



KIRŞEHİR AHİ EVRAN ÜNİVERSİTESİ  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ**

**KUJ**  **NAS**

KIRŞEHİR AHİ EVRAN UNIVERSITY  
**JOURNAL OF THE INSTITUTE OF  
NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

[fbedergi.ahievran.edu.tr](http://fbedergi.ahievran.edu.tr)

Cilt/Volume 2 - Sayı/Issue 2 – Yıl/Year 2024

## KIRŞEHİR AHİ EVRAN ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ

KIRSEHIR AHİ EVRAN UNIVERSITY JOURNAL OF THE INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

### KUJINAS

Cilt/ Volume: 2 • Sayı Issue: 2

Aralık / December

2024

#### YAZIŞMA ADRESİ / COMMUNICATION ADDRESS

Kirşehir Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Yenice Mahallesi, Terme Caddesi, Cacabey Yerleşkesi No: 45  
Merkez / KIRŞEHİR-TÜRKİYE

#### YAYIN DİLİ / PUBLICATION LANGUAGE

Türkçe / English

#### DERGİ WEB SAYFASI / JOURNAL WEB PAGE

<https://fbedergi.ahievran.edu.tr>

#### DERGİ e-ISSN / JOURNAL e-ISSN

2979-9198

#### YAYINCI / PUBLISHER

Kirşehir Ahi Evran Üniversitesi /Kirşehir Ahi Evran University

#### DERGİ e-posta / JOURNAL e-mail

[kujinas@ahievran.edu.tr](mailto:kujinas@ahievran.edu.tr)

## DERGİNİN AMACI / PURPOSE OF THE JOURNAL

Fen ve Uygulamalı Bilimlerin tüm alanlarıyla ilgili tam uzunlukta orijinal araştırma makaleleri ve derlemeleri yayımlanarak bilime katkıda bulunmayı amaçlamaktadır.

*It aims to contribute to science by publishing full-length original research articles and reviews on all fields of Science and Applied Science.*

## DERGİNİN KONULARI / MAGAZINE TOPICS

Fizik, Kimya, Biyoloji, Matematik, Moleküler Biyoloji ve Genetik, Bahçe Bitkileri, İş Sağlığı ve Güvenliği, Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi, Tarla Bitkileri, Tarımsal Biyoteknoloji, Zootekni, Genetik ve Biyomühendislik, Biyosistem Mühendisliği, Makine Mühendisliği, Tarım Ekonomisi, Bitki Koruma, İnşaat Mühendisliği, Matematik Eğitimi, Fizik Eğitimi, Kimya Eğitimi, Biyoloji Eğitimi, Fen Bilimleri Eğitimi, Çevre Çalışmaları, Sürdürülebilirlik.

*Physics, Chemistry, Biology, Mathematics, Molecular Biology and Genetics, Horticulture, Occupational Health and Safety, Computer and Instructional Technology Education, Field Crops, Agricultural Biotechnology, Animal Science, Genetics and Bioengineering, Biosystems Engineering, Mechanical Engineering, Agricultural Economics, Plant Protection, Civil Engineering, Mathematics Education, Physics Education, Chemistry Education, Biology Education, Science Education, Environmental Studies, Sustainability.*

---

## Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Adına Sahibi / Owner on behalf of Kırşehir Ahi Evran University

Prof. Dr. Ümit DEMİRAL (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE)

### Baş Editörler / Chief Editors

Doç. Dr. Ertuğrul KUL (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE)

Prof. Dr. Dilber POLAT (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE)

### Yazım Editörleri / Spelling Editors

Prof. Dr. Ahmet ŞAHİN (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE)

Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin ÇAYAN (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE)

Dr. Öğr. Üyesi Emre UĞURLUTEPE (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE)

Araş. Gör. Dr. Merve GÜLLÜCE (Ege Üniversitesi-TÜRKİYE)

### Dil Editörleri / Language Editors

Prof. Dr. Betül KARATAŞ (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE)

Prof. Dr. Ahmet ŞAHİN (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE)

Doç. Dr. Muhammet ARICAN (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE)

Doç. Dr. Hüseyin ATEŞ (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE)

Dr. Öğr. Üyesi Funda ÖZDEMİR DEĞİRMENCİ (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE)

Dr. Öğr. Üyesi Pelin ÖZGÜR POLAT (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE)

### İstatistik Editörleri / Statistics Editors

Doç. Dr. Serdar GENÇ (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE)

Doç. Dr. Samet Hasan ABACI (Ondokuz Mayıs Üniversitesi-TÜRKİYE)

Dr. Öğr. Üyesi Aslı AKILLI (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE)

### Teknik Destek / Technical Support

Doç. Dr. Raziye SANCAR (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE)

## ALAN EDITÖRLERİ / FIELD EDITORS

- Prof. Dr. Abdullah AYDIN (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE – Fen Eğitimi Alanı)  
Prof. Dr. Yaşar ERTÜRK (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE – Bahçe Bitkileri Alanı)  
Prof. Dr. Yunus KARATAŞ (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE – Kimya Alanı)  
Prof. Dr. Faruk SELÇUK (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE – Moleküler Biyoloji ve Genetik Alanı)  
Prof. Dr. Doğan YAŞAR (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE – Fizik Alanı)  
Prof. Dr. Hakan SEPET (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE – Çevre Mühendisliği Alanı)  
Prof. Dr. Serdal BALTACI (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE – Matematik Eğitimi Alanı)  
Prof. Dr. Erhan GÜNEŞ (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE – Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Alanı)  
Prof. Dr. Emre ŞİRİN (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE – Tarımsal Biyoteknoloji Alanı)  
Prof. Dr. Levent URTEKİN (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE – Makine Mühendisliği Alanı)  
Doç. Dr. Kadir AKAN (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE – Bitki Koruma Alanı)  
Doç. Dr. Zeynel BAŞIBÜYÜK (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE – Jeoloji Mühendisliği Alanı)  
Doç. Dr. Sedat BOYACI (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE – Biyosistem Mühendisliği Alanı)  
Doç. Dr. İsa COŞKUN (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE – Zootekni Alanı)  
Doç. Dr. Mustafa KAN (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE – Tarım Ekonomisi Alanı)  
Doç. Dr. Hakan KIR (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE – Tarla Bitkileri Alanı)  
Doç. Dr. Mikail KOÇ (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE – Elektrik Elektronik Mühendisliği Alanı)  
Doç. Dr. Mustafa YAĞCI (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE – Bilgisayar Mühendisliği Alanı)  
Doç. Dr. Okan YAZICIOĞLU (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE – Biyoloji Alanı)  
Dr. Öğr. Üyesi Turhan KARAMAN (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE – Matematik Alanı)  
Dr. Öğr. Üyesi Özlem AYDIN (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE – Gıda Mühendisliği Alanı)  
Dr. Öğr. Üyesi Hakan ÇAĞLAR (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE – İnşaat Mühendisliği Alanı)  
Dr. Öğr. Üyesi Gülden ÖZGÜNALTAY ERTUĞRUL (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE – İş Sağlığı ve Güvenliği Alanı)  
Dr. Öğr. Üyesi Şefik TEKLE (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE – Genetik ve Biyomühendislik Alanı)

## DANIŞMA KURULU / ADVISORY BOARD

- Prof. Dr. Yong Suk CHUNG (Department of Biotechnology, Jeju National University, SOUTH KOREA)  
Prof. Dr. Selahattin ÇINAR (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE)  
Prof. Dr. Aykut GÜL (Çukurova Üniversitesi-TÜRKİYE)  
Prof. Dr. Rüştü HATİPOĞLU (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE)  
Prof. Dr. Hasan Basri İLA (Çukurova Üniversitesi-TÜRKİYE)  
Prof. Dr. Saliha KIRICI (Çukurova Üniversitesi-TÜRKİYE)  
Prof. Dr. Mustafa KURT (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE)  
Prof. Dr. Hatice ÖĞÜTÇÜ (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE)  
Prof. Dr. Hakan ÖZKAN (Çukurova Üniversitesi-TÜRKİYE)  
Prof. Dr. Dariusz PIWCZYŃSKI (Bydgoszcz University of Science and Technology-POLAND)  
Prof. Dr. Ahmet ŞAHİN (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE)  
Prof. Dr. Faheem Shahzad BALOCH (Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi-TÜRKİYE)  
Prof. Dr. Erdal ULUALAN (Kütahya Dumlupınar Üniversitesi-TÜRKİYE)  
Prof. Dr. Yılmaz KARA (Bartın Üniversitesi-TÜRKİYE)  
Prof. Dr. Muhammad Amjad NAWAZ (Advanced Engineering Scholl, Tosk State University, RUSSIA)  
Prof. Dr. Avni YILDIZ (Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi-TÜRKİYE)  
Doç. Dr. Serkan ATEŞ (Oregon State University-ABD)  
Doç. Dr. Allah BAKHSH (Center of Excellence in Molecular Biology, Punjab University, PAKİSTAN)  
Doç. Dr. Hasan BAKIRCI (Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi-TÜRKİYE)  
Doç. Dr. Gökhan FİLİK (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE)  
Doç. Dr. Muhammad Qasim SHAHID (South China Agricultural University, CHINA)

### **Bu Sayının Alan Editörü Listesi / (Section Editors List in This Volume)**

Dr. Öğr. Üyesi Füsün COŞKUN (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE)  
Doç. Dr. Sibel ULCA Y (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE)  
Doç. Dr. İsa COŞKUN (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE)  
Dr. Öğr. Üyesi Zekiye MORKOYUNLU (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE)  
Prof. Dr. Mehmet SARI (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE)  
Doç. Dr. Tayfun KAYA (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE)

### **Bu Sayının Hakem Listesi / (Referee List in This Volume)**

Doç. Dr. Serdar GENÇ (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE)  
Dr. Öğr. Üyesi Orhan ERMETİN (Yozgat Bozok Üniversitesi-TÜRKİYE)  
Prof. Dr. Muhammet GAFFAROĞLU (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE)  
Prof. Dr. İbrahim ÖRÜN (Aksaray Üniversitesi-TÜRKİYE)  
Doç. Dr. Aydın ALTOP (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE)  
Doç. Dr. Volkan Hasan KAYA (Milli Eğitim Bakanlığı-TÜRKİYE)  
Doç. Dr. Yasemin GÖDEK (Gençlik ve Spor Bakanlığı-TÜRKİYE)  
Doç. Dr. Koray KIRIKÇI (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE)  
Doç. Dr. Sevim Feyza ERDOĞMUŞ (Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi-TÜRKİYE)  
Dr. Öğr. Üyesi Ekin ÇELİK (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE)  
Dr. Öğretim Görevlisi Emine DOĞAN (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi-TÜRKİYE)  
Doç. Dr. Yunus ÖZEN (Gazi Üniversitesi-TÜRKİYE)  
Doç. Dr. Gökhan SÜRÜCÜ (Gazi Üniversitesi-TÜRKİYE)

## İÇİNDEKİLER / CONTENTS

### **ARAŞTIRMA MAKALESİ (Research Article)**

**Siyah-Alaca Sığırlarında Meme Özellikleri, Meme ve Bacak Temizliği ve Test Günü Süt Verimine Makro Çevre Faktörlerin Etkileri.....32-38**  
*The Effects of Macro Environmental Factors on Udder Traits, Udder and Foot Cleaning and Test Day Milk Yield in Holstein-Friesian Cattle*  
**Mehmet SARI, Erdem METİN**

**Irak Dhi-Qar İlindeki Bebeklerde İshal Enfeksiyonlarının Patojenlerinin Belirlenmesi.....39-46**  
*Determining the Pathogens of Diarrheal Infections in Infants in Iraq Dhi-Qar Province*  
**Hasan Shareef ALMUSAWI, Faruk SELÇUK**

**Investigation of the Use of Phytase Enzyme as a Feed Additive in the Nutrition of Broiler Chicks by Meta Analysis .....47-68**  
*Meta Analizi ile Fitaz Enziminin Yem Katkı Maddesi Olarak Etlik Cıvcıvlerin Beslenmesinde Kullanımının Araştırılması*  
**Tuğba ÖZDEMİR, Ahmet ŞAHİN**

**Ortaokul Öğrencilerinin “Küresel Isınma ve Nedenleri” Konusundaki Görüşleri.....69-80**  
*Secondary School Students' Opinions on “Global Warming and Its Causes”*  
**Tamer İNAN, Dilber POLAT**

**Birinci Laktasyondaki Holstein Sığırlarının Laktasyon Eğrisinin Modellenmesinde Test Günü Sayısının Tahmin Doğruluğuna Etkisi.....81-89**  
*The Effect of the Number of Test Days on Estimation Accuracy in Modeling the Lactation Curve of First-Lactation Holstein Cows*  
**Abdullah Burak BAYDUR, Samet Hasan ABACI**

### **DERLEME (Review)**

**Kanser Tedavisi İçin Bağırsak Mikrobiyotasının Nanoteknoloji Modülasyonu.....90-104**  
*Nanotechnology Modulation of Gut Microbiota for Cancer Treatment*  
**Tuba DOLGUN, Semanur TEKPAK, Murat IHLAMUR**

**Havacılıkta Kullanılan Isıl (Termal) Pillerin Risk Analizi.....105-115**  
*Risk Analysis of Thermal Batteries Used in Aviation*  
**Ozan ÖZTÜRK**



## Siyah-Alaca Sığırlarında Meme Özellikleri, Meme ve Bacak Temizliği ve Test Günü Süt Verimine Makro Çevre Faktörlerin Etkileri

Mehmet SARI<sup>1\*</sup>, Erdem METİN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, 40100, Kırşehir

Tüm yazarların orcid bilgileri: 0000-0003-4981-6337, 0009-0007-5246-7146

\*Sorumlu yazar e-mail: mehmentsari@ahievran.edu.tr

### Araştırma Makalesi ÖZET

**Makale Tarihiçesi:**  
Geliş tarihi: 21.10.2024  
Kabul tarihi: 8.11.2024  
Online Yayınlanma:  
31.12.2024

**Anahtar Kelimeler:**  
Siyah Alaca sığırı  
Meme özellikleri  
Meme temizliği  
Bacak temizliği

Süt sığırcılığı endüstrisinde, sürü performansını artırmak için etkili çevre faktörlerin incelenmesi önemlidir. Bu çalışma meme puanlaması, meme ve bacak temizliği ile test günü süt verimine makro çevre faktörlerin etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bu çalışmada Kırşehir’de özel bir işletmede yetiştirilen ve farklı laktasyon sırası, laktasyon dönemi ve vücut kondisyon puanlaması (VKP) yapılan 49 adet Siyah Alaca sığırı kullanılmıştır. Laktasyon sırasının ön meme bağlantısı (ÖMB), meme derinliği (MD) ve meme merkez bağı (MMB) üzerine ve laktasyon döneminin ise bacak temizliği ve test günü süt verimi (TGSV) üzerine etkisi önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Ayrıca VKP’nın TGSV üzerine de etkisi önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Sonuç olarak süt sığırı yetiştiriciliği ve ıslahı yapılırken makro çevre faktörlerinin dikkate alınması ve bundan sonra yapılacak araştırmalarda ilgili özelliklerin somatik hücre sayısına etkisinin belirlenmesi süt verimi ve kalitesi açısından daha uygun olacağı kanaatine varılmıştır.

### The Effects of Macro Environmental Factors on Udder Traits, Udder and Foot Cleaning and Test Day Milk Yield in Holstein-Friesian Cattle

#### Research Article

#### ABSTRACT

**Article History:**  
Received: 21.10.2024  
Accepted: 8.11.2024  
Published online:  
31.12.2024

**Keywords:**  
Holstein cattle  
Udder traits  
Udder cleaning  
Foot cleaning

In the dairy cattle industry, examining effective environmental factors to improve herd performance is important. This study was conducted to determine the effects of macro environmental factors on udder scoring, udder and foot cleaning and test day milk yield. In this study, 49 Holstein-Friesian cattle with different parity, lactation period and body condition score (BCS) raised in a private farm in Kırşehir province were used. The effect of parity on fore udder attachment (FUA), udder depth (UD) and central ligament (CL), and the effect of lactation period on foot cleaning and test day milk yield (TDMY) were found to be significant ( $P<0.05$ ). The effect of BCS on TDMY was also found to be significant ( $P<0.05$ ). As a result, it was concluded that it would be more appropriate to take into account macro environmental factors when breeding and improving dairy cattle and to determine the effect of the relevant traits on somatic cell count in future studies in terms of milk yield and quality.

ISSN: 2979-9198

**To Cite:** Sarı, M., & Metin E. (2024). Siyah-Alaca sığırlarında meme özellikleri, meme ve bacak temizliği ve test günü süt verimine makro çevre faktörlerin etkileri. *Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(2), 32-38.

## 1. GİRİŞ

Siyah Alaca ırkı sığırlar, dünya genelinde en yaygın yetiştirilen sığır ırklarından biridir. Bu ırkın yaygın olarak tercih edilmesinin temel nedenleri arasında yüksek adaptasyon yeteneği, yüksek süt verimi, doğumun kolay olması, döl tutmama sorunlarının az görülmesi, sakın ve uysal bir karaktere sahip olması, ayrıca saf yetiştiricilik ya da melezleme yoluyla kaliteli et üretimi sağlanabilmesi yer almaktadır (Anonim, 1991). Ülkemizde de Siyah Alaca sığırların popülasyonu 1970’lerden itibaren önemli bir artış

göstermiştir ve toplam sığır varlığındaki payı dikkate değerdir. Yüksek süt verimi ile bilinen bu ırkın süt yağ oranı %3 ile %3,5 arasında değişmektedir (Göncü, 2019).

Süt sığırlarında meme puanlaması, ineklerin süt üretim potansiyellerini, meme sağlıklarını ve genel tip değerlendirmelerini yapmak için kullanılan bir sistemdir. Bu puanlama, yetiştiricilere hangi ineklerin daha iyi damızlık olduğunu belirlemede ve süt sığırıcılığı işletmelerinin karlılığını artırmada yardımcı olur. Meme puanlaması genellikle veteriner hekimler, Zooteknistler veya bu konuda eğitilmiş çiftlik personeli tarafından yapılır (Erkmen ve Kul, 2021).

