaların daha çok hangi ülkelerde, hangi yazarlar tarafından, hangi anahtar kelimelerle yapıldığını, hangi ülkelerin bu konuya daha az önem verdiğini görsel haritalarla inceleyebilme imkanı olmasıdır.

Sonuç olarak çalışmamızda; Amerika Birleşik Devletleri, Çin ve İngiltere gibi ülkelerin bu konuda en fazla çalışma yaptıkları, Türkiye, Malezya, İsviçre, Brezilya, Norveç gibi ülkelerin ise daha az sayıda çalışma yaptıkları sonucuna ulaşılmıştır. Aynı zamanda, Türkiye’de yapılan çalışmalarda; gıda güvenliği alanında kullanılan yapay zeka uygulamalarına dair içeriklerin, daha fazla geliştirilmesi gerektiği de elde edilen sonuçlar arasındadır. Ülkemizde bu konuda daha fazla çalışma yapılması gerektiği, ayrıca multidisipliner çalışmaların artırılması için, yüksek öğretimde yeni politikaların oluşturulması gerektiği, sonucuna varılmıştır. Hızla dijitalleşen dünyada Türkiye’nin bu alanda da söz sahibi olan ülkeler arasında yer alabilmesi için bu öneriler önem arz etmektedir.

Açıklama: Bu çalışma, Dilek Taşkiran’ın yüksek lisans bitirme projesinden yararlanılarak hazırlanmıştır.

KAYNAKLAR

- Alimentarius, C. (2010). Codex alimentarius commission. *Toxicological evaluation of certain veterinary drug residues in food*. Disponível em:< <http://www.codexalimentarius.net/web/jecfa.jsp>>. Acesso em, 28.
- Aung, M. M., & Chang, Y. S. (2014). Traceability in a food supply chain: Safety and quality perspectives. *Food control*, 39, 172-184.
- Aydın, Ş., & Çakır, M. U. (2022). Gastronomi ve dijitalleşme. *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi SBE Dergisi*, 12(4), 2143-2159.
- Boustani, N., Emrouznejad, A., Gholami, R., Despici, O., & Ioannou, A. (2023). Improving the predictive accuracy of the cross-selling of consumer loans using deep learning networks. *Annals of Operations Research*, 1-18.
- Buyuktepe, O., Catal, C., Kar, G., Bouzembrak, Y., Marvin, H., & Gavai, A. (2023). Food fraud detection using explainable artificial intelligence. *Expert Systems*, e13387.
- Castro, D., & New, J. (2016). The promise of artificial intelligence. *Center for data innovation*, 115(10), 32-35.
- Chen, T. C., & Yu, S. Y. (2021). The review of food safety inspection system based on artificial intelligence, image processing, and robotic. *Food Science and Technology*, 42, e35421.
- Chhetri, K. B. (2024). Applications of Artificial Intelligence and Machine Learning in Food Quality Control and Safety Assessment. *Food Engineering Reviews*, 16(1), 1-21.
- Çerkez, M., & Kızıldemir, Ö. (2020). Yiyecek-ıçecek işletmelerinde yapay zekâ kullanımı. *Türk Turizm Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 1264-1278.
- Çuhadar, M., Demiray, G., Öztürk, M., & Alabacak, C. H. (2022). Konaklama İşletmelerinde Yapay Zekâ ve Robotik Teknolojileri: Bibliyometrik Bir Analiz (Artificial Intelligence and Robotic Technologies in Lodging Properties: A Bibliometric Analysis). *Journal of Tourism & Gastronomy Studies*, 10(2), 1550-1580.
- Ding, H., Tian, J., Yu, W., Wilson, D. I., Young, B. R., Cui, X., ... & Li, W. (2023). The application of artificial intelligence and big data in the food industry. *Foods*, 12(24), 4511.

- Doğan, M. (2023). Yiyecek ve İçecek Sektöründe Endüstri 4.0 Uygulamaları: Gastronomi 4.0. *11. Uluslararası Mardin Artuklu Bilimsel Araştırmalar Kongresi*.
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of business research*, *133*, 285-296.
- Erbil, K. (2023). Gastronomide dijitalleşme, IoT uygulamalarının kullanılması ve gastroteknolojinin kavramsal çerçevede incelenmesi. *Journal of tourism research institute*, *4*(1), 39-47.
- Eriksson, T., Bigi, A., & Bonera, M. (2020). Think with me, or think for me? On the future role of artificial intelligence in marketing strategy formulation. *The TQM Journal*, *32*(4), 795-814.
- Evans, E. W., Bulochova, V., Jayal, A., & Haven-Tang, C. (2023). Attitudes towards using artificial intelligence to determine real-time hand hygiene compliance in the food sector. *Food Control*, *145*, 109439.
- FAO. (2020). Food safety and quality. Retrieved from (FAO website)(<http://www.fao.org/food-safety>).
- Feng, Y., Soni, A., Brightwell, G., Reis, M. M., Wang, Z., Wang, J., ... & Ding, Y. (2024). The Potential New Microbial Hazard Monitoring Tool in Food Safety: Integration of Metabolomics and Artificial Intelligence. *Trends in Food Science & Technology*, 104555.
- Frank, B. (2021). Artificial intelligence-enabled environmental sustainability of products: Marketing benefits and their variation by consumer, location, and product types. *Journal of Cleaner Production*, *285*, 125242.
- Gerdan, D., Koç, C., & Vatandaş, M. (2020). Gıda ürünlerinin izlenebilirliğinde blok zinciri teknolojisinin kullanımı. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, *16*(2), 8-14.
- Henson, S., & Caswell, J. (1999). Food safety regulation: an overview of contemporary issues. *Food policy*, *24*(6), 589-603.
- ISO, I. (2018). 22000: Food safety management systems—Requirements for any organization in the food chain. *International Standard*, 1-48.
- Jaison, F., & Ramaiah, N. S. (2022). A survey on traceability in food safety system using blockchain. *Journal of Discrete Mathematical Sciences and Cryptography*, *25*(3), 793-799.

- Jiang, Y., Li, X., Luo, H., Yin, S., & Kaynak, O. (2022). Quo vadis artificial intelligence?. *Discover Artificial Intelligence*, 2(1), 4.
- Kalra, J., Batra, D., Diwan, N., & Bagler, G. (2020, April). Nutritional profile estimation in cooking recipes. In *2020 IEEE 36th International Conference on Data Engineering Workshops (ICDEW)* (pp. 82-87). IEEE.
- Kamble, S. S., Gunasekaran, A., & Gawankar, S. A. (2020). Achieving sustainable performance in a data-driven agriculture supply chain: A review for research and applications. *International Journal of Production Economics*, 219, 179-194.
- Karabal, A. (2019). Gıda Mevzuatı ve Gıda Güvenliği. *International Journal of Social and Humanities Sciences*, 3(1), 179-198.
- Karant, S., Benefo, E. O., Patra, D., & Pradhan, A. K. (2023). Importance of artificial intelligence in evaluating climate change and food safety risk. *Journal of Agriculture and Food Research*, 11, 100485.
- Koç, G., & Uzmay, A. (2015). Gıda Güvencesi Ve Gıda Güvenliği: Kavramsal Çerçeve, Gelişmeler Ve Türkiye. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 21(1 ve 2), 39-48.
- Kudashkina, K., Corradini, M. G., Thirunathan, P., Yada, R. Y., & Fraser, E. D. (2022). Artificial Intelligence technology in food safety: A behavioral approach. *Trends in Food Science & Technology*, 123, 376-381.
- Lee, M., Kwon, W., & Back, K. J. (2021). Artificial intelligence for hospitality big data analytics: developing a prediction model of restaurant review helpfulness for customer decision-making. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 33(6), 2117-2136.
- Li, X., Liu, D., Pu, Y., & Zhong, Y. (2023). Recent advance of intelligent packaging aided by artificial intelligence for monitoring food freshness. *Foods*, 12(15), 2976.
- Liao, S.-H.; Yang, C.-A. (2021). Big data analytics and personalized recommendations of social network marketing. *Soc. netw. Anal. Min.* , 11, 1–19.
- Liu, Z., Wang, S., Zhang, Y., Feng, Y., Liu, J., & Zhu, H. (2023). Artificial intelligence in food safety: A decade review and bibliometric analysis. *Foods*, 12(6), 1242.

- Mariani, M. M., & Wamba, S. F. (2020). Exploring how consumer goods companies innovate in the digital age: The role of big data analytics companies. *Journal of Business Research*, 121, 338-352.
- Maru, A., Berne, D., Beer, J. D., Ballantyne, P. G., Pesce, V., Kalyesubula, S., ... & Chavez, J. (2018). Digital and data-driven agriculture: Harnessing the power of data for smallholders. *Global Forum on Agricultural Research and Innovation*.
- Marvin, H. J., Bouzembrak, Y., Van der Fels-Klerx, H. J., Kempenaar, C., Veerkamp, R., Chauhan, A., ... & Tekinerdogan, B. (2022). Digitalisation and Artificial Intelligence for sustainable food systems. *Trends in Food Science & Technology*, 120, 344-348.
- Marvin, H. J., Janssen, E. M., Bouzembrak, Y., Hendriksen, P. J., & Staats, M. (2017). Big data in food safety: An overview. *Critical reviews in food science and nutrition*, 57(11), 2286-2295.
- Mortimore, S., & Wallace, C. (2013). *HACCP: A practical approach*. Springer Science & Business Media.
- Mu, W., Kleter, G. A., Bouzembrak, Y., Dupouy, E., Frewer, L. J., Radwan Al Natour, F. N., & Marvin, H. J. P. (2024). Making food systems more resilient to food safety risks by including artificial intelligence, big data, and internet of things into food safety early warning and emerging risk identification tools. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 23(1), e13296.
- Niszczota, P., & Rybicka, I. (2023). The credibility of dietary advice formulated by ChatGPT: robo-diets for people with food allergies. *Nutrition*, 112, 112076.
- Özgürel, G. (2021). Turizmde robotlaşma: Yiyecek-içecek sektöründe robot şefler ve robot garsonlar. *OPUS International Journal of Society Researches*, 18(Yönetim ve Organizasyon Özel Sayısı), 1849-1882.
- Öztürk, H. M. (2020). Teknolojik gelişmeler ve gastronomi alanına yansımaları: Gastronomi 4.0. *Güncel Turizm Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 222-239.
- Panaligan, D., Sy, I. C. B., & Sarza, R. M. Harnessing artificial intelligence in microbial food safety: global progress and implications in the ASEAN region. *International Journal of Food Science & Technology*.

- Sadiku, M. N., Fagbohunge, O., & Musa, S. M. (2020). Artificial intelligence in food industry. *International Journal of Engineering Research and Advanced Technology*, 6(10), 12-19.
- Sharma, S., Gahlawat, V. K., Rahul, K., Mor, R. S., & Malik, M. (2021). Sustainable innovations in the food industry through artificial intelligence and big data analytics. *Logistics*, 5(4), 66.
- Uçar, A., Yılmaz, MV, & Çakiroglu, FP (2016). Gıda güvenliği sorunları ve çözümleri. *Gıda ile ilgili hastalıkların önemi, önlenmesi ve kontrolü* , 3 (10.5772), 63176.
- Wallace, CA ve Mortimore, SE (2016). Haccp. *Gıda endüstrisinde hijyen kontrolü el kitabında* (s. 25-42). Woodhead Yayıncılık.
- Whitehouse, S., Yordanova, K., Paiement, A., & Mirmehdi, M. (2016, October). Recognition of unscripted kitchen activities and eating behaviour for health monitoring. In *2nd IET International Conference on Technologies for Active and Assisted Living (TechAAL 2016)* (pp. 1-6). IET.
- WHO, World Health Organization, Food Safety, 2020, Retrieved from [WHO website](<https://www.who.int/health-topics/food-safety>: Erişim tarihi: 10 Temmuz 2024)).
- Zhou, Q., Zhang, H., & Wang, S. (2022). Artificial intelligence, big data, and blockchain in food safety. *International Journal of Food Engineering*, 18(1), 1-14.

BÖLÜM 2

ÜRETİMDEN TÜKETİME GIDA ÜRÜNLERİNDE EKONOMİK TÜKETİM DÖNGÜSÜ VE ÜRÜNLERİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ

Dr. Öğr. Üyesi Pırıl TEKİN¹

¹ Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, Türkiye. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2326-7571>, ptekin@atu.edu.tr

GİRİŞ

Tarım ve gıda sanayii entegrasyonu, özellikle gelişmekte olan ülkelerin ekonomisi için büyük önem arz etmektedir. Kalkınma sürecinde tarım-gıda entegrasyonunu etkin bir şekilde sağlamış olan gelişmiş ülkelerde ürünlerin sürdürülebilirliği oldukça iyi yapılmaktadır. Gıda sanayisi hammaddesini tarımdan alan, bu hammaddeleri farklı tekniklerle işleyen, ambalajlayan ve tüketime kadar muhafaza eden, böylece ürünleri dayanıklı bir şekilde tüketim aşamasına hazırlayan sektördür.

Zirai olarak üretilen ürünlerin daha lezzetli ve tüketiciler tarafından daha fazla talep gören uzun ömürlü hale dönüştürülmesi ile ürünlerin ekonomik değeri de artırılmaktadır. Çoğu üretici ülkede ürün hammadde satış fiyatı, ürünlere çok daha yüksek katma değer kazandırılarak farklı bir ürün grubuna dönüştürülen ülkelerdeki ürün fiyatlarından oldukça düşük kalmaktadır. Yeni ürünlerin üretiminin yapıldığı ülkeler ise bu ürünleri çok daha yüksek fiyatlarla hammadde üretiminin yapıldığı ülkelere satmaktadır. Bu ekonomik kayıpların yaşanmaması için tarım-gıda sanayisi sürdürülebilirliğinin sağlanması oldukça önemlidir.

Meyve üreticisinin ürünlerin satışı sonrası meyvenin nasıl işlendiği ve nasıl fiyatlandırıldığına dair bir bilgisi bulunmamaktadır. Meyvelerin taze halde tüketiminin yapılabileceği gibi, kurutularak tüketiminin yapılabileceği ya da belirli bir süre geçtikten sonra ürünlerin değerlendirilerek pekmez mi yapılacağı sirke ya da şaraba mı dönüştürüleceği net değildir. Her bir ürünün satış fiyatında yaşanacak farklılık ve kazanılacak kar marjı oldukça farklıdır. Bu nedenle ürünlerin tarıma dayalı sanayi şeklinde tüketiciye sunulması önemlidir. Ürünlerden sağlanan ekonomik kazancın artırılması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması bu nedenlerden dolayı günümüzde oldukça popülerdir.

Gıda sektörü, insan yaşamının sürdürülebilirliğini sağlamak ve ekonomik büyümeyi desteklemek açısından kritik bir öneme sahiptir. Üretimden tüketime kadar olan süreçte gıda ürünlerinin doğru yönetilmesi, hem ekonomik verimliliği hem de çevresel sürdürülebilirliği sağlamak için günümüzde temel bir gereklilik haline gelmiştir. Ele alınan bu bölümde, gıda ürünlerinin üretim, dağıtım, tüketim ve atık yönetimi süreçleri, ekonomik ve sürdürülebilir bir perspektifle incelenecektir.

Gelişmiş dijitalleştirme teknolojileri, modern çiftliklerin hayvan başına ekonomik katkıyı optimize etmesine, tekrarlanan çiftçilik görevlerinin

angaryasını azaltmasına ve daha az etkili izole çözümlerin üstesinden gelmesine yardımcı olabilir. Sonuç olarak, bu çalışma tarım sektöründeki dijitalleşmenin ve hassas hayvancılığın önemini ve etkilerini vurgulayarak, bu teknolojilerin tarımsal üretkenliği artırma ve çevresel sürdürülebilirliği destekleme potansiyelini ortaya koymayı amaçlamaktadır.

1. Gıda Sektöründe Ekonomik ve Sürdürülebilir Tüketim Döngüsünün Önemi

Gıda ürünlerinin üretiminden tüketime kadar olan ekonomik tüketim döngüsünü sürdürülebilirlik çerçevesinde incelemek günümüzde büyük öneme sahiptir. Bu bağlamda, gıda üretim süreçlerinde kullanılan kaynakların verimli kullanımı, tedarik zincirinin çevresel etkileri ve tüketim alışkanlıklarının sürdürülebilirlik üzerindeki rolünün doğru tanımlanması ve atık yönetimi stratejileri değerlendirilmeleri son yılların önem kazanan konuları arasındadır. Hem ekonomik hem de çevresel sürdürülebilirliği göz önünde bulundurarak, döngüsel bir gıda ekonomisinin nasıl inşa edilebileceğine dair çıkarımlar yapmak amacıyla ele alınan bu bölümde ayrıca gıda sektörü için stratejik öneriler sunarak hem ekonomik refahı artırmak hem de ekolojik dengeyi korumak amaçlanmaktadır.

Gıda sektörü, küresel ekonominin önemli bir parçasıdır ve dünya genelinde milyarlarca insanın yaşam döngüsünü sağlayarak ekonomik büyümeyi de teşvik eder. Ancak bu süreç, doğal kaynakların yoğun tüketimine ve çevresel bozulmaya da yol açmaktadır. Bu bağlamda, ekonomik sürdürülebilirlik, gıda tedarik zincirinin her aşamasında kaynakların etkin ve verimli kullanılmasını gerektirir.

Sürdürülebilir bir tüketim döngüsü, yalnızca ekonomik kazanç sağlamakla kalmaz, aynı zamanda çevresel etkileri minimize ederek gelecek nesillerin gıda güvenliğini de teminat altına alır. Dolayısıyla, gıda sektöründe sürdürülebilir tüketim döngüsünün önemi, hem ekonomik büyümenin sağlanmasında hem de ekolojik sistemlerin korunmasında hayati bir rol oynamaktadır.

2. Sürdürülebilirlik Kavramının Gıda Endüstrisindeki Rolü

Sürdürülebilirlik kavramı, günümüz gıda endüstrisinin karşı karşıya kaldığı en büyük zorluklardan birine çözüm sunmaktadır. Gıda üretim ve tüketimi, doğal kaynakların aşırı kullanımı, su kıtlığı, biyolojik çeşitlilik kaybı

ve karbon emisyonları gibi çevresel sorunlara yol açmaktadır. Bu sorunların üstesinden gelmek, ancak sürdürülebilir üretim ve tüketim modellerinin benimsenmesiyle mümkündür. Sürdürülebilirlik, gıda endüstrisinde kaynakların uzun vadeli korunmasını, atıkların en aza indirilmesini ve yenilikçi teknolojiler kullanılarak daha çevre dostu üretim yöntemlerinin uygulanmasını da teşvik etmektedir. Sürdürülebilirlik, toplumun gıda güvenliğini garanti altına alırken aynı zamanda ekonomik büyümeyi destekleyen temel bir faktör olarak da ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, gıda endüstrisinde sürdürülebilirlik kavramı, gelecekteki ekonomik ve çevresel dengeyi sağlamak için kritik bir öneme sahiptir.

GIDA ÜRETİM SÜRECİ VE SÜRECİN EKONOMİK ETKİLERİ

Gıda üretim süreci, kaynakların verimli kullanımı bakış açısıyla hem ekonomik büyüme hem de sürdürülebilirlik için önemli etkiler barındırır. Üretim aşamasında kullanılan yöntemler, teknolojiler ve yenilikçi yaklaşımlar, bu sürecin ekonomik maliyetini ve çevresel sonuçlarını belirler. Bu bölümde, gıda üretiminin geleneksel ve endüstriyel yöntemleri, üretim maliyetleri, teknolojik yeniliklerin etkisi ve sürdürülebilir üretim örnekleri incelenmektedir.

1. Gıda Üretim Süreçleri: Geleneksel ve Endüstriyel Yöntemler

Gıda üretimi sürecine tarihsel olarak geleneksel yöntemler ile başlamış, zamanla bu yöntemler yerini gelişen teknoloji ile endüstriyel süreçlere bırakmıştır. Geleneksel gıda üretim yöntemleri, çoğunlukla küçük ölçekli çiftçilik, yerel üretim ve daha az mekanize yöntemlerle karakterize edilir. Bu üretim biçimleri, daha düşük enerji kullanımı ve çevresel etki ile ön plana çıkarken, verimlilik açısından modern endüstriyel yöntemlerin gerisinde kalabilir. Öte yandan, endüstriyel üretim süreçleri, büyük ölçekli tarım, mekanizasyon ve yoğun kimyasal kullanım ile yüksek verim sağlamayı hedeflemektedir. Ancak, bu yöntemler genellikle çevresel sürdürülebilirlikten ödün vererek doğal kaynakların aşırı tüketimine ve ekosistemlerin bozulmasına yol açabilmektedir. Dolayısıyla, gıda üretiminde geleneksel ve endüstriyel yöntemler arasındaki denge, hem ekonomik hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından dikkatle değerlendirilmelidir.

Gıda üretim maliyetleri, ürünler için kullanılan kaynaklar, iş gücü, enerji ve teknolojiye bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Geleneksel üretim

süreçleri genellikle daha düşük maliyetli olabilir ancak modern endüstriyel üretim yöntemleri, ölçek ekonomisi sayesinde daha yüksek verimlilik ve maliyet avantajı sunmaktadır. Ekonomik verimlilik, üretim süreçlerinde kaynakların etkili şekilde kullanılmasını ifade eder ve bu da maliyetleri düşürerek karlılığı artırabilir. Ancak, süreç içerisinde ekonomik verimliliğin sürdürülebilirlikle dengelenmesi gereklidir; yüksek ekonomik verimlilik sağlayan üretim süreçleri, çevresel maliyetler ve sosyal etkiler açısından değerlendirildiğinde uzun vadede ekonomik kayıplara yol açabilir. Bu nedenle, gıda üretim süreçlerinin ekonomik verimliliği, sürdürülebilirlik perspektifiyle birlikte ele alınmalıdır.

2. Gıda Üretiminde Teknolojinin Rolü ve Yenilikçi Yaklaşımlar

Teknolojik gelişmeler, gıda üretiminde verimlilik ve sürdürülebilirliği artırma potansiyeline sahiptir. Tarımda dijitalleşme, akıllı tarım teknolojileri, hassas tarım teknikleri ve biyoteknoloji, üretim süreçlerini optimize ederek hem maliyetleri düşürebilir hem de çevresel etkileri minimize edebilir. Örneğin, hassas tarım yöntemleri, su, gübre ve pestisit kullanımını optimize ederek hem daha az kaynak tüketimine hem de daha yüksek verime olanak tanır. Ayrıca, biyoteknoloji, genetiği değiştirilmiş organizmalar (GDO) ve biyolojik tarım uygulamaları ile ürün çeşitliliğini ve dayanıklılığını artırarak üretim süreçlerini daha sürdürülebilir hale getirebilir. Bu yenilikçi teknolojilerin benimsenmesi, gıda üretiminde ekonomik kazanç sağlamanın yanı sıra, çevresel sürdürülebilirliği destekleyen önemli bir strateji haline gelmiştir.

Akıllı tarım teknolojileri, tarım süreçlerini izlemek ve optimize etmek amacıyla kullanılmaktadır. Bu amaçla günümüzde sıklıkla drone'lar ve sensörler yardımıyla veri analitiği yöntemleri de kullanılarak verimlilik artırılmaya çalışılmaktadır. Bu yardımcı yöntemler gereksiz kaynak kullanımını engelleyerek özellikle su, gübre ve ilaç kullanımı gibi girdilerin doğru miktarda ve doğru zamanlama ile kullanılmasına yardımcı olmaktadır. Özellikle son yıllarda sıklıkla, hasat zamanı kullanılan tarım robotları da, iş gücü maliyetlerini azaltarak daha hassas bir ürün hasadı yapılmasını sağlar. Teknoloji destekli tarım, kaynakların verimli kullanılmasını sağlayarak çevresel etkilerin minimize edilmesine yardımcı olur. Bu sayede hem ürün verimliliği hem de gelirleri artırılarak ekonomik sürdürülebilirliğin sağlanmasına yardımcı olur.

3. Sürdürülebilir Üretim Yöntemleri ve Ekonomik Kazanımlar

Sürdürülebilir gıda üretim yöntemleri, ekonomik kalkınma ile çevresel dengeyi bir arada sağlamayı amaçlayan stratejileri içerir. Organik tarım, biyodinamik tarım ve agroekolojik yaklaşımlar gibi sürdürülebilir üretim yöntemleri, doğal kaynakların korunmasını, biyolojik çeşitliliğin desteklenmesini ve karbon ayak izinin azaltılmasını hedefler. Bu yöntemler, kısa vadede daha yüksek maliyetlere yol açsa da, uzun vadede çevresel bozulmanın önlenmesi ve doğal kaynakların korunması sayesinde ekonomik kazançlar elde edilmesine olanak tanır. Ayrıca, sürdürülebilir üretim yöntemleri kullanılması günümüzde tüketiciler tarafından giderek daha fazla talep görmeye başlamış ve bu yaklaşım üreticilere daha fazla rekabet avantajı sunmuştur. Sonuç olarak, sürdürülebilir üretim, hem çevresel hem de ekonomik açıdan kazanç sağlayan bir strateji olarak son yıllarda gıda sektöründe giderek daha fazla önem kazanmaktadır.

TEDARİK ZİNCİRİ VE DAĞITIM AŞAMASINDA EKONOMİK VE SÜRDÜRÜLEBİLİR YAKLAŞIMLAR

Gıda tedarik zinciri, üretimden tüketiciye kadar olan süreçleri kapsayan karmaşık bir sistemdir. Özellikle hızlı bozulan gıda ürünleri için tedarik zincirlerinin desteklenmesi, bozulabilir ürünlerin tüketiciye daha hızlı ulaşmasını sağlamaktadır. Bu hem bozulma riskini azaltır hem de lojistik süreçlerindeki karbon ayak izini düşürür. Bu bölümde, gıda tedarik zincirinin yapısı ve işleyişi, ekonomik optimizasyon yöntemleri, sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda tedarik zincirinin yönetimi ve lojistik süreçlerin de enerji verimliliği konuları ele alınacaktır.

1. Gıda Tedarik Zincirinin Yapısı ve İşleyişi

Gıda tedarik zinciri, tarımsal üretimden başlayarak işleme, depolama, dağıtım ve nihai tüketiciye ulaşma aşamalarını içermektedir. Bu süreç, birçok paydaşın yer aldığı karmaşık bir ağıdır ve her aşama, hem ekonomik hem de çevresel etkiler açısından önemlidir. Gıda tedarik zincirinin yapısı, üreticiler, işleyiciler, dağıtım şirketleri ve perakendeciler gibi aktörlerin birbirleriyle etkileşimleri ile şekillenir. Her bir aktör, maliyetleri düşürme, verimliliği artırma ve müşteri memnuniyetini sağlama hedefleri doğrultusunda çeşitli stratejiler geliştirmektedir. Ancak, tedarik zincirinin işleyişi, çevresel sürdürülebilirliği de göz önünde bulundurmalıdır. Bu bağlamda, tedarik zincirinin tüm aşamalarında

sürdürülebilir uygulamaların benimsenmesi, kaynak kullanımını optimize ederken, çevresel etkilerin azaltılmasına katkı sağlayabilir.

Gıda ürünlerinin taşınması sırasında daha az enerji harcanması ve sürdürülebilir ambalajlama materyallerinin kullanılması, hem çevresel etkiyi azaltır hem de ürünlerin dayanıklılığını artırır. Akıllı ambalajlama teknikleri, bozulmayı önleyebilir ve tüketicilere ürünün tazeliği hakkında bilgi verebilir. Bunların yanında yerel ve kısa mesafeli tedarik zincirleri, taşımacılıkta enerji tüketimini ve çevresel etkileri azaltmaya yardımcı olur. Daha verimli lojistik ve ambalaj yöntemleri ile enerji tasarrufu ve çevrenin korunması da sağlanabilir.

2. Gıda Tedarik Zincirinde Ekonomik Optimizasyon

Gıda tedarik zincirinde ekonomik analiz ve optimizasyon, maliyetlerin azaltılması ve verimliliğin artırılması için kritik bir öneme sahiptir. Üretim aşamasında başlayan bu analiz ve optimizasyon süreci, işleme, depolama ve dağıtım aşamalarına kadar uzanmaktadır. Tedarik zinciri yönetiminde kullanılan çeşitli araçlar ve teknikler, bu sürecin etkinliğini artırmak için uygulanabilir. Örneğin, envanter yönetimi, talep tahmini ve sipariş yönetimi gibi yöntemler, maliyetleri düşürerek tedarik zincirinin verimliliğini artırabilir. Ekonomik optimizasyon stratejileri, sadece maliyetleri değil, aynı zamanda kaynakların etkin kullanımını da hedeflemekte olup, bu da sürdürülebilir bir tedarik zincirinin inşasına katkıda bulunur. Ayrıca, ekonomik optimizasyon, rekabet avantajı sağlayarak şirketlerin piyasa koşullarına daha hızlı uyum sağlamalarına yardımcı olmaktadır.

Özellikle hızlı bozulabilir gıdalar için, üretimden tüketime kadar olan süreçte en önemli avantaj, modern teknolojilerin kullanımı sayesinde bu ürünlerin kalitesinin korunması ve daha geniş kitlelere ulaştırılmasıdır. Ancak, bu süreç yönetiminde enerji yoğunluğu, çevresel etkileri ve gıda israfı karşılaşılan en önemli dezavantajlardır. Sürdürülebilir ekonomi açısından ise enerji verimli teknolojilerin kullanımı, geri dönüştürülebilir ambalaj kullanımı ve lojistik optimizasyonu gibi önlemler, hem çevresel hem de ekonomik olarak sürdürülebilirliği artırabilir. Ayrıca hızlı tüketim ürünlerinin doğru stoklanması, hem ürünlerin taze kalmasını hem de yaşanabilecek ekonomik kayıpları önlemeye yardımcı olur. Ürünlerin raf ömrü göz önünde bulundurularak yapılan doğru stok yönetimi, gıda israfını ve maliyet kayıplarını azaltır. Hızlı bozulabilir ürünlerin nakliyesi sırasında soğuk zincirin korunması ve zamanında teslimat

yapılması, ürünlerin tazeliğini korur. Lojistik süreçlerinin optimize edilmesi hem maliyetleri düşürür hem de enerji tasarrufu sağlar.

3. Sürdürülebilir Tedarik Zincirleri ve Karbon Ayak İzi Yaklaşımı

Sürdürülebilir tedarik zincirleri, çevresel etkilerin minimize edilmesi ve kaynakların verimli kullanılması hedefi doğrultusunda yapılandırılmıştır. Bu tür zincirler, çevresel sürdürülebilirliği sağlarken, ekonomik kazançları da beraberinde getirir. Karbon ayak izi azaltımı, sürdürülebilir tedarik zinciri yönetiminde önemli bir bileşendir. Tedarik zincirinin her aşamasında karbon salınımını azaltmayı amaçlayan stratejiler geliştirilmesi gerekmektedir. Örneğin, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, atık yönetiminde yenilikçi yaklaşımlar ve taşıma süreçlerinde optimize edilmiş güzergahlar, karbon ayak izini azaltmaya yardımcı olabilir. Ayrıca tüketici taleplerinin değişmesiyle birlikte, sürdürülebilir uygulamalara yönelik talep artmış, bu durum da şirketleri daha çevre dostu tedarik zinciri stratejileri geliştirmeye yöneltmektedir. Bu bağlamda, sürdürülebilir tedarik zincirleri, hem çevresel hem de ekonomik faydalar sağlama potansiyeline sahiptir.

Ürün raf ömürleri dikkate alınarak, hem ürünlerin taze kalmasını hem de yaşanabilecek ekonomik kayıpları minimize edecek doğru stok yönetimi ayrıca büyük önem arz etmektedir. Bozulabilir ürünlerin doğru stok yönetimi, gıda israfını ve maliyet kayıplarının azaltılmasına yardımcı olur. Özellikle bozulabilir ürünlerin nakliyesi sırasında soğuk zincirin korunması ve zamanında teslimat yapılması, ürünlerin tazeliğinin korunmasına, lojistik süreçlerinin optimize edilmesi ise hem maliyet kalemlerinin düşmesine hem de enerji tasarrufuna olanak sağlar. Doğru lojistik ve stok yönetimi, bozulmuş ürünlerden kaynaklanan kayıpları en aza indirir, bu da gelirlerin artmasına yardımcı olur. Enerji tüketimi ve karbon ayak izini azaltan lojistik optimizasyonu, çevresel sürdürülebilirliği artırır. Azalan bozulma oranı, çevresel maliyetlerin düşmesine yardımcı olur.

4. Lojistik ve Dağıtım Aşamasında Enerji Verimliliği

Lojistik ve dağıtım aşaması, gıda tedarik zincirinin en kritik bileşenlerinden biridir ve enerji verimliliği sağlamak, bu süreçte büyük önem taşımaktadır. Enerji tüketimi, genellikle tedarik zincirinin en büyük maliyet

kalemlerinden biridir ve bu nedenle enerji verimliliğini artırma stratejileri geliştirilmesi gerekmektedir.

Enerji verimliliği, taşıma süreçlerinin optimize edilmesi, uygun depolama yöntemlerinin kullanılması ve sürdürülebilir ulaşım çözümlerinin benimsenmesi gibi çeşitli yaklaşımlarla sağlanabilir. Örneğin, elektrikli araçların ve alternatif yakıtların kullanımı, enerji tüketimini azaltarak çevresel etkilerin en aza indirilmesine katkıda bulunabilir. Ayrıca, lojistik süreçlerinde otomasyon ve dijitalleşme, enerji verimliliğini artırmak için önemli bir fırsat sunmaktadır. Sonuç olarak, lojistik ve dağıtım aşamasında enerji verimliliği sağlamak, hem maliyetleri düşürmekte hem de çevresel sürdürülebilirliği desteklemektedir.

TÜKETİM SÜRECİ: EKONOMİK VE ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Tüketim süreci, gıda üretiminden sonra gelen en önemli aşama olup, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliği sağlamada kritik bir rol oynamaktadır. Bu bölümde, tüketici davranışlarının sürdürülebilirlik üzerindeki etkisi, ekonomik modellerin tüketim alışkanlıklarına yansımaları, gıda atıklarının azaltılması ve yerel ile organik gıda tüketiminin sağladığı faydalar incelenecektir.

1. Tüketici Davranışları ve Gıda Seçiminde Sürdürülebilirlik Kriterleri

Tüketici davranışları, gıda seçimlerinde sürdürülebilirlik kriterlerinin belirlenmesinde önemli bir etken olarak öne çıkmaktadır. Günümüzde, bilinçli tüketiciler, çevresel etkileri azaltan, etik üretim süreçleriyle üretilmiş ve sağlıklı besin değerlerine sahip gıdaları tercih etmeye yönelmektedir. Bu bağlamda, gıda etiketleri, çevresel sertifikalar ve organik standartlar gibi bilgiler, tüketicilerin karar verme süreçlerinde kritik rol oynamaktadır. Araştırmalar, sürdürülebilirlik ile ilgili bilgilerin artmasının, tüketici tercihlerinin bu yönde değişmesine katkı sağladığını göstermektedir. Dolayısıyla, tüketici davranışlarının sürdürülebilirlik hedefleriyle uyumlu hale gelmesi, gıda tüketiminde çevresel ve sosyal etkilerin azaltılmasına olanak tanımaktadır.

Bunların yanı sıra gıda ürünlerinin satışa sunulduğu pazarlarda/marketlerde gerçekleştirilen satış stratejileri ve indirim politikaları, ürünlerin son kullanma tarihi dolayısıyla satılmadan/tüketilmeden atık haline

geçmesi dolayısıyla sürdürülebilirliğini sekteye uğratabilir. Bu nedenle tüketim aşamasında, satış kanalında kullanılacak ekonomik gelir yönetimi politikaları doğru benimsenmelidir. Bu gelir yönetimi modelleri gerek dinamik gerekse farklı modeller ile desteklenmeli ve etkileri doğrultusunda elde edilecek verilerin geri bildirimleriyle sürdürülebilirliğinin sağlanması planlanmaktadır.

2. Tüketim Aşamasında Ekonomik Modeller ve Etkiler

Tüketim süreçlerinde kullanılan ekonomik modeller, bireylerin harcama alışkanlıklarını, tasarruf eğilimlerini ve gıda talebini etkileyen önemli unsurlardır. Neo-klasik ekonomik yaklaşımlar, bireylerin rasyonel kararlar alarak en yüksek faydayı sağlamayı hedeflediklerini varsayar. Bununla birlikte, davranışsal ekonominin ortaya koyduğu iç görüler, tüketici davranışlarının daha karmaşık ve duygusal temellere dayandığını ortaya koymaktadır. Gıda tüketiminde sürdürülebilirlik odaklı ekonomik modeller, tüketicilerin çevresel etkileri dikkate alarak daha bilinçli seçimler yapmalarını teşvik edebilir. Bu bağlamda, hükümet politikaları, fiyatlandırma stratejileri ve tüketici eğitim programları, sürdürülebilir gıda tüketimini destekleyen ekonomik modellerin uygulanmasına yardımcı olabilir.

Bunların dışında tüketicilerin bozulabilir ürünleri doğru şekilde muhafaza etmesi, gıda israfını azaltmaya yardımcı olmaktadır. Tüketicilerin kişisel doğru depolama yöntemleri kullanarak ve ürünlerin raf ömrü düşünülerek satın alma tutumu gerçekleştirmesi oldukça önemlidir. Tüketiciler, ihtiyaçları kadar gıda alarak israfı önleyebilirler. Ayrıca, bozulabilir ürünlerin tüketim süresi içinde değerlendirilmesi ve gıda atığının minimize edilmesi önemlidir. Bilinçli tüketiciler, gıdalarını doğru şekilde saklar ve kullanır, böylece bozulmadan önce tüketir ve israfı önler. Tüketim aşamasında gıda israfının azalması, kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlar.

Sürdürülebilir tüketim alışkanlıkları, gıda atıklarının azaltılması açısından hayati bir öneme sahiptir. Tüketicilerin gıda atıklarını minimize etme çabaları, yalnızca ekonomik fayda sağlamakla kalmaz, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirliğe de katkıda bulunur. Sürdürülebilir tüketim alışkanlıkları, planlı alışveriş, uygun depolama yöntemleri ve porsiyon kontrolü gibi uygulamaları içermektedir. Bu alışkanlıkların benimsenmesi, gıda atıklarını azaltarak, kaynak kullanımını optimize eder ve çevresel etkiyi en aza indirir. Ayrıca, gıda atıklarının geri dönüşümü ve kompostlama gibi yöntemler, sürdürülebilir

tüketim pratiğinin bir parçası olarak değerlendirilebilir. Dolayısıyla, sürdürülebilir tüketim alışkanlıklarının geliştirilmesi, hem ekonomik hem de çevresel açıdan önemli bir kazanım sağlamaktadır.

3. Yerel ve Organik Gıda Tüketiminin Ekonomik ve Çevresel Faydaları

Yerel ve organik gıda tüketimi, hem ekonomik hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Yerel gıdaların tüketilmesi, yerel ekonomiyi desteklerken, nakliye maliyetlerini ve karbon ayak izini azaltır. Bu, gıda üretiminde enerji verimliliği sağlarken, taze ve besin değeri yüksek ürünlerin elde edilmesine olanak tanır. Organik gıda üretimi ise kimyasal gübre ve pestisit kullanımını azaltarak, çevresel etkiyi minimize eder. Ayrıca, organik tarım uygulamaları, toprak sağlığını iyileştirir ve biyolojik çeşitliliği destekler.

Yerel ve organik gıda tüketimi, tüketicilerin daha bilinçli seçimler yapmalarını sağlarken, aynı zamanda toplulukları güçlendirerek sosyal sürdürülebilirliği de destekler. Bu bağlamda, yerel ve organik gıda tüketiminin teşvik edilmesi, hem ekonomik büyümeye hem de çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunabilir.

GIDA ATIKLARI VE GERİ DÖNÜŞÜM SÜRECİ

Gıda atıkları, hem ekonomik hem de çevresel açıdan önemli bir sorun teşkil etmektedir. Bu bölümde, gıda atıklarının küresel boyutta yarattığı ekonomik maliyetler, azaltılmasına yönelik stratejik yaklaşımlar, geri dönüşüm süreçlerinin ekonomik getirileri ve döngüsel ekonomi kavramı üzerinden sürdürülebilir gıda yönetimi ele alınacaktır.

1. Gıda Atıklarının Küresel Boyutta Ekonomik Maliyeti

Gıda atıkları, dünya genelinde ekonomik maliyetler açısından büyük bir yük oluşturmaktadır. FAO (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü) verilerine göre, yıllık bazda yaklaşık 1.3 milyar ton gıda israf edilmektedir, bu da toplam gıda üretiminin yaklaşık üçte birine tekabül etmektedir. Gıda atıklarının ekonomik maliyeti yalnızca israf edilen ürünlerin değeriyle sınırlı değildir. Bu atıkların ayrıca üretiminde harcanan kaynaklar, enerji tüketimi ve sera gazı emisyonları gibi çevresel faktörler de dikkate alınmalıdır. Gıda atıklarının

yönetimi konusunda yapılan yanlışlar, hem kaynak israfına yol açmakta hem de gıda güvenliği ve güvenliği konularında ciddi sorunlar ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle, gıda atıklarının ekonomik maliyetlerinin azaltılması, global ölçekte sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada kritik bir adım olarak değerlendirilmektedir.

2. Gıda Atıklarının Azaltılmasında Stratejik Yaklaşımlar, Geri Dönüşümü ve Ekonomik Getirileri

Gıda atıklarının azaltılması, hem çevresel sürdürülebilirliği sağlamak hem de ekonomik kayıpları en aza indirmek için önemlidir. Bu bağlamda, stratejik yaklaşımlar geliştirmek gerekmektedir. İlk olarak, gıda üretiminden tüketim aşamasına kadar olan süreçlerin optimize edilmesi, atık miktarını azaltmada etkili olabilir. Örneğin, doğru talep tahminleri ve stok yönetimi ile üretim aşamasındaki fazla ürün miktarı minimize edilebilir. Ayrıca, tüketicilere yönelik farkındalık artırma kampanyaları ve farklı satış stratejileri gıda atıklarının azaltılmasına yardımcı olabilir. Tüketicilerin, gıda alım alışkanlıklarını değiştirmeleri ve gıda israfını önlemek için bilinçli kararlar almaları teşvik edilmelidir. Bunun yanı sıra, gıda sektöründe sürdürülebilir uygulamaların benimsenmesi ve yenilikçi çözümler geliştirilmesi, gıda atıklarının azaltılmasına katkı sağlayabilir.

Gıda atıklarının geri dönüşümü, atık yönetiminde sürdürülebilir bir yaklaşım sunarak hem ekonomik hem de çevresel faydalar sağlamaktadır. Gıda atıkları, kompostlama, biyogaz üretimi ve diğer geri dönüşüm süreçleri aracılığıyla değerli kaynaklara dönüştürülebilir. Örneğin, kompostlama, organik atıkların doğal süreçler ile geri kazanılmasını sağlar ve bu, tarımda toprağın verimliliğini artırarak daha sağlıklı ürünler elde edilmesine olanak tanır. Biyogaz üretimi ise, gıda atıklarının enerjiye dönüştürülmesi yoluyla hem enerji ihtiyacını karşılayabilir hem de sera gazı emisyonlarını azaltabilir. Gıda atıklarının geri dönüşümü, ayrıca döngüsel ekonomiyi destekleyerek, kaynakların yeniden kullanımı ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşılmasına katkıda bulunur. Ekonomik olarak, bu geri dönüşüm süreçleri, işletmelere yeni gelir kaynakları yaratırken, aynı zamanda çevresel etkilerin azaltılmasına da yardımcı olur.

3. Döngüsel Ekonomi ve Sürdürülebilir Gıda Yönetimi

Döngüsel ekonomi, kaynakların verimli kullanımı ve atıkların minimize edilmesi prensipleri üzerine kurulu bir modeldir ve gıda yönetiminde sürdürülebilirliğin sağlanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu yaklaşım, gıda üretiminde atıkların en aza indirilmesi, geri dönüşüm süreçlerinin entegrasyonu ve kaynakların yeniden kullanımı gibi unsurları içermektedir. Döngüsel ekonomi modeli, gıda sistemlerinin daha sürdürülebilir hale gelmesine olanak tanıırken, doğal kaynakların korunmasını da destekler. Bu bağlamda, gıda sektöründe döngüsel ekonomi uygulamaları, tarımdan/çiftlikten sofraya kadar olan süreçlerin tüm aşamalarında sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmayı hedeflemektedir. Dolayısıyla, döngüsel ekonomi anlayışı, gıda yönetiminde çevresel, sosyal ve ekonomik sürdürülebilirliği destekleyen yenilikçi bir yol haritası sunmaktadır.

POLİTİKA VE DÜZENLEMELER: GIDA SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ İÇİN EKONOMİK TEŞVİKLER

Gıda sürdürülebilirliği, yalnızca üretim süreçlerini değil, aynı zamanda politika ve düzenlemeleri de kapsayan çok boyutlu bir yaklaşımdır. Bu bölümde, küresel ve yerel düzeydeki düzenlemelerin gıda sürdürülebilirliği üzerindeki etkileri, ekonomik teşvikler ve destekler, kamu ve özel sektör işbirliği ile sürdürülebilir gıda politikalarının ekonomik kazanımları ele alınacaktır.

1. Küresel ve Yerel Düzenlemelerin Gıda Sürdürülebilirliğine Etkisi ve Teşvikler

Küresel ve yerel düzenlemeler, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde gıda sürdürülebilirliğini etkileyen önemli faktörler arasında yer almaktadır. Uluslararası düzeyde, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH'lar) gibi girişimler, gıda güvenliği ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Bu hedefler, ülkelerin gıda sistemlerini dönüştürme ve sürdürülebilirlik standartlarını artırma çabalarını desteklemektedir. Yerel düzeyde ise, hükümetlerin gıda üretimi, dağıtımını ve tüketimi üzerinde belirleyici olan düzenleyici çerçeveler geliştirmesi önemlidir. Örneğin, çevresel etkilerin azaltılmasına yönelik yasalar, sürdürülebilir tarım uygulamalarını destekleyen teşvikler ve gıda atıklarının azaltılmasını hedefleyen stratejiler, yerel düzeyde etkili olabilir. Bu bağlamda, düzenlemelerin etkili bir

şekilde uygulanması, gıda sürdürülebilirliğinin artırılması için kritik bir unsurdur.

Ekonomik teşvikler, gıda sürdürülebilirliği hedeflerine ulaşmada önemli bir araçtır. Hükümetler, çiftçilere ve gıda üreticilerine yönelik mali teşvikler sunarak, sürdürülebilir tarım uygulamalarının benimsenmesini teşvik edebilir. Bu teşvikler, organik tarım, su tasarrufu teknikleri ve enerji verimliliği gibi konularda destekleyici programlar aracılığıyla gerçekleştirilebilir. Ayrıca, araştırma ve geliştirme projeleri için sağlanan fonlar, yenilikçi teknolojilerin ve sürdürülebilir gıda çözümlerinin geliştirilmesine katkıda bulunabilir. Ekonomik desteklerin yanı sıra, eğitim ve bilgilendirme programları da, üreticilerin sürdürülebilir uygulamaları benimsemelerine yardımcı olabilir. Bu tür ekonomik teşvikler, gıda sürdürülebilirliğini artırma çabalarını desteklerken, aynı zamanda yerel ekonomilerin güçlenmesine de katkıda bulunur.

Kamu ve özel sektör işbirliği, gıda sürdürülebilirliğinin sağlanmasında kritik bir rol oynamaktadır. Devletler, özel sektörün kaynaklarını, yenilikçi çözümlerini ve uzmanlıklarını kullanarak gıda sistemlerinin sürdürülebilirliğini artırabilir. Kamu-özel ortaklıkları, sürdürülebilir tarım uygulamalarının teşvik edilmesi, gıda atıklarının azaltılması ve çevresel etkilerin en aza indirilmesi konularında etkili olabilir. Örneğin, özel sektör, gıda üretiminde daha sürdürülebilir yöntemlerin benimsenmesi için teknolojik yenilikler geliştirebilirken, kamu sektörü bu yeniliklerin yaygınlaşmasını sağlamak için düzenleyici çerçeveler oluşturabilir. Bu işbirlikleri, ayrıca bilgi paylaşımını ve eğitim fırsatlarını artırarak, gıda sürdürülebilirliğinde ortak bir anlayışın oluşmasına katkıda bulunabilir.

2. Sürdürülebilir Gıda Politikalarının Ekonomik Kazanımları

Sürdürülebilir gıda politikaları, ekonomik kazanımlar açısından önemli fırsatlar sunmaktadır. Bu politikaların benimsenmesi, gıda sektöründe verimliliği artırarak maliyetlerin düşürülmesine ve kaynakların daha etkin kullanılmasına olanak tanır. Ayrıca, sürdürülebilir uygulamalar, gıda güvenliğini sağlarken, çevresel etkilerin azaltılmasına da katkıda bulunur. Uzun vadede, sürdürülebilir gıda politikaları, gıda sistemlerinin dayanıklılığını artırarak, iklim değişikliği gibi küresel zorluklara karşı dirençli hale gelmesine yardımcı olabilir. Bunun yanı sıra, sürdürülebilir gıda politikalarının uygulanması, yeni iş fırsatları yaratırken, yeşil ekonomi hedeflerine ulaşılmasına da katkı sağlar. Sonuç olarak,

sürdürülebilir gıda politikaları, hem çevresel hem de ekonomik faydalar sağlayarak, daha sürdürülebilir bir gelecek için önemli bir zemin oluşturur.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Ele alınan bu bölüm kapsamında, gıda üretiminden tüketime kadar olan süreçlerde sürdürülebilirliğin sağlanması adına elde edilen bulgular değerlendirilecek ve geleceğe yönelik stratejik öneriler sunulacaktır.

1. Genel Değerlendirme

Gıda ürünlerinin üretimden tüketime kadar olan süreçleri, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlik açısından karmaşık bir döngü oluşturur. Bu çalışmada, gıda üretim süreçleri, tedarik zinciri, tüketim alışkanlıkları, gıda atıkları ve bu süreçlerin yönetiminde politika ve düzenlemelerin rolü detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Gıda atıklarının azaltılması ve geri dönüşümü, döngüsel ekonomi uygulamaları ile birleştiğinde, kaynakların daha verimli kullanılmasına ve çevresel etkilerin en aza indirilmesine olanak tanımaktadır. Bunun yanı sıra, kamu ve özel sektör işbirlikleri ile sürdürülebilir gıda politikalarının benimsenmesi, yerel ve global düzeyde ekonomik kazanımları artırma potansiyeline sahiptir. Genel olarak, gıda sürdürülebilirliği, yalnızca çevresel değil, aynı zamanda sosyal ve ekonomik boyutlarıyla da ele alınması gereken bir meseledir.

2. Ekonomik ve Sürdürülebilir Gıda Yönetimi İçin Gelecek Perspektifleri

Gelecekte, gıda yönetiminin daha sürdürülebilir hale gelmesi için önemli fırsatlar bulunmaktadır. Teknolojinin hızla gelişmesi, gıda üretiminde verimliliği artıracak yenilikçi yöntemlerin ve çözümlerin geliştirilmesine olanak tanımaktadır. Dijitalleşme ve veri analitiği, tedarik zincirlerinin daha şeffaf ve izlenebilir hale gelmesine yardımcı olabilir. Ayrıca, tüketici farkındalığının artması, sürdürülebilir gıda tercihlerinin teşvik edilmesine katkıda bulunacak ve gıda sektörünün dönüşümünde etkili olacaktır. Bunun yanı sıra, iklim değişikliği ve doğal kaynakların azalması gibi küresel zorluklara karşı dayanıklılığı artırmak için sürdürülebilir gıda yönetimi uygulamalarının güçlendirilmesi gerekmektedir. Gelecekte, bu bağlamda oluşturulacak politikalar ve stratejiler, gıda sistemlerinin daha sürdürülebilir ve kapsayıcı hale gelmesine katkı sağlayacaktır.

3. Gıda Tüketim Döngüsünde Sürdürülebilirlik İçin Stratejik Öneriler

Gıda tüketim döngüsünde sürdürülebilirliği sağlamak için aşağıdaki stratejik önerilerin dikkate alınması önemlidir:

Tüketici Eğitimi ve Farkındalık: Tüketicilerin sürdürülebilir gıda seçimleri yapmaları için bilgilendirilmesi ve eğitilmesi, gıda atıklarının azaltılması ve sürdürülebilir tüketim alışkanlıklarının benimsenmesi açısından kritik öneme sahiptir.

Yerel Üretim Teşviki: Yerel gıda üreticilerinin desteklenmesi, taze ve sağlıklı gıdalara erişimi artırırken, karbon ayak izinin azaltılmasına da katkıda bulunur. Yerel pazarların ve topluluk destekli tarım sistemlerinin teşvik edilmesi önerilmektedir.

Döngüsel Ekonomi Uygulamaları: Gıda atıklarının geri dönüşüm süreçlerinin geliştirilmesi ve döngüsel ekonomi ilkelerinin uygulanması, kaynakların verimli kullanılmasına yardımcı olacaktır. Bu kapsamda, geri dönüşüm altyapısının güçlendirilmesi gerekmektedir.

Kamu-Özel İşbirlikleri: Kamu ve özel sektör arasındaki işbirliklerinin artırılması, sürdürülebilir gıda politikalarının etkinliğini artırabilir. Ortak projeler ve yenilikçi çözümler geliştirilmesi için işbirliklerinin desteklenmesi önemlidir.

Politika ve Düzenlemelerin Güçlendirilmesi: Gıda sürdürülebilirliğini artıracak düzenleyici çerçevelerin geliştirilmesi ve mevcut yasaların etkin bir şekilde uygulanması, sürdürülebilir gıda yönetimi açısından kritik öneme sahiptir.

Bu stratejik önerilerin hayata geçirilmesi, gıda tüketim döngüsünde sürdürülebilirliği sağlamak için gerekli adımları atmaya olanak tanıyacak ve daha sağlıklı, daha sürdürülebilir bir gıda sisteminin oluşumuna katkıda bulunacaktır.

KAYNAKLAR

- Banhazi, T.M., Lehr, H., Black, J., Crabtree, H., Schofield, P., Tscharke, M., Berckmans, D. (2012). Precision livestock farming: an international review of scientific and commercial aspects. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* 5: 1–9.
- Berckmans, D. (2017). General introduction to precision livestock farming. *Animal Frontiers* 7: 6–11.
- Bernhardt, H., Bozkurt, M., Brunsch, R., Colangelo, E., Herrmann, A., Horstmann, J., Kraft, M., Marquering, J., Steckel, T., Tapken, H., Weltzien, C., Westerkamp, C. (2021). Challenges For Agriculture Through Industry 4.0. *Agronomy*, 11(10): 1935.
- Bi, X., Wen, B., Zou., W. (2022). The Role of Internet Development in China's Grain Production: Specific Path and Dialectical Perspective. *Agriculture*, 12(3): 377.
- Borchers, M.R., Bewley, J.M. (2015). An assessment of producer precision dairy farming technology use, prepurchase considerations, and usefulness. *Journal of Dairy Science* 98: 4198–4205.
- Castillo-Díaz, F.J., Belmonte-Ureña, L.J., López-Serrano, M.J., Camacho-Ferre, F. (2023). Assessment of the sustainability of the European agri-food sector in the context of the circular economy. *Sustainable Production Consumption* 40: 398–411.
- Corallo, A. Latino, M.E. Menegoli, M. (2018). From industry 4.0 to agriculture 4.0: a framework to manage product data in agri-food supply chain for voluntary traceability, *Int. J. Nutr. Food Eng.* 12(5): 146–150.
- Ducrot, C., Bed'Hom, B., Béringue, V., et al.: 2011 'Issues and special features of animal health research', *Vet. Res.*, 42(1): p. 1
- Edwards, J.P., Rue, B.T.D., Jago, J.G. (2015). Evaluating rates of technology adoption and milking practices on New Zealand dairy farms. *Animal Production Science* 55: 702–709.
- Ellis, J.L. M. Jacobs, J. Dijkstra, H. van Laar, J.P. Cant, D. Tulpan, N. Ferguson, et al., (2020). *Animal* 1–15, <https://doi.org/10.1017/S1751731120000312>.
- Espósito, B., Sessa, M.R., Sica, D., Malandrino, O. (2020). Towards circular economy in the agri-food sector: A systematic literature review. *Sustainability*, 12(18): 7401.

- Erdogan, M. (2022). Assessing farmers' perception to Agriculture 4.0 technologies: a new interval-valued spherical fuzzy sets based approach, *Int. J. Intell. Syst.* 37(2): 1751–1801.
- Gargiulo, J.I., Eastwood, C.R., Garcia, S.C., Lyons, N.A. (2018). Dairy farmers with larger herd sizes adopt more precision dairy technologies. *Journal of Dairy Science* 101: 5466–5473.
- Grewal, D., Guha, A., Noble, S.M., Bentley, K. (2024). The food production – consumption chain: fighting food insecurity, loss and waste with technology. *Journal of the Academy of Marketing Science* 52: 1412-1430.
- Halachmi, I., Guarino, M., Bewley, J., Pastell, M. (2019). Smart animal agriculture: application of real-time sensors to improve animal well-being and production. *Annual review of animal biosciences*, 7: 403-425.
- Hamam, M., Chinnici, G., Vita, G.D., Pappalardo, G., Pecorino, B., Maesano, G., D'Amico, M. (2021). Circular economy models in agro-food systems: a review. *Sustainability*, 13(6): 3453.
- Javaid, M., Haleem, A., Singh, RP ve Suman, R. (2022). Tarım 4.0 teknolojilerinin uygulamaları aracılığıyla akıllı tarımın geliştirilmesi. *Uluslararası Akıllı Ağlar Dergisi* 3: 150-164.
- Katamreddy, S., Walsh, J., Ward, S., Riordan, D. (2019). Closed loop process control for precision farming: an Agriculture 4.0 perspective, in: 2019 30th Irish Signals and Systems Conference (ISSC), IEEE, June, pp. 1–6.
- Khan, A.A., Mei, B., Khan, S.U., Ali, M.S.A., Luo, J. (2024). Agri-food evolution and carbon emission in chinese residential consumption: a life cycle analysis of urban-rural disparities and socioeconomic influences. *Environmental Impact Assessment Review* 105: 107387.
- Lehtokunnas, T, Mattila, M., Narvanen, E., Mesiranta, N. (2022). Towards a circular economy in food consumption: food waste reduction practices as ethical work. *Journal of Consumer Culture*, 22(1): 227-245.
- Li, G., Huang, Y., Chen, Z., Chesser Jr, G. D., Purswell, J. L., Linhoss, J., Zhao, Y. (2021). Practices and applications of convolutional neural network-based computer vision systems in animal farming: A review. *Sensors*, 21(4): 1492.

- Liu, Y., Ma, X., Shu, L., Hancke, G.P., Abu-Mahfouz, A.M. (2020). From Industry 4.0 to Agriculture 4.0: current status, enabling technologies, and research challenges, *IEEE Trans. Ind. Inf.* 17(6): 4322–4334.
- Lugo, S.D.R., Kimita, K., Nishino, N. (2024). Food loss and waste: mixed analysis from the circular food economy. *EcoDesign for Sustainable Products, Services and Social Systems II*, Springer, 337-352.
- Lulovicova, A., Bouissou, S. (2024). Life cycle assesment as a prospective tool for sustainable agriculture and food planning at a local level. *Geography and Sustainability*, 5(2): 251-264.
- Nadimi, E.S., Jørgensen, R.N., Blanes-Vidal, V., et al.: (2012). ‘Monitoring and classifying animal behavior using ZigBee-based mobile ad hoc wireless sensor networks and artificial neural networks’, *Comput. Electron. Agric.*, 82, pp. 44–54
- Neethirajan, S. (2020). The role of sensors, big data and machine learning in modern animal farming. *Sensing and Bio-Sensing Research*, 29, 100367.
- Ncube, A., Fiorentino, G., Panfilo, C., Falco, M.D., Ulgiati, S. (2024). Circular economy paths in the olive oil industry: a life cycle assessment look into enviromental performance and benefits. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 29:1541–156.
- Oruma, S.O., Misra, S., Fernandez-Sanz, L. (2021). Agriculture 4.0: an implementation framework for food security attainment in Nigeria’s post-Covid-19 Era, *IEEE Access*, 983592–83627.
- Pham, L. M., Nguyen-Ba, H., Nguyen, H. S., Le, H. H. (2021). Simulation of precision feeding systems for swine. In *2021 13th International Conference on Knowledge and Systems Engineering (KSE)* (pp. 1-6). IEEE.
- Pomar, C., Hauschild, L., Zhang, G. H., Pomar, J., Lovatto, P. A. (2009). ‘Applying precision feeding techniques in growing-finishing pig operations. L’utilisation d’une alimentation de precision chez les porcs à l’engrais’, In *Proceedings of 45th Eastern Nutrition Conference of Canada*, pp. 103–16. Animal Nutrition Association of Canada, Quebec, Canada

- Raj, M., Gupta, S., Chamola, V., Elhence, A., Garg, T., Atiquzzaman, M., Niyato, D. (2021). A survey on the role of Internet of Things for adopting and promoting Agriculture 4.0, *J. Netw. Comput. Appl.* 187: 103-107.
- Romano, E., Brambilla, M., Cutini, M., Giovinazzo, S., Lazzari, A., Calcante, A., ... & Bragaglio, A. (2023). Increased Cattle Feeding Precision from Automatic Feeding Systems: Considerations on Technology Spread and Farm Level Perceived Advantages in Italy. *Animals*, 13(21): 3382.
- Schmilovitch, Z., Katz, G., Maltz, E., Kutscher, M.I., Sarig, M., et al. (2007). Spectroscopic fluid analyzer. US Patent No. US7236237B2
- Sevli, O. (2023). Tarım 4.0 ölçeğinde bir dijital tarım uygulaması: çiftlik izleme ve yönetim sistemi. *Uluslararası Sürdürülebilir Mühendislik ve Teknoloji Dergisi*, 7(2): 105-116.
- Sharma, B., Koundal, D. (2018). Cattle health monitoring system using wireless sensor network: a survey from innovation perspective. *IET Wireless Sensor Systems*, 8(4): 143-151.
- Steensels, M., Antler, A., Bahr, C., Berckmans, D., Maltz, E., Halachmi, I. (2016). A decision-tree model to detect post-calving diseases based on rumination, activity, milk yield, BW and voluntary visits to the milking robot. *Animal* 10: 1493–500 34.
- Steensels, M., Maltz, E., Bahr, C., Berckmans, D., Antler, A., Halachmi, I. (2017). Towards practical application of sensors for monitoring animal health: design and validation of a model to detect ketosis. *J. Dairy Res.* 84: 139–45 33.
- Suski, P., Speck, M., Liedtke, C. (2021). Promoting sustainable consumption with LCA-a social practice based perspective. *Journal of Cleaner Production* 283: 125234.
- Tylutki, T. P., Fox, D. G., Durbal, V. M., Tedeschi, L. O., Russell, J. B., Van Amburgh, M. E., ... Pell, A. N. (2008). Cornell Net Carbohydrate and Protein System: A model for precision feeding of dairy cattle. *Animal Feed science and technology*, 143(1-4): 174-202.
- Wathes, C.M., Kristensen, H.H., Aerts, J-M., Berckmans, D. (2008). Is precision livestock farming an engineer's daydream or nightmare, an animal's friend or foe, and a farmer's panacea or pitfall? *Computers and Electronics in Agriculture* 64: 2–10.

BÖLÜM 3

ZİRAİ ÜRÜNLERİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİNİN SAĞLANMASI VE ZİRAİ SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİN GELİR YÖNETİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

Dr. Öğr. Üyesi Pırıl TEKİN¹
Dr. Öğr. Üyesi Nurcan DEDEOĞLU²

¹ Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, Türkiye. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2326-7571>, ptekin@atu.edu.tr

² Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, Türkiye. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4008-2587>, ndedeoglu@atu.edu.tr

ÜRÜNLERİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ

Tarımsal üretim doğa koşullarına göre değişim göstermektedir. Ürün çeşidine ve dönemsel farklılıklara bağlı olarak tarımsal üretim miktarı değişim gösterirken, dünya genelinde artan nüfus ve kaynak kısıtı ürünlerin yaşam döngüleri boyunca sürdürülebilirliğini zorunlu hale getirmiştir. Ürünlerin sürdürülebilirliği, gıda israfını önlemek, çevre üzerindeki olumsuz etkileri en aza indirmek ve doğal kaynakların verimli kullanımını sağlamak açısından son derece kritiktir.

Meyve, sebze, süt, et ve balık gibi hızlıca bozulabilen ve doğru muhafaza edilmezse israf riski yüksek olan ürünlerin sürdürülebilirliğini artırmak için tarımsal üretimden tüketiciye kadar tüm süreçlerde dikkat edilmesi gereken çeşitli uygulamalar bulunmaktadır. Üretim aşamasından tüketim aşamasına kadar olan süreçte sürdürülebilir yaklaşımlar ve uygulamalar şu şekilde kategorize edilebilir;

1. Üretim Sürecinde Sürdürülebilirlik

Sürdürülebilir Tarım Uygulamaları: Ürünlerin sürdürülebilirliğini sağlamak, üretim aşamasında başlar. Tarımda özellikle kimyasal gübrelerin ve pestisitlerin kullanımını azaltarak doğal gübreler kullanılması, biyolojik zararlı kontrol yöntemleri uygulanması ve organik tarım uygulamaları teşvik edilmelidir. Toprak, su ve biyoçeşitliliğin korunması, uzun vadeli verimlilik ve kalite için oldukça önemlidir.

İklim Dayanıklı Çeşitler: İklim değişikliği etkilerine dayanıklı, yerel ve çeşitli bitki türlerinin tercih edilmesi, ürünlerin verimliliğini artırır. Böylece, iklim koşullarından etkilenmeden düzenli bir üretim yapılabilir ve kaynaklar daha verimli kullanılır.

Toprak ve Su Yönetimi: Su kaynaklarını verimli kullanmak, ürünlerin yetiştirilmesinde sürdürülebilirliği sağlamak için kritik öneme sahiptir. Bu amaçla damlama sulama sistemleri kullanılması, suyu verimli kullanarak hem çevrenin korunmasına hem de ürünlerin kalitesinin artırılmasına olanak sağlar.

Üretim Sürecinde Sürdürülebilirliğin Etkileri:

Çevresel Koruma: Tarımda doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı çevreye zarar vermeden yüksek verim sağlar.

Ürün Kalitesi: Sürdürülebilir yöntemlerle üretilen ürünler genellikle daha dayanıklı ve besin açısından zengindir.

2. Hasat ve Sonrası Uygulamalarda Sürdürülebilirlik

Hasat Zamanının Optimize Edilmesi: Ürünlerin olgunlaşma döneminde doğru zamanda hasat edilmesi bozulmayı önler. Bu nedenle ürünlerin olgunlaşmadan veya fazla bekletilmeden hasat edilmesi oldukça önemlidir.

Doğru Depolama ve Soğuk Zincir: Özellikle bozulabilir ürünlerin sürdürülebilirliği, doğru saklama koşullarına bağlıdır. Soğuk zincir uygulamaları, ürünlerin hasattan sonra bozulmadan aynı tazelikte uzun süre kalmasını sağlar. Bu nedenle, çiftlikten markete kadar olan süreçte ürünlerin düşük sıcaklıkta saklanması önemlidir.

Gıda İşleme ve Muhafaza Teknikleri: Gıda kurutma, fermantasyon, konserveleme ve dondurma gibi yöntemler bozulabilir ürünlerin raf ömrünü uzatır. Bu teknikler, ürünlerin daha uzun süre korunmasını sağlar ve gıda israfı minimize edilir.

Hasat ve Sonrası Uygulamalarda Sürdürülebilirliğin Etkileri:

Gıda İsrafının Azalması: Soğuk zincir ve doğru depolama ile ürünlerin taze kalması, bozulma oranlarını azaltır ve gıda israfını önler.

Enerji Verimliliği: Doğru muhafaza ve enerji verimli soğutma sistemleri, sürdürülebilir enerji kullanımını teşvik eder.

3. Tedarik Zincirinde Sürdürülebilirlik

Yerel Üretim ve Tüketim: Yerel tedarik zincirlerinin desteklenmesi, bozulabilir ürünlerin tüketiciye daha hızlı ulaşmasını sağlar. Bu da hem bozulma riskini azaltır hem de lojistik süreçlerde karbon ayak izini düşürür.

Lojistik ve Ambalajlama: Gıda ürünlerinin taşınması sırasında daha az enerji harcanması ve sürdürülebilir ambalajlama materyallerinin kullanılması, hem çevresel etkiyi azaltır hem de ürünlerin dayanıklılığını artırır. Akıllı ambalajlama teknikleri, bozulmayı önleyebilir ve tüketicilere ürünün tazeliği hakkında bilgi verebilir.

Tedarik Zincirinde Sürdürülebilirliğin Etkileri:

Karbon Ayak İzinin Azaltılması: Yerel ve kısa mesafeli tedarik zincirleri, taşımacılıkta enerji tüketimini ve çevresel etkileri azaltır.

Enerji Verimliliği: Daha verimli lojistik ve ambalaj yöntemleri ile enerji tasarrufu sağlanır ve çevre korunur.

4. Tüketici Aşamasında Sürdürülebilirlik

Tüketici Bilinçlendirilmesi: Tüketicilerin bozulabilir ürünleri doğru şekilde muhafaza etmesi, gıda israfını azaltır. Bu nedenle tüketicilere doğru depolama yöntemleri ve ürünlerin raf ömrü hakkında bilgi verilmesi ve doğru miktarda yani kullanılacak kadar ürün satın alım tutumu desteklenmelidir.

Akıllı Tüketim: Tüketiciler, ihtiyaçları kadar gıda alarak israfı önleyebilirler. Ayrıca, bozulabilir ürünlerin tüketim süresi içinde değerlendirilmesi ve gıda atığının minimize edilmesi önemlidir.

İsraf Azalması: Bilinçli tüketiciler, gıdalarını doğru şekilde saklar ve kullanır, böylece bozulmadan önce tüketir ve israfı önler.

Çevresel Faydalar: Tüketim aşamasında gıda israfının azalması, kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlar.

5. Gıda Atıklarının Yönetimi ve Döngüsel Sürdürülebilir Tarım

Kompostlama ve Biyogaz Üretimi: Bozulmuş veya kullanılmayan gıda ürünleri, atık olarak değerlendirilmek yerine kompostlanarak gübreye dönüştürülebilir ya da biyogaz üretiminde kullanılabilir. Bu, atıkların azaltılmasına ve doğal kaynakların yeniden kullanımına olanak tanır.

Döngüsel Tarım: Tarım atıklarının geri dönüştürülmesi, bozulabilir ürünlerin üretiminde kullanılan kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlar.

Gıda Atıklarının Yönetimi ve Döngüsel Sürdürülebilir Tarımın Etkileri:

Doğal Kaynakların Korunması: Atıkların dönüştürülmesi, tarımsal kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlar ve çevresel sürdürülebilirliği destekler.

Ekonomik Kazanımlar: Gıda atıklarının yeniden değerlendirilmesi, çiftliklerin maliyetlerini düşürür ve gelir kaynaklarını artırır.

6. Gıda Kurtarma ve Sosyal Yardım Projeleri

Gıda Bankaları ve Yardım Kuruluşları: Tüketim aşamasında bozulabilecek ancak hala yenilebilir durumda olan ürünler, gıda bankalarına veya ihtiyaç sahiplerine ulaştırılarak israf önlenir. Özellikle son kullanma tarihine yakın zamanlarda ürünlerin doğru müşterilere doğru fiyatla satışı, satış miktarının artırılarak kullanılmadan atık haline gelen ürün miktarını minimize etmektedir. Bu şekilde gıda israfı azaltılarak sosyal sürdürülebilirliğe katkıda bulunulur.

Gıda Kurtarma ve Sosyal Yardım Projelerinin Etkileri:

Sosyal Fayda: İhtiyaç sahiplerine gıda yardımı yapılması ya da doğru ürünleri doğru müşterilere doğru zamanda sunulması, hem israfı önler hem de sosyal dengeyi sağlar.

Gıda Güvenliği: Gıda bankaları, bozulabilir ürünleri zamanında değerlendirerek gıda güvenliğini artırır.

7. Genel Değerlendirme

Ürünlerin sürdürülebilirliğini artırmak, üretimden tüketime kadar her aşamada kaynakların verimli kullanımını gerektirir. Doğru üretim teknikleri, akıllı depolama ve lojistik çözümleri, tüketici bilinçlendirilmesi ve gıda atıklarının yönetimi bu sürecin temel unsurlarıdır. Sürdürülebilirlik, hem gıda israfını azaltarak ekonomik fayda sağlar hem de çevresel etkileri minimuma indirir.

ÜRÜNLERİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİNİ ARTIRMAYA YÖNELİK ZİRAAT ALANINDA YAPILMASI GEREKENLER

Ürünlerin örneğin sebze, meyve, süt, et gibi hızlı bozulabilir ürünlerin sürdürülebilirliğini artırmak için ziraat alanında yapılması gerekenler, hem çevresel hem de ekonomik sürdürülebilirliği sağlamayı amaçlar. Bu süreçlerde doğal kaynakların verimli kullanılması, çevreye verilen zararın minimize edilmesi ve gıda israfının önlenmesi hedeflenir. İşte bu kapsamda tarımsal

sürdürülebilirliği artırmak için yapılabilecek başlıca uygulamalar şu şekilde tanımlanabilir.

1. Daha Verimli Su Kullanımı

Damlama Sulama: Tarımsal sulama sırasında su kaybını önlemek ve bitkilere doğrudan ihtiyaçları kadar su sağlamak için damlama sulama sistemleri kullanılmalıdır. Bu yöntem, suyu verimli kullanarak hem maliyeti düşürür hem de çevresel sürdürülebilirliği artırır.

Toprak Nem Sensörleri: Toprak nemini sürekli izleyerek ne kadar su gerektiğini belirlemek, gereksiz sulamayı önler. Bu yöntem, su tasarrufu sağlarken ürünlerin büyümesini optimize eder.

Yağmur Hasadı: Doğal yağmur suyunu toplayarak bu suyu sulama amaçlı kullanmak, su israfını azaltır ve çiftçilerin su kaynaklarına bağımlılığını düşürür.

Daha Verimli Su Kullanımının Etkileri:

Sürdürülebilirlik: Su tüketimini azaltarak çevresel sürdürülebilirliği sağlar ve su kaynaklarının korunmasına yardımcı olur.

Verimlilik: Daha az su ile daha verimli üretim, uzun vadede maliyet avantajı yaratır.

2. Toprak Yönetimi ve Koruyucu Tarım

Organik Gübreleme: Kimyasal gübreler yerine organik gübrelerin (kompost, hayvan gübresi vb.) kullanımı, toprak yapısını iyileştirir ve çevresel etkileri azaltır. Organik gübreler, toprağın doğal minerallerini koruyarak daha sağlıklı bir tarım yapılmasına olanak tanır.