Süt verimini etkileyen önemli faktörlerden biri de vücut kondisyonudur. Vücut kondisyon puanı (VKP), laktasyonun erken döneminde vücuttan mobilize edilen ve daha sonraki dönemlerde yerine konan yağ miktarını gözlemleyerek veya elle kontrol edilerek tahmin etmeye yönelik bir değerlendirme sistemidir (Edmonson ve ark., 1989; Jones, 1990; Waltner ve ark., 1993). Puanlama, 1 ile 5 arasında değişen ve genellikle 0.25 puan aralıklı değerler üzerinden yapılır. Zayıf kondisyondaki hayvanların laktasyon başlangıcında ve genel olarak daha düşük süt verimi gösterdiği gözlemlenmiştir. Yüksek kondisyonda doğum yapan ineklerin ise daha fazla süt verimi sağladığı belirtilmiştir (Markusfeld ve ark., 1997). Jones (1990), düşük kondisyondaki ineklerin hem pik süt verimlerinin hem de laktasyon süresince toplam süt verimlerinin düşük olduğunu rapor ederken, Dobbelaar (1995) yeterince vücut rezervine sahip ineklerin daha yüksek pik süt verimi ve devamlılık düzeyine ulaştığını ifade etmiştir. Ayrıca, Treacher ve ark. (1986), doğumda yüksek kondisyonda olan ineklerin, laktasyonun ilk 6 haftasında zayıf kondisyonlu ineklere kıyasla günlük ortalama süt veriminin daha düşük olduğunu bildirmiştir.

Süt sığırlarında meme temizliği hem süt hijyeni hem de inek sağlığı için çok önemlidir. Düzenli ve doğru meme temizliği, mastitis gibi enfeksiyonları önlemeye yardımcı olur ve süt kalitesini artırır. Sığırlarda meme ve bacak temizliği, hayvan refahı ve üretimini korumak için de oldukça önemlidir (Erdem ve Okuyucu, 2019). Bu konuda ülkemizde özellikle Siyah Alaca sığırlar üzerinde yapılan araştırma sayısı da düşük düzeydedir. Bu çalışmada, Siyah Alaca sığırlarda meme puanlaması, meme ve bacak temizliği ile TGSV üzerine makro çevre faktörlerinin etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Materyal

Bu çalışma, 2024 yılında Kırşehir ilinde özel bir işletmede gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada farklı laktasyon sırası, farklı laktasyon dönemi ve VKP'ye sahip 49 adet Siyah Alaca süt sığırı kullanılmıştır.

İşletmede sağım 2 x 20 balık kılçığı şeklinde otomatik sağım tesisinde eşit aralıklarla sabah, akşam ve gece olmak üzere günde üç kez yapılmakta ve sağım sonrası üç kez yemlenmektedir. Hayvanın tüm verileri bilgisayarlı sürü yönetim (afimilk) ile takip edilmektedir. Rasyonda kullanılan kesif yemler süt yemi, mısır flake, arpa ezmesi, soya küspesi, mısır gluteni, melas ve çığittir. Kaba yem olarak ise silaj, saman ve yonca verilmektedir.

### 2.2. Metot

Çalışmada makro çevre faktörleri olarak laktasyon sırası (1., 2. ve 3. laktasyonlar), laktasyon dönemi (<140 gün ve ≥140 gün) ve VKP (<3.00 ve ≥3.00) grupları dikkate alınmıştır.

Hayvanların hijyenik durumunu değerlendirmek için her ineğin meme ve arka bacak bölgeleri için puanlama yapılmıştır. Çalışmada 1 ile 4 arası bir ölçek (1 = tamamen temiz, 2 = temiz, 3 = kirli ve 4 = çok kirli) kullanılmıştır (Schreiner ve Ruegg, 2003). Vücut kısımlarında toprak veya gübre yoksa inek 1 olarak puanlanmıştır; kısımlar belirgin şekilde kontamine olmuşsa inek 4 olarak puanlanmıştır. Puanlama sabah sağım işleminden önce aynı değerlendirici tarafından uygulanmıştır.

İneklerde VKP için 1 ve 5 arasında ve 0.25 puan aralığında ölçek uygulanmıştır. Yöntemde 1: çok zayıf, 2: zayıf, 3: orta, 4: yağlı ve 5: çok yağlı şeklinde değerlendirme yapılmıştır (Edmonson ve ark., 1989).



### 2.3. İstatistiksel Analizler

Makro çevre faktörlerin ilgili özellikler üzerine etkisinin belirlenmesinde SPSS 18.0 istatistik programından en küçük kareler metodundan faydalanılmıştır. İkidenden fazla grubun karşılaştırılmasında Duncan testinden yararlanılmıştır (Genç ve Soysal, 2018).

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Laktasyon sırası, laktasyon dönemi ve VKP'nın meme özellikleri üzerine etkisi Tablo 1'de gösterilmiştir. Laktasyon sırasının ÖMB, MD ve MMB etkisi istatistiki açıdan önemlidir ( $P < 0.05$ ). Buradan 3. Laktasyon sırasında sığırların daha güçlü bir ÖMB, daha derin bir MD ve daha zayıf bir MMB'na sahip olduğu söylenebilir. Laktasyon döneminin ise tüm meme özellikleri üzerine etkisi istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur ( $P > 0.05$ ). VKP'nın meme puanlamasında MD hariç ( $P < 0.05$ ), diğer puanlamalar üzerine etkisi istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur ( $P > 0.05$ ). Görüldüğü üzere VKP  $\geq 3.00$  olan hayvanlar daha sığı bir meme yapısına sahiptir.

Bu araştırmada ÖMB için 4.54 olarak hesaplanan ortalama puan, yapılan çoğu çalışma sonucundan düşük bulunmuştur (Kadarmideen ve Wegmann, 2003; Duru, 2005; Pozveh ve ark., 2009; Pantelić ve ark., 2012; Mikhchi ve ark., 2013; Kern ve ark., 2015; Almeida ve ark., 2017). Pérez-Cabal ve Alenda (2002), Çerçi (2006) ve Bohlouli ve ark. (2015)'nin araştırma bulguları ise bu çalışma bulgusu ile benzerdir. İneklerde uzun ömürlülük bakımından karına doğru güçlü bağlantı yapan bir meme tercih edilmekte, zayıf bağlantı ise sarkmalara neden olabilmektedir (Şahin, 2011; Gökçe, 2019; Erkmən ve Kul, 2021). Bu çalışmada ÖMB hem ortalamanın hem de ideal değerlerin (5-7) altında bulunmuştur. Bu nedenle çalışmada yer alan hayvanların zayıf bir ÖMB'na sahip olduğu söylenebilir.

Bu araştırmada MD için 4.62 olarak belirlenen ortalama puan, bazı literatür bildirisinden yüksek (Marinov ve ark., 2015), bazı literatür bildirislerinden düşük (Kadarmideen ve Wegmann, 2003; Berry ve ark., 2004; Pozveh ve ark., 2009; Zink ve ark., 2014; Akdağ, 2019; Erkmən ve Kul, 2021), bazılarına ise benzer (Almeida ve ark., 2017) bulunmuştur. Daha yukarı kalan memeler kapasite bakımından düşük, daha aşağıda olanlar ise sarkma problemi yaratabilmektedir (Kumlu, 2000). Bu nedenle ne çok derin ne de çok sığ memeler istenmez. Nitekim bu çalışmada belirlenen MD değeri hem ortalama hem de ideal sınırlara yakın değerlerde bulunmuştur.

Bu araştırmada MBU için 4.82 olarak belirlenen puan hem ortalama hem de ideal kabul edilen değere yakın olup, bu sonuç birçok araştırma bulgusu ile benzerdir (Kadarmideen ve Wegmann, 2003; Pantelić ve ark., 2012; Erkmən, 2020). Ancak bazı çalışmalarda (Tapki ve Guzey, 2013; Akdağ, 2019) MBU için belirlenen değer bu çalışma sonucundan yüksek olup, birçok literatür bildirisinden ise düşüktür (Berry ve ark., 2004; Dube ve Dzama, 2008; Němcová ve ark., 2011; Zavadilová ve ark., 2014; Marinov ve ark., 2015; Gökçe ve Göncü, 2016).

Bu çalışmada AMY'ne ait ortalama puanı 5.14 olarak belirlenmiştir. Bu değer bazı çalışmalarda belirlenen bulgular ile benzerdir (Pérez-Cabal ve Alenda, 2002). Ayrıca bu sonuç bazı araştırma bulgularından yüksek (Berry ve ark., 2004; Bohlouli ve ark., 2015), bazı araştırma bulgularından ise düşüktür (Duru, 2005; Çerçi, 2006; Dube ve Dzama, 2008; Pantelić ve ark., 2012; Mikhchi ve ark., 2013; Kern ve ark., 2015; Marinov ve ark., 2015; Almeida ve ark., 2017). AMY için belirlenen değer ortalamanın (5) biraz üzerinde olup, ideal kabul edilen 9 puanın oldukça altında bulunmuştur.

Memeyi önden arkaya ikiye ayırıcısına uzanan memenin vücuda bağlanmasını sağlayan temel bağ MMB olarak kabul edilir (Kumlu, 2000). Bu çalışmada MMB için 4.65 olarak belirlenen değer bazı literatür bildirislerinden yüksek bulunmuştur (Çerçi, 2006; Dube ve Dzama, 2008; Pantelić ve ark., 2012; Mikhchi ve ark., 2013; Campos ve ark., 2015; Almeida ve ark., 2017; Akdağ, 2019), MMB'nın düşük olması ileride sarkmalara neden olacağından (Kumlu, 2000), ekonomik açıdan güçsüz bir MMB istenmeyeceği gibi arka meme başlarını üstü üstüne bindirecek bir bağda arzu edilmemektedir (Şahin, 2011). Nitekim bu çalışmada belirlenen MMB puanı ortalamanın (5) biraz üzerinde olmasına karşın ideal kabul edilen 9 puanın oldukça altında tespit edilmiştir.

**Tablo 1.** Laktasyon sırası, laktasyon dönemi ve VKP'nın meme özellikleri üzerine etkileri

| Laktasyon sırası        | n  | ÖMB   | MD    | MBU   | AMY   | MMB    |
|-------------------------|----|-------|-------|-------|-------|--------|
| 1                       | 20 | 3.80b | 5.60a | 4.20  | 5.40  | 6.20a  |
| 2                       | 15 | 3.40b | 5.27a | 5.27  | 4.73  | 4.47ab |
| 3                       | 14 | 6.43a | 3.00b | 5.00  | 5.29  | 3.29b  |
| <i>P</i>                |    | 0.010 | 0.000 | 0.577 | 0.891 | 0.019  |
| <b>Laktasyon dönemi</b> |    |       |       |       |       |        |
| <140 gün                | 25 | 4.52  | 4.84  | 4.52  | 5.48  | 4.68   |
| ≥140 gün                | 24 | 4.33  | 4.67  | 5.00  | 4.83  | 5.00   |
| <i>P</i>                |    | 0.972 | 0.425 | 0.600 | 0.404 | 0.416  |
| <b>VKP</b>              |    |       |       |       |       |        |
| <3.00                   | 25 | 4.52  | 4.04b | 5.00  | 4.84  | 5.16   |
| ≥3.00                   | 24 | 4.33  | 5.50a | 4.50  | 5.50  | 4.50   |
| <i>P</i>                |    | 0.408 | 0.002 | 0.487 | 0.374 | 0.570  |
| <b>Genel</b>            | 49 | 4.43  | 4.76  | 4.76  | 5.16  | 4.84   |

a,b: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan grup ortalamaları arası farklar önemlidir ( $P<0.05$ )

ÖMB: Ön meme bağlantısı, MD: Meme derinliği, MBU: Meme başı uzunluğu, AMY: Arka meme yüksekliği, MMB: Meme merkez bağı, VKP: Vücut kondisyon puanı

Laktasyon sırasının, laktasyon döneminin ve VKP'nın meme ve bacak temizliğine etkisi Tablo 2'de verilmiştir. Laktasyon sırasının, laktasyon döneminin ve VKP'nın meme temizliğine etkisi istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur ( $P>0.05$ ). Laktasyon döneminin bacak temizliğine etkisi istatistiki açıdan önemli ( $P<0.05$ ), laktasyon sırası ve VKP'nın bacak temizliğine etkisi istatistiki açıdan önemsiz olduğu belirlenmiştir ( $P>0.05$ ). İkinci laktasyon dönemindeki sığırların bacak temizliği skoru daha yüksek hesaplanmıştır. Yani laktasyon dönemi arttıkça bacak temizliği azalmıştır. Bu çalışmada 3.06 olarak belirlenen genel meme temizliği skoru (kirliliği), Erdem ve Okuyucu (2019)'nun 1.57 olarak belirledikleri meme temizliği skorundan (temiz) yüksek bulunmuş olup, bu çalışmadaki hayvanların meme hijyeninin ilgili çalışmadaki hayvanların meme hijyeninden iyi olmadığını göstermektedir. Bu farklılıkların nedeni araştırmanın yapıldığı mevsimler ile bakımdaki farklılıklardan kaynaklanabilir. Bu çalışmada 2.82 olarak belirlenen genel bacak temizliği skoru, Erdem ve Okuyucu (2019)'nun 2.16 olarak bildirdikleri değerden yüksek bulunmuştur. Bu durum bu çalışmadaki hayvanların bacak hijyeninin ilgili çalışmadaki hayvanların bacak hijyeninden iyi olmadığını göstermektedir.

**Tablo 2.** Laktasyon sırasının, laktasyon döneminin ve VKP'nın meme ve bacak temizliği üzerine etkileri

| Laktasyon sırası        | n  | Meme temizliği | Bacak temizliği |
|-------------------------|----|----------------|-----------------|
| 1                       | 20 | 3.05           | 2.85            |
| 2                       | 15 | 3.00           | 2.73            |
| 3                       | 14 | 3.14           | 2.86            |
| <i>P</i>                |    | 0.892          | 0.529           |
| <b>Laktasyon dönemi</b> |    |                |                 |
| <140 gün                | 25 | 2.84           | 2.52b           |
| ≥140 gün                | 24 | 3.29           | 3.13a           |
| <i>P</i>                |    | 0.126          | 0.004           |
| <b>VKP</b>              |    |                |                 |
| <3.00                   | 25 | 2.96           | 2.92            |
| ≥3.00                   | 24 | 3.17           | 2.71            |
| <i>P</i>                |    | 0.721          | 0.114           |
| <b>Genel</b>            | 49 | 3.06           | 2.82            |

a,b: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan grup ortalamaları arası farklar önemlidir ( $P<0.05$ )

VKP: Vücut kondisyon puanı

Laktasyon sırasının, laktasyon döneminin ve VKP'nın TGSV üzerine etkisi Tablo 3'de verilmiştir. Laktasyon sırası, laktasyon dönemi ve VKP'nın TGSV üzerine etkisi istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Laktasyon sırası arttıkça TGSV artmıştır. Laktasyonun <140. günündeki süt verimi, laktasyonun ≥140'den daha yüksek bulunmuştur. VKP <3.00 olanların TGSV, VKP ≥3.00 olan hayvanların TGSV'den daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada laktasyon sırasının 1, 2 ve 3. döneminde belirlenen TGSV değerleri Kul ve ark. (2019)'nın sırasıyla 37.20, 37.02 ve 35.69 kg olarak bildirdiği değerlerden yüksek bulunmuştur.

**Tablo 3.** Laktasyon sırasının, laktasyon döneminin ve VKP'nın TGSV üzerine etkileri

| Laktasyon sırası | n  | TGSV   |
|------------------|----|--------|
| 1                | 20 | 39.88b |
| 2                | 15 | 43.33a |
| 3                | 14 | 44.50a |
| <i>P</i>         |    | 0.033  |
| Laktasyon dönemi |    |        |
| <140 gün         | 25 | 46.02  |
| ≥140 gün         | 24 | 38.33  |
| <i>P</i>         |    | 0.001  |
| VKP              |    |        |
| <3.00            | 25 | 45.08  |
| ≥3.00            | 24 | 39.31  |
| <i>P</i>         |    | 0.022  |
| Genel            | 49 | 42.26  |

a,b: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan grup ortalamaları arası farklar önemlidir ( $P < 0.05$ )

VKP: Vücut kondisyon puanı, TGSV: Test günü süt verimi

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışma ile laktasyon sırasının ÖMB, MD, MMB ve TGSV üzerine, laktasyon döneminin ise bacak temizliği ve TGSV üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca VKP'nın TGSV üzerine olan etkisinin de önemli olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak; süt sığırı yetiştiriciliği ve ıslahı yapılırken makro çevre faktörlerinin dikkate alınması ve bundan sonra yapılacak araştırmalarda ilgili özelliklerin somatik hücre sayısına etkisinin belirlenmesi süt verimi ve kalitesi açısından daha uygun olacağı kanaatine varılmıştır.

#### Açıklama

Bu araştırma Erdem METİN'in mezuniyet çalışması kapsamında yapılmış olup, 17. Ulusal Zootekni Öğrenci Kongresinde Poster bildiri olarak sunulmuştur. Ayrıca araştırmada hayvanlar ile herhangi bir temas olmadığı için Etik Kurul belgesi alınmasına gerek duyulmamıştır.

#### Çıkar Çatışması Beyanı

Makalenin hiçbir yazarı için bilinen ya da olası bir çıkar çatışması yoktur.

#### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

#### Kaynaklar

- Akdağ, M. (2019). *Siyah alaca süt sığırlarında tip özellikleri üzerine bazı sistematik çevre faktörlerinin etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 83 sayfa, Tekirdağ.
- Almeida, T. P., Kern, E. L., Daltro, D. D. S., Braccini, J., McManus, C., Thaler, A., & Cobuci, J. A. (2017). Genetic associations between reproductive and linear-type traits of Holstein cows in Brazil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 46, 91-98.
- Anonim, (1991). *Yetiştirici teknik el kitabı* (TürkANAFI Projesi). Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Proje ve Uygulama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Berry, D. P., Buckley, F., Dillon, P., Evans, R. D., & Veerkamp, R. F. (2004). Genetic relationships among linear type traits, milk yield, body weight, fertility and somatic cell count in primiparous dairy cows. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 161-176.
- Bohlouli, M., Alijani, S., & Varposhti, M. R. (2015). Genetic relationships among linear type traits and milk production traits of Holstein dairy cattle. *Annals of Animal Science*, 15(4), 903-917.
- Campos, R. V., Cobuci, J. A., Kern, E. L., Costa, C. N., & McManus, C. M. (2015). Genetic parameters for linear type traits and milk, fat, and protein production in Holstein cows in Brazil. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 28(4), 476.

- Çerçi, S. (2006). *Aydın ilinde bazı işletmelerde yetiştirilen Siyah-Alaca süt sığırlarının dış görünüşlerine göre sınıflandırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 62 sayfa, Aydın.
- Dobbelaar, P. (1995). Body condition of cows. *Veepro Holland Aug. Nr.,23*, 12-13.
- Dube, B., & Dzama, K. (2008). Genetic analysis of somatic cell score and udder type traits in South African Holstein cows. *South African Journal of Animal Science*, 38(1), 1-11.
- Duru, S. (2005). *Siyah Alaca sığırlarda dış görünüş özelliklerine ait parametre ve damızlık değer tahmini*. Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootekni Anabilim Dalı, 134 sayfa, Bursa.
- Edmonson, A. J., Lean, I. J., Weaver, L. D., Farver, T., & Webster, G. (1989). A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *Journal of dairy science*, 72(1), 68-78.
- Erdem H., & Okuyucu I. C. (2019). Influence of hygiene status of cow on somatic cell count and milk components during summer season. *Large Animal Review*, 25, 7-10.
- Erkmen, R., & Kul, E. (2021). Siyah Alaca ineklerde dış görünüş özellikleri ile süt ve döl verim özellikleri arasındaki genetik ilişkiler. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 36(3), 454-463.
- Genç, S. & Soysal, M.İ. (2018). Parametrik ve parametrik olmayan çoklu karşılaştırma testleri. *Black Sea Journal of Engineering and Science* 1(1): 18-27.
- Gökçe, G. (2019). Araştırma ve uygulama çiftliğinde yetiştirilen Siyah Alaca sığırların dış yapı özelliklerine göre değerlendirilmesi. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 34(1), 17-26.
- Gökçe, G., & Göncü, S. (2016). Entansif Süt Sığırcılığı Ünitesinde Yetiştirilen Siyah Alaca Sığırların Dış Yapı Özellikleri Bakımından Değerlendirilmesi. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 31(1), 69-78.
- Göncü, S. (2019). *Siyah Alaca süt sığırı özellikleri*. <https://www.ruminantbesleme.com/2019/03/25/siyah-alaca-sut-sigiri-ozellikleri/> (Erişim Tarihi: 06.11.2024).
- Jones, G. M. (1990). Body condition scores for evaluation of nutritional status. *Virginia Cooperative Extension Service Dairy Guidelines Publication*, 404-104.
- Kadarmideen, H. N., & Wegmann, S. (2003). Genetic parameters for body condition score and its relationship with type and production traits in Swiss Holsteins. *Journal of Dairy Science*, 86(11), 3685-3693.
- Kern, E. L., Cobuci, J. A., Costa, C. N., McManus, C. M., & Braccini, J. (2015). Genetic association between longevity and linear type traits of Holstein cows. *Scientia Agricola*, 72(3), 203-209.
- Kul, E., Şahin, A., Atasever, S., Uğurlutepe, E., & Soydaner, M. (2019). The effects of somatic cell count on milk yield and milk composition in Holstein cows. *Veterinarski arhiv*, 89(2), 143-154.
- Kumlu, S. (2000). *Damızlık ve kasaplık sığır yetiştirme*. Türkiye Damızlık Sığır Yetiştiricileri Merkez Birliği Yayınları, No: 3, Ankara.
- Marinov, I., Penev, T., & Gergovska, Z. (2015). Factors affecting linear type traits in black-and-white cows. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 4(10), 374-383.
- Markusfeld, O., Galon, N., & Ezra, E. (1997). Body condition score, health, yield and fertility in dairy cows. *Veterinary Record*, 141(3), 67-72.
- Mikhchi, A., Mashhadi, M. H., & Jafarabadi, G. A. (2013). Estimation of genetic parameters for udder type traits in the first lactation of Iranian dairy Holstein cattle. *Research Opinions in Animal and Veterinary Sciences*, 3(12), 457-461.
- Němcová, E., Štípková, M., & Zavadilová, L. (2011). Genetic parameters for linear type traits in Czech Holstein cattle. *Czech Journal of Animal Science*, 56(4), 157-162.
- Pantelić, V., Nikšić, D., Ostojić Andrić, D., Novaković, Z., Ružić-Muslić, D., Maksimović, N., & Lazarević, M. (2012). Phenotypic and genetic correlations of milk and type traits of Holstein-Friesian bull dams. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 28(1), 1-10.
- Pérez-Cabal, M. A., & Alenda, R. (2002). Genetic relationships between lifetime profit and type traits in Spanish Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 85(12), 3480-3491.

- Pozveh, S. T., Shadparvar, A. A., Shahrabak, M. M., & Taromsari, M. D. (2009). Genetic analysis of reproduction traits and their relationship with conformation traits in Holstein cows. *Livestock Science*, 125(1), 84-87.
- Şahin, O. (2011). *Süt sığırlarında tip sınıflandırması ve vücut kondisyonu değerlendirme*. Türkiye Damızlık Sığır Yetiştiricileri Merkez Birliği Yayınları, 5.
- Tapki, I., & Guzey, Y. Z. (2013). Genetic and phenotypic correlations between linear type traits and milk production yields of Turkish Holstein dairy cows. *Greener Journal of Agricultural Sciences*, 3(11), 755-761.
- Treacher, R. J., Reid, I. M., & Roberts, C. J. (1986). Effect of body condition at calving on the health and performance of dairy cows. *Animal Science*, 43(1), 1-6.
- Waltner, S. S., McNamara, J. P., & Hillers, J. K. (1993). Relationships of body condition score to production variables in high producing Holstein dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 76(11), 3410-3419.
- Zavadilová, L., Příbyl, J., Vostrý, L., & Bauer, J. (2014). Single-step genomic evaluation for linear type traits of Holstein cows in Czech Republic. *Animal Science Papers & Reports*, 32(3), 201-208.
- Zink, V., Zavadilová, L., Lassen, J., Štípková, M., Vacek, M., & Štolc, L. (2014). Analyses of genetic relationships between linear type traits, fat-to-protein ratio, milk production traits, and somatic cell count in first-parity Czech Holstein cows. *Czech Journal of Animal Science*, 59(12), 539-547.



## Irak Dhi-Qar İlindeki Bebeklerde İshal Enfeksiyonlarının Patojenlerinin Belirlenmesi

Hasan Shareef ALMUSAWI<sup>1\*</sup>, Faruk SELÇUK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı, 40100, Kırşehir

<sup>2</sup> Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, 40100, Kırşehir

Tüm yazarların orcid bilgileri: 0009-0005-8020-041X, 0000-0002-3565-4544

\*Sorumlu yazar e-mail: hassan.almusawie@yahoo.com

### Araştırma Makalesi

### ÖZET

#### Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 12.11.2024  
Kabul tarihi: 02.12.2024  
Online Yayınlanma:  
31.12.2024

#### Anahtar Kelimeler:

*Escherichia coli*  
*Candida albicans*  
*Entamoeba histolytica*  
*Staphylococcus aureus*  
Patojen

Bu çalışmanın amacı, Dhi Qar vilayetindeki yenidoğanlarda ishale neden olan çeşitli mikrobiyal türleri (mantar, bakteri ve protozoa) tanımlamaktır. Çocuk Hastanesinde Ağustos ve Ekim 2024 tarihleri arasında ishal semptomları gösteren bebeklerden 110 gaita örneği alınmıştır. Toplanan bilgiler arasında bebeklerin isimleri, cinsiyetleri, muayene tarihleri ve antibiyotik alıp almadıkları yer almıştır. Gaita örnekleri, toplanmasını kolaylaştırmak için geniş bir açıklığı olan steril plastik şişeler kullanılarak elde edilmiştir. Herhangi bir kontaminasyonu önlemek için şişenin ağzı hemen kapatılmıştır. Daha sonra, numuneler derhal mikroskopik analize ve kültüre tabi tutulmuş ve bu işlem numunelerin alınmasından itibaren iki saatten kısa bir süre içinde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada 62'si (%56.4) erkek yenidoğan ve 48'i (%43.6) kız bebek olmak üzere toplam 110 örnek alınmıştır. Bulgular, bakteriyel izolatların toplam izolatların 47'sini (%56.6) oluşturduğunu, maya izolatlarının 15'ini (%18.1) ve parazit izolatlarının 21'ini (%25.3) oluşturduğunu göstermiştir. Son bulgular, *Escherichia coli* enfeksiyonu prevalansının (%84.2) olduğunu ortaya koymuştur. İshalden muzdarip bebeklerin gaitalarından farklı türlerde üç ayrı izolat elde edilmiştir. *Pseudomonas aeruginosa* varlığı (%5.3) oranında tespit edilmiştir. İshalli bebeklerin gaitalarından farklı türlerde altı farklı izolat elde edilmiştir. *Staphylococcus aureus* %10.5'lik bir prevalansa sahiptir. Buna karşılık bulgular, yenidoğanlarda ishale neden olan çeşitli mikrobiyal türlerden biri olan *Entamoeba histolytica*'nın (%25.3) varlığını göstermiştir. *Entamoeba histolytica* enfeksiyonunun erkek bebekler arasındaki prevalansı (14/21, %66.7) kız bebeklerinkinden daha yüksektir; durum, erkek olmanın *Entamoeba histolytica*'ya yakalanma riskinin oldukça yüksek olduğunu göstermektedir.

### Determining the Pathogens of Diarrheal Infections in Infants in Iraq Dhi-Qar Province

### Research Article

### ABSTRACT

#### Article History:

Received: 12.11.2024  
Accepted: 02.12.2024  
Published online:  
31.12.2024

#### Keywords:

*Escherichia coli*  
*Candida albicans*  
*Entamoeba histolytica*  
*Staphylococcus aureus*  
Pathogens

The purpose of the current study was to identify the various microbial species (fungi, bacteria, and protozoa) that cause diarrhea in newborns in the governorate of Dhi Qar. 110 obtained fecal samples from infants exhibiting symptoms of diarrhea at the Children's Hospital between August and October 2024. The collected information included the infants' names, genders, review dates, and whether they had taken antibiotics or not. Stool samples were obtained using sterile plastic bottles with a large opening to make collection easier. The container was promptly sealed to prevent any contamination. Subsequently, the samples were promptly subjected to microscopic analysis and culture, which occurred within a time frame of under two hours from the moment of collection. The present study had a total of 110 samples, with 62 (56.4%) being male newborns and 48 (43.6%) being female infants. The findings indicated that the bacterial isolates accounted for 47 (56.6%) of the total isolates, while the yeast isolates comprised 15 (18.1%), and the parasitic isolates comprised 21 (25.3%). The latest findings also revealed that the prevalence of *E. coli* infection was 84.2%. Three distinct isolates of different sorts were obtained from the



feces of infants suffering from diarrhea. The presence of *Pseudomonas aeruginosa* is detected at a rate of 5.3%. Six distinct isolates of different kinds were obtained from the feces of infants suffering from diarrhea. *Staphylococcus aureus* has a prevalence of 10.5%. Conversely, the findings indicated the presence of *E. histolytica* (25.3%), one of several microbial species that cause diarrhea in newborns. The prevalence of *E. histolytica* infection among males (14/21, 66.7%) was greater than that among females, indicating that being male is associated with a considerably higher risk of contracting *E. histolytica*.

ISSN: 2979-9198

**To Cite:** Almusawı, H.S., & Selçuk, F. (2014). Irak Dhi-Qar ilindeki bebeklerde ishal enfeksiyonlarının patojenlerinin belirlenmesi. *Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(2), 39-46.

## 1. GİRİŞ

İshal, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından en fazla on dört gün boyunca günde üç veya daha fazla gevşek veya sıvı dışkılama olarak tanımlanmaktadır (WHO, 2013). UNICEF'e (2016) göre ishal sıklıkla gastrointestinal bir hastalığın belirtisidir. Rotavirüs ve *E. coli* bakterileri, sınırlı kaynaklara sahip bölgelerde ishalin başlıca nedenleridir. Bu mikroplar, sağlıklı su ve kontamine gıdaların yanı sıra kişiden kişiye bulaşma yoluyla da yayılmaktadır. Özellikle hijyen uygulamalarının yetersiz olduğu, temiz içme suyu ve sanitasyon tesislerinin sınırlı olduğu ortamlarda yaygındırlar (Rosenberg, 2007; Null ve ark., 2018; Kakoullis ve ark., 2019). İshal, özellikle yoksul ve orta gelirli ülkelerde ikamet eden 5 yaşın altındaki çocuklar arasında çocuk ölümlerine önemli bir faktör teşkil etmektedir (You ve ark., 2015; Prüss-Ustün ve ark., 2019). 2015 yılında dünya genelinde toplam 5,9 milyon çocuk beş yaşına ulaşmadan hayatını kaybetmiştir ve bu ölümlerin %9'u ishalden kaynaklanmaktadır. Yılda yaklaşık 1,7 milyon ishalleri hastalık vakası meydana gelmekte ve 5 yaşın altındaki yaklaşık 760.000 çocuğun ölümüyle sonuçlanmaktadır (WHO, 2016). Çocuk ishalleri, hane halkı düzeyinde sosyoekonomik, çevresel ve davranışsal risk faktörleri olarak kategorize edilebilecek çeşitli dolaylı risk faktörleriyle bağlantılıdır. Çok sayıda araştırmacı bu risk faktörlerini tanımlamıştır. Söz konusu faktörler annenin yaşı, ikamet yeri, eğitim düzeyi, ailedeki beş yaş altı çocuk sayısı, tuvalet ve içme suyunun mevcudiyeti, sosyoekonomik durum, istihdam durumu ve diğer çeşitli faktörleri kapsamaktadır (Amugsi ve ark., 2015; Kumi-Kyereme ve ark., 2016; Myat ve ark., 2021). Bu risk değişkenleri birbiriyle bağlantılıdır ve birçok nedene bağlı olarak dalgalanabilir. İshalleri hastalıkların nedeni çoğunlukla viral, bakteriyel ve paraziter enfeksiyonlardan oluşan çeşitli bir spektrumdan kaynaklanmaktadır. Spesifik neden, coğrafi ve iklim koşulları, konakçı özellikleri ve sosyoekonomik koşullar gibi faktörlere bağlı olarak değişebilir (Hodges ve Gill, 2010). Norovirüs ve rotavirüs dahil olmak üzere viral enfeksiyonların varlığı, 2 yaşın altındaki çocuklarda ishal gelişiminde birincil faktör olarak kabul edilmektedir. Bu patojenler arasında rotavirüs en ölümcül olarak tanımlanmış ve çocuklar arasında en fazla sayıda ölümlerle sonuçlanmıştır (Tate ve ark., 2016). *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia* ve *Cryptosporidium parvum* gibi parazitlerin şiddetli ishal ataklarına neden olduğu belgelenmiştir (Gilchrist ve ark., 2016; Yang ve ark., 2021).

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Gaita Örneklerinin Toplanması

110 gaita örneği Ağustos ve Ekim 2024 tarihleri arasında Çocuk Hastanesi'nde ishal belirtileri gösteren bebeklerden alınmıştır. Bebekler hakkında toplanan bilgiler arasında isimleri, cinsiyetleri, muayene tarihleri ve antibiyotik alıp almadıkları yer almıştır. Gaita örnekleri, toplanmasını kolaylaştırmak için geniş ağızlı steril plastik şişeler kullanılarak alınmış ve herhangi bir kontaminasyonu önlemek için kap derhal kapatılmıştır. Daha sonra, örnekler derhal mikroskopik analize ve kültüre tabi tutulmuş ve bu işlemler örneklerin alınmasından itibaren iki saatten kısa bir süre içinde gerçekleştirilmiştir.

### 2.2. Gaitanın Mikroskopik İncelenmesi

Gaita örneklerinden 5-10 ml'lik bir hacim alınmış ve normal salin (fizyolojik tuz çözeltisi mi ?) damlacıklarıyla birlikte bozulmamış bir cam lamel üzerine bırakılmıştır. Daha sonra, lamel kapağı örneğin üzerine yerleştirilmiş ve irin hücreleri, epitel hücreleri, bakteriler ve parazitlerin varlığını tespit etmek için mikroskopik incelemeye tabi tutulmuştur. *Candida* mikroskop altında küçük ve elips şeklinde görülmektedir.

### 2.3. Bakteriyel Tamı Testleri

### 2.3.1. Morfolojik ve mikroskopik tanı

Bakteri izolatları ilk olarak kanlı agar ve MacConkey agar besiyerlerindeki şekillerine ve kültürlerine bakılarak adlandırılmıştır. Bu kapsamda kolonilerin rengi, boyutu, dokusu, yüksekliği ve şeklinin yanı sıra MacConkey agar besiyerinde kanı metabolize etme ve laktozu fermente etme kabiliyetleri analiz edilmiştir. İzolatların mukus üretimi ve diğer özelliklerinin değerlendirilmesi, yağlı mercecek mikroskopik incelemesinin sonrasında gelmektedir. İzolatlar bir cam lam üzerinde ısı ile sabitlenmiş ve bakterinin şeklini, düzenini ve boyama yeteneğini ayırt etmek için gram boyası ile boyanmıştır (Benson, 1967; Prescott ve ark., 2005).

### 2.3.2. Parazit enfeksiyonu tanısı

Örnekler laboratuvara ulaşır ulaşmaz derhal analiz edilmiş ve trofozoit fazını tanımlamak için kan veya mukus içeren bölgelerden alındıklarından emin olunmuştur. Bu faz genellikle sıvı örneklerde bulunmakta ve tipik olarak kist fazı içeren katı veya yarı katı gaitada nadiren gözlenmektedir. Amip histolytica parazitinin varlığını tespit etmeye yönelik inceleme, örnekte kan veya mukus bulunması ile gösterilebilir (Clark ve Diamond, 2002). Gaita örnekleri, aşağıdaki tanı prosedürleri kullanılarak enfeksiyonu teşhis etmek amacıyla işleme tabi tutulmuştur:

### 2.3.3. Fizyolojik tuz çözeltisi ile hazırlanmış sürüntü

Cam lamın temiz olduğundan emin olduktan sonra üzerine önceden hazırlanmış fizyolojik tuzlu su çözeltisinden bir damla damlatarak sürüntü çubuğu hazırlanmıştır Tahta bir çubukla küçük bir miktar alınmış ve homojen bir kıvama gelene kadar fizyolojik çözeltiyle iyice karıştırılmıştır. Daha sonra, kapak lamını örneğin üzerine yerleştirilmiş ve 10x büyütme kullanarak analiz etmeye devam edilmiştir. Önemli bir büyüklüğü x40 olan (Baron ve ark., 1994) bu teknik, trofozoiti teşhis etmek ve tutarlı tek yönlü hareketiyle diğer amiplerden ayırt edilebilen amipli dizanteri parazitinin hareketini incelemek için kullanılmıştır.