Toprak Erozyonunu Önleme: Ağaçlandırma, rüzgâr perdeleri ve teraslama gibi yöntemlerle toprağın erozyona uğramasını önlemek, uzun vadede tarım alanlarının verimliliğini artırır.

Ekolojik Tarım Uygulamaları: Mono kültür (tek tip ürün yetiştirme) yerine, ekolojik dengeyi korumak için çeşitlendirilmiş tarım yapılmalıdır. Bu uygulamalar hem toprak verimliliğini korur hem de doğal zararlılarla mücadelede kimyasal ilaçlara olan ihtiyacın azaltılmasına olanak sağlar.

Toprak Yönetimi ve Koruyucu Tarımın Etkileri:

Sürdürülebilirlik: Toprak yapısını iyileştirerek, uzun vadeli tarım sürdürülebilirliğini sağlar.

Ürün Verimliliği: Sağlıklı toprak, daha kaliteli ve bol ürün yetiştirilmesine olanak tanır.

3. Doğal Böcek Kontrolü ve Biyolojik Çeşitlilik

Entegre Zararlı Yönetimi (IPM): Kimyasal ilaçlar yerine, doğal yırtıcılar veya biyolojik mücadele yöntemleri kullanarak zararlılarla mücadele edilmesi, çevreye zarar vermeden sürdürülebilir bir tarım yapmayı sağlar. IPM, aynı zamanda kimyasal pestisit kullanımını en aza indirir.

Biyolojik Çeşitliliğin Korunması: Tarımsal alanlarda polinatörler (örneğin arılar) gibi doğal böcek türlerinin korunması, bitkilerin doğal döllenmesine yardımcı olur ve daha verimli bir ürün elde edilmesini sağlar.

Doğal Böcek Kontrolü ve Biyolojik Çeşitliliğin Etkileri:

Sürdürülebilirlik: Kimyasal kullanımını azaltarak ekosisteme zarar vermeyen bir üretim sağlar.

Verimlilik: Doğal döllenme ve zararlı kontrolü sayesinde ürün kayıpları azaltılarak, ürünlerin verimliliği maksimize edilir.

4. Yerel ve Dayanıklı Ürün Çeşitleri Kullanımı

İklim Dayanıklı Türler: Yerel ve iklim koşullarına dayanıklı ürün çeşitlerinin seçilmesi, daha az su, gübre ve pestisit kullanımı gerektirir. Bu, özellikle kuraklık ve diğer iklimsel zorluklara karşı dayanıklılığı artırır.

Tohum Çeşitlendirmesi: Genetik çeşitlilik içeren tohumların kullanılması, hastalıklara ve zararlılara karşı daha dirençli ürünler yetiştirilmesini sağlar. Ayrıca, farklı türlerin kullanılması toprak sağlığını destekler.

Yerel ve Dayanıklı Ürün Çeşitleri Kullanımının Etkileri:

Sürdürülebilirlik: İklim değişikliklerine uyum sağlayan ürünler, tarımın uzun vadede sürdürülebilir olmasına imkân sağlar.

Gelir Yönetimi: Daha dayanıklı ürünler yardımıyla hasat kayıpları en aza indirilir ve çiftçilerin geliri güvence altına alınır.

5. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kullanımı

Güneş Enerjisi: Tarımda elektrik ihtiyacını karşılamak için güneş enerjisi sistemlerinin kullanılması, hem enerji maliyetlerini düşürür hem de çevresel etkileri azaltır. Güneş enerjisiyle çalışan sulama sistemleri veya çiftliklerde kullanılan makineler bu alanda verim sağlar.

Biyogaz Üretimi: Tarım atıklarından biyogaz üretmek, çiftliklerin enerji ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılabilir. Ayrıca, atık yönetimi de bu sayede kolaylaştırılır.

Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kullanımının Etkileri:

Sürdürülebilirlik: Yenilenebilir enerji kullanımı, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltarak çevresel sürdürülebilirliği artırır.

Verimlilik: Enerji maliyetlerinin düşmesi, çiftçilerin kârını artırarak kaynak tasarrufu sağlar.

6. Döngüsel Tarım ve Atık Yönetimi

Kompostlama: Tarım ve gıda atıklarının kompostlanarak gübreye dönüştürülmesi, hem atıkların azaltılmasını sağlar hem de doğal gübre kaynağı yaratır. Bu da kimyasal gübre kullanımını azaltır.

Tarımda Atık Yönetimi: Tarım uygulamalarında ortaya çıkan bitki kök, sap, yapraklar, tohum ve çiçek gibi atıklar, toprak besinleri, biyo-pestisitler, organik madde, enerji, biyo bazlı yağ, plastikler ve deri, kâğıt ve mukavva ve diğer tarımsal, gıda ve ilaç ürünleri gibi çeşitli ürünler için hammadde olarak kullanılabilen proteinler, lignin, polifenoller, lifler ve karbonhidratlar dâhil olmak üzere yüksek miktarda önemli biyoaktif bileşikler içerir. Yenilikçi atık değerlendirme stratejileri kullanılarak, önemli biyoaktif bileşen içeren tarımsal atıkların kullanılmayan potansiyeli açığa çıkarabilir, çevre üzerindeki etkileri en aza indirebilir, kaynak kullanımını optimize edebilir ve daha sürdürülebilir ve dayanıklı bir tarım sektörü oluşturulabilir. Böylelikle atık üretimi azaltılarak, çevresel etki en aza indirilebilir ve tarımsal atıkları değerli kaynaklara dönüştürerek ekonomik fırsatlar yaratılabilir.

Döngüsel Tarım ve Atık Yönetiminin Etkileri:

Sürdürülebilirlik: Atık yönetimi, kaynak kullanımını optimize ederek çevresel etkileri azaltır.

Ekonomik Avantaj: Atıkların değerlendirilmesi, çiftliklerin maliyetlerini düşürerek gelirlerini artırır.

7. Dijital Tarım ve Akıllı Teknolojilerin Kullanımı

Akıllı Tarım Teknolojileri: Tarım süreçlerini izlemek ve optimize etmek için drone ve sensörlerin kullanılması ve veri analitiği yöntemlerinden yararlanılması, verimliliği artırır ve gereksiz kaynak kullanımını önler. Özellikle su, gübre ve ilaç gibi girdilerin doğru miktarda ve zamanda kullanılması sağlanır.

Tarım Robotları: Özellikle hasat zamanı kullanılan tarım robotları, iş gücü maliyetlerini azaltır ve daha hassas bir ürün hasadı yapılmasını sağlar.

Dijital Tarım ve Akıllı Teknolojileri Kullanımının Etkileri:

Sürdürülebilirlik: Kaynakların verimli kullanılması, çevresel etkileri minimize eder.

Verimlilik ve Gelir Yönetimi: Teknoloji destekli tarım, hem ürün verimini hem de gelirleri artırarak ekonomik sürdürülebilirliği sağlar.

8. Genel Değerlendirme

Bozulabilir ürünlerin tarımsal sürdürülebilirliğini artırmak için su, toprak, enerji ve zararlı yönetimi gibi konularda daha verimli ve çevre dostu yöntemler uygulanmalıdır. Bu yaklaşımların tercih edilmesi, hem ürün verimliliğini artırarak çiftçilere ekonomik fayda sağlar hem de çevresel etkileri azaltarak doğal kaynakların korunmasına katkıda bulunur. Gıda israfını önlemek ve tarım kaynaklarını daha etkin kullanmak, sürdürülebilir bir tarım için kritik öneme sahiptir.

BOZULABİLİR ÜRÜNLERİN İSRAFINI AZALTMAYA YÖNELİK ZİRAAT ALANINDA YAPILMASI GEREKENLER

Bozulabilir ürünlerin israfını azaltmak, tarımsal sürdürülebilirlik için önemli bir hedefdir. Gıda israfının hem ekonomik kayıplara yol açtığı hem de çevresel etkileri artırdığı dikkate alındığında, günümüzde tarım alanında israfi azaltmaya yönelik yapılabilecek birçok uygulama ve stratejinin kullanılmasını zorunlu hale getirmektedir. İşte bu amaçla tarımsal anlamda yapılması gereken başlıca uygulamalar şu şekilde sıralanmaktadır;

1. Doğru Hasat Zamanlaması

Hasat Zamanının Optimize Edilmesi: Ürünlerin olgunlaşma döneminde, doğru zamanda hasat edilmesi bozulmayı önler. Geç veya erken hasat edilen ürünler daha hızlı bozulma eğilimindedir, bu nedenle olgunlaşma periyodunun yakından izlenmesi ve teknolojik araçlarla (örneğin hasat takvimleri, drone'lar, sensörler) optimize edilmesi gerekir.

Hasat Tahmin Modelleri: Tarım teknolojileri kullanılarak bitki büyümesi ve olgunlaşma dönemleri izlenebilir. Bu veriler kullanılarak hasat zamanı en iyi şekilde belirlenebilir.

Doğru Hasat Zamanlamasının Etkisi: Doğru zamanda hasat edilen ürünler, tazeliklerini korur ve daha uzun raf ömrüne sahip olur. Bu da israfın azaltılarak sürdürülebilir tarım uygulamalarına olanak sağlar.

2. Akıllı Sulama ve Gübreleme

Damlama Sulama ve Hassas Gübreleme: Bitkilere gerektiği kadar su ve besin verilmesi, ürünlerin sağlıklı bir şekilde büyümesini sağlar. Fazla sulama veya gübreleme, ürün kalitesini düşürebilir ve ürünlerin bozulmasını hızlandırabilir.

Toprak Nem Sensörleri: Bu sensörler, bitkilerin ihtiyaç duyduğu su miktarını belirleyerek doğru sulama yapılmasını sağlar. Fazla veya yetersiz sulama, ürünün verimini düşürebilir ve daha çabuk bozulmasına neden olabilir.

Akıllı Sulama ve Gübrelemenin Etkisi: İyi sulama ve gübreleme, ürünlerin sağlıklı büyümesini destekler, hasat sonrası daha uzun süre dayanmasını sağlar ve israfı önler.

3. Soğuk Zincir ve Depolama İyileştirmeleri

Soğuk Hava Depolama: Ürünlerin hasat sonrası bozulmalarını önlemek için soğuk zincir uygulamaları gereklidir. Soğuk hava depoları, ürünlerin hasattan sonra daha uzun süre taze kalmasını sağlar ve bozulmayı önler.

Mobil Soğutma Sistemleri: Üretim sahasında veya tarlada mobil soğutma sistemlerinin kullanılması, hasat edilen ürünlerin nakliye ve depolama öncesinde sıcaklığa maruz kalmalarını engeller.

Soğuk Zincir ve Depolama İyileştirmelerinin Etkisi: Soğuk zincirin korunması, hasat sonrası bozulmayı geciktirir ve ürünlerin raf ömrünü uzatarak israfı azaltır.

4. Doğru Ambalajlama ve Lojistik Yönetimi

Sürdürülebilir ve Akıllı Ambalajlama: Akıllı ambalaj teknolojileri, doğal mikrobiyal büyümenin engellenmesi, patojen kontrolünün sağlanması, gıdanın kimyasal stabilitesinin iyileştirilmesi ve raf ömrünün artması nedeniyle ürünlerin tazeliğini izleyip uygun koşullarda saklanmasını sağlar. Örneğin, nemi ve oksijeni kontrol eden ambalajlar, meyve ve sebzelerin daha uzun süre dayanmasını sağlar. Ayrıca, gıda israfını azaltmak için dayanıklı ve geri dönüşümlü ambalajlar kullanılabilir. Bu yeni yöntem, maliyetleri azaltabileceği ve kârlılığı artırabileceği için ekonomik olarak da daha uygulanabilir bir yöntemdir.

Yerel Tedarik Zincirleri: Lojistik süreçlerin yerel tedarik zincirleri üzerinden yönetilmesi, ürünlerin daha kısa sürede tüketiciye ulaşmasını sağlar. Bu, ürünlerin bozulma riskini azaltır.

Doğru Ambalajlama ve Lojistik Yönetiminin Etkisi: İyi ambalajlama ve hızlı lojistik, ürünlerin daha taze kalmasını sağlar ve bozulma oranını düşürerek israfın minimize edilmesine yardımcı olur. Bu sayede ürün sürdürülebilirliğinin sağlanması maksimum düzeyde sağlanabilir.

5. Verimli Hasat ve Sonrası Uygulamaları

Hasat Sonrası İşleme Teknikleri: Hasattan hemen sonra ürünlerin doğru şekilde işlenmesi ve sınıflandırılması, bozulmalarını engeller. Örneğin, bozulmaya yatkın ürünlerin hızlıca işlenip paketlenmesi gerekir.

Yeniden Değerlendirme: Hasat sonrası bozulma eğiliminde olan ürünler, atılmak yerine başka ürünlere dönüştürülebilir. Örneğin, fazla olgunlaşmış meyveler meyve suyu, reçel veya kompost olarak kullanılabilir.

Verimli Hasat ve Sonrası Uygulamalarının Etkisi: Bozulmaya başlamış ürünlerin hızlıca değerlendirilmesi, hem israfı hem de ekonomik kayıpları önler.

6. Çeşitlendirilmiş Ürün Ekimi ve Rotasyon

Ekosistem Hizmetleri ve Çeşitlendirilmiş Ürün Ekimi: Tek tip ürün yetiştirmek yerine, ürün rotasyonu ve çeşitlendirilmiş ekim yapılmalıdır. Bu, toprak sağlığını iyileştirir ve zararlılara karşı daha dirençli ürünlerin yetişmesini sağlar.

Mevsimsel Ürün Ekim Planlaması: Doğru mevsimlerde ve uygun iklim koşullarında yapılan ekim, ürünlerin daha sağlıklı ve verimli olmasını sağlar. Ayrıca, doğal kaynakların verimli kullanılması ve çevresel etkilerin azaltılması sağlanır.

Çeşitlendirilmiş Ürün Ekimi ve Rotasyonun Etkisi: Sağlıklı ve dayanıklı ürünler, daha az bozulur ve bu da israfın önlenmesine katkı sağlar.

7. Gıda İsrafını Azaltmaya Yönelik Eğitim ve Bilinçlendirme

Çiftçi Eğitimi: Çiftçiler, ürünlerin bozulmasını önlemek ve verimliliği artırmak için sürdürülebilir tarım yöntemleri hakkında eğitilmelidir. Modern tarım teknikleri, gıda güvenliği ve depolama yöntemleri üzerine eğitimler, israfı azaltmaya yardımcı olur.

Tüketici Bilinçlendirmesi: Tüketiciler, taze ürünlerin doğru şekilde saklanması ve tüketilmesi konusunda bilinçlendirilmelidir. Özellikle ürünlerin raf ömrü ve doğru depolama koşulları hakkında bilgi verilmesi, evlerde gıda israfını azaltabilir.

Gıda İsrafını Azaltmaya Yönelik Eğitim ve Bilinçlendirmenin Etkisi: Hem çiftçi hem de tüketicinin bilinçlenmesi, gıda israfını önlemede kritik rol

oynar. Böylelikle üretimden tüketime tüm aşamalarda gıda sürdürülebilirliği daha verimli şekilde sağlanmış olur.

8. Akıllı Tarım Teknolojileri ve Veri Analizi

Sensörler ve Tarımsal İzleme Sistemleri: Hasat zamanı, su ve besin ihtiyaçları gibi faktörleri izleyen sensörler kullanılarak ürünlerin verimi artırılabilir ve hasat sonrası bozulma önlenir.

Drone ve Uydu Tabanlı Tarım İzleme: Drone'lar ve uydu teknolojileri kullanarak ürünlerin sağlık durumu ve olgunlaşma süreçleri izlenebilir. Bu da çiftçilerin doğru zamanda hasat yapmalarına yardımcı olur ve ürün kayıplarını önler.

Akıllı Tarım Teknolojileri ve Veri Analizinin Etkisi: Teknolojinin tarıma entegrasyonu, ürünlerin bozulma riskini azaltarak israfı minimuma indirir.

9. Gıda Kurtarma ve Yeniden Değerlendirme Projeleri

Gıda Bankacılığı ve Yardım Programları: Hasat sonrası pazarlarda veya tüketiciye ulaşamayan ürünler, bozulmadan önce gıda bankalarına veya yardım kuruluşlarına yönlendirilerek değerlendirilmelidir.

Artan Ürünlerin Değerlendirilmesi: Pazarlama veya kalite standartlarına uymayan ancak hala yenilebilir olan ürünlerin gıda olarak kullanılması veya farklı şekillerde işlenmesi (örneğin, meyve suyu, püre gibi) gıda israfını azaltır.

Gıda Kurtarma ve Yeniden Değerlendirme Projelerinin Etkisi: Yeniden değerlendirme projeleri, israfı önler ve kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlar.

10. Genel Değerlendirme

Bozulabilir ürünlerin israfını azaltmak için ziraat anlamında hasat süreçlerinin optimize edilmesi, su ve gübre kullanımının verimli yapılması, soğuk zincir ve lojistik süreçlerinin iyileştirilmesi, modern tarım teknolojilerinin kullanılması ve eğitim çalışmaları gibi önlemler alınmalıdır. Bu stratejiler, ürünlerin tazeliğini ve raf ömrünü uzatarak hem ekonomik kayıpları önler hem de çevresel etkileri azaltır.

TARIMSAL ÜRÜNLERİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİNDE GELİR YÖNETİMİNİN YERİ VE ÖNEMİ

Bozulabilir ürünlerin (örneğin süt, et, meyve-sebze) sürdürülebilirliği açısından gelir yönetimi kavramı, ürünlerin doğası gereği kısa raf ömrüne sahip olmaları nedeniyle farklı stratejiler gerektirir. Bu ürünlerin doğru gelir yönetimi, hem üreticiler hem de perakendeciler için sürdürülebilirliğin ekonomik boyutunu iyileştirebilir ve çevresel etkileri azaltabilir. Bozulabilir ürünlerin sürdürülebilirlikte gelir yönetimi süreci ve sürecin etkileri aşağıda detaylı olarak tartışılmaktadır.

1. Dinamik Fiyatlandırma ve Talep Tahmini

Dinamik Fiyatlandırma: Bozulabilir ürünlerde talep hızla değişebilir. Dinamik fiyatlandırma, ürünlerin raf ömrü yaklaştıkça fiyatları düşürerek stokların israf olmadan satılmasını sağlar. Örneğin, marketlerde raf ömrü dolmaya yaklaşan ürünlerin fiyatları indirilir ve bu sayede gıda israfı azaltılarak gelir miktarı artırılabilir.

Talep Tahmini: Talep tahmini, doğru miktarda üretim ve stok planlaması yaparak gereksiz üretim ve gıda israfını önler. Bozulabilir ürünlerde doğru tahmin, fazla üretim yapmaktan veya yetersiz stokla müşteri kaybetmekten kaçınmayı sağlar.

Dinamik Fiyatlandırma ve Talep Tahmininin Etkileri:

Gelir Yönetimi: Talep tahmini ve dinamik fiyatlandırma sayesinde firmalar, bozulma riskini minimize ederek gelirlerini artırabilir. Stok yönetimindeki kayıplar azalır ve atıl stokların maliyeti düşer.

Sürdürülebilirlik: Gıda israfının azalmasıyla çevresel etkiler, özellikle sera gazı emisyonları ve su tüketimi düşer. Daha az boşa harcanan kaynak, çevreye olan baskıyı azaltır.

2. Stok Yönetimi ve Lojistik Optimizasyonu

Stok Yönetimi: Bozulabilir ürünlerin doğru stoklanması, hem ürünlerin taze kalmasını hem de ekonomik kayıpları önler. Ürünlerin raf ömrü göz önünde bulundurularak yapılan doğru stok yönetimi, gıda israfını ve maliyet kayıplarını azaltır.

Lojistik Optimizasyonu: Bozulabilir ürünlerin nakliyesi sırasında soğuk zincirin korunması ve zamanında teslimat yapılması, ürünlerin tazeliğini korur. Lojistik süreçlerinin optimize edilmesi hem maliyetleri düşürür hem de enerji tasarrufu sağlar.

Stok Yönetimi ve Lojistik Optimizasyonunun Etkileri:

Gelir Yönetimi: Doğru lojistik ve stok yönetimi, bozulmuş ürünlerden kaynaklanan kayıpları en aza indirir, bu da hem gelirlerin artmasına hem de ürünlerin sürdürülebilirliğine yardımcı olur.

Sürdürülebilirlik: Enerji tüketimi ve karbon ayak izini azaltan lojistik optimizasyonu, çevresel sürdürülebilirliği artırır. Azalan bozulma oranı, çevresel maliyetlerin düşmesine yardımcı olur.

3. Ambalajlama ve Atık Yönetimi

Akıllı Ambalajlama: Bozulabilir ürünlerin tazeliğini uzun süre koruyabilen ambalaj teknolojileri, ürünlerin raf ömrünü uzatır. Bu ambalajlar, ürünlerin daha uzun süre dayanmasını sağlayarak hem gelir kaybını hem de çevresel atıkları azaltır.

Geri Dönüşümlü Ambalajlar: Sürdürülebilirlik açısından geri dönüşümlü ambalajların kullanılması, maliyetleri düşürür ve çevresel etkileri azaltır.

Ambalajlama ve Atık Yönetiminin Etkileri:

Gelir Yönetimi: Akıllı ambalajlama sayesinde ürünler daha uzun süre satılabilir durumda kalır, bu da gelir kayıplarını önler.

Sürdürülebilirlik: Daha az ambalaj atığı, çevresel sürdürülebilirliği artırır ve doğal kaynakların korunmasına katkı sağlar.

4. İade ve Geri Kazanım Süreçleri

İade Yönetimi: Bozulmuş ürünlerin iadesi hem finansal hem de çevresel maliyetleri artırır. Sürdürülebilir gelir yönetiminde, bozulabilir ürünlerin iadesinin minimize edilmesi, lojistik ve maliyet avantajları sağlar.

Geri Kazanım: Bozulma süreci başlayan ürünlerin geri kazanılması veya başka ürünlere dönüştürülmesi (örneğin, bozulmaya başlayan meyvelerden meyve suyu üretimi) gelir kayıplarını azaltabilir.

İade ve Geri Kazanım Süreçlerinin Etkileri:

Gelir Yönetimi: İade ve geri kazanım süreçlerinin etkin yönetimi, gelir kaybını önler ve kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlar.

Sürdürülebilirlik: Gıda israfının ve atık miktarının azalması, çevre üzerinde olumlu bir etki yapar.

5. Tüketici Davranışları ve Bilinçlendirme

Tüketici Eğitimi: Tüketiciler, bozulabilir ürünleri bilinçli şekilde tüketmeleri konusunda eğitildiğinde, israf azalır ve gelir yönetimi iyileşir. Sürdürülebilir ambalaj ve ürünlerin tercih edilmesi, çevresel etkilerin azaltılmasına katkıda bulunur.

Tüketici Eğitiminin Etkileri:

Gelir Yönetimi: Bilinçli tüketiciler, ürünleri daha verimli kullanır ve gıda israfı azaldıkça firmaların satış gelirleri korunur.

Sürdürülebilirlik: Tüketicilerin sürdürülebilir ürünlere yönelmesi, çevresel sürdürülebilirliği artırır ve bu da kaynakların korunmasına yardımcı olur.

6. Genel Değerlendirme

Bozulabilir ürünlerin sürdürülebilir gelir yönetimi, hem ekonomik verimlilik hem de çevresel etkilerin azaltılması için kritik bir faktördür. Dinamik fiyatlandırma, lojistik optimizasyonu, ambalaj teknolojileri ve tüketici eğitimi gibi stratejilerle, bu ürünlerde hem gelir artırılabilir hem de sürdürülebilirlik sağlanabilir. Özellikle gıda israfının azaltılması ve enerji verimliliği gibi unsurlar, bu süreçlerde hem maliyet avantajı yaratır hem de çevre dostu yaklaşımları teşvik eder.

BOZULABİLİR ÜRÜNLERİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİNİN GELİR YÖNETİMİNE ETKİSİ

Bozulabilir ürünlerin sürdürülebilirliği, gelir yönetimini doğrudan etkileyen önemli bir faktördür. Bozulabilir ürünler, genellikle hızlı bir şekilde tüketilmesi gereken tarımsal ürünler, süt, et, balık ve diğer gıda ürünlerini kapsar. Bu ürünlerin sürdürülebilir şekilde üretilmesi, taşınması, depolanması ve tüketilmesi, hem işletmelerin maliyetlerini düşürür hem de pazara gelir artırıcı fırsatlar sunar. Bozulabilir ürünlerin sürdürülebilirliğinin gelir yönetimine etkileri şu şekilde sıralanabilir;

1. Maliyet Azaltma

Azalan Gıda İsrafi ve Kayıplar: Bozulabilir ürünlerin doğru muhafaza edilmesi, depolanması ve taşınması ile ürün kayıpları en aza indirilir. Bu da işletmelerin maliyetlerini düşürür. Gıda israfı azaldıkça, işletmeler daha az ürün kaybeder ve aynı stokla daha fazla satış yapabilir.

Enerji ve Kaynak Tasarrufu: Sürdürülebilir tarım uygulamaları ve doğru depolama koşulları, enerji tüketimini ve kaynak kullanımını optimize eder. Örneğin, enerji verimli soğutma sistemleri, hem çevresel etkiyi azaltır hem de enerji maliyetlerini düşürür.

Maliyet Azaltmanın Gelir Yönetimi Üzerindeki Etkisi: Maliyetlerin düşmesi, işletmelerin kar marjını artırır. Ayrıca kaynakların daha verimli kullanılması, uzun vadede finansal sürdürülebilirlik sağlar.

2. Raf Ömrünün Uzaması

Ürünlerin Daha Uzun Süre Satılabilir Olması: Sürdürülebilir soğuk zincir ve depolama yöntemleri, bozulabilir ürünlerin raf ömrünü uzatır. Ürünlerin raf ömrü arttıkça, stokların tüketiciye ulaşmadan bozulma riski azalır ve ürünler daha uzun süre pazarda kalabilir. Bu da üretim sonrası satılmadan atık haline dönüşen ürün miktarını azaltarak ürün sürdürülebilirliğine katkı sağlar.

Daha Uzun Satış Süresi: Ürünlerin dayanıklılığının artması, satış dönemini uzatır ve işletmelerin ürünlerini daha geniş bir zaman diliminde satmasına olanak tanır. Bu, özellikle sezonsal ürünlerde fiyat dalgalanmalarının önlenmesine yardımcı olur.

Raf Ömrünün Uzamasının Gelir Yönetimi Üzerindeki Etkisi: Raf ömrünün uzaması, işletmelerin satış yapma süresini artırır ve kayıpları azaltır. Bunun yanı sıra ürünlerin pazardaki varlık süresi uzadıkça, talebe göre fiyatlandırma ve satış stratejileri dinamik olarak geliştirilebilir.

3. Ürün Kalitesinin Artması

Daha Yüksek Kaliteli Ürünler: Sürdürülebilir tarım yöntemleri ve bozulmayı önleyici teknolojiler, ürünlerin kalitesini artırır. Yüksek kaliteli ürünler, daha yüksek fiyatlarla satılabilir ve müşteri memnuniyetini artırır.

Tüketici Güveni: Sürdürülebilir yöntemlerle üretilen ve bozulmadan tüketiciye ulaşan ürünler, markaya olan güveni artırır. Tüketiciler, taze ve kaliteli ürünler için daha fazla ödeme yapmaya istekli olabilir.

Ürün Kalitesinin Artmasının Gelir Yönetimi Üzerindeki Etkisi: Kaliteli ürünler, daha yüksek fiyatlarla satılabilir ve bu da geliri artırır. Tüketici memnuniyeti ve güveni, müşteri sadakati oluşturur, bu da uzun vadede istikrarlı bir gelir sağlar.

4. Talep Artışı ve Pazarda Rekabet Avantajı

Artan Tüketici Talebi: Sürdürülebilirlik konusunda bilinçlenen tüketiciler, sürdürülebilir tarım yöntemleri ile üretilen ürünlere daha fazla ilgi gösterir. Bozulabilir ürünlerin sürdürülebilir şekilde üretildiğini ve taşıdığını bilen tüketiciler, bu ürünlere yönelik talebi artırır.

Pazar Rekabetinde Üstünlük: Sürdürülebilirlik, markaların pazarda rekabet avantajı sağlamasına yardımcı olur. Sürdürülebilirlik sertifikalarına sahip ürünler, rekabet ortamında farklılaşma ve daha geniş müşteri kitlesine ulaşma şansı sunar.

Talep Artışı ve Pazarda Rekabet Avantajının Gelir Yönetimi Üzerine Etkisi: Artan talep, satışları artırarak işletmelerin gelirini yükseltir. Sürdürülebilir ürünlerle pazarda farklılaşan işletmeler, daha yüksek fiyatlandırma stratejileri uygulayabilir.

5. Pazarlama Fırsatları

Sürdürülebilirlik Sertifikaları ve Etiketleme: Sürdürülebilirlik sertifikalarına sahip bozulabilir ürünler, pazarlama açısından değer taşır.

Tüketiciler, bu tür ürünlere daha fazla ilgi gösterir. Bu nedenle, işletmeler ürünlerini sürdürülebilirlik teması ile daha iyi pazarlayabilir.

Marka İmajının Güçlenmesi: Sürdürülebilirlik, markanın çevreye duyarlı ve toplumsal sorumluluğa sahip bir imaj kazanmasına yardımcı olur. Bu, müşteri sadakatini artırır ve marka değerini yükseltir.

Pazarlama Fırsatlarının Gelir Yönetimi Üzerine Etkisi: Sürdürülebilirlik odaklı pazarlama kampanyaları, satışları artırarak gelir akışını olumlu etkiler. Marka imajının güçlenmesi, müşteri kitlesini genişletir ve uzun vadede gelir artışı sağlar.

6. Yenilikçi Gıda İşleme ve Teknolojileri

İleri Gıda İşleme Teknikleri: Sürdürülebilirlik anlayışıyla bozulabilir ürünleri değerlendiren işletmeler, gıda işleme tekniklerini kullanarak gelirlerini artırabilir. Örneğin, bozulmaya yakın ürünlerin meyve suyu, reçel, kurutulmuş gıda gibi ürünlere dönüştürülmesi, kurumlara pazarda ek gelir kaynağı yaratır.

Akıllı Ambalajlama ve İzleme Sistemleri: Bozulabilir ürünlerin izlenmesi ve korunması için akıllı ambalajlama ve lojistik izleme sistemleri kullanılması, ürünlerin daha uzun süre satılabilir olmasını sağlar. Bu tür yenilikçi teknolojiler, israfı azaltarak geliri maksimize eder.

Yenilikçi Gıda İşleme ve Teknolojilerinin Gelir Yönetimi Üzerine Etkisi: Gıda işleme teknikleri ve teknolojik yenilikler, bozulabilir ürünlerin değerlendirilmesini sağlar ve ek gelir kaynağı oluşturur. Ürünlerin daha uzun süre korunması ve izlenmesi, satış kayıplarını azaltır ve gelir akışını sabitler.

7. Risk Minimizasyonu ve Güvenli Gelir Akışı

Bozulma Riskinin Azaltılması: Sürdürülebilir yöntemlerle bozulabilir ürünlerin muhafaza edilmesi ve işlenmesi, ürün kayıplarını azaltarak işletmelerin maliyetlerini kontrol altında tutar. Bu da finansal riskleri azaltır ve işletmelerin daha öngörülebilir bir gelir akışı elde etmelerini sağlar.

Daha İyi Stok Yönetimi: Sürdürülebilirlik, daha iyi stok yönetimi ile stok maliyetlerini düşürür ve ürünlerin tazeliği korunarak satış gelirleri artırılır.

Risk Minimizasyonu ve Güvenli Gelir Akışının Gelir Yönetimi Üzerine Etkisi: Bozulma riskinin azalması, finansal kayıpları azaltarak gelirlerin korunmasını sağlar. Daha iyi stok yönetimi, maliyetleri düşürüp gelir akışını stabilize eder.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bozulabilir ürünlerin sürdürülebilirliğinin sağlanması, işletmelerin maliyetlerini azaltarak kar marjlarını artırır, ürünlerin raf ömrünü uzatarak satış fırsatlarını genişletir ve tüketici talebini artırarak işletmelerin pazarda rekabet avantajı elde etmesine yardımcı olur. Bu unsurlar, sürdürülebilir bir gelir yönetimi stratejisi oluşturarak uzun vadede işletmelerin finansal sürdürülebilirliğini sağlar.

Genel olarak tarımdan tüketim aşamasına kadar ürünlerin sürdürülebilirliğinin yüksek verimlilikle sağlanması, tükenen doğal kaynakların daha uzun süre kullanımı için toplumlara olanak tanır. Üretilen ancak tüketilmeden atılmak zorunda kalınan atık haline gelmiş ürünlerin farklı uygulamalarla sürdürülebilirliğinin sağlanması özellikle gelişmiş ülkelerde yaygındır. Bu aşamaların dünya genelinde tüm ülkeler tarafından optimum düzeyde kullanılarak ürün ve kaynak tasarrufu sağlanması gelir yönetimi aşamasında oldukça değerlidir. Kısıtlı kaynakların gün geçtikçe azalan miktarının üretici ve tüketiciler üzerinde yarattığı yaygın etkilerin en aza indirilerek maksimum verimliliğin her aşamada sağlanması son dönemde oldukça önem arz etmeye başlamıştır. Bu amaçla yapılacak tüm süreç optimizasyon çalışmaları, ziraat alanında yapılacak sürdürülebilir yaklaşımlar açısından fayda sağlayacak şekilde yeniden tasarlanmalı ve sistem revizyonları gerçekleştirilmelidir.

KAYNAKÇA

- Abbas, H., Zhao, L., Gong, X., Faiz, N. (2023). The perishable products case to achieve sustainable food quality and safety goals implementing on-field sustainable supply chain model. *Socio-Economic Planning Sciences* 87 Part A: 101562.
- Almasi H., Jahanbakhsh Oskouie M., Saleh A. (2020) A review on techniques utilized for design of controlled release food active packaging. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(15): 2601–2621.
- Khorshidvand, B., Soleimani, H., Sibdari, S., Esfahani, M.M.S. (2021). Revenue management in a multi-level multi-channel supply chain considering pricing, greening and advertising decisions. *Journal of Retailing and Consumer Services* 59: 102425.
- Kumar, A., Mangla, S.K., Kumar, P. (2020). Karamperidis S. Challenges in perishable food supply chains for sustainability management: a developing economy perspective. *Business Strategy and the Environment*, 29(5): 1809-1831.
- Li, H., Liu, J., Qiu, J., Zhou, Y., Zhang, X., Wang, Y., Guo, W. (2024). Arima-driven vegetable pricing and restocking strategy for dual optimization of freshness and profitability in supermarkets perishables. *Sustainability*, 16(10): 4071.
- Saccani, N., Adrodegari, F., Scalvini, L. (2024). Aligning product-service systems with environmental sustainability: Investigating the key role of revenue and pricing mechanisms. *Resources, Conservation and Recycling*, 107792.
- Scholz, M., Kulko, R.D. (2022). Dynamic pricing of perishable food as a sustainable business model. *British Food Journal*, 124(5): 1609-1621.
- Ufitikirezi, J.d.D.M., Filip, M., Ghorbani, M., Zoubek, T., Olšan, P., Bumbálek, R., Strob, M., Bartoš, P., Umurungi, S.N., Murindangabo, Y.T. (2024). Agricultural waste valorization: Exploring environmentally friendly approaches to bioenergy conversion. *Sustainability* 16: 3617.
- Yadav, S., Khanna, A. (2021). Sustainable Inventory Model for Perishable Product with Expiration Date and Price Reliant Demand Under Carbon Tax Policy. *Process Integration and Optimization for Sustainability* 5: 475-486.

Zhou, H., Chen, K., Wang, S. (2023). Two-period pricing and inventory decisions of perishable products with partial lost sales. *European Journal of Operational Research*, 310(2): 611-626.

BÖLÜM 4

YOSUN(ALG) EKSTRAKTI VE ARITMA ÇAMURLARININ GELENEKSEL SEBZE VE ORGANİK SEBZE TARIMINDA KULLANIMI

Emre GÜLTEKİN¹

¹ Bayburt Üniversitesi Organik Tarım İşletmeciliği Anabilim Dalı, Bayburt, Türkiye. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3601-6085>, emregt4406@gmail.com.tr

GİRİŞ

Günümüzde tarımda artan kimyasal ilaç kullanımı ve buna bağlı olarak yetiştirilen ürünlerin sağlıklı bir yapıya sahip olması insan sağlığını olumsuz etkilemektedir. Arıtma çamurları son yıllarda büyük önem kazanmış olup, kırsal kesimde bitki yetiştiriciliğinde ve daha birçok amaçla kullanılmaktadır. Arıtma çamurunun elde edildiği kaynak çok önemlidir. Zararlı maddeler içermeyen kanalizasyon çamuru, tarımda organik gübre ve kompost olarak kullanılmaktadır. Bitkisel üretimde kullanılan bir diğer organik gübre ise alglerdir. Uzun yıllardır üzerinde araştırmalar ve kullanımları yapılmaktadır. Deniz yosunu MÖ 2700 civarında kullanılmaya başlanmış olup; deniz yosunu Çin, Japonya ve Kore'de tıbbi ve besin maddesi olarak büyük önem taşımaktadır. Deniz yosunu sıvı (ekstre) olarak veya doğrudan toprağa karıştırılarak kullanılmaktadır. Doğrudan toprağa karıştırıldığında; toprağın yapısı düzeltilerek verimliliğinin uzun süre korunması amaçlanmaktadır (Güner ve Aysel, 1996).

Deniz yosununun çok eski çağlardan beri toprakta gübre olarak kullanıldığı bilinmesine rağmen, deniz yosunu ekstraktlarının (deniz yosunu ekstraktı) yapraklara püskürtülerek uygulanmasının sadece ürünün verim ve kalitesini %40-50 artırdığı bilinmektedir. Denizin doğal olarak kıyıya getirdiği bazı algler uzun yıllardır tarlalarda gübre olarak kullanılmaktadır. Bu sayede bazı gelişmiş ülkeler sıklıkla kahverengi yosun türü olarak da bilinen, Ascophyllum, Fucus ve Laminaria'yı gübre olarak kullanmaktadır. ABD'de ise Nereocystis ve Macrocystis gibi büyük thalluslu kahverengi yosunlar kullanılmaktadır (Güner ve Aysel, 1996).

Geçmişte, çok fazla bakım gerektiren özel mahsuller için alg gübreleri kullanılıyordu. Örneğin sebze yetiştiricileri bunu Fransa'nın Atlantik kıyısındaki seralarda çilekleri gübrelemek için kullanılmaktaydı (Whapham ve et al.1994).

Benzer şekilde, organik materyal ve toprak iyileştiricisi olarak yeterli özelliklere sahip olan ayrıştırılmış çamurlar da kullanılmaktadır. Genel anlamda arıtılmış çamur; arıtma tesisleri sayesinde oluşan, yarı katı ya da sıvı halde bulunan, kokusu olan, ağırlığının cinsine göre değişmekle birlikte yaklaşık %0,25 ila %12 oranında katı madde içeren, toprağa benzer katı atıktır. (Almaz, 2017).

Aritma çamuru, makro ve mikro besinler ve iz elementlerin yanı sıra organik kirleticiler, mikroorganizmalar ve parazit yumurtaları gibi birçok yararlı bileşiği içerebilir (Alloway ve Jackson, 1991). Aritma sonucunda oluşan çamurun bazı besin maddeleri bu çıktıya yararlı bir gübre oluşumu sağlar. Yapısı organik olan maddeler toprağı iyileştirici özelliklere sahip olduğundan çoğu kesim, elde edilen gübrelerin tarım alanında rol almasını savunmakta ve bu gübrelerin kullanımı gelişmiş ülkelerde hızlı bir şekilde artmaktadır (Strauch, 1991, Düring ve Gäth, 2002).

Türkiye’de evsel olarak arıtılmış çamurun yılda üretim miktarının 1,38 milyon(ton) civarında olduğu düşünülmektedir. Ortaya çıkan arıtılmış çamurun yüksek oranda katı atık biriktirme alanlarında veya saha depolama yoluyla bertaraf edildiğı bildirilmiştir (Aksu, 2008).

Çevre sorunlarının yaşanmaması için miktarı sürekli artış gösteren arıtılmış çamurun uygun yöntemlerle bertaraf edilmesi gerekmektedir (Uzun ve Bilgili 2011).

2.ARITMA ÇAMURU VE DENİZ YOSUNU ÇEŞİTLERİ

2.1.Aritma Çamuru Çeşitleri

- Ham Çamur (Taze Çamur)
- Aritma Önçamuru
- Çürütülmüş Çamur
- Fosfat Çöktürme Ünitesinden Gelen Çamur

2.2.Deniz Yosun Ekstrakt Çeşitleri

- Rhodophyta (Kırmızı Algler)
- Phaeophyta (Kahverengi Algler)
- Cyanophyta (Mavi-Yeşil Algler)
- Chlorophyta (Yeşil Algler)

3.ARITMA ÇAMURU VE DENİZ YOSUNLARININ FAYDALARI

3.1.Aritma Çamurunun Faydaları

Aritma çamuru, dayanıklı organik bileşikleri ve bitki büyümesi için gerekli makro ve mikro besinleri içerir. Azot ve fosfor içeriğı arıtma çamurunun gübre değerini ortaya koyarken, organik madde değeri ise bu

maddenin toprağın geri kazanımı açısından ayrı bir öneme sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Arıtma çamuru topraktaki suyun emilmesini sağlar. Filtrelemeyi artıran ve akışı azaltan gözenekli, suyu geçiren bir toprak yüzeyi oluşturur. Kurak bölgelerde sulama sıklığının azaltılmasıyla toprak daha fazla su tutabilir. Toprak erozyonunu azaltır ve katyon değişim kapasitesini artırır (Uzun ve Bilgili, 2011).

3.2. Deniz Yosunlarının Faydaları

Güçlü kök gelişimini sağlayarak sebzelerin bulunduğu yerden daha fazla bitki besin elementi ve suyu almasını sağlarlar, sebzelerde klorofil üretimini hızlandırır, yaprak kısımlarını arttırırlar, bundan dolayı daha fazla biyokimyasal madde sağlarlar. Sebzelerin hastalıkları ve parazitleri savunmada dayanıklı olmalarını sağlar, don, kuraklık, yetersiz güneş, fazla su, aşırı sıcak ve aşırı soğuk gibi çevresel streslere karşı direnç göstermelerini sağlar, besinlerin dengeli ve uzun süreli emilimini sağlayarak verimliliği arttırır. Makro besinler ve toprağın mikro besin maddelerini iyileştirir, kaliteyi artırır (Blunden, 1992).

4. ARITMA ÇAMURU VE YOSUN EKSTRAKTLARININ OLUŞUM SERÜVENİ

Evsel Nitelikli Atık Sular: Evsel atık sularda farklı tortu grupları mevcuttur. Bunlar bitkiler, hayvanlar, mantarlar, protozoalar, virüsler, bakteriler ve algler gibi mikroorganizmalardır. Evsel atık sularda bulunan birçok mikroorganizma insan ve hayvanlarda hastalıklara neden olmaktadır. Koliform bakteriler insanların kirlenmesi nedeniyle oluşan kirliliğin bir göstergesidir. Algler ayrıca koku ve tat sorunlarına da neden olur. Atık su arıtımı sırasında bakteriler organik maddeleri parçalarlar (Dağ, 2010).

Endüstriyel Nitelikli Atık Sular: Gıda endüstrisi atık suları, madencilik endüstrisi atık suları, cam endüstrisi atık suları, tekstil endüstrisi atık suları, petrol endüstrisi atık suları, deri endüstrisi atık suları, kimya endüstrisi atık suları, metal endüstrisi atık suları, ağaç ürünleri ve mobilya endüstrisi atık suları, makine ve yedek parça endüstriyel atıksulardır (İleri, 2007).

Öte yandan alg ürünleri, uzun süre toprakta bırakıldığında doğal koşullar altında kolaylıkla ayrışır ve bol miktarda N (Nitrojen) ve Ca (Kalsiyum) açığa çıkar. Ayrıca eser elementler Mg (Magnezyum), Mn (Manganez), B (Bor), Fe (Demir), Zn (Çinko), Cu (Bakır) ve Co (Kobalt) içerir. Alglerin tüm bu etkileri

makro ve mikro elementler (N, Ca, Mg, Mn, B, Br, I, Zn, Cu, Co), bitki büyüme düzenleyicileri (oksinler, sitokininler, gibberellinler, absisik asit) ve betainler gibi bileşiklerden gelir (Hong ve et al. 1995).

5. ARITMA ÇAMURU VE DENİZ YOSUN EKSTRAKTLARININ TARIMDAKİ ETKİLERİ

Günümüzde pek çok ülkede deniz yosunu kullanılmaktadır; Sıvı ekstrakt olarak veya doğrudan toprağa karıştırılarak kullanılırlar. Doğrudan toprağa karıştırıldığında; toprağın yapısı düzeltilerek verimin uzun vadede artması amaçlanır. Fransız kıyılarında "maerly" olarak adlandırılan kırmızı algler, %80 kalsiyum karbonat içerdiğinden asidi fazla olan toprakta ve turbada toprağın pH'ını ayarlamak için kireç yerine kullanılmaktadır (Şimşek, 1995).

Sıvı kahverengi alg özleri genellikle tarım ve bahçecilikte kullanılmak üzere pazarlanmaktadır. Bu ekstraktların çoğu *Ascophyllum nodosum* adı verilen yosundan hazırlanmaktadır. Ayrıca Fransa'da SM3 adı verilen ekstraktın üretiminde *Fucus serratus* ve *Laminaria* türleri kullanılmaktadır (Blunden, 1992).

Bugün piyasada bulunan Kelpak 66, Güney Afrika'da yetişen *Ecklonia maxima* türünden hazırlanmaktadır. Algifert yine bir Norveç şirketi olup, Yeni Zelanda'da *Seagro* adı altında; Avustralya'da *Seasol* adı altında üretilmektedir. Bu ürünler kuru ve ıslak alglerin sıcak su ekstraktlarından hazırlanır. Bazen hidrolizi hızlandırmak için ekstrakta sodyum karbonat eklenir (Blunden, 1992).

Aritma çamurlarının tarıma olan etkisi nedeniyle, günümüzde tarım alanlarında uygun özelliklere sahip aritma çamurlarının temini ve kullanılması yaygın bir uygulamadır. Aritma çamurunun tarıma uygun olarak toprağa uygulanmasıyla nihai bertaraf gerçekleşir ve çamurun içerdiği besinler topraktaki doğal döngülerine girer (Kocaer ve diğerleri, 2003). Aritma çamuru yere saçıldığında bitkiler için besin içeren bir bitki olarak kabul edilir. Tarımsal gıdayla karşılaştırıldığında, kanalizasyon çamurunun nitrojen ve fosfor içeriğinden dolayı tarımsal açıdan faydalı olduğu kabul edilir, ancak potasyum değeri yine de tarımsal gıdanın gübresinden daha düşüktür (Spellman, 1997).

Artılmış aritma çamuru, bitki üretimi için gerekli tüm bitki besin maddelerini içerir. Böylece kullanıldıkları alanlarda ticari gübrelerin kullanımı azalmakta veya işlenmiş kanalizasyon çamuru tamamen gübrenin yerini almaktadır. Maksimum uygulama oranları toprak tipi, ürün tipi, toprağın

topoğrafyası, su kirliliği, iklim, koku oluşumu, uygulama yöntemi, çamur özellikleri, organizma patojenleri, ağır metaller, besinler ve diğer toksik maddelerin konsantrasyonları gibi faktörlere bağlıdır. Çamurun araziye bertarafında izin verilen maksimum uygulama oranları ağır metaller veya nitrojen esas alınarak hesaplanır ve uygulamada bu ikisinin daha düşük konsantrasyonu esas alınır. Uygulama oranının gereğinden yüksek olması tohumun çimlenmesini ve büyümesini engellediği için ürüne zarar verebilir. Tohumun çimlenmesini önleyen şey çamurun içinde bulunan amonyaktır. Bunu önlemek için ekimden birkaç gün önce çamur toprağa püskürtülmeli veya kanalizasyon çamuru havalandırılmalıdır (Filibeli, 1996).

Çamurun zeminde çökeleceği süreler bölgenin iklim koşullarına, tesisin üretim programına ve izin verilen yüke bağlı olarak değişmektedir. Zemine verilebilecek yükün hesaplanmasında en önemli faktör zeminin su baskını ve durgunluğa neden olmadan emebileceği maksimum çamur miktarıdır. İkinci önemli faktör ise azot ve fosfor gibi besinlerdir (Nisanoğlu, 1998).

6.ARITMA ÇAMURU VE YOSUN EKSTRAKTLARININ SEBZE TARIMINDA KULLANILMASI

Yosun ekstraktlarının ve arıtma çamurunun sebze tarımında da çok fazla kullanıldığı göze çarpmaktadır. Yosunlar ve arıtılmış çamurlar son zamanda organik tarımın gelişmesiyle birlikte organik gübre olarak sebze yetiştiriciliğinde kullanılmaya başlanmıştır. Yapılan çalışmalar sonucu sebzelerin gelişmesinde olumlu sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir., domates bitkisine yosun ekstraktı uygulanmasının kök gelişimini artırdığını ve kök-ur nematodu (*Meloidyne spp.*) zararını azalttığını belirtmişlerdir. Bu durumda da *Ecklonia maxima* ekstraktlarının laboratuvarında yetiştirilen domates bitkilerinin kök büyümesini arttırdığı da tespit edilmiştir(Morgan ve Tarjan, 1980).

Sıvılaştırılmış yosun ekstraktının (*Kelpak*) marulun büyümesine ve besin içeriğine yaptığı etki gözlemlenmiş ve bu uygulamanın ürün kalitesini ve yapraklardaki K, Mg, Ca oranlarını yükselttiği gözlemlenmiştir (Grouch ve ark, 1990).

Yapraktan deniz ekstraktı uygulamalarının portakal, limon, elma, salatalık ve domateslerin hasat sırasında bozulmasını önlediği belirtilmiştir (Blunden, 1991).

Breton çiftçileri enginar yetiştirmek için kahverengi bir deniz yosunu olan *Himanthalia Elongata*'yı kullanmışlardır. Yine kahverengi alg ekstraktları, tohumları toprağa uzun süre bağlayıp toprakta su tuttukları için tohum çimlenmesi sırasında işlenmiş toprağa sprey olarak uygulanmaktadır. Yapraklardan veya topraktan elde edilen deniz yosunu özlerinin buğdaya uygulanmasının bitki boylanmasını ve kurutulmuş ürünlerde gramajını arttırdığı gösterilmiştir. Öngörülen koşullarda yosun gübresinin toprak yapısındaki element miktarını da yükselttiği bildirilmiştir (Allwright, 1992).

Goemar GA 14 (*Ascophyllum nodosum* ekstraktı) 'ün bitkisel bitkilere püskürtme yoluyla uygulanmasının ardından; ıspanakta yeni yaprakların arttığı tespit edilmiştir (Gassan ve el at, 1992).

Ascophyllum nodosum ekstraktının domates bitkisine kök ve yaprak yoluyla uygulanmasının yaprakların yeşil rengini önemli ölçüde arttırdığı tespit edilmiştir. Deniz yosunu özlerinin de salatalıktaki klorofil sayısını düzenli bir şekilde yükselttiği rapor edilmiştir (Whapham ve el at, 1993).

Yosun özlerini düzenli olarak kullanan çiftçilerin; salatalık, domates, patates ve karnabaharda kaliteli ürün yetiştirdiği görülmüştür. Deniz yosunu özlerinin de domateslerde meyve tutumunu arttırdığı rapor edilmiştir (Kumbul, 2000).

Saksıda yapılan deneyden elde edilen bulgularda; fosfor kaynağı olarak ayrıştırılmış çamurun ve TSP kombinasyonlarının kullanılması, mısır'da ağırlığı, gövde ağırlığını ve bitkinin Zn (Çinko) ve Fe (Demir) miktarını artırdığı, ayrışmış çamur ile tesisin P (Fosfor) gereksiniminin tamamen sağlanmasının imkansız olduğu fakat tesisteki Zn (Çinko) ve Fe (Demir) içeriğinin artmasında faydalı olduğu, Cu (Bakır) elementinde ise önemli azalmalara sebep olduğu ileri sürülmüştür (Çimrin ve diğerleri, 2000).

Belli oranda bahçeden alınan toprak, pomza ve kullanıma hazır hayvan gübresi ile hazırlanan 250 grama yakın karışımda, 100 g çiftlik gübresi yerine %25 oranında şehir kanalizasyon çamuru kullanılan bir çalışmada, %50, %75 ve %100 uygulamalara hiçbir ek besin ögesi entegre edilmemiştir. Yapılan çalışma sonrası belediye atıksu çamurunun salatalık fidelerinin görünümü ile kalitesi üzerinde olumlu etkisi olduğu tespit edilmiştir (Türkmen ve diğerleri, 2000).

Başka bir çalışmada ise sera deneyinde toprağa farklı miktarlarda uygulanan gübre, belediye katı atığı ve belediye kanalizasyon çamurunun kurutulduktan sonraki miktarı ile N (Azot), K (Potasyum), P (Fosfor), Ca (Kalsiyum), Mg (Magnezyum), Fe (Demir) ve Mn (Manganez) miktarına olan etki durumu gözlemlenmiştir. Deney plastik kaplı bir serada yürütülmüş ve domates bitkileri 5 kg tamamen kuru toprak içeren plastik kaplarda yetiştirilmiştir. Denemede Akdeniz kırmızı toprağı kullanılmıştır. Toprağa organik madde uygulanmasında tüm işlemlerde kuru madde miktarı ile N ve P içerikleri belirlenmiş; organiklerin uygulama düzeyine bağlı olarak K (Potasyum), Ca (Kalsiyum), Mg (Magnezyum), Fe (Demir), Mn (Manganez) ve Zn (Çinko) içerikleri genel olarak daha yüksek bulunmuştur. Bu durum toprağa organik madde uygulanmasının domates bitkisinin gelişimi ve beslenmesi üzerindeki olumlu etkisini göstermektedir. Bu bağlamda, belediye katı atık kompostu ve kanalizasyon çamurunun domates bitkilerinin büyümesini ve verimini artırdığı yönünde benzer sonuçlar bulunmuş ve gübreye eşdeğer miktarlarda toprağa uygulanan kanalizasyon çamurunun besin maddesi açısından Ticari NPK'ların daha fazla artış sağladığı tespit edilmiştir (Topcuoğlu ve diğerleri, 2001).

Marulla yaptıkları uygulama da değeri yükselen kadmiyum formlarıyla birlikte bitkilerde kadmiyum karışımında artış gözlemlendiği, 10 mg/kg'ın üstündeki kadmiyum çalışmalarının marulda gelişme ve büyümede yavaşlama meydana geldiği ifade edilmiştir (Moustakas ve el at, 2001).

Seralarda yapılan çalışmada bazı elementlerin artış gösterdiği gözlemlenmiştir. Bu elementler N (Azot), P (Fosfor) , K (Potasyum) , Ca (Kalsiyum) , Mg (Magnezyum), Fe (Demir), Zn (Çinko), Mn (Manganez, Cu (Bakır), Pb (Kurşun), Ni (Nikel) ve Cd (Kadmiyum) elementleridir. Arıtma çamurunun yapısındaki farklı oluşum uygulanan toprağın yapısına da etki eder. Ayrıştırılmış çamurunun tekrarlanan çalışmalarda tesislerde daha çok mineral içeriği tespit edilmiştir. İkinci yıl yüksek oranda tuz ve mineral içeren çamur türü uygulamalar domates bitkisinde bodurluğa ve toksik etkilere yol açmış, tesisteki Pb ve Cd gibi daha ağır olan metallerin sağlık açısından yasalarla belirlenen limitleri aştığı görülmüştür. Toprak yapısına karıştırılan çamurun istenilen düzeyde olmayan seviyelerde bitki büyümesini etkilediğini ancak

devam edilen çalışmalar da fitotoksisite ve yüksek ağır metal içeriğinin tespit edildiği görülmüştür (Topcuoğlu ve diğerleri, 2003).

Hazırlanan denemede toprak yüzeyine uygulanan arıtılmış çamurun artan miktarları içerdiği tuzlardan dolayı toprak tuzluluğunu arttırdığı gözlemlenmiştir. Uygulanan arıtma çamurunun artan miktarları toprak pH'nın düşmesine neden olmuştur. Ancak çalışmada incelenen mısırın bazı mineral içerikleri kontrole göre artış göstermiştir ve arıtılmış çamurun topraktaki organik bileşen miktarını ve bitkilerdeki bazı makro ve mikro besin maddelerini artırdığı da belirtilmiştir (Ünal ve Katkat, 2003).

Yosun ekstraktı denemelerinin tuz karışımı ile yapılan çalışmada pırasa tohumunun çimlenmesinde İnegöl 92 ve Kalem çeşidinin tohumlarıyla belirtilen (1:250.1:500), (1:1000) ölçülerde yosun ekstraktı ve karışım olmayan su içerisinde bekletilmiş, yirmi dört saat boyunca, tohumlar karışım olmayan su ile yıkanmış ve 20°C'de beş farklı tuz konsantrasyonunda (0, 50, 75, 100 ve 125 mM) 14-15 gün süreyle çimlendirilmiştir. Çalışmada Çimlenme Oranı İndeksi (GR), toplam çimlenme oranı ve çimlenme hızının ifadesi olarak belirlenmiştir. Araştırma sonunda suya daldırma ve yosun ekstraktı uygulamalarının pırasa tohumlarında kontrole göre hem çimlenme oranını hem de KOİ'yi önemli ölçüde arttırdığı belirtilmiştir (Yıldırım ve Güvenç, 2005).

Demir ve ark (2006) yeşil, kırmızı ve kahverengi alglerden elde edilen sıvı gübrelerin domateslerin çimlenmesi üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmalarında, biber ve patlıcan çekirdeklerini iki farklı sıcaklıkta karıştırmışlardır. Kahverengi ve yeşil alg ekstraktlarının her iki sıcaklıkta da biber ve patlıcan tohumlarının çimlenmesini uyardığını bildirmişlerdir.

Ünlü ve Padem (2009), tarla koşullarında geleneksel yetiştirme metotları ve organik yetiştirme metotlarının Joker F1 bodur domates çeşidinin kalite, verim ve vejetatif özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Her iki tarımsal metot için 4 farklı dozda gübre (0-7-14-21 m³/gün), iki bitki aktivatörü (Crop-Set ve ISR 2000) ve iki mikrobiyal gübrenin (Bionem ve Natural Bioplasma) içerikleri karşılaştırılmıştır. Verimin 4,87 ile 7,23 ton/gün arasında, erkenci verimin 2,65 ile 4,72 ton/gün arasında, ortalama meyve ağırlığının 143,26 ile 167,02 g arasında, sudaki kuru maddenin %3,52 ile 4 arasında değiştiği ifade edilmiştir.

Yapılan bir diğer çalışmada organik koşullarda yapılan domates deneyinde kompost, karışım yapılmış gübre ve bitki aktivatörleri kullanımının kaliteye etkisinin araştırıldığı çalışmada, 4 doz tarım gübresi (0-7 -14-) uygulaması yapılmıştır. Hem organik hem de konvansiyonel tarımda 21 m³/gün ile aktive edici bitki ve karıştırılmış gübre karşılaştırılmış ve bunların kombinasyonları, besin maddeleri üzerindeki etkilerini belirlemek için araştırılmıştır. Çalışma sonucunda N(Azot) %2,76-3,65, P(Fosfor) 1,49-2,33 mg/g, K(Potasyum) 17,0020,13 mg/g, Ca(Kalsiyum) 24, 81-36,02 mg/g ve Mg(Magnezyum) 2,27-3,38 mg/g uygulamalarının olduğu belirlenmiştir (Ünlü ve Padem, 2010).

Özyazıcı ve Özyazıcı (2012), arıtma çamurunun artan dozlarda toprağa uygulanması sonucu pH'ta bir düşüş, EC, organik madde, toplam N(Azot) ve kullanılabilir P(Fosfor) değerlerinde bir yükseliş olduğunu ve kullanılabilir kireç ve K(Potasyum) içeriğinde herhangi bir değişiklik saptanmadığını belirtmişlerdir.

Bingöl bölgesinin çevre koşullarına uygun domates çeşidini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada, domates çeşitlerinin lokasyonunun araştırılmasının çok önemli olduğunu, farklı çeşitlerin farklı yerlerde, hatta aynı yerde farklı özellikler gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada 21 domates genotipi analiz edilmiştir (AFY101, BIN101, BIN103, BIN105, BIN107, BIN109, Impala F1, Impala F1, Invictus, Kon107, 9, 01, Sak1, Kon101, Kon103, Sak1, Kon105, Kon101, Kon103). Domates genotipleri, ilk çiçeklenme, ilk meyve tutumu ve olgunlaşma zamanı, meyve uzunluğu, meyve genişliği, meyve indeksi, meyve sayısı, ortalama meyve ağırlığı, bitki başına verim ile toplam meyve verimi arasındaki karşılaştırmada 01, SC2121, SUPER ANCON kullanılmıştır. Suda çözünen katı maddeler, tat ve aroma gibi bitki gelişimi ve performans parametreleri incelenmiştir. En yüksek verim 9354 kg/gün ile SAK101 genotipinden elde edilirken, en düşük verim ise 3256,7 kg/gün ile BİN103 genotipinden elde edilmiştir. Araştırmada çeşit denemelerinde en önemli parametre olan verim dikkate alınarak standart çeşitlerden biri olan SC2121 çeşidi; hibrit çeşitler arasında IMPALA F1 ve KUTLU F1 çeşitleri öne çıkarken; yerel popülasyonlardan SAK101, KON103, KON105, KON109 ve BİN101, Bingöl

merkez bölgesinde oldukça tatmin edici sonuçlar vermiş olup, bu genotiplerin bölgede yetiştirilmesi önerilmiştir(Özbay ve Ateş, 2015).

Özdemir ve ark(2016), mikroalg chlorella vulgaris'in üretimi ve biyogübre olarak kullanımının domates bitkilerinde bitki gelişimi, verim ve meyve kalitesi üzerindeki etkilerini araştırmışlar ve organik sera domates yetiştiriciliğinde 3 farklı şekilde kullanıldığını bulmuşlardır. Elde edilen sonuçlar C. vulgaris bitki gelişimini, verimi ve bazı meyve kalite parametrelerini (kuru ağırlık, toplam suda çözünür katı maddeler, titre edilebilir asit ve C vitamini) arttırdığını ifade ederken; kullanılan uygulamalar arasında özellikle kurutulmuş deniz yosununun toprağa uygulanmasının daha iyi sonuçlar verdiği ve çevre dostu bir gübre olarak kullanıldığı, C. vulgaris'in organik tarımda kullanılabileceği belirtilmiştir.

Öztürk ve diğerleri,(2020), domates bitkisinde makro besin konsantrasyonlarının analiz sonrasında tüm arıtma çamuru uygulamalarında N (Azot), P (Fosfor) ve K (Potasyum) konsantrasyonunun kontrol grubuna göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bitkinin gelişimini devam ettirebilmesi için yeterli besin alabildiği tespit edilmiştir. Bu, arıtma çamurunun bitkilerin büyümesi ve gelişmesi için gerekli besin maddelerini yeterli miktarda içerdiğini göstermektedir. Kimyasal içerikli çalışmalarla karşılaştırıldığında bitki performansına bağlı olarak bitkide besin maddelerinin yeterli olduğu, ayrıca arıtma çamuru dozlarının artması nedeniyle tesisin tüm kısımlarında P ve K'nın artma eğiliminde olduğu görülmektedir. Bu çalışmada; Sivas Atıksu Arıtma Tesisi'nden (Sivas AAT) elde edilen arıtma çamurunun domates üretiminde kullanılabilirliği, domates bitkisinin performansına etkisi ve üretimdeki çeşitli makro ve mikro besin elementlerinin miktarlarındaki değişimi incelenmiştir. Arıtma çamurunun bertaraf edilecek atık olarak değil, besin kaynağı olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Araştırma, 2018 yılında Cumhuriyet Üniversitesi Sivas Meslek Yüksekokulu Hayvansal Bitkisel Üretim Bölümü araştırma ve uygulama seralarında tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Domates bitkisinin büyümesi gözlemlenmiş ve hasat sonrası kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Bitki yaprakları çiçeklenme başlangıcında örneklenmiş ve analiz için saklanmıştır. Hasat sonrası bitkilerin kök, gövde ve yeşil kısımlarındaki N, P, K, Cu, Mn, Fe ve Zn miktarları belirlenmiştir.

Araştırma için H-2274 domates çeşidi kullanılmış ve serada hazırlanan turba ve perlit karışımına (1:1 V/V) ekilmiştir. Çalışmada arıtma çamuru uygulamasının arttırılmasının bitki büyümesine ve kuru madde üretiminin artmasına olumlu etkisi olduğu tespit edilmiştir. Kontrol bitkisinde kök ve gövde kuru ağırlığı sırasıyla 9,34 ve 14,35 g/saksı olarak ölçülürken, en yüksek kuru verim sırasıyla 26,83 ve 50,86 g/saksı, en yüksek ise çamur uygulamasında (%5) ölçülmüştür. Yeşil alanlarda arıtma çamuru ile yapılan çalışmaların arttırılmasının hasat sonrası kurutulmuş ürünün ağırlığını fazlaştırdığı tespit edilmiştir. Yeşilimsi kısımlarda en fazla kuru madde, en yüksek dozu temsil eden %5 arıtma çamuru uygulamasında 2,76 g/saksı olarak belirlenmiştir. Kimyasal karışımlar denemesinde %1 arıtılmış çamur uygulamasına göre yeşilimsi kısımlardan daha fazla katılmış atık temin edildiği de belirtilmiştir (Öztürk ve diğerleri, 2020).

7.SONUÇ

Sonuç olarak incelenen çalışmalarda yosun akstraktı gübresinin uygulanmasının, domates bitkisinin daha iyi ve kaliteli bitkisel aksam geliştirmesini desteklediği, bitkinin besin elementlerinden faydalanmasını sağladığı ve oluşan meyvelerin sayısını ve ağırlığını arttırdığı görülmüştür. Dolayısıyla verimlilikte artış oluşmuştur. Deniz yosunu özleri; meyve depolama kayıplarının azaltılması, verim miktarının artırılması, inorganik besin maddelerinin topraktan alınması, tohum çimlenmesi ve stres koşullarına dayanıklılık gibi alanların özellikle gelişmiş ülkelerde organik tarımda daha fazla değerlendirilmesi gerekmektedir. Güçlü kök gelişimini sağlayarak bitkilerin topraktan daha fazla besin ve su almasını sağladığı, bitkilerde klorofil oluşumunu hızlandırdığı, yeşil kısmı artırdığı, bitkinin hastalıklara, parazitlere ve çevresel faktörlere karşı direncini sağladığı gözlemlenmiştir. Makro ve mikro besin maddelerinin topraktan dengeli ve uzun süreli teminini sağlayarak verimliliği yükselttikleri için daha sıklıkla kullanılmaları gerekmektedir. Bu gübrelerin düzenli kullanılması ile birlikte pazar ve ihracat değerinin artacağı düşünülmektedir. Arıtma çamurlarının tarımda kullanılacağı zaman gerekli özelliklerin uygun olması gerektiği sonucu çıkarılmış olup, bu uygulama yapılırken daha detaycı olunması gerekmektedir. Araziye uygulanması düşünülen arıtma çamurlarının çevreye olumlu etkileri olduğu gibi olumsuz etkileri de bulunmaktadır. Olumsuz etkileri ortadan kaldırmak için arıtma

çamurunun gözden geçirilmesi gereklidir. Bunu yaparken çamurun ağır metal içeriği ve bunun çevre ve insan sağlığı açısından sonuçları dikkate alınmalı ve sınır değerlere göre gerekli işlemler yapılmalıdır. Yapılan literatür incelemelerinde ayrıştırılmış çamur uygulanan tesislerde genel olarak olumlu sonuçlar gözlemlenmiştir. Birçok araştırmacı kanalizasyon çamurunun bitki besin değerini incelemiş ve besin bileşiminin tarım alanlarına yaygın olarak uygulanan gübre ve kompost gibi organik atık bazlı toprak iyileştirme maddelerine benzer olduğu bulunmuştur. Yüksek bitkilerin gelişimi için mutlaka gerekli olan tüm organik maddeleri içerisinde barındıran arıtma çamurunda en fazla bulunan temel madde bitki besin elementleridir. Son olarak hazırlanan bu derleme çalışmasının ileride farklı çalışmalara kaynak teşkil edeceğini düşünüp, bu tarz çalışmaların artması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Aksu, T.(2008). Isparta Belediyesi Atık Su Arıtma Tesisinde Oluşan Çamurun Bertaraf Stratejilerinin Araştırılması, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2008.
- Alloway, B. ve Jackson, P. (1991). The Behaviour of Heavy Metals in Sewage Sludge Avened Soils. Elsevier Science publishers B.V., United Kingdom.
- Almaz, C. (2017). Arıtma Çamuru Uygulamalarının Kumlu Tın Bünyeli Toprağın Ve Mısırın Ağır Metal İçeriği Üzerine Etkisi, Ege Üniversitesi, FBE, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme, YL Tezi, 30-45
- Allwright, K.J. (1992). Effect Of Seaweed Extracts On Growth Of What, And Soil-Borne Diseases. Abstract Of The 14th International Seaweed Symposium, Brest And St Malo, France, Abstract Number 004
- Blunden, G.(1991). Agricultural Uses Of Seaweeds And Seaweed Extracts. In: Seaweed Resources İn Europe: Uses And Potential. Pp.65-81. John Wiley And Sons, Chichester.
- Blunden, G. (1992). Plant Growth Stimulants And Seaweed Extracts. The Journal Of International Crop And Animal Husbandry, P. 22-25, Volume 44 Nos 1&2.
- Çimrin, K.M., Bozkurt, M.A., ve Erdal, İ. (2000). Kentsel Arıtma Çamurunun Tarımda Fosfor Kaynağı Olarak Kullanılması, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 2000. Cilt 10 , Sayı 1, Sayfalar 85 - 90
- Dağ, M.C. (2010). Evsel Nitelikli Atıksular Arıtma Prosesleri, 2010.
- Demir, H., Topuz, A., Gölükçü, M., Polat, E., Özdemir, F., ve Şahin, H. (2006). Ekolojik Üretimde Farklı Organik Gübre Uygulamalarının Domatesin Mineral Madde İçeriği Üzerine Etkisi. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 16(1), 19-25
- Düring, R.A. ve Gäth, S.(2002). Utilization of Municipal Organic Wastes in Agriculture Where Do we Stand, Where will we go? J. Plant Nutr. Soil Sci., 165, 544-556.
- Filibeli, A. (1996). Arıtma Çamurlarının İşlenmesi, Deü, İzmir.,2011 Cilt 25 Sayı 2.

- Gassan, L., Jeannyn, I., Lamaze, T., ve Morot, J. (1992). The Effect Of The Ascophyllum Nodosum Extract Coemar Ga 14 On The Growth Of Spinach. *Botanica Marina*. Vol. 35. Pp. 437-439.
- Grouch, I.J., Beckett, R.P., ve Staden, J.V. (1990). Effect Of Seaweed Concentrate On The Growth And Mineral Nutrition Of Nutrient-Stressed Lettuce. *Journal Of Applied Phycology*, 2: 269-272.
- Güner, H. ve Aysel, V. (1996). Tohumuz Bitkiler Sistematiği. 1. Cilt (Algler). Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi, No.108. Bornova, İzmir.
- Hong, Y.P., Chen, C.C., Cheng, H.L., ve Ln, C.H. (1995). Analysis Of Auxin And Cytokinin Activity Of Commercial Aqueous Seaweed Extract. *Gartenbauwissenschaft*, 60(4), P. 191-194. Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart.
- İleri, R. (2007). Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Ders Notları.
- Kocaer, F.O., Kemiksiz, A., ve Başkaya, H.S. (2003). Arıtma Çamuru Uygulanmış Bir Topraktaki Organik Azotun Mineralizasyonu. Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Bursa, 2003.
- Kumbul, B. (2000). Deniz Yosunlarının Bahçe Bitkilerinde Kullanım Alanları. Akdeniz Üniv. Zir. Fak. Bahçe Bitkileri Bölümü, Bitirme Tezi, Antalya
- Morgan, K.T. ve Tarjan, A.C. (1980). Management Of Sting Nematode On Centipedegrass With Kelp Extracts. *Proceeding Of The Florida State Horticultural Society*, 93, 97-99.
- Moustakas, N., Akoumianakis, K., ve Passam, H. (2001). Cadmium Accumulation And Its Effects On Yield Of Lettuce, Radish And Cucumber. *Soil Science And Plant Analysis*. 32:1793-1802.
- Nisanoğlu, G. (1998). "Atık Su Arıtma Sistemlerinin Ve Bu Sistemlerden Elde Edilen Çamurların Tarım Olanaklarında Kullanılması Olanakları" Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri. Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 1998.
- Özbay, N. ve Ateş, K. (2015). Bingöl İli Ekolojik Şartlarına Uygun Sofralık Domates Çeşitlerinin Belirlenmesi. *Türk Tarım Ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 2(2): 226-236.

- Özdemir, G., Horzum, Z., Sukatar, A., ve Karabayoğlu, N.Ü. (2006). Antimicrobial Activities Of Volatile Components And Various Extracts Of Dictyopteris Membranacea And Cystoseira Barbata From The Coast Of Izmir, Turkey. *Pharmaceutical Biology*, Volume 44, Issue 3, May 2006, Pages: 183-188.
- Öztürk Ve Ark. (2020). Effect Of Domestic Wastewater Sewage Sludge Applications On Yield And Nutrient Uptake Of Tomato Plant., *Turkish Journal Of Agriculture - Food Science And Technology*, 8(7): 1508-1516, 2020
- Özyazıcı, M. Özyazıcı, G. (2012). Arıtma Çamurunun Toprağın Bazı Temel Verimlilik Parametreleri Üzerine Etkileri. *Anadolu Tar Bilim. Dergisi*. 27(2): 101-109.
- Spellman, F.R.(1997) *Wastewater Biosolids To Compost*. Technomic Publishing Company, Inc., Lancaster, Pennsylvania, U.S.A., 1997.
- Strauch, D.(1991) Survival of pathogenic micro-organisms and parasites in excreta, manure and sewage sludge. *Rev. Sci. Techn. Off. Int.Epiz*. 10,813-846.
- Şimşek, Z. (1995). Klemantin Mandarininde Bilezik Alma, Demir Bileşikleri Ve Deniz Yosunu Özü Uygulamalarının Verim Ve Kalite Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Akdeniz Üniv. Zir. Fak. Bahçe Bitkileri Bölümü, Antalya.
- Topcuoğlu Ve Ark. (2001). Toprağa Kentsel Katı Atık Ve Kentsel Atıksu Arıtma Çamuru Uygulamalarının Sera Domatesinde Kuru Madde Miktarı Ve Bazı Bitki Besin İçerikleri Üzerine Etkisi., *Gap İl Tarım Kongresi.*, 24-26 Ekim., Şanlıurfa 2003, 16(1),87-96
- Topcuoğlu, B., Önal, M.K., ve Arı, N. (2003). Toprağa Uygulanan Kentsel Arıtma Çamurunun Domates Bitkisine Etkisi I. Bitki Besinleri ve Ağır Metal İçerikleri, *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2003.
- Türkmen Ve Ark.(2000). The Effect Of Sewage Sludge On The Emergence And Seedling Growth İn Cucumber., *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi (J. Agric. Sci.)*, 2001, 11(1):1-4
- Uzun, P. ve Bilgili, U. (2011). Arıtma Çamurlarının Tarımda Kullanılma Olanakları, *U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, Cilt 25, Sayı 2, 135-146.