## 2.4. Maya Tanı Testleri

### 2.4.1. Morfolojik ve mikroskopik tanı

Sabouraud Dextroz Agar (SDA) besiyerine ekilen kolonilerin fenotipik özellikleri, koloni rengi, şekli, dokusu, kokusu ve yüksekliği incelenerek tespit edilmektedir. Daha sonra, SDA besiyerinde gelişen kolonilerin mikroskopik bir analiz yapılır. Koloninin bir kısmı bir vektör kullanılarak çıkarılır ve lam üzerine bırakılır. Sonrasında, bir damla normal salin eklenir ve laktofenol mavisi boya ile boyanır. Lam daha sonra kapatılır ve yüksek güçlü bir ışık mikroskobu altında incelenir. Psödohipler ve büyük sporlar 40X büyütme ile gözlemlenmiştir. Daha sonra steril bir cam lam toplanmış ve Gram boyası ile boyanmıştır. Lam daha sonra alev üzerinde sabitlenmiş ve filizleri gözlemlemek için mikroskop altında incelenmiştir (Ellis ve ark., 2007).

### 2.4.2. Krom agarda büyüme testi

Farklı *Candida* türleri agar kromojenik besiyeri kullanılarak ayrılmıştır. Bu tür besiyerleri, izolatlar kendisiyle etkileşime girdiğinde renk oluşturur (Musa ve ark., 2020). *Candida* kolonisinin bir örneği, 24 saatlik steril bir döngü taşıyıcı kullanılarak elde edilmiştir. Koloni SDA besiyerine ekilmiş ve ardından Chromium Agar besiyerine ekilmiştir. Plakalar 24-48 saat boyunca 37°C sıcaklıkta tutularak farklı renklerde kolonilerin oluşması sağlanmıştır (İbrahim ve Yehia, 2017).

### 2.4.3. Mayaların moleküler tanısı

Dhi qar şehrindeki Golden Steps laboratuvarında *Candida* türlerini tanımlamak için bir polimeraz zincir reaksiyonu gerçekleştirmiştir. Mantardan DNA izole edilmiş ve ITS hedef bölgesi primerler kullanılarak çoğaltılmıştır. Prosedür, White (1990) tarafından sağlanan yönergelere uygun olarak, aşağıdaki adımlar izlenerek gerçekleştirilmiştir:

## 2.5. DNA Ekstraksiyonu

DNA ekstraksiyonu işlemi, Kit 100 Chelex kullanılarak tek başına, kontamine olmamış ve metabolik olarak aktif bir *Candida* mayası kolonisinden gerçekleştirilmiştir. Chelex 100® çözeltisi Amerika Birleşik Devletleri'nde BioRad tarafından üretilmiş ve ekstraksiyon işlemi için aşağıdaki adımları içeren üreticinin tavsiyelerini izlemiştir:



- Yaklaşık 200 mg çoğalan maya kolonisi sıvı nitrojen içeren steril bir seramik kaba aktarılmıştır. Maya kolonileri toz haline getirilmiş ve daha sonra aseptik 1,5 ml'lik tüplere aktarılmıştır.
- Sonrasında, her bir örneğe 180 µl Universal Parçalama Tamponu ve 20 µl K-Proteinaz enzimi eklenmiştir. Karışım bir karıştırma cihazı kullanılarak iyice karıştırılmış ve 56°C sıcaklıkta 30 dakika inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon işlemi sırasında her tüp için bir benmari kullanılmıştır.
- 100 µl PF Evrensel Tampon Çözeltisi dağıtılmış ve bir karıştırıcı kullanılarak çalkalanmıştır. Daha sonra, tüpleri 30 dakika süreyle 20 °C sıcaklığa ayarlanmış bir inkübatöre yerleştirilmiştir.
- Örnekler 5 dakika süreyle dakikada 10.000 devir hızında santrifüj işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra, süpernatant olarak bilinen tortunun üzerindeki sıvı kısım yeni bir 1,5 ml'lik tüpe aktarılmıştır.
- 100 µl Evrensel Tampon BD çözeltisi dağıtılmış ve bir karıştırıcı kullanılarak çalkalanmıştır. Numuneler, %96 saf etil alkol ilavesinden sonra bir karıştırıcı ile iyice karıştırılmıştır.
- Kit kullanılarak üretilen DNA'yı ekstrakte etmek için karışım bir filtre ile donatılmış özel tüplere aktarılmıştır. Tüpleri 2 ml'lik toplama tüplerine yerleştikten sonra 1200 rpm hızda bir dakika boyunca santrifüj edilmiştir. Daha sonra tortu atılmıştır.
- 500 µl Evrensel PW Çözeltisi eklendikten sonra tüpler 1200 rpm hızında santrifüj edilmiş ve ardından tortu çıkarılmıştır.
- 500 µl Evrensel Yıkama Çözeltisi eklendikten sonra, tortuyu ayırmak için tüpler 1200 rpm'de santrifüjlenmiştir.
- DNA'yı içeren EZ-10 steril 1,5 ml'lik tüplere aktarılmıştır. Daha sonra bu tüpler bir santrifüje yerleştirilmiş ve 1200 devir/dakika hızda döndürülmüştür. Bu işlem alkolü uzaklaştırmayı ve EZ-10 kolon membranındaki çökeltiyi ortadan kaldırmayı amaçlamıştır.
- DNA'yı çözmek için EZ-10 kolon filtresine 50 µl TE tampon çözeltisi enjekte edilmiştir. Karışımın oda sıcaklığında bir dakika inkübe olmasına izin verilmiştir. Daha sonra tüpler santrifüje aktarılmış ve DNA'nın toplanması için 1200 devir/dakika hıza ayarlanmıştır.
- Tüm örnekler için DNA saflığının nanodrop spektrofotometre ile değerlendirilmiştir.

### 2.5.1. PCR için reaksiyon karışımının hazırlanması

Tablo 2.1'de gibi, üreticinin talimatlarına göre bir PCR reaksiyon karışımı (25 mikrolitre) hazırlanmıştır.

**Tablo 2.1.** PCR karışım bileşenleri

| PCR ana karışımı     | Hacim |
|----------------------|-------|
| Ana karışım          | 5 µl  |
| İleri primer         | 1 µl  |
| Geri primer          | 1 µl  |
| Nükleaz içermeyen su | 13 µl |
| Genomik DNA          | 5 µl  |
| Toplam               | 25 µl |

Yukarıda belirtilen çizelgede belirtilen kombinasyon bileşenleri, kalan PCR reaksiyon bileşenleri ile birlikte 0.2 ml'lik tüplere yerleştirilmiştir. Tüpler karışımı içeren santrifüje aktarılmış ve 3000 devir/dakika hızda 3 dakika boyunca döndürülmüştür. Daha sonra, amplifikasyon sürecini başlatmak için PCR termal döngüleyicisine yerleştirilmiştir. DNA, üreticinin protokolünde belirtildiği gibi tüm genler için en uygun koşullar altında ısı döngülerine tabi tutulmuştur.

**Tablo 2.2.** ITS geninin PCR aşamaları için optimum termal koşullar

| PCR Adımı        | Tekrar Döngüsü | Sıcaklık | Süre  |
|------------------|----------------|----------|-------|
| İlk denatürasyon | 1              | 95 °C    | 3 dk  |
| Denatürasyon     | 35             | 95 °C    | 30 sn |
| Tavlama          | 1              | 56 °C    | 1 dk  |
| Uzatma           | 1              | 72 °C    | 50 sn |
| Son uzatma       | 1              | 72 °C    | 5 dk  |

### 2.5.2. PCR Veri Analizi

Polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) ürün analizi sonucu, daha önce belirtilen yöntem izlenerek %1.5 agaroz jel kullanılarak elektroforez yapılarak belirlenmiştir:

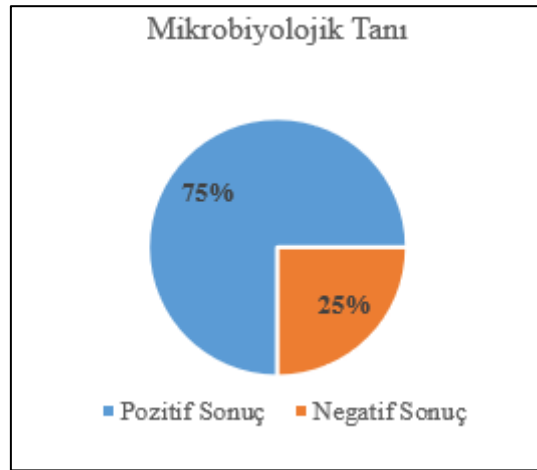
- Karışımı iki dakika süreyle ısıtmak için bir mikrodalga cihazı kullanılmıştır. 1.5 g agaroz jel ile 100 mililitre TBE tamponunu 1 x 1 konsantrasyonda birleştirilerek bir çözelti hazırlanmıştır.
- Agaroz jel 50°C sıcaklığa kadar soğutulduktan sonra 3 ml radyoaktif DNA boyası Ethidium Bromide eklenmiş ve jel ile iyice birleştirilmiştir.
- Jel, PCR örneklerinin konumlarını tespit etmek için bir tarak içeren röle kalıbına yerleştirilmiştir. Ardından, jelin oda sıcaklığında 15 dakika süreyle katılaşmasına izin verilmiştir. Daha sonra tarak jelden çıkarılarak elektroforez havuzuna aktarılmıştır.
- PCR ürünü içerikli örnekler jel üzerinde belirlenmiş alanlarda biriktirilmiştir.
- PCR sonucunu ölçmek için 100 ila 1000 baz çifti arasında değişen DNA merdiveni kullanılmış ve ilk kuyucuklara yerleştirilmiştir.
- Yükleme işlemi tamamlandıktan sonra agaroz jeli 1X konsantrasyonunda TBE tamponuna daldırılmıştır. Transfer kapağı sabitlenmiş ve elektrikli röle cihazı 100 volt ve 80 amper akımla bir saat süreyle aktive edilmiştir.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Mevcut araştırmada, Tablo 3.1’de de gösterildiği üzere 62 (%56.4) erkek yenidoğan ve 48 (%43.6) kız bebek olmak üzere toplam 110 örnek kullanılmıştır. Çalışma, kanlı agar, mannitol agar, çikolata agar, Sabouraud dekstroz agar ve MacConkey agar gibi uygun besiyerlerinde büyütüldüğünde toplam örneklerin 83’ünün (%75.5) mikroorganizma tespiti açısından pozitif olduğunu ortaya koymuştur. Toplam örneklerin %24.5’ini oluşturan 27 örnek mikrobiyolojik tanı açısından negatif çıkmıştır.

**Tablo 3.1.** Çalışma örneklerinin bulgulara göre dağılımı

| Gruplar | Enfekte Sayısı (%) +ve kültür | Enfekte olmamış Sayısı (%) -ve kültür | Toplam Sayı (%) |
|---------|-------------------------------|---------------------------------------|-----------------|
| Erkek   | 46 (55.4)                     | 16 (59.3)                             | 62 (56.4)       |
| Kadın   | 37 (44.6)                     | 11 (40.7)                             | 48 (43.6)       |
| Toplam  | 83 (75.5)                     | 27 (24.5)                             | 110 (100)       |



**Şekil 3.1.** Mikrobiyolojik tanı

Şekil 3.1’de ishali hastalarda bakteriyel, fungal ve parazit yüzdesi Akut ishali bebeklerin çoğunda patojen mikroorganizmalar için yapılan gaita muayenesi negatif sonuç vermiştir. Bu bebeklerde ya bağırsaklar dışında herhangi bir hastalık belirtisi görülmemiş ya da alakasız nedenlere bağlı ishal görülmüştür. İshal, gıda alerjilerine veya tespit için özel kültür besiyeri gerektiren diğer mikroorganizmalara atfedilebilir. Gaita incelemesi pozitif çıkan bebeklerin çoğunluğu tipik olarak 6 aylıktan büyük olup bulunan en yaygın mikroorganizma *E. coli*’dir. Bu durum, yaşamın ilk 6 ayında insan sütünün koruyucu özelliklerinin yanı sıra tamamlayıcı beslenmeye geçildiğinde kontamine yiyecek ve içeceklerden kaynaklanan enfeksiyon riskinin artmasına bağlanabilir. Gana ve Nijerya’da yapılan bir araştırma, anne sütü ve diğer gıdaların bir arada verildiği 6-11 aylık bebeklerin ishal olma ihtimalinin, sadece anne sütüyle beslenen bebeklere kıyasla daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur (Newburg ve ark., 1998). Amerika Birleşik Devletleri’nde yapılan bir araştırma, emzirmenin daha düşük



hastalık oranıyla bağlantılı olduğunu ortaya koymuştur. Yetersiz emzirmenin çeşitli hastalıklara karşı koruma sağlamadığı da gösterilmiştir (Raisler ve ark., 1999). *Entamoeba histolytica*, 6 aydan büyük bebeklerin gaita örneklerinde, muhtemelen yiyecek ve içecek kontaminasyonunun bir sonucu olarak tespit edilmiştir. Altı aylıktan küçük bebeklerin çoğunluğu kısmi anne sütü alırken, yenidoğanların az bir kısmında sadece anne sütü ile beslenme gözlenmiştir (Wan ve ark., 1999). Cinsiyet, 6 yaşın altındaki çocuklarda ishali enfeksiyonların ortaya çıkmasına sebep olan bir faktör olarak görülmektedir. Tüm enfeksiyonların görülme sıklığının erkeklerde kızlara kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, aralarındaki fizyolojik farklılıklara atfedilebilir olmakla beraber, kesin nedeni bilinmemektedir (Chopra ve ark., 1989). Erkeklerde karışık enfeksiyonların ve spesifik bir enteropatojenin tanımlanamadığı vakaların görülme sıklığı kadınlara kıyasla daha yüksektir. İshal yapıcı *E. coli* suşları, çoğunlukla enfekte ellere, kontamine bebek mamalarına veya kontamine mamalara dokunmak suretiyle gaitadan ağza geçiş yoluyla yayılmaktadır. İshal yapıcı *E. coli* enfeksiyonunun kaynağının semptomatik veya asemptomatik çocukların yanı sıra anneler ve yenidoğanlarla temas edenler de dahil olmak üzere asemptomatik yetişkin taşıyıcılar olduğu düşünülmektedir. Birçok ülkede yürütülen epidemiyolojik araştırmalar, asemptomatik bireylerin hastalığı taşıdığını ortaya koymuştur. Bazı araştırmalara göre, 2 yaşın altındaki sağlıklı bebeklerin %20'sinin gaitalarında EPEC serotiplerinden *E. coli* salgıladığı tespit edilmiştir (Paniagua ve ark., 2007).

Bakteri izolatlarının morfolojisi, çapı ve formları kanlı agar, mannitol agar, çikolata agar ve MacConkey agar üzerinde değerlendirilmiştir. Mikroskopik ve biyokimyasal incelemelerin yanı sıra her bir tür için özel testler, biyokimyasal tanımlama bulgularını doğrulamak için kullanılmıştır. Sonuçlar, bakteri izolatlarının toplam izolatların 47'sini (%56.6) oluşturduğunu, maya izolatlarının 15'ini (%18.1) temsil ettiğini ve parazit izolatlarının toplamın 21'ini (%25.3) oluşturduğunu göstermiştir (Tablo 3.2). İzole edilen bakteri yüzdeleri Tablo 3.3'te verilmiştir.

**Tablo 3.2.** İshali bebeklerden elde edilen mikrobiyal izolatların sayısı ve yüzdesi

| Mikrobiyal izolatlar | N  | Yüzde |
|----------------------|----|-------|
| Bakteriyel izolat    | 47 | 56.6  |
| Maya izolatları      | 15 | 18.1  |
| Parazit              | 21 | 25.3  |
| Toplam               | 83 | 100   |

**Tablo 3.3.** İzole edilen bakteri yüzdeleri

| Gram negatif bakteriler       | N  | %    |
|-------------------------------|----|------|
| <i>Escherichia coli</i>       | 48 | 84.2 |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | 3  | 5.3  |
| <i>Staphylococcus aureus</i>  | 6  | 10.5 |
| Toplam                        | 57 | 100  |

#### 4. SONUÇLAR

Mevcut bulgulara göre, erkek bebeklerin kızlara kıyasla farklı patojenler nedeniyle akut ishale daha yatkın olduğu tespit edilmiştir. Mevcut çalışmadan *E. coli*'nin bebeklerde akut ishale neden olan en tehlikeli bakteri türü olduğu sonucuna varılmıştır. *Histolytica*, bebeklerde akut ishale önemli bir nedenidir ve dehidrasyon ve çeşitli sağlık sorunlarının bir nedeni olarak kabul edilmektedir. Maya enfeksiyonları bebeklerde akut ishale neden olmada önemli bir rol oynamaktadır ve *C. albicans* bu çalışmada teşhis edilen diğer maya türleri arasında en tehlikeli olanıdır.

Bebeklerde ishal görülme sıklığında artışa neden olduğu için bebek hijyenine dikkat edilmesi ve suni beslenmeden kaçınılması önemlidir. Enfeksiyonun bebekler üzerindeki etkisinin boyutunu belirlemek

için akut ishali bebeklerde bazı fizyolojik parametreler üzerinde çeşitli çalışmalar yürütülmelidir. Bebeklerde akut ishale neden olan birçok farklı bakteri ve parazit türünün tanısını doğrulamak için birçok genetik çalışma yürütülmelidir.

### Teşekkür

Bu çalışma, Hasan Shareef ALMUSAWI'nın aynı adlı yüksek lisan tezinden üretilmiştir. Çalışma Dhi-Qar İl Sağlık Müdürlüğü, İmam El Hüseyin Eğitim Hastanesi-Eğitim ve İnsan Gelişimi Birimi Etik kurulundan alınan 24.07.2024 tarih ve 12041 kayıt nolu izin alınarak gerçekleştirilmiştir.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlardan Hasan Shareef ALMUSAWI çalışmaya %70, Faruk SELÇUK %30 katkı sağlamıştır.

### Kaynaklar

- Amugsi D. A., Aborigo, R. A., Oduro, A. R., Asoala, V., Awine, T., & Amenga-Etego, L. (2015). Sociodemographic and environmental determinants of infectious disease morbidity in children under 5 years in Ghana. *Glob Health Action*, 8(1), 29349.
- Baron, E. J., Peterson, L. R. & Finegold, S. M. (1994). *Bailey and Scott's Diagnostic Microbiology*, 9th ed., st.Louis, Baltimore, USA, Chapter 34, 457-473.
- Benson, H. J. (1967). *Microbiological applications*. Wm. C. Brown Co., Dubuque, Iowa.
- Chopra, S., Roger, J., May M. D. (1989). *Pathophysiology of gastrointestinal disease*. 1st ed. USA.
- Clark, C. G., & Diamond, L. S. (2002). Methods for cultivation of luminal parasitic protists of clinical importance. *Clinical Microbiology Reviews*, 15(3), 329-341.
- Ellis, D. H., Davis, S., Alexiou, H., Handke, R., & Bartley, R. (2007). *Descriptions of medical fungi* (Vol. 2). Adelaide: University of Adelaide.
- Gilchrist, C. A., Petri, S. E., Schneider, B. N., Reichman, D. J., Jiang, N., Begum, S., & Petri Jr, W. A. (2016). Role of the gut microbiota of children in diarrhea due to the protozoan parasite *Entamoeba histolytica*. *The Journal of Infectious diseases*, 213(10), 1579-1585.
- Hodges, K., & Gill, R. (2010). Infectious diarrhea: Cellular and molecular mechanisms. *Gut microbes*, 1(1), 4-21.
- Ibrahim, H. I., & Yehia, M. M. (2017). Cervico-Vaginal Candidiasis in Married Women. *Kirkuk University Journal/Scientific Studies (KUJSS)*, 12(4), 1992-0849.
- Kakoullis, L., Papachristodoulou, E., Chra, P., & Panos, G. (2019). Shiga toxin-induced haemolytic uraemic syndrome and the role of antibiotics: a global overview. *Journal of Infection*, 79(2), 75-94.
- Kumi-Kyereme, A., & Amo-Adjei, J. (2016). Household wealth, residential status and the incidence of diarrhoea among children under-five years in Ghana. *Journal of Epidemiology and Global Health*, 6(3), 131-140.
- Musa, S. A., Magzoub, M., Alhassan, A. S., & Hammad, N. M. A. (2020). Prevalence of *Candida* spp. isolated from urine samples of pregnant women from Kassala State, Sudan. *American Journal of Microbiological Research*, 8(3), 79-82.
- Myat, T. W., Thu, H. M., Tate, J. E., Burnett, E., Cates, J. E., Parashar, U. D., & Aung, K. M. (2021). Rotavirus infection among children under five years of age hospitalized with acute gastroenteritis in Myanmar during 2018–2020—multicentre surveillance before rotavirus vaccine introduction. *Vaccine*, 39(47), 6907-6912.
- Newburg, D. S., Peterson, J. A., Ruiz-Palacios, G. M., Matson, D. O., Morrow, A. L., Shults, J., & Pickering, L. K. (1998). Role of human-milk lactadherin in protection against symptomatic rotavirus infection. *The Lancet*, 351(9110), 1160-1164.
- Null, C., Stewart, C. P., Pickering, A. J., Dentz, H. N., Arnold, B. F., Arnold, C. D., & Colford, J. M. (2018). Effects of water quality, sanitation, handwashing, and nutritional interventions on diarrhoea and child growth in rural Kenya: a cluster-randomised controlled trial. *The Lancet Global Health*, 6(3), e316-e329.
- Paniagua, G. L., Monroy, E., García-González, O., Alonso, J., Negrete, E., & Vaca, S. (2007). Two or more enteropathogens are associated with diarrhoea in Mexican children. *Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials*, 6, 1-8.
- Prescott, L.M., Harley, J. P. & Klein, D. A. (2005) *Microbiology*. Sixth Edition. New York: McGrawHill.

- Prüss-Ustün, A., Wolf, J., Bartram, J., Clasen, T., Cumming, O., Freeman, M. C., & Johnston, R. (2019). Burden of disease from inadequate water, sanitation and hygiene for selected adverse health outcomes: an updated analysis with a focus on low-and middle-income countries. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 222(5), 765-777.
- Raisler, J., Alexander, C., & O'Campo, P. (1999). Breast-feeding and infant illness: a dose-response relationship? *American Journal of Public Health*, 89(1), 25-30.
- Rosenberg, M. (2007). Global child health: burden of disease, achievements, and future challenges. *Current Problems in Pediatric and Adolescent Health Care*, 37(9), 338-362.
- Tate, J. E., Burton, A. H., Boschi-Pinto, C., Parashar, U. D., World Health Organization–Coordinated Global Rotavirus Surveillance Network, Agocs, M., & Paladin, F. (2016). Global, regional, and national estimates of rotavirus mortality in children < 5 years of age, 2000–2013. *Clinical Infectious Diseases*, 62(suppl\_2), S96-S105.
- Wan, C., Phillips, M. R., Dibley, M. J., & Liu, Z. (1999). Randomised trial of different rates of feeding in acute diarrhoea. *Archives of Disease in Childhood*, 81(6), 487-491.
- White, T. J. (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. *PCR Protocols: A guide to methods and applications*/Academic Press, Inc.
- Yang, X., Guo, Y., Xiao, L., & Feng, Y. (2021). Molecular epidemiology of human cryptosporidiosis in low-and middle-income countries. *Clinical Microbiology Reviews*, 34(2), 10-1128.
- You, D., Hug, L., Ejdemyr, S., Idele, P., Hogan, D., Mathers, C., & Alkema, L. (2015). Global, regional, and national levels and trends in under-5 mortality between 1990 and 2015, with scenario-based projections to 2030: a systematic analysis by the UN Inter-agency Group for Child Mortality Estimation. *The Lancet*, 386(10010), 2275-2286.

## Investigation of the Use of Phytase Enzyme as a Feed Additive in the Nutrition of Broiler Chicks by Meta Analysis

Tuğba ÖZDEMİR<sup>1</sup>, Ahmet ŞAHİN<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Kırşehir Ahi Evran University, Institute of Natural and Applied Sciences, Department of Animal Science, 40100, Kırşehir

<sup>2</sup>Kırşehir Ahi Evran University, Agriculture Faculty, Department of Animal Science, 40100, Kırşehir

All authors' orcid information: 0009-0000-0447-8528, 0000-0002-0192-3961

\*Corresponding author e-mail: ahmet.sahin@ahievran.edu.tr

### Research Article

### ABSTRACT

#### Article History:

Received: 29.11.2024

Accepted: 13.12.2024

Published online:

31.12.2024

#### Keywords:

Phytase

Meta analysis

Broiler chicks

Performance

In this study, it was aimed to combine the results obtained from independent studies conducted between 1999 and 2019 on the use of phytase enzyme in the feeding of broiler chickens with meta-analysis and to reach a general conclusion. The criteria by which the studies to be included in the meta-analysis were brought together were determined within the framework of certain criteria. At the end of these criteria, the quantitative data of the studies discussed were brought together and interpreted using the analysis method in the Meta-Essentials Excel Program. It is understood from the values of  $I^2 = 0.00\%$  that there is no heterogeneity in all parameters (LW, FCR, FI, DLWG, bone Ca and P content) examined in broiler chickens. It is seen as a result of the calculated P (0.953, 0.955, 0.939) values that the subgroups created from the publications used are not different from each other. Because of the trend analysis ( $Q = 0.06, 0.15, 0.13$ ), it was understood that there was no heterogeneity and no significant deviation. This situation is supported by the results obtained with the Khi-square analysis (0.752, 0.697, 0.752). As a result of the moderator analysis, no difference was found in  $R^2$  (33.88%, 0.38%, 14.25%) and P (0.047, 0.849, 0.226) values. To conclude, the heterogeneity, subgroup, moderator, trend and Failsafe N test analyzes performed with meta analysis showed that the effects of phytase enzyme on live weight, live weight gain, feed consumption and feed conversion ratio parameters were similar to each other.

### Meta Analizi İle Fitaz Enziminin Yem Katkı Maddesi Olarak Etlik Cıvcıvlerin Beslenmesinde Kullanımının Araştırılması

### Araştırma makale:

### ÖZET

#### Makale tarihçesi:

Geliş: 29.11.2024

Kabul: 13.12.2024

Online yayımlama:

31.12.2024

#### Anahtar kelimeleri:

Fitaz

Meta analizi

Broiler cıvcıv

Performans

Bu çalışmada, 1999-2019 yılları arasında etlik cıvcıvlerin beslenmesinde fitaz enzimi kullanımı ile ilgili yapılmış birbirinden bağımsız çalışmalardan elde edilen sonuçların meta analiz ile birleştirilmesi ve genel bir yargıya varılması amaçlanmıştır. Meta analizine dahil edilecek araştırmaların hangi kriterlere göre bir araya getirileceği belli ölçütler çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Bu ölçütler sonunda ele alınan çalışmaların nicel verileri bir araya getirilerek yorumlanması Meta-Essentials Excell Programındaki analiz yöntemiyle sağlanmıştır. Etlik cıvcıvlerde incelenen parametrelerin (CA, YDO, YT, GCAA, kemik Ca ve P içeriği) tümünde heterojenitenin olmadığı,  $I^2 = 0,00$  değerlerinden anlaşılmaktadır. Kullanılan yayınlardan oluşturulan alt grupların da birbirinden farklı olmadığı hesaplanan P (0.953, 0.955, 0.939) değerleri sonucunda görülmektedir. Eğilim analiz sonucunda ise ( $Q=0,06, 0,15, 0,13$ ) heterojenite ve herhangi önemli bir sapmanın olmadığı anlaşılmıştır. Bu durumu Khi-kare analizi ile elde edilen sonuçlar (0.752, 0.697, 0.752) desteklemektedir. Moderatör analiz sonucunda ise  $R^2$  (%33.88, %0.38, %14.25) ve P (0.047, 0.849, 0.226) değerlerinde farklılık bulunmamıştır. Sonuç olarak, meta analizi ile yapılan heterojenite, alt grup, moderatör, eğilim ve Failsafe N testi analizleri fitaz enziminin canlı ağırlık, canlı ağırlık artışı, yem tüketimi ve yem dönüşüm oranı parametrelerine olan etkisinin birbirine benzer olduğu göstermiştir.

ISSN: 2979-9198

To Cite: Özdemir, T., & Şahin, A. (2024). Investigation of the use of phytase enzyme as a feed additive in the nutrition of broiler chicks by meta analysis. *Kırşehir Ahi Evran University Journal of The Institute of Natural And Applied Sciences*, 2(2), 47-68.

## 1. INTRODUCTION

Phytases are phosphatase enzymes that hydrolyze phosphate ester bonds and have a molecular weight ranging from 1.6 to 1.8 x 10<sup>5</sup> Da, and they have a glycoprotein structure (Özkan, 2009). Abbreviations such as FTU, FYT, PU and U are used to describe phytase activity. As a result of the effects of the phytase enzyme on the phytate molecule, the utilization of minerals taken with the diet increases significantly, therefore the phytase enzyme is important in terms of nutrition (Tatlı, 2007).

Huff et al. (1998) reported that adding phytase to broiler chick rations based on high phosphorus corn increased live weight (LW) but had no significant effect on feed conversion ratio (FCR). They also reported that when phytase was supplemented in diets prepared with high phosphorus corn, total phosphorus could be reduced by at least 25% without affecting the performance or health of the chicks.

Kocabağlı (2001) investigated the effect of phytase addition to a corn and soybean meal-based diet on P and Ca availability in broiler chickens. As a result of the experiment, it was emphasized that the addition of phytase increased the tibia ash ratio, tibia fracture resistance and flexibility, but increasing the phytase dose from 300 U/kg to 700 U/kg did not provide any additional benefit on tibiotarsal bone properties and durability in broiler chickens.

Lan et al. (2002) investigated the effect of phytase supplementation in corn-soy-based diets on growth performance in broiler chickens. As a result, they determined that phytase supplementation to low NPP diet increased growth performance, AME value, digestibility of CP and DM, Ca, P and Cu utilization and bone mineralization.

Ahmed et al. (2004) investigated the effects of different amounts of phytase supplementation in the soy-based diet of broiler chickens on performance in a 21-day trial. They reported that as the dose of phytase increased, feed consumption and live weight gain increased, but it had no effect on mortality.

Singh and Khatta (2004) conducted a 6-week study to determine the effects of phytase supplementation on growth performance and economy in broiler chicken production. They found that phytase supplementation to high non-phytate phosphorus (NPP) diets increased growth performance, reduced feed costs, and made broiler chicken production economical in terms of weight gain. They reported that phytase supplementation was more effective in corn-based rations.

Yardibi (2005) found that phytase supplementation improved feed utilization and bone fracture resistance in broiler chickens.

Akyürek et al. (2005) found that phytase added to the rations of broiler chickens increased live weight. They reported that it provided a significant increase in Ca and P availability and a significant decrease in the amount of Ca and P excreted in feces.

Çimrin (2006) reported that phytase addition to low-phosphorus broiler chicken diets had a positive effect on live weight, live weight gain and carcass weight, and also did not affect serum phosphorus levels.

Karimi (2006) reported that phytase supplementation in broiler chicken diets containing usable P at two different levels 0 and 500 F.T.U/kg. In his study examining the effect on performance between days, all groups 0-20. It was reported that the productivity parameters (live weight, feed consumption and feed conversion ratio) between days were not affected by the phytase enzyme supplement, and feed intake was significantly increased only at the age of 21-40 days.

Bingöl et al. (2009) reported that broiler chickens fed a low-phosphorus diet supplemented with phytase increased body weight and serum P levels and reduced the amount of P excreted in feces. They concluded that with the addition of 1000 g phytase/tonne in the diet of broiler chickens, dietary phosphorus can be reduced by up to 30% without affecting animal performance.

Ceylan et al. (2012) stated that phytase supplementation added to broiler chick diets containing four different levels of phosphorus increased growth performance and significantly reduced the phosphorus level in feces, and the total phosphorus level in broiler chick diets could be reduced by 0.13%.

Chen et al. (2013) reported that phytase supplementation could increase the growth performance of broiler chickens.

Abdel Megeed and Tahir (2015) reported that the addition of phytase to broiler chick diets significantly increased body weight gain (BWG) and feed intake (FI), and also significantly reduced the P and Ca levels in feces.

Süzer et al. (2015) found that the use of phytase as a feed additive increased the 42-day growth performance of broiler chickens.

Ahmed et al. (2015) stated that the addition of 500 FTU/kg phytase to broiler chickens fed with diets containing low levels of P improved growth performance, carcass weight and bone mineralization.

Süzer (2016) reported that phytase supplementation to the diets of broiler chickens increased bone mineral content, biomechanical properties and durability of broiler chickens.

Meta analysis literally means "advanced, beyond" and has been defined by many researchers as "analysis of analyses" (Kurt, 2009). Meta analysis is a statistical method that helps to combine qualitatively and quantitatively the results of research conducted in different places, times and centers on the same subject and to reach a general conclusion on that subject. The specific aspect of the analysis is that it uses quantitative methods rather than relying on judgment alone. The meta-analysis method is a quantitative study method, unlike other literature review methods, as it is based on statistical techniques and numerical data (Demiray, 2013). By combining the results obtained from different studies on a similar problem with meta analysis, increasing the sample size and thus making stronger and more precise parameter estimates for the problem, improving the effect size estimates, investigating the heterogeneity between studies and determining the factors that cause this heterogeneity, if any, possible studies. It is possible to prevent bias, evaluate the inconsistencies in studies and examine their reasons, find answers to questions that were not considered at the beginning of the study, reach a general conclusion on the subject under investigation, and help future research and decisions to be made (Şelli, 2011; Demirel, 2005). The results of the meta-analysis reflect the analyzed literature and the limits of this literature (Demiray, 2013).

It was reported that in scientific research, with meta-analysis, the validity of individual studies with similar findings can be tested and strengthened, and it is possible to see the reasons for the differences in individual studies with different findings. It was stated that from this perspective, the issue can be followed in more detail and new hypotheses can be established and analyzed (Şelli and Doğan, 2011).

In meta-analysis, unlike classical and systematic review studies, the results obtained from different studies are evaluated statistically together and more general conclusions are tried to be drawn. In this respect, meta analysis is a statistical analysis method that is needed in many branches of science and enables general evaluation (Karahan, 2010).

As an example of a meta-analysis study, Bougouin et al. (2014) quantitatively summarized the effect of phytase on phosphorus accumulation in broiler and layer chickens. They included data from 103 and 26 controlled trials testing the effect of phytase on phosphorus accumulation in 2 separate meta-analyses for broiler and laying hens, respectively. In their results, they reported that there was a significant positive effect on phosphorus accumulation in both broiler and laying hens, but the effect sizes between studies were significantly heterogeneous due to differences in Ca contents, trial period, animal age and phytase dose. In our country, studies of this nature are quite limited. Therefore, the aim of this study was to obtain a more precise understanding of the subject by utilizing the results of research conducted on the effect of phytase enzyme supplementation in broiler chicken feeding on LW, DLWG, FI, FCR,



bone Ca and P content and combining these findings with meta-analysis, one of the statistical methods. to obtain judgment and to shed light on future studies on this subject.

## 2. MATERIAL AND METHODS

In this study, the meta-analysis method, which is considered systematic synthesis, was used. This meta-analysis study consists of statistical synthesis and interpretation of the quantitative findings of independent studies.

In determining the study, research articles, master's and doctoral theses were scanned in search engines on the internet (Medline, Google Scholar, Pubmed, Web of Science) with the keywords "phytase + poultry + broiler + laying hens + quail". In this context, 441 studies were scanned, but some were qualitative studies, some studies did not have control groups or were missing in terms of the parameters taken into account (LW-FCR, FI-DLWG, bone Ca-P content). Therefore, 46 studies that were most suitable for meta-analysis were selected. Since some publications were used repeatedly in different parameters, 36 publications were subjected to a meta-analysis (Van Rhee et al. 2018). Only the broiler chicks section (LW: Live weight, FI; Feed intake, DLWG: Daily live weight gain, FCR: Feed conversion ratio, bone Ca and P content) from the thesis study is written here.