- Ünal, M. Ve Katkat, A.V. (2003). Bisküvi Ve Şekerleme Sanayii Arıtma Çamurunun Toprak Özelliklerine Ve Mısır Bitkisinin Kimi Mineral Madde İçeriği Üzerine Etkileri, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 17(1), 107-118.
- Ünlü, H.. ve Padem, H. (2009). Organik Domates Yetiştiriciliğinde Çiftlik Gübresi, Mikrobiyal Gübre Ve Bitki Aktivatörü Kullanımının Verim Ve Kalite Özelliklerine Etkileri. Ekoloji, 19(73): 1-9.
- Ünlü, H. Ve Padem, H. (2010). Organik Domates Yetiştiriciliğinde Çiftlik Gübresi, Mikrobiyal Gübre Ve Bitki Aktivatörü Kullanımının Yaprakların Makro Element İçeriği Üzerine Etkisi. Süleyman Demirel Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi, 5(2): 63-73.
- Whapham, C.A., Blunden, G., Jenkins, T., ve Hankins, S.D.(1993). Significance Of Betaines In The Increased Chlorophyll Content Of Plants Treated With Seaweed Extract. Journal Of Applied Phycology. 5: 231-234.
- Whapham, C.A., Jenkins, T., Blunden, G., ve Hankins, S.D. (1994). The Role Of Seaweed Extracts, Ascophyllum Nodosum, In The Reduction In Fecundity Of Meloidogyne Javanica. Fundam. Appl. Nematol., 17(2), 181-183.
- Yıldırım, E. ve Güvenç, İ. (2005). Deniz yosunu özü uygulamalarının tuzlu koşullarda pırasada tohum çimlenmesi üzerine etkisi. Bahçe, 34(2): 83-87.

BÖLÜM 5

KIRMIZIBİBERDE NİKEL (Ni) UYGULAMASININ BİTKİNİN BAZI MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Dr. Öğr. Üyesi Hava Şeyma İNCİ¹
Prof. Dr. Sermin AKINCI²

¹ Bingöl Üniversitesi, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Bingöl, Orcid No: 0000-0002-2670-401X, E-mail: hsyilmaz@bingol.edu.tr

² Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Kahramanmaraş, Orcid No: 0000-0002-5259-2808, E-mail: akinci.s@ksu.edu.tr

1. Giriş

Özet: Bu çalışma kırmızıbiberde nikel (Ni) elementinin bitkide meydana getirdiği bitkinin morfolojik özelliklerine olan etkilerini incelemek amacıyla Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi seralarında yapılmıştır. Araştırmada Doğu Akdeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden temin edilen "Maraş-1" kırmızıbiber çeşidine ait fideler kullanılmıştır. Çalışma (5 doz Ni elementi x 3 tekerrür) tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuş ve 2017-2018 yıllarında 2 yıl süre ile yürütülmüştür. Uygulanan nikel (Ni) dozları 0, 10, 20, 4 ve 80 mg kg⁻¹ şeklindedir. Vejetasyon süresi (160 gün) sonunda çalışmada morfolojik yönden incelenen özellikler; bitki boyu (cm), bitki gövde çapı (mm), bitkide yaprak sayısı (adet), yaprak eni (mm), yaprak boyu (mm), bitki yaş ve kuru ağırlığı (g), kök yaş ve kuru ağırlığı (g), bitki başına toplam meyve sayısı (adet), bitki başına toplam meyve ağırlığı (g), ortalama meyve ağırlığı (g/adet), meyve çapı (mm), meyve boyu (mm), meyve şekil indeksi (boy/çap), meyve et kalınlığı (mm), meyve eti yaş ve kuru ağırlığı, meyve tohum evi yaş ve kuru ağırlığı olmuştur. Nikel uygulamasının 2017 ve 2018 yılları ortalama sonuçlarında, bitki boyu (cm), yaprak eni (mm), yaprak boyu (mm), istatistiksel olarak çok önemli (p<0.01) bulunmuştur. Kök kuru ağırlığı (g) ve bitkide yaprak sayısı (adet) istatistiksel olarak önemli (p<0.05) bulunmuştur. Bitki gövde çapı (mm), bitki yaş ve kuru ağırlığı (g), kök yaş ağırlığı (g), istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Nikel, metal işleme tesislerinden, kömür ve petrol yanmasından salınan ciddi bir kirletici olarak kabul edilir. Ayrıca bazı kanalizasyon çamurları ve fosfatlı gübreler de tarım topraklarında Ni'nin önemli yayıcıları olabilir. Bitkisel üretim yapılan topraklardaki Ni dengesi, Danimarka'da 3.3'ten Fransa'da 33'e kadar (g/ha/yıl olarak) önemli ölçüde değişmektedir (Eckel ve ark., 2005).

Ni toksisitesinin mekanizması ve biyolojik etkileri, Ni türü ile oldukça ilişkilidir. Katyonik form Ni⁺², kompleks formlarından daha kolay emilir ve daha toksiktir. Ni-glukoz şelatının lahanada için Ni-EDTA kompleksinden daha toksik olduğunu gözlemlenmiş ve *in vitro* ortamda Ni fazlalığının bitkide çeşitli morfolojik ve anatomik değişikliklere neden olduğu ifade edilmiştir (Molas,1997).

Bitkilerin Ni içeriği, toprak özellikleri ve toprağın orijini tarafından yüksek oranda kontrol ediliyor gibi görünmektedir, ancak bitkilerin Ni'yi (akümülatörler ve hiperakümülatörler) absorbe etme yetenekleri de güçlü bir etkiye sahiptir. Rizosferdeki kökler ve mantarlar tarafından organik anyonların salgılanmasının ve toprak pH'sının modifikasyonunun, toprak bileşenleri tarafından Ni adsorpsiyonunu azaltabileceğini ve dolayısıyla bitki kullanılabilirliğini artırabileceği belirtilmiştir (Staunton ve ark., 1999).

Bitkide yaprak büyümesi, yaprak alanı ve toplam yaprak sayısı, mahsulün toplam verimini belirler. Ni eksikliği, yüksek üre birikimi nedeniyle yaprak ucunun yanması gibi bitki büyümesinde çeşitli rahatsızlıklara neden olurken, yüksek düzeyde Ni, yapraklarda nekroz ve kloroz gibi bazı toksik etkilere neden olur. Ni konsantrasyonu ile kök ve sürgün yaş ağırlıkları ile kök ve sürgün kuru ağırlıkları arasında ters bir ilişki vardır. Yetiştirme ortamındaki Ni miktarının artmasıyla bitki yaş ve kuru ağırlığı azalmaktadır. Kök ve sürgün yaş ve kuru ağırlığındaki azalmanın olası nedenlerinden biri, 20-50 mM'ye kadar Ni konsantrasyonunun bitkide su içeriği kaybına neden olmasıdır (Ameen ve ark., 2019).

Bu çalışmanın amacı Kahramanmaraş ili için en önemli sebzelerden biri olan kırmızıbiberde, Ni elementinin bitki gelişiminde meydana getirdiği etkileri incelemektir.

2. Materyal ve Metot

Çalışmanın sera denemeleri ilk yıl 28.04.2017-14.10.2017 tarihleri arasında, ikinci yıl ise 14.05.2018-20.10.2018 tarihleri arasında Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi araştırma seralarında kurulmuş ve yürütülmüştür.

Çalışma toprağı KSÜ Avşar Yerleşkesi, Kampüs alanından alınmıştır ve toprak özelliklerine ait bazı analiz sonuçları şu şekildedir: saturasyon %58.1, pH 7.32, tuz %0.1, kireç %0.7 organik madde %0.6. Çalışmada bitkisel materyal olarak Doğu Akdeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden temin edilen "Maraş-1" kırmızıbiber çeşidine ait fideler kullanılmıştır. Nikel ise ticari olarak nikel sülfat ($\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) formunda temin edilmiştir.

Çalışma (5 doz Ni elementi x 3 tekerrür) tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuş ve 2017-2018 yıllarında 2 yıl süre ile yürütülmüştür.

Uygulanan nikel (Ni) dozları 0, 10, 20, 40 ve 80 mg kg⁻¹ şeklindedir. Temin edilen toprak elendikten sonra 10 kg ağırlığında saksılara doldurulmuştur, daha sonra fidelerin dikimi gerçekleştirilmiş ve dekara 15 kg N-10 kg P₂O₅-15 kg K₂O hesabı ile saksı ağırlıklarına oranlanarak gübreleme yapılmıştır. Fideler yerlerine adapte olduktan sonra da Ni uygulaması (0, 10, 20, 40 ve 80 mg kg⁻¹) yapılmıştır.

Vejetasyon süresi içerisinde olgunlaşan kırmızıbiber meyveleri toplanmış bununla birlikte yaklaşık 160 günlük büyüme periyodu sonunda bitkiler hasat edilmiş ve morfolojik ölçümler yapılmıştır. İncelenen özellikler; bitki boyu (cm), bitki gövde çapı (mm), bitkide yaprak sayısı (adet), yaprak eni (mm), yaprak boyu (mm), bitki yaş ve kuru ağırlığı (g), kök yaş ve kuru ağırlığı (g) olmuştur.

Her iki yılda elde edilen veriler JMP istatistik paket programı (SAS programına ait bir yazılım/ JMP 2018) yardımıyla varyans analizi ile değerlendirilmiş ve grupların farklılıkları LSD testi ile karşılaştırılmıştır. Gruplar arası farklılıklar %5 anlam düzeyinde kontrol edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Bitkisel Özellikler (Ni)

3.1.1. Bitki Boyu (cm)

Bitki boyu varyans analiz sonucuna göre istatistiksel olarak, doz ve yıl çok önemli ($p < 0.01$) iken, doz x yıl interaksyonunu önemli ($p < 0.05$) bulunmuştur. Ni dozlarına, yıllara ve doz x yıl interaksyonuna ait ortalamalar ve LSD testi grupları Çizelge 3.1'de ve bitki boyu değişim grafiği Şekil 3.1'de verilmiştir.

En kısa bitki boyu (70.29 cm), 80 mg kg⁻¹ Ni uygulamasında, en yüksek bitki boyu ise (80.53cm) 10 mg kg⁻¹ Ni uygulamasında belirlenmiştir.

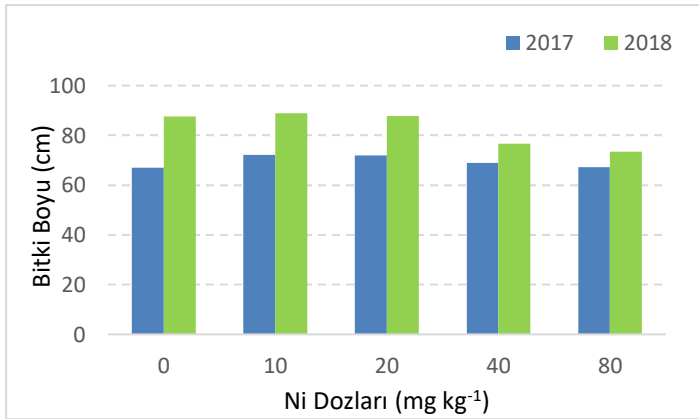
İki yılın bitki boyu değerlerinde; ilk yıl (2017 yılı) ortalama bitki boyu 69.42 cm iken ikinci yıl (2018 yılı) 82.88 cm olarak ölçülmüş ve istatistiksel olarak yıllar farklı ortalama gruplarını oluşturmuşlardır.

Doz x yıl interaksyonunda en küçük bitki boyu ilk yıl, 67.17 cm ile 80 mg kg⁻¹ Ni uygulamasında, en yüksek bitki boyu ise ikinci yıl 88.97 cm ile 10 mg kg⁻¹ Ni uygulamasında ölçülmüştür.

Çizelge 3.1. Ni dozlarının, biber bitkisinin bitki boyuna (cm) etkisi

Dozlar mg kg ⁻¹ Ni	Bitki Boyu (cm)		Ortalama (2017 ve 2018)
	2017 yılı	2018 yılı	
0	67.00±2.00 c*	87.63±8.40 a	77.32 ab**
10	72.08±1.13 bc	88.97±6.69 a	80.53 a
20	71.87±3.20 bc	87.80±2.09 a	79.83 a
40	69.00±4.00 c	76.58±4.88 b	72.79 bc
80	67.17±2.01 c	73.42±2.40 bc	70.29 c
Ortalama	69.42 b**	82.88 a	DK: %5.76
LSD (0.05)	Yıl: 3.37	Doz: 5.32	Yıl x Doz: 7.53

*: P<0.05, **: P<0.01 ve öd:önemli değil. LSD testine göre farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır. DK: Değişim Katsayısı

**Şekil 3.1.** Ni dozlarının, biber bitkisinin bitki boyuna (cm) etkisine ait değişim grafiği

3.1.2. Bitki gövde çapı (mm)

Bitki gövde çapı varyans analiz sonucuna göre istatistiksel olarak, doz ve doz x yıl interaksyonu önemsiz bulunurken, yıl çok önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. Ni dozlarına, yıllara ve doz x yıl interaksyonuna ait ortalamalar ve LSD testi grupları Çizelge 3.2’de ve bitki gövde çapı değişim grafiği Şekil 3.2’de verilmiştir.

Uygulanan Ni dozları bitki gövde çapı üzerinde istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

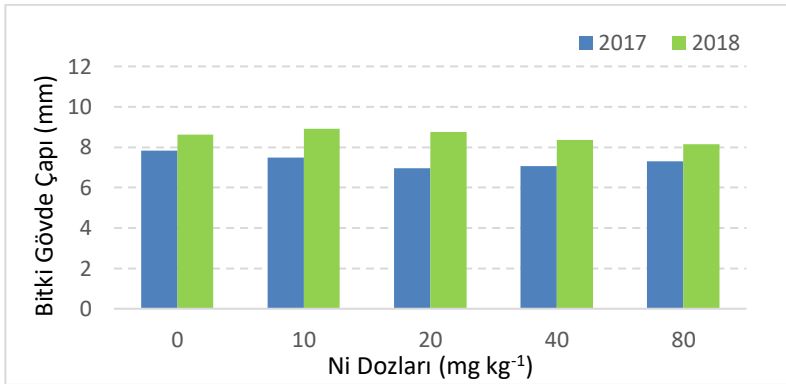
İki yılın bitki gövde çapı kalınlıklarında; ilk yıl (2017 yılı) ortalama bitki gövde çapı 7.33 mm iken ikinci yıl (2018 yılı) 8.56 mm olarak ölçülmüş ve yıllar istatistiksel olarak farklı ortalama gruplarını oluşturmuşlardır.

Doz x yıl interaksyonu istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 3.2. Ni dozlarının, biber bitkisinin bitki gövde çapına (mm) etkisi

Dozlar mg kg ⁻¹ Ni	Bitki Gövde Çapı (mm)		
	2017 yılı	2018 yılı	Ortalama (2017 ve 2018)
0	7.82±0.27 ^{öd}	8.63±0.23	8.22^{öd}
10	7.48±0.01	8.91±0.16	8.19
20	6.97±0.03	8.74±0.88	7.86
40	7.07±0.10	8.35±0.22	7.71
80	7.30±0.17	8.15±0.58	7.73
Ortalama	7.33 b**	8.56 a	DK: %4.66
LSD _(0.05)	Yıl: 0.28	Doz:-	Yıl x Doz: -

*: P<0.05, **: P<0.01 ve öd:önemli değil. LSD testine göre farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır. DK: Değişim Katsayısı



Şekil 3.21. Ni dozlarının, biber bitkisinin bitki gövde çapına (mm) etkisine ait değişim grafiği

3.1.3. Bitkide Yaprak Sayısı (adet)

Bitki yaprak sayısı varyans analiz sonucuna göre istatistiksel olarak, doz ve yıl çok önemli ($p<0.01$) iken doz x yıl interaksyonu önemsiz bulunmuştur. Ni dozlarına, yıllara ve doz x yıl interaksyonuna ait ortalamalar ve LSD testi

grupları Çizelge 3.33'te ve bitki yaprak sayısı değişim grafiği Şekil 3.33'te verilmiştir.

Uygulanan Ni dozları kontrol uygulamasına göre önce bitkinin yaprak sayısında artma (10 ve 20 mg kg⁻¹ Ni) daha sonra azalma (80 mg kg⁻¹ Ni) meydana getirmiştir. En az yaprak sayısı (116.10 adet), 80 mg kg⁻¹ Ni uygulamasında, en fazla ise kontrol bitkilerinde (138.235 adet) 10 mg kg⁻¹ Ni uygulamasında sayılmıştır.

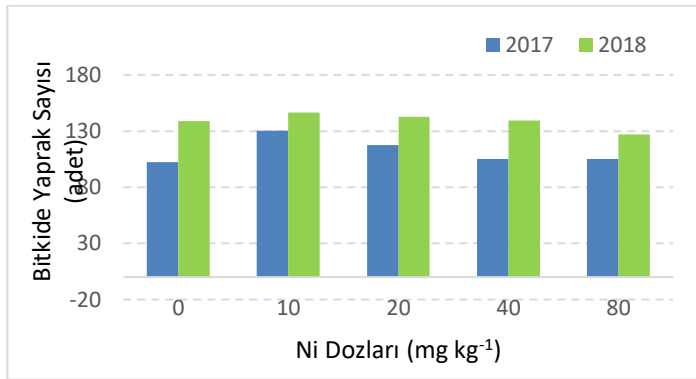
İki yılın yaprak sayısı birbirinden farklı olmuştur; ilk yıl (2017 yılı) ortalama yaprak sayısı 112.04 adet iken ikinci yıl (2018 yılı) 138.85 adet olarak ölçülmüş, ikinci yıl ilk yıldan daha fazla yaprak sayısına sahip olmuş ve yıllar istatistiksel olarak farklı ortalama gruplarını oluşturmuştur.

Doz x yıl interaksiyonu istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 3.3. Ni dozlarının, biber bitkisinin yaprak sayısına (adet) etkisi

Dozlar mg kg ⁻¹ Ni	Bitkide Yaprak Sayısı (adet)		Ortalama (2017 ve 2018)
	2017 yılı	2018 yılı	
0	102.20±10.39 ^{öd}	138.63±21.76	120.42 bc*
10	130.10±2.85	146.37±11.78	138.23 a
20	117.50±1.00	142.75±7.18	130.13 ab
40	105.20±3.56	139.50±5.77	122.35 bc
80	105.20±8.50	127.00±13.53	116.10 c
Ortalama	112.04 b**	138.85 a	DK:%8.73
LSD _(0.05)	Yıl: 8.40	Doz: 13.28	Yıl x Doz: -

*: P<0.05, **: P<0.01 ve öd:önemli değil. LSD testine göre farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır. DK: Değişim Katsayısı



Şekil 3.32. Ni dozlarının, biber bitkisinin yaprak sayısına (adet) etkisine ait değişim grafiği

3.1.4. Yaprak Eni (mm)

Yaprak eni varyans analizi sonucuna göre istatistiksel olarak, doz x yıl interaksyonu önemsiz bulunurken, yıl ve doz çok önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur. Ni dozlarına, yıllara ve doz x yıl interaksyonuna ait ortalamalar ve LSD testi grupları Çizelge 3.4'te ve yaprak eni değişim grafiği Şekil 3.4'te verilmiştir.

Uygulanan tüm Ni dozları, kontrol uygulamasına göre bitkinin yaprak eninde azalma meydana getirmiştir. En dar yaprak eni (50.55 mm), 80 mg kg⁻¹ Ni uygulamasında, en geniş ise (57.85 mm) 10 mg kg⁻¹ Ni uygulamasında belirlenmiştir.

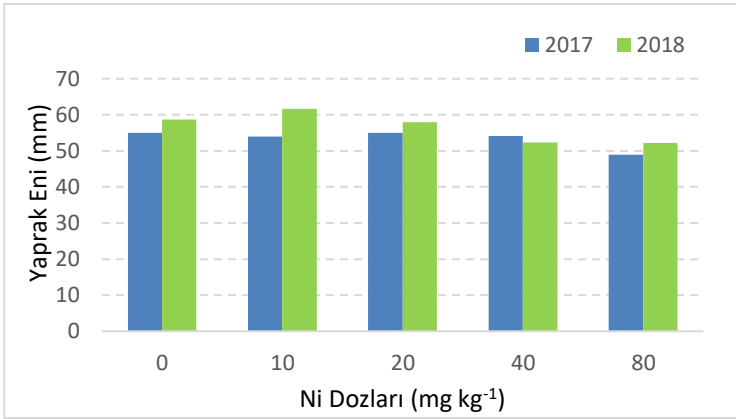
İlk yıl (2017 yılı) ortalama yaprak eni 53.40 mm iken ikinci yıl (2018 yılı) 55.56 mm olarak ölçülmüş, ikinci yıl ilk yıldan daha fazla yaprak enine sahip olmuştur.

Doz x yıl interaksyonu istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 3.4. Ni dozlarının, biber bitkisinin yaprak enine (mm) etkisi

Dozlar mg kg ⁻¹ Ni	Yaprak Eni (mm)		
	2017 yılı	2018 yılı	Ortalama (2017 ve 2018)
0	54.97±3.26 ^{ad}	58.63±1.25	56.80 a**
10	53.97±0.79	61.72±2.80	57.85 a
20	55.01±1.64	57.92±3.79	56.47 ab
40	54.13±2.00	52.36±4.92	53.24 bc
80	48.93±3.10	52.17±3.06	50.55 c
Ortalama	53.40 b**	56.56 a	DK: %4.94
LSD _(0.05)	Yıl: 2.08	Doz: 3.29	Yıl x Doz: -

*: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$ ve öd:önemli değil. LSD testine göre farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır. DK: Değişim Katsayısı



Şekil 3.43. Ni dozlarının, biber bitkisinin yaprak enine (mm) etkisine ait değişim grafiği

3.1.5. Yaprak Boyu (mm)

Yaprak boyu varyans analizi sonucuna göre istatistiksel olarak yıl, doz ve doz x yıl interaksiyonu çok önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur. Ni dozlarına, yıllara ve doz x yıl interaksiyonuna ait ortalamalar ve LSD testi grupları Çizelge 3.5'te ve yaprak boyu değişim grafiği Şekil 3.5'te verilmiştir.

Uygulanan Ni dozlarının artması ile birlikte biber bitkisinin yaprak boyunda genel olarak azalış görülmüştür. En kısa yaprak boyu (93.76 mm), 80 mg kg⁻¹ Ni uygulamasında, en yüksek yaprak boyu (103.39 mm) 10 mg kg⁻¹ Ni uygulamasında belirlenmiştir.

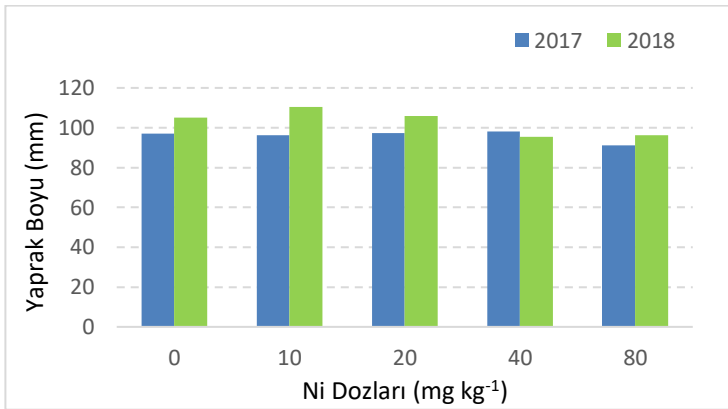
Yıllar arasında bitkilerin ölçülen yaprak boyları istatistiksel olarak farklılık göstermiş ve ilk yıl (2017 yılı) ortalama yaprak boyu 96.03 mm iken ikinci yıl (2018 yılı) 102.64 mm olarak ölçülmüştür.

Doz x yıl interaksiyonunda istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 3.5. Ni dozlarının, biber bitkisinin yaprak boyuna (mm) etkisi

Dozlar mg kg ⁻¹ Ni	Yaprak Boyu (mm)		Ortalama (2017 ve 2018)
	2017 yılı	2018 yılı	
0	97.12±4.82 c**	104.98±5.92 b	101.05 a**
10	96.31±1.20 c	110.47±2.68 a	103.39 a
20	97.36±0.36 c	105.82±2.75 ab	101.59 a
40	98.18±2.80 c	95.55±2.67 cd	96.87 b
80	91.15±2.56 d	96.37±4.66 c	93.76 b
Ortalama	96.03 b**	102.64 a	DK: %2.97
LSD _(0.05)	Yıl: 2.26	Doz: 3.58	Yıl x Doz: 5.06

*: P<0.05, **: P<0.01 ve öd:önemli değil. LSD testine göre farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır. DK: Değişim Katsayısı



Şekil 3.5. Ni dozlarının biber bitkisinin yaprak boyuna (mm) etkisine ait değişim grafiği

3.1.6. Bitki Yaş Ağırlığı (g)

Bitki yaş ağırlığı (g) varyans analizi sonucuna göre istatistiksel olarak, doz ve doz x yıl interaksyonu önemsiz bulunurken, yıl çok önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. Ni dozlarına, yıllara ve doz x yıl interaksyonuna ait ortalamalar ve LSD testi grupları Çizelge 3.6'da, bitki yaş ağırlığı (g) değişim grafiği ise Şekil 3.6'da verilmiştir.

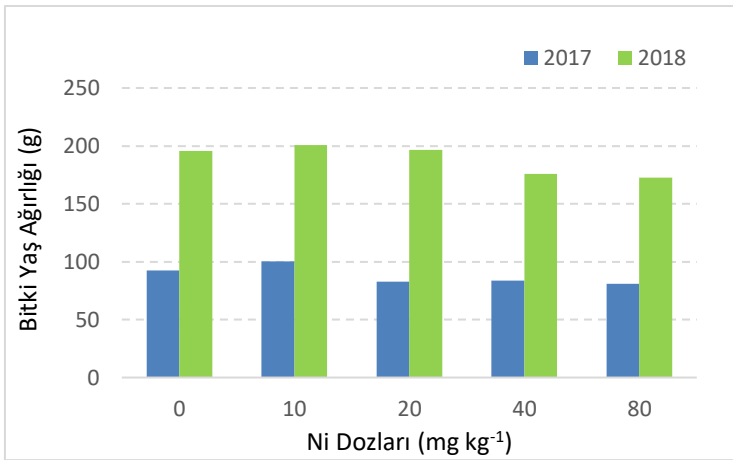
Farklı dozlardaki Ni uygulaması bitki yaş ağırlığı (g) üzerinde istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Yıllar arasında bitki yaş ağırlığı farklılık göstermiştir. İlk yıl bitki yaş ağırlığı 88.08 g iken ikinci yıl 188.24 g olarak belirlenmiştir. Doz x yıl interaksyonu istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 3.5. Ni dozlarının bitki yaş ağırlığı üzerine (g) etkisi

Dozlar mg kg ⁻¹ Ni	Bitki Yaş Ağırlığı (g)		Ortalama (2017 ve 2018)
	2017 yılı	2018 yılı	
0	92.50±7.50 ^{öd}	195.43±20.40	143.97^{öd}
10	100.43±12.50	200.85±21.03	150.64
20	83.00±4.75	196.58±15.38	139.79
40	83.50±3.27	175.83±20.19	129.67
80	80.98±7.97	172.50±16.54	126.74
Ortalama	88.08 b^{**}	188.24 a	DK: %10.41
LSD (0,05)	Yıl: 11.03	Doz: -	Yıl x Doz: -

*: P<0.05, **: P<0.01 ve öd:önemli değil, LSD testine göre farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır, DK: Değişim Katsayısı



Şekil 3.4. Ni dozlarının bitki yaş ağırlığına (g) etkisine ait değişim grafiği

3.1.7. Bitki Kuru Ağırlığı (g)

Bitki kuru ağırlığı (g) varyans analizi sonucuna göre istatistiksel olarak, doz ve doz x yıl interaksyonu önemsiz bulunurken, yıl çok önemli (p<0.01) bulunmuştur. Ni dozlarına, yıllara ve doz x yıl interaksyonuna ait ortalamalar

ve LSD testi grupları Çizelge 3.7’de, bitki kuru ağırlığı (g) değişim grafiği ise Şekil 3.7’de verilmiştir.

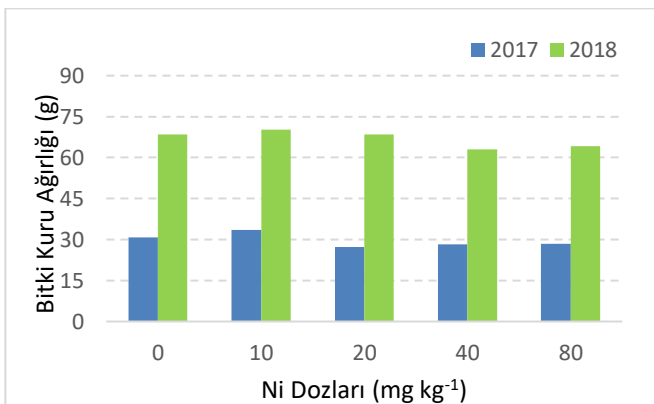
Farklı dozlardaki Ni uygulaması bitki kuru ağırlığı (g) üzerinde istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Yıllar arasında bitki kuru ağırlığı farklılık göstermiştir. İlk yıl (2017 yılı) bitki kuru ağırlığı 29.67 g iken ikinci yıl (2018 yılı) 66.90 g olarak belirlenmiştir. Doz x yıl interaksyonu istatistiksel olarak önemsiz bulunmuş fakat rakamsal olarak bitki kuru ağırlığı en az birinci yıl, 27.28 g ile 20 mg kg⁻¹ Ni uygulamasında, en yüksek ikinci yıl 68.55 g ile kontrol grubunda belirlenmiştir.

Çizelge 3.6. Ni dozlarının bitki kuru ağırlığı (g) üzerine etkisi

Dozlar mg kg ⁻¹ Ni	Bitki Kuru Ağırlığı (g)		Ortalama (2017 ve 2018)
	2017 yılı	2018 yılı	
0	30.80±2.97 ^{öd}	68.55±3.34	49.68^{öd}
10	33.45±5.04	70.17±5.26	51.81
20	27.28±2.12	68.58±1.26	47.93
40	28.27±1.91	63.04±6.32	45.66
80	28.52±2.61	64.15±4.13	46.34
Ortalama	29.67 b**	66.90 a	DK: %7.82
LSD _(0,05)	Yıl: 2.90	Doz: -	Yıl x Doz: -

*: P<0.05, **: P<0.01 ve öd:önemli değil, LSD testine göre farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır, DK: Değişim Katsayısı



Şekil 3.7. Ni dozlarının bitki kuru ağırlığına (g) etkisine ait değişim grafiği

3.1.8. Kök Yaş Ağırlığı (g)

Kök yaş ağırlığı (g) varyans analizi sonucuna göre istatistiksel olarak, doz ve doz x yıl interaksyonu önemsiz bulunurken, yıl çok önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur. Ni dozlarına, yıllara ve doz x yıl interaksyonuna ait ortalamalar ve LSD testi grupları Çizelge 3.8’de, kök yaş ağırlığı (g) değişim grafiği ise Şekil 3.8’de verilmiştir.

Farklı dozlardaki Ni uygulaması kök yaş ağırlığı (g) üzerinde istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

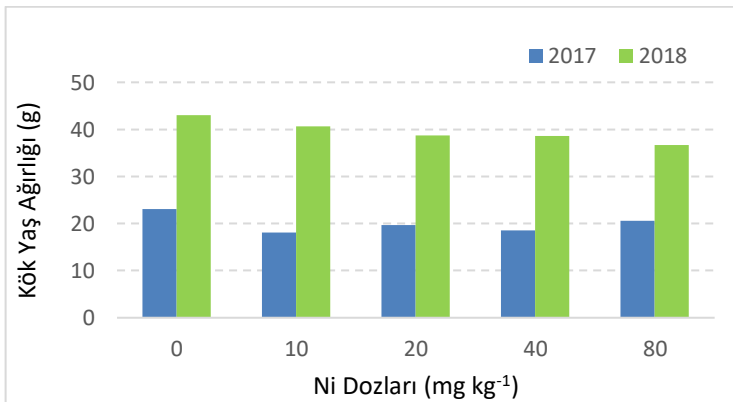
Yıllar arasında kök yaş ağırlığı istatistiksel olarak farklı bulunmuştur. İlk yıl (2017 yılı) kök yaş ağırlığı 19.20g iken ikinci yıl (2018 yılı) 39.55 g olarak belirlenmiştir. Yıllar farklı ortalama gruplarını oluşturmuştur.

Doz x yıl interaksyonu istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 3.7. Ni dozlarının kök yaş ağırlığı (g) üzerine etkisi

Dozlar mg kg ⁻¹ Ni	Kök Yaş Ağırlığı (g)		
	2017 yılı	2018 yılı	Ortalama (2017 ve 2018)
0	23.11±1.02 ^{öd}	43.00±6.94	33.06^{öd}
10	18.08±2.63	40.69±4.90	29.39
20	19.65±2.30	38.72±3.53	29.19
40	18.55±2.23	38.64±1.61	28.64
80	20.58±0.52	36.69±6.06	28.59
Ortalama	19.20 b**	39.55 a	DK: %10.25
LSD _(0,05)	Yıl: 2.34	Doz: -	Yıl x Doz: -

*: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$ ve öd:önemli değil, LSD testine göre farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır, DK: Değişim Katsayısı



Şekil 3.8. Ni dozlarının kök yaş ağırlığına (g) etkisine ait değişim grafiği

3.1.9. Kök Kuru Ağırlığı (g)

Bitki kök kuru ağırlığı (g) varyans analizi sonucuna göre istatistiksel olarak, doz önemli ($p < 0.05$), yıl çok önemli ($p < 0.01$) ve doz x yıl interaksyonu önemsiz bulunmuştur. Ni dozlarına, yıllara ve doz x yıl interaksyonuna ait ortalamalar ve LSD testi grupları Çizelge 3.9'da kök kuru ağırlığı (g) değişim grafiği ise Şekil 3.9'da verilmiştir.

En fazla kök kuru ağırlığı (6.92 g) kontrol bitkilerinde, en düşük kök kuru ağırlığı (5.80 g) ise 40 mg kg⁻¹ Ni uygulamasında belirlenmiştir.

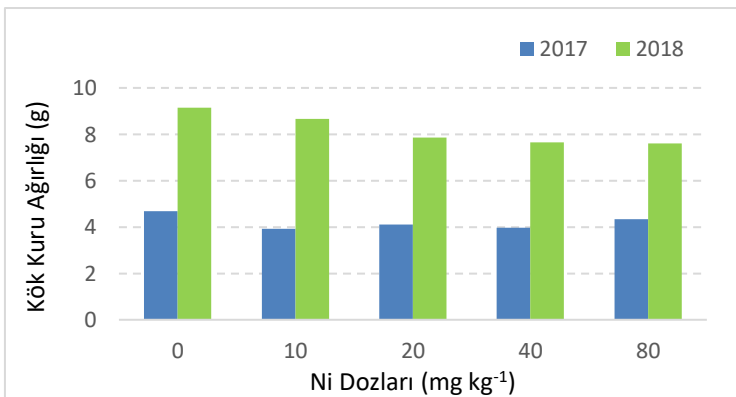
Yıllar arasında kök kuru ağırlığında istatistiksel olarak farklılık belirlenmiştir. İlk yıl kök kuru ağırlığı 4.20 g iken ikinci yıl 8.19 g olarak belirlenmiştir. Yıllar farklı ortalama gruplarını oluşturmuştur.

Doz x yıl interaksyonu istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 3.8. Ni dozlarının bitki kök kuru ağırlığı (g) üzerine etkisi

Dozlar mg kg ⁻¹ Ni	Kök Kuru Ağırlığı (g)		Ortalama (2017 ve 2018)
	2017 yılı	2018 yılı	
0	4.69±0.27 ^{öd}	9.14±0.41	6.92 a*
10	3.93±0.32	8.67±0.31	6.30 ab
20	4.10±0.52	7.86±1.26	5.98 b
40	3.96±0.24	7.64±0.34	5.80 b
80	4.33±0.46	7.61±0.95	5.97 b
Ortalama	4.20 b**	8.19 a	DK: %10.12
LSD (0,05)	Yıl: 0.48	Doz: 0.76	Yıl x Doz: -

*: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$ ve öd:önemli değil, LSD testine göre farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır, DK: Değişim Katsayısı



Şekil 3.95. Ni dozlarının bitki kök kuru ağırlığı (g) üzerine etkisine ait değişim grafiği

Nikel elementi belirli konsantrasyonlarda bitkiler için besin elementi olarak görev yapmakta iken belirli konsantrasyonlarda toksik etki gösterebilmektedir. Fitotoksik Ni konsantrasyonları, bitki türleri ve çeşitler arasında geniş bir aralıkta değişmektedir ve çeşitli bitkiler için 40-246 mg kg⁻¹ arasında olduğu bildirilmektedir (Gough ve Severson, 1976). Ni düşük dozlarda (10 ve 20 mg kg⁻¹) bitki boyunu olumlu etkilerken yüksek dozlarda (40 ve 80 mg kg⁻¹) bitki boyunda düşüşe sebep olmuştur.

Bitki gövde çapı ise Ni uygulamasında istatistiksel olarak fark göstermemiş ancak rakamsal olarak azalmıştır. Benzer şekilde 60 mg kg⁻¹ Ni uygulaması arpada bitki boyunda düşüşe neden olmuştur (Kumar ve ark., 2018). Maş fasulyesinde 25 mg kg⁻¹ Ni uygulaması 40 mg kg⁻¹ Ni uygulamasına göre bitki boyunda daha az düşüş göstermiştir (Ahmad ve ark., 2007). Topraktaki 70 mg kg⁻¹ Ni konsantrasyonu, domates bitkisinin gelişimini olumlu etkilemiş ancak daha yüksek Ni konsantrasyonu seviyeleri, temel besin maddelerinin alımını engelleyerek domates bitkileri üzerinde fitotoksik etkilere sebep olmuş ve bitkilerin vejetatif döngüsünü geciktirerek üretimlerini %28'e kadar azaltmıştır. Nikelin brokolinin büyüme ve gelişmesi üzerine düşük konsantrasyonlarda olumlu yönde etki etmiş ancak yüksek konsantrasyonlarda ise toksik etkilere neden olmuştur (Barış-Çingil ve Ünal, 2021).

Yaprak sayısı, yaprak eni ve yaprak boyu 40 mg kg⁻¹ Ni uygulamasından sonra olumsuz etkilenmiştir. Bitkilerin aşırı Ni alımına bağlı olarak gösterdiği genel toksisite belirtileri yapraklarda kloroz, nekroz, sürgün ve ve yaprak alanında azalmasıdır (Shahid ve ark. 2014). Yaprakların büyümesi daha yüksek Ni seviyelerinde azalma gösterebilir (Mishra ve Dubey 2011). Sazanova ve ark. (2012) ayrıca Ni seviyesinin (0.1– 50 mM) yaprak alanında azalmaya neden olduğunu bildirmiştir.

Bitki yaş ve kuru ağırlığı istatistiksel olarak önemli bulunmamış ancak rakamsal olarak önce artış sonra azalış göstermiştir. Kök yaş ağırlığı istatistiksel olarak önemli bulunmamış ancak rakamsal olarak doz artışıyla azalmış, kök kuru ağırlığı ise artan Ni konsantrasyonlarının artması ile olumsuz etkilenerek azalmıştır. Benzer şekilde domates bitkisinde bitki ve kök biyokütlesi ilk 3 dozda kontrole göre artış göstermiş fakat son uygulama olan 300 mg kg⁻¹ seviyesinde azalma göstermiştir (Roccotiello ve ark., 2022). Yetiştirme ortamındaki Ni miktarının artmasıyla bitki yaş ve kuru ağırlığı azalmaktadır (Ameen ve ark., 2019). Nikel konsantrasyonu >50 mM *Glycine*

max L. fidelerinin kök ve sürgün kuru ve yaş ağırlıklarını olumsuz etkilemiştir (El-Shintinawy ve El-Ansary 2000). *Nicotiana tabacum* L. bitkilerine 0.43 mM Ni uygulamasından sonra bitkinin kökleri koyu kahverengiye dönmüş ve 7-10 gün sonra bitki gelişimi olumsuz etkilenmiştir (Boominathan ve Doran, 2002). Bitki biyokütlesi ve kuru madde verimleri, 20 g kg⁻¹ Ni uygulamasına kadar biraz artmış, ancak ≥ 40 mg kg⁻¹ Ni uygulaması ile önemli ölçüde azalmıştır (Parida ve ark., 2003).

İncelenen parametrelerde yıllar arasında görülen farklılığın sebebinin her ne kadar sera koşulları, kullanılan çeşit ve toprak özellikleri aynı olsa da 2 yıllık vejetasyon dönemi sıcaklık ortalamaları arasında 0.34 °C fark bulunması ve temin edilen fidelerin 2.yıl ilk yıldan daha güçlü yapıda olması ayrıca bitki organlarında biriken Ni konsantrasyonlarına bakıldığında ikinci yıl daha az birikim olduğu görüldüğünde bitkilerin daha az strese girdiği düşünülmektedir.

4. Sonuç

Nikel (Ni) uygulaması dahilinde incelenen bitkisel özelliklerde (bitki boyu, bitki gövde çapı, yaprak sayısı, bitki yaş ve kuru ağırlığı, kök yaş ve kuru ağırlığı) genel olarak düşük dozlarda (10 ve 20 mg kg⁻¹) olumlu etki gözlemlenirken yüksek dozlarda (10 ve 20 mg kg⁻¹) olumsuz etki gözlemlenmiştir.

Bilgi: Bu çalışma Hava Şeyma İNCİ'nin KSÜ Bahçe Bitkileri Anabilim Dalında hazırlamış olduğu doktora tezinden üretilmiştir.

KAYNAKLAR

- Ahmad, M. S. A., Hussain, M., Saddiq, R., & Alvi, A. K. (2007). Mungbean: a nickel indicator, accumulator or excluder?. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 78(5), 319-324.
- Ameen, N., Amjad, M., Murtaza, B., Abbas, G., Shahid, M., Imran, M., ... & Niazi, N. K. (2019). Biogeochemical behavior of nickel under different abiotic stresses: toxicity and detoxification mechanisms in plants. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(11), 10496-10514.
- Barış-Çingil, Ç., & Ünal, M. (2021). Nikel'in brokoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) tohumlarının çimlenmesi ve fide gelişimi üzerine etkileri. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9(3), 226-261.
- Boominathan, R., & Doran, P. M. (2002). Ni-induced oxidative stress in roots of the Ni hyperaccumulator, *Alyssum bertolonii*. *New Phytologist*, 156(2), 205-215.
- Eckel, H., Doehler, H., & Roth, U. (2005). Assessment and reduction of heavy metal input agro-ecosystems. Final report of the EU-concerted action AROMIS. Germany.
- El-Shintinawy, F., & El-Ansary, A. (2000). Differential effect of Cd²⁺ and Ni²⁺ on amino acid metabolism in soybean seedlings. *Biologia Plantarum*, 43(1), 79-84.
- Gough, L. P., & Severson, R. C. (1976). Impact of point source emissions from phosphate processing on the element content of plants and soils, Soda Springs, Idaho. In *10. Annual Conference on Trace Substances in Environmental Health, Columbia, Missouri (USA), 8-10 Jun 1976*. University of Missouri.
- Kumar, O., Singh, S. K., Singh, A. P., Yadav, S. N., & Latore, A. M. (2018). Effect of soil application of nickel on growth, micronutrient concentration and uptake in barley (*Hordeum vulgare* L.) grown in Inceptisols of Varanasi. *Journal of Plant Nutrition*, 41(1), 50-66.
- Mishra, P., & Dubey, R. S. (2011). Nickel and Al-excess inhibit nitrate reductase but upregulate activities of aminating glutamate dehydrogenase and aminotransferases in growing rice seedlings. *Plant Growth Regulation*, 64(3), 251-261.
- Molas, J. (1997). Range of tolerance limits and toxicity symptoms of ionic and

- chelated nickel forms in cabbage plants (*Brassica oleracea* L.). *Z. Probl. Post. Nauk Roln.*
- Parida, B. K., Chhibba, I. M., & Nayyar, V. K. (2003). Influence of nickel-contaminated soils on fenugreek (*Trigonella corniculata* L.) growth and mineral composition. *Scientia Horticulturae*, 98(2), 113-119.
- Roccotiello, E., Nicosia, E., Pierdonà, L., Marescotti, P., Ciardiello, M. A., Giangrieco, I., ... & Mariotti, M. (2022). Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) accumulation and allergenicity in response to nickel stress. *Scientific Reports*, 12(1), 1-15.
- Sazanova, K. A., Bashmakov, D. I., Brazaitytė, A., Bobinas, Č., Duchovskis, P., & Lukatkin, A. S. (2012). The effect of heavy metals and thidiazuron on winter wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. *Žemdirbystė= Agriculture*, 99(3), 273-278.
- Shahid, M., Sabir, M., Arif Ali, M., & Ghafoor, A. (2014). Effect of organic amendments on phytoavailability of nickel and growth of berseem (*Trifolium alexandrinum*) under nickel contaminated soil conditions. *Chemical Speciation & Bioavailability*, 26(1), 37-42.
- Staunton, S., Bonafos, B., & Leclerc-Cessac, E. (1999). Possible effects of root action in the rhizosphere on the adsorption of trace amounts of nickel by various soils. *In 5th Int. Conf. Biogeochem. Trace Elements.*

BÖLÜM 6

BAL ARILARINDA BESLENME VE BİYOLOJİK GELİŞİM EVRELERİ

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet İLKAYA¹
Öğr. Gör. Zeynep ASUTAY²
Prof. Dr. Bünyamin SÖĞÜT³

¹ Arıcılık Araştırma, Geliştirme Uygulama Ve Araştırma Merkezi / Zootekni Ve Hayvan Besleme, Bingöl, Türkiye. <https://orcid.org/0000-0002-1797-144X>,
E-mail: milkaya@bingol.edu.tr

² Bitlis Eren Üniversitesi, Hizan Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Arıcılık Programı Bitlis, Orcid No: 0000-0002-5854-1040
E-mail: zasutay@beu.edu.tr

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

GİRİŞ

Bal arıları (*Apis mellifera*), ekosistemlerin dengesini korumada ve tarımsal üretimin devamlılığını sağlamada kritik bir rol oynayan sosyal böceklerdir. Özellikle polinasyon, yani bitkilerin çiçeklenme döneminde polenlerinin taşınmasıyla gerçekleşen döllenme süreci, büyük ölçüde bal arılarının faaliyetleri sayesinde gerçekleşir. Winston (1987), dünyadaki bitkilerin yaklaşık %75'inin ve tarımsal ürünlerin %35'inin hayvanlar, özellikle bal arıları tarafından tozlaşma yoluyla üretildiğini belirtmektedir. Bu nedenle, bal arılarının sağlığı ve koloni büyüklüğü, tarımsal üretim ve biyolojik çeşitlilik açısından büyük bir öneme sahiptir.

Bal arıları, toplumsal yapıları gereği karmaşık bir yaşam döngüsüne ve gelişim süreçlerine sahiptir. Kraliçe, işçi arılar ve erkek arılar (drone'lar) olarak sınıflandırılan bu böcekler, her biri kendine özgü görev ve biyolojik gelişim evrelerine sahip bireylerden oluşur. Koloninin devamlılığını sağlamak için her bireyin beslenme şekli ve gelişim süresi hayati bir rol oynar. Özellikle larvaların beslenme şekli, koloninin gelecekteki sağlığını ve üretkenliğini belirler. Mattila ve Otis (2006), larvaların protein açısından zengin polenler, karbonhidrat açısından zengin nektar ve arı sütü gibi besinlerle beslenmelerinin, onların sağlıklı birer yetişkin birey olmalarını sağladığını vurgulamaktadır. Bu süreç, yalnızca bireysel arıların gelişimini etkilemekle kalmaz, aynı zamanda koloninin genel verimliliğini de belirler.

Koloni içindeki bireylerin gelişim süreci, çevresel koşullar, besin kaynaklarına erişim ve beslenme stratejileriyle yakından ilişkilidir. Arıların gelişim evreleri boyunca karşılaştıkları besin yetersizlikleri veya dengesizlikler, koloninin hayatta kalma kapasitesini ve verimliliğini doğrudan etkiler. Yetersiz beslenme, larvaların eksik gelişimine ve yetişkin arıların bağışıklık sistemlerinin zayıflamasına neden olabilir. İklim koşulları, nektar ve polen bolluğu gibi faktörler arıların sağlıklı bir gelişim süreci geçirmesi için kritik öneme sahiptir. Mattila ve Otis (2006), besin kaynaklarının yeterli olduğu dönemlerde kraliçe arının yumurtlama kapasitesinin arttığını, işçi arıların ise koloni için daha fazla bal ürettiğini ve polen depoladığını ifade etmektedir.

Arı kolonilerinin sağlıklı bir şekilde gelişebilmesi ve beslenme süreçlerinin etkin olması, çeşitli çevresel tehditler ve parazitlerle mücadeleyi de gerektirir. Özellikle tarım ilaçları, monokültür tarımı ve zararlı parazitler, bal arılarının gelişimini olumsuz etkileyen başlıca faktörler arasında yer alır.

Nosema gibi parazitler, arıların sindirim sistemine saldırarak onların beslenme süreçlerini bozar ve koloni sağlığını tehlikeye atar (Seeley, 1995). Ancak, iyi bir beslenme düzeni ve zengin bir çevresel besin çeşitliliği, arıların bu tür hastalıklara karşı daha dirençli olmalarını sağlar.

Bu çalışmanın amacı, bal arılarının biyolojik gelişim evreleri ve beslenme düzenlerinin nasıl birbiriyle ilişkili olduğunu incelemektir. Ayrıca, beslenmenin arılar üzerindeki fizyolojik etkileri, koloni dinamiklerine olan katkıları ve çevresel faktörlerin bu süreçlerdeki rolü ele alınacaktır. Arıların sağlıklı bir beslenme düzeniyle güçlü bir bağışıklık sistemine sahip olabileceği ve bu sayede koloni içindeki bireylerin daha uzun ömürlü ve üretken olabileceği vurgulanacaktır.

1. BAL ARILARININ YAŞAM DÖNGÜSÜ

Bal arılarının yaşam döngüsü, yumurta, larva, pupa ve erişkin evrelerinden oluşan bir süreçtir. Her bir evre, bireylerin gelişimi açısından kritik bir rol oynar ve arıların toplumsal işlevlerinin belirlenmesinde etkilidir. Bu süreç, kraliçe arı tarafından atılan yumurtalarla başlar. Kraliçe arı, koloninin devamlılığını sağlayan tek dişi bireydir ve koloninin büyüklüğüne bağlı olarak günde 1.500'e kadar yumurta bırakabilir. Döllenen yumurtalardan dişi işçi arılar veya yeni kraliçe arılar, döllenmeyenlerden ise erkek arılar (drone'lar) gelişir (Winston, 1987).

Yumurtalar üç gün sonra çatlar ve larvalar ortaya çıkar. Larva evresi, bal arılarının gelişiminde en hızlı büyüme dönemidir ve yaklaşık altı gün sürer. Larvalar, arı sütü ve polenle beslenir. İşçi arılar tarafından sürekli olarak beslenmeleri, yoğun bir büyüme göstermelerini sağlar. Özellikle larva beslenmesi, gelecekteki işlevlerini belirleyecek kritik bir faktördür. Kraliçe adayları sürekli olarak arı sütü ile beslenirken, işçi ve erkek arılar başlangıçta arı sütü alır ancak daha sonra polen ve bal ile beslenirler. Bu beslenme farkı, bireylerin büyüme hızını ve toplumsal rollerini doğrudan etkiler (Mattila & Otis, 2006).

Larva evresinin ardından arılar, pupa evresine geçerler. Bu süreçte larva, bir koza içinde dönüşüm geçirerek yetişkin bir birey haline gelir. Pupa evresi, işçi arılar için yaklaşık 12 gün, kraliçe arılar için 7-8 gün, erkek arılar için ise 14 gün sürer. Bu evrede larvanın tüm vücut yapısı değişir ve yetişkin arı

özellikleri kazanır. Son aşamada pupa kozasını terk eden arı, kolonideki sosyal yapıya katılır ve görevlerini yerine getirmeye başlar (Winston, 1987).

1.1. Yumurta Evresi

Bal arılarının gelişim süreci, kraliçe arının bir petek gözüne yumurta bırakmasıyla başlar. Kraliçe arı, günde 1000 ila 2000 arasında yumurta bırakabilir (Winston, 1987). Yumurtalar genellikle 1 ila 3 gün arasında gözde kalır. Bu süre zarfında larva oluşumu başlar ve bu evre boyunca beslenme ihtiyacı minimum düzeydedir. Yumurtalar başlangıçta arı sütü adı verilen yüksek besin değerine sahip bir salgı ile desteklenir.

1.2. Larva Evresi

Yumurtadan çıkan larva, koloni içerisinde en çok besin tüketen bireylerden biridir. Larva, işçi arılar tarafından salgılanan arı sütü ile beslenir. Bu besin, yüksek oranda protein ve lipit içerir ve larvanın hızlı gelişimini destekler (Mattila & Otis, 2006). Larvaların beslenme şekli, gelecekte hangi rolü üstleneceklerini de belirler: Kraliçe olacak larvalar sadece arı sütü ile beslenirken, işçi arılar ve erkek arılar (dronlar) zamanla bal ve polen karışımına geçiş yapar (Seeley, 1995). Bu evre, larvanın kütlesini hızla artırdığı ve büyüme hızının en yüksek olduğu dönemdir. Yaklaşık 6 gün sonra larva, petek gözünde işçi arılar tarafından kapatılır ve pupa evresine geçer.

1.3. Pupa Evresi

Larva tamamen gelişip gözünü kapattıktan sonra pupa evresine girer. Bu evrede dışarıdan beslenme olmaz. Larva, metamorfoz geçirerek yetişkin bir arı formuna dönüşür. Bu süreç yaklaşık 12 gün sürer ve sonunda arı tamamen gelişmiş olarak gözden çıkar (Hrassnigg & Crailsheim, 2005). Pupa evresi, hücre dışı bir beslenmenin olmadığı bir geçiş dönemidir. Gelişim bu evrede içsel değişimlerle devam eder ve birey, gelecekteki görevi için gerekli morfolojik özellikleri kazanır.

1.4. Yetişkin Evresi

Yetişkin bir arı haline gelen birey, gelişim evrelerini tamamladıktan sonra görevi doğrultusunda beslenme ve çalışma sürecine başlar. İşçi arılar, yaşamlarının ilk günlerinde kovan içi işleri yaparlar ve larvaların bakımından sorumlu olurlar. Bu dönemde arı sütü üretimi için polen ve bal tüketirler.

Ardından dışarıda nektar toplama görevine geçerler. Kraliçe arı ise sadece arı sütü ile beslenir ve koloni içindeki en uzun ömürlü birey olarak bilinir (Winston, 1987). Dronlar ise ana görevleri olan kraliçeyi dölleme sürecine kadar koloni içindeki besinlerle (polen, bal ve arı sütü) beslenirler (Hrassnigg & Crailsheim, 2005).

1.5. İşçi Arıların Gelişim Süreci ve Beslenmesi

İşçi arılar, kolonide en fazla sayıya sahip olan ve çeşitli görevler üstlenen bireylerdir. Gelişimlerinin her evresinde farklı besinlerle beslenmeleri, fizyolojik durumlarına göre şekillenir.

1.6. Erken Dönem (İlk Üç Gün): İşçi arılar yetişkin hale geldikten sonra kovan içerisinde temizleme ve larvaların bakımını yapma gibi görevler üstlenirler. Bu dönemde, protein ihtiyacını karşılamak için polen tüketimleri fazladır. Ayrıca, larvalara arı sütü üretmek için özel beslenme düzenine sahip olurlar (Winston, 1987).

1.7. Arı Sütü Üretim Dönemi: İşçi arılar, yaşamlarının ilk 10 günü boyunca arı sütü üretiminden sorumludur. Bu dönemde, kraliçe ve larvalara besin sağlamak için polen ve bal karışımını tüketirler. Balın içerdiği karbonhidratlar enerji kaynağı olarak kullanılırken, polendeki proteinler arı sütü üretimi için gereklidir (Mattila & Otis, 2006).

1.8. Nektar ve Polen Toplayıcı Dönem: Yaklaşık 3 hafta sonra işçi arılar, kovanın dışına çıkarak nektar, polen, su ve propolis toplamaya başlarlar. Nektar, enerji kaynağı olarak kullanılırken, polen hem kendi protein ihtiyaçlarını karşılar hem de kovana taşınarak larva beslenmesinde kullanılır (Seeley, 1995).

1.9. Kraliçe Arı Beslenmesi ve Gelişimi: Kraliçe arının beslenme şekli, işçi ve erkek arılardan belirgin şekilde farklıdır. Kraliçe, gelişim sürecinin başından itibaren yalnızca arı sütü ile beslenir. Kraliçenin yaşam süresi boyunca sürekli arı sütüyle beslenmesi, onun üreme kapasitesini korur (Winston, 1987). Kraliçeye sunulan arı sütünün kalitesi, onun üreme başarısını ve koloninin devamlılığını doğrudan etkiler.

Kraliçe arının diyetindeki arı sütü, yüksek miktarda protein, yağ asitleri, vitaminler ve mineraller içerir. Bu besin maddeleri, kraliçenin sağlıklı kalmasını ve her gün binlerce yumurta üretmesini sağlar.

1.10. Erkek Arıların (Drone) Beslenmesi ve Gelişimi: Dronlar, koloninin üreme görevini üstlenen erkek arılardır. Larva dönemlerinde işçi arılarla benzer şekilde arı sütü ile beslenirler, ancak yetişkin olduklarında bal ve polen karışımı bir diyetle beslenirler (Hrassnigg & Crailsheim, 2005). Dronlar, koloni içindeki diğer bireyler kadar uzun ömürlü değildir ve genellikle çiftleşme sonrasında ya da sonbaharda koloni tarafından dışlanarak yaşamlarını yitirirler.

2. BESLENMENİN GELİŞİM ÜZERİNDEKİ ROLÜ

Bal arılarının yaşam döngüsündeki her evre, farklı beslenme gereksinimlerine sahiptir. Özellikle larva evresinde, doğru beslenme bireylerin büyüklüğü, sağlığı ve gelecekteki görevleri açısından belirleyici bir rol oynar. Polen, bal ve arı sütü gibi besin maddeleri, arıların sağlıklı bir şekilde gelişmeleri için gerekli olan protein, karbonhidrat, vitamin ve yağ asitlerini sağlar.

2.1. Arı Sütü ve Kraliçe Arılar: Kraliçe arılar, yaşamları boyunca arı sütü ile beslenirler. Arı sütü, protein, yağ asitleri ve vitaminler açısından son derece zengin bir besindir. Bu özel diyet, kraliçe arının diğer arılardan çok daha uzun ömürlü ve üretken olmasını sağlar. Kraliçe arılar, işçi arılardan yaklaşık 10 kat daha uzun süre yaşar ve koloninin en önemli bireyleri olarak yumurta üretimini sürdürürler. Arı sütü ayrıca kraliçe adaylarının belirlenmesinde de kritik rol oynar (Seeley, 1995).

2.2. Polen ve İşçi Arılar: İşçi arılar, polen açısından zengin bir diyetle beslenirler. Polen, arıların protein ihtiyacını karşılayan en önemli besin maddesidir. Proteinler, arıların kas gelişimi, enzim üretimi ve bağışıklık sisteminin güçlenmesi açısından hayati bir öneme sahiptir. Yeterli miktarda polen tüketen işçi arılar, koloninin yiyecek toplama, yavru bakımı ve kovan temizliği gibi görevlerini daha etkin bir şekilde yerine getirirler. Yetersiz polen alımı, arıların zayıf gelişmesine, bağışıklık sistemlerinin çökmesine ve koloninin üretkenliğinin düşmesine yol açar (Mattila & Otis, 2006).

2.3. Nektar ve Enerji İhtiyacı: Nektar, arıların enerji kaynağıdır ve kovana getirilen nektar, işçi arılar tarafından bal haline dönüştürülerek depolanır. Bal, koloninin enerji ihtiyacını karşılamak için kış aylarında kullanılır. Özellikle dışarıda çalışan işçi arılar için nektar, uçuş sırasında harcanan enerjiyi yerine koymada önemli bir rol oynar. İşçi arılar, nektar toplama sürecinde büyük miktarda enerji harcarlar ve bu nedenle sürekli olarak enerji bakımından zengin bir beslenme düzenine ihtiyaç duyarlar (Winston, 1987).

3. KOLONİ DİNAMİKLERİ VE BESLENMENİN ETKİLERİ

Koloni içindeki her bireyin beslenmesi, koloninin genel sağlığı ve üretkenliği üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Yeterli ve dengeli bir beslenme, koloninin büyümesini ve üreme kapasitesini artırırken, yetersiz beslenme koloninin zayıflamasına ve hastalıklara karşı savunmasız hale gelmesine yol açar (Seeley, 1995).

Arı kolonisindeki bireylerin beslenme şekli, koloninin genel sağlığı ve üreme kapasitesi üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Özellikle protein açısından zengin polen, larva gelişiminde kritik rol oynar (Mattila & Otis, 2006). Yetersiz polen kaynağı, larvaların zayıf gelişimine ve dolayısıyla koloninin güçsüzleşmesine yol açabilir. Kraliçenin beslenmesi ise onun üreme kapasitesini doğrudan etkiler. Bu nedenle, kraliçeye sunulan arı sütü, en yüksek kalitede olmalıdır. İşçi arıların beslenmesi de görevlerine göre şekillenir; bal, enerji ihtiyaçlarını karşılar, polen ise protein ihtiyacını sağlar (Seeley, 1995).

Bal arıları (*Apis mellifera*), biyolojik gelişim evrelerinde oldukça karmaşık ve sistematik bir süreç izler. Arı kolonisi içindeki bireylerin görevleri, beslenme şekilleri ve gelişim evreleri, arıların hayatta kalmaları ve koloni işlevselliği açısından büyük öneme sahiptir. Bu bölümde bal arılarının biyolojik gelişim evreleri ve bu evrelerdeki beslenme alışkanlıkları detaylandırılacaktır.

3.1. Yavru Bakımı ve Beslenme: İşçi arılar, larvaların sürekli olarak arı sütü ve polen ile beslenmesini sağlar. Yeterli besin kaynağı mevcut olduğunda, işçi arılar larvaları daha fazla besleyebilir ve bu da koloninin hızlı bir şekilde büyümesini sağlar. Ancak besin kaynaklarının kısıtlı olduğu dönemlerde, işçi arılar larvaları beslemeyi azaltabilir ve bu da koloninin

büyüme hızını yavaşlatır. Özellikle polen kaynaklarının yetersiz olduğu durumlarda, işçi arılar, kraliçenin yumurta üretimini sınırlayarak koloninin kaynaklarını korumaya çalışır (Mattila & Otis, 2006).

3.2. Koloni Üretkenliği: Yeterli polen ve nektar kaynaklarına sahip olan koloniler, bal üretiminde daha verimli hale gelirler. Arılar, yaz aylarında topladıkları nektarı bal haline getirerek kış aylarında kullanmak üzere depolarlar. Besin kaynaklarının zengin olduğu bölgelerdeki koloniler, kış aylarında daha güçlü ve sağlıklı kalırken, besin kaynaklarının kısıtlı olduğu bölgelerdeki koloniler hayatta kalma mücadelesi verir (Seeley, 1995).

3.3. Koloni Sağlığı Üzerinde Beslenmenin Rolü: Arı kolonilerinde beslenme, bireylerin biyolojik gelişimlerini ve koloninin genel sağlığını doğrudan etkiler. Yeterli polen ve nektar kaynağının bulunduğu dönemlerde koloniler daha güçlü ve üretken olurlar. Polen ve nektar yetersizliği ise larvaların gelişimini olumsuz etkileyebilir ve işçi arıların ömürlerini kısaltabilir (Alqarni, Balhareth & Owayss, 2014).

4. KOLONİ İÇİNDEKİ SOSYAL BESLENME DİNAMİKLERİ

Bal arıları, sosyal bir yapıya sahip olduklarından beslenme süreçleri de işbirliği üzerine kuruludur. Koloni içindeki beslenme dinamikleri, bireylerin rolleri ve gelişim evrelerine göre değişiklik gösterir. Arılar arasında sürekli bir besin paylaşımı ve besin taşıma sistemi vardır. Bu sistem, koloninin genel sağlığını koruma açısından oldukça etkilidir (Winston, 1987).

4.1. Trofalaksis: Arıların besin paylaşımındaki en önemli mekanizma, trofalaksis adı verilen bir yöntemdir. Bu yöntemle işçi arılar, topladıkları nektar ve poleni diğer işçi arılarla paylaşır ve bu sayede besinlerin tüm koloniye eşit şekilde dağıtılması sağlanır (Seeley, 1995). Trofalaksis, aynı zamanda arıların kovan içinde kimyasal iletişim kurmalarına da olanak tanır. Örneğin, bir işçi arı, kraliçeye daha fazla besin sunulması gerektiğini bu yolla diğer işçi arılara iletebilir.

4.2. Kraliçenin ve Larvaların Beslenmesi: Kraliçenin ve larvaların beslenmesi, doğrudan işçi arılar tarafından yapılır. İşçi arılar, nektar ve poleni işleyerek arı sütü üretir ve bu sütü kraliçe ile larvalara verirler. Kraliçenin

beslenmesi, koloni sağlığı ve devamlılığı açısından en önemli besin paylaşım sürecidir (Hrassnigg & Crailsheim, 2005). Kraliçenin yeterli besin almadığı durumlarda yumurtlama kapasitesi azalır ve koloni zayıflar. Larvaların beslenmesi ise işçi arıların larvalar etrafında kümelenip onlara sürekli besin sundukları bir sistemle gerçekleşir.

5. İKLİM KOŞULLARININ BESLENMEYE ETKİSİ

Bal arılarının beslenme şekilleri, büyük ölçüde çevresel koşullara bağlıdır. Özellikle iklim, nektar ve polen kaynaklarının bolluğunu doğrudan etkiler (Mattila & Otis, 2006). Sıcaklık, nem ve mevsimsel değişimler, bal arılarının besin kaynaklarına erişimini ve kovan içindeki besin stoklarını etkileyen faktörlerdir.

5.1. İlkbahar ve Yaz Dönemi: İlkbahar ve yaz aylarında, nektar ve polen kaynakları bol olduğu için işçi arılar bu besinleri toplar ve koloninin besin depolarını doldurur. Bu dönemde kraliçe arı daha fazla yumurtlar ve larva gelişimi hızlanır (Alqarni et al., 2014). Koloni içindeki bireyler enerji ihtiyaçlarını kolayca karşılar ve bal üretimi artar. Özellikle çiçeklenme dönemlerinde polen ve nektar kaynaklarına erişim en üst düzeydedir.

5.2. Sonbahar ve Kış Dönemi: Sonbahar ve kış aylarında ise nektar ve polen kaynakları azalır, bu da arıların beslenme düzenlerinde değişikliklere yol açar. Arılar bu dönemde, yaz boyunca depoladıkları bal ve poleni kullanarak hayatta kalırlar (Sramkova & Juráni, 2019). Koloninin güçlü bir şekilde kışa girebilmesi için, ilkbahar ve yaz aylarında yeterince bal ve polen depolanmış olması gerekir. Yeterli besin stoğu olmayan koloniler, kış aylarında hayatta kalmakta zorlanır ve koloninin büyük bir kısmı ölebilir.

5.3. Besin Takviyeleri: Arıcılar, özellikle kış aylarında koloninin besin ihtiyacını karşılayabilmek için şeker şurubu, polen ikamesi gibi besin takviyeleri sağlarlar. Bu takviyeler, doğal besin kaynaklarının yetersiz olduğu durumlarda arıların yaşamlarını sürdürebilmeleri için önemlidir (Hrassnigg & Crailsheim, 2005). Ancak bu tür takviyelerin besin değeri, doğal polen ve nektarın yerini tam olarak tutmaz, dolayısıyla mümkün olduğunca doğal beslenmenin desteklenmesi gereklidir.

6. TELOMERE UZUNLUĞU VE BESLENMENİN İLİŞKİSİ

Bal arılarının sağlığı ve uzun ömürlülüğü üzerinde beslenmenin büyük bir etkisi olduğu bilinmektedir. Son araştırmalar, arıların beslenme düzenlerinin telomer uzunluğu ile ilişkili olabileceğini göstermektedir. Telomerler, hücre bölünmesi sırasında kromozomları koruyan DNA dizileridir ve yaşam süresi ile yakından ilişkilidir (Sramkova & Juráni, 2019). Yetersiz veya dengesiz beslenme, telomerlerin kısalmasına ve hücre yaşlanmasının hızlanmasına neden olabilir. Arılar üzerinde yapılan bazı araştırmalar, zengin bir diyetin telomer uzunluğunu koruyarak arıların ömrünü uzatabileceğini öne sürmektedir.

Kraliçe arıların uzun ömürlü olmasının sebeplerinden biri, yaşamları boyunca arı sütü ile beslenmeleridir. Arı sütünün içerdiği yüksek düzeyde protein ve diğer biyolojik aktif bileşenler, telomer uzunluğunu koruyarak hücresel yaşlanmayı yavaşlatabilir (Mattila & Otis, 2006). Bu bağlamda, arı sütü ve polen gibi zengin besin kaynakları, arıların sağlıklı ve uzun ömürlü kalmalarını sağlayan kritik besinler arasında yer alır.

7. ZARARLILAR VE HASTALIKLARLA MÜCADELEDE BESLENMENİN ROLÜ

Bal arılarının beslenmesi, yalnızca gelişim ve üreme süreçlerini değil, aynı zamanda bağışıklık sistemlerini de etkiler. Güçlü bir beslenme, arıların hastalıklara ve zararlılara karşı daha dirençli olmalarını sağlar (Hrassnigg & Crailsheim, 2005). Yetersiz beslenme, arıların bağışıklık sistemini zayıflatarak Nosema gibi parazitlerin ya da Varroa akarlarının neden olduğu hastalıklara karşı savunmasız hale getirebilir.

7.1. Propolis ve Bağışıklık: Arılar, dış tehditlere karşı kendilerini korumak için propolis adı verilen bir madde üretirler. Propolis, antibakteriyel ve antifungal özelliklere sahip doğal bir reçinedir ve kovanın enfeksiyonlardan korunmasına yardımcı olur (Alqarni et al., 2014). Propolisin üretimi, arıların topladığı bitki reçinelerine dayanır ve bu nedenle bitki çeşitliliği ve beslenme zenginliği, propolis kalitesini doğrudan etkiler. İyi beslenmiş bir koloni, daha fazla propolis üreterek kovanın savunmasını güçlendirebilir.

8. BESLENME İLE ARI ÜRÜNLERİNİN KALİTESİ ARASINDAKİ İLİŞKİ

Arıların beslenme alışkanlıkları, ürettikleri bal, arı sütü, balmumu ve propolis gibi arı ürünlerinin kalitesini doğrudan etkiler. Zengin çiçek kaynaklarına erişimi olan arılar, daha yüksek kaliteli bal üretirler (Mattila & Otis, 2006). Balın içeriğindeki antioksidanlar, vitaminler ve mineraller, arıların topladıkları nektarın çeşitliliğine bağlı olarak değişir.

8.1. Bal Kalitesi: Arılar, farklı çiçeklerden topladıkları nektarla çeşitli tatlarda ve renklerde bal üretirler. Özellikle tek bir çiçek türünden üretilen monofloral ballar, özel aromaları ve sağlık açısından faydalı bileşenleri ile bilinir. Örneğin, kestane balı veya çam balı gibi ballar, arıların beslendiği bitki türüne bağlı olarak farklı besin değerlerine sahiptir (Sramkova & Juráni, 2019).

8.2. Arı Sütü Kalitesi: Kraliçeyi besleyen arı sütünün kalitesi de arıların genel beslenme durumuna bağlıdır. Polen ve nektar bakımından zengin dönemlerde üretilen arı sütü, daha fazla protein, yağ asidi ve vitamin içerir. Bu da hem kraliçenin sağlığını olumlu etkiler hem de koloninin uzun vadeli sağlığını destekler (Hrassnigg & Crailsheim, 2005).

9. KOLONİ İÇİNDEKİ İŞBİRLİĞİ VE YİYECEK PAYLAŞIMI

Bal arılarında beslenme, yalnızca bireylerin ihtiyaçlarını karşılamakla kalmaz, aynı zamanda koloninin sosyal yapısının devamını sağlar. Arılar, koloninin her bireyinin beslenmesini garanti altına almak için karmaşık bir işbirliği sistemi geliştirirler. Yiyecek paylaşımı ve kaynakların verimli kullanılması, koloninin uzun vadede sağlıklı kalmasını sağlar. Bu işbirliği, arıların bireysel davranışlarının koloninin genel refahına olan katkılarını açık bir şekilde gösterir.

9.1. Kaynakların Depolanması: Arılar, kovanın gelecekteki ihtiyaçlarını karşılamak için topladıkları nektarı bal haline getirerek depolarlar. Bu, özellikle kış aylarında nektar ve polen kaynaklarının yetersiz olduğu dönemlerde hayatta kalmak için kritik bir stratejidir. Kovan içindeki her birey, yiyecek depolama ve paylaşma görevine katkıda bulunur. İşçi arılar, dışarıdan topladıkları besinleri kovana getirir ve burada genç arılar tarafından işlenerek depolanır (Brodschneider & Crailsheim, 2010).

9.2. Besin Kaynaklarının Optimize Edilmesi: Arılar, çevredeki besin kaynaklarını etkin bir şekilde kullanmak için yön bulma ve dans dili adı verilen bir iletişim sistemini kullanırlar. Kaynakların verimli bir şekilde toplanabilmesi için işçi arılar birbirlerine, buldukları polen ve nektarın yerini bildirirler. Bu sistem, koloni içinde besin kaynaklarının maksimum verimle kullanılmasını sağlar (Seeley, 1995).

10. BESLENMENİN ARILAR ÜZERİNDEKİ FİZYOLOJİK ETKİLERİ

Arıların beslenme düzenleri, fizyolojik sağlıkları üzerinde önemli etkiler yaratır. Özellikle protein, karbonhidrat ve yağ asitlerinin dengeli alınması, arıların enerji seviyeleri, bağışıklık sistemleri ve üreme kapasitesini doğrudan etkiler.

10.1. Protein ve Larva Gelişimi: Polen, bal arılarının en önemli protein kaynağıdır. İşçi arılar, larva beslenmesinde ve kendi gelişim süreçlerinde polene ihtiyaç duyarlar. Yeterli protein alınmadığı durumlarda, larvaların gelişimi yavaşlar ve bireylerin sağlıklı bir şekilde olgunlaşmaları zorlaşır. Ayrıca, yetişkin arılarda protein eksikliği, bağışıklık sistemini zayıflatarak hastalıklara karşı savunmasız hale getirir (Mattila & Otis, 2006).

10.2. Karbonhidrat ve Enerji Üretimi: Nektar ve bal, arıların temel enerji kaynağıdır. Yüksek enerji ihtiyaçları, özellikle dışarıda görev yapan işçi arılar için kritiktir. Arılar, uçuş sırasında büyük miktarda enerji harcarlar ve bu enerjeyi hızlı bir şekilde yerine koyabilmek için karbonhidrat açısından zengin bir diyeteye ihtiyaç duyarlar (Brodschneider & Crailsheim, 2010). Enerji ihtiyaçlarının karşılanamaması durumunda, arıların uçuş kapasiteleri düşer ve koloninin besin toplama etkinliği azalır.

10.3. Yağ Asitleri ve Bağışıklık: Yağ asitleri, arıların genel sağlıkları ve bağışıklık sistemlerinin işlevselliği açısından önemlidir. Özellikle arı sütü ve polen, yağ asitleri bakımından zengin besin kaynaklarıdır. Bu besinler, arıların hücre zarlarının stabilitesini korur ve patojenlere karşı bağışıklık tepkilerini güçlendirir. Yağ asitleri ayrıca arıların üreme sağlığı üzerinde de olumlu etkiler yapar (Hrassnigg & Crailsheim, 2005).

11. NOSEMA VE DİĞER PARAZİTLERLE MÜCADELEDE BESLENME FAKTÖRÜ

Bal arılarının karşılaştığı en büyük tehditlerden biri, Nosema gibi parazitlerin neden olduğu enfeksiyonlardır. Nosema, arıların sindirim sistemini hedef alan bir mikroskopik parazittir ve yetersiz beslenme, bu tür enfeksiyonların kolonilerde hızla yayılmasına neden olabilir. İyi beslenme, arıların bu enfeksiyonlara karşı direnç kazanmalarını sağlar.

11.1. Beslenme ve Bağışıklık: Nosema gibi parazitlerin neden olduğu enfeksiyonlarla mücadelede güçlü bir bağışıklık sistemi hayati önem taşır. Yeterli polen ve arı sütü tüketen koloniler, bu tür enfeksiyonlara karşı daha dirençli olurlar. Araştırmalar, özellikle yüksek protein içeren polenlerle beslenen arıların Nosema enfeksiyonuna karşı daha dayanıklı olduğunu göstermektedir (Sramkova & Juráni, 2019).

11.2. Doğal Besin Takviyeleri: Arıcular, Nosema ve diğer parazitlerle mücadelede doğal besin takviyeleri kullanmayı tercih ederler. Özellikle bazı bitki ekstraktları, arıların bağışıklık sistemini güçlendirmek ve parazitlerin üremesini engellemek için kullanılır. Örneğin, kekik (*Thymus serpyllum*), adaçayı (*Salvia officinalis*) ve lavanta (*Lavandula angustifolia*) ekstraktları, Nosema üzerinde baskılayıcı etkilere sahip olabilir ve bu bitkilerden elde edilen doğal ürünler arılara besin takviyesi olarak sunulabilir (Forsgren, 2010).

12. ÇEVRESEL FAKTÖRLERİN BESLENME ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Bal arılarının beslenme düzeni, çevresel koşullardan büyük ölçüde etkilenir. Özellikle tarım ilaçları, çevre kirliliği ve monokültür tarım uygulamaları, arıların besin kaynaklarına erişimlerini kısıtlayabilir ve bu durum kolonilerin sağlığını olumsuz etkiler.

12.1. Tarımsal İlaçlar ve Pestisitler: Tarımsal alanlarda kullanılan pestisitler, arıların topladığı polen ve nektar üzerinde olumsuz etkiler yaratabilir. Pestisit maruziyeti, arıların bağışıklık sistemlerini zayıflatır ve besin kaynaklarının kalitesini düşürür. Bu durum, koloni sağlığını doğrudan etkileyen önemli bir faktördür (Brodshneider & Crailsheim, 2010). Ayrıca, pestisitler

arıların sinir sistemini etkileyerek onların yön bulma yeteneklerini bozar ve kolonilerine geri dönemelerine neden olabilir.

12.2. Monokültür Tarımı ve Beslenme Çeşitliliği: Monokültür tarımı, arıların farklı bitki türlerinden çeşitli besin kaynakları toplama imkanını azaltır. Besin çeşitliliğinin azalması, arıların ihtiyaç duydukları vitamin, mineral ve diğer besin maddelerini yeterli miktarda alamamalarına yol açar. Bu da uzun vadede arıların sağlığını olumsuz etkiler ve kolonilerin güçsüzleşmesine neden olur. Arıcılar, bu durumu dengelemek için kovanlarını farklı çiçek türlerinin bulunduğu bölgelere taşımayı tercih edebilirler (Alqarni et al., 2014).

SONUÇ

Bal arılarının beslenme düzeni, koloninin sağlığı ve bireylerin gelişimi açısından hayati bir öneme sahiptir. Her evre, farklı beslenme gereksinimleri ile karakterizedir ve bu gereksinimlerin karşılanması, arıların sağlıklı bir şekilde büyümesini sağlar. Polen, nektar ve arı sütü gibi temel besin maddeleri, koloninin üretkenliği ve hastalıklara karşı dirençli olmasında belirleyici bir rol oynar. Bu nedenle, arıcılar, arıların beslenme ihtiyaçlarını karşılamak için besin kaynaklarını çeşitlendirmeli ve besin yetersizliklerini önleyici stratejiler geliştirmelidir.

Bal arılarının beslenme düzeni ve biyolojik gelişim evreleri, koloni içindeki her bireyin görevini ve yaşam sürecini doğrudan etkiler. Beslenmenin, arıların genel sağlık durumu ve koloni üretkenliği üzerinde oynadığı rol göz ardı edilemez. Bu nedenle, arıcılıkta doğru beslenme stratejilerinin uygulanması, koloninin sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir.

Bal arılarının biyolojik gelişim evreleri ve beslenme alışkanlıkları, koloninin sürdürülebilirliği ve genel sağlığı açısından kritik öneme sahiptir. Özellikle polen ve arı sütü gibi zengin besin kaynaklarının sürekli olarak sağlanması, hem larva gelişimini destekler hem de kraliçe arının üreme kapasitesini artırır. Arıcılık faaliyetlerinde bu süreçlerin doğru yönetilmesi, bal veriminin artırılmasının yanı sıra arı kolonilerinin uzun vadeli sağlığını da güvence altına alır.

Bal arılarının beslenme düzeni, koloninin hayatta kalma kapasitesi, üreme sağlığı, üretkenliği ve genel bağışıklık sistemi üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Hem bireylerin gelişim evreleri boyunca ihtiyaç duydukları besinler

hem de çevresel koşullar, beslenmenin kalitesini ve etkilerini belirler. Doğru ve dengeli bir beslenme stratejisi, arı kolonilerinin güçlü kalmasını sağlarken, yetersiz beslenme koloninin çöküşüne neden olabilir.

Bal arılarının beslenmesi, sadece bireylerin gelişimi ve sağlığı açısından değil, aynı zamanda koloninin genel refahı, üretkenliği ve hastalıklara karşı dirençli olması bakımından büyük bir öneme sahiptir. İyi bir beslenme düzeni, arıların uzun ömürlü olmasını sağlarken, yetersiz veya dengesiz beslenme, koloninin çöküşüne neden olabilir. Çevresel faktörlerin ve tarım uygulamalarının arılar üzerindeki etkileri göz önüne alındığında, arıcılar doğal besin takviyelerini ve çevre dostu tarım uygulamalarını benimseyerek kolonilerinin sağlığını koruyabilirler.

KAYNAKÇA

- Alqarni, A. S., Balhareth, H. M., & Owayss, A. A. (2014). "Performance evaluation of indigenous and exotic honey bee (*Apis mellifera*) strains in central Saudi Arabia." *Saudi Journal of Biological Sciences*, 21(3), 256-264.
- Brodschneider, R., & Crailsheim, K. (2010). "Nutrition and health in honey bees." *Apidologie*, 41(3), 278-294.
- Forsgren, E. (2010). "European foulbrood in honey bees." *Journal of Invertebrate Pathology*, 103, S5-S9.
- Hrassnigg, N., & Crailsheim, K. (2005). "Differences in drone and worker physiology in honeybees (*Apis mellifera*)." *Apidologie*, 36(2), 255-277.
- Mattila, H. R., & Otis, G. W. (2006). "Influence of pollen diet in spring on development of honey bee (Hymenoptera: Apidae) colonies." *Journal of Economic Entomology*, 99(3), 604-613.
- Seeley, T. D. (1995). *The Wisdom of the Hive: The Social Physiology of Honey Bee Colonies*. Harvard University Press.
- Sramkova, J., & Juráni, M. (2019). "Impact of nutrition on honey bee health." *Journal of Apicultural Research*, 58(5), 630-638.
- Winston, M. L. (1987). *The Biology of the Honey Bee*. Harvard University Press.

BÖLÜM 7

MANDALARDA ÇEVRE VE DAVRANIŞ İLİŞKİSİ

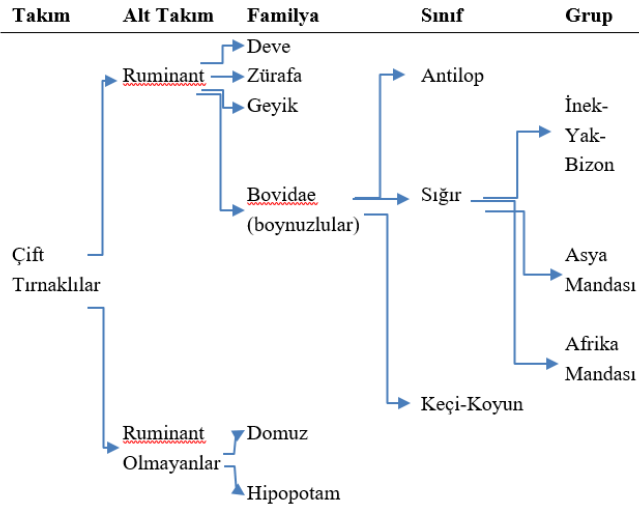
Dr. Öğr. Üyesi Gökhan GÖKÇE¹

¹ Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Adana, Türkiye.
ggokce@cu.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-6980-8989

GİRİŞ

Manda, insanların yüzyıllardır et, süt ve deri gibi çeşitli verimlerinden yararlandığı, değişik çevre koşullarına uyum kabiliyeti yüksek, hastalıklara karşı dayanıklı ve kanaatkâr bir hayvandır. Ekstansif yetiştiricilik için uygun bir materyal olan manda, kaba yemler içerisinde kalitesi düşük, selüloz oranı yüksek olan ucuz yemleri tüketerek, hayvansal ürüne dönüştürür. Bataklik ve sazlık alanlarda, ucuz kaba yemlerin bulunduğu bölgelerde manda yetiştiriciliği oldukça ekonomiktir. Türkiye sahip olduğu ekolojik şartlar itibarı ile manda yetiştiriciliği için uygun bir ülkedir. Türkiye’de yetiştirilen mandalar, nehir mandalarının bir alt grubu olan Akdeniz mandalarından köken almakta ve Anadolu Mandası olarak adlandırılmaktadır (Anonim, 2024a).

Manda, özellikle Kuzey Amerika ve Asya’da İngilizce bir terim olan Water Buffalo (su mandası) sözcükleriyle hangi hayvandan bahsedildiği konusunda kavram kargaşasına yol açabilen bir türdür. Türkçedeki manda kelimesinin Hindistan’da coğrafi bir bölge olan Manda’dan geldiği düşünülmektedir (Soysal, 2006).



Şekil 1. Mandaların Zoolojik sınıflandırılması (Anonim, 2024b)

Manda tüm Asya'ya yayılmış ve Avrupa'nın bazı bölgelerinde, Yakın Doğu ve Mısır'da, Kafkasya bölgesinde ve daha sonra Güney Amerika'da

yetiştirilmeye başlanmıştır. Mandalar muhtemelen eski Mısırlılar, Romalılar ve Yunanlılar tarafından bilinmiyordu ve muhtemelen bu tür hayvanların yazılı kaynaklarda bahsedilmemesinin veya duvar resimlerinde görülmemesinin nedeni budur; yine de mandalar 4.000 yıl önce Çin'de kullanılıyordu. Araplar mandaları M.S. 600 civarında Mezopotamya'dan Yakın Doğu'ya (bugün Suriye ve Türkiye) taşımaya başlarken, aynı hayvanlar Orta Çağ'da Kutsal Topraklardan dönen hacılar ve haçlılar tarafından Avrupa'ya tanıtılmıştır. Mandalar Roma'nın güneydoğu bölgesi ve Napoli'nin güneyini karakterize eden Malarik Pontine bataklıklarına iyi uyum sağlamış ve bugün Macaristan, Romanya, Yugoslavya, Yunanistan ve Bulgaristan olarak bilinen diğer bölgelere de yerleşmiş ve o zamandan beri orada kalmışlardır. Mısır'da ortaçağ köylüleri mandaları benimseyip kullanmaya başlamışlar ve o zamandan beri modern Mısır'da bile en önemli evcil hayvan olarak kalmışlar, hatta son 50 yıl içinde nüfusları iki katına çıkarak bir milyon başa ulaşmıştır (Mingala ve ark., 2017).

İnsanların sadece çeki gücünden yararlanma isteği değil, aynı zamanda gıda açısından çok yararlı olan daha fazla süt elde etme olasılığını keşfetmesiyle birlikte, dünyada ve farklı kıtalarda manda popülasyonu eğilimi artmaktadır.

FAO tarafından 2017'de rapor edilen dünya çapındaki manda popülasyonu yaklaşık 201 milyon baş olup, 2018'de 206,6 milyona çıkmıştır; bu da 1 yılda %2,8'lik bir artışa işaret etmektedir.

1. MANDA IRKLARI VE KARAKTERİSTİKLERİ

İki ana manda grubu vardır: bataklık ve nehir mandası. Nehir tipi mandalar süt hayvanları olarak yetiştirilir ancak aynı zamanda iyi bir et kalitesine de sahiptirler. Bu hayvanlar nehirlerde, sulama kanallarında ve yapay göllerde yıkanmayı severler. Nehir mandaları 50 kromozoma sahipken, bataklık tipi 48 kromozoma sahiptir (Cooper, 1992).

Farklı ülkeler arasında nehir mandası ırklarının ilk buzağılama yaşı oldukça yüksektir; 34 ila 54 ay arasında olup, bireysel değişkenlik oldukça yüksektir. Servis periyodu süresi 100–120 günün üzerindedir. Mandaların çoğu için 281 ila 334 gün arasında değişen uzun bir gebelik süresine sahiptir.

Bataklık mandalarıyla karşılaştırıldığında nehir tipi mandalar laktasyon başına ortalama 2 ila 4 kat daha yüksek süt verimine sahiptir ancak sütteki yağ

içeriği daha düşüktür. Ayrıca bataklık mandalarına göre daha uzun laktasyon süresine sahiptirler, ancak bu süre sığırlara göre daha kısadır. İlk laktasyon süresinin en uzun olduğu ve ardışık her laktasyonda bu sürenin azaldığı tespit edilmiştir (Mingala ve ark., 2017).

Bataklık tipi manda ise ağırlıklı olarak çeki ve et üretimi için kullanılmaktadır. Malaklarını beslemeye ancak yetecek kadar düşük süt verimine sahiptir. Yetiştirildiği ülke ve bölgelerin çevre koşullarına adapte olmuş, çok sayıda çeşide sahip bir cins olarak tanımlanmaktadır. Bu manda cinsi Doğu Asya ülkelerinin temel manda popülasyonunu oluşturmaktadır. İlginç bir şekilde, Bataklık ve Nehir mandaları çiftleştirildiğinde normal döl alınabilmekte, ancak döller 49 kromozoma sahip olmaktadırlar (Parker ve ark., 1991).

Bataklık mandalarının çoğu koyu gridir. Nispeten küçük bir kısmı ise albinoiddir. Endonezya'nın bazı bölgelerinde siyah-beyaz mandalar da bulunmaktadır. Çoğunun iki beyaz şerite sahip olması gri mandaların karakteristik özelliğidir: biri alt çenenin altında, diğeri ise göğsün çevresindedir. Ancak bazı hayvanların boynunun altında yalnızca bir şerit bulunur.

Genellikle bataklık mandalarının boynuzları sığırlardan daha büyük ve daha uzundur. Ancak boynuzsuz mandalar da vardır. Bu hayvanların çoğunda boynuzlar dışarı doğru uzanır ve ardından yarım daire şeklinde geriye doğru kıvrılır ancak alın düzleminde kalır. Bazı bireylerin sarkık boynuzları da olabilir. Manda boynuzları genellikle uzun, düz ve kalındır. Bazı durumlarda kısa ve kalın olabilirler.

Malakların ortalama doğum ağırlığı 26–30 kg, 8 aylıkken 125–150 kg civarında, 1 yaşında ise 135–205 kg arasındadır. Sütten kesmeden önceki dönemde ortalama günlük kazanç 340–410 g ve sütten kesimden sonra 340–750 g arasında değişmektedir. Erkek malakların büyüme oranı dişilere göre önemsiz derecede daha yüksektir. Ergin bataklık manda ineklerinin ortalama canlı ağırlığı 350–450 kg, ergin manda boğalarının ise 450–650 kg'dır. Bu özellik her ülkedeki popülasyon içinde son derece farklılık gösterebilir ancak farklı ülkeler arasında ortalama değerlerde önemli bir farklılık yoktur.

Ergin bataklık mandalarının sınırlı sayıdaki vücut ölçümlerine göre, farklı ülkelerdeki manda ineklerinin ortalama cidago yüksekliğinin 120-126 cm, manda boğalarının ise 121-136 cm; vücut uzunluğunun 121-151 cm

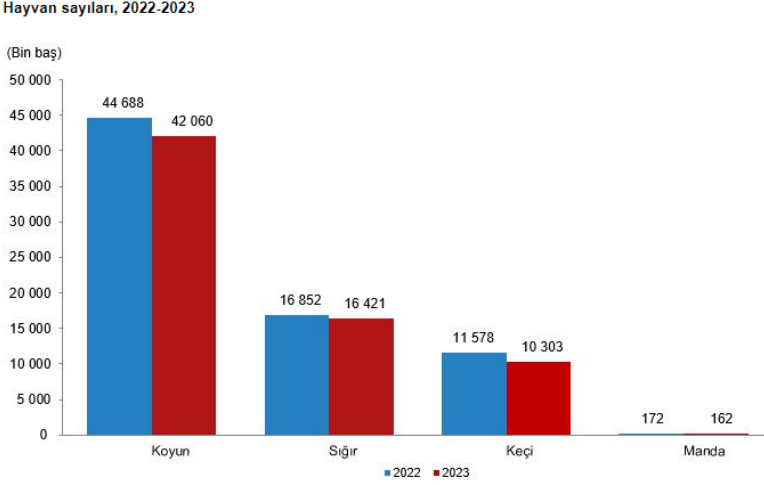
ve123-157 cm; göğüs çevresinin ise sırasıyla 179-202 cm ve 183-209 cm'dir (Mingala ve ark., 2017).

Nehir grubu mandalar en fazla Hindistan ve Güney Batı Asya'da bulunmaktadır. Hindistan, Pakistan, Mısır ve Avrupa'nın 18 süt ırkını kapsar. Hindistan ve Pakistan'da bulunan sütçü ırk mandalar ile Mısır ve Akdeniz mandaları Nehir grubuna dâhildir. "Anadolu mandası" olarak tanınan Türkiye yerli mandaları da bu gruba girmektedir. Nehir mandaları temiz suyu tercih ederler. Bu grup mandaların, bazı ülkelerde uzun süre süt verimi yönünde seleksiyona tabi tutulmaları sonucunda, süt verimleri oldukça yükselmiş olan Murrah, Nili-Ravi, Jafarabadi, Kundi ve Surti ırkları gibi ırklar oluşmuştur. Bular, süt verimleri ile ün kazanan ve ıslah edici olarak kullanılan ırklardan bazılarıdır. Bu ırklar birinci derecede süt mandası olmakla birlikte, et üretim yetenekleri de iyidir (Cockrill, 1974). Vücut renkleri genelde siyah, ya da koyu kahverengi olup, iyi gelişmiş bir memeye sahiptirler.

Türkiye'de, nehir mandaları grubunda yer alan Akdeniz mandalarından köken alan Anadolu mandası ırkı yetiştirilmektedir (Soysal, 2013). Anadolu mandası ergin erkek ve dişilerde canlı ağırlık sırasıyla 550-600 ve 400-450 kg, cidago yüksekliği 130-140 ve 125-135 cm, vücut uzunluğu 140-150 ve 130-140 cm, sağrı yüksekliği 135 ve 128 cm, göğüs çevresi 218 ve 188 cm, göğüs derinliği 76 ve 74 cm; malaklarda doğum ağırlığı ortalama 30 kg, dişilerde damızlıkta ilk kullanma yaşı 24-26 ay, beside günlük canlı ağırlık artışı 550-600 g, laktasyon süt verimi 800-1000 kg, laktasyon süresi 200-250 gün ve sütte yağ oranı % 6-8 düzeylerindedir (Anonim, 2009).

Türkçede "su sığırı" olarak tercüme edilen manda Türkiye'de yetiştiriciliği yapıldığı bölgelere göre Camız, Camış, Donbey, Kömüş ve Gameş gibi farklı isimlerle de bilinmektedir (Sarıözkan, 2011; Turan, 2019). Kuzey Anadolu Bölgesi'nde Samsun, Orta Anadolu da Kayseri, kuzey kıyı kesimlerinde Tokat, Amasya, Marmara Bölgesi'nde İstanbul, Doğu Anadolu Bölgesi'nde Bitlis, Kars, Muş ve Sivas, Güney Doğu Anadolu Bölgesi'nde Diyarbakır ve Ege Bölgesi'nde Afyonkarahisar Türkiye'de manda yetiştiriciliğinin yoğun olarak yapıldığı yerlerdir (Atasever ve Erdem, 2007). Binlerce yıl et, süt, deri ve çeki gücünden faydalanılan mandalar son yıllarda ülkemizde de oldukça ilgi görmektedirler. Özellikle verilen destek ve teşviklerin yanında tüketicilerin manda sütünden elde edilen ürünlere olan

talebinin nispeten artıyor olması ile birlikte ülkemizdeki manda sayısı giderek artmaktadır (Turan, 2022).



Şekil 2. Türkiye Büyükbaş hayvan varlığı (TUIK, 2023)

Türkiye’de sağılan hayvan varlığı 2019 yılında bir önceki yıla göre %4,6 artarak 31,9 milyon baş olmuştur. Sağılan sığır sayısı 2019 yılında bir önceki yıla göre %3,8 oranında artarak 6,6 milyon baş, sağılan koyun-keçi sayısı %4,8 oranında artarak 25,3 milyon baş, sağılan manda sayısı ise %4,5 oranında artarak 79 bin baş olmuştur.

Tablo 1. Türkiye süt üretimi (Anonim, 2024c)

Türkiye süt üretimi ve sağılan hayvan sayısı					
	2019	2020	2021	2022	2023/a
Sağılan Sığır Sayısı (Adet)	6.580.753	6.886.944	6.769.866	6.309.515	6.435.705
Üretim (Ton)	20.782.374	21.749.342	21.370.116	19.912.135	20.409.939
Verim (Ton/Baş)	3,16	3,16	3,16	3,2	3,2
Sağılan Koyun-Keçi Sayısı (Adet)	25.308.071	20.398.305	21.313.625	19.397.937	19.436.733
Üretim (Ton)	2.098.664	1.690.682	1.766.547	1.607.768	1.768.545
Verim (Ton/Baş)	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09
Sağılan Manda Sayısı (Adet)	79.333	63.784	63.656	43.598	41.897
Üretim (Ton)	79.341	63.767	63.643	43.589	41.912
Verim (Ton/Baş)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Toplam Sağılan Hayvan Sayısı (Adet)	31.968.157	27.349.033	28.147.147	25.751.050	25.914.335
Toplam Süt Üretimi (Ton)	22.960.379	23.503.790	23.200.306	21.563.492	22.220.396

Kaynak: TÜİK, TEPGE Hesaplamaları (Erişim: 11.08.2023) a/Tahmin (TEPGE Hesaplamaları) (2020, 2021 ve 2022 yılları sağılan hayvan sayısı bir önceki yılın artış oranına göre, verisi bulunmayan 2023 yılı sağılan hayvan sayısı ve üretim miktarı ise son yedi yıldaki ortalama artış oranına göre hesaplanmıştır.)

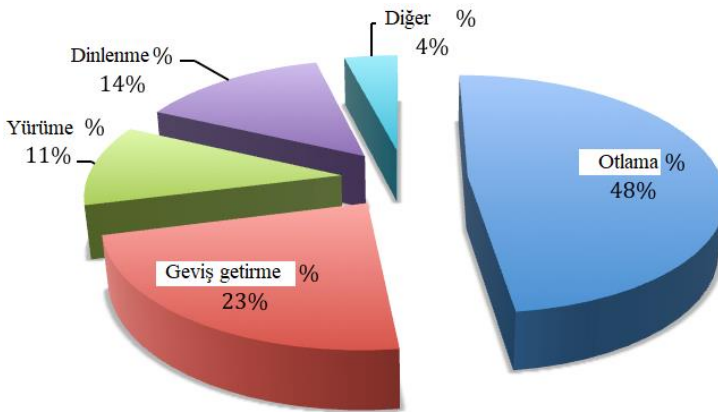
2. DAVRANIŞ VE REFAH

2.1. Ekstansif Koşullarda Davranış

Ruminantlarda yoğun koşullar altında, popülasyon yoğunluğuna, beslenme gereksinimlerine, gıdanın bulunabilirliğine ve olası yırtıcı hayvanların algılanan tehdidinde göre zaman farklı davranışlara tahsis edilir ve harcanır. Geniş ılıman ve tropik bölgelerdeki sığır, koyun ve keçilerin günlük aktivitelerine harcadıkları zamana ilişkin önemli miktarda veri mevcutken (Schlecht ve ark., 2006; Krohn ve ark., 1992) mandalarda konu hakkında çok az şey bilinmektedir. Kruger Ulusal Parkı'ndaki (Güney Afrika) yabani Afrika mandasının (*Syncerus caffer*), günlük aktivitesi analiz edilmiş ve bu mandaların zamanlarının yaklaşık %40'ını otlayarak, %30'unu dinlenme ve %30'unu ruminasyon ile geçirdikleri gösterilmiştir (Ryan ve Jordaan, 2005).

Mandalar hala doğal seleksiyon yoluyla elde edilen bazı fizyolojik ve morfolojik özelliklerle karakterize ediliyor ve bunlar daha sonra doğal ortamlarda çeşitli yeteneklerini güçlendirmek için kullanılıyorlar (örneğin üreme mevsimselliği, melanin pigmentli cilt). Son zamanlarda, Güneybatı İtalya'da bulunan çitlerle çevrili bir Akdeniz makisinde manda düvelerinin bakım davranışları üzerine bir araştırma yürütüldü. Araştırmanın başlangıcında hayvanlar yaklaşık 8 ila 9 aylıktı. Otlamak serbestti ve Nisan'dan Ekim'e kadar davranışsal verileri toplandı. Mandaların 6 saatlik gözlem periyotları boyunca sergiledikleri aktiviteler Şekil (3)'te gösterilmektedir (Sabia ve ark., 2014).

Kapsamlı çevre koşullarında yetiştirilen diğer geniş getiren hayvanların davranış kalıpları benzerdi (Schlecht ve ark., 2006). İlkbaharda daha uzun bir mesafe kat edilmesine rağmen, yazarlar tarafından mevsimin hayvanların kat ettiği mesafe üzerinde anlamlı bir etkisi bulunmadığı ifade edilmiştir (Tablo 2).



Şekil 3. Ekstansif koşullarda 6 saatlik periyotlarda gözlemlenen düvelerin davranış modeli (%).

Tablo 2. Manda düvelerinin aktivitelerine mevsim etkisi.

	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	P
Gezinti mesafesi, km	2,83	1,59	1,77	0,26
Yatma	0,21	0,43	0,43	0,05
Gölgelik/Çamur	0,23	0,43	0,24	0,21
Otlama	0,60	0,41	0,43	0,13
Yürüme	0,10	0,11	0,10	0,99
Dinlenme	0,11	0,19	0,12	0,46
Geviş getirme	0,11	0,26	0,32	0,02
Diğer	0,08	0,04	0,02	0,13
Öz bakım	1,17	0,83	1,00	0,91

Ryan ve Jorjaan (2005) Afrika mandalarının 24 saatte 3-4 km'lik mesafeyi gittiklerini bildirmektedir. Aynı yazarlar, otlama faaliyetlerinin yağışlı mevsimden ziyade kuru mevsimde daha sık gerçekleştirildiğini, Akdeniz manda düvelerinin otlamak için harcadığı zamanın oranının mevsimden etkilenmediğini ifade etmişlerdir.

Akdeniz manda düveleri ilkbaharda (%21), sonbahara (%43) ve yazda (%43) göre daha az dinlenmektedirler. Benzer şekilde, geviş getirme ilkbaharda (%11) sonbahara (%32) ve yazda (%26) göre daha az görülüyordu. Bu sonuçlar hayvanların, daha sık yatma, dinlenme ve geviş getirme davranışlarının da gösterdiği gibi, yüksek çevre sıcaklıklarına tepki olarak gün

boyunca yüksek düzeyde hareketsizlikle karakterize edildiğini işaret etmektedir.

Ancak mandalarda dinlenmenin büyük bir kısmı çamurda yuvarlanırken gerçekleştirilir. Bu özel manda davranışı hakkında çok az veri mevcut olmasına rağmen, hayvanlar çamurda yatarken cildi koruma işlevine sahip olan daha yüksek sebum salgısının da gösterdiği gibi, bu hayvanlar ısı düzenleyici amaçlar için su mevcut olduğunda sıklıkla burada yatma ve yuvarlanma eğilimindedirler.

Yaz aylarında düveler diğer mevsimlere göre çok daha yüksek bir zaman oranını (Tablo 2) çamurda geçirirken, yetişkin dişi mandaların yaklaşık %50'si çamur veya su mevcut olduğunda burada yatarlar (De Rosa ve ark., 2009). Mandalarda yetersiz ısı dağılımı kuru madde alımının ve süt üretiminin azalmasıyla ilişkilendirilirken (Zicarelli ve ark., 2005) sığırlarda ısı stresinin bir sonucu olarak gebelik oranının ve süt üretiminin azaldığı gözlemlenmiştir (Kadzere ve ark., 2002). Buna ek olarak, mandalarda sıcak mevsim boyunca suya serbest erişim eksikliği, süt üretiminin ve doğurganlığın azalmasına neden olur (Di Palo ve ark., 2001). Banyo yapmak ve yuvarlanmak genellikle mandaları vücut bakımı yapmaya teşvik eder, zira özbakımın sıklıkla vücut çamuruyla ilişkili olduğu bildirilmektedir (Sato ve ark., 1991).

Napolitano ve ark. (2009) iyi refahın potansiyel bir göstergesi olarak kişisel bakım davranışlarını önermişlerdir. Aslında hayvanlar zemin kaygansa başlarını döndürmek, omurgalarını bükmek veya bacaklarını açmakta zorlanırlar çünkü büyük olasılıkla dengelerini kaybetme eğiliminde olurlar. Meralarda tutulan hayvanlarda, doğal zeminin mevcudiyeti, onların kendi kendine bakım yapma davranışını kolaylaştırabilir.

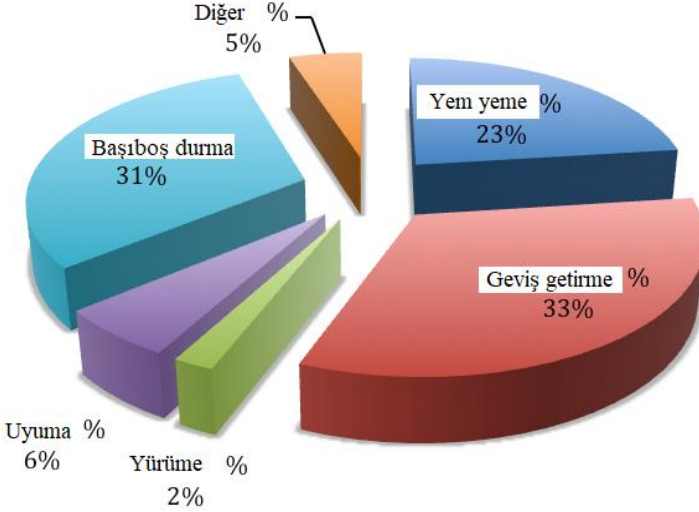
2.2. Entansif Koşullarda Davranış

Çiftlik hayvanların kısıtlı alanlarda barındırılması rutin aktivitelerini ve bireylerin kalma ya da ayrılma konusundaki tercihlerini etkileyerek hayatlarını kökten değiştiriyor.

Mandaların kapalı kalma koşulları altında hareket için daha az alanı olduğu açıktır ve türe özgü davranışların ifade edilmesinin teşvik edilmesi, uygun uyaranların bulunmaması nedeniyle etkilenebilir. Serbest barınma koşullarındaki Murrah mandaları gündüzleri yemek yemeye, boşta durmaya

ve yürümeye daha fazla zaman ayırırken geceleri geniş getirmeye ve uyumaya daha fazla zaman ayırmaktadırlar (Odyuo ve ark., 1995).

Kapalı ortamda tutulan yetişkin süt mandalarında gözlemlenen ana davranış kategorileri Şekil (4)'te rapor edilmiştir (Thomas ve ark., 2005).



Şekil 4. Entansif koşullarda gözlemlenen mandaların davranış modeli (%)

Entansif koşullarda tutulan mandalar, ekstansif koşullarda yetiştirilen mandalarla karşılaştırıldığında beslenmeye daha az, boş boş durmaya daha fazla zaman harcarlar. Kapalı barındırma durumunda ifade edilen azalmış aktivite seviyesi, aynı zamanda yatar pozisyonda gözlemlenen hayvanların yüksek yüzdesinden de anlaşılmaktadır.

Can sıkıntısı kavramı hayvanların bu koşullardaki durumunu açıklamak için kullanılmıştır (Wemelsfelder, 1993). Yüksek seviyede boş boş durmanın anormal bir davranış ifadesi olduğu kabul edilebilir (Chaplin ve ark., 2000). Bazı çiftlik hayvanları, çevrelerindeki ortamın yetersizliğini yansıtabilecek uzun süreli hareketsizlik sergileyebilmektedir. Buna göre, yürüme ve mera gibi su olanaklarının bulunmadığı entansif koşullarda manda inekleri boştaki kaldıkları süreyi artırmakta (Tripaldi ve ark., 2004) ve çevreye ilgilerinde azalma göstermektedir ve bu, çevreye zayıf uyumun bir göstergesi olarak kabul edilebilir.

Manda yetiştiriciliğinin entansifleşmesinin kaçınılmaz olarak alan tahsisinin azalmasına yol açtığı durumlarda, ihtiyaç duyulan gerçek alan hakkında mandalar üzerinde doğrudan bir çalışma yapılmamıştır. Böyle bir

azalmanın manda refahı üzerinde bir takım olumsuz etkileri olabilir. Özellikle, yaralanma ve lezyon vakalarının olası artması ve agonistik davranışların artan ifadesinden dolayı sağlık bozulabilir. Sütten kesilmemiş ve sütten kesilmiş buzağular, düveler ve inekler gibi çeşitli manda kategorilerinde bildirilen belirgin stres, alan eksikliğinden kaynaklanmaktadır (Napolitano ve ark., 2004).

Alan tahsisinin genç mandaların yatma pozisyonlarını etkilediği bulunmuştur (Grasso ve ark., 1999). Kısıtlı bir alanda tutulan hayvanlar, padok arkadaşları tarafından itilip kakılmaya daha fazla maruz kalırlar, dolayısıyla yaralanma sayısını artırır. Daha fazla alana sahip buzağuların daha rahat yattığı gözlenir; bu, hayvan konforunun bir göstergesi olarak düşünülebilir, oysa kısıtlı bir alanda bu duruş, grup arkadaşlarının faaliyetleri tarafından engellenebilir. Yetişkin mandalar üzerinde yapılan başka bir çalışmada, bu hayvanlar aynı zamanda daha çeşitli davranışsal aktiviteleri ortaya çıkarabilecek açık hava otlaklarından ve çamur veya su banyolarından (De Rosa ve ark., 2009) faydalandığından, boşta yatmak daha yüksek alan tahsisinden etkilenmemiştir.

Laktasyondaki mandalar, farklı büyüklükte alan tahsislerinde beslenme aktivitelerini değiştirmezken, kısıtlı alanlarda barındırılan mandalarda azalan yem dönüşüm oranlarının olası bir etkisi olarak daha düşük bir süt üretimi gözlemlenmektedir.

2.3. Beslenme Davranışları

Akdeniz kuşağında otlayan geviş getiren hayvanlar için yem kalitesi ve mevcudiyeti mekânsal ve mevsimsel olarak değişmektedir. Örneğin otsu bitkiler sıcak ve kurak mevsimlerde yaşlanma eğiliminde olduğundan, lif seviyesinde artış olurken ham protein konsantrasyonu azalır (Martiniello ve ark., 2007). Herhangi bir bitkinin tüketimi, fiziksel özelliklerinden, erişilebilirliğinden ve lezzetinden etkileniyor gibi görünmektedir (Kenney ve Black, 1984). Çeşitli mera bileşenlerinin mevcudiyeti ve erişilebilirliği, bunların göreceli yüksekliğine, konumuna ve yoğunluğuna bağlıdır (Milne, 1991). Lezzet, yemin tadına ve hem gıdanın kimyasal özellikleri hem de hayvanın fizyolojik durumu tarafından belirlenen sindirim sonrası geri bildirimle olan ilişkisine bağlıdır (Provenza, 1996). Hayvanlar, haz duyusunun kaynağı olan tat, koku ve görme duyularını kullanarak besinler

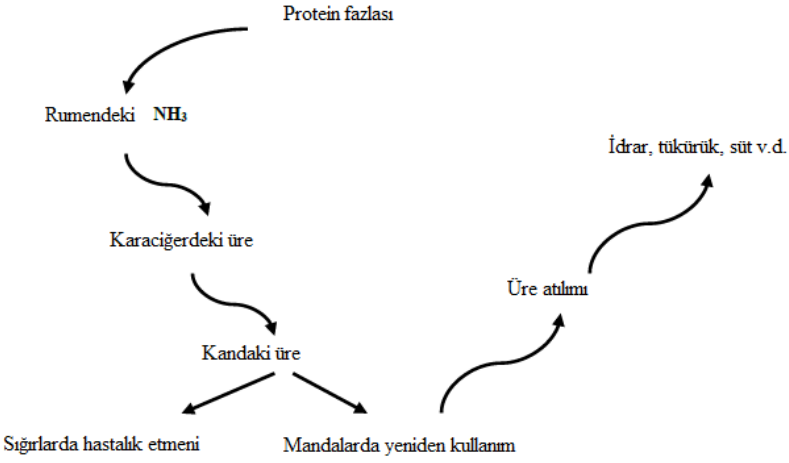
arasında ayırım yaparlar (De ve ark., 2002). Besleyici gıdaları tercih ederler ve besin içeriği düşük veya toksin seviyesi yüksek olan gıdalardan hoşlanmazlar (Kyriazakis ve ark., 1997).

Bitki örtüsünün %10'unun orman ve çalılıklardan oluştuğu, geri kalanının ise ottan oluştuğu Akdeniz havzasında yapılan bir denemede, ağaçlardan ve çalılardan tüketim gözlemlenmemiştir, bu da Macandza ve ark. (2004) tarafından yabancı mandalar için de gösterildiği gibi süt mandalarının da çok seçici olmadığını işaret etmektedir. Aynı yazarlar, ısırma hızı ve vücut ağırlığının artan vücut boyutuyla negatif ilişkili olduğunu ve hayvanların daha büyük ısırıklar alabildiğini ve dolayısıyla çiğnenip yutulması için daha fazla zamana ihtiyaç duyduğunu gösterdi.

Düveler, doğal meraya ek olarak çayır otu ve kurutulmuş pancar posası da tükettiklerinde kısıtlı alanda barındırılan manda düveleriyle karşılaştırıldığında daha düşük ağırlık artışı ve ergenlik ağırlığı göstermişlerdir. Ancak ergenlik yaşı iki grupta da benzer olmuştur. Buna ek olarak, otlayan hayvanlar, insanların tükettiği tahıl gibi besinlerde insanlara rakip olmamışlar ve daha az fosil yakıt, kimyasal gübre, sulama suyu ve böcek ilacı kullanımına ihtiyaç duymuşlardır.

Diyet bileşimindeki ve beslenme alışkanlıklarındaki büyük farklılıklar, protein fazlalığı gibi diyet dengesizliklerine karşı da daha yüksek bir direnç üretmiştir. Sığırlarda yüksek nitrojen içeriğine sahip diyetlerin sağlanması, karaciğerde üreye dönüştürülen ve kanda bulunan işkembede yüksek NH_3 konsantrasyonlarına neden olur; Topallık gibi teknopatiler sıklıkla bu koşullarla ilişkilendirilmiştir. Buna karşılık, mandalarda protein fazlası, üre formunda daha kolay bir şekilde atılabilir ve hatta tükürük yoluyla yeniden sindirilip yeniden kullanılabilir; hayvan sağlığı üzerinde hiçbir etkisi yoktur (Şekil 5).

Ortalama olarak laktasyondaki mandalarda kuru madde alımı (16 kg KM/hayvan/gün) süt sığırlarına göre (22 kg KM/hayvan/gün) %30 daha düşüktür (Terramocchia ve ark., 2005).



Şekil 5. Mandalarda protein fazlalığına bağlı olarak nitrojenin yeniden kullanılması.

2.4. Anne-Yavru İlişkisi

Diğer evcil memelilerde olduğu gibi mandalar da doğumdan hemen sonra hassas bir dönemde güçlü bir anne-buzağı ilişkisi geliştirir ve bu da annenin seçici bir davranış kazanmasına olanak tanır (Napolitano ve ark., 2008).



Resim 1. Süt emen malak ve annesi (Fotoğraf: DAKA, Manda ve Su, Güroymak, 2018)

Aslında bu dönemden sonra manda inekleri kendi yavrularını kabul eder ve yabancı buzağları aktif olarak reddederler.

Ancak mandalarda bazı durumlarda sadece yabancı bir buzağıyı emzirme fakat yavru olarak kabul etmeme gibi durumların olduğu bir davranış biçimi gözlemlenmiştir (Murphey ve ark., 1991).

Kondisyon açısından bu davranış, emen buzağılar için bir avantaj ve emziren inekler için bir dezavantaj teşkil ederken, teknik açıdan bakıldığında, baskın hayvanların memeye daha sık erişmesi sonucu çekingen hayvanlardan daha fazla süt içmesine ve sindirimi daha sık yapabilmesi nedeniyle, tek başına emzirme buzağuların dengesiz büyümesine neden olabilir (Paranhos da Costa ve ark., 2000). Daha sonra yapılan bir araştırma, bu davranışın inekler arasındaki akrabalık veya bağlı sosyal davranışla ilişkili olmadığını, daha ziyade genç ineklerin deneyimsizliğine ve daha az verimli ineklerden yetersiz miktarda süt alan buzağılarda beslenmeye yönelik yüksek motivasyona atfedildiğini göstermiştir (Murphey ve ark., 1995). Mandalarda doğal süttten kesilme yaşının kesin olarak belirlenmesine yönelik herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Ancak birçok faktör bunu etkileyebilir.

Özellikle yeni bir gebeliğin başlaması, süt üretimini azaltabilir ve buzağıyı alternatif yiyecek kaynakları aramaya motive edebilir; buna karşın lezzetli yemlerin düşük bulunması, buzağının anne sütüne daha uzun süre bağımlı kalmasına neden olabilir.

Modern manda yetiştiriciliğinde, sürü yenileme ihtiyaçlarından fazla olan erkek buzağuların çoğu, düşük büyüme hızları nedeniyle istenmiyor, bu da erkek buzağuların yetiştirilmesini ekonomik olmaktan çıkarıyor. Bunun tersine, dişi buzağuların çoğu, mozzarella peyniri üretimi için daha fazla süt sağlamak amacıyla doğumdan hemen sonra annelerinden ayrılırlar da, ikame hayvan olarak tutulur. Bunun sonucunda mamaya dayalı bir besleme rejiminin uygulanması, buzağular için belirgin bir duygusal ve beslenme stresini temsil eder; bu da bağışıklık sisteminin baskılanmasına ve ölüm oranlarının artmasına neden olabilir. Yetersiz teknik standartlar sağlayan çiftliklerde %10 ila 20'lik bir ölüm oranı rapor edilmiştir. Artan mortalitenin en yaygın nedenlerinden biri, özellikle bir aylıktan küçük buzağılarda sık görülen ishaldir (Melletti ve ark., 2010).

2.5. Sosyal Davranışlar

Diğer evcil geviş getiren hayvanlar gibi mandalar da sosyal gruplar halinde yaşamak için güçlü bir motivasyon gösterirler. Belirgin bir sosyal

davranışın ifadesi, muhtemelen yırtıcı hayvanlara karşı artırılmış korumanın ve yiyecek tespitinde artan verimliliğin neden olduğu artan uygunluk temelinde açıklanmıştır. Mandaların yakın mesafeyi koruma eğilimi, hem hayvan refahı hem de yetiştiricilerin güvenliği üzerinde faydalı etkilerle birlikte idareyi kolaylaştırır (Resim 2).



Resim 2. Merada otlayan grup (Fotoğraf: Adem Sönmez, Manda ve Su, Güroymak, 2018)



Resim 3. Mandalar, bakıcılar tarafından hareket ettirildiğinde birbirine yakın yürür (Napolitano ve ark., 2017).

Yapılan çalışmalarda grup içindeki hayvanların mekansal dağılımının, habitat özelliklerinden ve sosyal davranışlardan büyük ölçüde etkilenebileceğini göstermektedir.

Uzun süreli sosyal gruplarda yaşayan hayvanlar, sosyal davranışları daha rahat şekilde sergiler ve sıklıkla senkronize faaliyetlere katılırlar: senkronizasyon eksikliği bir rahatsızlık işareti olarak yorumlanabilir. Tersine, pozitif bir refah durumu, özellikle baskın olmayan hayvanlar için, sürü içindeki yüksek derecede aktivite senkronizasyonu ile gösterilebilir (Metz, 1983).

İddiaya göre, bu tür davranışlar sergileyen baskın olmayan hayvanların temel beslenme ve dinlenme gereksinimleri, çoğu hayvan sindirim faaliyetleriyle meşgulken gece beslenmesi ve dinlenme gibi ilgi duyulan herhangi bir kaynak için düşük rekabet olduğunda karşılanabilir.

Ancak bu tür hayvanlar, grubun diğer üyeleriyle birlikte bu davranışları nerede ve ne zaman gerçekleştireceklerini seçebilselerdi refahları artabilirdi. Bu şekilde, yüksek ya da düşük rütbeli her bir hayvanın sürünün bir üyesi olarak tamamen entegre olmasına izin verilecektir.

Bazı hayvanlar arasındaki ilişkiler diğerlerinden daha sık olabilir. Sosyal etkileşimler kabaca **agonistik** (agresif karşılaşmalar ve tehditler) ve **agonistik olmayan** (birbirini yalama) olarak ikiye ayrılabilir. Daha fazla ilişkili hayvanlarda sosyo-pozitif davranışlar daha sık gözlemlenir. Özellikle, birbirini yalama aşinalıkla (yani birlikte geçirilen zamanla) ilişkilidir ve bu nedenle bu tür davranışlar, sık gruplaşma meydana geldiğinde veya bozulan sosyal yapının bir sonucu olarak büyük bir grup boyutu söz konusu olduğunda engellenebilir.

Mandalarda ve diğer evcil hayvanlarda agonistik etkileşimler, grubun sosyal yapısının oluşumu ve sürdürülmesi için gereklidir. Bu etkileşimler, grubun sosyal yapısının oluşmasından sonra yerini, baskın hayvanlar tarafından gerçekleştirilen tehditler, herhangi bir fiziksel temas olmadan alt düzeydeki hayvanların fizyolojik tepkilerini belirler. Agonistik etkileşimlerin sıklığı ve yoğunluğu farklı faktörlerden (örn. barınma sistemi, alan tahsisi, grup büyüklüğü) etkilenir. Her ne kadar agonistik etkileşimlerin ortaya çıkması normal bir davranış olarak kabul edilse de, domuz ve sığırlarda bu etkileşimlerin sıklığının artması onların refahı üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Ayrıca mandalarda boynuz kesme uygulanmamaktadır ve

boynuzlu sığırlarda agonistik etkileşimlerin düzeyi ne kadar yüksekse deri yaralanmalarının sayısının da o kadar yüksek olduğu bilinmektedir (Menke ve ark., 1999).

İki grup laktasyondaki mandanın ana sosyal aktiviteleri Tablo 3'te rapor edilmiştir. Yüksek alandan yararlanan ve yuvarlanmak için suya erişimi olan hayvanlar, daha düşük alanda ve havuzsuz barındırılan hayvanlara kıyasla, benzerlerini koklama ve sosyal yalama gibi sosyo-pozitif karşılaşmaları daha sık gerçekleştirir.

Tablo 3. 5 saatlik gözlem süreleri boyunca manda ineklerinde görülen temel sosyal etkileşimler

Davranış	YB	AB	P
Sosyal yalama	0,15	0,09	<0,05
Pozitif etkileşimler	0,12	0,07	<0,01
Agonistik davranışlar	0,16	0,08	<0,01

AB: Açık barınak (açık bölmeli)

YB: Yoğun barınak (bölmeli, padoklu, göletli)

Davranışsal ve fizyolojik sistemler, sosyopozitif etkileşimlerin bir sonucu olarak faydalı ve sağlığı teşvik edici etkileri tetikleyebilir. Endojen opioidler, oksitosin ve vazopressin gibi hormonlar, homeostatik fizyolojinin pozitif bileşenlerini sürdüren aktif sistemleri destekler.

Özellikle sosyal yalama, sosyal ilişkileri istikrara kavuşturma ve güçlendirmede rol oynayabileceği için uyumlu bir etkileşim olarak tanımlanmıştır.

Daha fazla alana sahip hayvanlarda havuza erişim, olumlu sosyal etkileşim performansını teşvik ederek grup uyumunu teşvik eder.

Beklenmedik bir şekilde bu hayvanlar aynı zamanda daha agonistik etkileşimler de sergiler. Genel olarak, azalan alan tahsisi, alan eksikliğinin bir sonucu olarak agonistik etkileşimlerde bir artışı belirleyebilir, bu da ikincil deneklerin baskın hayvanlardan geri çekilmesindeki zorluğu belirler (Wasilewski, 2003).

Daha önce de belirtildiği gibi, agonistik etkileşimler normal davranışlar olarak kabul edilebilir ve hem yüksek hem de çok düşük oluşumlar, sosyal çevrenin optimal olmadığını gösterebilir.

Yapılan çalışmalar, uygun alan tahsisi ile tutulan sürülerde agonistik sosyal etkileşimlerin manda refahını olumsuz etkilemediğini göstermektedir. Grup oluşumundan hemen sonra doğrusal bir hiyerarşinin kurulduğu bilinmektedir. Erkekler genellikle baskın oldukları dişi grubuna entegre olurlar. Her ne kadar genel olarak hiyerarşi oluşturulduktan sonra çok az agonistik etkileşim gözlemlenebilse de, boğalar çekingen bireylerle agresif bir şekilde etkileşime girdiğinde sorunlar ortaya çıkabilir, böylece genç hayvanlara veya ineklere vurarak, boynuzlayarak ve kafa atarak zarar verirler (Grasso ve ark., 2004).

Mandalar sığırlarla karşılaştırıldığında çevrelerini keşfetmeye daha çok eğilimlidirler. Bu hayvanlar, bilinmeyen bir ortama maruz kalma ve izolasyonu içeren açık alan testlerine tabi tutulduğunda, böğürme ve hareketlenmelerinin yanı sıra bu tür aktiviteler de artar. Özellikle, bir alan kısıtlaması döneminden sonra mandalar, fiziksel aktivite gerçekleştirme motivasyonunun artmasının olası bir sonucu olarak, kapalı alanlarda barındırılma sırasında bir şekilde bastırılan hareket ve diğer dinamik davranışların ifadesini artırma eğilimindedir. Yeniliğe maruz kalma ve bunun sonucunda artan keşif faaliyetleri, mandaların bilinmeyen bir ortam hakkında bilgi edinme ihtiyacıyla daha çok ilgilidir.

Başka bir deneyde, bir trafik konisi ile temsil edilen yeni bir nesneye maruz kalan manda düvelerinin, merada tutulan hayvanlarla karşılaştırıldığında yeni uyarana yönelik keşif faaliyetlerine daha fazla zaman harcamasına neden oldu. Bu farklı tepki, hayvanların hapsedilme sırasında daha az sayıda uyarana maruz kalması ve bu nedenle, özellikle yeni uyaranlar mevcut olduğunda, keşif faaliyetlerini başlatma konusunda daha motive olmaları nedeniyle olabilir; tersine, serbest dolaşan hayvanlar daha değişken bir çevreyle etkileşime girmek için kullanıldı, bu nedenle yeni ama alakasız bir nesneye çok az ilgi gösterildi. Artan böğürme seviyeleri genellikle korku tepkileriyle ilişkilidir. Ancak bu davranış aynı zamanda gruba yeniden katılma motivasyonunu ifade eden bir iletişim biçimidir ve sosyal taraflarla iletişimde kalmak için kullanılır (Laister ve ark., 2011).

2.6. İnsan-Hayvan İlişkisi

Çiftlik hayvanlarının refahı dikkate alındığında insan-hayvan ilişkisinin kalitesi önemli bir faktördür. Hayvanların insanlara tepkileri büyük ölçüde

önceki deneyimlerden etkilenir. İnsanlara tekrar tekrar maruz kalan hayvanlar, alışkanlık adı verilen bir süreçten geçebilir. Ayrıca insanları olumlu ya da olumsuz olaylarla ilişkilendirmeyi öğrenebilirler.

Süt inekleri, sağım sırasında çalışanların rahatsız edici varlığında, artan kortizol seviyesi, kalp atış hızı ve kalan sütün gösterdiği gibi korku ve stres tepkileri vermiştir (Rushen ve ark., 1999), süt mandası üzerinde ampirik gözlemler, Saltalamacchia ve ark. (2007), sütün memeden uzaklaştırılmasını kolaylaştırmak için sıklıkla oksitosinin enjekte edildiğini bildirmektedir.

Birçok işletmede yapılan gözlemlerde sağılan mandaların %9,5'ine oksitosin enjekte edildiğini ve enjekte edilen hayvanların %24'ünün primipar olduğu ifade edilmiştir. Aksine süt sığırlarında sağım sırasında eksojen oksitosin nadiren kullanılır (Bruckmaier, 2005).

Saltalamacchia ve ark. (2007) hayvanların sağım sırasında gerçekleştirdiği adım ve tekme sayısı artışı ile oksitosin enjeksiyonlarının sıklığı arasında pozitif korelasyon olduğunu ayrıca tekme atma ile bakıcıların ılımlı davranışları sonucu oksitosin enjeksiyonu arasında ise negatif bir ilişki olduğu tespit etmişlerdir.

Süt sığırları için her iki etkileşimin de (olumlu ve olumsuz) sağım sırasında hayvanın huzursuzluğu ile ilişkili olduğu bildirilmiş olmasına rağmen, Saltalamacchia ve ark. (2007) sonuçları mandalarda da bakıcı ile etkileşimlerinin kalitesinin hayvanların sağım sırasındaki davranışlarını etkileyebileceğini göstermektedir.

Sağım sırasında hayvanların adım atması ve tekmelemesi sırasıyla gerginlik ve saldırganlık belirtisi olarak kabul edilebilir. Farklı faktörlerden etkilenebilirler (örn. sağım makinesinin bakımının kötü olması, böceklerin varlığı). Ancak sığırlarda, hayvanın sağım sırasındaki tedirginliği ile çalışan davranışı arasında açık bir bağlantı bilinmektedir. Bu çalışmalar özellikle olumlu etkileşimlerin (örneğin düşük yoğunluklu seslendirmeler, yavaş hareketler) kullanılmasının hayvanın sakinliğini artırdığını, olumsuz etkileşimler (örneğin vurmak, bağırarak) uygulandığında ise artan hayvan huzursuzluğunun gözlemlendiğini ortaya koymaktadır.

3. REFAH SORUNLARI

Süt üretiminin artmasına neden olan modern hayvancılık uygulamalarının (örneğin makineli sağım, yapay yetiştirme, serbest barınak)

uygulanması, manda yetiştiriciliğinin yoğunlaşmasını belirlemiştir. Ancak bu yoğunlaşma manda refahını tehlikeye atmıştır. Örneğin, azalan alan tahsisi buzağuların davranışsal ve fizyolojik tepkileri üzerinde zararlı bir etkiye sahipken, emziren hayvanlarda sıcak mevsimde havuz veya çamur banyolarının bulunmaması, tipik bir manda doğal davranışı olan yuvarlanma ifadesini engellemiş ve doğurganlık azalmıştır.

Kuru dönemdeki ineklere ve dişi buzağulara uygulanan uygun olmayan besleme yönetimi, vajinal ve uterus prolapsusunun görülme sıklığının artmasına neden olmuştur.

Sağım makinesinin çalışması ve çalışanların davranışı uygun değilse, makineli sağım kullanımı, sütün boşaltılmasında zorluklara neden olabilir.

Mandalarla ilgili kanıtlar, ekzojen oksitosinin sütün atılmasını kolaylaştırmak için sıklıkla kullanıldığını, buna karşın süt sığırlarında nadiren kullanıldığını göstermektedir.

Entansif yetiştiricilik yapılan işletmelerde malaklarda gerçekleştirilen yapay yetiştirme, bağışıklık tepkilerinin bozulması ve uygun olmayan barınma koşullarının bir sonucu olarak morbiditenin (örn. ishal) artmasına da yol açmıştır.

Avrupalı tüketiciler hayvan refahı konusuyla giderek daha fazla ilgilenmeye başlamışlardır. Aslında hayvan refahı, gıda güvenliğiyle birlikte, genel gıda kalitesi konseptinin önemli bir bileşeni olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle manda refahının değerlendirilmesine yönelik bir izleme aracının geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Refah birçok araştırmacı tarafından tanımlanmıştır. Basit bir ifadeyle iyi refah, birçok kişi tarafından hayvanın fiziksel ve zihinsel sağlığının iyi olması olarak kabul edilir. Bir hayvanın refahının, içinde yaşadığı durumu nasıl deneyimlediğine bağlı olduğu da kabul edilmektedir.

Refah açlık, susuzluk, acı ve korku, fiziksel rahatsızlık, yaralanma veya hastalık gibi olumsuz duyguları ve ayrıca üreme, annelik ve yumuşak davranışlarının ifade edilmesiyle üretilen olumlu deneyimleri kapsar. Kapsamlı bir refah izleme planı tüm bu hususları dikkate alınmalıdır. Son on yılda Avrupa'da çeşitli parametreler dikkate alınarak çeşitli refah izleme programları geliştirilmiştir.

Bu programlar, vurgularını kaynak temelli önlemlerden (örneğin barınma sistemi, alan tahsisi) ve yönetimden (örneğin beslenme uygulamaları,

gruplandırma, sağım rutini) hayvan temelli önlemlere (örneğin davranış, sağlık) kaydırmıştır. Bu değişim, çiftlikler arasında farklılık gösteren refah sonuçlarının çoğunun, hayvanlar arasındaki etkileşimin (cins, yaş ve mizaç), barınma, hayvancılık standartlarının, hayvan yetiştiricilerinin ve hayvancılıkla uğraşanların tutumlarının bir sonucu olarak ortaya çıktığı algısını yansıtmaktadır.

Bu etkileşimin bir sonucu olarak, tanımlanmış bir fiziksel çevrenin sağlanmasının iyi bir refahın sağlanması için yeterli olmadığı artık kabul edilmektedir. Bu nedenle, refah değerlendirmesinin esas olarak hayvanlar üzerinde ölçülen değişkenlere dayanması, aynı zamanda zayıf refahın nedenlerini belirlemeye yardımcı olacak yönetim ve kaynak önlemlerini içermesi ve yetiştiricilere olası iyileştirmeler konusunda tavsiyelerde bulunması önerilmiştir. Tüm önlemlerin geçerli (hayvanların gerçek refah durumunu ölçen), güvenilir (gözlemciler arasında ve gözlemciler arasında kabul edilebilir anlaşma) ve uygulanabilir (pratik olarak uygulanabilir) olduğu kanıtlanmış olmalıdır.

3.1. Sağlık Göstergeleri

Mandalar da dahil olmak üzere birçok çiftlik hayvanı türünde, enerji rezervlerindeki değişim genellikle hayvanların vücut kondisyonlarının değerlendirilmesi yoluyla tespit edilir. Daha uygun yetiştirme tekniklerinin geliştirilmesi, gelişmiş yönetim becerilerinin kazanılması ve hayvan genetiğinin iyileştirilmesi süt üretiminde dikkate değer bir artışa yol açmış olsa da, manda morfolojisi ve metabolizması besi sığırlarınıninkine daha yakın kalmaktadır. Genel olarak besin yetersizliği, kötü vücut kondisyonunun ana nedeni değildir. Çoğu zaman mandalar diğer sağlık sorunlarının (örn. prolapsus, yaralanma) bir sonucu olarak zayıflar. Bu nedenle mandanın vücut kondisyonunun izlenmesi, sürünün genel sağlık durumu hakkında bilgi elde etmek için bir araç olabilir.

Manda inekleri için vücut kondisyon skorlaması, Lowman ve ark. (1976) tarafından besi sığırları için tasarlanandan uyarlanmıştır: Bu sistemin skoru 0,5 puanlık artışlarla 0 (çok zayıf) ile 5 (çok şişman) arasında değişmektedir. Sistem, bariz yetersiz beslenmeyi (BCS < 2,5) değerlendirmek için kullanılmalıdır; kötü durumdaki hayvanların yüksek oranı, refah düzeyinin azaldığını gösterir. Sığırlardan farklı olarak mandalarda aşırı

kondisyon (BCS> 4) ketozis için bir risk faktörü oluşturmazken, buzağılamadan sonra doğurganlık üzerinde zararlı etkiler yaratabilir.

Vücut temizliği çoğu izleme programında yer alan bir önlemdir. Hem sığırlara yönelik refah kalitesinde hem de koyunların vücut temizliğine yönelik hayvan konforunun güvenilir bir göstergesi olarak kabul edildiği için değerlendirilir. Ayrıca kirlilik, cildin anti-mikrobiyal yeteneğini engelleyerek ciltte inflamatuvar süreçlere zemin hazırlayan bir faktördür. Meme ve arka ekstremitelerin kirliliği aynı zamanda subklinik ve klinik mastitisin başlangıcını da kolaylaştırabilir, çünkü bu vücut bölgelerinin temizliği patojenlerin meme başı ve memeye girişini teşvik eder. Ayrıca Munoz ve ark. (2008) tarafından meme temizliği ile klinik mastitis arasında bir ilişki rapor edilmiştir. Ancak mandalarda vücudun tamamını veya bir kısmını kaplayan çamurun varlığı, bu hayvanların yaşadıkları havuz veya gölet gibi tesislere erişimlerinin olduğunu göstermektedir. Termoregülasyon için temel olan debelenmenin doğal davranışını sergileyebilir. Tersine, mandalar suya erişimi olmayan kapalı bir yerde tutulduğunda derileri gübreyle kirlenebilir ve bu da sağlıkları için potansiyel bir risk faktörünü temsil eder.

Süt sığırlarındaki en önemli sağlık sorunlarından biri, bu hayvanlarda ağrının önemli bir nedeni olan topallıktır. Sığırlarda topallığı değerlendirmek için çeşitli hareket skor sistemleri geliştirilmiştir. Bunlardan bazıları deneysel çalışmaya daha uygundur ve çok ayrıntılıdır, diğerleri ise daha basit ve sürü düzeyinde refah izleme amaçlarına daha uygundur. Klinik ayak lezyonlarının varlığı, sığırlarda topallığın başka bir göstergesidir, ancak bu lezyonların tespiti, hayvanların ayaklarının kaldırılması da dahil olmak üzere yoğun bir uzman müdahalesini gerektirir ve bu nedenle çiftlik düzeyinde refah izleme için geçerli değildir. Topallık, dengesiz beslenme, zemin yüzeyinin kötü kalitesi, sosyal etkileşimler ve buna bağlı ayakta kalma süresi gibi çeşitli faktörlerden kaynaklanabilir. Özellikle, hiyerarşide daha alt düzeydeki bireyler servis yolunda, çamurda ve beton yüzeylerde daha uzun süre kalır ve tırnaklar yumuşak doku lezyonlarına daha yatkın olur. Mandalarda topallığın çok daha az sayıda hayvanı etkilediği görülmektedir. Hem Whay ve ark. (2003) süt sığırlarında ve Napolitano ve ark. (2009) mandalarda yaptıkları araştırmalarda, etkilenen hayvanların yaygınlığının çiftlik içi refah izleme programlarına dahil edilmesini önermektedir.

Yaralanmalar hem entansif hem de ekstansif koşullarda hayvan refahının önemli bir göstergesidir; iç mekânda lezyonlar ve şişlikler kaygan zeminlerden, uygun olmayan bölme ve yemlik boyutlarından, yemliğin uygunsuz yüksekliğinden vb. kaynaklanabilirken, dış mekânda taşlı zeminler, yetersiz fırçalar vb. potansiyel olarak çeşitli vücut hasarlarına neden olan risk faktörlerine bazı örneklerdir. Örneğin, bölmeli sistemlerde barındırılan ineklerde, hasır bölmeli sistemlerde barındırılan ineklere göre daha sık yaralanma veya şişmiş dizler vardı. Sığır için farklı puanlama şemaları geliştirilmiştir. Leeb ve ark. (2004) hayvan vücudundaki şişlik ve lezyonlar (yaralar ve kabuklanmalar), tüysüz lekeler, deri incilmesi ve nasırlaşma gibi deri değişikliklerinin kaydedilmesini önerdi. Bu yaklaşım manda da uygulanabilir. Bununla birlikte, yetişkinlerin normalde seyrek bir tüy örtüsü olması nedeniyle, tüysüz bölgeleri değerlendirirken özel dikkat gösterilmelidir.

Hastalık ve ölüm kayıtları, sürü düzeyinde sağlığın geçerli, güvenilir ve uygulanabilir göstergelerini temsil eder. Maalesef şu anda yalnızca birkaç ülke kaliteli çiftlik kayıtlarının tutulmasına güvenebilmektedir. Bu veriler mevcut olmadığında enterik, solunum, üreme bozuklukları (örn. metrit, prolapsus), mastit, kaza nedeniyle itlaf oranı ile ölüm oranı kaydedilmelidir.

3.2. Davranış Göstergeleri

Dinlenmek mandaların temel ihtiyacı olmasına rağmen bu konuda çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Düşük alan tahsisinde tutulan malaklarda, daha yüksek alan tahsisinde tutulan aynı yaştaki hayvanlarla karşılaştırıldığında daha kısa yatma ve dinlenme süreleri ve artan sayıda eğimli bacak durumu ortaya çıkmıştır. Ayrıca, alan tahsisi azaldığında diğer hayvanlar onlara vurarak veya üzerlerine basarak dinlenme düzenini bozabilir. Bu koşullar altında mandalar dinlenmenin önemli bir şekli olan yatarak geçirdikleri süreyi azaltırlar. Sonuç olarak, yatmak için harcanan zaman ve yatarken bölme demirlerine veya duvarlarına çarpan hayvanların oranı, mandalarda dinlenme kalitesini değerlendirmek için kullanılabilir.

Boğaların genç ve ast durumdaki dişi ineklere karşı saldırgan davranışları, güvenlik mesafelerinin kısalabileceği kapalı tutmanın olası bir sonucu olarak modern manda işletmelerinde bir refah sorunu haline gelmektedir. Geçmişte sürüler sulak alanlarda serbestçe dolaşırken, mandalar

şu anda 8-14 m²/baş sunan açık otlaklarla birlikte 5-10 m²/başlık ahırlarda tutulmaktadır. Ayrıca mandaların boynuzları nadiren kesilir ve suni tohumlamanın verimliliği hala oldukça düşük olduğundan genellikle bir veya daha fazla erkek sürüde tutulur. Sosyal sıralama, ağırlık, yaş ve gruptaki kalıcılık süresinden etkilenir. Dişi mandalar genellikle diğer emziren hayvanlarla ve en azından yılın belirli bir döneminde boğalarla aynı grupta tutulur; en alt sıralarda yer aldıkları için meme yaralanmalarından ve lezyonlarından daha sık etkilenirler.

Düveler ve yetişkin süt sığırları da dahil olmak üzere birçok türde standart anomaliler tanımlanmıştır. Bu anormal davranışlar, bağlı tutulma, alan kısıtlaması ve azalan sindirim süresinin bir sonucu olarak daha uzun süre ifade edilme eğilimindedir. Mandalarla ilgili yalnızca az sayıda veri mevcuttur ve anomaliler daha ayrıntılı olarak incelenmelidir. Ampirik gözlemler, genç manda buzağılarında çapraz emmenin bir sonucu olarak sünnet derisi, göbek ve meme ucu seviyelerinde iltihaplanma, enfeksiyon ve yaralanmaların olduğunu bildirmektedir. Bununla birlikte, diğer bir bireyin memesinden süt emmeyi içeren ara emme, laktasyondaki hayvanlarda da sıklıkla gözlenir; bu davranışı azaltmak ve süt kaybını engellemek için memelere özel aparatlar takılır.

İyi hayvan refahı yalnızca hastalıkların, ağrıların ve diğer olumsuz durumların önlenmesini değil, aynı zamanda hayvan ihtiyaçlarına uygun yaşam koşullarının sağlanmasını da içerir. Bu nedenle doğal davranışların ortaya çıkmasını engelleyen barınma sistemlerinin kullanılması çiftlik hayvanlarının refahı üzerinde zararlı bir etkiye sahip olabilir. Mandalarda son yıllarda süt hijyenini arttırmak için geleneksel sistemin özelliği olan havuz ve çukurların kullanımından vazgeçilmiş ve bunun yerine nadiren besleme alanında bulunan sprey sistemleri kullanılmıştır. Göletler ve kendiliğinden bitki örtüsüyle donatılmış alanlarda mandalarda yüksek düzeyde yuvarlanma ve otlama davranışları gözlemlenmektedir. Buna göre, ısı dağılımını kolaylaştırmak amacıyla havuzda debelenmesine izin verilen manda ineklerinde duşlu hayvanlara göre daha yüksek doğurganlık oranı kaydedilmektedir. Ayrıca havuzla beslenen manda ineklerinde buzağılama aralığının kısaldığı ve gebe kalma oranının daha yüksek olduğu kaydedildi. Havuza erişim aynı zamanda daha yüksek süt verimini de belirledi. Bu

nedenle türe özgü davranışların ifadesini ortaya çıkaran sistemlerin sağlanması teşvik edilmelidir.

SONUÇ

Mevcut bilgilere dayanarak, şu ana kadar keşfedilmemiş yönleri kapsayacak daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu sonucuna varıyoruz. Özellikle mandaların refahı, baskınlık ilişkileri, boğa saldırganlığı, davranışsal faaliyetlerin senkronizasyonu ile ilgili ek bilgilerden faydalanabilir; ilk ikisi, düvelerde ve ikincil hayvanlarda artan yaralanma oranlarının ve boğaların artan itlaf oranlarının nedenini temsil eder.

Merada tutulan diğer pek çok evcil geviş getiren hayvanda olduğu gibi, mandalarda da yiyecek arama, seçme ve yutma dahil beslenme davranışı ve çeşitli yatma pozisyonlarında dinlenme, zaman bütçelerinin çoğunu kaplayan iki ana davranış kategorisini temsil eder. Bununla birlikte, kaynaklar mevcut olduğunda bu hayvanlar aynı zamanda ısı dağılımını kolaylaştırmak için debelenmek ve banyo yapmak gibi belirli doğal davranışlar da sergilerler. Ne yazık ki, modern entansif çiftliklerin çoğu, otlatma ve yuvarlanma gibi bu davranışsal ifadelerin bazılarını izin verecek tesislere sahip değilken, entansif sistemlerde diğer istenmeyen davranışlar (ör. birbirini emme) daha yaygın hale gelmektedir. Geçerli ve güvenilir bir izleme planının uygulanması, hayvanlar üzerindeki refah sonuçlarını ve ilgili ana risk faktörlerini belirlemek için kullanılabilir, ancak hayvan refahının sürekli iyileştirilmesine yönelik verimli bir döngüyü teşvik etmek için ek araçların (örneğin kıyaslama) uygulanması gerekir.