**Table 1.** Data inputs regarding final live weight and feed conversion ratio for broiler chicks

| No | Studies                    | a    | b | c    | d | n1  | n2  | Sub-group | Moderator |
|----|----------------------------|------|---|------|---|-----|-----|-----------|-----------|
| 1  | Ahmed et al. (2004)        | 1700 | 2 | 1815 | 2 | 36  | 36  | AA        | 15        |
| 2  | Boney and Moritz (2017)    | 1389 | 2 | 1386 | 2 | 290 | 290 | AA        | 16        |
| 3  | Broch et al. (2018)        | 2415 | 2 | 2602 | 2 | 184 | 184 | AA        | 13        |
| 4  | Compasino et al.(2014)     | 2951 | 2 | 3299 | 2 | 200 | 200 | AA        | 18        |
| 5  | Cerera and Cerera (2014)   | 1118 | 2 | 1203 | 2 | 45  | 45  | BB        | 20        |
| 6  | Ceylan et al. (2012)       | 2001 | 1 | 2204 | 1 | 60  | 60  | BB        | 14        |
| 7  | Chen et al. (2013)         | 2683 | 2 | 2830 | 2 | 120 | 120 | AA        | 19        |
| 8  | Cowieson and Adeola (2005) | 878  | 2 | 1015 | 2 | 144 | 144 | AA        | 13        |
| 9  | Abdollahi et al. (2016)    | 1045 | 1 | 1075 | 1 | 48  | 48  | BB        | 19        |
| 10 | Yan et al. (2004)          | 3036 | 2 | 3000 | 2 | 300 | 300 | AA        | 22        |
| 11 | Zaefarian et al. (2015)    | 2125 | 1 | 2097 | 1 | 48  | 48  | BB        | 17        |
| 12 | Zanella et al. (1999)      | 2650 | 2 | 2700 | 2 | 240 | 240 | BB        | 18        |

In this study, data entries for two groups (control and phytase group) and two parameters each were made using the Meta Essentials package program (Version 1.4) (Van Rhee et al., 2018).

The data were coded in the Meta Essentials package program as the author's name and study year, parameter values of the compared groups (a, b, c, d), number of animals in the control and phytase groups (n1 and n2). The negative control groups in the studies were compared as "Group 1: Control Group" and the groups representing the highest dose of phytase enzyme as "Group 2: Phytase Group" (Table 1).

Three different analyzes were performed on broiler chickens. The parameters evaluated are live weight, feed conversion ratio, feed consumption, daily live weight gain and bone Ca and P content content. These parameters are divided into binary groups to be coded in the Meta Essentials package program. These; LW-FCR, FI-DLWG, bone Ca content-bone P content. Hak et al.(2018), who supported the same package program in interpreting the results. In order to combine the research results appropriately and reach definitive decisions, Combining Effect Sizes of Experimental Studies, one of the Meta-Analysis procedures, and Mantel-Haenszel Fixed Effect Model, DerSimonian-Laird Random Effect Model and Peto Methods Odds Ratio estimates, one of the Meta-Analytical Methods, were used. Chi-Square ( $\chi^2$ ) test statistics and  $I^2$  measurements were used to find heterogeneity. In order to demonstrate the reliability of the meta-analysis results and to reveal publication bias, the 'Number of Studies Increasing the

Probability of Confidence (Failsafe N)' was examined and Funnel graphs were evaluated. The statistical calculations used in this study were made with the "Meta Essentials (Version 1.4)" program.

### 3. RESULTS AND DISCUSSION

The data in the considered publications were analyzed as separate sets in the meta-analysis program, and the secondary data obtained in the meta-analysis are presented in this section.

#### 3.1. Final Live Weight and Feed Conversion Ratio

The result of the data analysis (Forest plot) made by taking into account the control and effective phytase dose of 12 publications studied in different centers between 1999 and 2019, where final live weight and feed conversion ratio were considered together as parameters, is given in detail in Figure 1 below. Figure 1 shows the meta-analysis diagram (Forest plot) in which the effect widths of the studies included in the meta-analysis are given. According to this diagram, it is seen that the effect width of the 12 studies is on the same values when looking at the Odds Ratio values stated both in point and numerical terms, and all 12 studies contribute to the combined result of the meta-analysis. The study that contributed the most to the overall result was the study by Ahmed et al. (2004) with a weight ratio of 11.19%. This study is followed by the study by Cerera and Cerera (2014) with the closest weight ratio (10.44%).

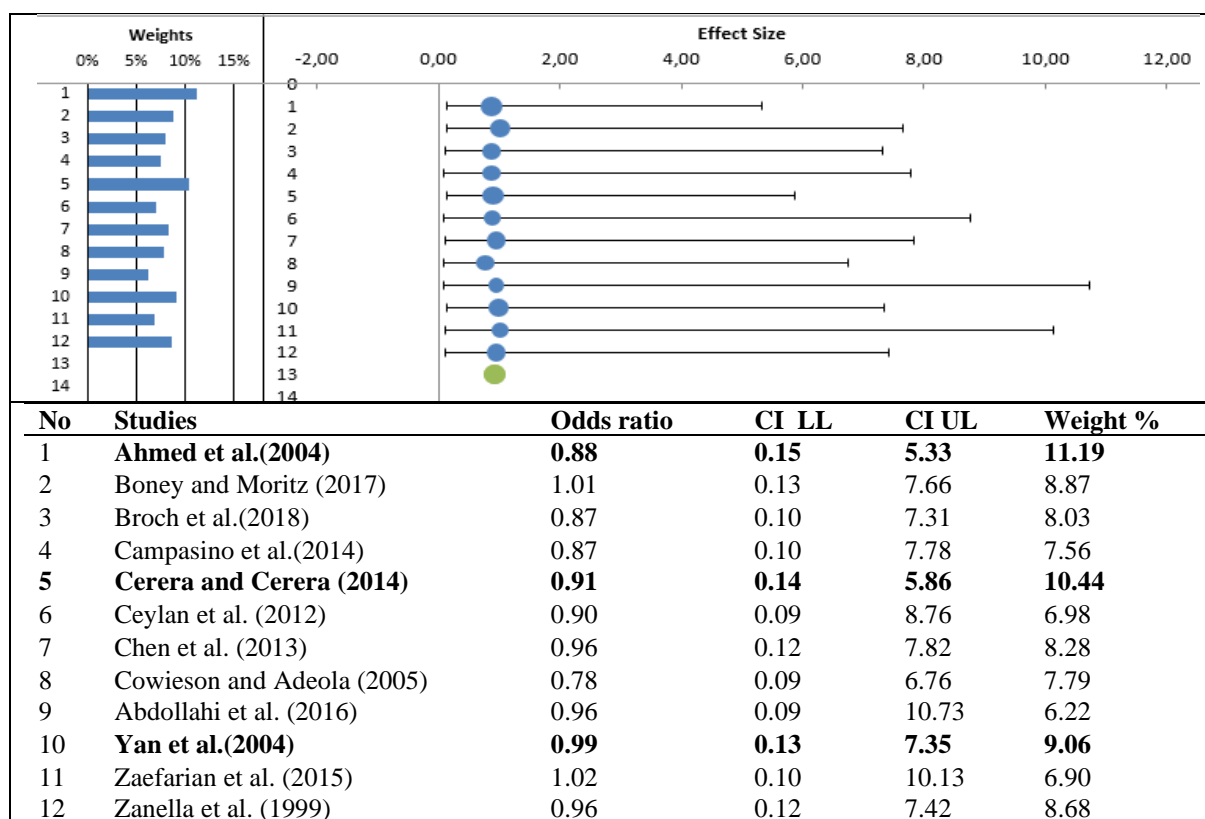


Figure 1. Effect size for live weight and feed conversion ratio in broiler chickens

Effect sizes are depicted with a circle (●) and the longer the horizontal lines passing through each circle, the wider the confidence interval is. According to Figure 1, the widest confidence interval appears to be the study conducted by Yan et al. (2004). Additionally, 12 of the 12 studies used in the research appear to have a positive effect width. The positive effect width indicates that the effect width is in favor of the experimental group. In addition, the fact that the effect width is greater than zero shows that the effect of phytase enzyme contribution on both parameters (LW and FCR) is statistically significant and positive.

Table 2 shows the combined effect width and heterogeneity analysis results for live weight and feed conversion ratio in broiler chickens. As a result of the analysis, the Odds Ratio value obtained by combining the results of 12 studies was found to be 0.92 (95%: 0.88 - 0.97). Figure 1 and Table 2 show

that the relationship between live weight and feed conversion ratio is important because the Z value is less than 1 (-3.61) and the P value is 0.000, and the effects of the phytase enzyme on these parameters are similar due to the I<sup>2</sup> value of 0.00%.

**Table 2.** Combined effect size and heterogeneity for live weight and feed conversion ratio in broiler chickens

| Combined effect size        | Values |
|-----------------------------|--------|
| Odds Ratio                  | 0.92   |
| CI Lower limit              | 0.88   |
| CI Upper limit              | 0.97   |
| PI Lower limit              | 0.88   |
| PI Upper limit              | 0.97   |
| Z-value                     | -3.61  |
| One-tailed p-value          | 0.000  |
| Two-tailed p-value          | 0.000  |
| Number of incl. subjects    | 49258  |
| Number of incl. studies     | 12     |
| <b>Heterogeneity</b>        |        |
| Q                           | 0.06   |
| P <sub>Q</sub>              | 1.000  |
| I <sup>2</sup>              | %0.00  |
| T <sup>2</sup> (Odds Ratio) | 0.00   |
| T (Odds Ratio)              | 0.00   |

The I<sup>2</sup> value is the percentage value showing that the variance between studies is due to heterogeneity rather than chance. The I<sup>2</sup> value being 0.00% shows that there is no heterogeneity and the effects of the phytase enzyme on the examined parameters (LW and FCR) are similar.

**Table 3.** Analysis of variance for subgroups for live weight and feed conversion ratio in broiler chickens

| Analysis of variance  | Sum of squares (Q) | df | P values |
|-----------------------|--------------------|----|----------|
| Between / Model       | 0.00               | 1  | 0.953    |
| Within / Residual     | 0.05               | 10 | 1.000    |
| Total                 | 0.06               | 11 | 1.000    |
| Pseudo R <sup>2</sup> | %6.12              |    |          |

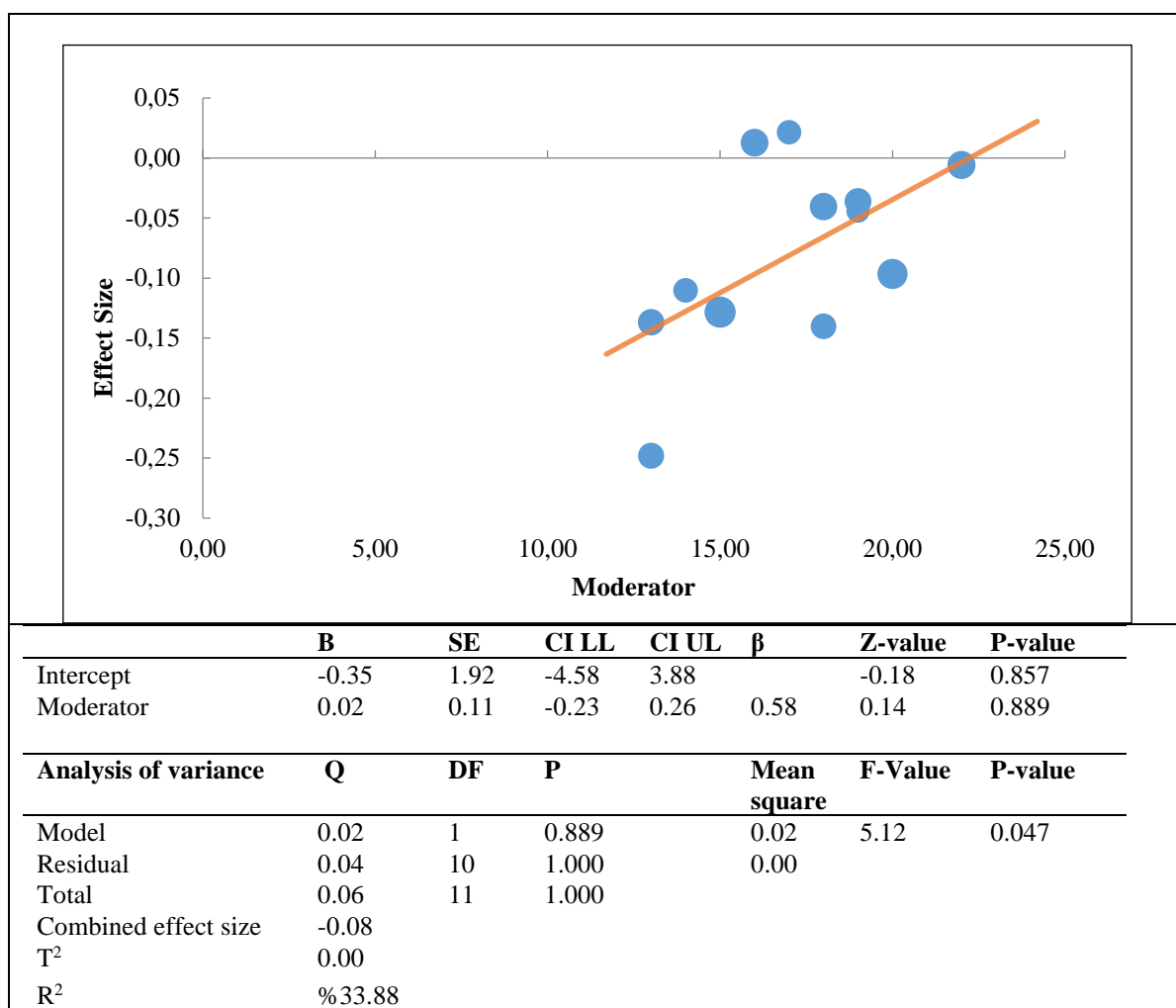
df:degree of freedom

**Table 4.** Subgroup analysis for live weight and feed conversion ratio in broiler chickens

| No | Subgroups                   | Odds ratio  | CI LL       | CI UL       | Weight %     | Q           | P <sub>Q</sub> | I <sup>2</sup> % | T <sup>2</sup> | T          |
|----|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|----------------|------------------|----------------|------------|
| 1  | Ahmed et al. (2004)         | 0.88        | 0.15        | 5.33        | 18.41        |             |                |                  |                |            |
| 2  | Boney and Moritz (2017)     | 1.01        | 0.13        | 7.66        | 14.59        |             |                |                  |                |            |
| 3  | Broch et al. (2018)         | 0.87        | 0.10        | 7.31        | 13.22        |             |                |                  |                |            |
| 4  | Campasino et al. (2014)     | 0.87        | 0.10        | 7.78        | 12.44        |             |                |                  |                |            |
| 5  | Chen et al. (2013)          | 0.96        | 0.12        | 7.82        | 13.62        |             |                |                  |                |            |
| 6  | Cowieson and Adeola (2005)  | 0.78        | 0.09        | 6.76        | 12.82        |             |                |                  |                |            |
| 7  | Yan et al.(2004)            | 0.99        | 0.13        | 7.35        | 14.91        |             |                |                  |                |            |
| 8  | <b>AA</b>                   | <b>0.91</b> | <b>0.84</b> | <b>0.99</b> | <b>30.81</b> | <b>0.05</b> | <b>1.0</b>     | <b>0.0</b>       | <b>0.0</b>     | <b>0.0</b> |
| 9  | Cerera and Cerera (2014)    | 0.91        | 0.14        | 5.86        | 26.61        |             |                |                  |                |            |
| 10 | Ceylan et al. (2012)        | 0.90        | 0.09        | 8.76        | 17.81        |             |                |                  |                |            |
| 11 | Abdollahi et al. (2016)     | 0.96        | 0.09        | 10.73       | 15.85        |             |                |                  |                |            |
| 12 | Zaefarian et al. (2015)     | 1.02        | 0.10        | 10.13       | 17.59        |             |                |                  |                |            |
| 13 | Zanella et al. (1999)       | 0.96        | 0.12        | 7.42        | 22.14        |             |                |                  |                |            |
| 14 | <b>BB</b>                   | <b>0.94</b> | <b>0.89</b> | <b>1.01</b> | <b>69.19</b> | <b>0.01</b> | <b>1.0</b>     | <b>0.0</b>       | <b>0.0</b>     | <b>0.0</b> |
| 15 | <b>Combined Effect Size</b> | <b>0.93</b> | <b>0.90</b> | <b>0.97</b> |              | <b>0.06</b> | <b>1.0</b>     | <b>0.0</b>       | <b>0.0</b>     | <b>0.0</b> |

When the studies are divided into two groups; The similarity between the results is clearly evident in the analysis of variance in Table 3 and the subgroup analysis in Table 4. From these tables, it can be easily understood that when the studies are divided into two groups (AA and BB) according to the data entry order, there is no difference between the publications in terms of being affected by the phytase enzyme ( $P = 0.953$ ).

According to Figure 2 below, the regression between LW and FCR (33.88%) was found to be significant ( $P = 0.047$ ). However, moderator analysis revealed that both parameters were similarly affected by the phytase enzyme contribution ( $P = 0.889$ ).



**Figure 2.** Moderator analysis for live weight and feed conversion ratio in broiler chickens

Each point in Figure 3 represents a separate study. The effect sizes obtained from the studies are on the horizontal axis, and the standard errors obtained from the effect size calculations are on the vertical axis. In the figure, the symmetry axis (vertical line in the middle) in the funnel plot gives the distribution of effect sizes calculated from the studies. Studies distributed evenly (symmetrically) to the right and left of the symmetry axis show that there is no publication bias. The effect width distribution on the Y axis of the Funnel Plot in the figure shows that the  $I^2$  value given for heterogeneity at the bottom of the figure is 0.00%, the tau-square ( $T^2$ ) value is 0.00 and the PQ value of the Cochran Q statistic is 1.000. This supports the absence of heterogeneity between studies.