Kaynaklar

- Anonim (2009). Türkiye Evcil Hayvan Genetik Kaynakları Tanıtım Kataloğu. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim (2024a). <https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/eozturk/66900/13%20MANDA%202019.pptx>
- Anonim (2024b). <https://aszk.org.au/wp-content/uploads/2020/05/Mammals.-Water-Buffalo-2012JS.pdf>
- Anonim (2024c). <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Durum-Tahmin%20Raporlar%C4%B1/2023%20Durum-Tahmin%20Raporlar%C4%B1/S%C3%BCt%20ve%20S%C3%BCT%20C3%9Cr%C3%BCnleri%20Durum%20Tahmin%20Raporu%202023-372%20TEPGE.pdf>
- Atasever, S. ve Erdem, H. (2007). Manda Yetiştiriciliği ve Türkiye'deki Geleceği. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 23(1),59-64.
- Bruckmaier, RM. (2005) Normal and disturbed milk ejection in dairy cows. *Domest Anim Endocrinol* 2005; 29(2): 268-73. [http://dx.doi.org/10.1016/j.domaniend.2005.02.023] [PMID: 15998500]
- Chaplin SJ, Tierney G, Stockwell C, Logue DN, Kelly M. (2000). An evaluation of mattresses and mats in two dairy units. *Appl Anim Behav Sci* 2000; 66(4): 263-72. [http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1591(99)00100-8] [PMID: 10700626]
- Cockrill W. (1974). The husbandry and health of the domestic buffalo. FAO, Rome: 1-993.
- Cooper DW. (1992). Cytogenetic aspects of crossbreeding river and swamp buffalo. Proceedings of a seminar Kuala Lumpur, Malaysia, 10-14 Februray, 1992.
- Doğu Anadolu Kalkınma Ajansı (2018). Manda ve Su-Güroymak.
- De RG, Moio L, Napolitano F, Grasso F, Gubitosi L, Bordi A. Influence of flavor on goat feding preferences (2002). *J Chem Ecol* 2002; 28(2): 269-81. [http://dx.doi.org/10.1023/A:1017977906903] [PMID: 11925067]

- De Rosa G, Grasso F, Braghieri A, Bilancione A, Di Francia A, Napolitano F (2009). Behavior and milk production of buffalo cows as affected by housing system. *J Dairy Sci* 2009; 92(3): 907-12. [<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2008-1157>] [PMID: 19233783]
- Di Palo R, Midea D, Campanile G, Rossi N, Zicarelli L (2001). Influence of management system on reproductive activity of dairy buffaloes during the hot season. *Proceedings 6th World Buffalo Congress*. Maracaibo, Venezuela. 2001; pp. 130-6.
- Grasso F, Napolitano F, De Rosa G, Quarantelli T, Serpe L, Bordi A (1999). Effect of pen size on behavioral, endocrine, and immune responses of water buffalo (*Bubalus bubalis*) calves. *J Anim Sci* 1999; 77(8): 2039-46.
- Grasso F, Napolitano F, De Rosa G, Braghieri A, Migliori G, Bordi A (2004). Social hierarchy in unweaned buffalo calves. *Proceedings 55th Annual Meeting EAAP*. Bled, Slovenia. 2004; p. 147.
- Kadzere CT, Murphy MR, Silanikove N, Maltz E (2002). Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livest Prod Sci* 2002; 77: 59-91. [[http://dx.doi.org/10.1016/S0301-6226\(01\)00330-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0301-6226(01)00330-X)]
- Kenney PA, Black JL (1984). Factors affecting diet selection by sheep. I. Potential intake rate and acceptability of feed. *Aust J Agric Res* 1984; 35: 551-63. [<http://dx.doi.org/10.1071/AR9840551>]
- Krohn CC, Munksgaard L, Jonasen B (1992). Behavior of dairy cows kept in extensive (loose housing/pasture) or intensive (tie stall) environments I. Experimental procedure, facilities, time budgets - diurnal and seasonal conditions. *Appl Anim Behav Sci* 1992; 34: 37-47. [[http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1591\(05\)80055-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1591(05)80055-3)]
- Kyriazakis I, Papachristou TG, Duncan AJ, Gordon IJ (1997). Mild conditioned food aversions developed by sheep towards flavours associated with plant secondary compounds. *J Chem Ecol* 1997; 23: 727-46. [<http://dx.doi.org/10.1023/B:JOEC.0000006407.68081.26>]
- Laister S, Stockinger B, Regner AM, Zenger K, Knierim U, Winckler C (2011). Social licking in dairy cattle effects on heart rate in performers and receivers. *Appl Anim Behav Sci* 2011; 130: 81-90. [<http://dx.doi.org/10.1016/j.applanim.2010.12.003>]

- Leeb CH, Main DC, Whay HR, Webster AJ (2004). Bristol welfare assurance programme, Cattle assessment. University of Bristol. Available from: <http://www.vetschool.bris.ac.uk> 2004.
- Lowman BG, Scott N (1976). Sommerville S. Condition scoring of cattle, Revised edition. Edinburgh: Bulletin No. 6, East of Scotland College of Agriculture 1976.
- Macandza VA, Owen-Smith N, Cross PC (2004). Forage selection by African buffalo in the late dry season in two landscapes. *S Afr J Wildl Res* 2004; 34: 113-21.
- Martiniello P, Berardo N (2007). Residual fertilizer effects on dry-matter yield and nutritive value of Mediterranean pastures. *Grass Forage Sci* 2007; 62: 87-99. [<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2494.2007.00567.x>]
- Melletti M, Delgado MM, Penteriani V, Mirabile M, Boitani L (2010). Spatial properties of a forest buffalo herd and individual positioning as a response to environment cues and social behavior. *J Ethol* 2010; 28: 421-8. [<http://dx.doi.org/10.1007/s10164-009-0199-z>]
- Menke C, Waiblinger S, Fölsch DW, Wiepkema PR (1999). Social behavior and injuries of horned cows in loose housing systems. *Anim Welf* 1999; 8: 243-58.
- Metz JH (1983). Food competition in cattle. *Farm Animal Housing and Welfare*. Dordrecht, NL: Martinus Nijhoff Publisher 1983; pp. 164-70.
- Milne JA (1991). Diet selection by grazing animals. *Proc Nutr Soc* 1991; 50(1): 77- 85. [<http://dx.doi.org/10.1079/PNS19910013>] [PMID: 1881933]
- Mingala CN, Villanueva MA and Cruz LC (2017). River and Swamp Buffaloes: History, Distribution and their Characteristics. *Production and Research*, 2017, 3-31.
- Munoz MA, Bennett GJ, Ahlström C, Griffiths HM, Schukken YH, Zadoks RN (2008). Cleanliness scores as indicator of *Klebsiella* exposure in dairy cows. *J Dairy Sci* 2008; 91(10): 3908-16. [<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2008-1090>] [PMID: 18832213]
- Murphey RM, Paranhos da Costa MJ, Lima LO, Duarte FA (1991). Communal suckling in water buffalo (*Bubalus bubalis*). *Appl Anim Behav Sci* 1991; 28: 341-52. [[http://dx.doi.org/10.1016/0168-1591\(91\)90166-U](http://dx.doi.org/10.1016/0168-1591(91)90166-U)]

- Murphey RM, Paranhos da Costa MJ, Silva RG, Souza RC (1995). Allonursing in river buffalo, *Bubalus bubalis*: nepotism, incompetence, or thievery? *Anim Behav* 1995; 49: 1611-6. [[http://dx.doi.org/10.1016/0003-3472\(95\)90083-7](http://dx.doi.org/10.1016/0003-3472(95)90083-7)]
- Napolitano F, De Rosa G, Grasso F, Bordi A (2004). Influence of space restriction on welfare of weaned buffalo calves (*Bubalus bubalis*). *Livest Prod Sci* 2004; 86: 117-24. [[http://dx.doi.org/10.1016/S0301-6226\(03\)00148-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0301-6226(03)00148-9)]
- Napolitano F, De Rosa G, Sevi A (2007). Welfare implications of artificial rearing and early weaning in sheep. *Appl Anim Behav Sci* 2008; 110: 58-72. [<http://dx.doi.org/10.1016/j.applanim.2007.03.020>]
- Napolitano F, Knierim U, Grasso F, De Rosa G (2009). Positive indicators of cattle welfare and their applicability to on-farm protocols. *Ital J Anim Sci* 2009; 8: 355-65. [<http://dx.doi.org/10.4081/ijas.2009.s1.355>]
- Napolitano, Corrado, Braghieri, Grasso and De Rosa (2017). Animal – Environment Interaction: Buffalo Behavior and Welfare. *The Buffalo (Bubalus bubalis) - Production and Research, 2017*, 69-104.
- Odyuo LT, Jana DN, Das N (1995). Maintenance behavior of Murrah buffalo under an intensive management system. *Appl Anim Behav* 1995; 45: 293-9. [[http://dx.doi.org/10.1016/0168-1591\(95\)00573-B](http://dx.doi.org/10.1016/0168-1591(95)00573-B)]
- Parker BA, Nava ZM, Lapitan RM, del Barrio AN, Momongan VG (1991). Comparative Growth Performance of Carabao and Carabao Crosses under Controlled and Smallholder Farmers' Conditions, Buffalo and Goats in Asia: Genetic Diversity and its Application, Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, pp. 83–92
- Provenza FD (1996). Acquired aversions as the basis for varied diets of ruminants foraging on rangelands. *J Anim Sci* 1996; 74(8): 2010-20. [<http://dx.doi.org/10.2527/1996.7482010x>] [PMID: 8856457]
- Ryan SJ and Jordaan W (2005). Activity patterns of African buffalo *Syncerus caffer* in the Lower Sabie Region, Kruger National Park, South Africa. *Koedoe* 2005; 48: 117-24. [<http://dx.doi.org/10.4102/koedoe.v48i2.98>]
- Rushen J, De Passillé AM, Munksgaard L (1999). Fear of people by cows and effects on milk yield, behavior, and heart rate at milking. *J Dairy Sci* 1999; 82(4): 720-7. [[http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75289-6](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75289-6)] [PMID: 10212458]

- Sabia E, Napolitano F, De Rosa G, et al (2014). Efficiency to reach age of puberty and behaviour of buffalo heifers (*Bubalus bubalis*) kept on pasture or in confinement. *Animal* 2014; 8(11): 1907-16. [http://dx.doi.org/10.1017/S1751731114001876] [PMID: 25076110]
- Sarıözkan, S (2011). Türkiye’de manda yetiştiriciliğinin önemi. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17(1): 163-166.
- Saltalamacchia F, Tripaldi C, Castellano A, Napolitano F, Musto M, De Rosa G (2007). Human and animal behavior in dairy buffalo at milking. *Anim Welf* 2007; 16: 139-42.
- Sato S, Sako S, Maeda A (1991). Social licking patterns in cattle (*Bos taurus*): influence of environmental and social factors. *Appl Anim Behav Sci* 1991; 32: 3-12. [http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1591(05)80158-3]
- Schlecht E, Hiernaux P, Kadaourè I, Hulsebusch C, Mahler F (2006). A spatio- temporal analysis of forage availability and grazing and excretion behavior of herded and free grazing cattle, sheep and goats in Western Niger. *Ecosystems and Environment* 2006; 113: 226-42. [http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2005.09.008]
- Soysal, İ (2006). Manda ve Ürünleri Üretimi. *Tekirdağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü, Ders Notları*. Tekirdağ.
- Soysal İ (2013). Anatolian Water Buffaloes Husbandry in Turkey. *Buffalo Bulletin*, 32 (Special Issue 1): 293-309.
- Terramoccia S, Bartocci S, Borghese A (2005). Nutritional requirements in buffalo cows and heifers. *Buffalo production and research*. Rome, Italy: FAO 2005; pp. 145-60.
- Thomas CS, Nordstrom J, Svennersten-Sjaunja K, Wiktorsson H (2005). Maintenance and milking behaviors of Murrah buffaloes during two feeding regimes. *Appl Anim Behav Sci* 2005; 91: 261-76. [http://dx.doi.org/10.1016/j.applanim.2004.11.002]
- Tripaldi C, De Rosa G, Grasso F, Terzano GM, Napolitano F (2004). Housing system and welfare of buffalo (*Bubalus bubalis*) cows. *Anim Sci* 2004; 78: 477-83.
- TUIK (2023). <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hayvansal-C3%9Cretim-%C4%B0statistikleri-2023> (Erişim Tarihi:10.09.2024)

- Turan, M., (2019). Diyarbakır manda yetiştiriciliğinin mevcut durumu, sorun ve çözüm önerilerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.
- Turan, M. and Tatar, A. M. (2022). An evaluation on the current state of water buffalo breeding in Diyarbakır, identification of problems and solutions. *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 6 (1), 141-151. DOI: 10.31015/jaefs.2022.1.19
- Wasilewski A (2003). Friendship in ungulates? Sociopositive relationships between non-related herd members of the same species. Dissertation 2003. <http://archiv.ub.uni-marburg.de/diss/z2003/0639>.
- Wemelsfelder F (1993). The concept of animal boredom and its relationship to stereotyped behavior. In: Lawrence AB, Rushen J, Eds. *Stereotypic Behavior: Fundamentals and Applications to Animal Welfare*. Wallingford, UK: CAB International 1993; pp. 65-95.
- Zicarelli F, Campanile G, Gasparini B, Di Palo R, Zicarelli L (2005). Influence of the period and of the space on the milk production and on the consumption of dry matter in the Italian Mediterranean Buffalo. *Proceedings III Congresso Nazionale sull'Allevamento del Bufalo*. In: 1st Buffalo Symposium of Europe and the Americas; Paestum, Italy. 2005; pp. 75-6.

BÖLÜM 8

KOLOSTRUM

Dr. Öğr.Üyesi Günnur PEŞMEN¹

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

GİRİŞ

Son yıllarda, sığır kolostrumu, biyoaktif proteinlerin mükemmel bir kaynağı olması, benzersiz bileşimi ve potansiyel sağlık yararları nedeniyle besin takviyesi olarak önemli bir popülerlik kazanmıştır (Houser vd., 2008; Conte ve Scarantino, 2013; García-Martínez vd., 2022). Kolostrumun kullanımı çok eskilere dayanmakta olup, tarih boyunca sığır kolostrumu bir gıda kaynağı olarak kullanılmıştır. Penisilin gibi antibiyotikler keşfedilmeden önce kolostrumun antimikrobiyal özellikleri, bakteriyel hastalıklar için değerli bir tedavi aracı haline gelmiştir (Cheng ve Han, 2020). İneklerin kutsal olduğu Hindistan'da, kolostrum sütle birlikte evlere dağıtılırdı. Yaşlılarda grip semptomlarını tedavi etmek için kolostrumun terapötik etkisinden faydalanılırdı. Bu gelenek, binlerce yıl önce Ayurveda hekimlerinin ve "Rishiler" olarak bilinen sözde "kutsal şifacılar"ın faaliyetleriyle başlamıştır. İskandinav kasabalarında kolostrumlar, buzağı doğumunu kutlamak için puding pişirmek için kullanılırdı (Conte ve Scarantino, 2013).

Kolostrum, yoğun, sarı ve hafif asidik (pH 6,4) bir sıvıdır (Grodzki, 2011). Dişi memelilerin meme bezleri tarafından doğumdan sonra ve doğumdan sonraki ilk 24-48 saat boyunca salgılanan besin açısından zengin bir sıvıdır ve daha sonra normal süte dönüşür (Bernabucci vd., 2012).

Sığır kolostrumu, lakteal salgıların ve kan serumu bileşenlerinin, özellikle immüoglobulinlerin ve diğer serum proteinlerinin karışımından oluşur ve doğum öncesi kuru dönemde meme bezinde birikir ve doğumdan hemen sonra toplanabilir (Foley ve Otterby, 1978). Bu süreç prolaktin hormonu da dahil olmak üzere laktojenik hormonların etkisi altında buzağılamadan birkaç hafta önce başlar ve doğumla birlikte sona erer (Godden, 2008).

Süt sığırcılığı işletmelerinin sürdürülebilirliği ve karlılığı için, buzağuların sağlıklı bir şekilde yetiştirilmesi kritik öneme sahiptir. İshal, zatürre ve göbek enfeksiyonları gibi yenidoğan hastalıkları, buzağı kayıpları, tedaviler ise ekonomik sürdürülebilirliği etkilemektedir (Heinrichs ve Heinrichs, 2011).

KOLOSTRUMUN BİLEŞİMİ

Sığır kolostrumu, immüoglobulinler (Ig) (antikorlar), büyüme faktörleri, sitokinler, laktoferrin, vitaminler, hormonlar (insülin, prolaktin, tiroid hormonları, kortizol) mineraller ve enzimler dahil olmak üzere yüksek

konsantrasyonda biyoaktif maddeler içerir (Smith ve Foster, 2007; Geogiev, 2008; Hammon vd. 2013; Puppel vd., 2019; Mann vd., 2020; Khan vd., 2024). Kolostrum bileşenlerinden Ig, somatotropin, prolaktin, insülin doğrudan kan dolaşımından gelirken, yağ, laktoz, kazeinler, α -laktalbumin (α -La), β -laktoglobulin (β -Lg) gibi bileşenler ise meme epitel hücreleri ve stroma tarafından memede üretilir (Bernabucci vd., 2012). İnek kolostrumu normal süttten daha yüksek seviyelerde hem yağda çözünür vitaminler (A, D, E, K) hem de suda çözünür vitaminler (tiamin, riboflavin, piridoksin, niasin, biotin, pantotenik asit, folik asit, nikotinik asit ve kolin) mineraller (demir, magnezyum, fosfor, potasyum ve sodyum tuzları) ve daha az yağ ve karbonhidrat içerir. (Georgiev, 2008). Magnezyum ve çinko bileşikleriyle birlikte vitaminler, buzağuların savunma mekanizmalarını desteklemede ve bağışıklıklarını oluşturmada çok önemli bir rol oynar (Puppel vd., 2019).

Tablo 1: Kolostrumun mineral içeriği (%). (Puppel vd., 2019).

Analiz zamanı	Kalsiyum (Ca)	Magnezyum (Mg)	Potasyum (K)	Sodyum Klorür (NaCl)	Fosfor (P)	Klorür (Cl)
Doğum zamanı	0.256	0.037	0.137	0.074	0.235	0.118
Doğumdan 11 h sonra	0.130	0.011	0.153	0.036	0.113	-

İmmünoglobulinler, disülfür bağlarıyla Y şeklinde bir partiküle bağlanan iki hafif ve iki ağır polipeptit zincirinden oluşan mono veya polimerik proteinlerdir. İmmünoglobulinler, fizikokimyasal, biyolojik ve immünolojik özelliklerinde farklılık gösteren sınıflara ayrılır (Farrel vd., 2004). Sığırlarda IgG, IgA ve IgM bulunur ve bunlar kolostrumdaki toplam Ig'nin sırasıyla yaklaşık %85 ila %90'ını, %5'ini ve %7'sini oluşturur. IgG'nin iki izotipi vardır: IgG₁ ve IgG₂. IgG₁ toplam IgG'nin %80 ila %90'ını oluşturur (Larson vd., 1980; Newby vd., 1982). Bu Ig'ler, buzağının kendi aktif bağışıklığı gelişene kadar buzağıya pasif bağışıklık (inek tarafından sağlanan ve buzağı tarafından sentezlenmeyen bağışıklık) sağlamak için birlikte çalışır (Jaster, 2005). Lenfatik sistemin plazma hücreleri, IgG üretmekten sorumludur (Puppel vd., 2019). Kolostrumun Ig konsantrasyonu çeşitli faktörlerle inekten ineğe büyük

ölçüde değişebilir (Ahmann vd., 2021). Kolostrumun türler arasında tipik bir bileşim profili yoktur (Tablo 2) (Bernabucci vd., 2012).

Tablo 2: Farklı türlere ait kolostrumların bileşimi (Bernabucci vd., 2012).

Tür	IgG (mg/ml)	IgA (mg/ml)	IgM (mg/ml)	Protein (%)	Yağ (%)	Laktöz (%)
İnek	50.5	3.9	4.2	14.9	6.7	2.5
Manda	54.0	3.22	5.22	18.75	5.44	2.7
Keçi	50-60	0.9-2.4	1.6-5,2	10.24	7.73	1.93
Koyun	101.2	6.2	2.9	21.24	14.04	3.26
Deve	47.2			19.2	0.3	5.9
Domuz	21.5	1.8	1.1	10.6	5.8	3.4

Kolostrumun yağ içeriği süttten daha fazladır. Ayrıca kolostrumun bakteriyostatik ve mikrop öldürücü özellikleri açısından çok önemli olan ve spesifik olmayan antibiyotik ajanlardan oluşan farklı bir protein grubu da vardır: lizozim, laktoferrin ve laktoperoksidaz (El-Fattah vd., 2012; Puppel, 2018; Wasowska ve Puppel, 2018). Lizozim, hemen hemen tüm vücut sıvıları için mikrop öldürücüdür. Ayrıca, aktivitesi immünoglobulinlerin varlığında artar. Kolostrumun laktoferrin (Lf) konsantrasyonu 0,34 ile 1,96 g/l arasındadır (Wasowska ve Puppel 2018; Tsuji vd., 1990). Demiri bağlaması sayesinde bakteriyostatik etkiye sahiptir ve bakteri gelişimini durdurur. Asidik ortamda aktivitesini kaybeder ve bağırsakta bakteriyostatik özellikleri değişebilir. Habing vd. (2017), Lfnin mortaliteyi önemli ölçüde azalttığını bildirmişlerdir. Laktoperoksidaz bakteriyostatik ve mikrop öldürücü özelliklere sahiptir (Van der Strate vd., 2001; Habing vd., 2017).

Taze kolostrumun bileşimi ve fiziksel özellikleri ırk, doğum sayısı, doğum öncesi besleme, kuru dönem uzunluğu gibi faktöre göre değişir. Çevresel faktörler ve sürüdeki spesifik patojenler kolostrumdaki bağışıklık bileşenlerinin konsantrasyonunu etkileyebilir. Bazı çalışmalar güç doğum insidansının kolostrumun özelliklerini ve pasif bağışıklık transferini azalttığını göstermiştir (Ontsouka vd., 2003; Stelwagen vd., 2009; Farahani vd., 2017; Puppel vd., 2019; Hese vd., 2023; Sohrabi vd., 2024).

Kolostrumun bileşimi her saat değişir (Tablo 3) (Grodzki, 2011). Kolostrum bileşenlerinin çoğunun konsantrasyonları, buzağılamadan sonraki

ilk sağımda yüksektir, sonraki altı sağımda (geçiş sütü) istikrarlı bir şekilde azalarak (Godden, 2008), tam yağlı sütün bileşimine yaklaşır. Kolostrumun yağ içeriği, ırklar arasında ve aynı ırktan inekler arasında önemli ölçüde değişir (Soufleri vd. 2021). Parrish vd., (1950), ve Foley ve Otterby, (1978) ilk sağım kolostrumunun yağ içeriğinin % 0,3 ile % 18,0 arasında değiştiğini bildirmiştir. A ve E vitamini içeriklerinin ise doğum sonrası ilk 4 gün boyunca logaritmik olarak azaldığını bildirmişlerdir. Soufleri vd. (2021), buzağılama yaşının kolostrum yağ içeriği üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu, ilk kez doğum yapan ineklerin kolostrum yağ içeriği daha fazla doğum yapan ineklerden daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Ayrıca, ilkbaharda buzağılayan ineklerin kolostrumu en yüksek yağ konsantrasyonuna sahipken, yaz ve sonbaharda buzağılayanların kolostrumu en düşük olduğunu tespit etmiştir. Yine buzağılama ile kolostrum sağımı arasındaki zaman aralığı ne kadar kısa ise yağ konsantrasyonunun o kadar yüksek olduğunu ortaya koymuştur (Soufleri vd., 2021).

Tablo 3: Buzağılamadan sonraki belirli saatlerde kolostrum ve sütün kimyasal bileşimi (%) (Grodzki, 2011).

	Protein	Kazein	Albumin, Globulin	Yağ	Laktoz
Kolostrum (h)					
0	16.8	4.1	12.7	6.7	2.9
6	11.7	3.5	8.0	6.1	3.5
12	6.3	3.1	3.2	4.4	3.9
24	5.5	2.9	2.6	4.1	4.1
48	4.8	2.8	2.0	3.9	4.2
120	3.6	2.7	0.9	0.8	4.5
Süt	3.2	2.6	0.6	3.8	4.6

Süte benzer şekilde kolostrum, 250'den fazla çeşitli aktif kimyasal bileşik içerir. Kolostrumdaki bazı spesifik amino asitler, glutamik asit, prolin ve metiyonin hariç, neredeyse her zaman süttekinden daha fazladır (Christiansen vd., 2010). (Tablo 4).

Tablo 4: Kolostrum ve sütün aminoasit kompozisyonu (Szulc vd., 1998).

Aminoasitler	Kolostrum	Süt
Aspartik asit	42.95	28.83
Treonin	33.26	14.64
Serin	44.95	19.74
Glutamik asit	88.84	91.12
Prolin	25.96	56.98
Sistin	8.51	2.39
Glisin	15.65	5.96
Alanin	15.79	11.42
Valin	28.33	16.95
Metionin	9.31	12.00
İsolösin	15.1	13.67
Lösin	47.30	35.94
Tirozin	39.56	15.34
Fenilalanin	25.22	17.16
Histidin	14.60	12.12
Lisin	40.90	28.51
Arjinin	14.40	10.22

KOLOSTRUMUN KALİTESİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Kolostrumun kalitesi, özellikle IgG konsantrasyonu, pasif bağışıklık transferini en üst düzeye çıkarmada önemlidir (Mann vd., 2024). İmmüoglobulin G, genellikle kolostrum kalitesinin bir ölçüsü olarak kullanılır (Brandon vd., 1971; Johnsen vd., 2019). Yüksek kaliteli kolostrumun IgG konsantrasyonu 50 g/l'den fazladır. Kolostrumdaki IgG konsantrasyonu inekler arasında önemli ölçüde değişebilir (Godden, 2008). Kolostrum kalitesi bir refraktometre veya kolostrometre kullanarak test edilebilir (Cabral vd., 2016). Kolostrometrenin ölçüğü, kolostrumun belirli kalite seviyelerini gösteren çeşitli renkler içerir: Yeşil renk genellikle iyi kalite, sarı renk orta kalite ve kırmızı renk kötü kalite kolostrum için kullanılır. Kolostrometre yeşil rengi gösteriyorsa, buzağı vücut kütlelerinin %10'unu oluşturan bir miktarda kolostrum almalıdır. Böyle bir renk, kolostrumun 50 mg/ml'den fazla antikor içerdiğini gösterir (Puppel vd., 2019). Kolostrumun Ig konsantrasyonunu dolayısıyla

kalitesini etkileyen birçok faktör vardır. Bunlar; ırk, ana yaşı, hayvanın sağlık durumu, doğum öncesi beslenme, buzağı ağırlığı ve cinsiyeti, doğumdan sonra kolostrumun sağım zamanı, çevre faktörleri, kuru dönemin uzunluğu, kolostrum miktarı, annenin aşılması, buzağılama zamanı, kolostrumu saklama yöntemidir (Straub ve Matthaeus, 1978; Csapó vd., 1994; McGuirk ve Collins, 2004; Morin vd., 2010; Bernabucci vd. 2012; Conneely vd., 2013; Silva-Del-Río vd., 2017; Wasowska ve Puppel, 2018; Godden vd., 2019; Puppel vd., 2019; Mann vd., 2024).

İrk: Kolostrumun kalitesi hayvan ırkına bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Guy vd., (1994) tarafından yapılan bir çalışmada IgG₁ konsantrasyonu etçi ineklerin kolostrumunda (113,4 g/l) sütçü ineklerin kolostrumundan (42,7 g/l) daha fazla bulunmuştur. Yapılan bir çalışmada, Holstein ırkının kolostrumunda Ig içeriği %5,6 bulunmuştur. Bu miktar Guernsey (%6,3), Ayrshire (%8,1) ve Jersey (%9,0) ineklerinden istatistiksel olarak daha düşüktür (Muller ve Ellinger, 1981).

Buzağılama Yaşı: Yapılan çalışmalar artan laktasyon sayısı ile birlikte yaşlı ineklerin kolostrum kalitesinin arttığını göstermiştir (Muller ve Ellinger, 1981; Devery-Pocius ve Larson, 1983; Tyler vd., 1999; Moore vd., 2005; Gulliksen vd., 2008; Godden, 2008). Bu durum yaşlı ineklerin yaşamları boyunca daha fazla patojene maruz kalmış olmaları ve buna karşılık daha fazla IgG üretmeleri ve IgG'nin meme bezine taşınması ile ilişkilendirilmektedir (Devery-Pocius ve Larson, 1983; Conneely vd., 2013). Yaşlı inekler, genç ineklere göre yaşamları boyunca daha uzun süre antijenlere maruz kalarak daha yüksek IgG konsantrasyonlarına sahip kolostrum üretirler. Sonuç olarak, doğum sayısı kolostrum kalitesi üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir (Conneely vd., 2013). Sutter vd., (2019), 1. ve 2. doğumunu yapan ineklerin, yaşlı ineklere kıyasla daha düşük kolostrum kalitesine sahip olduğunu bildirmiştir. Miyazaki vd., (2017), kolostrumun kalitesinin hayvandan hayvana değiştiğini Tyler vd. (1999) ise Holstein ineklerinin birinci, ikinci veya üçüncü ve daha sonraki laktasyonlarındaki ortalama kolostrum IgG konsantrasyonunun sırasıyla 66, 75 ve 97 g/l olduğunu bildirmiştir. Soufleri vd. (2021)'na göre; buzağılama yaşı kolostrum kuru madde içeriği üzerinde önemli bir etki göstermiştir. Dörtten fazla doğum yapmış ineklerin kolostrumu en yüksek kuru madde konsantrasyonuna sahipken iki doğum yapmış ineklerin kolostrumu en düşük kuru madde konsantrasyonuna sahip olmuştur.

Doğum öncesi beslenme: Geç gebelik döneminde vücut rezervinin mobilizasyonu koyunlarda (Al-Sabbagh, 2009) ve süt ineklerinde (Shearer vd., 1992) kolostrum kalitesini etkileme potansiyeline sahiptir. Yapılan araştırmalarda doğum öncesi beslemeye metabolize edilebilir enerji ve protein ile vitamin, mineral ve yem katkı maddelerinin dahil edilmesi, doğum öncesi beslenmenin kolostrumun verimini, kalitesini ve bileşimini etkilediğini göstermektedir (Westhoff vd., 2023).

Buzağılama zamanı: Bazı çalışmalar, gebeliğin son dönemlerinde yüksek sıcaklıklara maruz kalmanın kolostrum IgG ve IgA, toplam protein, kazein, laktalbumin, yağ ve laktoz konsantrasyonlarının düşmesiyle sonuçlanmıştır. (Morin vd., 2001; Nardone vd., 1997). Bu etkiler, kuru madde alımı üzerindeki ısı stresinin olumsuz etkilerine, besin kısıtlamasına, memede kan akışının azalmasına ve bunun sonucunda IgG ve besinlerin kan dolaşımından memeye transferinin bozulmasına bağlanmaktadır (Nardone vd., 1997; Godden, 2008). Soufleri vd. (2021), sonbahar ve kış aylarında buzağılayan ineklerin kolostrum verimi, ilkbahar ve yaz aylarında buzağılayanlara göre daha düşük olduğu, ayrıca, sonbaharda buzağılayan ineklerin kolostrumu en düşük laktoz konsantrasyonuna sahip olduğunu bildirmişlerdir. Yine sonbaharda buzağılayan ineklerin kolostrumu, ilkbahar ve yaz aylarında buzağılayan ineklerin kolostrumunda daha yüksek toplam kuru maddeye sahip olmuştur. Soufleri vd., 2021).

Sutter vd. (2019), buzağılama zamanı ve kolostrum miktarı ile kolostrumdaki IgG konsantrasyonu arasında pozitif bir ilişkinin olduğunu, gece buzağılayan ineklerin, sabah veya öğleden sonra buzağılayan ineklere kıyasla en yüksek kolostrum miktarına ve IgG konsantrasyonuna sahip olduğunu bildirmişlerdir. Bu durumun ineklerin gece buzağılamasının daha düşük stres seviyelerinin sonucu olduğunu, gece boyunca çok daha az çiftlik aktivitesi gerçekleşmesinden ve gürültü seviyesinin önemli ölçüde azalmasından kaynaklandığı bildirilmiştir.

Gebeliğin son dönemlerinde ineğin yüksek sıcaklıklara maruz kalması, kolostral IgG ve IgA'nın daha düşük konsantrasyonları ve toplam protein, kazein, laktalbumin, yağ ve laktoz gibi diğer bileşenler dahil olmak üzere daha zayıf kolostrum bileşimiyle ilişkilendirilmiştir (Godden, 2008). Isı stresinin olumsuz etkileri kuru madde tüketimini etkileyebilir, ayrıca memeye azalmış

kan akışı, IgG ve besinlerin memeye transferinin bozulmasına neden olur (Godden, 2008; Tao ve Dahl, 2013). Zor doğumlar kolostrumun kalitesini ve miktarını, ayrıca buzağılarda pasif bağışıklığı düşürmede olumsuz etkiye neden olabilir (Szulc ve Zachwieja, 1998).

Kolostrum miktarı: Kolostrumun Ig konsantrasyonları doğumdan sonraki ilk sağımdan itibaren en yüksektir ve sonraki sağımlarda azalır. IgG konsantrasyonu ile kolostrum miktarı arasında negatif ilişki vardır, bu da yüksek verimli ineklerin ilk sağımda bile düşük IgG konsantrasyonlu kolostruma sahip olacağı anlamına gelir. Pritchett vd. (1991), ilk sağımda 8,5 kg'dan az kolostrum üreten ineklerin, daha yüksek miktarda kolostrum ($\geq 8,5$ kg) üreten ineklere göre yüksek kaliteli (>50 g/l) kolostrum üretme olasılığının daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Silva-del-Río ve ark. (2017), kolostrum miktarı arttıkça kalitesinin düştüğünü ve kolostrum miktarının düşükten (<3 kg), orta (3–6 kg) yükseğe (>6 kg) çıktığında Ig konsantrasyonunun azaldığını bildirmiştir. Yüksek süt üretimi için genetik seçim devam ettikçe, ilk sağımda düşük Ig konsantrasyonlarına sahip kolostrumun ortaya çıkmasında bir artış beklenir (Morin vd., 1997).

Hastalıklar: Meme hastalıkları, kronik asidoz ve ketozis'in immünoglobulin seviyesini ve üretilen kolostrum kalitesini düşürmede etkisi olduğu yönündeki yaygın görüş vardır. Meme bezi iltihabı olan inekler, daha düşük oranda tripsin inhibitörü içeren kolostrum üretirler ve bu da buzağı için Ig'nin emilebilirliğini sınırlar (Puppel vd., 2019).

Buzağı ağırlığı ve cinsiyeti: Sutter vd. (2019) yaptıkları çalışmada buzağı doğum ağırlığı ve kolostrum miktarı arasında pozitif bir ilişki tespit etmişlerdir. Karl ve Staufenbiel (2016)'e göre, kolostrumdaki IgG konsantrasyonu gebelik süresine bağlıdır. 275 güne kadar gebelik süresi olan ineklerin kolostral IgG konsantrasyonu 51,8 mg/mL iken, 276 ila 285 güne sahip ineklerin kolostral IgG konsantrasyonu 25,6 mg/mL ve 285 günden fazla gebelik süresi olan ineklerin kolostral IgG konsantrasyonu 26,2 mg/mL olarak tespit edilmiştir (Karl ve Staufenbiel, 2016). Ayrıca, annenin vücut ağırlığı doğumdaki buzağı ağırlığıyla ilişkilidir (Berry ve ark., 2004). Vücut ağırlığı süt miktarıyla da ilişkili olduğundan kolostrum miktarını da etkileyebilir (Berry vd., 2004; Conneely vd., 2013).

Borchardt vd. (2021), yaptıkları çalışmada; ilkine doğum yapan ineklerde, kolostrum miktarı buzağılama ayından ($P=0,004$), buzağının

cinsiyetinden ($P=0,050$) ve ölü doğumdan ($P=0,036$) etkilenmiştir. Ölü doğum, ilkine doğum yapan ineklerde azalmış kolostrum miktarı ile ilişkilendirilmiştir (ölü doğum = $3,14 \pm 0,39$ kg; ölü doğum yok = $3,68 \pm 0,31$ kg) (Borchardt vd., 2021).

Buzağının cinsiyeti kolostrum miktarı ile ilişkilendirilmiştir (dişi tek yavru = $3,50 \pm 0,26$ kg; erkek tek yavru = $3,76 \pm 0,27$ kg; ikizler = $2,97 \pm 0,66$ kg) (Borchardt vd., 2021). Mann vd. (2024) ise, birden fazla doğum yapmış ineklerde buzağı cinsiyetinin kolostrum verimi ile ilişkili olduğunu ifade etmişlerdir. Westhoff ve arkadaşları (2023), erkek buzağı doğuran hem düvelerin hem de ineklerin dişi buzağı doğuranlara göre daha fazla miktarda kolostrum ürettiğini ve buzağı doğum ağırlığının da artan verimle ilişkili olduğunu tespit etmişlerdir. Benzer şekilde, Sutter vd. (2019) ve Conneely vd. (2013), artan buzağı doğum ağırlığının daha yüksek kolostrum verimi ile ilişkili olduğunu tespit etmişlerdir.

Doğum öncesi aşilar: Yapılan çalışmalar, gebe ineğin veya düvenin buzağılamadan önceki son 3 ila 6 haftalık dönemde aşılmasının, *Pasteurella haemolytica*, *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, rotavirüs ve koronavirüs gibi bazı yaygın patojenler için koruyucu kolostral antikorların konsantrasyonlarında artışa ve aşılansın annelerin buzağılarında pasif antikor titrelerinde artışa yol açtığını ortaya koymuştur (Hodgins ve Shewen, 1996; Godden, 2008).

Kuru dönem uzunluğu: Laktasyon sonunda olan süt inekleri, normal meme epitel hücre yenilenmesi ve rejenerasyonu için 60 günlük kuru dönem uzunluğuna ihtiyaç duyar. Laktasyon devam ederse eski veya yaşlanmış hücreler yeni hücrelerle değiştirilemez ve bunun sonucunda daha az üreme kapasitesine sahip bir epitel oluşur (Borchardt vd., 2021). Yeterli beslemenin yanı sıra, meme involüsyonu için belirli bir kuru dönem uzunluğu gereklidir (Collier vd., 2012). İğ'nin kan dolaşımından meme bezine salınması, buzağılamadan yaklaşık 5 hafta önce başlar. Kuru dönem, üretilen kolostrumun hem miktarı hem de kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Kuru dönem sürecinde epitel hücreleri yenilenmekte ve laktogenez gerçekleşmektedir. Buzağılamaya kadar ineklerin sağılması veya doğumdan önce şişme nedeniyle erken sağılması kolostrumdaki immünoglobulin seviyesini düşürmede etkilidir (Kuczaj vd., 2014) ve bu durum daha uzun kuru dönemleri olan hayvanlarda

meme bezine daha fazla toplam IgG transferinin olması ile açıklanmaktadır (Westhoff vd., 2024).

Kuru dönemi <21 gün olan veya hiç kuru dönem geçirmeyen inekler, önemli ölçüde daha düşük IgG konsantrasyonlarına sahip kolostrum üretirler (Rastani vd. 2005). Ayrıca kuru dönem uzunluğu üretilen kolostrum hacmini etkiler (Westhoff vd., 2024). Grusenmeyer vd. (2006) kuru dönemin uzunluğunu 60 günden 40 güne düşürmenin kolostrum miktarını azalttığını, Mayasari vd. (2015), 60 günlük kuru dönemi olan ineklerin, 0 günlük veya 30 günlük kuru dönemi olan ineklere kıyasla daha fazla kolostrum ürettiğini, Soufleri vd. (2021) ise kuru dönem uzunluğu 45 gün olan ineklerin en düşük kolostrum miktarına sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Kolostrumun sağım zamanı: Kolostrumdaki Ig konsantrasyonu buzağılamadan hemen sonra en yüksek seviyededir, ancak sağım gecikirse zamanla azalmaya başlar. Bir çalışmada, kolostrum hasadının buzağılamadan sonra 6 saat, 10 saat veya 14 saat geciktirilmesi kolostral IgG konsantrasyonunda sırasıyla %17, %27 ve %33'lük bir azalmaya neden olmuştur (Moore ve ark. 2005).

Kolostrumu Saklama Yöntemleri: Kolostrumu sıcaklık dalgalanmalarına maruz bırakmak, pH ve bakteri içeriğini değiştirebilir ve bu da buzağuların immünoglobulin emilimini etkiler (James vd., 1981; Morrill vd., 2012a). Ayrıca kolostrum sağım sırasında veya taşınması esnasında bakteriyel kontaminasyona maruz kalabilir, bu da serum protein ve IgG seviyelerini düşürmek suretiyle hastalık kaynağı olabilir (Gelsing vd., 2015). Bazı patojenler meme bezinden dökülebilse de, özellikle sağım sırasında ve ayrıca kolostrumun depolanması veya beslemesi sırasında önemli patojen ve çevre kontaminasyonu meydana gelir (Stewart vd., 2005). Šlosárková vd. (2021) yaptıkları çalışmada, 155 kolostrum örneğinden 21'i (%13,5) mastitis etkeni açısından pozitifken, 117'si (%75,5), 127'si (%81,9) ve 128'i (%82,6) sırasıyla çevresel, dışkı, cilt ve mukoza kirleticileri ile kontamine olduğunu bildirmişlerdir. Bu nedenle, meme bezinden patojen dökülme riskini, dışkı ve çevresel kontaminasyonu en aza indirmeye özel önem verilmelidir (Streeter vd., 1995; Stabel, 2001). Kirlenmiş kolostrumla besleme, immünoglobulinlerin emilimini azaltabilir (James vd., 1981; Elizondo-Salazar ve Heinrichs, 2009) ve buzağuları patojenik mikroorganizmalara maruz bırakabilir (Streeter vd., 1995; Godden vd., 2006). Kolostrumla temas eden tüm ekipmanı temizlemek

ve dezenfekte etmek ve sağımdan sonra kolostrumu hızla soğutmak ve kolostrumu uygun şekilde işlemek ve saklamak, bakteriyel çoğalmayı azaltmaya ve besinsel ve biyoaktif bileşenleri korumaya yardımcı olabilir (Renaud vd., 2017; Buczinski vd., 2022). Conte ve Scarantimo (2013), iyi kalitede bir kolostrumun aşağıda belirtilen koşullarda toplanması gerektiğini ifade etmişlerdir.

- Kolostrum, biyoaktif maddelerin kalitesini en üst düzeye çıkarmak ve geniş bir antikor yelpazesi sağlamak için yalnızca iki veya üç kez doğum yapmış ineklerden toplanmalıdır.
- Kolostrum, iltihaptan etkilenen memelerden alınmamalıdır.
- Kolostrum kan, mukus, filament, yabancı maddeler içermemeli ve renk bozulması olmamalıdır. Ayrıca, kolostrum toplandıktan hemen sonra dondurulmalıdır.

KOLOSTRUMUN HAYVAN BESLEMEDEKİ ÖNEMİ

Kolostrumun önemi yaklaşık 100 yıldır anlaşılmasına rağmen, bağışıklık transferinin başarısızlığı süt buzağuları arasında yaygın bir sorundur (Cummins vd., 2016). Neonatal dönemdeki gerek buzağı ölümleri ve gerekse buzağılardaki verim kayıplarına bağlı oluşan ekonomik kayıplar hayvancılık sektöründe önemli yer teşkil etmektedir (Kozat, 2019). İshal ve sığır solunum yolu hastalığı (BRD), süt buzağılarında önde gelen ölüm nedenidir (McCarthy vd., 2023).

Ruminantlar ve tek tırnaklı hayvanlarda immunoglobulinlerin plasenta yoluyla yavruya geçmesi mümkün değildir. Plasenta zarları sınırlı geçirgenliğe sahiptir, böylece zarlardan yalnızca gazlar ve küçük moleküller geçebilir. Ig zarlardan geçemez ve bu nedenle buzağular minimum antikor seviyesiyle doğarlar, dolayısıyla bağışıklık sistemi anneden alınan kolostruma bağlıdır. Yeterli düzeyde Ig içeren kolostrumun hızlı alımı, buzağıya pasif bağışıklık sağlar (Ahmann vd. 2021; Kozat, 2018; Lilius ve Marnila, 2001; Gökçe ve Erdoğan, 2013). Doğumdan sonra kalorisi yoğun kolostrumun hemen tüketilmesi, yenidoğanın ilk 24-48 saatte ayakta durması, emmesi ve ısı üretmesi/soğuğa dayanması için gereken enerjiyi sağlar (Godden, 2008; Graydon vd., 2024).

Kolostrum kimyasal olarak laksatif özelliğe sahiptir, yeni doğmuş buzağının sindirim sisteminde birikmiş olan mekonyumun dışarı atılmasında yardımcıdır. Biyolojik olarak zengin antikorlara sahip olması buzağın hastalık etkenlerine karşı korur. Aynı zamanda besin maddeleri ve Vitamin A bakımından zengin olması buzağının hayata daha güçlü başlamasına yardımcı olur (Alpan ve Aksoy, 2012). Kolostrum genellikle buzağlarda ishal sorunlarına neden olmaz. Buzağı besleme programlarında kolostrumun maksimum kullanımı önerilir (Foley ve Otterby, 1978).

Kolostral IgG transferinin yanı sıra, yaşamın ilk saatlerinde yeterli kolostrum alımı, bir süt ineğinin yaşam boyu performansını kalıcı olarak etkileme potansiyeline sahip olabilir (Faber vd., 2005). Yenidoğan buzağıya kaliteli kolostrumun yetersiz veya uygunsuz şekilde verilmesi, büyüme oranlarının düşmesine, hastalık ve ölüm riskinin artmasına, kesilme riskinin artmasına ve ilk laktasyonunda süt üretiminin azalmasına ve ilk buzağılama yaşının gecikmesine neden olabilir (Smith ve Foster, 2007; Mc Carthy vd., 2023).

Yapılan birçok bilimsel çalışmada yeni doğanlarda yaşamın kritik ilk 24 saatinde uygun kalitede yeterli kolostrumun alınmasının önemi ortaya konulmuştur. Kolostrumun toplam katı bileşimi, tam yağlı sütle (%12 ila 13) karşılaştırıldığında %21 ila %27'dir. İmmünoglobulin alımı, kolostrum alımına ve Ig konsantrasyonuna bağlıdır. Laktasyon sayısı, inek ırkı ve kuru dönemin uzunluğu kolostrumun hacmini ve Ig konsantrasyonunu etkiler (McGuire vd., 1976; Bush ve Staley, 1980; Matte vd., 1982; Muller ve Ellinger, 1981; Pritchett vd., 1991; Tomkins ve Jaster, 1991). Süt sığırlarının kolostrumunda 3 tip Ig bulunur: IgG, IgM ve IgA. Bunlar tipik olarak kolostrumdaki toplam Ig'nin sırasıyla yaklaşık %85-90'ını, %5'ini ve %7'sini oluşturur (Larson vd., 1980; Roy, 1980). IgG'nin 2 izotipi vardır: IgG1 ve IgG2. Bu Ig'ler, buzağının kendi aktif bağışıklığı gelişene kadar buzağıya pasif bağışıklık (inek tarafından sağlanan ve buzağı tarafından sentezlenmeyen bağışıklık) sağlamak için birlikte çalışır. Buzağı tarafından alınan immünoglobulin ince bağırsağın epitel hücreleri tarafından alınır ve lenf boşluklarına ve ardından kan dolaşımına geçer. Bu transfer mekanizması (pasif transfer) doğumdan yaklaşık 12 ila 23 saat sonra azalmaya başlar ve ortalama 24 saatte durur (Stott vd., 1979). Yeterli koruma sağlayan Ig seviyesi bulaşıcı organizmalara, strese, çevreye ve sıcaklığa maruz kalmaya göre değişse de, pasif transferin başarısızlığını

önlemek için buzağuların serumunda yaklaşık 24 saatlik yaşa kadar minimum IgG seviyesi olarak 10 mg/ml'lik bir düzeyde olması önerilmiştir (Bovine Alliance on Management and Nutrition, 1995; Ganchev vd., 2015). Doğumdan hemen sonra (0,5–1 saat) buzağulara kolostrum sağlamak çok önemlidir. Kolostrumun erken verilmesinin gerekliliğinin bir nedeni bileşenlerinin seviyesinin ve besleyici değerinin doğumdan sonra hızla azalmasıdır (Gökçe ve Erdoğan, 2013; Quigley vd., 2002). Kolostrumdan immünoglobulinleri emme yeteneği doğumdan 6 saat sonra 1/3, 12 saat sonra 2/3 azalır ve 24 saat sonra bağırsak bariyeri belirir (Grodzki, 2011). Zanker vd. (2000), doğumdan 12 ila 25 saat sonra kolostrum alan buzağuların doğumdan yaklaşık bir ay sonra plazma β -karoten, retinol ve α -tokoferol konsantrasyonlarının, doğumdan sonraki 7 saat içinde kolostrum alan buzağulara kıyasla daha düşük olduğunu göstermiştir. Kolostrum beslenmesindeki gecikme arttıkça hem IgG emiliminde hem de SIgG (serum IgG) seviyelerinde daha hızlı bir düşüş gerçekleşmekte ve bu düşüşler, özellikle doğumdan 12 saat sonra beslenen buzağularda daha fazladır (Zamuner vd., 2024).

Yenidoğanlara kolostrumun zamanında verilmesi, kolostrumun kalitesi ve miktarı ve bağırsak IgG emiliminin oranı ve miktarının, buzağularda başarılı bir pasif transferi garantilemek için temel bileşenler olduğu bilinmektedir (Godden, 2017). Bu hedeflere ulaşmak için, yeterli miktarda yüksek kaliteli kolostrum elde etmek önemlidir. Oksitosin salınımı, süt ve kolostrum sağımı için ön koşuldur (Wellnitz ve Bruckmaier, 2001). Sutter vd., (2019) yaptıkları çalışmada oksitosin uygulamasının ve sağım esnasında buzağının varlığının, ineklerin kolostrumundaki IgG konsantrasyonunu arttırdığını bildirmişlerdir.

İshal (%56,5) ve zatürre (%22,5), süttten kesimden önceki buzağı kayıplarının çoğundan sorumludur (USDA, 2007). Pasif bağışıklık transferinin başarısızlığı, ölüm oranının (2,12 kat), zatürrenin (1,75 kat), ishalin (1,51 kat) ve genel morbiditenin (1,91 kat) artmasıyla ilişkilendirilmiştir (Raboisson ve ark., 2016). Yüksek kaliteli kolostrumun yönetimi ve beslenmesi buzağı ölüm oranını azaltabilir, bağışıklığı güçlendirebilir ve hayvanın yaşam süresini uzatabilir (Quigley ve Drewry, 1998). Kolostrum alımını geciktirmek pasif Ig transferini azaltır ve yenidoğanlardaki yetersiz rezervleri tamamlayan temel besinlerin sağlanmasını erteler. Buzağular ayrıca yaşamın ilk günlerinde enerji ve kas gelişimi için yağ ve proteine, ayrıca büyüme faktörlerine ve doğum

sonrası annenin ilk lakteal salgılarında yoğunlaşan birçok başka besine ihtiyaç duyarlar (Roy, 1990; Quigley ve Drewry, 1998).

Jaster (2005) tarafından Jersey buzağlarında yapılan bir çalışmada, yüksek kaliteli kolostrum (84,0 mg/ml IgG₁) alan Jersey buzağları, düşük kaliteli kolostrum (31,2 mg/ml IgG₁) alan buzağlardan daha yüksek IgG₁ ve toplam serum protein konsantrasyonlarına sahip olmuştur.

Yenidoğan buzağlarda kolostrumla beslemeden önce kolostruma ısıl işlemi uygulanması süt işletmelerinde bakteriyel kontaminasyonu ve Mycoplasma bovis, Mycobacterium avium ssp. paratuberculosis ve Salmonella spp. gibi enfeksiyöz ajanların süt yoluyla anneden yeni doğan buzağıya potansiyel bulaşmasını kontrol etmek için yönetsel bir yaklaşımdır (Godden vd., 2006). Düşük sıcaklıkta (60°C), uzun süreli (60 dk.) bir ısıtma işlemi kullanmak, kabul edilebilir akışkanlık özelliklerini korumak ve bakterileri başarılı bir şekilde azaltmak veya ortadan kaldırmak için kullanılabilir (Rebelein, 2010; Godden vd., 2019). Bu uygulama ile ısıl işlemin önemli IgG fraksiyonunu koruduğu gösterilmiştir (McMartin vd., 2006), Kolostruma ısı uygulamasının amacı canlı bakterilerin azaltılmasıdır. Mann vd. (2020) yapmış oldukları çalışmada, sığır kolostrumunun ısıl işleme tabi tutulmasının (60^ode 60 dk) canlı bakterileri azaltmada başarılı olduğunu ancak belirli bağışıklık ve büyüme faktörlerinin ve enzimlerin miktarını azalttığını bildirmiştir. Bunlara insülin, IGF-I, IgA, tamamlayıcı proteinler, fibrinojen ve tripsin inhibitörleri dahildir.

Buzağının ihtiyaç duyduğu kolostrum miktarı belirlenirken buzağının canlı ağırlığı dikkate alınmalıdır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda ilk beslemede canlı ağırlığın %10-12'si kadar kolostrumun verilmesi gerektiği rapor edilmiştir. Devam eden günlerde ise canlı ağırlığın %10'unu geçmeyecek şekilde kolostrum veya geçiş sütü iki veya üç öğünde verilmelidir (Gökçe ve Erdoğan, 2013; Chigerwe ve Tyler, 2010). Yenidoğan buzağıya ilk kolostrum verilmesinin üzerinden 12 saat geçmeden tekrar verilmesi Ig seviyelerinde 24-48 saat boyunca artışlar yaşanmasına neden olduğu bildirilmiştir (Gökçe ve Erdoğan, 2013; Quigley vd., 2002). Abuelo vd. (2021), buzağılara doğumdan hemen sonra ilk beslemeden 6 saat sonra ikinci bir kolostrum öğünü verilmesinin, süttten kesimden önce kilo alımında iyileşme ve morbiditede azalma ile sonuçlandığını ve ilk laktasyon süt verimini etkileme eğiliminde olduğunu bildirmiştir. Ortalama 43 kg ağırlığındaki bir Holstein buzağısında

başarılı pasif transfer elde etmek için yetiştiriciler ilk kolostrum beslemesinde en azından 100 g'lık minimum IgG dozuna ulaşması gerekir. Üreticiler bu minimum dozu karşılamak veya aşmak için buzağılara ne kadar kolostrum vermelidir? Bu sorunun cevabı verilen kolostrumdaki IgG konsantrasyonuna bağlıdır. Örneğin, kolostrumun 50 g/l IgG içerdiği biliniyorsa, buzağının 100 g'dan fazla IgG'yi almak için 1,89 l kolostrum verilmesi gerekir. Ancak kolostrum yalnızca 25 g/l IgG içeriyorsa, 3,78 l kolostrum verilmesi gerekir. Yetiştiriciler genellikle buzağıya verdikleri kolostrumdaki IgG konsantrasyonunu bilmediklerinden, buzağılara ilk beslemede vücut ağırlıklarının %10 ila %12'si kadar kolostrum verilmesi önerilmektedir (43 kg'lık bir buzağı için 3,78 l) (Davis ve Dracley, 1998; Godden, 2008).

Koyun yetiştiriciliğinde kuzu ölümlerinin çoğu doğumdan sonraki ilk gün meydana gelir ve (Nowak vd., 2000; Nowak ve Poindron, 2006), doğum travması, hipotermi, açlık ve bulaşıcı hastalıklar (Dwyer vd., 2015) başlıca nedenleridir. Bu kaybın çoğu önlenemez ve doğumdan sonraki ilk 24 saatte yeterli miktarda kaliteli kolostrumun bulunmamasından kaynaklanır (Mellor ve Murray, 1985; Dwyer vd., 2015). Kapalı alanda doğan bir kuzunun yaşamının ilk 18 saati boyunca doğum ağırlığının kilogramı başına kolostrum gereksinimi 150 ila 210 ml arasında değişmektedir (Mellor ve Murray, 1986; Crosby vd., 2004; Champion vd., 2019).

Kolostrumun uygun zamanda ve yeterince verilmesi yenidoğanların yaşamlarının ilk haftalarında performanslarını ve bağışıklık durumlarını iyileştirebilir, pasif bağışıklık transferi yetmezliğinin sıklığını ve antibiyotik kullanımını azaltabilir, bu da hayvan refahı ve üreticilerin ekonomik faydası üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. Kolostrum yönetimi ve kalitesi konusunda iyileştirmeler yapılması, pasif transferi artırmak ve buzağı hastalık ve ölüm oranını azaltmak, sürü büyüklüğünü korumak için üreticiler kolostrumun depolanması ve yenidoğanların zamanında beslenmesiyle ilgili konularda eğitilmelidir (Kehoe vd., 2007).

KOLOSTRUM SAKLAMA YÖNTEMLERİ

Kolostrumu saklamanın amacı; kolostrumun kalitesinin düşük olması, akut mastitis, kolostrum miktarının yetersiz olması, çeşitli sebeplerden anne kaybında veya *Mycobacterium avium* subsp *paratuberculosis* ve *Mycoplasma*

bovis ile enfekte olmuş ineklerden alınan kolostrumun kullanılmadan atılması durumunda buzağıya kaliteli kolostrumun sağlanmasıdır (Denholm, 2022). Fazla kolostrumu depolamak ekonomik bir alternatiftir (Schogor vd. 2020). Kolostrumu saklama yöntemleri arasında soğutma, dondurma, fermentasyon, kimyasal katkı maddeleri, pastörizasyon ve liyofilizasyon gibi yöntemler yer almaktadır (Schogor vd., 2020; Denholm, 2022).

Kolostrum, depolama koşulları ve süresinden önemli ölçüde etkilenir. Sağımdan sonraki ilk 6 saat kritiktir, çünkü toplam bakteri sayısında büyük bir artış meydana gelir. Bakteriyel büyüme oranı daha yüksek depolama sıcaklıklarında daha fazladır ve bu nedenle kolostrum, bakteriyel büyümeyi en aza indirmek için toplandıktan hemen sonra soğutulmalıdır (Cummins vd., 2016). Stewart vd. (2005) kolostrumdaki bakteri sayısının inekten sağım sırasında genellikle düşük olduğunu, ancak kovalara veya saklama kaplarına aktarmanın kolostrumun genellikle bakterilerle kirlendiği adımlar olduğunu bildirmişlerdir. Kolostrumun buzdolabında 48 saatten fazla tutulmaması gerekir çünkü bazı bakteriler soğuk koşullarda bile çoğalabilir. Bu teknik yalnızca kısa süreli bir depolama alternatifi olarak önerilir (Stewart vd., 2005). Sağımdan sonra kolostrum, 2–4 °C sıcaklıkta 2–3 gün saklanabilir. Cummins vd. (2017), daha sıcak koşullarda saklanan kolostrumun >42 kat daha fazla bakteri içerdiğini; pastörize edilmiş, işlenmemiş veya 2 gün boyunca 4 °C'de saklanan kolostruma kıyasla 2 kat daha az serum Ig ile sonuçlandığını bildirmiştir.

Kolostrum hemen kullanılmayacaksa, toplandıktan sonra 1 saat içinde dondurulmalı veya buzdolabına kaldırılmalıdır. Kolostrumu dondurmak onu korumak için en iyi yoldur. Genellikle, birden fazla dondurma-çözme döngüsü gerçekleşmediği takdirde kolostrumun 1 yıla kadar dondurulabilir (Godden, 2008; Foley ve Otterby, 1978; Davis ve Drackley, 1998; Lopez ve Heinrichs, 2020). Dondurma yönteminde, saklama sırasında neredeyse hiç besin kaybına neden olmaz ancak ihtiyaç duyulan miktarın günlük olarak çözülmesini gerektirir. Kolostrum, tek tek buzağuların günlük beslenmesi için gereken miktarlarda plastik kaplarda rahatlıkla dondurulabilir (Foley ve Otterby, 1978). Dondurulmuş kolostrumu çözerken, kolostrumu aşırı ısıtmaktan kaçınılmalıdır (60 °C veya 140 F sıcaklıklardan kaçınmalı) aksi takdirde kolostral Ig'de denatürasyon meydana gelebilir. Bu süre zarfında yenidoğanlar için gerekli

değilse, o zaman 2-3 haftalık buzağılarda süte ek olarak veya sütün yerine besleme için kullanılabilir (Godden, 2008).

Kimyasal katkı maddelerinden (asetik, formik, propiyonik, benzoik ve laktik asitler) ve fermantasyon için bakteri kültürlerinden (*Streptococcus lactis*, *Streptococcus termophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*) yararlanılarak saklanan kolostrum, birkaç gün boyunca oda sıcaklığında saklanabilir. Ancak kolostrumun bakterilerle asitleştirilmesi, laktozun parçalanması nedeniyle sindirilebilirliğini azaltmaktadır. Ayrıca asitlendirilmiş bir kolostrumun tüm elementlerinin emilebilirliğinin taze olana göre daha az olduğu da göz önünde bulundurulmalıdır (Puppel vd., 2019). Tablo 5'te kolostrum saklama yöntemlerinin avantajları ve dezavantajları yer almaktadır.

Tablo 5: Kolostrum saklama yöntemlerinin avantajları ve dezavantajları (Denholm, 2022).

Saklama Yöntemi		Avantajları	Dezavantajları
Kimyasal katkı maddeleri	Sitrik asit	<i>Mycoplasma sp.</i> 'ye karşı etkili	Tüm bakterilere karşı yeterli etkinlik sağlamaz.
	Propiyonik asit	-	Güvenlik endişeleri nedeniyle kullanımı yaygın değildir. Keskin ve bayat kokusu lezzeti etkiler. Çoğu metal için aşındırıcıdır. Çok tahriş edicidir. IgG konsantrasyonunu korumaz.
	Formik asit	<i>Mycobacterium avium paratuberculosis</i> 'e karşı etkilidir.	Güvenlik endişesinin yanı sıra çok tahriş edicidir. IgG emilimini ve buzağı büyümesini etkileyebilir. Lezzeti düşüktür.
	Potasyum sorbate	Kullanımı yaygındır. Küf ve maya büyümesini asitlerden daha etkili bir şekilde engeller.	Bakteriyel büyümeyi sınırlar, ancak yok etmez. <i>Mycoplasma sp.</i> 'ye karşı etkisizdir.

	Sodyum benzoat	Sürekli düşük pH korunur.	Kullanımı yaygın değildir. Kolostrumun besin bileşimini değiştirir.
Soğutma	Derin dondurucuda saklama	Kullanımı yaygındır. 1 yıla kadar saklanabilir. IgG konsantrasyonu korunur.	-20 C ⁰ 'de tutulması için takip edilmesi gerekir.
	Buzdolabında saklama	Kullanımı yaygındır. Kısa süreli depolama için uygundur.	Sıcaklığın 4 ⁰ 'de tutulması için takip edilmesi gerekir.
Bakteriyel kültürler	Lactobacillus ve yoğurt kültürleri	Güvenli ve kolayca temin edilebilir.	Kullanımı yaygın değildir. Her bakteri türüne etkili değildir.
Fermentasyon	Aerobik	Düşük sıcaklıklarda kısa süreli depolama için uygundur.	Yüksek sıcaklıklarda çürük ve küf kokusu. Yüksek bakteri sayısı.
	Anaerobik	Çoğu besin maddesi korunur. Patojenik bakterileri azaltmada ve IgG konsantrasyonunu korumada etkilidir. Aerobik fermentasyondan daha uzun süreli depolanabilir.	Laktöz parçalanması
Modern teknolojiler	UV ışık	-	Pratik değildir. IgG moleküllerine zarar verebilir. Bakteri türlerine karşı etkisizdir.
	Liyofilizasyon	-	Hızlı bozulma. Buzağıda IgG emilimi zayıftır.
	Sprey kurutma	-	IgG moleküllerini yok edebilir.
	Yüksek basınçta işleme	Dehidrasyon yöntemlerine göre IgG'nin daha iyi korunur.	Kesin sonuçlar için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

Fermentasyon veya kimyasal işlem yoluyla saklama, fiziksel özelliklerde değişikliklere, kaçınılmaz besin kayıplarına neden olur, ancak kullanışlı ve

ekonomiktir. Sıcak ortamlarda saklama için kimyasal koruyucular önerilir. Sıcak ortamlarda saklama sırasında, asitlik arttıkça pH düşer ve kolostrumun toplam katı, protein, yağ ve laktoz içeriği azalır. Toplam mikrobiyal sayılar, fermentasyonun başlamasıyla hızla artar, ardından sabitlenir veya azalır. Küf ve maya sayıları depolama boyunca artmaya devam eder. Bazı kimyasal katkı maddeler koliform büyümesini durdurmada veya küf ve maya büyümesini sınırlamada etkilidir (Foley ve Otterby, 1978).

Kolostrumun fermente edilmesi sırasında, aşağıdakiler önerilmektedir:

a) Gereksiz patojenik kontaminasyonu önlemek için kolostrum hijyenik bir şekilde işlenmelidir (Foley ve Otterby, 1978).

b) Fermente edilmiş ve kimyasal olarak işlenmiş kolostrum, kapaklı plastik kaplarda saklanmalıdır. Metal kapların korozyonu, fermentasyon sırasında asit ilavesi veya asit üretimi sonrasında meydana gelir.

c) Aşırı kanlı kolostrum fermente edilmemelidir (Kaiser, 1977).

d) Depolanmış kolostrumun günlük olarak karıştırılması, katıların ayrılmasını önler. Kolostrum buzağıya verilmeden hemen önce karıştırılırsa buzağılar için homojen bir besin sağlanmış olur.

e) Kolostrum, depolama boyunca besin içeriği azalmaya devam ettiği için toplandıktan sonraki birkaç hafta içinde verilmelidir. Fermente kolostrum, depolamadan 84 ila 100 gün sonra başarıyla kullanılmıştır (Swannack, 1972; Foley ve Otterby, 1978).

KOLOSTRUM İKAME BESİNLERİ (CR)

Kolostrum eşdeğeri besin maddeleri, yeterli kolostrum bulunmadığında veya pastörize edilmemiş kolostrum yoluyla bulaşabilecek hastalıkların bulaşmasını önlemek için kullanılır. Neonatal dönemdeki buzağılarda pasif immunitenin sağlanması ya kolostral immunoglobulinlerin alınması ya da kolostrum eşdeğerleri ile sağlanabilir. Maternal kolostrum (MC) alınmadığı durumlarda ticari olarak temin edilebilen kolostrum ikame besinleri (CR) pastörize edilmemiş kolostrum yoluyla bulaşabilen hastalıkların bulaşmasını önlemek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Murphy vd., 2014; Lago vd., 2018; Kozat, 2019).

Hayvan yetiştiriciliğinde erken süttan kesme tekniklerinin yaygın olarak benimsenmesi, hayvan yetiştiricileri arasında CR'nin yaygın olarak

kullanılmasına yol açmıştır. CR, maternal kolostrumun yerini almak üzere tasarlanmıştır ve tipik olarak kolostrum veya plazmadan elde edilen sığır immüoglobulinlerini içerir (Swan vd. 2007). CR'nin kullanımı, kolostrumda patojenik ajanların potansiyel varlığına ilişkin endişelerden ortaya çıkmıştır (Godden vd., 2009). Bazı üreticiler, ineklerin mastitis veya *Mycobacterium avium* ssp. *paratuberculosis* gibi süt patojenleri gibi hastalıklara sahip olduğu dönemlerde buzağılarına yeterli maternal kolostrum sağlayamadıklarında kolostrum ikame ürünleri (CR) kullanırlar (Pithua vd., 2009). Kolostrum ikame ürünlerinin kullanımı, patojen maruziyetini azaltır çünkü kolostrum ikame ürünleri maternal kolostrumdan daha düşük bakteri popülasyonuna sahiptir (McGuirk ve Collins, 2004; Foster vd., 2006). Genel olarak, bir çiftlikte kolostrum bulunmadığında, kolay saklanması ve hazırlanmasının kolay olması nedeniyle kolostrum ikame ürünleri bir alternatif olabilir (Priestley vd., 2013), ancak yüksek kaliteli bir kolostrumun yerini almamalıdır (Cabral vd., 2013). Yüksek kaliteli kolostrum besleme için mevcut olmadığında, kolostrum ikame ürünleri alternatif bir besin olabilir. Ancak, bu alternatif ürünler yalnızca doz başına en az 100 g IgG içeriyorsa ikame olarak kabul edilebilir (Lopez ve Heinrichs, 2020). Endüstriyel olarak üretilen yüksek kaliteli bir kolostrumun; IgG konsantrasyonunun 50 mg/ml'den daha yüksek, total bakteri sayısının 100,000 cfu/ml'den ve koliform sayısının 10.000 cfu/ml'den daha düşük oranda olması gerektiği bildirilmiştir (Lago vd., 2018; Morrill vd., 2012b).

Yapılan bir çalışmada CR'nin uygulanmasıyla *Mycobacterium avium* ssp. *paratuberculosis* enfeksiyonunda yaklaşık %50'lik bir azalma olduğunu göstermiştir (Pithua vd., 2009). Swan vd., (2007), CR ile beslenen buzağılarda pasif transferin, immüoglobulinlerin yetersiz emilimi nedeniyle başarısız olduğunu (Swan vd., 2007; Urakawa vd., 2024), dolayısıyla süt buzağıları arasında morbidite ve mortalitenin yüksek olduğunu bildirmiştir (Windeyer vd., 2014). Urakawa vd., (2024) yaptıkları çalışmada maternal kolostrumla beslenen 1 aylık buzağılarda daha düşük hastalık insidansı ve CR grubuna kıyasla daha yüksek karkas ağırlığı gözlemlendi. Bu durum maternal kolostrumun çeşitli immünokompetan hücrelerin popülasyonlarını artırdığı, bu da enfeksiyon oranlarını azaltabileceği ve vücut ağırlığı kazanımını iyileştirebilmesi ile açıklanmıştır.

Kolostrum İkame Ürünlerinin; uygun şekilde paketlenmiş ve kullanıma hazır olması, 2 litre suda karışım kolaylığı, bakteriyel kontaminasyon veya

bulaşıcı hastalık transferinin olmaması, yeterli immunoglobulin seviyeleri elde edilebilmesi, buzağı sağlığı tehlikeye girmemesi gibi avantajlara sahip olmasının yanı sıra immünglobulin düzeylerinin maternal kolostrumdan daha düşük olması, ürüne besin takviyesi eklenmiş olmasına rağmen, kolostrum kadar besleyici olmaması, spesifik olmayan bağışıklık faktörleri ve bağışıklık hücrelerinin mevcut olmaması, yüksek karbonhidrat içeriğinden dolayı özellikle kolostrum ile karıştırıldığında hızlı mide boşalmasına neden olması, bu durumun enterotoksemi riskini artırabileceği (Kozat, 2019), buzağuların emzirilmesi için ek çabalar gerektirmesi, ek maliyetleri beraberinde getirmesi (Swan vd. 2007) gibi dezavantajları da bulunmaktadır. CR, tutarlı bileşim ve kalite açısından avantajlara sahip olsa da, buzağuların refahı üzerindeki etkisi değişkendir (Jones vd., 2004; Foster vd., 2006).

KAYNAKÇA

- Abuelo, A., Cullens, F., Hanes, A. and Brester J. L. (2021). Impact of 2 versus 1 colostrum meals on failure of transfer of passive immunity, pre-weaning morbidity and mortality, and performance of dairy calves in a large dairy herd. *Animals (Basel)*, 11:782. <https://doi.org/10.3390/ani11030782>.
- Ahmann, J., Steinhoff-Wagner, J. and Büscher, W. (2021). Determining immunoglobulin content of bovine colostrum and factors affecting the outcome: A Review. *Animals*, 11, 3587. <https://doi.org/10.3390/ani11123587>.
- Alpan, O., ve Aksoy, A. R. Sığır Yetiştiriciliği ve Besiciliği kitabı. 6. Basım ISBN: 975-95445-0-4.
- Al-Sabbagh, T. (2009). Colostral immunoglobulin as affected by nutritional status in border Leicester merino ewes deliver at Kuwait. *Global Vet.* 3, 281–285.
- Baumrucker, C. R., Burkett, A. M., Magliaro-Macrina, A. L. and Dechow, C. D. (2010). Colostrogenesis: Mass transfer of immunoglobulin G1 into colostrum. *J. Dairy Sci.* 93:3031–3038.
- Baumrucker, C. R. and Bruckmaier, R. M. (2014). Colostrogenesis: IgG1 transcytosis mechanisms. *J. Mammary Gland Biol. Neoplasia* 19:103–117. <https://doi.org/10.1007/s10911-013-9313-5>.
- Bernabucci U., Basiricò L. and Morera P. (2012). Impact of hot environment on colostrum and milk composition. *Cell. Mol. Biol.* 58 (1): 9-25. DOI: 10.1170/T914.
- Berry, D. P., Buckley, R., Dillon, P., Evans, R. D. and Veerkamp, R. R. (2004). Genetic relationships among linear type traits, milk yield, body weight, fertility and somatic cell count in primiparous dairy cows. *Ir. J. Agric. Food Res.*, 43:161–176.
- Blum, J. and Hammon, H. (2000). Colostrum effects on the gastrointestinal tract, and on nutritional, endocrine and metabolic parameters in neonatal calves. *Livest. Prod. Sci.*, 66:151–159. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(00\)00222-0](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00222-0).
- Borchardt, S., Sutter, F., Heuwieser, W. and Venjakob, P. (2021). Management-related factors in dry cows and their associations with

- colostrum quantity and quality on a large commercial dairy farm. *J. Dairy Sci.* 105:1589–1602. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20671>
- Bovine Alliance on Management and Nutrition. 1995. A guide to colostrum and colostrum management for dairy calves. American Feed Industry Association, Arlington, VA.
- Brandon, M. R., Watson, D. L. and Lascelles, A. K. (1971). The mechanism of transfer of immunoglobulin into mammary secretion of cows. *Immunol. Cell Biol.* 49:613–623. <https://doi.org/10.1038/icb.1971.67>.
- Buczinski, S., Morin, M. P., Roy, J. P. Rousseau, M., Villettaz- Robichaud, M. and Dubuc, J. (2022). Use of ATP luminometry to assess the cleanliness of equipment used to collect and feed colostrum on dairy farms. *J. Dairy Sci.* 105:1638–1648. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21023>.
- Bush, L. J. and Staley, T. E. (1980). Absorption of colostral immunoglobulins in newborn calves. *J. Dairy Sci.* 63:672–680.
- Cabral, R. G., Chapman, C. E. and Erickson, P. S. (2013). Review: Colostrum supplements and replacers for dairy calves. *Anim. Sci.* 29:449–456. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30265-5](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30265-5).
- Cabral, R. G. Chapman, C. E., Aragona, K. M., Clark, E., Lunak, M. and Erickson P. S. (2016). Predicting colostrum quality from performance in the previous lactation and environmental changes. *J. Dairy Sci.* 99:4048–4055. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-9868>.
- Campion, F. P., Crosby, T. F., Creighton, P., Fahey, A. G., Boland, T. M. (2019). An investigation into the factors associated with ewe colostrum production. *Small Ruminant Research*, 178:55–62. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.07.006>.
- Cheng, W. N., and Han, S. G. (2020). Bovine mastitis: Risk factors, therapeutic strategies, and alternative treatmentsdA review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 33(11), 1699.
- Chigerwe, M., Tyler, J. W. (2010). Serum IgG concentrations after intravenous serum transfusion in a randomized clinical trial in dairy calves with inadequate transfer of colostral immunoglobulins. *J Vet Intern Med*, 24, 231-234.