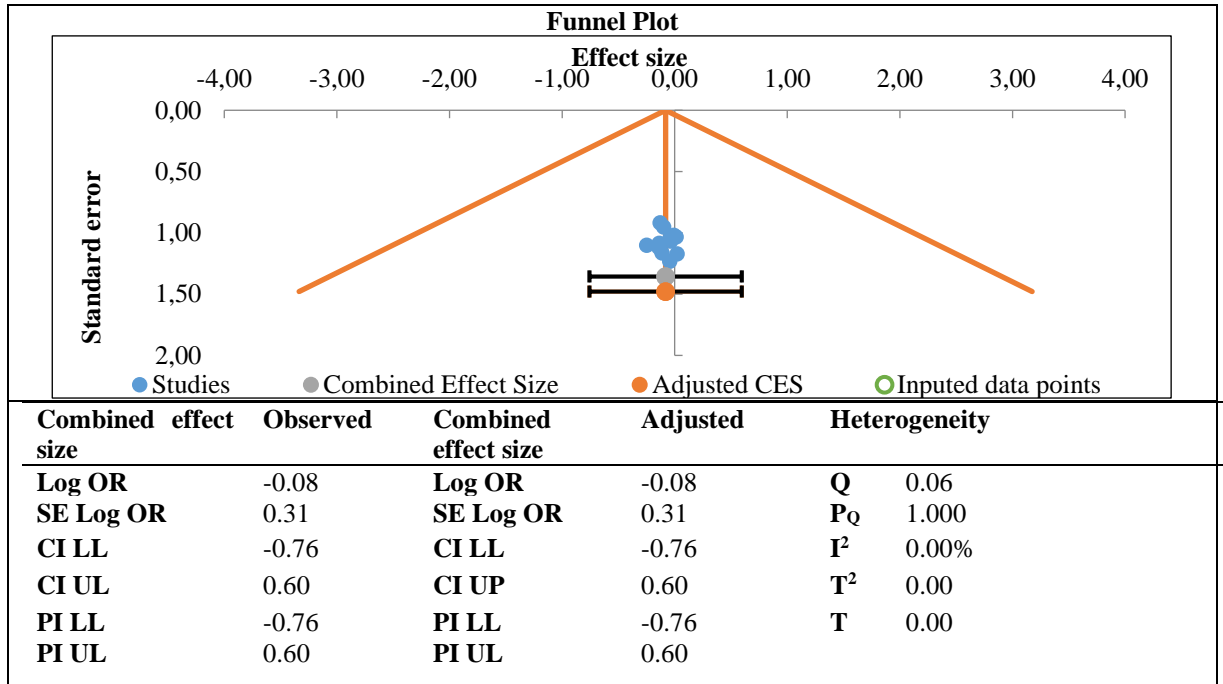


Figure 3. Trend analysis for live weight and feed conversion ratio in broiler chickens

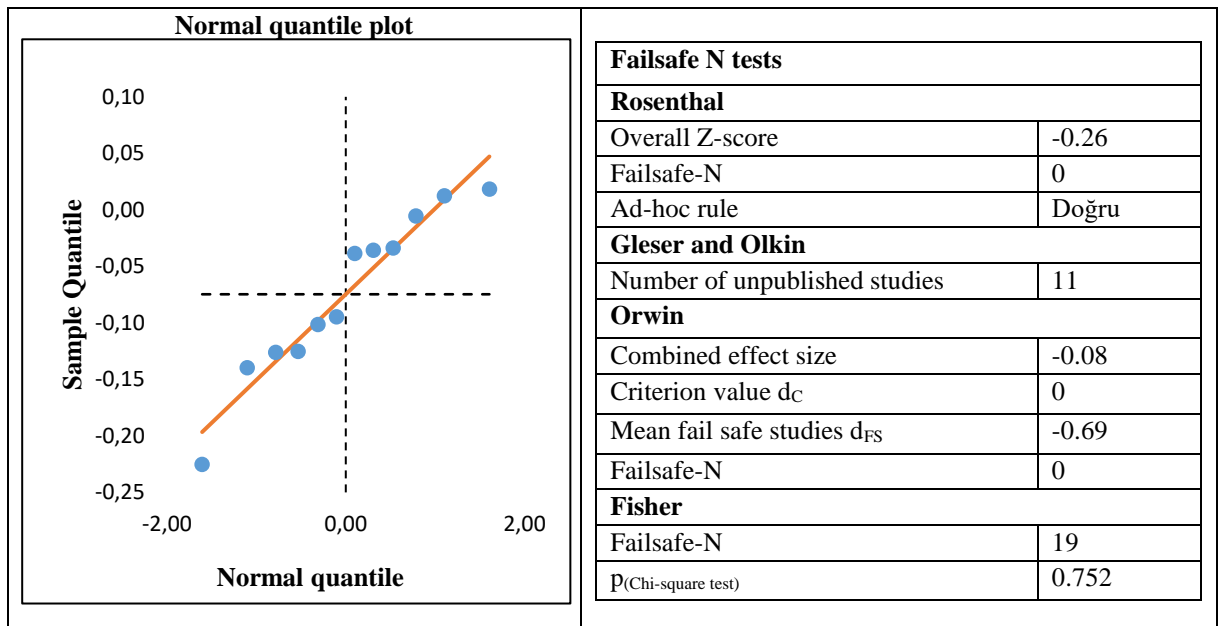
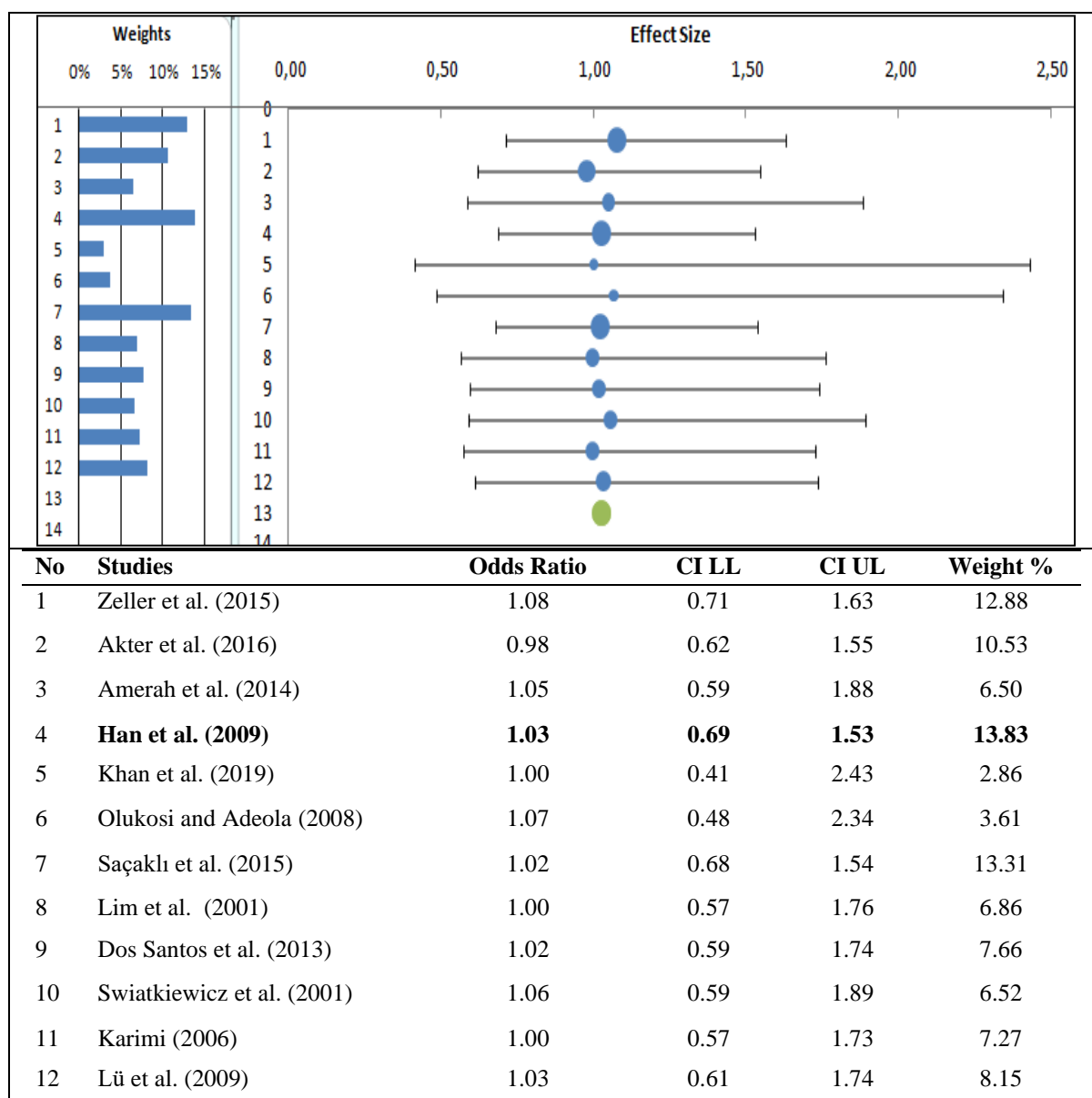


Figure 4. Failsafe N analysis for live weight and feed conversion ratio in broiler chickens

According to the Failsafe N test, the general Z value is -0.26, the Failsafe -N value is 0, the dc value is 0 and the Chi-square is insignificant, proving that the effect of the phytase enzyme on both parameters (LW and FCR) is the same. Failsafe-N analysis (0) shows that among the 12 studies coded into the meta-analysis program, no study was found that increased the P value, that is, opposed to the effect of the phytase enzyme (Figure 4).

### 3.2. Feed Intake and Daily Live Weight Gain

The result of the data analysis (Forest plot) made by taking into account the control and effective phytase dose of 12 publications studied in different centers between 1999 and 2019, where feed consumption and daily live weight gain (DLWG) were considered together as parameters, is given in detail in Figure 5 below.



**Figure 5.** Effect size for feed intake and daily live weight gain in broiler chickens

Figure 5 above shows the meta-analysis diagram (Forest plot) in which the effect widths of the studies included in the meta-analysis are given. According to this diagram, it is seen that the effect width of the 12 studies is on the same values when looking at the OR values stated both in point and numerical terms, and all 12 studies contribute to the combined result of the meta-analysis. The study that contributed the most to the overall result was Han et al.(2009) with a weight ratio of 13.83%. This study has the closest weight ratio (13.31%) to Saçaklı et al. (2015).

According to Figure 5, the widest confidence interval is from Khan et al. (2019)'s study. In addition, it is seen that 12 of the 12 studies used in the research have a positive effect width. The positive effect width indicates that the effect width is in favor of the experimental group. In addition, the fact that the effect width is greater than zero shows that the effect of phytase enzyme coefficient on both parameters (FI and DLWG) is statistically significant and positive.

**Table 5.** Combined effect size and heterogeneity for feed intake and daily live weight gain in broiler chicks

| Combined effect size        | Values |
|-----------------------------|--------|
| Odds Ratio                  | 1.03   |
| CI Lower limit              | 1.01   |
| CI Upper limit              | 1.05   |
| PI Lower limit              | 1.01   |
| PI Upper limit              | 1.05   |
| Z-value                     | 3.05   |
| One-tailed p-value          | 0.001  |
| Two-tailed p-value          | 0.002  |
| Number of incl. subjects    | 3017   |
| Number of incl. studies     | 12     |
| Heterogeneity               |        |
| Q                           | 0.15   |
| P <sub>Q</sub>              | 1.000  |
| I <sup>2</sup>              | 0.00 % |
| T <sup>2</sup> (Odds Ratio) | 0.00   |
| T (Odds Ratio)              | 0.00   |

Table 5 shows the combined effect width and heterogeneity analysis results for feed consumption and daily live weight in broiler chickens. The OR value obtained by combining the results of 12 studies was found to be 1.03 (95% CI: 1.01 - 1.05).

The I<sup>2</sup> value is the percentage value showing that the variance between studies is due to heterogeneity rather than chance. The I<sup>2</sup> value being 0.00% shows that there is no heterogeneity and the effects of the phytase enzyme on the examined parameters (FI and DLWG) are similar.

**Table 6.** Analysis of variance for subgroups for feed consumption and daily live weight gain in broiler chickens

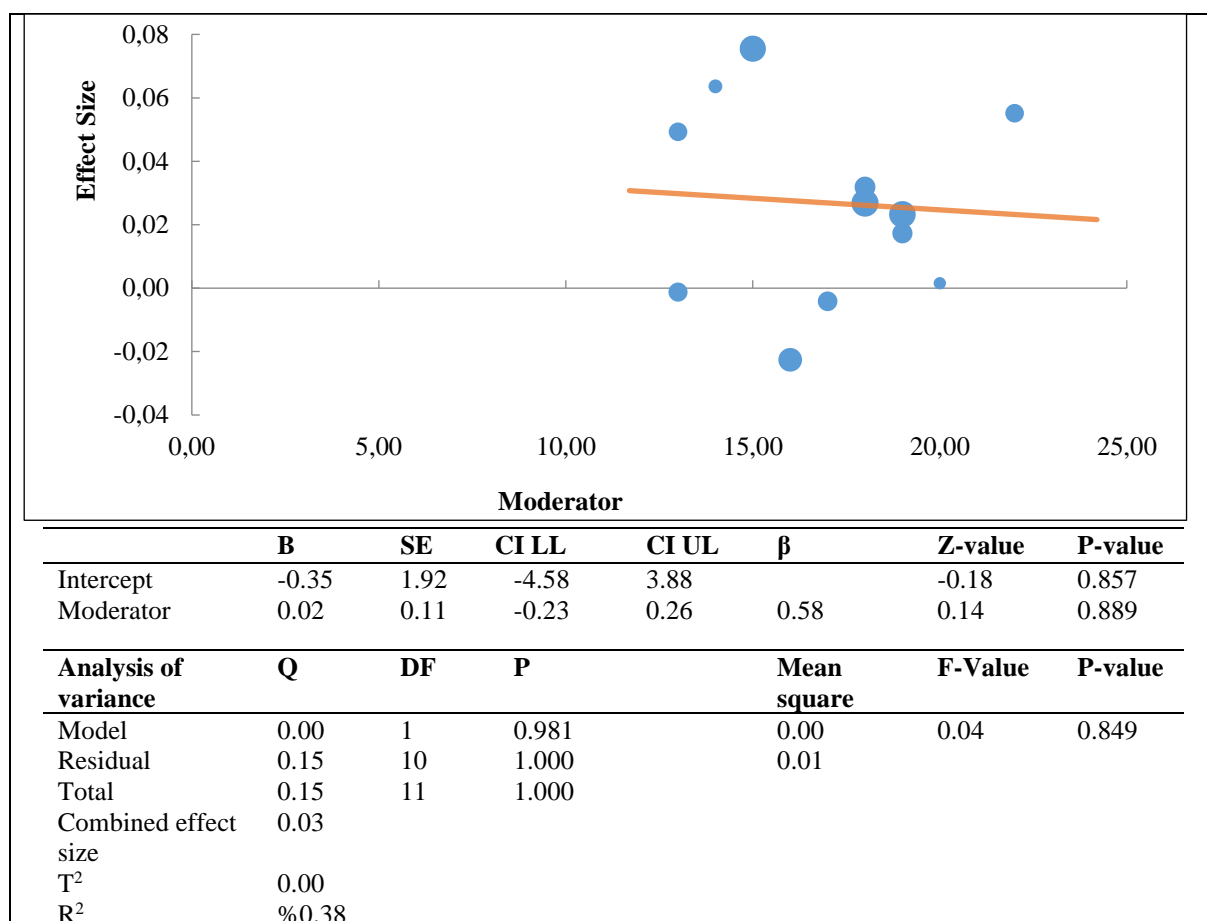
| Analysis of variance  | Sum of squares (Q*) | df | P values |
|-----------------------|---------------------|----|----------|
| Between / Model       | 0.00                | 1  | 0.955    |
| Within / Residual     | 0.15                | 10 | 1.000    |
| Total                 | 0.15                | 11 | 1.000    |
| Pseudo R <sup>2</sup> | %2.19               |    |          |

Even when the publications are divided into two groups, the similarity between the results is clearly demonstrated by the analysis of variance in Table 6 and the subgroup analysis in Table 7.

When the 12 studies considered are divided into two groups (AA and BB) according to the order of data entry, it can be easily understood from Tables 6 and 7 that there is no difference between the publications in terms of being affected by the phytase enzyme.