- Christiansen, S., Guo, M., Kjelden, D. (2010). Chemical composition and nutrient profile of low molecular weight fraction of bovine colostrum. *Int. Dairy J.* 20, 630–636.
- Collier, R. J., Annen-Dawson, E. L. and Pezeshki, A. (2012). Effects of continuous lactation and short dry periods on mammary function and animal health. *Animal*, 6:403–414. <https://doi.org/10.1017/S1751731111002461>.
- Conneely, M., Berry, D. P., Sayers, R., Murphy, J. P., Lorenz, I., Doherty, M. L. and Kennedy, E. (2013). Factors associated with the concentration of immunoglobulin G in the colostrum of dairy cows. *Animal*, 1824–1832. <https://doi.org/10.1017/S1751731113001444>.
- Conneely, M., Berry, D. P., Murphy, J. P., Lorenz, I., Doherty, M. L. and Kennedy, E. (2014). Effect of feeding colostrum at different volumes and subsequent number of transition milk feeds on the serum immunoglobulin G concentration and health status of dairy calves. *J. Dairy Sci.* 97:6991–7000. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7494>.
- Conte, F. and Scarantino, S. A. (2013). Study on the quality of bovine colostrum: physical, chemical and safety assessment. *International Food Research Journal*, 20: 2: 925-931.
- Crosby, T., Boland, T., Brophy, P., Quinn, P., Callan, J., Joyce, D. (2004). Effects of offering mineral blocks to ewes pre-mating and in late pregnancy on block intake, pregnant ewe performance and immunoglobulin status of the progeny. *Anim. Sci.*
- Csapo, J., Csapo-Kiss, Z., Martin, T. G., Szentpeteri, J. and Wolf, G. (1994). Composition of colostrum from goats, ewes and cows producing twins. *Int. Dairy J.* 4: 445–458.
- Cummins, M. J., Papas, A., Kammer, G. M., Fox, P. C. (2003). Treatment of primary Sjogren's syndrome with low-dose human interferon alfa administered by the oromucosal route: Combined phase III results. *Arthritis Care Res.* 49, 585–593.
- Cummins, C., Lorenz, I. and Kennedy, E. (2016). *Short communication*: The effect of storage conditions over time on bovine colostrum immunoglobulin G concentration, bacteria, and pH. *J. Dairy Sci.* 99: 4857–4863. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-10276>.

- Cummins, C., Berry, D., Murphy, J., Lorenz, I., Kennedy, E. (2017). The effect of colostrum storage conditions on dairy heifer calf serum immunoglobulin G concentration and preweaning health and growth rate. *J. Dairy Sci*, 100, 525–535.
- Devery-Pocius, J. E. and Larson, B. L. (1983). Age and previous lactations as factors in the amount of bovine colostrum immunoglobulins. *J. Dairy Sci*. 66: 221–226.
- Davis, C. L., Drackley, J. K. (1998). In: The development, nutrition, and management of the young calf. 1st edition. Ames (IA): *Iowa State University Press*, p. 179–206.
- Denholm, K. (2022). A review of bovine colostrum preservation techniques. *Journal of Dairy Research*, 89, 345–354. <https://doi.org/10.1017/S0022029922000711>.
- Dwyer, C., Conington, J., Corbiere, F., Holmoy, I., Muri, K., Nowak, R., Rooke, J., Vipond, J., Gautier, J. M. (2015). Invited review: improving neonatal survival in small ruminants: science into practice. *Animal*, 1–11.
- El-Fattah, A. M. A., Rabo, F. H. A., El-Dieb, S. M., El-Kashef, H. A. (2012). Changes in composition of colostrum of Egyptian buffaloes and Holstein cows. *BMC Vet. Res.*, 8, 19.
- Elizondo-Salazar, J. A., and Heinrichs, A. J. (2009). Feeding heat-treated colostrum or unheated colostrum with two different bacterial concentrations to neonatal dairy calves. *J. Dairy Sci*. 92: 4565–4571. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2188>.
- Faber, S. N., Faber, N. E., Mccauley, T. C. and Ax. R. L. (2005). Case study: Effects of colostrum ingestion on lactational performance. *Prof. Anim. Sci*. 21: 420–425. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)31240-7](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)31240-7).
- Fahey, M. J., A. Fischer, M. Steele, and S. Greenwood. 2020. Characterization of the colostrum and transition milk proteomes from primiparous and multiparous Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci*. 103:1993–2005. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17094>.
- Farahani, T. A., Amanlou, H., Kazemi-Bonchenari, M. (2017). Effects of shortening the close-up period length coupled with increased supply of

- metabolizable protein on performance and metabolic status of multiparous Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 100, 6199–6217.
- Farrell, H. M., Jr., Jimenez-Flores, R., Bleck, G., Brown, E., Butler, J., Creamer, L., Hicks, C., Hollar, C., Ng-Kwai-Hang, K., Swaisgood, H. (2004). Nomenclature of the proteins of cows' milk—Sixth revision. *J. Dairy Sci.*, 87, 1641–1674.
- Foley, J. and Otterby, D. (1978). Availability, storage, treatment, composition, and feeding value of surplus colostrum: A review. *J. Dairy Sci.* 61: 1033–1060. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(78\)83686-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(78)83686-8).
- Foster, D. M., Smith, G. W., Sanner, T. R. and Busso, G. V. (2006). Serum IgG and total protein concentrations in dairy calves fed two colostrum replacement products. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 229:1282–1285. <https://doi.org/10.2460/javma.229.8.1282>.
- Ganchev, G., Yavuz, E., Todorov, N. (2015). Effect of feeding program for first two months after birth of female calves on growth, development and first lactation performance. *Agric. Sci. Technol.* 7, 389–401.
- García-Martínez, J., Perez-Castillo, I. M., Salto, R., Lopez-Pedrosa, J. M., Rueda, R. And Giron, M. D. (2022). Beneficial effects of bovine milk exosomes in metabolic interorgan cross-talk. *Nutrients*, 14(7), 1442.
- Gelsinger, S. L., Jones, C. M. and Heinrichs, A. J. (2015). Effect of colostrum heat treatment and bacterial population on immunoglobulin G absorption and health of neonatal calves. *J. Dairy Sci.* 98: 4640–4645. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8790>.
- Georgiev, I. P. (2008). Differences in chemical composition between cow colostrums and milk. *Bulg. J. Vet. Med.* 11: 3–12.
- Godden, S., McMartin, S., Feirtag, J., Stabel, J., Bey, R., Goyal, S., Metzger, L., Fetrow, J., Wells, S. and Chester-Jones, H. (2006). Heat-treatment of bovine colostrum. II: Effects of heating duration on pathogen viability and immunoglobulin G. *J. Dairy Sci.* 89: 3476–3483. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72386-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72386-4).
- Godden, S. (2008). Colostrum management for dairy calves. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 24: 19–39. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2007.10.005>

- Godden, S. M., Haines, D. M., Hagman, D. (2009). Improving passive transfer of immunoglobulins in calves. I: Dose effect of feeding a commercial colostrum replacer. *J. Dairy Sci.* 92, 1750–1757.
- Godden, S. (2017). Management of the newborn calf in Large Dairy Herd Management. 3rd ed. D. K. Beede, ed. American Dairy Science Association, Champaign, IL. Pages 399–408.
- Godden, S. M., Lombard, J. E. and Woolums, A. R. (2019). Colostrum management for dairy calves. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 35: 535–556. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2019.07.005>.
- Gökçe E., Erdoğan H. M. (2013). Neonatal buzağılarda kolostral immunoglobulinlerin pasif transferi. *Türkiye Klinikleri J Vet Sci*, 4, 18-46.
- Graydon, O., Jansen, J., Fischer, A., Lawson, K., Paibomesai, M., Steele, M., and Bauman, C. (2024). Cross-sectional study investigating the components and quality of colostrum and colostrum replacement products fed to Ontario dairy goat kids. *J. Dairy Sci. TBC*. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-25071>.
- Grodzki, H. (2011). *Odchów Cieląt i Jałówek Hodowlanych*; Wydawnictwo SGGW: Warszawa, Poland.
- Grusenmeyer, D. J., Ryan, C. M., Galton, D. M. and Overton, T. R.. (2006). Shortening the dry period from 60 to 40 days does not affect colostrum quality but decreases colostrum yield by Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 89(Suppl. 1):336.
- Gulliksen, S. M., Lie, K. I., Solverod, L. and Osteras, O. (2008). Risk factors associated with colostrum quality in Norwegian dairy cows. *J. Dairy Sci.* 91: 704–712.
- Guy, M. A., McFadden, T. B., Cockrell, D. C. and Besser T. E. (1994). Regulation of colostrum formation in beef and dairy cows. *J. Dairy Sci.* 77: 3002–3007. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77241-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77241-6).
- Habing, G., Harris, K., Schuenemann, G. M., Pineiro, J. M., Lakritz, J., Clavijo, X. A. (2017). Lactoferrin reduces mortality in preweaned calves with diarrhea. *J. Dairy Sci.* 100, 3940–3948.
- Hammon, H. M., Zanker, I. A. and Blum, J. W. (2000). Delayed colostrum feeding affects IGF-I and insulin plasma concentrations in neonatal

- calves. *J. Dairy Sci.* 83: 85–92. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)74859-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74859-4).
- Hammon, H. M., Steinhoff-Wagner, J., Flor, U., Schonhusen, and Metges, C. C. (2013). Lactation Biology Symposium: Role of colostrum and colostrum components on glucose metabolism in neonatal calves. *J. Anim. Sci.* 91: 685–695. <https://doi.org/1.2527/jas.2012-5758>.
- Heinrichs, A. J. and Heinrichs B. S. (2011). A prospective study of calf factors affecting first-lactation and lifetime milk production and age of cows when removed from the herd. *J. Dairy Sci.* 94: 336–341. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3170>.
- Hese, V., Goossens, K., Vandaele, L., Ampe, B., Haegeman, A., Opsomer, G. (2023). The effect of maternal supply of rumen-protected protein to Holstein Friesian cows during the dry period on the transfer of passive immunity and colostral microbial composition. *Journal of Dairy Science*, 106, 8723–8745.
- Hodgins, D. C. and Shewen, P. E. (1996). Preparturient vaccination to enhance passive immunity to the capsular polysaccharide of *Pasteurella haemolytica* A1. *Vet Immunol Immunopathol*, 50: 67–77.
- Houser, B. A., Donaldson, S. C., Kehoe, S. I., Heinrichs, A. J. and Jayarao, B. M. (2008). A Survey of Bacteriological Quality and the Occurrence of *Salmonella* in Raw Bovine Colostrum. *Foodborne Pathogens and Disease*, 5(6): 853-858.
- James, R. E., Polan, C. and Cummins, K. (1981). Influence of administered indigenous microorganisms on uptake of [iodine-125] γ -globulin in vivo by intestinal segments of neonatal calves. *J. Dairy Sci.* 64: 52–61. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(81\)82528-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(81)82528-3).
- Jaster, E. H. (2005). Evaluation of Quality, Quantity, and Timing of Colostrum Feeding on Immunoglobulin G1 Absorption in Jersey Calves. *J. Dairy Sci.* 88: 296–302.
- Johnsen, J. F., Sørby, J., Mejdell, C.M., Sogstad, A. M., Nødtvedt, A., Holmøy, I.H. (2019). Indirect quantification of IgG using a digital refractometer, and factors associated with colostrum quality in Norwegian Red Cattle. *Acta Vet Scand* 61, 59. <https://doi.org/10.1186/s13028-019-0494-9>

- Jones, C. M., James, R. E., Quigley, J. D. and McGilliard, M. L. (2004). Influence of pooled colostrum or colostrum replacement on IgG and evaluation of animal plasma in milk replacer. *J. Dairy Sci.* 87: 1806–1814. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73337-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73337-8).
- Kaiser, L G. (1977). The use of colostrum preserved with formalin for rearing calves. *Aust. J.Exp. Agr. Ankn, Husb.* 17-21.
- Karl, M. and Staufenbiel, R.. (2016). Investigation of influence factors on quantity of first colostrum in Holstein Friesian cows and their relation to postpartum calcium concentration. *Tierarztl. Prax. Ausg G*, 44: 345–354. <https://doi.org/10.15653/TPG-150855>.
- Kehoe, S. I., Jayarao, B. M. and Heinrichs, A. J. (2007). A Survey of Bovine Colostrum Composition and Colostrum Management Practices on Pennsylvania Dairy Farms. *J. Dairy Sci.* 90: 4108–4116. doi:10.3168/jds.2007-0040.
- Khan, T. S., Akram, N., Faisal, Z., Saeed, F., Rasheed, A., Ahmed, F., Afzaal, M. (2024). Bovine colostrum: Therapeutic potential and clinical evidence. *International Dairy Journal.* 157; 105996.
- Kozat, S. (2019). Yenidoğan Buzağlarda Kolostrum Yönetiminin Önemi 14(3): 343-353 10.17094/ataunivbd.541789. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ataunivbd>.
- Kuczaj, M., Pre's, J., Bodarski, R., Kinal, S., Mordak, R., Orda, J., Twardo'n, J. Zachwieja, A. (2014). Wybrane elementy 'zywienia a problemy zdrowotne krów mlecznych. Wrocław; *MedPharm Polska*: Wrocław, Poland, pp. 88–92, ISBN 978-83-7846-054-1.
- Lago, A., Socha M., Geiger, A., Cook, D., Silva-delRio, N., Blanc, C., Leonardi, C. (2018). Efficacy of colostrum replacer versus maternal colostrum on immunological status, health, and growth of preweaned dairy calves. *J Dairy Sci*, 101, 13441354.
- Larson, B. L., Heary, H. L., Devery, J. E. (1980). Immunoglobulin production and transport by the mammary gland. *J Dairy Sci*, 63: 665–71.
- Lilius, E. M., Marnila, P. (2001). The role of colostral antibodies in prevention of microbial infections. *Curr Opin Infect Dis*, 14, 295-300.

- Lopez, A. J. and Heinrichs, A. J. (2020). *Invited review: The importance of colostrum in the newborn dairy calf. J. Dairy Sci.* 105:2733–2749. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-20114>
- Mann, S., Curone, G., Chandler, T. L., Moroni, P., Cha, J., Bhawal, R. and Zhang, S. (2020). Heat treatment of bovine colostrum: I. Effects on bacterial and somatic cell counts, immunoglobulin, insulin, and IGF-I concentrations, as well as the colostrum proteome. *J. Dairy Sci.* 103:9368–9383. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18618>.
- Mann, S., Rupert, M., Bruckmaier, Spellman, M. Frederick, G., Somula, H. and Wieland, M. (2024). Effect of oxytocin use during colostrum harvest and the association of cow characteristics with colostrum yield and immunoglobulin G concentration in Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 107: 7469–7481. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-24909>.
- Matte, J. J., Girard, C. L., Seoane, J. R. and Brisson G. J. (1982). Absorption of colostrum immunoglobulin G in the newborn calf. *J. Dairy Sci.* 65: 1765–1770.
- Mayasari, N., De Vries Reilingh, G. M., Nieuwland, G. B., Rummelink, G. J., Parmentier, H. K., Kemp, B. and van Knegsel. A. T. M. (2015). Effect of maternal dry period length on colostrum immunoglobulin content and on natural and specific antibody titers in calves. *J. Dairy Sci.* 98:3969–3979. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8753>.
- McCarthy, H. R., Cantor, M. C., Lopez, A. J., Pineda, A., Nagorske, M., Renaud, D. L. and Steele, M. A. (2023). Effects of supplementing colostrum beyond the first day of life on growth and health parameters of preweaning Holstein heifers. *J. Dairy Sci.* 107:3280–3291. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23649>.
- McGuire, J. C., Pfeiffer, N. E., Weilke, J. M. and Bartsch, R. C. (1976). Failure of colostrum immunoglobulin transfer in calves dying from infectious disease. *JAVMA*, 169: 713–718.
- McGuirk, S. M. and Collins, M. (2004). Managing the production, storage, and delivery of colostrum. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 20: 593–603.
- McMartin, S., Godden, S., Metzger, L., Feirtag, J., Bey, R., Stabel, J., Goyal, S., Fetrow, J., Wells, S. and Chester-Jones H. (2006). Heat treatment of bovine colostrum. I: Effects of temperature on viscosity and

- immunoglobulin G level. *J. Dairy Sci.* 89: 2110–2118. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72281-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72281-0).
- Mellor, D., Murray, L. (1985). Effects of maternal nutrition on udder development during late pregnancy and on colostrum production in Scottish blackface ewes with twin lambs. *Res. Vet. Sci.* 39, 230–234.
- Mellor, D., Murray, L. (1986). Making the most of colostrum at lambing. *Vet. Rec.* 118, 351–353.
- Miyazaki, T., Okada, K., Miyazaki, M. (2017). Neonatal calves coagulate first-milking colostrum and produce a large curd for efficient absorption of immunoglobulins after first ingestion. *J Dairy Sci*, 100, 7262-7270.
- Moore, M., Tyler, J. W., Chigerwe, M. Dawes, M. E. and Middleton, J. R.. (2005). Effect of delayed colostrum collection on colostral IgG concentration in dairy cows. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 226: 1375–1377.
- Morin, D. E., Mccoy, G. C. and Hurley, W. L. (1997). Effects of quality, quantity, and timing of colostrum feeding and addition of a dried colostrum supplement on immunoglobulin g1 absorption in Holstein Bull Calves. *J Dairy Sci*, 80: 747–753.
- Morin, D. E., Constable, P. D., Maunsell, F. P, et al. (2001). Factors associated with colostral specific gravity in dairy cows. *J Dairy Sci*, 2001;84:937–43.
- Morin, D. E., Nelson, S. V., Reid, E. D., Nagy, D. W., Dahl, G. E. and Constable, P. D. (2010). Effect of colostral volume, interval between calving and first milking, and photoperiod on colostral IgG concentrations in dairy cows. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 237: 420–428. <https://doi.org/10.2460/javma.237.4.420>.
- Morrill, K., Conrad, M., Polo, E., Lago, A., Campbell, J., Quigley, J. and Tyler, H. (2012a). Nationwide evaluation of quality and composition of colostrum on dairy farms in the United States. *J. Dairy Sci.* 95: 3997–4005. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-5174>.
- Morrill, K. M., Conrad, E., Polo, J., Lago A., Campbell J., Quigley J., Tyler H. (2012b). Estimate of colostral immunoglobulin G concentration using refractometry without or with caprylic acid fractionation. *J Dairy Sci*, 95, 3987-3996.

- Muller, L. D. and Ellinger, D. (1981). Colostral immunoglobulin concentrations among breeds of dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 64: 1727–1730. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(81\)82754-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(81)82754-3).
- Murphy, J. M., Hagey, J. V., Chigerwe, M. (2014). Comparison of serum immunoglobulin G half-life in dairy calves fed colostrum, colostrum replacer or administered with intravenous bovine plasma. *Vet Immunol Immunopathol*, 158, 233-237.
- Nardone, A., Lacetera, N., Bernabucci, U., et al. (1997). Composition of colostrum from dairy heifers exposed to high air temperatures during late pregnancy and the early postpartum period. *J Dairy Sci*, 80: 838–44.
- Newby, T. J., Stokes, C. R., Bourne, F. J. (1982). Immunological activities of milk. *Vet Immunol Immunopathol*, 1982;3:67–94.
- Nowak, R., Porter, R. H., Lev, Y. F., Orgeur, P., Schaal, B. (2000). Role of mother-young interactions in the survival of offspring in domestic mammals. *Rev. Reprod.* 5, 153–163.
- Nowak, R., Poindron, P. (2006). From birth to colostrum: early steps leading to lamb survival. *Reprod. Nutr. Dev.*, 46, 431–446.
- Ontsouka, C. E., Bruckmaier, R. M., Blum, J. W. (2003). Fractionized milk composition during removal of colostrum and mature milk. *Journal of Dairy Science*, 86, 2005–2011.
- Parrish, D. B., Wise, G. H., Hughes, J. S. and Atkeson, F. W. (1950). Properties of the colostrum of the dairy cow. Yield, specific gravity, and concentrations of total solids and its various components of colostrum and early milk. *J. Dairy Sci.* 33: 457.
- Pithua, P., Godden, S. M., Wells, S. J. and Oakes, M. J. (2009). Efficacy of feeding plasma-derived commercial colostrum replacer for the prevention of transmission of *Mycobacterium avium* subsp *paratuberculosis* in Holstein calves. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 234:1167–1176. <https://doi.org/10.2460/javma.234.9.1167>.
- Priestley, D., Bittar, J. H., Ibarbia, L., Risco, C. A., Galvão, K. N. (2013). Effect of feeding maternal colostrum or plasma-derived or colostrum-derived colostrum replacer on passive transfer of immunity, health, and performance of preweaning heifer calves. *J. Dairy Sci.*, 96 (2013), pp. 3247-325623497992

- Pritchett, L. C., Gay, C. C., Besser, T. E., and Hancock, D. D. (1991). Management and production factors influencing immunoglobulin G1 concentration in colostrum from Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 74: 2336–2341.
- Puppel, K., Gołębiowski, M., Grodkowski, G., Śl'osarz, J., Kunowska-Śl'osarz, M., Solarczyk, P., Łukasiewicz, M., Balcerak, M., Przysucha, T. (2019). Composition and factors affecting quality of bovine colostrum: a review. *Animals*, 9, 1070.
- Quigley, J. D. and Drewry, J. J. (1998). Nutrient and immunity transfer from cow to calf pre- and postcalving. *J. Dairy Sci.*, 81: 2779–2790.
- Quigley, J., Hammer, C. J., Russel, L. E., Polo, J. (2002). Passive immunity in newborn calves. *Advances Dairy Tech*, 14, 273-292.
- Raboisson, D., Trillat, P., Cahuzac, C. (2016). Failure of passive immune transfer in calves: A meta-353 analysis on the consequences and assessment of the economic impact. *PLoS ONE*, 11:e0150452.
- Rastani, R. R., Grummer, R. R., Bertics, S. J. et al. (2005). Reducing dry period length to simplify feeding transition cows: Milk production, energy balance and metabolic profiles. *J Dairy Sci*, 88: 1004–14.
- Rebelein, T. W. (2010). The effect of heat treatment on microbiological qualities of bovine colostrum, passive immune transfer of neonatal calves, and future animal performance. *Dr. Med. Vet., Veterinary Faculty, Ludwig-Maximilian-University, Munich, Germany*. <https://edoc.ub.uni-muenchen.de/11426/>
- Renaud, D. L., Kelton, D. F., LeBlanc, S. J., Haley, D. B., Jalbert, A. B. and Duffield, T. F. (2017). Validation of commercial luminometry swabs for total bacteria and coliform counts in colostrum-feeding equipment. *J. Dairy Sci.*, 100:9459–9465. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13228>.
- Roy, J. H. B. (1980). Factors affecting susceptibility of calves to disease. *J. Dairy Sci.* 63: 650–664.
- Roy, J. H. B. (1990). *The Calf*. 5th ed. Vol. 1. Butterworths, London, UK.
- Schogor, B., Luiza, A., Patricia, G., Fabiana, B., Beatriz, D., Fernanda, R., Reis, R. João; Da Silva, Aleksandro, S. (2020). Quality of bovine colostrum and its relation to genetics, management, physiology and its freezing. *Revista MVZ*. 25: 1. DOI: <https://doi.org/10.21897/rmvz.1465>.

- Shearer, J., Mohammed, H., Brenneman, J., Tran, T. (1992). Factors associated with concentrations of immunoglobulins in colostrum at the first milking post-calving. *Prev. Vet. Med.*, 14, 143–154.
- Silva-Del-Rio, N., Rolle, D., Garcia-Munoz, A., Rodriguez-Jimenez, S., Valdecabres, A., Lago, A., and Pandey, P. (2017). Colostrum immunoglobulin G concentration of multiparous Jersey cows at first and second milking is associated with parity, colostrum yield, and time of first milking, and can be estimated with Brix refractometry. *J. Dairy Sci.* 100: 5774–5781. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12394>.
- Šlosárková, S., Pechová, A. Staněk, S. Fleischer, P. Zouharová, M. and Nejedlá, E. (2021). Microbial contamination of harvested colostrum on Czech dairy farms. *J. Dairy Sci.* 104: 11047–11058. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19949>.
- Smith, G. W. and Foster, D. M. (2007). Absorption of protein and immunoglobulin G in calves fed a colostrum replacer. *J. Dairy Sci.* 90: 2905–2908.
- Sohrabi, H. R. Amirabadi Farahani, T., Karimi-Dehkordi, S., Farsuni, N. E. (2024). Association of different classifications of hypocalcemia with quantity and quality of colostrum, milk production, and health of Holstein dams and their calves. *The Veterinary Journal* 307: 106205. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2024.106205>.
- Soufleri, A., Banos, G., Panousis, N., Fletouris, D., Arsenos, G., Kougioumtzis, A. and Valergakis, G. E. (2021). Evaluation of factors affecting colostrum quality and quantity in Holstein dairy cattle. *Animals* (Basel) 11: 2005. <https://doi.org/10.3390/ani11072005>.
- Stabel, J. R. (2001). On-farm batch pasteurization destroys *Mycobacterium paratuberculosis* in waste milk. *J. Dairy Sci.* 84:524–527. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74503-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74503-1).
- Stelwagen, K., Carpenter, E., Haigh, B., Hodgkinson, A., Wheeler, T. T. (2009). Immune components of bovine colostrum and milk. *Journal of Animal Science*, 87, 3–9.
- Stewart, S., Godden, S., Bey, R., Rapnicki, P., Fetrow, J., Farnsworth, R., Scanlon, M., Arnold, Y., Clow, L., Mueller, K. and Ferrouillet, C. (2005). Preventing bacterial contamination and proliferation during the

- harvest, storage, and feeding of fresh bovine colostrum. *J. Dairy Sci.* 88: 2571–2578. <https://doi.org/10.3168/jds.S0022-030>
- Stott, G. H., Marx, D. B., Menefee, B. E. and Nightengale, G. T. (1979). Colostral immunoglobulin transfer in calves I. Period of absorption. *J. Dairy Sci.*, 62: 1632–1638.
- Straub, O., Matthaeus, W. (1978). The immunoglobulin composition of colostrum and the persistence of acquired immunoglobulins and specific antibodies in the calf. *Ann. Rech. Vet.* 9, 269–275.
- Streeter, R. N., Hoffsis, G., Bech-Nielsen, S., Shulaw, W. and Rings, D. (1995). Isolation of Mycobacterium paratuberculosis from colostrum and milk of subclinically infected cows. *Am. J. Vet. Res.*, 56: 1322–1324.
- Sutter, F., Borchardt, S., Schuenemann, G. M., Rauch, E., Erhard, M. and Heuwieser, W. (2019). Evaluation of 2 different treatment procedures after calving to improve harvesting of high-quantity and high-quality colostrum. *J. Dairy Sci.* 102: 9370–9381. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16524>.
- Swan, H., Godden, S., Bey, R., Wells, S., Fetrow, J., Chester-Jonest, H. (2007). Passive transfer of immunoglobulin g and preweaning health in holstein calves fed a commercial colostrum replacer. *J. Dairy Sci.*, 90, 3857–3866.
- Swannack, K. P. (1972). Recent developments in calf rearing based largely on studies at experimental husbandry farms. *Agr. Development and Advisory Service. Quart. Rev.*, 4: 167.
- Szulc, T., Zachwieja, A. (1998). Siara-eliksir zycia osesków. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, 13–25.
- Tao, S. and Dahl, G. E. (2013). Invited review: Heat stress effects during late gestation on dry cows and their calves. *J. Dairy Sci.* 96:4079–4093. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6278>.
- Tomkins, T. and Jaster, E. H. (1991). Preruminant calf nutrition. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 7: 557–576.
- Tsuji, S., Hirata, Y., Mukai, F., Ohtagaki, S. (1990). Comparison of Lactoferrin Content in Colostrum between Different Cattle Breeds. *J. Dairy Sci.* 73, 125–128.

- Tyler, J. W., Steevens, B. J., Hostetler, D. E., Holle, J. M. and Denbigh, Jr. J. L. (1999). Colostral immunoglobulin concentrations in Holstein and Guernsey cows. *Am. J. Vet. Res.* 60: 1136–1139.
- Urakawa, M., Baakhtari, M., Ramah, A., Imatake, S., Ahmadi, P., Deguchi, Y., Uematsu, M., Nakama, Y., Imabeppu, K., Nomura, Y. and Yasuda, M. (2024). Comparative analysis of maternal colostrum and colostrum replacer effects on immunity, growth, and health of Japanese Black Calves. *Animals*, 14, 346. <https://doi.org/10.3390/ani14020346>.
- USDA. 2007. Dairy 2007: Heifer Calf Health and Management Practices on U.S. Dairy Operations. APHIS.
- Van der Strate, B. W. A., Beljaars, L., Molema, G., Harmsen, M. C., Meijer, D. K. F. (2001). Antiviral activities of lactoferrin. *Antivir. Res.*, 52, 225–239.
- Wasowska, E., Puppel, K. (2018). Changes in the content of immunostimulating components of colostrum obtained from dairy cows at different levels of production. *J. Sci. Food Agric.* 98, 5062–5068.
- Wellnitz, O. and Bruckmaier, R. M. (2001). Central and peripheral inhibition of milk ejection. *Livest. Prod. Sci.* 70:135–140.
- Westhoff, T. A., Womack, S. J., Overton, T. R., Ryan, C. M. and Mann, S. (2023). Epidemiology of bovine colostrum production in New York Holstein herds: Cow, management, and environmental factors. *J. Dairy Sci.* 106:4874–4895. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22447>.
- Westhoff, T. A., Borchardt, S. and Mann, S. (2024). *Invited review*: Nutritional and management factors that influence colostrum production and composition in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 107: 4109–4128. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-24349>.
- Windeyer, M. C. Leslie, K. E. Godden, S. M. Hodgins, D. C., Lissemore, K. D. LeBlanc, S. J. (2014). Factors associated with morbidity, mortality, and growth of dairy heifer calves up to 3 months of age. *Prev. Vet. Med.* 113, 231–240.
- Zamuner, F., Cameron, A. W. N. (2024). Carpenter E.K., Arcos-Gómez G., Kirkham J., Leury B.J. DiGiacomo, K. Assessing the impact of colostrum feeding delay on serum immunoglobulin G and total protein in dairy goat kids. *Animal*, 18: 101246.

Zanker, I. A., Hammon, H. M. and Blum, J. W. (2000). Beta-carotene, retinol and alpha-tocopherol status in calves fed the first colostrum at 0–2, 6–7, 12–13 or 24–25 hours after birth. *Int. J. Vitam. Nutr. Res.* 70: 305–310.

BÖLÜM 9
SÜPERKRİTİK KARBONDİOKSİT (SC-CO 2)
EKSTRAKSİYONU YÖNTEMİ İLE ARI
ÜRÜNLERİNİN VE BAZI AROMATİK BİTKİLERİN FENOLİK
PROFİLLERİNİN
BELİRLENME SÜREÇLERİ

Prof. Dr. Hakan İNCİ¹
Öğr. Gör. Sinan ERDEM²
Ecz. Süheyl TUĞ³
Ecz. Öğrn. Esma TUĞ⁴

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

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

³ Hacettepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi, Ankara, TÜRKİYE.
<https://orcid.org/0000-0003-4069-4273> suheyltug@gmail.com

⁴ Lokman Hekim Üniversitesi Eczacılık Fakültesi, Ankara, TÜRKİYE
<https://orcid.org/0009-0001-2028-1474> esma.tug12@gmail.com

GİRİŞ

Son zamanlarda, toksik olan bazı organik çözücülerin gıda işlemede sıkça kullanılmasıyla ilişkili güvenlik tehlikeleri, sağlık ve çevre konusunda kamuoyunda bilinçlenme artmıştır. Yüksek maliyetli organik çözücülerin, çevre düzenlemelerinin giderek daha sıkı hale gelmesi, gıda ve tıp endüstrilerinin yüksek katma değerli ve ultra saf ürünlere taleplerin artması, gıda ve tıbbi ürünlerinin işlenmesi için güvenilir ve temiz teknolojilere olan ihtiyacı bir kez daha ortaya koymuştur. Bununla birlikte, enerji tüketimini ve atık oluşumunu minimuma indiren sürdürülebilir süreçlerin önemini vurgulayan yeni gelişmeler ön plana çıkmaktadır. Bütün bunlara dikkat etmenin, kaynakların daha uygun maliyetli kullanımına ve temiz bir çevreye sahip olmanın yolunu açacaktır. Bu sebeple çözüm, kimyasal süreçlerin verimliliğini büyük oranda artıran ve bunun gibi teknolojilerin çalışma süresini minimuma indiren daha sürdürülebilir ve yeşil teknolojilerin geliştirilmesinden geçmektedir. Bitkisel matrisler için geleneksel olan ekstraksiyon teknikleri, çalkalama-flaş yöntemleri, maserasyon, Soxhlet, presleme ve hidrodistilasyon yer almaktadır. Toksik çözücüler bu yöntemlerde kullandıkları için çevre ve insan sağlığında riskler taşıdıkları, yoğun emek, düşük verim, seçiciliğe sahip oldukları ve zaman alıcı olmasının yanında yüksek enerji tüketimine sahip olmaları yönünden birçok dezavantaj barındırır. Bu sebeple sürdürülebilir, verimli ve yeşil ekstraksiyon tekniklerinin ortaya çıkması kaçınılmaz olmuştur. Bu sebeple, toksik çözücülerin kullanımının minimuma indirilmesini yeşil-ekstraksiyon süreçlerini, atık malzemelerin azaltılmasını, istenilen üründe toksik çözücülerin olmasının önlenmesini ve süreçlerin enerji tüketiminin minimize edilmesi de dikkate alınmalıdır. Bu ihtiyaçlara ve şartlara uyan teknikler arasında, süperkritik akışkan ekstraksiyonu (SCA) en uygun olanlardan biri olarak kabul görmektedir. Süperkritik CO₂ ekstraksiyonu, doğal ve ham ürünlerin bileşiklerin ekstraksiyonuna ve izolasyonunda kullanılan mükemmel bir yöntem olmuştur. Bu bölümde, süperkritik CO₂ ekstraksiyonu ve propolis ve aromatik bitkilerden bileşiklerin SCA çalışmaları ile ilgili bilgiler verilmek istenmiştir.

Süperkritik Akışkan Ekstraksiyonu

Süperkritik akışkan ekstraksiyonu (SCA) tanımı genel olarak biyoaktif bileşiklerin süperkritik koşullardaki akışkan içerisinde çözünmesi ve daha

sonra basıncın azaltılmasıyla gaz fazdaki çözeltinin geri kazanılması ve bileşiklerin birbirinden ayrılması prensibine dayanmaktadır (Khaw vd., 2017; Güvenç, 1997). Son zamanlara fenolik bileşiklerin ekstraksiyonunda süperkritik akışkan ekstraksiyon (SCA) yöntemi; enerji maliyetini azaltması, çevre dostu ve az miktarda çözgen kullanımı gerektiren bir yöntem olmasından dolayı büyük ilgi çekmiştir (Marcus, 2018). Bu yöntemde solvent olarak genellikle yanıcı olmayan, kritik noktası diğer sıvılardan çok daha düşük ve düşük maliyetli olan CO₂ kullanılmaktadır. Çevre ve insan sağlığı açısından güvenli olan, oda koşullarında ve basıncında gaz fazında bulunan CO₂, sistem basıncının indirgenmesiyle ekstraktan rahatlıkla uzaklaştırılabilir. Düşük polariteye sahip olması CO₂'in dezavantajıdır ve bu sorunun çözülmesi için düşük konsantrasyonlarda su ilavesi, metanol veya etanol ile yüksek polarite elde edilmektedir (Khaw, 2017 vd; Pereira ve Meireles, 2010).

1800'lerde Baron Gagniard de la Tour tarafından "Süperkritik durum" terimi ilk olarak ortaya atıldı. Hannay ve Hogarth'a göre, süperkritik akışkanlar basınca bağlı çözücü gücü olan maddelerdir. Fakat araştırmacıların ve endüstrilerin SCA'ye olan büyük ilgisi, ancak 1980'lerden sonra araştırma yayınları ve patentler (Sihvonen vd, 1999) aracılığıyla belirginleşti. Son zamanlarda SCA teknolojisinin çoğu tercih edilen çözücü olarak CO₂ tipik olarak kokusuz, renksiz olduğundan kullanılır.

SCA (Süperkritik akışkan) CO₂ ekstraksiyonu biyoaktif bileşiklerin ekstraksiyonu başta olmak üzere çevre kirleticilerinin giderimi ve çeşitli uygulamalar için geleneksel ekstraksiyon tekniklerine oranla daha yaygın ve umut verici bir teknoloji olmuştur. Bitki matrislerinde öncelikle yoğunluk veya buhar basıncına belirlenerek ekstraksiyon koşulları belirlenir. Bu bağlı olarak, basınç çözücü yoğunluğunu ve sıcaklığı düzenleyip böylece ekstrakte edilecek olan bileşenlerin seçiciliğini, verimini ve biyolojik/terapötik özelliklerini daha çok ortaya çıkarır. Yapılan çoğu araştırmaların, yüksek antioksidan, antimalaryal, antiinflamatuvar ve antibakteriyel aktivitelere sahip biyoaktif bitki fitokimyasallarının ekstraksiyonunda SCA tekniğinin araştırma ve gelişmelerini, etki parametrelerini, işlem koşullarını, verimi ve seçiciliği ile ilgili bilgiler elde edilmiştir. Yapılan başka bir araştırmada ise ekotoksikoloji ve toksik metal geri kazanım uygulamaları ile ilgili Sc-CO₂'nin polar olmayan özellikleri, mikro kirleticiler ve toksik metal maddelerinin farklı moleküller arası etkileşim kuvvetleri yoluyla güçlü çözücü gücü oluşturarak bu

kirleticilerin etkili bir şekilde uzaklaştırılması başarılı olmuş ve SCA teknolojisini üstün bir alternatif haline getirmiştir (Yara-Varón vd., 2016).

Geleneksel ekstraksiyon teknikler, maserasyon, ıslatma, Soxhlet çözücü ekstraksiyonu ve basınçlı sıcak su biyokütleden biyoaktif bileşikler elde etmek için en çok kullanılan yöntemlerdir (Biel-Maeso vd., 2017). Bu tekniklerde kanserojen organik çözücülerin özellikle kloroform, hekzan, metanol, asetonun ve toluen kullanılması, bu bileşiklerin kimyasal yapısında değişiklikler yapar ve bunları tüketim için toksik hale sokar (Yara-Varón vd., 2016). Ayrıca, bu ekstraksiyon yöntemlerinin kolay kullanımı, düşük ekstraksiyon oranı, büyük miktarda çözücü kullanımı, enerji yoğun yapısı, daha uzun ekstraksiyon süresi, termolabil aktif bileşiklerin termal bozunumu, çözücü kirliliği ve son ürünlerin denatüre kalitesi sebebiyle kısıtlıdır (Plotka-Wasyłka vd., 2017). Bunun gibi önemli eksiklikler, araştırmacıları özelliklerini ve kalitelerini kaybetmeden biyoaktif bileşikler elde etmek için yeni, ekonomik, verimli, güvenli ve yeşil ekstraksiyon teknikleri geliştirmeye itmiştir. Literatüre çalışmalarına göre süperkritik akışkan ekstraksiyonu (SCA), ultrasonik destekli ekstraksiyon (UAE), mikrodalga ekstraksiyonu (ME) yeni ve yeşil metodlar olarak bildirilmiştir (Pumure vd., 2010). Bunlar metotlar arasında, süperkritik karbondioksit (Sc-CO₂) bazlı ekstraksiyon genellikle güvenilir olarak kabul görmekte ve çeşitli bitkisel ürünlerden değerli bileşiklerin kaliteli şekilde çıkarılması ve geri kazanılması için kaliteli ve güvenilir bir yaklaşım olarak kullanılır (Corzzini vd., 2017). Doğal ürünlerin ayrılması için süperkritik akışkanların kullanılmasını ilk olarak 1980'lerin sonunda bildirilmiştir. Son zammalarda literatür taramalarında ki “süperkritik CO₂ akışkan ekstraksiyonu” anahtar terim araması 3000'den fazla araştırma yayını yapıldığı ortaya çıkmıştır. Özellikle, ilgili SCA alanındaki yayınların çoğu, 2015'ten sonra çıkan yayın sayısındaki artıştan anlaşıldığı üzere süperkritik karbondioksit (Sc-CO₂) bazlı ekstraksiyon büyük önem kazanmaktadır.

Süperkritik akışkan çalışmalarında, süperkritik şartlarda akışkan olarak çeşitlilik oldukça fazladır. Karbondioksitin kritik sıcaklığı ve kritik basınç sırasıyla 304,2 K ve 73,83 bar'dır (Smith vd., 1996). Kritik özelliklerinin uygunluğunun yanında ekonomikliği de ön plandadır. Yardımcı bir çözücü olan etanol ve su gibi uyumlu çözücülerin kullanıldığı çalışmalarda karbondioksit tekrardan başa getirilerek geri kazanım elde edebilir ya da kararlı bir yapıya sahip olmasından ötürü atmosfere de salınabilir. Toksik çözücülerin sıklıkla

kullanıldığı diğer özütleme metotlarından daha farklı olarak süperkritik karbondioksit özütlemesinde (Sc-CO₂) üründe çözücü kalıntı maddeler bulunmadığından çevre ve insan sağlığı için güvenilirdir. CO₂'nin düşük kritik sıcaklığı, toksik olmaması ve alev almaması ayrıca ucuzluğu ve yüksek saflık oranı sebebiyle farmasötik, kozmetik, gıda ve boya endüstrisinde ideal çözücülüğünü ön sıralara çıkarmaktadır (Fernandez vd., 2004).

Süperkritik Akışkan Ekstraksiyonuyla Yapılan Araştırmalar

Süperkritik akışkan ekstraksiyon sistemini kullanarak doğal bileşiklerden çözünenlerin uzaklaştırılmasında sıcaklık, çözücü akış hızı, bitkisel materyalin partikül büyüklüğü, basınç gibi değişkenler incelenmiş ve akış hızı 0,4 m³/sa, basınç 25 MPa, zaman ise 4,5 saat, sıcaklık 313 K seçildiğinde en elverişli şartlar oluşturulmuş ve yağ geleneksel olan ekstraksiyon yöntemi ile karşılaştırıldığında daha berrak, kaliteli bir şekilde kalitede ekstre elde edilmiş ve verimin %90 arttığı ispatlanmıştır (Yin vd., 2005).

2005 yılında yapılan bir çalışmada findık yağı ekstraksiyonunda 180 dk, 60 MPa ve 333 K şartlarda çalışıldığında en çok verime ulaşılmış ve hem katı hem sıvı faz kütle transfer katsayılarının basınçla ve sıcaklık arttığını sonucuna varılmış (Özkal vd., 2005).

Norulaini ve ark. Çalışmasında değişen akış süresince basınç, sabit sıcaklık ve süre değişiminin çözünürlüğe ve yağ verimi olan etkilerini incelemişlerdir. Bununla birlikte artan basınçla 353 K'de çözünürlük ile verimin arttığı sonucuna varılarak 48,3 MPa'da fraksiyonlarda uzun-zincirli ve kısa-zincirli yağ asitlerinin dağılımında değişimler olduğunu gözlemlemişler (Norulaini vd., 2004).

Son zamanlarda sağlıklı yaşama yönelik artan endişe sebebiyle tıbbi bitki kaynaklarından etkili biyoaktif ve bitki kaynaklı fitokimyasalların çıkarılması önemli ölçüde önem kazanmıştır (Chew, 2020). Bitki özleri, kozmetik ve gıda endüstrilerinde çeşitli sentetik, tehlikeli kimyasalların yerini almasına rağmen, tıbbi özellikleri hala ilaç endüstrilerinde ilgi çeken yeni bir konudur. Koronavirüs hastalığı

(COVID-19) salgınından sonra sağlık bilincine sahip tüketicilerin sayısının artması sebebiyle birçok sayıda araştırmacının dikkati aromatik bitkilerden “biyoaktif bileşik ekstraksiyonuna” konusu odak noktası olmuştur. Genel olarak bitkiler, polifenoller, yağ asitleri, sterol-kolesteroler, pigmentler, alkaloidler, anti-inflamatuar, antimikrobiyal ve bitki kaynaklı fitokimyasalların antioksidanlar da dahil olmak üzere farklı terapötik faydaları bildirilmiştir. Bütün bunlar süperkritik karbondioksit (Sc-CO₂) bazlı ekstraksiyon büyük önem kazanmasında rol almıştır.

Son zamanlarda literatür çalışmalarının çoğu uçucu yağların ve biyoaktif bileşiklerin süperkritik akışkan çıkarımı, mikroalg biyokütlesinden değerli bileşiklerin çıkarılması (Yousefi vd., 2019) ve e-atık artımı için süperkritik akışkan teknolojileri ile bağlantılı olarak yapılmıştır. Bunlardan en önemlisi biyoorganik moleküller ve biyo/terapötik değerler için Sc-CO₂ çözücü özellikleri, organik/inorganik basit/karmaşık kirleticilerin giderimi açısından konu geçmiş yıllara nazaran aynı seviyede ilgi gösterilmemiştir.

Süperkritik karbondioksit (Sc-CO₂) bazlı ekstraksiyon elde edilen bitki özütü, çok çeşitli fitokimyasallarla zenginleştirilir ve antimikrobiyal, anti-diyabetik, anti-inflamatuar ve anti-kanser aktiviteleri gibi çeşitli diğer terapötik özelliklerle birlikte antioksidan özellikler sergiler. Yüksek konsantrasyonda nötr kanabinoidlere sahip kenevir çiçeklerinin süperkritik özütlerinin servikal hücreler için üstün anti-tümör aktivitesi sergilediğini araştırmalar neticesinde ortaya çıkmıştır. (Daniel Ribeiro Grijó vd., 2019)

Süperkritik karbondioksit (Sc-CO₂) bazlı ekstraksiyon geleneksel olmayan bir ekstraksiyon tekniği olarak tanımlanmış olsa da amaç ürünün seçiciliği ve verimi üzerindeki çeşitli etkili faktörlerin optimize edilmesine odaklanılmıştır. Bu bağlamda, teknolojiyi Süperkritik karbondioksit (Sc-CO₂) bazlı ekstraksiyon tabanlı SCA'nin optimizasyon çerçevesine aktarmak için daha ayrıntılı araştırmalara ihtiyaç vardır (Ouyang ve Lin., 2017).

Süper kritik akışkan (SCA), bir sıvı ve gaz arasındaki maddenin ara formunda bulunmaktadır. Gazlar gibi difüzyon, viskozite ve yüzey gerilimi özelliklerine sahipken ve sıvılar gibi yoğunluk ve çözünme gücü özelliğine de sahiptirler (Azmir vd. 2013). Süper kritik (SC) ekstraksiyon çalışmalarında akışkan olarak genellikle daha çok CO₂ tercih edilmektedir. Süper kritik akışkan olarak CO₂'nin kullanımı yeniden üretilebilir olması, proses sırasında oksidasyonu önlemesi, düşük maliyetli ve güvenli olması nedenleriyle tercih edilmektedir (Bankova vd. 2021). Polar yapıda olmamasından dolayı CO₂, polar yapıda bulunan analitiklerin ekstraksiyonu için sıklıkla küçük miktarlarda etanol, diklorometan ve metanol gibi değişkenler eklemesi ön görülmektedir (Büyüktuncel 2012). Bu özelliklerinden dolayı süper kritik akışkanların ekstraksiyon işleminde iyi bir çözücü olma potansiyelleri vardır. Propolisin süper kritik ekstraksiyonunda en iyi koşulların belirlenmesi için gerçekleştirilen bir araştırmada, propolis ekstraksiyonunda en verimli konsantrasyon olduğu belirlenirken, SC-CO₂ ekstraksiyonunun 350 bar basınçta ve 40 °C uygulanması tavsiye edilmektedir (Reis vd. 2020).

Yapılan başka bir araştırmada, propolis ekstraksiyonu sırasında uygulanan sıcaklığın ve basınç flavonoid konsantrasyonu üzerine doğrudan etkili olmasına karşın, ekstraksiyon süresinin minimum düzeyde etkili olduğu belirlenmiştir (De Zordi vd. 2014). Bunun yanında propolis üzerinde yapılan SC-CO₂ ekstraksiyonu, diğer ekstraksiyon yöntemleriyle kıyaslandığında SC-CO₂ ekstraksiyonun önemli bir katkısının ve oransal verimin daha fazla olduğu belirlenmiştir (Machado vd. 2015). Antioksidan bileşenlerin açısından ele alındığında da geleneksel yöntemle yapılan (%80 etanol, 70 °C, 30 dak.) propolis ekstraksiyonunun SC-CO₂ ekstraksiyonuna (350 bar, 50 °C, 60 dak ve %1 etanol ilavesi) kıyasla daha etkin olduğu belirlenmiştir (Devequi-Nunes vd. 2018).

Propolisin Süperkritik karbondioksit (Sc-CO₂), maserasyon ve ultrases destekli ekstraksiyonu sonucu, SC-CO₂ yöntemi ile fenolik

bileşiklerin geri kazanımı en düşük düzeyde olduğu belirlenmiş. Buna karşın bu metot içerisinde antioksidan aktivite ile ilgili bir etki olmaksızın zaman yönünden de en verimli yöntem olarak ultrases destekli ekstraksiyon olduğu saptanmıştır (Barrientos Lezcano vd. 2023). Buna benzer başka bir çalışmada da De Zordi vd. (2014) tarafından yapılan araştırmada da propolisin süperkritik karbondioksit (Sc-CO₂), ile ekstraksiyonu flavonoid içeriği yönünden UE ile kıyaslanmış ve UE'nun propolis için daha iyi bir metot olduğu sonucuna varmıştır. Sonuç olarak, propolis ekstraksiyonu için Süperkritik karbondioksit (Sc-CO₂) ekstraksiyonu düşük polaritesi ve yardımcı çözügen ihtiyacı nedeniyle diğer pek çok avantajlı olmasına rağmen tercih edilen metotlar arasında ilk sıralarda yer almamaktadır (Bankova vd. 2021).

Propoliste bulunan aktif bileşenleri ekstrakte etmek için çok kullanılan geleneksel metotlardan biri maserasyondur (Bayram ve Gerçek, 2020). Katı/sıvı oranı, çözücü tipi, sıcaklık, ekstraksiyon süresi gibi koşulların optimize edildiği çok sayıda çalışma mevcuttur (Margeretha vd., 2012). Sıklıkla kullanılan ekstraksiyon yöntemlerinden biri de Soxhlet ekstraksiyonudur. Geleneksel ekstraksiyon yöntemlerine alternatif olarak modern ekstraksiyon yöntemlerini baz alan araştırmaların sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Ses dalgalarının ölçülü aralıklarda gönderilmesi ile biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyonunu amaçlayan metot olan ultra ses destekli ekstraksiyon, mikrodalga enerjisini kullanarak çözücünün ısıtılması ile maddelerin ekstrakte olduğu mikrodalga destekli ekstraksiyon metodu bunlardan bazılarıdır (Bankova vd., 2021). Yeşil çözücülerin kullanıldığı, çevre dostu ve sanayi uygulamalarında tercih edilen Süperkritik karbondioksit (Sc-CO₂) ekstraksiyonu da propolis bazlı ekstraksiyonlarda kullanılan diğer bir metottur. Süper kritik çözücü olarak düşük maliyetli, güvenli olması sebebiyle CO₂ kullanılmaktadır (Farooq vd., 2023).

Süperkritik karbondioksit (Sc-CO₂) ekstraksiyonu ile saf hale getirilen propolis bileşenlerinin kansere karşı etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, ekstrakt edilen propolisin biyolojik aktif bileşenlerinde biri

olan artepilin karbon bakımından zenginleştirilerek göğüs ve kolon kanser hücrelerinin büyümesi üzerine etkisi araştırılmış ve araştırılan kanserli hücrelerinin ekstrakt edilen propolisin kullanılmasıyla büyümesinin minimum seviyelere indiği bildirilmiştir (Wu vd. 2009).

Propolis hegzan, metanol, etil asetat, etanol gibi çözücülerde büyük oranda çözünmektedir. Suda çok az çözünmemekte ve bunun yanında dikolorometan, metilen klorür, aseton, kloroform, zeytinyağı, polietilen glikol, dimetilsülfoksit, propilen glikol, çeşitli mineral tuzlar gibi çözücüler ile ekstrakte edilebilmektedir (Arslan v.d. 2010, Bakkaloğlu ve Arıcı 2019).

Propolisin yapışkan dokusu ve vaksli olması nedeniyle apolar özellikteki yapısından dolayı biyoaktif kısmın ayrılması oldukça güçtür (Yıldız, 2020). Bu nedenle propolis ekstraksiyonunda çeşitli metotlar kullanımı kaçınılmazdır. Geçmişte en çok oda sıcaklığında, sıcak geri akış ekstraksiyonu ve maserasyon metotları kullanılmıştır (Trusheva ve ark., 2007). Son zamanlarda ise geleneksel çalkalama yöntemi dışında da ileri teknikler-metotlar kullanılmaya başlanmıştır. Bu metotlar; süper kritik karbondioksit ekstraksiyonu (De Zordi ve ark., 2014), mikrodalga destekli ekstraksiyon (Pellati ve ark., 2013), sonikasyon destekli ekstaksiyonu (Zhang ve ark., 2018), basınçlı sıvı ekstraksiyonu (Erdoğan ve ark., 2011), ultrases destekli ekstraksiyonudur (Yeo ve ark., 2015).

Propolis antimikrobiyal, antioksidan, anti-inflamatuar ve anti-kanser etkileri bilinen; eski zamanlardan günümüze sağlık etkileri nedeniyle geleneksel tıpta en çok kullanılan arı ürünleri arasındadır (Sforcin, 2016; Mele, 2023). Biyoaktif bileşenler yönünden çok zengin olan bu arı ürününün içeriği coğrafi orijinine ve hasat zamanına bağlı olarak da değişim göstermektedir (Bobiş vd., 2023). Propolis bal arıları tarafından çeşitli bitki türlerinin yaprak tomurcuklarından ve çiçeklerden toplanan tutkal benzeri vaksli bir maddedir (Ahangari vd., 2018). İçeriğinde coğrafi orijine göre değişiklik olsa da genel olarak reçine ve polen (%5), vaks (%8-35), balsam (%45-55), yağ asitleri (%5), uçucu yağlar ve aromatik bileşenler (%5-10), diğer organik ve mineral

maddeler (%5) gibi maddelerden oluşmaktadır (Anjum vd., 2019; Coşkun P., & İnci H., 2020).

Propolisin kimyasal birleşeni arılar tarafından toplanan balsam ve reçinenin bitki kaynağına göre farklılık gösterebilmektedir (Aldreini vd., 2023). Yapılan çalışmalarda 300'den fazla bileşeni olduğu tanımlanmıştır (Anjum vd., 2019; Widelski vd., 2023). Bu bileşenler içerisinde baskın olan balsam ve reçine dışında, terpenoidler ve polifenollerdir. Terpenoidler ve polifenoller en aktif bileşenler olarak düşünülmektedir. Flavonoid grubu içinde pinosembriin, krisin, apigenin, kemferol, galangin, kuersetin, pinostrobin, tektokrisin vd. bulunmaktadır (El-Guendouz vd. 2019). Flavonoid içeriği olarak propolis, %6.2 ila %18.8 arasında değişmekte ve flavonoidler arasındaki en yüksek bileşimini pinosembriin (%4.7), pinobençin (%3.1), galangin (%2.2), krisin (%2.1) yaklaşık değerler oluşturur. Belirlenen biyoaktif bileşenler içerisindeki diğer önemli maddeler de fenolik asitlerdir. Bu asitler aromatik özellikler de gösteren, ferulik, kafeik, sinamik, p-kumarik, salisilik ve benzoik asittir (Do Nascimento Araújo vd., 2020). Propoliste bulunan fenolik bileşik madde miktarı 65.49 mg Gallik Asit Eşdeğeri (GAE)/g ve 228.40 mg (GAE)/g arasında değişmektedir (Osés vd., 2020). Bütün bunların yanında propolise kendine has kokusunu veren artepillin C gibi fenolik asitler ve terpenler (camphor, terpineol, geraniol, farnesol, nerol) olarak belirlenmiştir. Propoliste mikro ve makro elementler (Fe, Mn, Mg, Si, Zn, Se, Cu, Na, Ca, K) ile B1, B2, B6, E ve C vitaminleri bulunmaktadır (Przybyłek vd., 2019; Karagecili vd., 2023). Kimyasal bileşimindeki bu zenginlik antioksidan, antimikrobiyal, antikanser, antiülser, antidiyabetik etkilere karşı sorumludur (Kasiotis vd., 2017; Pina vd., 2017; Carlos vd., 2023).

SC-CO₂ kullanılarak baldaki Clostridium sporlarının süperkritik CO₂ ile ve uçucu yağlarla birlikte inaktivasyonu yapılarak, 60 dakikalık işlemden sonra atmosfer basıncında ısıyla karşılaştırılmasını yapmışlardır. Basınç 10 MPa 'ya ayarlanıp ve çözelti 300 rpm'de karıştırılıp SC-CO₂ metodu uygulanarak, 40 °C'de, önemli ($p \leq 0,05$)

derecede inaktivasyon gözlemişlerdir. Spor popülasyonunun başlangıç popülasyonuna göre yaklaşık %90'ı inaktive edilmiştir (Dacal-Gutiérrez A., vd., 2022).

Arı yavrularını (Erdem, S. ve İnci, H.,2022) kurutulup süperkritik CO₂ ekstraksiyon işleminin uygulanması, 600 bar'da yüksek basınçta gerçekleştirildiğinde yaklaşık 3-4 kat daha yüksek yağ içeriği ekstraksiyonuyla sonuçlanan önemli ölçüde artan verimlilik gözlemlenmiştir. Aynı ekstraksiyon işleminde sıcaklıklarının (40-60 °C) korunduğu, 180-220 bar aralığındaki daha düşük basınçlarla tekrarlandığı bu sıcaklık aralığında ekstraksiyon basıncının 600 bar ile karşılaştırıldığında toplam fenolik bileşikler artarken, toplam flavonoidleri azaldı. Özellikle, kurutulmuş arı yavrularından ekstrakte edilen yağ, çoğunlukla ana fenolik bileşik olan kuersetin nedeniyle antioksidasyon aktiviteleri (DPPH, ABTS ve FRAP analizleri) gözlemlendi. Yüksek basınç ve sıcaklıkta süperkritik CO₂ ekstraksiyonu, asit, iyot ve sabunlaşma değerlerinde bir azalmaya neden oldu. Süperkritik CO₂ ekstraksiyonu ile arı yavrularının yağdan arındırma işleminin ardından, arı yavruları önemli miktarda esansiyel ve esansiyel olmayan amino asit konsantrasyon seviyesini korudu (Wiriacharee, P., vd., 2024).

SCA-CO₂ tekniğinin elekler kullanılarak granülometri ile seçilen sarı ve turuncu arı polenlerinden karotenoidler bakımından konsantre yağlı ekstraktlar elde etme kapasitesi araştırıldı. İşlemlerin yaklaşık verimi yaklaşık %3 olmasına rağmen, toplam karotenoidlerin spektrofotometrik teknikle okunması, nihai ekstraktta, farklı kökenlerden arı poleni için diğer araştırmalar tarafından elde edilen sonuçlarla karşılaştırılabilir seviyede önemli bir içerik olduğunu göstermişlerdir (Natalia V., vd., 2024).

Aktif ilaçların önemli bir kaynaklarından biri de bitki metabolitleridir. Son zamanlarda bu konuda araştırmalar çok sayıda artmıştır. Genel olarak, bitki gövdesi doğal olarak iki tür metabolitten oluşur. Bunlar birincil metabolitler, karbonhidratlar, lipitler, nükleik

asitler esas olarak bitki büyümesi ve üremesinde rol oynar ve ikincil metabolitler fenolik bileşikler: basit fenoller ve flavonoidler, terpenlerdir bunlar fotosentez ve ürün dönüşümünde kullanılmaktadır.

Tıbbi ve aromatik bitkilerin hazırlanma ve toplanma faaliyetleri çok etkili bir şekilde yapılmalıdır. Genellikle bu tıbbi ve aromatik bitkiler doğadan doğrudan toplama yoluyla toplanıp ve bilinçsizce yapılan toplamalarda bitkilerde büyük oranda kayıplar oluşabilmekte bunu minimize etmek adına insanlar bilinçlendirilmeli ve türleri tehlikede olan bitkileri kültüre almak gerekir. Ürün hasatları sonrası kurutma işlemleri uygun şartlarda yapılmalı, tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanım miktarı-dozu yeterli oranlarda ayarlanmalıdır yoksa faydalı olan bitkiler zararlı bitkilere dönüşebilmektedir.

Aromatik bitkilerde süperkritik CO₂ ile yapılan ekstraksiyon çalışmaları, uçucu yağların kalitesini artırmakta ve istenmeyen bileşenlerin (örneğin, mumlar) ayrılmasını sağlamaktadır. Uçucu bileşiklerin süperkritik CO₂'deki çözünürlüğü mumlarınkinden çok daha yüksektir. Bununla birlikte, kütüküller mumlar yaprakların yüzeyinde bulunur ve bu da ekstraksiyon için daha uygun bir konumu temsil eder. Partikül boyutunun küçülmesi bazı trikomları ezerek yağın süperkritik sıvıya daha iyi maruz kalmasını sağlar. Bu nedenle, uçucu bileşiklerin ekstraksiyonu artar ve yaprak yüzeyinden mumların ayrılmasından daha elverişli hale gelir (Stahl ve Gerard, 1985).

Avrupa Farmakopesi'ne göre uçucu yağ, aromatik bitkilerden esas olarak buhar distilasyonu (SD) ve hidrodistilasyon (HD) gibi distilasyon metotlarla ortaya çıkan ekstrakttır. Genel olarak, bitkilerin uçucu yağların oksijenli türevleri, özellikle de kozmetik, ilaç ve gıda endüstrilerinde önemli olan alkoller, ketonlardan ve aldehitler oluşur (Council of Europe, 2007).

Bunun gibi geleneksel ekstraksiyon metotlar uçucu yağın kalitesini etkileyebilir, çünkü sıcaklık bileşiklerin bozulmasının yanında bazı bileşiklerde hidrolizi ve hidro-solubilizasyonu meydana gelebilir. Bu da çeşitli uçucu yağların lezzet ve koku profili bu teknikler kullanılarak

değiştirilebilir. Bu engellerin üstesinden gelmek için son yıllarda süperkritik akışkanların çözme gücüne dayanan yeni bir ekstraksiyon tekniği olan süperkritik akışkan ekstraksiyonu (SCA) alternatif olarak kullanılmaktadır (Brunu vd., 1993). En çok kullanılan süperkritik akışkan CO₂'dir, çünkü güvenli, düşük maliyetli, nispeten düşük basınçlarda ve oda sıcaklığına yakın sıcaklıklarda süperkritik işlemlere izin verir. CO₂ ile SCA çevre dostu bir tekniktir ve farklı bitki özütleri elde etmek için çok uygundur, çünkü süperkritik akışkanın sıcaklığı ve basıncı gibi işlem parametrelerinin manipülasyonları çözücü gücünü değiştirebilir.

Son yıllarda süperkritik ekstraksiyon ile elde edilen yağ, tanımı gereği esas olarak SD ve HD ile üretilen uçucu yağdan ayırt etmek için aslında uçucu yağ olarak adlandırılmaktadır. Bu süperkritik ekstraksiyon uygulamaları altında uçucu yağın tüm bileşikleri süperkritik CO₂ içinde büyük ölçüde çözünür. Süperkritik CO₂'deki farklı çözünürlüklerine ve aromatik bitkilerdeki konumlarına rağmen, kütüküler mumlar da birlikte ekstrakte edilir (Reis vd., 1999).

Kiraz çekirdeği yağı, pamuk çekirdeği yağı, fıstık ve badem meyvelerinden yağı gibi çeşitli bitkisel yağların SC-CO₂ ile yağ ekstrakte edip ve bu meyvelerinin hücre duvarı kompozisyonu üzerindeki etkilerini araştırmışlardır (Bernardo-Gil vd., 2001; Femenia vd., 2001).

Süperkritik ekstraksiyon tekniği ile yapılan bazı aromatik bitkiler ile ilgili uçucu yağların çalışmaları, yarbuz (*Mentha pulegium* L.) (Reis vd., 1999), rezene tohumları (*Foeniculum vulgare* Mill.) (Coelho, J.A.P vd.,2003), kişniş (*Coriandrum sativum* L.) (Grosso C, vd., 2008), savory (*Satureja fruticosa* Béguinot) (Coelho, J.A.P vd.,2007), geyik otu (*Satureja montana* L.) (Grosso C, vd., 2009), pamuk lavantası (*Santolina chamaecyparissus*) (Grosso C, vd., 2009), ve kekik (*Thymus vulgaris*) (Grosso C, vd., 2010), üzerinde çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Aromatik bitkilerden uçucu yağların süperkritik ekstraksiyonunun deneysel verilerinin modellenmesi çok önemlidir (Reverchon vd., 1999; Sovova 2005).

Tıbbi ve aromatik bitkiler son zamanlarda; boya, gıda, kozmetik, ilaç, tarım, tekstil gibi birçok farklı alanda kullanılmaktadır. Ülkelerin gelişmişlik seviyesine göre bitkilerin kullanım amaçlarında farklılık vardır. Gelişmekte olan ülkelerde bireylerin %80' i bitkisel ürünleri tedavi amaçla kullanmaktadır. Afrika, Asya ve Orta Doğu'daki bir kısım ülkelerde bu oran %95' e kadar çıkabilmektedir; gelişmiş olan ülkelerde ise bu oran daha azdır. Örneğin ABD'de %42, Almanya'da bu oran %40-50 dolaylarında, Fransa'da ise %49 ve Avustralya'da %48 dur (Acıbuca V. and Budak D, 2018). Ülkemiz zengin bir floraya sahip olması sebebiyle bu oran fazladır. Ülkemizde yaklaşık olarak 11000 civarında bitki türü olmakla birlikte ve bunlardan yaklaşık 500 kadarı alternatif tıp için kullanılabilir (Şükran vd., 2006).

Bitkilerin bazı bölümlerinden toplanılan ya da hasat edilen maddelerin harici veya dahili olarak hastalık tedavisinde kullanılmasında fayda sağlayan bitkilere tıbbi bitki denilmektedir. Bu tıbbi bitkiler hastalıkların tedavileri haricinde fitoterapi, gıda, eczacılık, kozmetik, baharat, boya, ziraat gibi alanlarda da kullanılabilir (Hakverdi A. and Yiğit N., 2017). Tıbbi aromatik bitkilerden üretilen bitkisel ilaçların üç çeşidi vardır, işlenmiş, işlenmemiş ve herbal (şifalı bitki) ürünleridir. Kullanım amaçları oldukça fazla olan bu bitkileri, kullanılan organlarına, familyalarına, içeriğindeki etken maddelerine, kullanımına, tüketimine ve farmakolojik etkilerine göre gruplandırılmaktadır (Gül V., 2014).

Tablo: Ülkemizde' de Kullanılan Bazı Tıbbi-Aromatik Bitkiler ve Kullanım Alanları (Tanrıkulu N., 2014)

Hastalık Adı	Tedavide Kullanılan Bitkiler
Böbrek Hastalığı	Ayrık Otu, Altın Otu, Atkuyruğu,
Hazımsızlık	Dereotu, Anason, Kakule, Havlıcan, Rezene, Zencefil, Kimyon, Yenibahar, Papatya,
Hemoroit	Civanperçemi, Sultan Otu, Zencefil, Kuşburnu, Mazi,
Kabızlık	Sinameki, Rezene, Keten Tohumu,
Kalp Hastalıkları	Ökseotu, Alıç,
Kanser Hastalığı	Kırmızıbiber, Ökse Otu, Isırgan Otu,

Karaciğer Hastalığı	Hindiba, Enginar, Kurtpençesi, Zerdeçal
Menopoz	Adaçayı, Karanfil, Anason, Tarçın, Papatya, Civanperçemi
Mide Kanaması	Kuşburnu, Civanperçemi, Sumac,
Mide Ağrısı Ve Bulantısı	Zencefil, Nane Eğir Kökü,
Prostat	Isırgan Otu Kökü Eğir Kökü, Yeşil Çay, Zerdeçal
Romatizma	Biberiye, Anason, Kekik, Atkuyruğu, Melisa, Karanfil, Papatya, Lavanta,
Safra Kesesi	Pelin Otu, Altın Otu, Zerdeçal, Civanperçemi, Hindiba,
Soğuk Algınlığı, Üşütme Ve Öksürük	Ardıç, Ekinezya, Ebegümesi, Karanfil, Meyankökü, Zencefil, Ihlamur, Papatya, Nane, Okaliptüs,
Stres, Depresyon Ve Endişe	Lavanta, Melisa, Şerbetçiotu, Anason, Rezene, Kantaron, Papatya,
Unutkanlık Ve Hafıza Zayıflığı	Biberiye, Adaçayı, Yeşil Çay, Kakule, Zencefil,
Uyku Bozukluğu	Çuha Çiçeği, Anason, Kedi Otu, Rezene, Melisa, Papatya, Şerbetçi Otu
Yorgunluk	Biberiye, Meyan Kökü, Ada Çayı, Kakule, Kuşburnu, Zencefil Kekik,
Yüksek Kolesterol	Zencefil Biberiye, Kekik, Yeşil Çay, Kuşburnu, Üzüm Çekirdeği,
Yüksek Şeker	Mersin Tarçın, Kudret Narı, Mahlep,
Zayıflama	Mısır Püskülü, Biberiye, Zerdeçal, Zencefil, Sinameki Mate Yaprağı, Kiraz Sapı, Yeşilçay, Rezene,

SONUÇ

Tüketicilerin dünya genelinde yüksek besin değerine sahip arı ürünlerine ve bitkilere olan talebi artmaktadır. Ancak, arı ürünlerinin ve bazı aromatik bitkilerin çoğu işleme, taşıma ve depolama sırasında kalite kaybına ve bozulmaya karşı hassastır. Yakın tarihlerde tanıtılan yeni teknolojik ürünler arasında, süperkritik karbondioksit (SC-CO₂), özellikle güvenli olması, toksik olmaması ve çevre dostu olması nedeniyle bu ürünleri işlemek ve korumak için yaygın olarak kullanılmaktadır.

Ekstraksiyon metotlarını, ekstraksiyon süresi, çözücü tiplerini ve ekstraksiyon sıcaklığını konu alan birçok araştırma literatürde yer almaktadır. Bazı çalışmalarda spesifik bileşenlerin ekstraksiyonu hakkında değerlendirmeler vardır. Bunların yanında geleneksel yöntemlerden olan maserasyonun halen propolis ekstraksiyonunda aktif olarak kullanılan etkin bir metot olduğu anlaşılmaktadır. Fakat ekstraksiyonun uzun sürmesi geleneksel olan bu metoda alternatif modern tekniklere yönelme neden olmuştur. Süperkritik CO₂ ekstraksiyonu, yeşil ekstraksiyon, yüksek hidrostatik basınç ekstraksiyonu, UAE ve MAE metotlarının ve bu metotların kombinasyonlarının kullanıldığı araştırmalarda, ekstraksiyon çalışmalarının geleneksel yöntemlere nazaran daha üstün sonuçlar verdiği görülmüştür. Enerjiyi daha verimli kullanan ve çevreci çözücülere ekstraksiyon metotlarına yönelmenin daha faydalı olacağı anlaşılmaktadır. Başka sıcaklıklar, çözücüler, ekstraksiyon yöntemi ve süre ve bunların karışımlarının optimize edildiği araştırmaların artırılması, bu alandaki eksikliklerin düzeltilmesinde faydalı olacaktır. Süper kritik CO₂ (Sc-CO₂) kullanan SCA, özellikle çevre kirliliği azaltma ve farmakoloji alanında geleneksel çözücü bazlı ekstraksiyon yöntemlerine potansiyel bir alternatif olarak ortaya çıkmaktadır.

Süper kritik akışkan teknolojisinde çözügen olarak kullanılan CO₂'nin toksik olmaması, ucuz olması ve alev almaması bu metodun ilgi görmesini sağlamaktadır. Bunun yanında CO₂'nin elde edilen ekstraktan rahatlıkla uzaklaşması tercih edilmesinde önemli bir faktördür. Doğal gıda katkı maddesi olarak kullanılan fenolik bileşiklerin besin içeriği, güvenli gıda üretimi, zenginleştirilmiş gıda üretimi gibi avantajları da barındırmaktadır.

KAYNAKÇA

- Acıbuca V. and D.B. Budak, “Dünya’da ve Türkiye’de Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Yeri ve Önemi,” Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi., vol. 33, no. 1, p. 37-44, 2018.
- Ahangari, Z., Naseri, M., Vatandoost, F. (2018). Propolis: Chemical composition and its applications in endodontics. *Iranian Endodontic Journal*, 13(3), 285–292. <https://doi.org/10.22037/iej.v13i3.20994>
- AlDreini, S., Fatfat, Z., Abou Ibrahim, N., Fatfat, M., Gali-Muhtasib, H., Khalife, H. (2023). Thymoquinone enhances the antioxidant and anticancer activity of Lebanese propolis. *World Journal of Clinical Oncology*, 14(5), 203–214. <https://doi.org/10.5306/wjco.v14.i5.203>
- Anjum, S. I., Ullah, A., Khan, K. A., Attaullah, M., Khan, H., Ali, H., Dash, C. K. (2019). Composition and functional properties of propolis (bee glue): A review. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(7), 1695–1703. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2018.08.013>
- Arslan, S., Perçin, D., Silici, S., Koç, AN., Er, Ö. 2010. Farklı çözücülerde hazırlanan propolis özütlerinin mutans streptokoklar üzerine in vitro antimikrobiyal etkisi, *Sağlık Bilimleri Dergisi*, 19(1), 68-73.
- Azmir J, Zaidul ISM, Rahman MM, Sharif KM, Mohamed A, Sahena F vd. Techniques for Extraction of Bioactive Compounds from Plant Materials: A Review. *Journal of Food Engineering*. 2013;117(4),426-436, doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.01.014.
- Bakkaloğlu, Z., Arıcı, M. 2019. Farklı çözücülerle propolis ekstraksiyonunun toplam fenolik içeriği, antioksidan kapasite ve antimikrobiyal aktivite üzerine etkileri. *Akademik Gıda*, 17(4), 538-545. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.667272>
- Bankova V, Trusheva B, Popova M. Propolis Extraction Methods: A Review. *Journal of Apicultural Research*. 2021;60(5),734-743, doi.org/10.1080/00218839.2021.1901426.
- Bankova V. Chemical Diversity of Propolis and the Problem of Standardization. *Journal of Ethnopharmacology*. 2005;100(1-2),114-117, doi.org/10.1016/j.jep.2005.05.004.
- Barrientos Lezcano JC, Gallo Machado J, Marin Palacio LD, Builes S. Extraction kinetics and physicochemical characteristics of Colombian

- propolis. *Journal Engineering*, of (2023), 10.1111/jfpe.14272.
- Bayram, N. E., Gercek, Y. C. (2020). Appropriate Maceration Duration for. (October).
- Bernardo-Gil, G., Oneto, C., Antunes, P., Rodrigues, MF, & Empis, JM (2001). Süperkritik karbondioksit kullanılarak kiraz çekirdeği yağından lipitlerin ekstraksiyonu. *Avrupa Gıda Araştırma ve Teknolojisi* , 212 , 170-174.
- Biel-Maeso, M., Corada-Fernández, C., & Lara-Martín, P. A. (2017). Determining the distribution of pharmaceutically active compounds (PhACs) in soils and sediments by pressurized hot water extraction (PHWE). *Chemosphere*, 185, 1001-1010.
- Bruno, T.J.; Castro, C.A.N.; Hamel, J.F.P.; Palavra, A.M.F. Process for Biological Materials; Kennedy, J.F., Cabral, J.M.S., Eds.; Wiley: New York, NY, USA, 1993; p. 303.
- Bobış, O., Berretta, A. A., Vilas-Boas, M., De Jong, D. (2023). Editorial: Therapeutic potential of propolis—from in vitro studies to clinical trials. *Frontiers in Pharmacology*, 14(May), 2022–2024. <https://doi.org/10.3389/fphar.2023.1192045>
- Büyüktünel, E. (2012). Gelişmiş ekstraksiyon teknikleri I. Hacettepe University Journal of the Faculty of Pharmacy, (2), 209-242.
- Carlos, J., Ruiz, R., Aracely, N., Pacheco, L., Guadalupe, E. (2023). Phenolic Content and Bioactivity as Geographical Classifiers of. propolis from stingless bees in southeastern Mexico. *Foods*, 12(7), 1434.
- Chew, N. W., Lee, G. K., Tan, B. Y., Jing, M., Goh, Y., Ngiam, N. J., ... & Sharma, V. K. (2020). A multinational, multicentre study on the psychological outcomes and associated physical symptoms amongst healthcare workers during COVID-19 outbreak. *Brain, behavior, and immunity*, 88, 559-565.
- Coelho, J.A.P.; Pereira, A.P.; Mendes, R.L.; Palavra, A.M.F. Supercritical carbon dioxide extraction of *Foeniculum vulgare* volatile oil. *Flavour Frag. J.* 2003, 18, 316–319.
- Coelho, J.A.P.; Grosso, C.; Pereira, A.P.; Burillo, J.; Urieta, J.S.; Figueiredo, A.C.; Barroso, J.G.; Mendes, R.L.; Palavra, A.M.F. Supercritical carbon dioxide extraction of volatiles from *Satureja fruticosa* Béguinot. *Flavour Frag. J.* 2007, 22, 438–442.
- Corzzini, S. C., Barros, H. D., Grimaldi, R., & Cabral, F. A. (2017). Extraction

- of edible avocado oil using supercritical CO₂ and a CO₂/ethanol mixture as solvents. *Journal of Food Engineering*, 194, 40-45.
- Coşkun, P., & Hakan, İ. N. C. İ. (2020). Propolisin kimyasal içeriği ile antibakteriyel, antiviral ve antioksidan aktivitesi. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 4(4), 1053-1070.
- Council of Europe. Council of Europe- COE- European Directorate for Quality of Medicines, *European Pharmacopeia*, 6th ed.; Council of Europe: Strasbourg, France, 2007.
- De Zordi, N., Cortesi, A., Kikic, I., Moneghini, M., Solinas, D., Innocenti, G., ve Dall'Acqua, S. (2014). The Supercritical Carbon Dioxide Extraction of Polyphenols from Propolis: a Central Composite Design Approach. *The Journal of Supercritical Fluids*, 95, 491-498.
- Dacal-Gutiérrez, A., Tirado, D. F., & Calvo, L. (2022). Inactivation of Clostridium spores in honey with supercritical CO₂ and in combination with essential oils. *Processes*, 10(11), 2232.
- Devequi-Nunes D, Machado BAS, Barreto GDA, Rebouças Silva J, da Silva DF, da Rocha JLC vd. Chemical Characterization and Biological Activity of Six Different Extracts of Propolis Through Conventional Supercritical 2018;13(12), Extraction. *Methods PLoS and One*. e0207676, doi.org/10.1371/journal.pone.0207676.
- Do Nascimento Araújo, C., Mayworm, M. A. S., Yatsuda, R., Negri, G., Salatino, M. L. F., Salatino, A., Campos, G. B. (2020). Chemical composition and antimycoplasma activity of a brown propolis from southern Brazil. *Journal of Food Science and Technology*, 57(11), 4228–4235. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04461-y>
- E. Hakverdi and N. Yiğit, “Yozgat-Akdağmadeni Yöresinde Bulunan Bazı Tıbbi ve Aromatik Bitkiler,” *Bartın Orman Fakültesi Dergisi.*, vol. 19, no. 2, p. 82-87, 2017.
- El-Guendouz, S., Lyoussi, B., Miguel, M. G. (2019). Insight on Propolis from Mediterranean Countries: Chemical Composition, Biological Activities and Application Fields. *Chemistry and Biodiversity*, 16(7). <https://doi.org/10.1002/cbdv.201900094>
- Erdem, S. ve İnci, H. (2022). Apilarnilin Yağ Asidi Özelliklerinin Belirlenmesi. *Türk Tarım Ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 9(4), 900-906. <https://doi.org/10.30910/turkjans.1111152>

- Farooq, S., Farooq, S., Rather, S. A., Ganaie, T. A. (2023). Supercritical CO₂ extraction of natural products. İçinde Extraction of Natural Products from Agro-Industrial Wastes (ss. 79–90). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823349-8.00011-3>
- Femenia, A., García-Marín, M., Simal, S., Rosselló, C., & Blasco, M. (2001). Effects of supercritical carbon dioxide (SC-CO₂) oil extraction on the cell wall composition of almond fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(12), 5828-5834.
- Fernandez et al., Kinetics study of a dichlorotriazine reactive dye in supercritical carbon dioxide, J. of Supercritical Fluids, Cilt 32., 147-152, 2004..
- Grijó, D. R., Osorio, I. A. V., & Cardozo-Filho, L. (2019). Supercritical extraction strategies using CO₂ and ethanol to obtain cannabinoid compounds from Cannabis hybrid flowers. *Journal of CO₂ Utilization*, 30, 241-248.
- Grosso, C.; Ferraro, V.; Figueiredo, A.C.; Barroso, J.G.; Coelho, J.A.; Palavra, A.M. Supercritical carbon dioxide extraction of volatile oil from Italian coriander seeds. *Food Chem.* 2008, 111, 197–203.
- Grosso, C.; Figueiredo, A.C.; Burillo, J.; Mainar, A.M.; Urieta, J.S.; Barroso, J.G.; Coelho, J.A.; Palavra, A.M.F. Enrichment of the thymoquinone content in volatile oil from *Satureja montana* using supercritical fluid extraction. *J. Sep. Sci.* 2009, 32, 328–334.
- Grosso, C.; Figueiredo, A.C.; Burillo, J.; Mainar, A.M.; Urieta, J.S.; Barroso, J.G.; Coelho, J.A.; Palavra, A.M. Supercritical fluid extraction of the volatile oil from *Santolina chamaecyparissus*. *J. Sep. Sci.* 2009, 32, 3215–3222.
- Grosso, C.; Figueiredo, A.C.; Burillo, J.; Mainar, A.M.; Urieta, J.S.; Barroso, J.G.; Coelho, J.A.; Palavra, A.M. Composition and antioxidant activity of *Thymus vulgaris* volatiles: Comparison between supercritical fluid extraction and hydrodistillation. *J. Sep. Sci.* 2010, 33, 2211–2218.
- Gül V., “Rize Yöresine Ait Tıbbi ve Aromatik Bitkilere Genel Bir Bakış,” İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi., vol. 4, no. 4 97-107, 2014.
- Güvenç, A. (1997). Etanolün fermantasyon çözeltilisinden süperkritik CO₂ ekstraksiyonu. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara

- Hakverdi A. E. and Yiğit N., “Yozgat-Akdağmadeni Yöresinde Bulunan Bazı Tıbbi ve Aromatik Bitkiler,” *Bartın Orman Fakültesi Dergisi.*, vol. 19, no. 2, p. 82-87, 2017.
- Hoseini, S. M., Taheri Mirghaed, A., & Yousefi, M. (2019). Application of herbal anaesthetics in aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 11(3), 550-564.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170077>
- Karageçili, H., Yılmaz, M. A., Ertürk, A., Kiziltas, H., Güven, L., Alwasel, S. H., Gulcin, İ. (2023). Comprehensive Metabolite Profiling of Berdav Propolis Using LC-MS/MS: Determination of Antioxidant, Anticholinergic, Antiglaucoma, and Antidiabetic Effects. *Molecules*, 28(4), 1739. <https://doi.org/10.3390/molecules28041739>
- Kasiotis, K. M., Anastasiadou, P., Papadopoulous, A., Machera, K. (2017). Revisiting Greek propolis: Chromatographic analysis and antioxidant activity study. *PLoS ONE*, 12(1), 1–27.
- Khaw, K. Y., Parat, M. O., Shaw, P. N. and Falconer, J. R. (2017). Solvent supercritical fluid technologies to extract bioactive compounds from natural sources: A review. *Molecules*, 22(7), 1186. <https://doi.org/10.3390/molecules22071186>
- Lopez-Dominguez, P., Lopez-Periago, A. M., Fernandez-Porras, F. J., Fraile, J., Tobias, G., & Domingo, C. (2017). Supercritical CO₂ for the synthesis of nanometric ZIF-8 and loading with hyperbranched aminopolymers. Applications in CO₂ capture. *Journal of CO₂ Utilization*, 18, 147-155.
- Machado BAS, Barreto GDA, Costa AS, Costa SS, Silva RPD, da Silva DF vd. Determination of Parameters for the Supercritical Extraction of Antioxidant Compounds from Green Propolis Using Carbon Dioxide and Ethanol as CoSolvent. *PLoS One*. 2015;10(8), e0134489, doi.org/10.1371/journal.pone.0134489.
- Marcus, Y. (2018). Extraction by subcritical and supercritical water, methanol, ethanol and their mixtures. *Separations*, 5(1), 4.
- Margeretha, I., Fatma Suniarti, D., Herda, E., Mas'ud, Z. A. (2012). Optimization and comparative study of different extraction methods of biologically active components of Indonesian propolis *Trigona* spp. *Journal of Natural Products*, 5, 233–242. Tarihinde adresinden erişildi www.JournalofNaturalProducts.Com

- Mele, E. (2023). Electrospinning of honey and propolis for wound care. *Biotechnology and Bioengineering*, 120(5), 1229–1240. <https://doi.org/10.1002/bit.28341>
- Natalia Viloria-Pérez, Lady Viviana Camargo-Ovalle, Luis I. Rodríguez-Varela, Consuelo Díaz-Moreno, Héctor Suárez-Mahecha, Supercritical CO₂ extraction of carotenoids from high Andean forest bee pollen, *The Journal of Supercritical Fluids*, Volume 209, 2024, 106236, ISSN 0896-8446, <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2024.106236>.
- Norulaini, N.A.N., Md Zaidul, I.S., Anuar, O., Omar, A.K.M. (2004), “Supercritical enhancement for separation of lauric acid and oleic acid in palm kernel oil (PKO)”, *Separation and Purification Technology*, 35, 55-60.
- Osés, S. M., Marcos, P., Azofra, P., de Pablo, A., Fernández-Muñoz, M. Á., Sancho, M. T. (2020). Phenolic Profile, Antioxidant Capacities and Enzymatic Inhibitory Activities of Propolis from Different Geographical Areas: Needs for Analytical Harmonization. *Antioxidants* (Basel, Switzerland), 9(1). <https://doi.org/10.3390/antiox9010075>
- Ouyang, X., & Lin, B. (2017). Carbon dioxide (CO₂) emissions during urbanization: a comparative study between China and Japan. *Journal of cleaner production*, 143, 356-368.
- Özkal, S.G., Salgın, U., Yener, M.E. (2005), “Supercritical carbon dioxide extraction of hazelnut oil”, *Journal of Food Engineering*, 69, 217-223.
- Przybyłek, I., Karpiński, T. M. (2019). Antibacterial properties of propolis. *Molecules*, 24(11), 11–13. <https://doi.org/10.3390/molecules24112047>
- Pellati, F., Prencipe, F. P., Bertelli, D., ve Benvenuti, S. (2013). An Efficient Chemical Analysis of Phenolic Acids and Flavonoids in Raw Propolis by Microwave-Assisted Extraction Combined with High- Performance Liquid Chromatography Using the Fused-Core Technology. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 81, 126-132.
- Pereira, C.G. and Meireles, M.A.A. (2010). Supercritical fluid extraction of bioactive compounds: Fundamentals, applications and economic perspectives. *Food and Bioprocess Technology*, 3(3),340-372. <https://doi.org/10.1007/s11947-009-0263-2>
- Pina, R., Silva, D., Aparecida, B., Machado, S., De, G., Barreto, A., Umszaguez, M. A. (2017). cytotoxic properties of various Brazilian propolis

- extracts. PLoS ONE, 12(3), 1–18.
- Plotka-Wasyłka, J., Rutkowska, M., Owczarek, K., Tobiszewski, M., & Namieśnik, J. (2017). Extraction with environmentally friendly solvents. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 91, 12-25.
- Pumure, I., Renton, J. J., & Smart, R. B. (2010). Ultrasonic extraction of arsenic and selenium from rocks associated with mountaintop removal/valley fills coal mining: Estimation of bioaccessible concentrations. *Chemosphere*, 78(11), 1295-1300.
- Reis-Vasco, E.M.C.; Coelho, J.P.; Palavra, A.F. Comparison of pennyroyal oils obtained bysupercritical CO2 extraction and hydrodistillation. *Flavour Frag. J.* **1999**, 14, 156–160.
- Reis JHDO, Machado BAS, Barreto GDA, Anjos JPD, Fonseca LMDS, Santos AAB vd. Supercritical Extraction of Red Propolis: Operational Conditions and Chemical Characterization. *Molecules*. 2020;25(20),4816, doi.org/10.3390/molecules25204816.
- Reverchon, E.; Della Porta, G.; Lamberti, G. Modelling of orange flower concrete fractionation by supercritical CO2. *J. Supercrit. Fluid*. 1999, 14, 115–121.
- Sforcin, J. M. (2016). Biological Properties and Therapeutic Applications of Propolis. *Phytotherapy Research*, 30(6), 894–905. <https://doi.org/10.1002/ptr.5605>
- Sihvonen, M., Järvenpää, E., Hietaniemi, V., & Huopalahti, R. (1999). Advances in supercritical carbon dioxide technologies. *Trends in Food Science & Technology*, 10(6-7), 217-222.
- Smith, J.M., Van Ness, H.V.C., Abbott, M.M., Introduction to Chem. Eng. Thermodynamics, McGraw Hill Comp., Int. Editions, fifth ed., Appendix B, Table B1, 636,1996.
- Sovová, H. Mathematical model for supercritical fluid extraction of natural products and extraction curve evaluation. *J. Supercrit. Fluid*. 2005, 33, 35–52.
- Stahl E, D. Gerard, Solubility behaviour and fraction of essentai oils in dense carbon dioxide, *Perfumer & Flavorist* 10 (1985) 29–37.
- Ş. Türkan, H. Malyer, S.Ö. Aydın and G. Tümen, “Ordu İli ve Çevresinde Yetişen Bazı Bitkilerin Etnobotanik Özellikleri,” Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi., vol. 10, no. 2, p. 162-166,

- 2006.
- Tanrıkulu N., “Kozmetik Bitkileri Tarımı ve Türkiye Florasının Kozmetik Bitkileri Açısından Önemi,” in 4. Kozmetik Kimyası, Üretimi, Standardizasyonu Kongresi, Kimyagerler Derneği, 2014.
- Trusheva, B., Trunkova, D., ve Bankova, V. (2007). Different Extraction Methods of Biologically Active Components from Propolis: A Preliminary Study. *Chemistry Central Journal*, 1(1), 1-4.
- Wiriyacharee, P., Chalermchat, Y., Siriwoharn, T., Jirattananang, W., Tangjaidee, P., Chaipoot, S., ... & Muangrat, R. (2024). Utilizing Supercritical CO₂ for Bee Brood Oil Extraction and Analysis of Its Chemical Properties. *Foods*, 13(16), 2486.
- Wu, JJ., Shen, CT., Jong, TT., Young, Chiu-Chung, Y., Yang, HL., Hsu, SL., Chang, CM., Shiesh, CJ. 2009. Supercritical carbon dioxide anti-solvent process for purification of micronized propolis particules and associated anti-cancer activity. *Separation and Purification Technology*, 70, 190-198. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2009.09.015>
- Yara-Varón, E., Selka, A., Fabiano-Tixier, A. S., Balcells, M., Canela-Garayoa, R., Bily, A., ... & Chemat, F. (2016). Solvent from forestry biomass. Pinane a stable terpene derived from pine tree byproducts to substitute n-hexane for the extraction of bioactive compounds. *Green Chemistry*, 18(24), 6596-6608.
- Yeo, K. L., Leo, C. P., ve Chan, D. J. C. (2015). Ultrasonic Enhancement on Propolis Extraction at Varied pH and Alcohol Content. *Journal of Food Process Engineering*, 38(6), 562-570.
- Yıldız, O. (2020). Tüketilebilir Propolis Ekstrelerinde Kullanılan Çözücülerin (Menstrumların) Değerlendirilmesi. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 20(1), 24-37.
- Yin, J.Z., Wang, A.Q., Wei, W. ve ark. (2005), “Analysis of the operation conditions for supercritical fluid extraction of seed oil”, *Separation and Purification Technology*, 43, 163–167.
- Yousefi, S. R., Amiri, O., & Salavati-Niasari, M. (2019). Control sonochemical parameter to prepare pure ZnO. 35Fe₂. 65O₄ nanostructures and study their photocatalytic activity. *Ultrasonics sonochemistry*, 58, 104619.
- Zhang, H., Fu, Y., Niu, F., Li, Z., Ba, C., Jin, B., ve Li, X. (2018). Enhanced Antioxidant Activity and in Vitro Release of Propolis by Acid-Induced

Aggregation Using Heat-Denatured Zein and Carboxymethyl Chitosan.
Food Hydrocolloids, 81, 104-112.

BÖLÜM 10

BÖCEK SİSTEMATİĞİNDE BAL ARILARININ YERİ

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet İLKAYA¹
Öğr. Gör. Zeynep ASUTAY²
Prof. Dr. Bünyamin SÖĞÜT³

¹ Arıcılık Araştırma, Geliştirme Uygulama Ve Araştırma Merkezi / Zootekni Ve Hayvan Besleme, Bingöl, Türkiye. <https://orcid.org/0000-0002-1797-144X>
E-mail: milkaya@bingol.edu.tr

² Bitlis Eren Üniversitesi, Hizan Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Arıcılık Programı Bitlis Orcid No: 0000-0002-5854-1040
E-mail:zasutay@beu.edu.tr

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

GİRİŞ

Böcekler, ekosistemlerin en çeşitli ve yaygın gruplarından biri olup, dünya üzerindeki tüm canlıların yaklaşık üçte birini oluşturmaktadır (Chapman, 2013). Bu çeşitlilik, böceklerin evrimsel süreçleri ve ekolojik rollerinin incelenmesi için büyük bir zenginlik sunmaktadır. Böcek sistematigi, bu canlıların sınıflandırılması ve ilişkilerinin anlaşılması açısından kritik öneme sahiptir. Arıların, özellikle de bal arılarının (*Apis mellifera*), böcek sistematigindeki yeri, hem biyolojik çeşitlilik açısından hem de tarımsal ve ekolojik fonksiyonları bakımından dikkat çekmektedir.

Bal arıları, Hymenoptera takımına ait sosyal böceklerdir ve polinatör olarak ekosistemlerdeki önemli rolleri ile bilinmektedirler. Şu anda bilinen yaklaşık 20.000 arı türü arasında, bal arıları özellikle insanlar için ekonomik öneme sahiptir. Tarımda sağladıkları polinasyon hizmetleri, gıda üretiminde büyük bir katkı sağlamaktadır (Klein et al., 2007). Bununla birlikte, bal arılarının sistematik olarak incelenmesi, onların biyolojik çeşitliliğini ve evrimsel tarihlerini anlamak için gereklidir. Sistematik çalışmalarda, morfolojik özelliklerin yanı sıra genetik verilerin kullanılması, türler arası ilişkilerin ve evrimsel süreçlerin daha iyi anlaşılmasına yardımcı olmaktadır (Gonzalez et al., 2015).

Böcekler, dünya üzerindeki en çeşitli ve yaygın hayvan grubunu oluşturur ve ekosistemlerdeki rolleri, besin döngüsü, polinasyon, toprak oluşumu gibi birçok kritik süreçte önemli bir yere sahiptir. Bu grup, yaklaşık 1 milyon tanımlanmış türle birlikte, tüm hayvan türlerinin yaklaşık yüzde seksenini kapsar (Grimaldi & Engel, 2005). Bu geniş çeşitlilik içinde, bal arıları (*Apis cinsi*), özellikle ekosistemlerin sürdürülebilirliği açısından önemli bir yer tutar. Bal arıları, bitkilerin polinatörleri olarak, tarımda ve doğal ekosistemlerde büyük bir rol oynarlar ve bu nedenle besin güvenliği için hayati öneme sahiptirler (Klein et al., 2007).

Bal arıları, Hymenoptera takımına ait sosyal böceklerdir ve karmaşık sosyal yapıları, iş bölümü ve polinasyon süreçleri ile dikkat çekerler. Sosyal yapıları, onların çevresel stres faktörlerine karşı dayanıklılığını artırırken, aynı zamanda koloninin hayatta kalmasını sağlar. Bu yönleriyle bal arıları, diğer böcek gruplarından belirgin şekilde ayrılır. Diğer böcek grupları, örneğin Coleoptera (böcekler) veya Lepidoptera (kelebekler), genellikle sosyal yapıdan yoksun olup, daha bireysel hayatta kalma stratejileri izlerler. Bu farklılıklar,

ekosistemlerdeki rollerini ve bu rollerin insan toplulukları üzerindeki etkilerini şekillendirir.

Bal arılarının taksonomik karakterleri, morfolojik ve genetik özellikleri, onları diğer böcek gruplarından ayıran temel unsurlardır. Örneğin, bal arılarında belirgin olarak uzun antenler, yapışkan polen torbaları ve toplumsal yaşam tarzı gibi karakteristik özellikler bulunur. Bu özellikler, onların ekolojik işlevlerini ve polinasyon süreçlerindeki rollerini etkilerken, diğer böcek gruplarının yapısal ve davranışsal farklılıkları, onların benzer işlevlerdeki etkinliğini azaltabilir (Winston, 1987).

Bal arıları, sadece polinatör olarak değil, aynı zamanda ekosistem dengesinin sağlanmasında da kritik bir rol oynar. Ekosistemlerdeki biyoçeşitliliği artırarak, bitkilerin üreme süreçlerini desteklerler. Bunun yanı sıra, tarımsal üretkenliği artırarak, gıda güvenliğine doğrudan katkıda bulunurlar. Dünyadaki tarımsal ürünlerin yaklaşık üçte birinin, bal arılarının polinasyonuna bağlı olduğu tahmin edilmektedir (Klein et al., 2007). Bu durum, onların ekonomik değerini de artırmaktadır; dolayısıyla, bal arılarına yönelik koruma çabaları, sadece biyolojik çeşitliliğin korunması değil, aynı zamanda insanların gıda kaynaklarının sürdürülebilirliği açısından da hayati önem taşır.

Ancak, bal arıları son yıllarda ciddi tehditlerle karşı karşıya kalmaktadır. Habitat kaybı, iklim değişikliği, pestisit kullanımı ve hastalıklar gibi faktörler, bal arılarını ve dolayısıyla ekosistemleri tehdit eden unsurlar arasında yer almaktadır. Araştırmalar, bu tehditlerin bal arılarının popülasyonlarını ve sağlık durumlarını olumsuz etkilediğini göstermektedir (Potts et al., 2010). Özellikle pestisitler, bal arılarının davranışlarını, bağışıklık sistemlerini ve üreme yeteneklerini olumsuz etkileyerek, kolonilerin çökmesine neden olabilir (Goulson, 2013). Bu nedenle, bal arılarının korunması, sadece bu polinatörlerin değil, aynı zamanda bütün ekosistemlerin sağlığı için kritik bir öneme sahiptir.

Bal arılarının korunması, sadece biyolojik çeşitliliğin sürdürülmesi açısından değil, aynı zamanda ekosistem hizmetlerinin devamı için de büyük önem taşır. Pollinatörlerin yokluğu, bitki türlerinin azalmasına ve sonuç olarak, gıda zincirinin bozulmasına yol açabilir. Ekosistemlerdeki dengesizlikler, tarım ürünlerinin verimliliğini olumsuz etkileyerek, gıda güvenliğini tehdit edebilir. Bunun yanı sıra, polinatörlerin azalması, yerel ekosistemlerin sağlığı ve sürdürülebilirliği üzerinde de derin etkiler yaratmaktadır (González et al., 2020).

Özellikle kentsel alanlarda, insan faaliyetlerinin ve iklim değişikliğinin etkileri, bal arıları üzerinde daha belirgin hale gelmektedir. Kentsel ekosistemlerin yapılandırılması, yeşil alanların azalması ve tarım uygulamalarındaki değişiklikler, bu polinatörlerin yaşam alanlarını daraltmakta ve dolayısıyla, popülasyonlarını tehdit etmektedir (Baldock et al., 2015). Bu durum, yalnızca bal arıları için değil, tüm polinatörler için geçerlidir ve dolayısıyla, ekosistem işlevlerinin sürdürülebilirliği açısından büyük bir risk oluşturur.

Bu çalışma, böcek sistematigi bağlamında bal arılarının taksonomik yeri ve evrimi üzerinde durulacak, arıların biyolojik çeşitliliği, polinasyon üzerindeki etkileri ve ekosistemler içerisindeki rolleri detaylandırılacaktır. Ayrıca, bal arılarının korunması gereken türler olarak önemi ve karşılaştıkları tehditler de ele alınacaktır. Bu bağlamda, yapılan araştırmalar ve elde edilen bulgular ışığında, bal arılarının sistematikteki yeri daha iyi anlaşılmasına çalışılacaktır.

1. BÖCEK TAKSONOMİSİ

Böcek sistematigi, türlerin tanımlanması, adlandırılması ve sınıflandırılması sürecidir. Bu süreç, taksonomik hiyerarşi prensiplerine dayanır. Taksonomik sıralama şu şekilde ilerler: domain, krallık, şube, sınıf, takım, familya, cins ve tür (Mayr, 1969).

1.1. Taksonomik Hiyerarşi

Böcekler, Hayvanlar Alemi (Animalia), Eklem Bacaklılar Şubesi (Arthropoda), Böcekler Sınıfı (Insecta) altında sınıflandırılır. Böcek sınıfı, yaklaşık 30 takım, 900 aile ve milyonlarca tür içerir (Grimaldi & Engel, 2005). Taksonomik hiyerarşi, böceklerin evrimsel geçmişini ve biyolojik ilişkilerini belirlemek için kullanılır. Örneğin, Hymenoptera takımı, bal arıları, karıncalar ve yaban arılarını içerirken, Lepidoptera takımı kelebekler ve güveler gibi türleri kapsar.

1.2. Böcek Teşhis Anahtarları

Böcek teşhis anahtarları, türlerin doğru bir şekilde sınıflandırılmasını sağlayan araçlardır. Dichotomous anahtarlar, iki seçeneğe ayrılan ifadeler sunarak böceğin hangi taksonomik gruba ait olduğunu belirlemeye yardımcı olur. Genellikle morfolojik özelliklere dayanır ve aşamalı olarak ilerleyerek böceğin

familiya, cins ve tür düzeyine kadar indirgenmesini sağlar (Triplehorn & Johnson, 2005).

Örnek bir böcek teşhis anahtarı şu şekilde olabilir:

1. Anten uzunluğu:

- Uzun ve çok segmentli anten → Karıncalar (Formicidae)
- Kısa ve daha az segmentli anten → Arılar veya Yaban Arıları

2. Kanat yapısı:

- Şeffaf zar kanatlar ve belirgin kanat damarlanması → Yaban Arıları (Vespidae)
- Daha koyu kanat damarlanması ve daha yuvarlak baş → Arılar (Apidae)

3. Ağız yapısı:

- Emici yapı (beslenme sırasında nektar toplar) → Bal arıları (Apis)
- Çiğneyici yapı (avcı ya da etçil beslenme) → Yaban arıları

2. BÖCEK TAKIMLARI VE SİSTEMATİK ÖZELLİKLERİ

Böceklerin taksonomik sınıflandırılması, her bir takımın belirli morfolojik özelliklerine dayanır. Bu bölümde, en bilinen böcek takımlarını ve bu takımların sistematik özelliklerini detaylı bir şekilde ele alacağız.

2.1. Coleoptera (Kın Kanatlılar)

- **Özellikleri:** Coleoptera takımı, yaklaşık 400.000 tanımlanmış tür ile böcekler arasındaki en geniş takımlardan biridir. Bu takımın üyeleri, kın şeklindeki sert ön kanatlarıyla (elytra) tanınır.
- **Ekolojik Roller:** Coleoptera üyeleri genellikle detritivor (çürükçül) olarak organik maddeyi parçalarlar, ancak bazı türler predatör veya fitofag olabilirler (Crowson, 1981).
- **Örnek Türler:** Coccinellidae (uğur böcekleri), Curculionidae (hortumlu böcekler).

2.2. Diptera (Çift Kanatlılar)

- **Özellikleri:** Diptera takımındaki böcekler, tek çift fonksiyonel kanat ile tanınır. Arka kanatlar, dengeyi sağlamak için "halter" adı verilen küçük yapı haline dönüşmüştür.

- **Ekolojik Roller:** Diptera üyeleri, organik maddelerin ayrışması ve bitki polinasyonu gibi ekosistem işlevlerinde önemli bir rol oynar. Ayrıca bazı türler, parazit veya patojen taşıyıcı olarak insan sağlığına da etkide bulunurlar (Triplehorn & Johnson, 2005).
- **Örnek Türler:** Muscidae (ev sinekleri), Culicidae (sivrisinekler).

2.3. Hymenoptera (Zar Kanatlılar)

- **Özellikleri:** Hymenoptera, iki çift zar kanada sahip olan ve genellikle sosyal yapılar geliştiren bir böcek takımıdır. Bu takım, arılar, karıncalar ve yaban arıları gibi sosyal türleri içerir.
- **Ekolojik Roller:** Hymenoptera üyeleri, polinasyon ekolojisi açısından kritik bir rol oynar. Ayrıca, bu takımda yer alan karıncalar, toprak ekolojisinde kilit roller üstlenir (Michener, 2007).
- **Örnek Türler:** Apidae (bal arıları), Formicidae (karıncalar), Vespidae (yaban arıları).

2.4. Lepidoptera (Kelebekler ve Güveler)

- **Özellikleri:** Lepidoptera, iki çift geniş ve pullarla kaplı kanatları olan böceklerden oluşur. Kelebekler ve güveler, özellikle renkli kanat desenleri ile bilinirler. Bu takım, yaklaşık 160.000 tür ile oldukça çeşitlidir.
- **Ekolojik Roller:** Lepidoptera üyeleri, bitkilerden nektar toplarken polinatör olarak işlev görürler. Ancak, bal arıları kadar etkili polinatörler değildir (Klein et al., 2007).
- **Örnek Türler:** Papilionidae (kırlangıçkuyruk kelebekleri), Noctuidae (baykuş güveleri).

3. BAL ARISI TAKSONOMİSİ VE DİĞER BÖCEK TAKIMLARI İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Bal arıları, sistematikte Hymenoptera takımında yer alır ve Apidae familyasının bir üyesidir. Bal arıları, diğer böcek takımlarıyla karşılaştırıldığında birkaç benzersiz taksonomik özelliğe sahiptir. Bu özellikler, bal arılarının ekolojik işlevlerini yerine getirirken uyum sağladıkları adaptasyonlara işaret eder:

- **Kanat Yapısı:** Hymenoptera takımındaki zar kanatlı yapı, polinasyon esnasında aerodinamik avantaj sağlar ve diğer takımların kanat yapılarına göre daha ince ve dayanıklıdır.
- **Sosyal Yapı:** Bal arıları, çok gelişmiş bir sosyal hiyerarşiye sahip olup, kraliçe, işçi ve erkek arıların farklı görevlerle toplum içinde işlev gördüğü bir yaşam biçimi geliştirmiştir. Bu durum, diğer Hymenoptera türleriyle (örneğin yaban arıları) benzerlik gösterse de, karıncalar gibi yer altı kolonilerinde değil, kovanda yaşarlar (Seeley, 1985).
- **Beslenme ve Ağız Yapısı:** Bal arılarının beslenme esnasında kullandığı dilimsi ağız yapısı, Diptera veya Coleoptera takımındaki türlere kıyasla daha özelleşmiştir.

4. BÖCEKLERİN SİSTEMATİK SINIFLANDIRMASI

Böcekler, Arthropoda şubesine aittir ve bu şubenin en geniş sınıfı olan Insecta (Böcekler) sınıfı içinde yer alır. Insecta, dünya genelinde birçok farklı takım, familya, cins ve tür içermektedir. Aşağıda, böceklerin sistematik sınıflandırmasında temel olan ana taksonomik kategoriler ve bu kategorilere ait teşhis anahtarları verilmiştir.

4.1. Takım Düzeyinde Böcek Sınıflandırması

Böcekler, yaklaşık 30 ana takıma ayrılır. Bu takımlar, ortak morfolojik özelliklere göre sınıflandırılmıştır ve her birinin farklı teşhis anahtarları vardır. İşte bazı ana böcek takımları:

1. **Coleoptera** (Kın Kanatlılar):

○ Teşhis Anahtarı:

- İlk çift kanatları sert ve koruyucu yapıdadır, **elytra** adı verilen kın şeklindedir.
- İkinci çift kanatlar ince ve zar yapısında olup uçmak için kullanılır.
- Ağız parçaları çiğneyici tiptedir.
- Vücut genellikle serttir ve segmentlere ayrılmıştır (Crowson, 1981).

○ Örnek: *Coccinella septempunctata* (Uğur böceği)

2. **Diptera** (Çift Kanatlılar):

- Teşhis Anahtarı:
 - Tek çift kanatları vardır, ikinci çift kanatlar **haltere** adı verilen denge organına dönüşmüştür.
 - Ağız parçaları genellikle emici veya delici-emici yapıdadır.
 - Larvalar başsız ve bacaksızdır.
- Örnek: *Musca domestica* (Ev sineği)
- 3. **Hymenoptera** (Zar Kanatlılar):
 - Teşhis Anahtarı:
 - İki çift zar şeklinde kanatları vardır, arka kanatlar daha küçüktür.
 - Ağız parçaları genellikle çiğneyici veya yalayıcı-çiğneyici tiptedir.
 - Sosyal koloniler oluşturabilen bazı türlerde iğne vardır.
 - Örnek: *Apis mellifera* (Bal arısı)
- 4. **Lepidoptera** (Kelebekler ve Güveler):
 - Teşhis Anahtarı:
 - İki çift geniş ve pul kaplı kanatları vardır.
 - Ağız parçaları emici yapıdadır ve **proboscis** adı verilen uzun bir hortum oluşturur.
 - Larvaları tırtıl olarak bilinir ve genellikle çok sayıda ayağı vardır.
 - Örnek: *Danaus plexippus* (Kral kelebeği)
- 5. **Hemiptera** (Yarım Kanatlılar):
 - Teşhis Anahtarı:
 - Ön kanatların bazal kısmı sert, uç kısmı zar yapısında olup bu yapı yarı kanat adını alır.
 - Ağız parçaları delici-emici yapıdadır.
 - Vücut oval ya da yuvarlak olabilir, genellikle yassıdır.
 - Örnek: *Cimex lectularius* (Tahtakurusu)
- 6. **Odonata** (Yusufçuklar):
 - Teşhis Anahtarı:

- İki çift uzun ve zar kanatları vardır, her iki kanat çifti de aynı boyuttadır.
 - Büyük bileşik gözleri vardır.
 - Ağız parçaları çiğneyici tiptedir, yırtıcıdır.
 - Örnek: *Anax imperator* (İmparator Yusufçuğu)
7. **Orthoptera** (Düz Kanatlılar):
- Teşhis Anahtarı:
 - Uzun arka bacakları zıplamak için adapte olmuştur.
 - Ağız parçaları çiğneyici tiptedir.
 - Ön kanatlar dar ve sertleşmiş, arka kanatlar geniş ve zar yapısındadır.
 - Örnek: *Locusta migratoria* (Göçmen çekirge)

4.2. Böceklerin Familya Düzeyinde Sınıflandırılması

Takımlar içinde böcekler, daha spesifik özelliklerine göre familyalara ayrılır. Örneğin, Hymenoptera takımı içinde bal arıları Apidae familyasında sınıflandırılır. Böcek familyaları arasındaki farklılıklar, vücut yapıları, yaşam biçimleri ve ekolojik rollerine göre belirlenir.

Apidae familyası, sosyal ve yalnız yaşayan arıları içerir. Bu familyanın üyeleri, özellikle polinasyon hizmetleriyle bilinirler (Michener, 2007). Aşağıda bazı önemli böcek familyaları verilmiştir:

1. **Coccinellidae** (Uğur böcekleri):
 - Kın kanatlılar takımının bir familyasıdır.
 - Yarım küre şeklinde vücut yapıları vardır, genellikle parlak renkli ve siyah benekli olur.
2. **Culicidae** (Sivrisinekler):
 - Diptera takımına ait bir familyadır.
 - İnce uzun vücutları ve uzun bacakları vardır. Dişi bireyler kan emer ve hastalık taşıyabilir.
3. **Formicidae** (Karıncalar):
 - Hymenoptera takımının bir familyasıdır.
 - Sosyal böceklerdir ve genellikle büyük koloniler halinde yaşarlar. Antenleri kıvrıktır ve iğneleri vardır.
4. **Papilionidae** (Kırlangıçkuyruk kelebekleri):

- Lepidoptera takımına ait bir familyadır.
- Büyük ve gösterişli kanatları olan kelebeklerdir, genellikle kuyruk şeklinde çıkıntılara sahiptir.

5. **Reduviidae** (Katil böcekler):

- Hemiptera takımının bir familyasıdır.
- Uzun bacakları ve güçlü delici-emici ağız parçalarıyla avlarını yakalar ve beslenirler.

5. BAL ARILARININ TAKSONOMİK KARAKTERLERİ VE DİĞER BÖCEKLERLE KARŞILAŞTIRILMASI

5.1. Bal Arılarının Taksonomik Sınıflandırması

Bal arıları, böcekler içinde Hymenoptera takımına ve Apidae familyasına aittir. *Apis* cinsi, sosyal yapıları ve koloniler oluşturma özellikleriyle bilinir. Bal arılarının taksonomik karakterleri, vücut morfolojisi, davranışsal özellikler ve genetik yapıları üzerinden tanımlanır (Ruttner, 1988).

Apis mellifera'nın başlıca morfolojik özellikleri:

- İki çift zar kanatları vardır, ön kanatlar arka kanatlardan daha büyüktür.
- Ağız parçaları yalayıcı-çiğneyici yapıdadır.
- Arka bacaklarda polen sepeti (corbicula) adı verilen özel yapılar bulunur.
- Dişi bireylerde iğne mevcuttur, işçi arılar savunma amacıyla kullanır (Winston, 1999).

5.2. Bal Arıları ile Diğer Hymenoptera Üyeleri Arasındaki Karşılaştırma

Hymenoptera takımında yer alan diğer böceklerle karşılaştırıldığında, bal arıları oldukça sosyal bir yaşam tarzına sahiptir. Formicidae (karıncalar) gibi diğer sosyal Hymenoptera üyeleriyle benzer şekilde koloniler oluştururlar ve işbölümü yaparlar. Ancak bal arıları, yiyecek toplama ve polinasyon yapma gibi özel ekolojik rollere sahiptir (Michener, 2007).

Buna karşılık, Vespidae familyasında yer alan eşek arıları gibi bazı Hymenoptera üyeleri, daha yırtıcı bir yaşam tarzı sürerler ve genellikle avlarını yakalayıp beslenirler. Eşek arılarıyla karşılaştırıldığında, bal arıları daha uysal

bir doğaya sahiptir ve insanların yanına geldiklerinde genellikle saldırgan davranışlar göstermezler (Spradbery, 1973).

5.3. Bal Arılarının Diğer Böcek Takımları ile Karşılaştırılması

Bal arıları, diğer böcek takımlarıyla karşılaştırıldığında özellikle polinasyon hizmetleri açısından öne çıkar. Örneğin, Lepidoptera takımında yer alan kelebekler de polinatör olarak bilinir; ancak kelebekler nektar toplama sırasında bal arıları kadar etkili değildirler çünkü polen taşıma kapasiteleri sınırlıdır. Bal arıları, arka bacaklarında polen taşımak için özel yapılara sahip olduklarından, bitkilerin tozlaşmasında daha verimli olurlar (Klein et al., 2007).

Coleoptera (kın kanatlılar) takımında yer alan böceklerle karşılaştırıldığında ise, bal arıları çok daha karmaşık bir sosyal yapıya ve görev paylaşımına sahiptir. Coleoptera üyeleri genellikle yalnız yaşarlar ve çevreye adaptasyonları daha bireysel düzeydedir.

6. BÖCEK SİSTEMATİĞİNDE MORFOLOJİK VE GENETİK YAKLAŞIMLAR

Böceklerin sınıflandırılmasında, taksonomistler genellikle morfolojik özelliklere dayanmışlardır; ancak son yıllarda genetik analizler de bu alanda devrim yaratmıştır. Morfoloji, bir organizmanın fiziksel yapısı ve özellikleri ile ilgilidir. Geleneksel olarak, böceklerin anten yapıları, ağız parçaları, kanat düzenleri ve vücut segmentleri gibi dış yapısal özellikleri sınıflandırmada kullanılmıştır (Kristensen, 1991). Ancak morfolojik özellikler bazen türler arasında aşırı benzerlik göstererek taksonomik ayırımların zorlaşmasına neden olabilir. Bu durumda, moleküler taksonomi devreye girmektedir.

6.1. Morfolojik Yaklaşımlar

Böceklerin morfolojik sınıflandırılmasında kullanılan başlıca özellikler şunlardır:

- **Anten yapısı:** Antenlerin uzunluğu, segment sayısı ve yapısal farklar, böcek taksonomisini belirlemede kritik rol oynar. Örneğin, Coleoptera üyeleri, genellikle ipliksi (filiform) antenlere sahipken, Lepidoptera üyeleri, özellikle erkek bireylerde taraklı (pectinate) antenler taşır.

- **Kanat yapısı:** Kanatların sayısı, düzeni ve yapısı, böcek takımlarını ayırt etmede kullanılır. Diptera takımında tek çift kanat bulunurken, Lepidoptera ve Hymenoptera takımlarında iki çift kanat bulunur.
- **Ağız parçaları:** Ağız yapıları, böceklerin beslenme biçimleriyle doğrudan ilişkilidir ve sınıflandırmada önemli bir yer tutar. Çiğneyici ağız parçalarına sahip böcekler (örneğin, Coleoptera ve Orthoptera) ile emici ağız parçalarına sahip böcekler (örneğin, Lepidoptera ve Diptera) birbirinden farklı taksonomik gruplarda yer alır (Snodgrass, 1935).

6.2. Genetik Yaklaşımlar ve DNA Barkodlama

Genetik çalışmalar, özellikle DNA barkodlama yöntemiyle, böceklerin sınıflandırılmasında yeni bir boyut kazandırmıştır. DNA barkodlama, bir organizmanın kısa bir DNA dizisinin, genellikle mitokondriyal COI (cytochrome c oxidase subunit I) geninden elde edilen bir bölümünün kullanılmasıyla tür teşhisinde kullanılır (Hebert et al., 2003). Bu yöntem, morfolojik olarak birbirine çok benzeyen türlerin ayrılmasında özellikle etkilidir.

Genetik analizler, özellikle arılar gibi yüksek ekonomik ve ekolojik değere sahip türlerde kullanılarak, bu türlerin farklı coğrafi bölgelerdeki popülasyonları arasındaki genetik farkları ortaya çıkarmada yardımcı olur. Bal arıları, küresel polinasyon sistemlerinde kilit bir rol oynadığı için, genetik çeşitliliklerinin belirlenmesi ve korunması önemlidir (Whitfield et al., 2006).

6.3. Bal Arılarında Morfolojik ve Genetik Farklılıklar

Bal arıları içinde de morfolojik çeşitlilik gözlemlenir. *Apis mellifera*'nın farklı alt türleri, iklim ve çevre koşullarına adapte olmuşlardır ve bu durum vücut boyutu, renk ve davranışsal özelliklerde farklılıklara yol açmıştır (Ruttner, 1988). Örneğin:

- *Apis mellifera carnica* (Karniyol arısı): Güneydoğu Avrupa'da yaygın olan bu alt tür, hızlı üreme yeteneği ve soğuk iklimlere adaptasyonu ile bilinir.
- *Apis mellifera ligustica* (İtalyan arısı): Daha sıcak iklimlerde yaygın olan bu alt tür, daha fazla bal üretimi kapasitesine sahiptir.

Genetik analizler, bal arılarının bu alt türler arasında genetik geçişler ve melezleşme olaylarını belirlemek için kullanılmıştır. Özellikle insan kaynaklı ticaret ve nakliyat nedeniyle, farklı alt türler arasında melezleşme görülmekte ve bu durum yerel arı popülasyonları üzerinde genetik değişikliklere neden olmaktadır (De la Rúa et al., 2009).

7. BÖCEKLERDE EVRİM VE FİLOGENETİK İLİŞKİLER

Böcekler, yaklaşık 400 milyon yıl önce ortaya çıkmış ve hızlı bir evrim süreciyle geniş bir çeşitlilik kazanmışlardır (Grimaldi & Engel, 2005). Böceklerin evrimi, adaptasyon yetenekleri ve geniş bir yelpazeye yayılan yaşam biçimleri nedeniyle karmaşık bir süreçtir. Böcek filogenisi, genetik ve morfolojik verilere dayanarak, farklı böcek grupları arasındaki evrimsel ilişkileri anlamaya yardımcı olur.

7.1. Filogenetik Ağlar ve Cladistik Yaklaşımlar

Filogenetik çalışmalar, böceklerin evrimsel soy ağaçlarını oluşturmak için morfolojik ve genetik verilerin bir kombinasyonunu kullanır. **Cladistik analiz**, türler arasındaki ortak atalara dayanan ilişkileri inceleyerek, böceklerin nasıl çeşitlendiğini ve farklı gruplar oluşturduğunu anlamamıza yardımcı olur. Bu analizler, böcek taksonomisini daha kesin ve tutarlı hale getirmek için kullanılan bir yöntemdir (Wheeler, 1999).

7.2. Bal Arılarının Evrimsel Tarihi

Bal arıları, yaklaşık 30-40 milyon yıl önce ortaya çıkmış ve büyük olasılıkla Asya kökenlidir. Fosil kayıtları, ilk bal arılarının Eosen dönemde var olduğunu göstermektedir (Engel, 2001). Evrimsel süreç içinde, bal arıları, sosyal yapılarını geliştirerek karmaşık koloniler oluşturdu ve bu özellikleri, onları diğer böceklerden ayıran en önemli faktörlerden biri haline getirdi.

Bal arılarının evrimsel başarıları, polinasyon hizmetleri ve çevresel adaptasyonlarıyla ilişkilidir. Bu nedenle, bal arılarının evrimi, ekolojik dengenin korunması açısından da büyük bir öneme sahiptir.

SONUÇ

Böcek sistematığı, böceklerin biyolojik çeşitliliğini anlamak ve ekosistemlerdeki rollerini değerlendirmek açısından kritik bir öneme sahiptir. Bal arıları, bu sistematik çerçevesinde önemli bir yere sahiptir ve ekosistem sağlığına katkılarıyla dikkat çeker. Bu bölümde ele alınan taksonomik yapı ve teşhis anahtarları, böceklerin sınıflandırılması ve tanımlanmasında önemli araçlar sunmaktadır.

Bal arıları, böcek sistematığı açısından önemli bir grup oluşturmaktadır. Taksonomik ilişkilerinin ve morfolojik özelliklerinin detaylı incelenmesi, onların ekosistemlerdeki rolünü ve biyolojik çeşitliliğini anlamak için gereklidir. Bu bağlamda, bal arılarının korunması, sadece bu türün değil, tüm ekosistemlerin sağlığı ve sürdürülebilirliği açısından kritik bir öneme sahiptir.

Böcek sistematığı, özellikle bal arıları açısından incelendiğinde, doğanın karmaşık ilişkilerini ve ekosistem sağlığını anlamamıza yardımcı olur. Bal arıları, ekosistemlerin dengesini sağlamada ve tarım alanlarında verimliliği artırmada kritik bir rol oynamaktadır. Bu bölümde, bal arılarının taksonomik özellikleri, ekosistem işlevleri, korunma stratejileri ve toplum bilinci üzerine yapılan çalışmalar incelenmiştir. Gelecek araştırmalar ve koruma çabaları, bal arılarının varlığını sürdürebilmesi için elzemdir.

KAYNAKÇA

- Baldock, K. C. R., Goddard, M. A., Hicks, D. M., Kunin, W. E., Mitschunas, N., Osgathorpe, L. M., ... & Memmott, J. (2015). Where is the UK's pollinator biodiversity? The importance of urban areas for flower-visiting insects. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1803), 20142849. <https://doi.org/10.1098/rspb.2014.2849>
- Chapman, A. D. (2013). *Numbers of living species in Australia and the world* (2nd ed.). Australian Biodiversity Information Services.
- Crowson, R. A. (1981). *The biology of the Coleoptera*. Academic Press.
- De la Rúa, P., Jaffé, R., Dall'Olio, R., Muñoz, I., & Serrano, J. (2009). Biodiversity, conservation and current threats to European honeybees. *Apidologie*, 40(3), 263-284. <https://doi.org/10.1051/apido/2009022>
- Engel, M. S. (2001). A monograph of the Baltic amber bees and evolution of the Apoidea (Hymenoptera). *Transactions of the American Entomological Society*, 127(1-2), 1-116.
- González, V. H., Griswold, T., & Engel, M. S. (2015). Evolutionary ecology of apid bees and the role of sociality in shaping the diversity of lineages. *Annual Review of Entomology*, 60, 291-307. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-010814-020835>
- González, V. H., Rasmussen, C., & Engel, M. S. (2020). The influence of human activity on bee diversity in the Anthropocene. *Conservation Biology*, 34(5), 1231-1240. <https://doi.org/10.1111/cobi.13581>
- Goulson, D. (2013). *A sting in the tale: My adventures with bumblebees*. Jonathan Cape.
- Grimaldi, D., & Engel, M. S. (2005). *Evolution of the insects*. Cambridge University Press.
- Hebert, P. D., Ratnasingham, S., & deWaard, J. R. (2003). Barcoding animal life: Cytochrome c oxidase subunit 1 divergences among closely related species. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 270(Suppl_1), S96-S99. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2003.0025>
- Klein, A. M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society*

- B: *Biological Sciences*, 274(1608), 303-313.
<https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
- Mayr, E. (1969). *Principles of systematic zoology*. McGraw-Hill.
- Michener, C. D. (2007). *The bees of the world*. John Hopkins University Press.
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines: Trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(6), 345-353.
<https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.01.007>
- Seeley, T. D. (1985). *Honeybee ecology: A study of adaptation in social life*. Princeton University Press.
- Triplehorn, C. A., & Johnson, N. F. (2005). *Borror and Delong's Introduction to the Study of Insects*. Cengage Learning.
- Winston, M. L. (1999). *The biology of the honey bee*. Harvard University Press.

CHAPTER 11

CONTROL METHODS OF THE GREATER WAX MOTH, *Galleria mellonella* L.

Assist. Prof. Dr. Semiramis KARLIDAĞ¹

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

INTRODUCTION

Feeding the ever-increasing world population is only possible through sustainable agricultural production. Sustainability can be achieved by eliminating or partially preventing factors that restrict production such as diseases and pests, among many other factors. The fight against diseases and pests that prevent agricultural production and cause great losses by directly affecting quality and yield continues in the world (Gökmen et al., 2022).

One of the agricultural activities is beekeeping. Beekeeping is a promising branch of production. It has also become important as one of the components of mixed farming systems (Paulraj et al., 2021; Taredahalli et al., 2013). Beekeeping can be successfully practiced by small and large farmers, women, farmers with no or little land, unemployed youth in rural areas, working civil servants and retired people. The initial cost of starting beekeeping is low and pays off in a short time (Singh & Singh, 2006). This sector has great potential for meeting our local health, industrial and pharmaceutical needs, as well as for marketing other bee products such as beeswax, honey, bee pollen, propolis and royal jelly (Mandal & Vishwakarma, 2016; Paulraj et al., 2021). Honeybees are also very important for pollination of plants. By taking an active role in the pollination of flowering plants, they contribute to seed and fruit formation. They ensure the continuity and diversity of plants in the ecosystem (Paullar et al., 2021; Polat et al., 2020). According to a study, 87.5% of the pollen of flowering plants is carried by insects, which shows the key role of pollinators on plants (Polat et al., 2020).

Türkiye has a great potential for beekeeping with its rich flora, colony numbers, ecological and geographical structure. Despite favorable conditions and the great potential, productivity per colony is below the world average. Environmental factors, genetic structure, diseases, colony management and parasites are effective in low productivity (Akyol, 2013). Another important factor affecting yield and quality is pests. Pests multiply rapidly under favorable humidity and climate conditions. They cause different damages in different periods (Gökmen et al., 2022). Among the wax moth pests of the honey bee, the greatest damage is caused by the great wax moth (*Galleria mellonella* L.) (Lepidoptera: Pyralidae), which causes heavy economic losses (Garedew et al., 2004; Kumar & Khan, 2018; Öztürk & Maltaş Çağıl, 2019; Sarıkaya 2020).

G. mellonella is a holometabolous insect. This species has a fast reproductive cycle and lives in regions with favorable air temperature (Kara et al., 2020; Ncibi et al., 2021; Öztürk & Maltaş Çağıl, 2019). Where honeybee *Apis mellifera* and *Apis cerana* are found, it causes serious damage to the combs in the hives. It is widespread especially in low altitude, temperate climate regions where beekeeping is practiced. Beekeepers around the world have difficulty in combating *G. mellonella*. (Akyol et al., 2009; Hanumanthaswamy et al., 2013; Kara et al., 2020; Kılıç et al., 2015; Mandal & Vishwakarma, 2016; Saç & Uçkan, 2009; Taredahalli et al., 2013; Tunçsoy & Özalp, 2020). This pest is found all over the world (Ncibi et al., 2021; Ozgor et al., 2017). *G. mellonella* larvae feed on combs and cause serious economic damage (Ertürk Kara et al., 2014; Eskin, 2022; Garedew et al., 2004; Jafari et al., 2010; Mandal & Vishwakarma, 2016; Ncibi et al., 2021; Öztürk, 2021; Sohail et al., 2017; Vijayakumar et al., 2019). During the larval stage, these pests nest in the edges of the honeybee's brood and unsealed comb chamber, in the middle layer of the comb and feed from there. For these reasons, a decrease in honeybee colonies is observed (Desai et al., 2019; Eskin, 2022; Öztürk, 2021; Paulraj et al., 2021).

While the adult, pupa and egg stage individuals of *G. mellonella* do not cause damage to combs, the larvae cause different levels of damage depending on the presence of worker bees in colonies under suitable environmental conditions (temperature, humidity, nutrients). Larvae attack stored bee-free combs and combs in hives with colonies. The larvae tunnel through the comb and feed on pollen, honey, shed pupal skins, brood, wax and other debris found in the wax. If colonies are strong, honeybees defend themselves and the chances of infestation are low (Akyol et al., 2009; Desai et al., 2019; Jafari et al., 2010; Koç & Gülel, 2013; Ncibi et al., 2021; Sohail et al., 2020; Topal et al., 2020; Wojda et al., 2020). Although *G. mellonella* is often reported to invade weak honeybee colonies exposed to pesticides and diseases, it also poses a threat to healthy colonies (Desai et al., 2019; Ozgor et al., 2017).

Depending on the population density of *G. mellonella*, the damage to honeycombs also increases. Environmental factors affecting the reproductive potential of *G. mellonella* females such as food, temperature, humidity, photoperiod are effective in increasing the population density. In addition, it is known that internal factors such as the age of the females and the total amount of carbohydrates, lipids and protein they possess also play an important role

(Koç & Gülel, 2013). *G. mellonella* larvae need protein synthesis to spin silk. When the diet is deficient in amino acids for protein synthesis, the larvae stop spinning silk. Protein deficiency also reduces the rate of larval development. *G. mellonella* develops more rapidly in old combs containing bee larvae and pollen, but slower in white and new combs. (Wojda et al., 2020).

G. mellonella develops in an environment where the ambient temperature is above 4 °C and the relative humidity is around 70%, and it usually tunnels inside the stored fluffy honeycombs, eliminating the possibility of reuse (Akyol et al., 2009). When the larvae destroy the honeycombs, a silky appearance is formed. They cover the tunnels in the center of the comb with a web (Desai et al., 2019; Ncibi et al., 2021). The larval stage of *G. mellonella*, which is the only feeding stage with the longest life span among all developmental stages, builds its silk-covered feeding tunnel inside the comb (Garedew et al., 2004; Jafari et al., 2010; Öztürk & Maltaş Çağıl, 2019). The invasive nature of *G. mellonella* causes the destruction of combs and the death of weak colonies. Adults cannot feed because their mouthparts are dull (Garedew et al., 2004). Therefore, the adult stage does not damage the waxes created by the bees (Eskin, 2022).

In healthy and strong colonies, *G. mellonella* damage goes unnoticed by beekeepers as worker bees suppress the pest. However, *G. mellonella* larvae can destroy weak colonies. Weak colonies with a reduced number of adult worker bees due to various reasons suffer significant economic losses (Ncibi et al., 2021). Bees can be observed to leave the hive (Akyol et al., 2009; Garedew et al., 2004; Hanumanthaswamy et al., 2013; Mandal & Vishwakarma, 2016; Paulraj et al., 2021; Vijayakumar et al., 2019). Mahindre (1983) and Paulraj et al. (2021) reported about 90% infestation of *A. dorsata* combs by *G. mellonella*. Brar et al. (1985) and Paulraj et al. (2021) emphasized 16-19% infestation in *A. mellifera* colonies in northern India. Jafari et al. (2010) reported that the economic loss in Iran reached 38% annually.

G. mellonella is considered an important insect species for biological and chemical control studies due to its short life cycle and high productivity, as well as its ability to grow well on various artificial nutrients (Öztürk & Maltaş Çağıl 2019; Tokarev et al., 2018). *G. mellonella* is widely used in the rearing of parasitoid insects used in biological control and in insecticidal efficacy studies. It is even widely used as a natural host insect in determining the pathogens of

microorganisms that cause diseases in humans and animals. Its use as a host is increasing day by day (Gökmen et al., 2022; Kılıç et al., 2015; Öztürk, 2021; Sugeçti & Büyükgüzel, 2018). The insect is easily grown in the laboratory. The physiology of *G. mellonella* has been extensively studied. There are numerous studies examining the effects of various natural or chemical substances on the enzymes of *G. mellonella* (Öztürk, 2021). Natural infections of *G. mellonella* larvae and adults with two honeybee pathogens, *Nosema apis* and *N. ceranae*, have been detected in honeybee hives in Türkiye (Tokarev et al., 2018).

1. BIOLOGY OF THE GREATER WAX MOTH, *Galleria mellonella*

The life stages of *G. mellonella* consist of four periods: egg, larva, pupa and adult (Akyol, 2013). Adult female *G. mellonella* fly at night and lay eggs in clusters in the crevices and cracks between the hive bodies. Eggs are glued together and laid in groups of 50 to 150 or even 175 to 355. After a few days, the larvae hatch and begin their feeding activities by crawling onto the comb. Since they feed on cocoons, shed skins and pollen, they damage or destroy the combs by piercing the honeycomb eyes (Akyol, 2013; Jafari et al., 2010; Wojda et al., 2020). Eggs are oval. The egg is white when first laid. When it matures, it turns cream or pale pink. The eggs are 0.45 mm long, 0.40 mm in diameter and weigh 0.028 mg. Because they are so small, it is very difficult to see them with the naked eye. Egg duration depends on the temperature and humidity of the environment. Although the egg duration varies between 8-17 days on average, it is 5-8 days at ideal temperatures (24-27 °C), 35 days at temperatures between 10-16 °C and development stops at temperatures below 9 °C (Akyol, 2013; Eskin, 2022; Wojda et al., 2020).

Larvae hatch mostly between 08.30-11.00 in the morning. According to the researches, the survival rate of the egg varies between 84-100%. The orientation and feeding of the larva depends on the stimulation of chemical compounds. Larvae usually build their way towards the center of the honeycomb to feed. Looting may occur in nutritional deficiency (Wojda et al., 2020). Fully grown larvae vary in color but are usually off-white (Jafari et al., 2010). Larval development time depends on temperature, humidity and food source. This period varies between 33 and 55 days depending on temperature and nutrient status and averages 40 days. The most suitable temperature for

larvae, which complete their development in 8 stages, is 29-35 °C. At temperatures below 15 °C, development stops. Mature larvae start to weave cocoons made of hard hairy silk on the 5th or 6th day from the beginning of the last larval period under favorable conditions and they become prepupa and then pupa one day after the cocoons are completed (Akyol, 2013; Eskin, 2022; Öztürk, 2021). *G. mellonella* pupa is distinct. The color of the pupa changes from white to yellow and brown with age (immediately after the pupal stage) and to dark brown after 4 days. It has a medium body length. Eyes are large and well visible. Antennae are long, slightly curved anteriorly and usually extend to the edge of the second hind wings (Wojda et al., 2020).

After the pupal period, adult individuals are formed. The color of the adult individuals is grayish and purplish brown. There are dark spots on the forewings. Hind wings are pale brownish or yellowish. The wings are held on the back when resting (Jafari et al., 2010). Female individuals live for 1-3 weeks and male individuals live for 2-4 weeks. Adult females start laying eggs 4-10 days after the end of the pupation period (Eskin, 2022). Adults emerge from the cocoon late in the evening or at night. The adult emerges by pushing out the silk flaps at the exit of the cocoon. The adults emerge from the cocoons and remain motionless until their wings are fully extended and hardened. Adults prefer dark places. It has been observed that they become restless when the environment is illuminated and hide in the dark parts of the hive (Wojda et al., 2020). The adult *G. mellonella* has a body length of 20 mm, a wingspan of 31 mm and a weight of 169 mg. Males are smaller and lighter in color than females. Larval diets and development time were found to affect the body color of the adult (Kwadha et al., 2017).

2. CONTROL OF THE GREATER WAX MOTH, *Galleria mellonella*

Agricultural pests cause significant economic losses in products. Insect species belonging to the order Lepidoptera are especially harmful for agricultural areas. Studies on insect control are increasing day by day. As a result, the use of pesticides against pests has increased in order to prevent losses and increase the amount of product (Gökmen et al., 2022; Sugeçti and Büyükgüzel, 2018; Topal et al., 2020). Tons of chemicals are used every year in the struggle. Chemical struggle damages the ecosystem. Alternative control

models are used to prevent this damage (Gökmen et al., 2022). Various nematodes, bacteria, fungi and various predatory insects have been used in the control of *G. mellonella*. These applications, which are successful in laboratory conditions, have not yielded the desired success in the hive and stored combs (Sarıkaya, 2020).

G. mellonella populations move from one region to another as a result of human activities. In this way, it causes great economic losses in beekeeping. In these studies, the use of insecticides at the larval stage has been effective. Today, chemicals can be used to protect the combs. The use of chemical pesticides such as sulfur, phostoxin, calcium cyanide and paradichloro benzene (Jafari et al., 2010; Ncibi et al., 2021; Paulraj et al., 2021) are harmful to honeybee colonies. However, it has been reported that they can be used to preserve stored bee-free combs (Jafari et al. 2010). Residue problems arise due to the harmful effects of pesticides on bee products and honey bees. The residue problem negatively affects human health and the environment. The increase in pesticides used in agriculture causes increased harmful effects on the environment and beneficial organisms (Paulraj et al. 2021; Sugeçti and Büyükgüzel, 2018; Topal et al., 2020; Tunçsoy & Özalp, 2020).

The most important disadvantage of chemical control method in honeybees is that chemical control cannot be carried out in honeycombs with bees and most of the chemicals have residue problems in wax and honey. Disease and parasite control in colonies must be done correctly. Otherwise, the chemicals used will negatively affect human health and reduce the efficiency of bee products (Akyol, 2013). In European countries, there are authorized chemicals that can be used in beekeeping and limits that should not be exceeded. In our country, unconscious use of pesticides, especially against varroa, increases the risk of residue. Controlling this risk can be minimized by stopping the use of unauthorized products and using them consciously. Another problem in bee products is that beekeepers should use volatile insecticides and other chemicals used in the storage to protect old combs from *G. mellonella* larvae. Several chemical fumigants used during storage are a source of risk. Although beekeepers stop using these compounds, the residues are still present in old combs for years and may cause residue risk in products to be produced in the coming years (Topal et al., 2020).

In a study (Duman Erbaş & Altuntaş, 2021), oxidative stress changes caused by juglone, an important phytochemical compound, in *G. mellonella* larvae were researched. For this reason, 2 grams of efficient solutions of juglone (LC10: 0.5 mg; LC30: 1.5 mg; LC50: 2.3 mg) were added to the feed of first instar larvae. Hemolymph samples of late larvae were used for the analysis of antioxidant enzyme activity (glutathione peroxidases - GPx, glutathione-S transferase - GST, catalase - CAT and superoxide dismutase - SOD) and malondialdehyde assays. Antioxidant enzyme activities and malondialdehyde content in the hemolymph of late-stage *G. mellonella* larvae exposed to dietary juglone were dose-dependently altered compared to control larvae. In conclusion, effective doses of juglone were modeled and emphasized to be toxic to the pest *G. mellonella*.

G. mellonella is recognized all over the world as an important pest that beekeepers struggle to protect their combs against. Chemical, physical, biological insecticides and cultural control methods are used in different ways in various countries to defend the combs against *G. mellonella*. The chemicals used prevent the development of *G. mellonella* and the demolition of the combs, but a residue problem occurs in the combs. Since *G. mellonella* adapts very well to the living environment of bees, it is emphasized that no matter which method is applied, it will not be possible to completely eliminate the parasite. It is stated that honeycombs can be stored in higher altitude cool northern regions without the need to take any precautions (Akyol, 2013).

Naphthalene (Paradichlorebenzen) application is the most widely used drug against *G. mellonella* in our country until today and is still widely used by our unconscious beekeepers. Honey and beeswax absorb naphthalene like a sponge during the application due to its absorbing properties and when the combs are given to the bees, the bees are reluctant to work on these combs. It is reported that when the drug concentration is high, it has a toxic effect on bees and bees even leave the hive. The use of naphthalene against *G. mellonella* has been forbidden due to the residue problem. It has been reported that high doses of acetic acid and formic acid against *G. mellonella* would be harmful to bees, and low doses would be ineffective against *G. mellonella*, so there is no chance to use them in the colony. In the choice of chemicals against *G. mellonella*, fumigants are preferred because of their ease of use and easier penetration into all areas. Chemicals such as ethylene dibromide (EDB), sulfur dioxide (SO₂),

ethylene oxide (C₂H₄O), carbon dioxide (CO₂), aluminum phosphide (AIP), calcium phosphide (CaP), calcium cyanide (CaCN), methyl bromide (CH₃Br) are recommended for fumigation in the USA and European countries. An important point to be considered in the use of fumigants is the need to prepare special gas-insulated environments (Akyol, 2013). Shin et al. (2001) investigated the effects of cadmium, a heavy metal, on total lipids and fatty acids against *G. mellonella* and found that cadmium significantly reduced total lipid components.

The use of other organisms to control the population density of a organism is called biological control. Various bacteria, fungi, nematodes and predators (predatory insects) are used to control *G. mellonella*. Although all of these applications are successful under laboratory conditions, their use in the colony or on stored combs does not give the same success. In addition, the difficulty of use and the lack of economy prevent their widespread use in practice (Akyol, 2013). Latest studies reveal that essential oils and plant extracts proved by aromatic plants are successfully applied in the preservation of stored yields. Studies to define the lethal and sacker implications of plant solutions and essential oils on pests, inclusive environmentally friendly techniques, have been continuing for many years (Gökmen et al., 2022). Recently, insect growth regulators are widely used in biological control. Juvenile hormone analogs do not show neurotoxic effects against pest species. However, the application of these insecticides delays skin molting by disrupting the hormonal balance in the insect. It also causes changes in the number of hemocytes by suppressing the immune system (Tunçsoy & Özalp, 2020).

G. mellonella larvae are used as model organisms in physiology, biochemistry and molecular biology studies since they can be produced plenty in cheap artificial foods under laboratory conditions (Gökmen et al., 2022). *G. mellonella* is a suitable experimental model organism due to its rapid growth, high fertility, small size and short life cycle. With the feature of being a suitable model organism, studies with the larvae of the pest are increasing (Eskin, 2022).

There are many studies demonstrating the insecticidal effects of plant-based substances (Gökmen et al., 2022). Natural herbal products are especially preferred in controlling harmful insects. Because these products do not have any negative effects on human health and the environment. The use of plant-based insecticides in the control of *G. mellonella* has shown positive results.

Plant-based pesticides have less toxicity to non-target organisms. They have fast decomposition properties. Therefore, herbal pesticides are gaining more importance than chemical pesticides (Paulraj et al., 2021). In addition to plant extracts, one of the alternative control products used in the control of pests and diseases is hydrosol. Hydrosol, also known as hydrolate, is a water-containing product formed by distillation of floral or plant extracts, distilled extracts or plant fluids. Hydrosols have many medicinal benefits. Because it contains water-soluble components, vitamins and minerals of the plant during distillation (Gökmen et al., 2022).

Physical control methods are the capturing and killing of adult females by various methods or by using heat or cold. However, it is not possible to do these applications in the colony environment where the bees are located. However, it is a method that can be preferred for the preservation of honey waxes to be used in stored combs or for other purposes. Cooling is a convenient and inexpensive method and can be used comfortably and safely if the means are available. Although heat treatment is practical and inexpensive, it is limited by the fact that it cannot be applied to honeycombs with honey and in the presence of bees. At the high temperatures required to kill the pest (above 45 °C), both the bees will be harmed and the honeycombs will become unusable again as the wax will melt and the honeycombs will be deformed and the honey in the comb cannot be preserved (Akyol, 2013).

If the colonies are strong, the bees prevent *G. mellonella* from entering the hive and multiplying in the hive, preventing damage to the combs. For this purpose, colonies should be kept strong and the reproduction rate of the colony should be increased by using young queens, and colonies should be prevented from being weak due to disease, motherlessness or old queens. Since *G. mellonella* generally prefers black honeycombs that have been used a lot, such honeycombs should not be kept in the hive for a long time, but should be collected in the fall and melted to make basic honeycombs and basic honeycombs or white honeycombs should be given to the colonies when needed to prevent the proliferation of the pest. It is also reported that bee races have different sensitivity to *G. mellonella* and Italian bee race does not harbor *G. mellonella* in the hive because its hygienic behavior is better than brown bees (Akyol, 2013).

Sulfur dioxide (SO₂) fumes formed by burning powdered sulfur are used as an effective pesticide against *G. mellonella*. In practice, it is reported that using 42 grams of sulfur for each hive gives the most effective results. On the other hand, it is stated that carbon dioxide application at a density that can be effective against *G. mellonella* will harm the bees. Carbon dioxide is successfully used in storing bee-free combs or in storing beeswax to be stored for other purposes. CO₂ application to the combs can also be done in an airtight room. In practice, keeping bee-free combs at 38 °C, 50% relative humidity and 98% CO₂ concentration for 4 hours is sufficient to kill all eggs, larvae, pupae and adults of *G. mellonella*. Another application method of CO₂ is the application of frozen carbon dioxide (dry ice). In addition, ethylene dibromide in gaseous form has a lethal effect on *G. mellonella* larvae, adults and eggs on the combs or in the hive. In the application, care should be taken to ensure that the ambient temperature is above 15-20 °C and that the combs remain in this environment for at least 24 hours. After the fumigation application, the combs should be ventilated in an airy and moth-free environment for two days and then stored in an environment where moths cannot enter again (Akyol, 2013).

Bacillus thuringiensis bacteria has been used against *G. mellonella* and positive results have been obtained. It is reported that the bacteria has no negative effects on humans or honey bees. Therefore, it is stated that bacterial spores or crystals can be used in colonies. When the bacteria is taken into the digestive system by young *G. mellonella* larvae, it has a poisonous effect and causes the death of *G. mellonella*. It is stated that diluted bacterial spore suspensions can be applied to the basic combs in basic comb processing units. It is the most important bacterium used and successful for biological control (Akyol, 2013; Sarıkaya, 2020). Triclabendazole is a new generation anthelmintic from the benzimidazole group and is highly effective on adult and pre-adult stages of parasites that cause infections in humans and animals. It is known that triclabendazole has low toxicity to non-target mammals and the environment due to its selective effect mechanism on parasites, compared to methods in which toxic chemicals such as carbon dioxide, methyl bromide, phosphine, sulfur, naphthalene and paradichlorobenzene are applied in the control of *G. mellonella*. The effects of anthelmintics used against harmful insects on the model insect *G. mellonella* were studied. As a result of the study, it was found that triclabendazole, an anthelmintic from the benzimidazole

group, negatively affected the survival rate and development period of *G. mellonella* in all developmental stages (Kılıç et al., 2015). In study, the effect of triclabendazole, a benzimidazole anthelmintic, on the survival rate and development time of *G. mellonella* larvae in different developmental stages up to adulthood using artificial diet was investigated. Triclabendazole was added to the artificial diet at rates of 0.001, 0.01 and 0.1% and first instar larvae were reared on the diets until adulthood. At low concentrations of the anthelmintic (0.001 and 0.01 g/100 g food), the rate of last instar larvae (7th stage) and the rate of adulthood were found to be significantly lower than the control. The highest condensation of triclabendazole (0.1 g/100 g food) reduced the pupa formation rate from $81.6 \pm 4.32\%$ to $43.3 \pm 7.45\%$ and the adult formation rate from $73.3 \pm 2.36\%$ to $13.3 \pm 2.36\%$. This study emphasized that the use of anthelmintics with different chemical structures and mechanisms of action in the fight against harmful insects with minimal harm to beneficial organisms and the environment should be investigated (Kılıç et al., 2015).

In a study (Negi et al., 2019), *G. mellonella* was observed most in *A. cerana* colonies (2.6%) in April when the temperature was high (21.45°C), average relative humidity (44.50%) and rainfall (25.60 mm) was low. The relationship between the frequency of *G. mellonella* occurrence in *A. cerana* colonies and weather parameters showed positive correlation with temperature, colony strength and brood area. The average percentage mortality of wax moth was found to be quite high (20.83%) in frame immersion method. In this study, mortality rate up to 56% was recorded. In another study conducted in India (Vijayakumar et al., 2019), the life cycle of *G. mellonella* (from egg to emergence) was determined as 35-45 days. It was reported that the fertility rate of the *G. mellonella* was 300-600 eggs and that it laid eggs in groups. It was determined that the eggs hatched in 5-8 days at a temperature of 29°C - 35°C . It was observed that the larvae tunneled into the comb and covered their tunnels with a silky web. It was emphasized that the larvae preferred newly made combs in the initial stages and fed on old combs in the later stages. It was determined that colonies in lowland regions with high temperatures were more susceptible to *G. mellonella* attack than in cold regions. It was emphasized that placing a yellow sticky trap with *A. dorsata* comb attached to the upper cover of the *A. cerana* hive reduced *G. mellonella* infestation in *A. cerana* colonies.

Pest incidence was reported as 58%-72% in Chikkaballapur and Chitradurga districts.

In a study (Gökmen et al., 2022), the inhibitory and lethal effects of stem, leaf and fruit extracts and fruit hydrosol obtained from Aronia (*Aronia melanocarpa*), a medicinal aromatic plant called super fruit, on *G. mellonella* were investigated. In the study, the leaf extract of the plant was applied to the last instar larvae of *G. mellonella*. Practiced were carried out by injecting the plant extract into the last left leg of each larva with a micro syringe. At the end of 24 hours, the plant extract concentrations (LC50, LC90) that killed 50% and 90% of the applied insects were determined by probit analysis. The results revealed that the plant, especially the leaf extract, had a lethal effect on the harmful insect and a preventive effect on the plant disease agent.

The study (Ertürk Kara et al., 2014) aimed to identify the distillation of the enzyme protein and its characterization as a β -glucosidase for the establishment of a prospective control procedure against *G. mellonella*. Beta-glucosidases are a type of digestive enzyme that hydrolytically catalyzes the beta-glycosidic linkage of glycosides. For this purpose, late-stage *G. mellonella* larvae reared in the laboratory were selected and homogenized for beta-glucosidase activity analysis and subsequent analysis. As a result of the study, K_i and IC_{50} values of δ -gluconolactone were determined as 0.021 and 0.08 mM. Enzyme was found to be more tolerant to glucose inhibition with an IC_{50} value of 213.

In a study (Jafari et al., 2010), the control of *G. mellonella* using the male sterilization technique with gamma rays was investigated. The safe and effective dosage of gamma rays capable of sterilizing male pupae of *G. mellonella* was determined. Male pupae were exposed to increasing single doses of gamma rays (250, 300, 350 and 400 Gy). The release rate of sterile males to normal males was also examined in a similar study. Treatments were applied in ratios of 1:1:1, 2:1:1, 3:1:1, 4:1:1 and 5:1:1:1 to sterile males, normal males and unfertilized females, respectively. The reproduction of the pest was also investigated. The results showed that the most effective dose to sterilize the male pupa of the *G. mellonella* was 350 Gy. The best release rate was determined in four sterile males, one normal male for each normal female (4:1:1:1). It was also emphasized that females cannot produce offspring without males.

G. mellonella damage is the biggest biological constraint in the beekeeping industry. The microbial agent *Bacillus thuringiensis* and its products have been widely studied against *G. mellonella* (Taredahalli et al., 2013). In a study (Sarikaya, 2020), the effects of different honeys produced in Türkiye on the life span of the lepidopteran parasitoid *Bracon hebetor* and their suitability as biological control agents against *G. mellonella* were investigated. *G. mellonella* larvae were used as hosts for rearing parasitoid adults. The newly hatched parasitoid males and females were separated according to sex and fed with water, flower honey, sunflower honey, chestnut honey, lavender honey and oak honey. The highest female parasitoid life span was obtained with lavender honey, while the highest male parasitoid life span was obtained with sunflower honey. Feeding with different honey significantly increased the life span of both male and female parasitoids compared to those fed with water only.

A study (Hanumanthaswamy et al., 2013) was pursued to investigate the effect of temperature and humidity on the biology of *G. mellonella*. The hatching rate increased with increasing temperature and relative humidity. The lowest relative humidity (32-33%) at 35°C and 20°C had negative effects and the moth failed to lay eggs. At all temperature treatments, the duration of egg, larval, prepupal and pupal stages increased with decreasing relative humidity. However, the lifespan and fertility of adults decreased with decreasing relative humidity. The combination of 20°C and 25°C and their relative humidity increases the duration of all developmental stages and decreases fertility. The optimum temperature for all brood development stages was 30°C. In another study (Coskun et al., 2006), the effect of different comb and sucrose amounts on the development of *G. mellonella* larvae was investigated using artificial feed. The results showed that *G. mellonella* larvae were able to tolerate different feeds without any serious problems during their development. The larvae fed with 300 g of comb-containing feed showed maximum growth in 7 days. In addition, the maximum weight gain of 0.131 g in the ten-day experimental period was observed in the feed containing 50 g comb. In the feed containing 300 g of comb, this increase was 0.118 g. At the end of the experimental period, measurements showed that the maximum weight gain was 0.0774 g in the feed containing 15% sucrose. In the food without honey, there was a weight loss of 0.0158 g.

In a study by Abou-Shaara (2020), the effects of three treatments (1, 3 and 6 g per larva) of *Beauveria bassiana* fungus on the development of *G. mellonella* under laboratory conditions were investigated. The use of 1 g of the fungus per larva had little effect on larval development and 80% of the larvae completed development normally. When 3 g of fungus per larva was used, mortality was low (20%) and 70% of the larvae reached the pupal stage but did not become adults. When 6 g of the fungus was given per larva, it showed detrimental effects and completely disrupted the development of the larvae (100% mortality). According to the results of the study, the use of this fungus to control wax moths was not very effective. In particular, it was emphasized that high amounts of *B. bassiana* were required to cause rapid mortality of larvae. In a study by Girişgin et al. (2022), the effect of 5% essential oils of clove, thyme and laurel plants and a commercial preparation obtained from *Metarhizium anisopliae* entomopathogenic fungus against *G. mellonella* larvae was investigated under laboratory conditions. Dead larvae and butterfly emergence rates were determined for each group. According to the percentage averages, no difference was found between the essential oil groups and the control group. Mushroom groups were found to be more effective than the control groups. It was determined that *M. anisopliae* mushroom preparation can be used as an alternative control method against *G. mellonella* larvae under storage conditions.

In a study, the effects of different concentrations of copper oxide nanoparticles (10, 100 and 1000 µg/mL) on catalase, superoxide dismutase, glutathione peroxidase, glutathione-s-transferase and acetylcholinesterase activities in the midgut and adipose tissue of *G. mellonella* larvae were investigated. In the midgut and adipose tissues of *G. mellonella* larvae exposed to different concentrations of copper oxide nanoparticles, catalase, superoxide dismutase and acetylcholinesterase activities decreased in all treatment groups, while glutathione peroxidase activities increased in the group treated with 100 µg/mL copper oxide nanoparticles. In addition, it was determined that glutathione-s-transferase activity decreased in adipose tissue and increased in the middle intestine in all treatment groups. In general, these findings indicate that oxidative stress occurs in *G. mellonella* larvae due to the accumulation of reactive oxygen species as a result of toxicity of copper oxide nanoparticles (Tunçsoy, 2021). In another study (Öztürk, 2021), the effects of *Ferula*

halophila extract on the catalase enzyme activity of *G. mellonella* were investigated. Eggs obtained from stock cultures were laid in food mixed with different doses (20, 40 and 60 ppm) of plant extract. The larvae hatched from the eggs were fed with this food. At the same plant extract ratios, protein isolation from the insect was carried out to examine the changes in protein amounts in the homogenate. According to the results obtained, it was determined that catalase activity increased with the increase in the concentration of *F. halophila* extract in larvae fed with food containing 20, 40 and 60 ppm extract. In this study, *G. mellonella* was used as a model species to investigate the effect of *F. halophila* belonging to the genus *Ferula*, some species of which are also known to have aphrodisiac effects, on insect metabolism.

Four plant extracts (*Acorus calamus*, *Curcuma longa*, *Ocimum basilicum*, *Coleus forskohlii*) and essential oils (steam distillation) of Eucalyptus (*Eucalyptus globulus*), Peppermint (*Mentha piperita*) and Lemongrass (*Cymbopogon citratus*) were studied against *G. mellonella*. *O. basilicum* was effective against *G. mellonella* at 5% with a maximum larval mortality of 89.29%, followed by *A. calamus* with 65.71% mortality, *C. forskohlii* with 56.66% mortality and *C. longa* with 45.47% mortality in descending order of effectiveness. Among the essential oils tested, essential oil of peppermint (*M. piperita*) resulted in 80.24% larval mortality. This was followed by Eucalyptus oil (*E. globulus*) with 69.05% mortality and Lemongrass oil, *C. citratus* (50.48%). Herbal treatment with *O. basilicum* (21.81%) resulted in minimal loss of comb weight by *G. mellonella* followed by Sweet flag, *A. calamus* (29.04%). Among the essential oils, Peppermint oil, *M. piperita* (24.56%), resulted in less honeycomb weight loss (Paulraj et al., 2021). The toxic effects of Zn (30 mg/L) and Cu (10 mg/L) alone and in mixture were investigated on hemocyte types and hemocyte numbers of *G. mellonella* larvae. Five types of hemocytes were observed in *G. mellonella* larvae: prohemocyte, granulocyte, plasmatocyte, spherulocyte and precocytoid. At 72 hours, the total number of hemocytes decreased in Zn and Cu treatments alone and in mixture. Prohemocyte, granulocyte, spherulocyte and precocytoid numbers decreased and plasmatocyte numbers increased. Changes in the hemocyte counts of *G. mellonella* larvae revealed that they can be used as a good model organism in evaluating environmental pollution levels. It was

stated that it could lead to immunological studies on other species (Kara et al., 2020).

In a study, the effects of 50 and 100 µg/mL concentrations of juvenile hormone analog pyriproxyfen and microbial insecticide *B. thuringiensis* alone and in mixture (25+25 and 50+50 µg/mL) on total hemocyte count and differential hemocyte count in *G. mellonella* larvae were investigated. According to the findings, it was determined that pyriproxyfen increased the toxic effect of *B. thuringiensis* biopreparation by suppressing the immune system in *G. mellonella* larvae (Tunçsoy and Özalp, 2020). The effect of some natural substances (ethanolic extract of Egyptian and Chinese propolis, ethanolic extract of cinnamon-clove-mint) against the fourth larval stage of *G. mellonella* was studied. Four concentrations (0.5, 1.0, 2.0, 2.0 and 4.0% a/a) of the active ingredients were analyzed for percentage mortality and activity on large *G. mellonella*. It was emphasized that the mortality effect depends on the type of material and its concentration. Mint ethanolic extract was more effective than the other groups (53.33±1.86% larval mortality). Corn propolis ethanolic extract and clove had no effect (0.5%) on *G. mellonella*. Egyptian and Chinese propolis ethanolic extract, cinnamon, clove and peppermint ethanolic extract showed an increase in pupal mortality concentration (4%) (26.66±0.00, 23.33±1.00, 43.33±4.00, 33.33±2.00 and 8.33±10.01%, respectively). It was found to be resistant in the adult stage (Fawzy et al., 2017).

Physical methods (temperature, radiation, etc.) are among the most effective methods of controlling *G. mellonella*. In a study (Kondrateva et al., 2020), the most effective optical radiation for *G. mellonella* was investigated. Optical radiation at different wavelengths was investigated for *G. mellonella* adults. It was stated that the optical radiation in the 400...435 nm wavelength range is the most attractive. It was emphasized that it attracts *G. mellonella* moths and therefore the number of eggs laid under the influence of this light is 1.5...2 times higher compared to radiation 491.

Antimicrobial substances added to artificial nutrients used to raise insects in laboratory conditions have been found to negatively affect the life, development and some physiological characteristics of insects as well as preventing contamination. In a feeding study conducted under laboratory conditions, it was observed that some anthelmintic substances had a negative effect on *G. mellonella* (Kılıç et al., 2015). In a study (Yılmaz, 2013), *G.*

mellonella was grown under laboratory conditions where the temperature was 27 ± 1 °C, relative humidity was $60 \pm 5\%$ and the environment was dark. Different doses (100,000, 200,000 and 300,000 ppm) of aluminum chloride were added to *G. mellonella* food. The effects of aluminum chloride on larval and pupal development, weight, maturation, adult weight, adult sex ratio, adult life span, morphological disorders in adults and hemocyte count in last stage larvae of *G. mellonella* were determined. It was determined that larval and pupal development time and adult life span of *G. mellonella* were shortened due to the addition of aluminum chloride. Larval, pupal and adult weights, development rates, mating rates, adult morphology and number of larval hemocytes were not affected by aluminum chloride treatments.

In recent studies, anthelmintic and antifungal drugs have been recommended against insect pests. In a study (Büyükgüzel & Büyükgüzel, 2021), *G. mellonella* larvae were fed with artificial feeds (0.001, 0.01 and 0.1 g/100 g) with three different concentrations of the anthelmintic triclozazole. According to these results, it was reported that a high amount of oxidative stress occurred in all developmental stages of *G. mellonella* and the activity of detoxification enzyme increased.

Piperazine is used as an anthelmintic drug in parasitic infections of animals. The effect of different nutritional concentrations of piperazine hexahydrate, a hexahydropyrazine group anthelmintic, on the survival rate and development time of *G. mellonella* larvae until the adult stage was investigated (Sefer & Büyükgüzel, 2018). First-stage larvae were fed on artificial foods containing different concentrations of piperazine (0.001, 0.01, 0.1, and 1%) until adult stage. It was determined that the time to reach the seventh larval stage and the pupation time of the larvae fed with foods containing low concentrations of this anthelmintic substance were not statistically affected. On the other hand, the time to reach the adult stage increased significantly after 0.1% concentration of piperazine hexahydrate. The highest concentration of piperazine added to the diet (1%) significantly slowed the development of *G. mellonella* from the first larval stage to the adult stage. Since piperazine has low acute toxicity to humans and other non-target organisms, it has been reported that it can be used as an insecticide with good adjustment of concentrations.

In a study (Sugeçti & Büyükgüzel, 2018), oxfendazole was added to artificial food at different concentrations (0, 0.0015, 0.015, 0.15, and 1.5%) and *G. mellonella* larvae were fed until the 7th stage. Changes in metabolic enzyme activity in *G. mellonella* hemolymph tissue were examined. The enzyme activity increased from 329 ± 4.33 to $529, 5 \pm 3.17$ U/L at the highest concentration of the anthelmintic agent. This study indicates that oxfendazole has low acute toxicity against human and other non-target organisms and can be used as an insecticide by adjusting its concentrations well. In another study (Akyol & Korkmaz, 2008) was conducted between October and February to determine the effect of -5°C cold treatment on the protection of stored bee-free combs against the damage of *G. mellonella*. Cold treatment was carried out by keeping the combs together with the hives in coolers set at -5°C for 10 days. In one hundred combs subjected to cold treatment and one hundred combs not subjected to any treatment (control group), wax moth damage was 11% and 62%, respectively. The difference between the average of the cold treated group and the average of the control group was statistically significant ($P < 0.01$). It was determined that eighty-nine of the hundred combs subjected to cold treatment in October were in a condition to be reused in February, while eleven of them were damaged by *G. mellonella* larvae. This study showed that the -5°C condition is also suitable for cold treatment, which is known to be used as an alternative method for the control of the large *G. mellonella*, which causes significant economic losses to beekeepers.

An effective biological method for controlling *G. mellonella* is the control male sterile technique. The control male sterility technique is a technique to reduce pest populations by mass release of reproductively sterile male insects into wild-type populations of the same species. Due to the special biological characteristics of *G. mellonella*, such as being active in closed rooms, at night and non-parthenogenetic reproduction, the use of the control male sterile technique is effective in control (Jafari et al., 2010). Sohail et al. (2017) conducted a study to determine the periods when *G. mellonella* is dense in Sargodha, Pakistan. According to the data obtained, the highest density of *G. mellonella* was detected between May and November. The highest density (14.8 ± 3.9 *G. mellonella* larvae/hive) was found in August. All abiotic factors were associated with seasonal abundance of larger species. It was emphasized that the data from this study will be helpful in planning an integrated strategy against

the pest. Kumar and Khan (2018) studied the life cycle of *G. mellonella* under different environmental conditions between 2013 and 2014. During the study, fertility, brooding period, hatching percentage, larval period, pupal period and adult life span showed significant differences under different environmental conditions. The incubation period was found to be the longest at room temperature from December 2012 to February 2013.

The effect of two North African plants (*Thymbra capitata* and *Mentha pulegium*) on *G. mellonella* control was investigated (Ncibi et al., 2021). According to the data obtained, the brooding period of *G. mellonella* was found to be 51 days under a temperature of 30-33°C. The second larval stage was found to be more sensitive than the fourth stage. On the other hand, *M. pulegium* was more toxic to the second larval stage than *T. capitata*. According to these findings, essential oils may be a good alternative to insecticides to control *G. mellonella*. A study (Akyol et al., 2009) was carried out between October and April to determine the effectiveness of carbon dioxide against *G. mellonella* in bee-free fluffed combs stored in hives of migratory beekeepers in Samandağ/Hatay. After the combs to be used in the experiment were taken from the colony, they were placed in empty hives without any treatment and kept in the open field for 20 days to ensure natural contamination with *G. mellonella*. In the control, 109 combs with large *G. mellonella* larvae and eggs were selected and randomly divided into two groups of 50 and 59 bees. The first group was treated with CO₂, the second group was not treated and used as a control group. All of the combs in both groups were placed in hives in which large garbage bags were placed and the mouths of the bags were taped closed after carbon dioxide application. As a result of the research, it was determined that 92% of the combs treated with carbon dioxide were not damaged, while 59.33% of the combs in the control group were destroyed by the pest so that they could not be used. According to the data obtained, it was stated that carbon dioxide (CO₂), which does not have any chemical residue problem in the storage of fluffed wax combs under field conditions, can be safely used by beekeepers in the control of *G. mellonella*.

The biology of *G. mellonella* was studied by artificial feeding under laboratory conditions. Eggs were small, elliptical and pearl white in color. The incubation period was between 6-10 days (average 7.36±1.08 days). Larvae went through seven stages. The newly emerged larvae were wedge-shaped, pale

white in color and showed faster movement. The average duration of the first to seventh larval stages was 4.08 ± 0.89 , 5.72 ± 0.79 , 5.28 ± 0.77 , 6.96 ± 0.68 , 6.76 ± 0.76 , 7.64 ± 1.14 and 8.40 ± 1.19 days, respectively, and the total larval duration was 44.84 ± 2.98 days. The average pre-pupal and pupal periods were 5.52 ± 1.05 and 9.00 ± 0.96 days, respectively. The average pre-oviposition, oviposition and post-oviposition periods were 1.60 ± 0.50 , 6.12 ± 1.09 and 2.00 ± 0.87 days, respectively. Measurements of various stages of *G. mellonella* were also determined (Desai et al., 2019). A study (Sohail et al., 2020) was conducted to determine how *G. mellonella* affects wax food consumption by larvae and larval growth parameters. Five larval stages (3rd, 4th, 5th, 6th and 7th) were evaluated from the previous emergence stage to the next developmental stage 24 h after molt and 48 h before molt. Wax consumption rate was lowest for 3rd instar larvae (17.5 ± 0.8 mg consumed/day) and highest for 7th instar larvae (515.4 ± 22.7 mg/day).

In a study (Koç & Gülel, 2013), *G. mellonella* was grown under six different photoperiods. Illumination was provided by 40 W fluorescent bulbs. Honeyless combs were used to feed *G. mellonella*. In general, carbohydrate content was higher in long day photoperiods than in short day photoperiods. In a study by Sak and Uçkan (2009), different doses of cypermethrin were given in food to *G. mellonella* last stage larvae divided into two groups according to weight. The effects of cypermethrin on pupation and mortality rates of *G. mellonella* were investigated under laboratory conditions of 25 ± 1 °C temperature, $60 \pm 5\%$ relative humidity and 12:12 hours (A:K) photoperiod. Cypermethrin was diluted with pure water at ppm level according to the active ingredient ratio and solutions of different concentrations were prepared and these solutions were used instead of water in the food consisting of comb, bran, honey, glycerin and water mixture. As a result of insecticide application to the first and second groups of *G. mellonella* larvae, it was determined that there was a great similarity in pupation and mortality percentages between the two groups according to days. It was determined that as the dose of cypermethrin increased, larval development and pupation time were delayed, pupation percentage decreased and mortality rate increased. It was emphasized that the insecticides will increase the economic loss by prolonging the larval development of pest species in nature, causing them to stay longer in this stage

where they cause the most damage, and will pose a great danger in terms of population densities and continuity of their generations.

A study was conducted to determine the effect of vinclozolin on some enzyme activities (Glucose Oxidase, Catalase and Xanthine Oxidase) of *G. mellonella* (Öztürk & Maltaş Çağıl, 2019). Eggs were laid in food mixed with vinclozolin at different doses (20, 40 and 60 ppm) and the hatched larvae were fed with this food. The total protein content in the homogenates was determined by Bradford's method and the extracts were analyzed by SDS-PAGE analysis to obtain protein profiles. The extracts obtained were used for enzyme activity analysis. The results showed that catalase and glucose oxidase activities increased in larvae fed with food containing 20, 40 and 60 ppm vinclozolin, while xanthine oxidase activity remained constant due to the increase in vinclozolin concentration. In another study (Ozgor et al., 2017) was conducted to investigate the possibility of transmission of bacteria and pathogenic microorganisms between moth and bee organisms, and for this purpose, to investigate the possibility of transmission of *Nosema* species between these organisms. For this purpose, *G. mellonella* were collected from beehives and the presence of *Nosema* species in *G. mellonella* was investigated under laboratory conditions. Adults and late-stage larvae of *G. mellonella* were used to detect *Nosema apis* and *Nosema ceranae*. According to PCR results, it was determined that *N. apis* and *N. ceranae* were present in the *G. mellonella* moth.

In a study conducted in South Karnataka, India (Vijayakumar et al., 2019), it was found that the incidence of *G. mellonella* in combs treated with V-Bt (commercial product) was significantly lower than that observed in combs treated with HD-1 (local Bt product), regardless of the Bt (*Bacillus thuringiensis*) concentration. It was emphasized that the placement of a yellow sticky trap with *A. dorsata* comb attached to the top cover of the *A. cerana* hive reduced *G. mellonella* infestation in *A. cerana* colonies. In a study (Tokarev et al., 2018), *G. mellonella* fed with 3 million *Nosema pyrausta* spores per larva showed 0% and 5% infestation rate at 30 °C and 24 °C, respectively. The virulence of *N. pyrausta* did not increase after three generations of *G. mellonella* transmission. When larvae were pretreated with phenylthiourea, *Bacillus thuringiensis*, or a combination of both, infection rates were 11%, 15%, and 22%, respectively. Injection of untreated and potassium hydroxide-primed spores resulted in approximately 10% and 50% infection, respectively.

G. mellonella is resistant to high doses of *N. pyrausta* spores, serving as a prospective model of insect resistance to microsporidia, while host immunosuppression and/or spore activation enhance the pathogen's success.

In a study conducted to investigate the effect of propolis, a natural bee product, against *G. mellonella* (Garedew et al., 2004), it was stated that propolis is toxic at high concentrations and is an insect growth regulator at low concentrations. It was emphasized that propolis will not cause a toxic residue problem due to its use in the control of *G. mellonella* and its natural component in the beehive. Mandal and Vishwakarma (2016) reported that the highest number of egg clusters (9.00), larvae (26.33), pupae (23.67) and adults (8.00) of *G. mellonella* infecting the combs were detected in the 37th and 38th standard weeks under changing environmental conditions. They stated that the highest number of eggs (34.6), larvae (86.00), pupae (89.67) and adults (30.67) per hive were observed in September and were much higher than other months.

Korkmaz Boz and Akman Gündüz (2016) conducted a study at temperatures of 15, 24 and 30 °C. They used late-stage larvae of *G. mellonella*, *Achoria grisella* and *Ephestia kuehniella* as hosts. The results showed that *H. bacteriophora* killed all host larvae at all three temperatures. At all temperatures tested, the number of *H. bacteriophora* entering the *G. mellonella* host was found to be significantly higher than the number of nematodes entering *A. grisella* and *E. kuehniella*. In this study (Eskin, 2022), the toxic effects of magnetic iron oxide nanoparticle (Fe₃O₄ NP) on the large hive moth *G. mellonella*, an experimental model animal, were investigated. In the study, the effects of iron oxide NP (0.4, 2, 10, 50, 250 µg /10 µl) concentrations on the biology of *G. mellonella*, hemocyte count, apoptotic, necrotic and mitotic indices in hemocytes, hemocyte viability and micronucleus formation were investigated after force-feeding was applied to *G. mellonella* larvae. According to the results; the average pupal development period was prolonged in larvae exposed to 250 µg/10 µl iron oxide NP concentration compared to larvae exposed to 2 µg/10 µl iron oxide NP concentration. With the effect of increasing Fe₃O₄ NP concentration, the average pupal weight increased at 250 µg/10 µl Fe₃O₄ NP concentration and was found to be statistically significant compared to the control group.

The aim of this study was to test *Bacillus* isolates in preventing *G. mellonella* infestation in stored combs and also to evaluate the safety of *Bacillus*

isolates against honeybees and silkworms. The effectiveness of these isolates against *G. mellonella* in bee-free combs was evaluated and the safety of these potential bacterial isolates against honeybees and silkworms was tested. The protection range provided by the isolates ranged from 89.5% to 44.3% and isolate M2 (89.52%) and standard HD-1 (88.89%) provided very good protection to the combs against *G. mellonella* damage. All six isolates tested were observed to be safe for honeybee adults and also for larvae. This showed that the isolates can be safely propagated under field conditions (Taredahalli et al., 2013).

In conclusion; using natural products to control *G. mellonella* is very important. Because the use of chemical substances causes residues in honeybee products. On the other hand, it also negatively affects honeybee and human health. *G. mellonella* can be controlled by biological and physical methods. However, most of these methods are either inefficient or expensive for small beekeepers. Using natural products that do not contain additives in the control can be a good alternative solution to reduce residue problems and costs arising from chemical, physical and biological control methods (Garedew et al., 2004).

REFERENCES

- Abou-Shaara, H.F. (2020). Effects of the Fungus, *Beauveria bassiana*, on the Larval Development of the Greater Wax Moth, *Galleria mellonella*, (Lepidoptera: Pyralidae) under Laboratory Conditions. *Journal of Apiculture*, 35(1), 81-84, DOI: 10.17519/apiculture.2020.04.35.1.81.
- Akyol, E., Korkmaz, A. (2008). The Effect of -5°C Cold Application to Protect Honeycombs against Greater Wax-Moth *Galleria mellonella* Damage. *Uludag Bee Journal*, February, 26,8(1),26–29.
- Akyol, E., Yeninar, H., Şahinler, N., Ceylan, D.A. (2009). The Using of Carbon dioxide (CO₂) on Controlling of The Greater Wax Moth's *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae) Damages. *Uludag Bee Journal*, 9(1), 26-31.
- Akyol, E. (2013). Mum Güvesi (*Galleria Mellonella* L.) Zararı ve Kontrol Yöntemleri. *Arıcılık Araştırma Derg.*, 5(9), 2-7, ISSN 2146 -2720.
- Brar, H. S., Gatoria, G. S., Jhaj, H. S. & Chahal, B. S. (1985). Seasonal infestation of *Galleria mellonella* and population of *Vespa orientalis* in *Apis mellifera* apiaries in Punjab. *Indian J. Ecol.*, 129, 735-737.
- Büyükgüzel, E., Büyükgüzel, K. (2021). Oxidative Impact of Dietary Triclabendazole in *Galleria mellonella*. *Kafkas Univ Vet Fak Derg.*, 27(3), 301-306.
- Coskun, M., Kayıs, T., Sulanc, M., Ozalp, P. (2006). Effects of Different Honeycomb and sucrose Levels on the Development of Greater Wax Moth *Galleria mellonella* Larvae. *Int. J. Agri. Biol.*, 8(6), 855-858, 1560–8530/2006/08–6–855–858.
- Desai, A.V., Siddhapara, M. R., Patel, P. K., Prajapati, A. P. (2019). Biology of greater wax moth, *Galleria mellonella* L. on artificial diet. *J. Exp. Zool. India* Vol., 22(2), 1267-1272, ISSN 0972-0030.
- Duman Erbaş, E. & Altuntaş H. (2021). Effects of Juglone on the Antioxidant Metabolism in the Larval Hemolymph of the Greater Wax Moth *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae). *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 11(1), 18-28, DOI: 10.31466/kfbd.834252. ISSN (Online): 2564-7377.
- Erturk, Kara, H., Turan, Y., Er, A., Acar, M., Tumay, S., & Sinan, S. (2014). Purification and characterization of -glucosidase from greater wax moth *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae). *Archives of Insect*

- Biochemistry And Physiology*, 86(4), 209–219, DOI: 10.1002/arch.21171.
- Eskin, A.N. (2022). Demir oksit nanopartiküllerinin *Galleria mellonella* (L.) (Lepidoptera: Pyralidae)'nın biyolojisine ve hemositlerine etkisi. *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*, Nevşehir, 61 s.
- Fawzy, A.M., Al-Ahmadi, S. S., Al-Hazmi, H.M. (2017). Influence of Some Natural Substances for Control the Greater Wax Moth *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae). *J. Plant Prot. and Path., Mansoura Univ.*, 8(8), 407–413.
- Garedew, A., Schmolz, E., Lamprecht, I. (2004). Effect of the bee glue (propolis) on the calorimetrically measured metabolic rate and metamorphosis of the greater wax moth *Galleria mellonella*. *Thermochimica Acta*, 413, 63–72, doi:10.1016/j.tca.2003.10.014.
- Girişgin, A.O., Çimenlikaya, N., Aydın, L., Zengin, S.A. (2022). Experimentation of Essential Oils and Entomopathogenic Fungi Against Wax Moth Larvae in Laboratory Conditions. *Türkiye Parazitol Derg.*, 46(4),322-6, DOI: 10.4274/tpd.galenos.2022.69077.
- Gökmen, M.K., Kaya. M., Sümer, Ercan, F. (2022). Aronia melanocarpa Bitki Özütünün *Galleria mellonella* ve *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici Üzerine Öldürücü ve Engelleyici Etkisi. *Ahi Ziraat Der/J Ahi Agri*, 2(1),24-31.
- Hanumanthaswamy, B.C., Rajagopal, D., Basavaraju, B.S. (2013). Influence of temperature and relative humidity on development of greater wax moth *Galleria mellonella* L. (Pyralidae: Lepidoptera). *Current Biotica*, 7(3), 202-208. ISSN 0973-4031.
- Jafari, R., Goldasteh, S., Afrogeheh, S. (2010). Control of the wax moth *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae) by the male sterile technique (MST). *Arch. Biol. Sci., Belgrade*, 62(2), 309-313, DOI:10.2298/ABS1002309J.
- Kara, A., Tunçsoy, B., Özalp, P. (2020). Cu, Zn ve Karışımlarının *Galleria mellonella* L. Lepidoptera: Pyralidae) Larvalarının Hemosit Tipleri ve Sayıları Üzerine Etkileri. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 5 (1), 45-51, DOI: <https://doi.org/10.35229/jaes.649536>.

- Kılıç, A., Büyükgüzel, K., Büyükgüzel, E. (2015). Antihelmintik Triklabendazolun Yapay Besin ile Beslenen *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae) Larvalarının Yaşama ve Gelişimine Etkisi. *Kafkas Univ Vet Fak Derg.*, 21(6), 841-847, DOI: 10.9775/kvfd.2015.13731.
- Koç, Y. & Gülel, A. (2013). The Effects of Changing the Start Time of the Light on Carbohydrate Levels on *Galleria mellonella* Adults at Different Ages. *U. Bee J.*, 13(1), 3-15.
- Kondrateva, N. P., Kirillov, N.K., Zaitsev, P.V., Buzmakov D V, Osokina A S, Bolshin R G, Krasnolutskaya M G, Rybakov L M. (2020). Effect of optical radiation on greater wax moth (*Galleria mellonella* L.) – pest of bee colonies. *International AgroScience Conference (AgroScience-2019). IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 433, 012036, IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/433/1/012036.
- Korkmaz Boz, N., Akman Gündüz, E. (2016). Sıcaklık ve konukçu tipinin entomopatojenik nematod *Heterorhabditis bacteriophora* (Poinar, 1975) (Nematoda: Heterorhabditidae)'nın gelişimine etkisi. *J Agr Sci.*, 31, 25-32, doi:10.7161/anajas.2016.31.1.25-32 ISSN: 1308-8750.
- Kumar, G., Khan, M.S. (2018). Study of the life cycle of greater wax moth (*Galleria mellonella*) under storage conditions in relation to different weather conditions. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(3), 444-447.
- Kwadha, C.A., Ong'amo, G.O. Ndegwa, P.N., Raina, S.K., Fombong, A.T. (2017). The Biology and Control of the GreaterWax Moth, *Galleria mellonella*. *Insects*, 8,61, doi:10.3390/insects8020061.
- Mahindre, D. B. (1983). Handling rockbee colonies, *Indian Bee J.*, 45(2-3), 72-73.
- Mandal, S., Vishwakarma, R. (2016). Population dynamics of greater wax moth (*Galleria mellonella* L.) infesting *Apis mellifera* L. combs during dearth period. *An International Quarterly Journal Of Environmental Sciences*, Special issue, IX, 93-98, www.theecoscan.com.
- Ncibi, S., Ben Amor, A., Ben Abdelkader, F. (2021). Efficacy of Essential Oils of *Thymbra Capitata* L. And *Mentha Pulegium* L. Collected In Tunisia on Larvae of *Galleria mellonella* L. *Uludag Bee Journal*, 21 (1), 31-38, DOI: 10.31467/uluaricilik.888724.

- Negi, N., Thakur, M., Sharma, H.K. Rana, K. (2019). Incidence and management of greater wax moth, *Galleria mellonella*. *J. ent. Res.*, 43 (2), 139-143, DOI: 10.5958/0974-4576.2019.00027.6
- Ozgor, E., Celebier, I., Ulusoy, M., Keskin, N. (2017). First detection of *Nosema ceranae* and *Nosema apis* in greater wax moth *Galleria mellonella*. *J. Apic. Sci.*, 61, 185–192.
- Öztürk, R. & Maltaş Çağıl, E. (2019). Vinclozolin' in *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae)' nın Glukoz Oksidaz, Katalaz ve Ksantin Oksidaz Aktiviteleri Üzerine Etkisi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8(2), 174-182, Doi: 10.17100/nevbittek.440101.
- Öztürk, R. (2021). *Ferula halophila* Ekstraktının *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera:Pyralidae)' nın Protein Miktarı ve Katalaz Aktivitesi Üzerine Etkileri. *S.Ü. Fen Fakültesi Fen Dergisi*, 47(1), 35-46, DOI: 10.35238sufefd.866619.
- Paulraj, S., Govindasamy, U., Ayyaswami Pernamallur, S. (2021). Evaluation of Botanical Extracts For The Management of Greater Wax Moth, *Galleria mellonella* Linnaeus (Lepidoptera: Pyralidae) Under Stored Conditions. *U. Bee J.*, 21(2), 227-236, DOI:10.31467/uluaricilik.1001135.
- Polat, B., Özüçli, M., Çetin, H., Aydın, L. (2020). Pestisit Kullanımının Bal Arısı Sağlığına ve Ürünlerine Etkisi. *J Res Vet Med.*, 220, 39(2), 128-134, DOI:10.30782/jrv.m..634586.
- Sak, O, Uçkan, F. (2009). Effets of Cypermethrin on the Pupation and Mortality of *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae). *U. Bee J.*, 9(3), 88-96.
- Sarıkaya, A. (2020). The Effects of Honey Variety on Longevity of the Adult Parasitoid, *Bracon hebetor* Say, 1836 (Hymenoptera: Braconidae). *Uludag Bee Journal*, 20(2), 114-122, DOI: 10.31467/uluaricilik.718805.
- Sefer, N.E., Büyükgüzel, K. (2017). The Effect of Piperazine on Survivorship and Development of *Galleria mellonella*. *Karaelmas Fen ve Müh. Derg.*, 8(1), 365-372, DOI: 10.7212%2Fzkufbd.v8i1.1248.
- Shin, B.S., R.I. N.C., Choong-Un, L. (2001). Effect of cadmium on total lipid content and fatty acids of the greater wax moth, *Galleria mellonella*. *Korean J Ecol* 24(6), 349–352.

- Sohail, M., Aqueel ,M.A., Ellis, J.D., Afzal, M., Raza, A.M. (2017). Seasonal abundance of greater wax moths (*Galleria mellonella* L.) in hives of western honey bees (*Apis mellifera* L.) correlates with minimum and maximum ambient temperature. *Journal of Apicultural Research*, (56)4, 416–420, <https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1335824>.
- Sohail, M., Aqueel, M.A., Ellis, J.D., Raza, A.M., Ullah, S. (2020). Consumption, digestion, and utilization of beeswax by greater wax moths (*Galleria mellonella* L.). *Journal of Apicultural Research*, 59(5), 876–882, <https://doi.org/10.1080/00218839.2020.1765482>.
- Sugeçti, S., Büyükgüzel, K. (2018). Effects of Ox fendazole on Metabolic Enzymes in Hemolymph of *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae) Larvae Reared on Artificial Diet. *Karaelmas Fen ve Müh. Derg.*, 8(2), 590-594, DOI: 10.7212%2Fzkufbd.v8i2.1380.
- Taredahalli, N., Bhat, N.S., Kumar, A.R.V., Jakhar, M.S. (2013). A biological approach for management of greater wax moth, *Galleria mellonella* L. Using *Bacillus thuringiensis*. *Journal of Biological Control*, 27(4), 329–333.
- Tokarev, Y.S., Grizanova, E.V., Ignatieva, A.N., Dubovskiy, I.M. (2018). Greater wax moth *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae) as a resistant model host for *Nosema pyrausta* (Microsporidia: Nosematidae). *Journal of Invertebrate Pathology*, 157, 1–3.
- Topal, E., Ceylan, Ö., Kosoğlu, M., Mărgăoan, R., Cornea-Cıpcıgan, M. (2020). Structure, Usage Areas and Main Problems of Bees Wax. *U. Bee J.*, 20(2), 209-220.
- Tunçsoy, B. & Özalp, P. (2020). Farklı etki mekanizmalı insektisitlerin tek başına ve karışım halindeki uygulamaların *Galleria mellonella* larvalarında hemosit sayıları üzerine etkileri. *Anadolu Çev. ve Hay. Derg.*, 5(4), 777-780.
- Tunçsoy, B. (2021). Model Organizma *Galleria mellonella* L.'da Bakır Nanopartiküllerinin Oksidatif Stres Üzerine Etkilerinin Değerlendirilmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(5), 278-284.
- Vijayakumar, K.T., Neethu, T, Shabarishkumar, S., Nayimabanu Taredahalli, Madhu, K.V., Bhat, N.S. & Kuberappa, G.C. (2019). Survey, biology and management of greater wax moth, *Galleria mellonella* L. in Southern

Karnataka, India. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 7(4), 585-592, E-ISSN: 2320-7078 P-ISSN: 2349-6800.

Wojda, I., Staniec, B., Sułek, M., Kordaczuk, J. (2020). The greater wax moth *Galleria mellonella*: biology and use in immune studies. *Pathogens and Disease*, 78(9),1-1, doi: 10.1093/femspd/ftaa057.

Yılmaz, E. (2013). Farklı dozlardaki Alüminyum Klorür'ün *Galleria mellonella* (L.) (Lepidoptera: Pyralidae)'nın biyolojisine ve hemosit sayılarına etkileri. *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi Biyoloji Anabilim Dalı, İstanbul, 79 s.

CHAPTER 12

FOOD SECURITY AND CLIMATE CHANGE

Associate Professor (Acting). Kushvar MAMMADOVA ¹

¹ Azerbaijan State Agricultural University Faculty of Veterinary Medicine, Department of Hygiene and Food Safety Azerbaijan, Ganja, ORCID: 0000-0002-6293-2079
kgmammadova@gmail.com

INTRODUCTION

Food security is a critical component of security at the global, national and personal levels. The evolution of society and the environment makes adjustments to the food security system. If in the past the main threat was natural disasters and unfavorable climatic conditions, military-political events, then in modern conditions the main factors of the food problem are due to economic and socio-cultural reasons. In the modern world, a food system has developed in which the following contradiction remains unresolved: on the one hand, hunger is the cause of the annual death of many millions of people on Earth; on the other hand, global food production today generally meets food needs. In this regard, a necessary condition for preserving human potential and sustainable development is to achieve a stable state of food security for every person, taking into account the physical, economic and social accessibility of food.

Food security of the country is an integral part of its economic and national security. Supplying the population with food products is one of the socio-economic problems that are of great importance for the state and must be solved. It should be noted that food security is one of the priority areas of state policy. Thus, the solution of this problem covers a wide range of national, economic, social, demographic and environmental factors. Therefore, the social economic system at the state level is closely related to food security. It is from this point of view that the provision of food security is based on the mobilization of internal resources. This approach is based on many changes related to the development of the national economic reform strategy, sustainable development, the use of effective legal norms, and the improvement of the living conditions of the population.

Thus, food security is the main element not only of economic security of the state, but also of political and environmental security. This determines that food security plays a leading role in national security. The essence of food safety should be expressed in a more precise definition of the concept of "food safety". It should be noted that for the first time "food security" was adopted as a term in Rome in 1974 at the World Conference on Food Problems organized by the Organization for Economic Co-operation and Development (FAO) due to the sharp increase in the price of grain. The essence of this concept was clarified 20 years later in a similar conference. According to the ICT, "food

security is the possibility of physical and economic access of all people to safe and nutritious food products in the necessary amount to ensure their active and healthy life". Starting from the second half of the 90s of the last centuries, the term "food safety" began to be widely used not only in documents, but also in scientific literature. Reviewing this literature, it can be concluded that there is still no single and precise definition of the essence of this category. Choosing the right strategy and tactics depends on the meaning given to this category.

It should be noted that food security at the level of humanity is "maximum participation in the international division of labor and unique "melting or agrarian protectionism" in the world market, sustainable development that determines the future of humanity. Sustainable development is based on balanced consumption of natural resources, including food.

Climate change directly or indirectly undermines the enjoyment of all human rights, including the rights to life, housing, water and sanitation, food, health, development, personal security and an adequate standard of living. In addition, the impacts of climate change exacerbate inequalities, disproportionately affecting individuals, groups and peoples already in vulnerable situations, including children, indigenous peoples and people with disabilities.

Effective responses to prevent, mitigate and adapt to climate change must be based on international human rights and environmental standards and principles, such as solidarity, cooperation, transparency, access to information, participation, equality, fairness, accountability, as well as the polluter pays principle and the precautionary principle.

The business sector plays a central role in climate change. Most of the CO₂ emissions that cause climate change come from economic activity driven by business. However, entrepreneurship can also contribute to innovation and solutions to prevent, mitigate and adapt to climate change and its negative impacts on the planet and people. To prevent future climate damage and ensure climate justice, the business sector must be part of the solution.

1. CONCEPTUAL FRAMEWORK FOR FOOD SECURITY

The modern understanding of the concept of food security began to take shape in the mid-forties of the 20th century during the Second World War. In 1943, an international conference on food and agriculture was held in Hot

Springs (USA), with representatives from 44 countries participating. At that time, there was a food crisis in many countries, the population was hungry, and the conference participants made it a priority to achieve “freedom from hunger,” which included “a reliable, adequate and adequate food supply for every man, woman and child.” In this context, “reliable” meant ensuring access to food, “adequate” meant the availability of food in sufficient quantities, and “appropriate” meant the necessary nutritional content of food. It was during that period that the main cause of hunger was identified - poverty, which demanded government agencies to take measures to reduce poverty and create new jobs.

In 1948, the UN first recognized food as a universal human right, enshrining it in the Declaration of Human Rights. Article 25(1) of the Universal Declaration of Human Rights states that “Everyone has the right to a standard of living adequate for the health and well-being of himself and his family, including food.” In the 70s of the last centuries, several lean years led to the depletion of world grain reserves, global food shortages and a rapid rise in food prices. This caused a world food crisis. To solve the global food problem, the World Food Conference was held in 1974, as a result of which the “International Commitments to Ensure Food Security in the World” were adopted, the implementation of which was approved by the UN General Assembly. In this document, food security is understood as a system of measures that ensure the production and satisfaction of the quantitative and qualitative needs of the state population in highly competitive national food products of a wide range. The solution to the problem of food security came down to organizing the supply of adequate basic food products in a volume sufficient to increase consumption and regulate price fluctuations.

A new perspective on food security was introduced in A. Sen's seminal work *Poverty and Hunger* (1981), which viewed food security from the perspective of individuals' rights to food. As a result, in 1983, FAO recognized that food security goes beyond the supply of enough food. It is essential that every person, including those from the poor and vulnerable, have physical and economic access to food. This provision was included in the UN food security concept.

Later, in 1986, the World Bank prepared a report on poverty and hunger, which distinguished between persistent and recurrent food insecurity. Persistent (chronic) food insecurity involves chronic hunger caused by a long period of

poverty, a miserable existence throughout life. Recurrent food insecurity is divided into two types: cyclical and temporary. Cyclical is associated with the regular occurrence of food insecurity, for example, in the form of seasonal food shortages or famine before the start of a new harvest. Temporary can be caused by droughts or floods, civil or military conflicts.

In the eighties of the last century, a new problem was raised related to hunger and malnutrition, including malnutrition and insufficient intake of nutrients in children. As a result, in 1990, UNICEF presented the Conceptual Framework of Malnutrition, which separates food and non-food (medicine and health) factors in child nutrition. In the same year, FAO added factors influencing food security to the social and cultural background of a person. It was determined that a person's socio-cultural behavior reflects his attitude towards nutrition, which can lead, in particular, to insufficient consumption of protein foods, and, in general, to non-compliance with the principles of a balanced diet.

2. CLIMATE CHANGE AND FOOD SECURITY

Climate change is becoming one of the most pressing challenges. In August 2021, a report by the Intergovernmental Panel on Climate Change documented an almost inevitable temperature rise of at least two degrees. COP 26 in Glasgow in November 2021 has therefore attracted great public interest. But not all expectations were met. Global agriculture is becoming increasingly unsustainable due to climate change and limited land and water resources. Among the most pressing challenges are the trends of desertification and drought, which can cause large-scale famine and food insolvency of entire countries. This will entail an increase in migration flows and a humanitarian catastrophe.

Rising sea levels could lead to the flooding or withdrawal of large areas from agricultural production in the coastal lowlands, which would also make the threat of hunger, food insufficiency and increased migration quite real.

In politicized discussions about the consequences of climate change for the temperate and boreal regions of the Earth, overly optimistic forecasts are also heard. Allegedly, after warming, these regions will turn into a kind of "happy subtropics" with a warm and mild climate. In response to this, warnings are expressed about the thawing of permafrost and the unpredictability of

precipitation patterns. The context of the Glasgow decisions highlights more clearly the issues that should not be ignored. One of them is related to the initiative to reduce methane emissions. Given the expected increase in the flow of methane into the atmosphere due to thawing permafrost (and methane contributes to global warming much more than carbon dioxide), attention to reducing its anthropogenic emissions is quite justified. But this ambitious program threatens food security.

A significant amount of methane is released into the atmosphere due to livestock farming, which leads to the emergence of radical projects to introduce a special tax/excise tax on the consumption of cow meat and milk, similar to excise taxes on tobacco and alcohol. One of the themes of environmental ethics in the medium term will be a call to abandon their consumption and to reduce the volume of livestock production, which will widen the gap between North and South. But if in the developed world this environmental call can be heard, then for the world's poorest countries, a reduction in livestock production will lead to an increase in the threat of hunger. The rise in social problems and migration due to this is also easy to predict.

The understanding of food security has evolved over time. The “simple” interpretation of food security has been replaced by a “comprehensive” understanding, implying not only the ability to ensure biological survival, but also the economic availability of food, its nutritional value and quality, and the sustainability of food systems and supply chains. The problem of food security became a matter of international concern after the Second World War. The shortage of food was experienced primarily by the countries participating in the war; in some of them there was a system of food cards (in Germany, Italy, Great Britain), but nevertheless there was famine (Alfani, Gráda 2017).

It was with the aim of fighting hunger that a specialized UN agency, the Food and Agriculture Organization (FAO) (The decision to create FAO was formalized at the First Session of the UN, which was held in Quebec (Canada). FAO's headquarters were originally located in Washington, but in 1949 the FAO General Conference decided to move it to Rome, and since 1951 FAO has been based in Rome), was established in 1945. In the early 1950s, especially in those regions where there was an active process of post-war reconstruction, there was an increase in demand for goods, most of them imported from the United States (including through the Marshall Plan). The growing demand for

imported products contributed to dollar shortages, which caused a subsequent payment crisis in developing countries. Many food-deficient countries have been forced to impose severe restrictions on imports, which has stimulated the desire to achieve food self-sufficiency. Achieving self-sufficiency has become a commonplace in many national development plans, even in those countries where such self-sufficiency was clearly unattainable; wherein the physical availability of food supplies has become a key indicator of food security.

In the 1960s approaches to food security continued to be dominated by considerations related to food supply and accessibility. As before, one of the goals of the world community was to increase the availability of food in developing countries, where direct food assistance remained crucial and was a tool in the fight against hunger and malnutrition. In addition, logistical assistance for food production and agricultural activities was of great importance. Accordingly, the understanding of the problem of food security has shifted from the humanitarian logic of eliminating surpluses in favor of the poor towards technological progress in the agricultural sector as the most important factor in increasing the gross harvest of agricultural crops.

Rapid, in historical retrospect, but at the same time global climate change is one of the main modern global challenges to food security. In 30 years, total food production will have to nearly double to meet the needs of our planet's rapidly growing population. The only problem is that the existing rates of agricultural production, firstly, are significantly lower, and secondly, they are subject to increasingly worsening risks. The reasons for the emergence of these risks are of two kinds - this is the fairly strong influence of socio-political and agro-technological circumstances subject to at least some control, and uncontrollable environmental factors, such as the availability of moisture and global temperature.

The main causes of climate change are the emission of gases from the soil into the atmosphere, which has reached large scales and continues to grow. The causes of emissions are dehumification, excessive development and intensive use of soils, reduction of areas occupied by vegetation, deforestation, drainage of hydromorphic soils, fires, which have become more frequent in recent years, urbanization, emissions from “dirty” enterprises, etc.

To respond to climate challenges, it is necessary to study ongoing processes and timely develop adaptation programs to them. In addition, it is

important to monitor changes in the volumes and structure of consumption in the world, predict where changes will occur and what type of products will be in demand in a particular region in the future, and be prepared for them.

Climate change has a negative impact on food supply and food security. As a result, against this background, there is a decrease in agricultural production and a deepening of global poverty. At the same time, climate change creates additional costs for states and the global economy. That is, as a result, the fight against climate change, the regulation of production in this direction is practically a global cost.

This has a negative impact on the global economy as a whole. Especially in the agricultural sector, it creates difficulties in providing water and other supplies to citizens and the world population as a whole, and causes the formation of additional costs in the global economy.

In practice, countries are thinking about alternatives. On the one hand, there are increases in the number of climate change regulation measures to minimize the effects of climate change on the economy. At the same time, it is important to use new technology to minimize the effects of climate change on both the economy and the consumption of the world population.

For example, in a number of countries, the process of turning ocean and sea water into drinking water is underway. This, of course, has a special share in meeting the demand for water. From this context, technology is undoubtedly the most important tool for minimizing the effects of climate change on the economy. Climate change has a negative impact on food supply and food security. As a result, against this background, there is a decrease in agricultural production and a deepening of global poverty. At the same time, climate change creates additional costs for states and the global economy. That is, as a result, the fight against climate change, the regulation of production in this direction is practically a global cost. This has a negative impact on the global economy as a whole. Especially in the agricultural sector, it creates difficulties in providing water and other supplies to citizens and the world population as a whole, and causes the formation of additional costs in the global economy. Azerbaijan is not among the countries that are seriously damaged by climate change. Because the nature and climate of Azerbaijan practically do not create any serious difficulties for agriculture, as well as other sectors from the economic point of view. In practice, countries are thinking about alternatives.

On the one hand, there are increases in the number of climate change regulation measures to minimize the effects of climate change on the economy. At the same time, it is important to use new technology to minimize the effects of climate change on both the economy and the consumption of the world population. For example, in a number of countries, the process of turning ocean and sea water into drinking water is underway. This, of course, has a special share in meeting the demand for water. From this context, technology is undoubtedly the most important tool for minimizing the effects of climate change on the economy. (<https://www.xalqcebhesi.az/news/accident/167309.html>)

In modern times, food security has a global character and is formed under the influence of various social, economic, political, technological, biological, geographical, historical, ethnic and also spiritual factors. In this sense, its complete and comprehensive study is the responsibility of several scientific fields. Analyzes show that from a theoretical and economic point of view, food security includes a system of relations that includes the production, transportation, processing, distribution and consumption of food products.

In the theoretical solution of this problem, the ratio between the volume of food and the number of the population, the average rate of consumption of food products per capita, its composition, evaluation as a food product, the poverty threshold, the level of food supply and other issues are determined. In addition to these basic criteria, the concept of food safety includes the caloric level, quality, appearance and other factors of food products. The fact that the food problem has such a socio-economic nature shows that the mentioned issue has a wider meaning than the production of agricultural and food products. In general, solving the food problem at the global level is related to many socio-economic problems faced by different countries. This includes the strengthening of industrialization and urbanization processes, changes in the directions and dimensions of agricultural production, the decrease in the volume of ecologically clean food products, and other fateful and seriously worrying issues. At the same time, the existence of natural resources, the level of economic development, the rate of growth of the harvest, the level of armament of agriculture with technology, the use of advanced production methods, the level of employment and education of the rural population, the regulatory role of the state in the agrarian-food complex, the democratic forms

of governance are the factors that contribute to the emergence of the global food problem. These and other factors, such as availability, have a decisive role.

There are many negative factors that are worrying the modern state of the globalized world. For example, global climate change, reduction of food resources, emergence of various types of dangerous infectious diseases; it is possible to show the deterioration of the quality of food products, a sharp increase in their price, and others related to the deterioration of the ecological environment. In such a situation, every country should approach this issue carefully and solve the issues of providing its population with quality food products. Statistical analyzes show that today about 1/3 of all food in the world is produced in developing countries, which cover 75% of the world's population. The share of those countries in world food export is equal to 32%, and their share in import is equal to 26%.

Economists associate the low level of food consumption in these countries with the current level of economic development and per capita income. However, as the level of economic growth increased, the role of those countries in the international food market began to increase. In addition, one of the main priorities of the national food policy implemented by economically developed countries is the provision of more foreign economic interests.

When characterizing the flow directions of food products, their content and dynamics at the global level, it is necessary to take into account the decisive role of international food companies. Because the main part of the processed food, most of the agricultural products brought to the world market are produced within the framework of international food companies or under their direct technological, financial, organizational and other influences. These institutions are not only the main carriers and stimulators of the efficient and purposeful growth of food systems in different countries, but also have a great impact on the formation of the virtual international market space. Observations show that in the conditions of globalization, the food problem is not only an issue that can be solved within the framework of agriculture. The share of the agricultural sector in food supply depends greatly on the level of technological development of the country. The state of the food market, in turn, has an important impact on the harmony of the agricultural sector. Indicators characterizing the activity of the food market, especially prices, the value of the consumer basket, indicators such as farmers' income - are formed depending on

the priorities of the implementation of the agrarian-food complex in a certain period of time.

The problem of food security is one of the most popular topics in the modern economy. Such great interest in this problem is due to a number of factors. For example, the national security of a state is impossible without ensuring its food security. Assessment of quality and the level of its achievement is currently based on taking into account the shares of agricultural, fish and other food products in the total volume of relevant raw materials. We're talking about staple foods: grains, dairy and milk products, meat and meat products, fish, potatoes, sugar, salt, etc.

It should be noted that this assessment is based on both rational consumption standards and scientifically based standards. 2020 brought dramatic changes to the lives of many states. The pandemic has disrupted normal economic functioning and posed a major challenge to the global economy. Company closures with more dramatic forecasts of declining global GDP, rising unemployment, supply chain disruptions and high volatility in the oil market are just some of the problems the pandemic has brought. This situation creates perfect conditions for apocalyptic predictions of impending disasters, an explosion of poverty and mass starvation. These predicted disasters include a possible global food crisis. Providing the country's population with food is an essential element of the economic and political security of the state. The agro-industrial complex is an integral part of the country's economy.

The stages of development of the concept of food security make it possible to expand and clearly formulate the concept, as well as reveal its essence. To do this, one should proceed from the generally accepted view of food security as the availability of food in the economic and physical sense. "Physical accessibility" is the amount of supply in the state food market. "Economic accessibility" means the financial security of the population necessary to purchase food at affordable prices.

It is also necessary to pay attention to the issue of mechanisms for implementing food security at both the national and international levels. We are talking about financial support and stimulation of agriculture.

Private entrepreneurship and market mechanisms cannot ensure the priorities of food independence of the state. This problem is solved through the

state system of economic regulation. The state forms the country's food complex, regulates it, provides it with favorable legal, political and organizational conditions for sustainable development, and protects food security from risks and threats from internal and external factors.

The main threats to food security are:

- natural and climatic factors;
- cyclical nature of the economy;
- population growth;
- global crisis;
- price volatility, destabilizing the food market.

The more a country is affected by crisis shocks, the worse its food supply becomes. Economic crises lead to destabilization of the banking system, which raises the problem of lending to agricultural producers who are forced to reduce production or stop expanding. For the consumer, this means limited supply on the market, rising food prices, and hunger due to the inability to purchase products.

Thus, food security is an element of the national security of the state, a complex phenomenon in which all people, at any given time, have physical and economic access to quantitatively sufficient safe food necessary to lead an active and healthy life, on the one hand, and targeted activities of the state and international organizations in the field of forming a food base, protecting food security from numerous risks and threats from the other side.

The main factors in achieving food security goals are national agricultural production, as well as import-export activities of the agro-industrial complex. The optimal approach to ensuring food security can be considered support for national production, import substitution, food self-sufficiency, as well as sustainable development of the agro-industrial complex. Other sources of food supply can be considered additional development factors, but we should not completely limit ourselves from global trends in the development of food supply.

One of the main topics of the theory of food security is the question of mechanisms for ensuring food security. The main support mechanism can be considered government support for agricultural production. Government food policy must take into account the risks and threats that could significantly

weaken it. This also includes factors such as a lack of qualified workers, price imbalances and modern systems for monitoring the situation in the food market.

This area is a complex system that requires government intervention. Modern practice shows that the level of food security is directly related to the level of government regulation - the higher the level of government influence, the higher the level of self-sufficiency in the country.

The Five Principles for Sustainable Global Food Security, adopted at the World Food Security Summit in November 2009, provide an effective strategic framework for coordinating the work of all stakeholders at the global, regional and national levels.

Principle 1: Invest in the implementation of the country's own plans, properly designed and based on the results of partnership plans.

Principle 2: Strengthen strategic coordination at national, regional and global levels to improve regulation, ensure more efficient allocation of resources, avoid duplication of work and identify missing answers.

Principle 3: Strive for a comprehensive two-pronged approach to food security that includes: direct action to immediately address hunger for the most vulnerable, and medium to long-term programs for sustainable agriculture, food security and nutrition, rural development for addressing the causes of hunger and poverty, including through the progressive realization of the right to adequate food.

Principle 4: Ensure the important role of the multilateral system by continuously improving efficiency and responsiveness, improving the coordination of the agencies involved in the issue.

Principle 5: Ensure sustained and significant commitment from all partners to invest in the agriculture, food security and nutrition sectors, allocate needed resources in a timely and reliable manner, and focus on multi-year plans and programs.

State regulation of the development of the agro-industrial complex should take a leading place in ensuring food security.

The state needs to play a key role in the mechanism for financing organizations of the agro-industrial complex. This is due to the fact that the state's financial policy is aimed at stimulating growth in the efficiency of agricultural production, restructuring and carrying out measures to adapt commodity producers to activities in a dynamically changing market

environment, developing market infrastructure, maintaining strategically important industries and facilities, creating conditions for normal competition in the external and internal markets, provide conditions, criteria and parameters for food security of countries and regions, and all these measures should help solve problems of ensuring food security in all countries until 2030.

Ensuring food security in the industrial-agrarian region can be achieved through government regulation, which does not contradict international trade norms, in the field of lending; taxation; pricing; formation of food reserves; customs legislation to protect domestic producers; social policy; protection of the environment and land resources. Lending to the agricultural sector is the most important incentive for the growth and expansion of production, since the lack of working capital (taking into account the seasonality of work in agriculture, dependence on external factors, slow returns on investment in production) is one of the reasons why agriculture lags behind other industries.

As already noted, the problem of providing humanity with food rightfully occupies one of the leading places in the hierarchy of global problems. Its comprehensive nature, in our opinion, is confirmed by the following signs: 1) global scale of distribution; 2) severity of manifestation; 3) complex nature (interrelation with other problems); 4) universal essence (the problem is understandable and close to every person and territorial community of any rank); 5) the ability to influence the further history of mankind; 6) the possibility of a solution only through the joint efforts of the world community (Зеленська, О. О. Продовольча безпека як один із ключових пріоритетів економічної політики в сучасних умовах глобалізації та загострення продовольчої кризи / О. О. Зеленська // Вісн. Житомир. держав. технолог. ун-ту. Сер. Економічні науки. — 2012. — № 2 (60). — С. 188—191).

The worsening food problem affects the vital interests of consumers, agricultural producers, all participants in the promotion of food from field to table, and in the modern world, the transnational corporations that dominate the agri-food sector. Satisfying a person's physiological needs for food is the material basis for the biological, social, spiritual, etc. existence of an individual, a household, the country's population, and humanity as a whole.

The food sector is a place where the most diverse and important interests collide: social, economic, geopolitical, interethnic, etc. Guaranteeing a sufficient level of food supply for the population is an important problem that

occupies a leading place in the policies of states around the world and is perhaps the main component of their national security. The country's food security is an indispensable condition and guarantee of maintaining its sovereignty and independence, ensuring sustainable socio-economic development, creating a high level and quality of life for the population, and reproduction of human capital.

In the modern world, the main trade turnover and most of the mutual investments are carried out within a set of post-industrial countries. Other participants in the global world system are forced to accept the so-called “catch-up modernization” with all its inherent disadvantages: focus on external investment, low labor costs, the use of mainly extensive growth factors, technical modernization imposed by the West, an increase in the share of exports in production, an increase in the share of imports in consumption, etc.

Agroglobalization is a multifaceted and ambiguous process. This causes the same conflicting opinions regarding its role, significance and consequences for humanity in the modern world. The positive impact of agroglobalization on ensuring food security is carried out through the improvement and emergence of new (information-biological, space) agricultural technologies, increasing levels of mechanization and labor productivity in agriculture, and increasing the level of capital productivity in the industry. It should be noted, however, that the reserves for increasing food production volumes due to the mentioned processes are not unlimited and today the world has already been practically exhausted, as evidenced by the slowdown in the growth rate of per capita food production in the world over the past decades (Kovalev, E.V. World food crisis: escalation of problems / E.V. Kovalev // World economy and international relationship. - 2010. - No. 4. - P. 15-23). The world food system is coping with the new challenges of modern reality more and more slowly and at great expense.

The process of globalization is radically changing the competitive environment in commodity markets, the most important component of which is the food market. Countries and regions of the world are sharply differentiated by natural and economic conditions, which affects food production, which in turn determines the magnitude and structure of consumer demand for it.

As you know, the world food system is a collection of industries directly and indirectly involved in food production. These industries fall into four areas of production activity:

- provision of resources;
- production of agricultural products;
- processing of raw materials and marketing of finished products.

The functioning of the global food market is aimed at providing the population with products necessary for life, the shortage of which is sometimes perceived as a disaster and requires a quick response.

According to experts from the Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), global agriculture in the short and long term is generally able to satisfy the demand for food, even with the expected annual increase in the planet's population by 80 million people over the next 20 years.

It is assumed that under these conditions, the increase in agricultural production will occur mainly due to its expansion in those countries where there are favorable conditions for this. At the same time, OECD experts note that “in conditions of sufficient global food production, food supply problems will be especially acute for the poorest countries that do not have the means to finance food imports.” (Krylatykh E., Storokov S. Prospects for the development of world agriculture until 2050: opportunities, threats, experiments / URL: <http://www.viapi.ru/publication/detail.php?ID=30489> (accessed March 17, 2016).

An unfavorable consequence of global warming and increasing climate aridity will be an increase in the frequency of droughts and other weather anomalies - not only in regions with an expected decrease in precipitation, but also in those where precipitation is increasing. According to Roshydromet, in the last 6-7 years, hazardous natural phenomena have been recorded 2.5-3 times more often than in previous decades (Pavlova V.N. Agroclimatic resources and agricultural productivity during the implementation of new climate scenarios in the 21st century // Proceedings of the Main Geophysical Observatory named after. A.I. Voeykova. – 2013. – No. 569. – p. 20-37). In this regard, there is a tendency to increase the scale of losses in agriculture. In particular, during the years of severe and extensive droughts of previous years, the reduction in gross grain harvests in the main grain-producing regions reached 40-50% compared to years with favorable moisture conditions (Report on climate risks on the

territory of the Russian Federation. Climate center of Roshydromet. [Electronic resource]. URL: <https://cc.voeikovmgo.ru/images/dokumenty/2017/riski.pdf>)

An important factor will be the increase in precipitation in autumn in most regions. It can lead to deterioration of conditions for seasonal field work, which will increase the risk of crop losses and reduction in its quality.

At the same time, the later onset of winter will make it possible to extend the harvesting campaign, which will partly reduce the severity of the problem of insufficient provision of agricultural producers with equipment.

Finally, an increase in populations of heat-loving pest species (including locusts) and the expansion of their range moving to the northern regions will have a significant impact on the development of agriculture. The negative consequences of warming include the spread of weeds and pathogens of dangerous diseases of plants and animals (Report on climate risks on the territory of the Russian Federation. Climate center of Roshydromet. [Electronic resource]. URL: <https://cc.voeikovmgo.ru/images/dokumenty/2017/riski.pdf>, p. 61-62; 6, p. 929-942).

CLIMATE CHANGE, GLOBAL WARMING AND WATER RESOURCES

Freshwater resources are under threat from unsustainable use and ever-increasing consumption. Climate change is exacerbating the problem by negatively impacting the demand, quantity, quality and availability of freshwater, which will gradually increase as global warming intensifies. In this factsheet, you will understand the links between freshwater and climate change, the direct and indirect impacts of climate change on freshwater resources and the relationship with water stress.

Natural mechanisms for capturing greenhouse gas (GHG) emissions, such as plants, soil and oceans, are unable to maintain the Earth's climate equilibrium due to increasing GHG concentrations in the atmosphere. At the same time, evidence points to a warming planet and an increase in the frequency of extreme weather events. The IPCC confirms the influence of human activities on climate variability (IPCC, 2018). Global warming is reflected in increased average air and ocean temperatures, melting snow and ice, and rising sea levels (IPCC, 2019). These climate changes increase the frequency and intensity of extreme weather events, leading to natural disasters. At least 90

percent of natural disasters are water-related, 43 percent of which are floods and 5 percent are droughts. Both phenomena impact freshwater resources, resulting in significant economic and social costs (UNESCO, 2019a). Every year, the effects of global warming push more than 26 million people into poverty. Unfortunately, developing countries, which emit few GHGs, are the first to feel the impacts of climate change due to their geographic location, economic fragility, and dependence on ecosystem services (World Bank, 2019a; IPCC, 2014a). Ecosystem services are the benefits that humans receive from nature, such as freshwater, pollination, and food (World Economic Forum [WEF], 2019). Their economic value is estimated at US\$125 trillion per year (Costanza et al., 2014).

THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE STRUCTURE OF AGRICULTURAL PRODUCTION.

Agriculture, as a key sector, suffers from the effects of global warming. The effects may manifest themselves differently in different regions of the world. In arid and semi-arid zones, decreased rainfall and increased temperatures will reduce the area suitable for farming. At the same time, some temperate zones may experience improvements in agricultural conditions, such as a longer growing season. However, such benefits may be offset by increased extreme weather events, unpredictable rainfall, and increased pests. Droughts caused by global warming put serious pressure on water resources, which are vital for food production. Water shortages and rising irrigation costs may lead to significant declines in agricultural productivity, especially in countries already experiencing water shortages.

Global warming is one of the most significant threats to the sustainable development of modern society. Climate change has a profound impact on various aspects of life, including health, the economy and, especially, food security. Food security is a state in which all people, at all times, have physical, social and economic access to sufficient, safe and nutritious food for an active and healthy life. In the context of global warming, ensuring food security is becoming an increasingly complex task that requires international cooperation and innovative approaches.

The relationship between global warming and food security

Global warming is changing climatic conditions that directly affect agriculture, the basis of food security. Rising global temperatures, changing precipitation patterns, and more frequent extreme weather events such as droughts, floods and hurricanes pose serious challenges to food production. These changes can reduce the yields of staple crops, deteriorate pastures for livestock and reduce the availability of fresh water for irrigation.

There are various options for adaptation of agricultural producers to expected negative changes in climatic conditions (Kleshchenko A.D., Chernyakov B.A., Sirotenko O.D., Temnikov V.N., Uskov I.B., Romanenkov V.A., Rukhovich D.I. Bioclimatic potential of Russia: adaptation measures in a changing climate. / Monograph. - M.: Ministry of Agriculture of the Russian Federation, 2008. – 206 p., p. 175-205):

- expansion of plantings of drought-resistant crops, varieties and hybrids;
- carrying out irrigation and other land reclamation activities;
- transition to technologies of minimal or zero tillage (no-till farming), which prevent water and wind erosion of the soil and better retain moisture during the growing season;
- expanding the use of fertilizers and plant protection products.

The main risks of climate change are associated with an increase in the frequency and amplitude of anomalous natural phenomena (droughts, floods, hail). Repeated years of poor harvests could dramatically worsen the food supply situation. In these conditions, the formation of strategic reserves of agricultural products should become a key element of food security policy.

The impact of expected climate change on agriculture in different regions of the world will be uneven. Countries with arid climates will experience negative impacts on agricultural production, while countries with temperate climates may benefit from global warming. Shifts in the global structure of agricultural production are likely to lead to increased international trade in agricultural products and higher global agricultural prices. This will contribute to the development of agricultural exports. At the same time, it is necessary to provide mechanisms for flexible regulation of exports in situations where external supplies turn out to be more profitable for manufacturers and traders compared to domestic supplies.

CONCLUSION

Climate change poses a major threat to global food security, affecting all aspects of agricultural production and food availability. Increasing extreme weather events, rising global temperatures, changing rainfall patterns and decreasing freshwater availability pose multiple risks that could lead to lower yields, higher food prices and worsening global hunger.

Adaptation strategies in agriculture, such as the use of drought-tolerant crops, optimized irrigation systems and the adoption of sustainable agricultural practices, are essential to mitigate climate change. Innovations such as agritech and digital agriculture play a key role in increasing the resilience of food systems to climate change.

Smart water management and the reduction of greenhouse gas emissions are important components in combating the effects of global warming. Only through international cooperation and coordinated efforts can food security be ensured in a changing climate, thereby protecting the future of all people on the planet.

Today, it is impossible to accurately calculate the consequences of global climate change. However, it is safe to say that many countries have the potential to respond to the current situation. To respond to climate challenges, it is necessary to study the ongoing processes and develop adaptation programs in a timely manner. In addition, it is important to monitor changes in the volumes and structure of consumption in the world, predict where changes will occur and what kind of products will be in demand in a particular region in the future, and be prepared for them.

References:

- Alfani, Gráda 2017 Famine and disease in economic history: a summary introduction.
- Costanza, R. et al. (2014): Changes in the Global Value of Ecosystem Services. In: *Global Environmental Change: Volume 26*, 152–58.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2018
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2019
- Kleshchenko A.D., Chernyakov B.A., Sirotenko O.D., Temnikov V.N., Uskov I.B., Romanenkov V.A., Rukhovich D.I. Bioclimatic potential of Russia: adaptation measures in a changing climate. / *Monograph*. - M.: Ministry of Agriculture of the Russian Federation, 2008. – 206 p.
- Krylatykh E., Storokov S. Prospects for the development of world agriculture until 2050: opportunities, threats, experiments / URL: <http://www.viapi.ru/publication/detail.php?ID=30489> (accessed March 17, 2016)
- Kovalev, E.V. World food crisis: escalation of problems / E.V. Kovalev // *World economy and international. relationship*. - 2010. - No. 4. - P. 15-23.
- Pavlova V.N. Agroclimatic resources and agricultural productivity during the implementation of new climate scenarios in the 21st century // *Proceedings of the Main Geophysical Observatory named after. A.I. Voeykova*. – 2013. – No. 569. – p. 20-37.
- Report on climate risks on the territory of the Russian Federation. Climate center of Roshydromet. [Electronic resource]. URL: <https://cc.voeikovmgo.ru/images/dokumenty/2017/riski.pdf>.
- UNESCO, 2019a
- World Bank, 2019a; IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2014a
- World Economic Forum [WEF], 2019
- Zelenska, O. O. Food security as one of the key priorities of economic policy in the current minds of globalization and the food crisis / O. O. Zelenska // *Spring, Zhytomyr. powers technologist. un-tu. Ser. Economic sciences*. - 2012. - No. 2 (60). — P. 188—191

Internet:

<https://www.xalqcebhəsi.az/news/accident/167309.html>

The problem of mass poverty and unemployment in developing countries: doc.

UN A/RES/3018(XXVII) [Electronic resource] // United Nations. —

Access

mode:

[http://www.un.org/ru/documents/ods.asp?m=A/RES/3018\(XXVII\)](http://www.un.org/ru/documents/ods.asp?m=A/RES/3018(XXVII)) —

Access date: 02/21/2016.



IKSAD
Publishing House



ISBN: 978-625-367-878-4