**Table 7.** Subgroup analysis for feed intake and daily live weight gain in broiler chickens

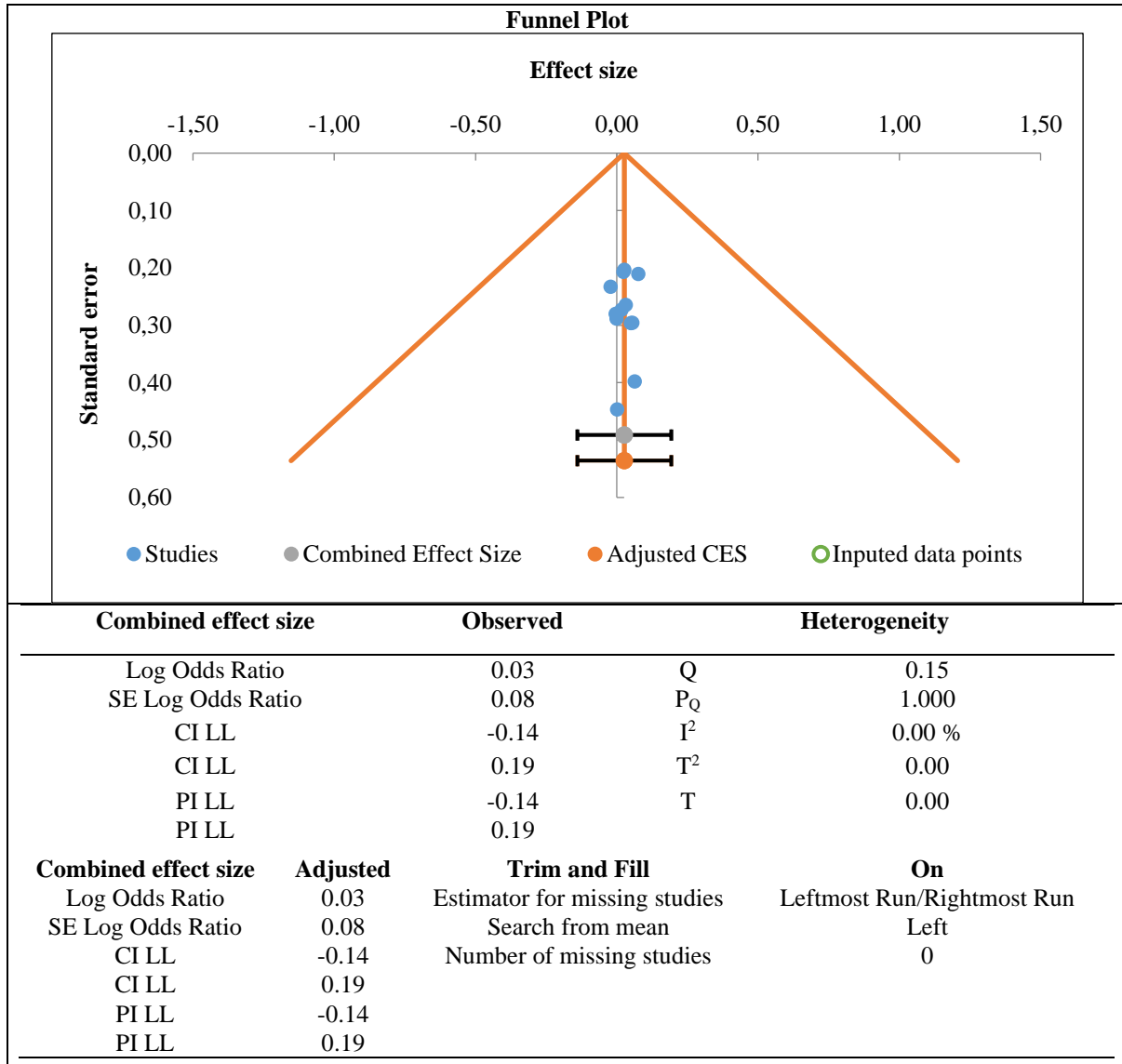
| No  | Subgroups                   | Odds ratio  | CI LL       | CI UL       | Weight %     | Q           | P <sub>Q</sub> | I <sup>2</sup> % | T <sup>2</sup> | T          |
|-----|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|----------------|------------------|----------------|------------|
| 1   | Zeller et al. (2015)        | 1.08        | 0.71        | 1.63        | 18.29        |             |                |                  |                |            |
| 2   | Akter et al. (2016)         | 0.98        | 0.62        | 1.55        | 14.95        |             |                |                  |                |            |
| 3   | Amerah et al. (2014)        | 1.05        | 0.59        | 1.88        | 9.23         |             |                |                  |                |            |
| 4   | Han et al. (2009)           | 1.03        | 0.69        | 1.53        | 19.64        |             |                |                  |                |            |
| 5   | Saçaklı et al. (2015)       | 1.02        | 0.68        | 1.54        | 18.90        |             |                |                  |                |            |
| 6   | Lim et al. (2001)           | 1.00        | 0.57        | 1.76        | 9.73         |             |                |                  |                |            |
| 7   | Swiatkiewicz et al. (2001)  | 1.06        | 0.59        | 1.89        | 9.26         |             |                |                  |                |            |
| 8   | <b>AA</b>                   | <b>1.03</b> | <b>1.00</b> | <b>1.06</b> | <b>40.50</b> | <b>0.12</b> | <b>1.00</b>    | <b>0.00</b>      | <b>0.00</b>    | <b>0.0</b> |
| 9   | Khan et al. (2019)          | 1.00        | 0.41        | 2.43        | 9.68         |             |                |                  |                |            |
| 10  | Olukosi and Adeola (2008)   | 1.07        | 0.48        | 2.34        | 12.21        |             |                |                  |                |            |
| 11  | Dos Santos et al. (2013)    | 1.02        | 0.59        | 1.74        | 25.93        |             |                |                  |                |            |
| 12  | Karimi (2006)               | 1.00        | 0.57        | 1.73        | 24.60        |             |                |                  |                |            |
| 13  | Lü et al. (2009)            | 1.03        | 0.61        | 1.74        | 27.58        |             |                |                  |                |            |
| 14. | <b>BB</b>                   | <b>1.02</b> | <b>0.99</b> | <b>1.05</b> | <b>59.50</b> | <b>0.02</b> | <b>1.000</b>   | <b>0.00</b>      | <b>0.00</b>    | <b>0.0</b> |
| 15. | <b>Combined Effect Size</b> | <b>1.02</b> | <b>1.01</b> | <b>1.03</b> |              | <b>0.15</b> | <b>1.000</b>   | <b>0.00</b>      | <b>0.00</b>    | <b>0.0</b> |



**Figure 6.** Moderator analysis for feed intake and daily live weight gain in broiler chickens

According to Figure 6, the regression between FI and DLWG (0.38%) was not found to be significant (P = 0.849). However, moderator analysis revealed that both parameters were similarly affected by the phytase enzyme (P = 0.981).





**Figure 7.** Trend analysis for feed intake and daily live weight gain in broiler chickens

The fact that there is no bias among the selected publications is demonstrated by the effect width distribution on the Y axis of the funnel plot in Figure 7, as well as the values of  $I^2 = 0.00\%$ ,  $T^2 = 0.00$  and  $P_Q = 1.000$  of the Cochran Q statistic given for heterogeneity at the bottom of the figure. This can be interpreted as the heterogeneity between studies being not significant. As a matter of fact, the significant intersection of point estimates and confidence intervals of the studies given in the graph visually supports this finding. In the figure, the accumulation around the Y axis results in the standard error being less than 0.50 in the studies, so the effect of the phytase enzyme is similar to the low standard error in the studies.

According to the Failsafe N test, the overall Z value is 0.34, the Failsafe-N value is 0, the dc value is 0 and the Chi-square (0.697) is insignificant, proving that the effect of the phytase enzyme on both parameters is the same. Failsafe-N analysis (0) shows that among the 12 studies entered into the meta-analysis program, no study was found that increased the P value, that is, opposed to the effect of the phytase enzyme (Figure 8).

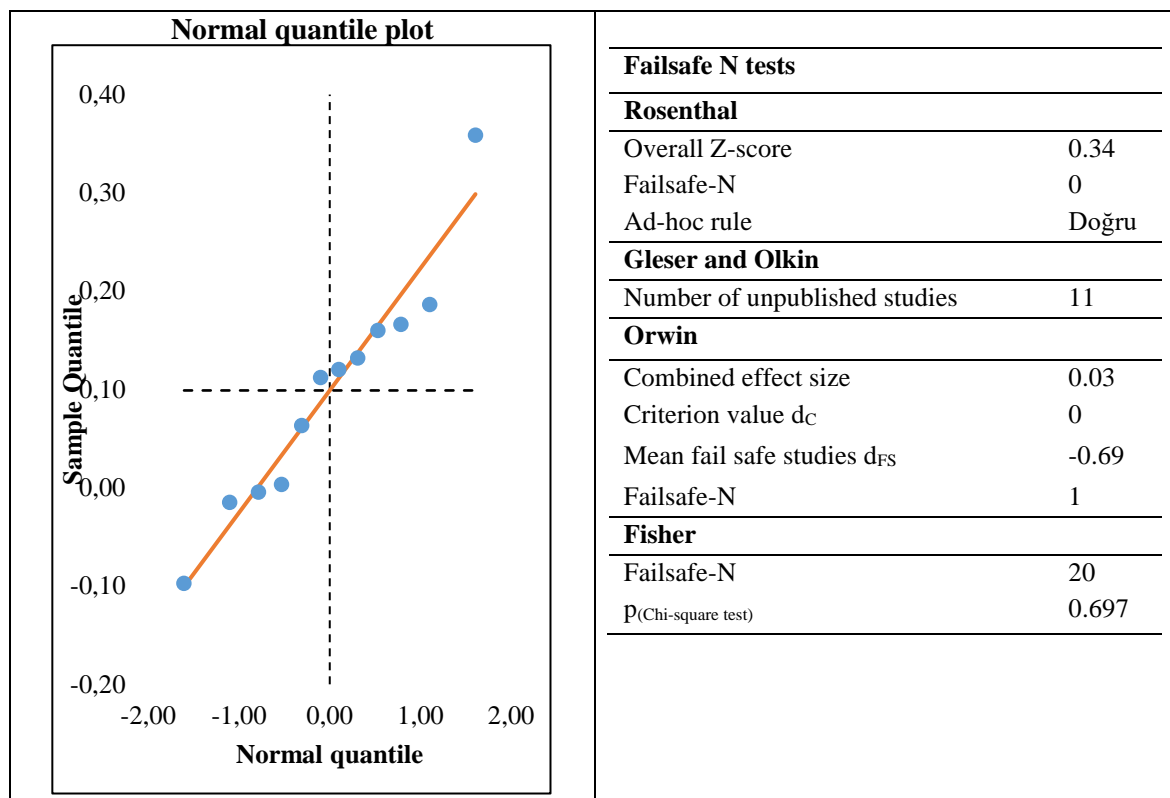


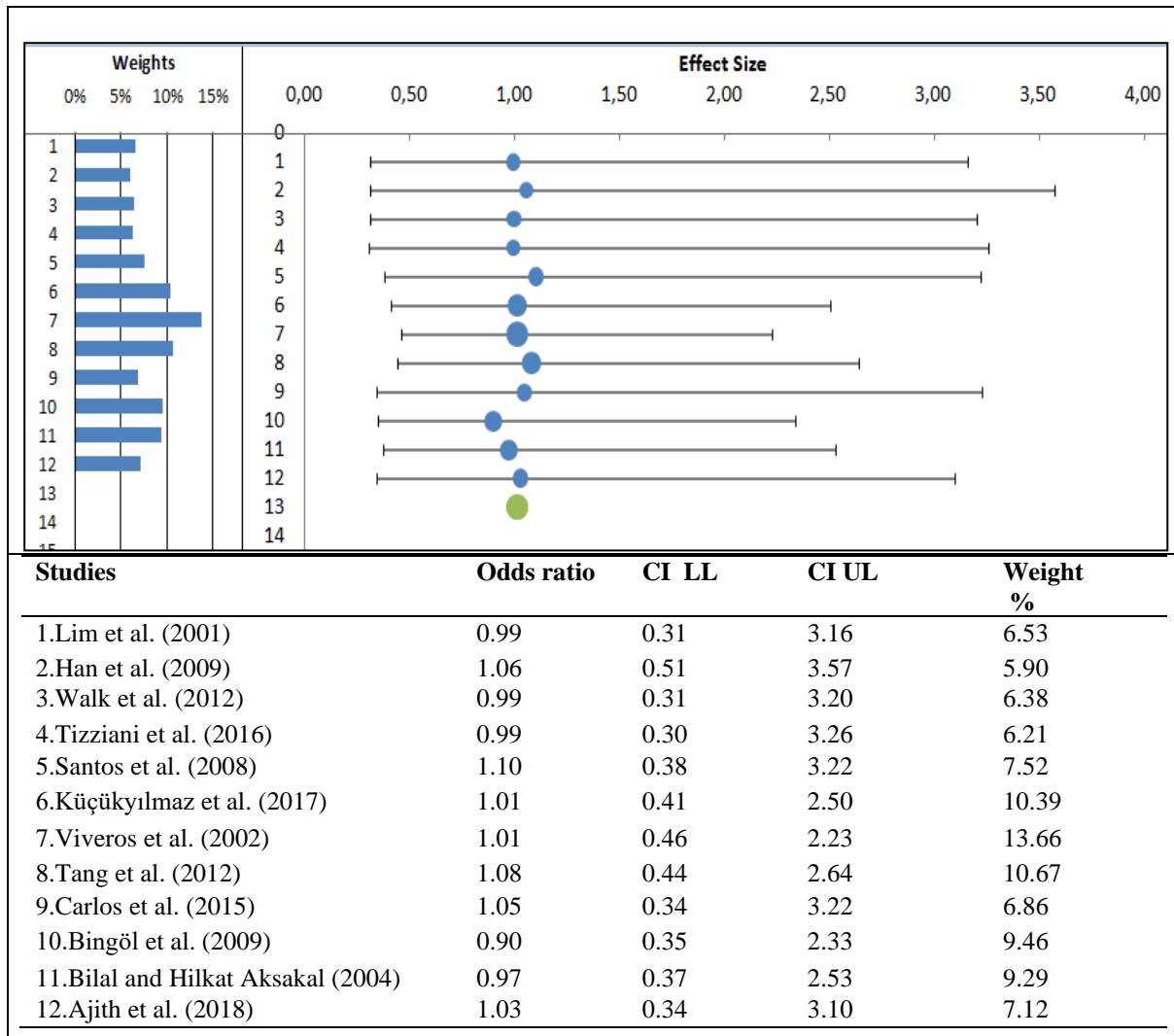
Figure 8. Failsafe N analysis for feed consumption and daily live weight gain in broiler chickens

### 3.3. Bone Ca and P Content

The result of the data analysis (Forest plot) made by taking into account the control and effective phytase dose of 12 publications studied in different centers between 2001 and 2018, where bone Ca and P content were considered together as parameters, is given in detail in Figure 9 below.

Figure 9 shows the meta-analysis diagram (Forest plot) in which the effect widths of the studies included in the meta-analysis are given. According to this diagram, it is seen that the effect width of the 12 studies is on the same values when looking at the Odds Ratio values stated both in point and numerical terms, and all 12 studies contribute to the combined result of the meta-analysis. The study that contributed the most to the overall result was Viveros et al.(2002) with a weight ratio of 13,66 %. This study has the closest weight ratio (10.67%) to Tang et al. (2012)'s study is followed.

As seen in Figure 9, as a result of the confidence interval determined according to the length of the horizontal lines passing through the circles (●) representing the effect widths, the widest confidence interval was found by Han et al. (2009). In addition, it is seen that 12 of the 12 studies used in the research have a positive effect width. The positive effect width indicates that the effect width is in favor of the experimental group. In addition, the fact that the effect width is greater than zero shows that the effect of phytase enzyme coefficient on both parameters (bone Ca and P content) is statistically significant and positive.



**Figure 9.** Effect size of effect for bone Ca and P content in broiler chickens

**Table 8.** Combined effect size and heterogeneity analysis for bone Ca and P content in broiler chickens

| Combined effect size        | Values |
|-----------------------------|--------|
| Odds Ratio                  | 1.01   |
| CI Lower limit              | 0.98   |
| CI Upper limit              | 1.05   |
| PI Lower limit              | 0.98   |
| PI Upper limit              | 1.05   |
| Z-value                     | 0.79   |
| One-tailed p-value          | 0.216  |
| Two-tailed p-value          | 0.432  |
| Number of incl. subjects    | 904    |
| Number of incl. studies     | 12     |
| <b>Heterogeneity</b>        |        |
| Q                           | 0.13   |
| P <sub>Q</sub>              | 1.000  |
| I <sup>2</sup>              | %0.00  |
| T <sup>2</sup> (Odds Ratio) | 0.00   |
| T (Odds Ratio)              | 0.00   |

Table 8 shows the combined effect width and heterogeneity analysis results for bone Ca and P content in broiler chickens. As a result of the analysis, the OR value (95% CI: 1.01 0.98 - 1.05) was found by combining the results of 12 studies.

Since the Z value is less than 1 and the P value is 0.216, it is understood that the relationship between bone Ca and P content is important. The I<sup>2</sup> value being 0.00% shows that there is no heterogeneity and the effects of the phytase enzyme on the examined parameters (bone Ca and P content) are similar.

Even when the publications are divided into two groups, the similarity between the results is clearly evident with the analysis of variance and subgroup analysis in Tables 9 and 10.

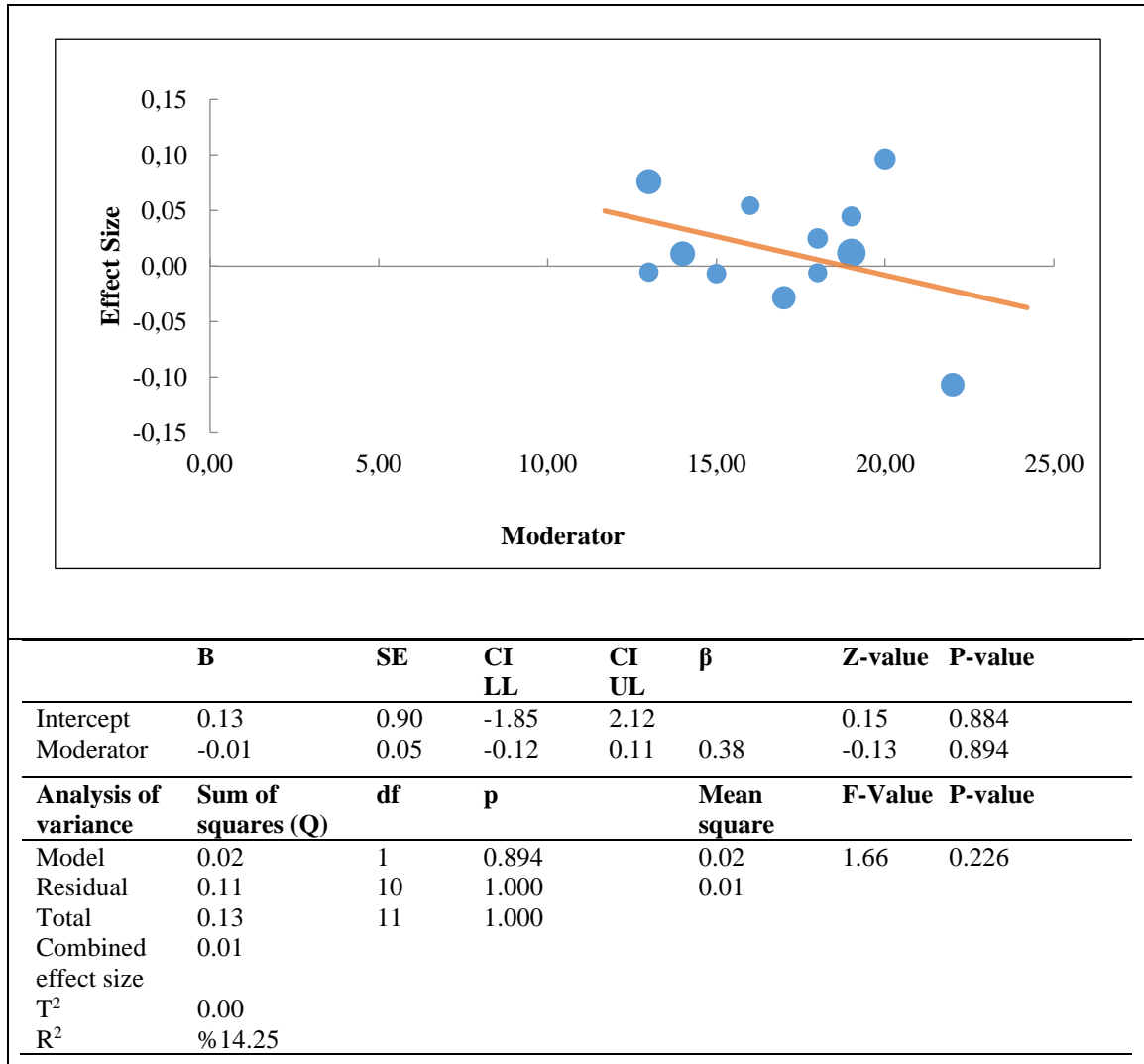
When the studies discussed are divided into two groups (AA and BB) according to the data entry order, it can be easily understood from Tables 10 and 11 that there is no difference in terms of being affected by the phytase enzyme among the 12 publications.

**Table 9.** Analysis of variance for subgroups for bone Ca and P content in broiler chickens

| Analysis of variance  | Sum of squares (Q*) | df | P values |
|-----------------------|---------------------|----|----------|
| Between / Model       | 0.01                | 1  | 0.939    |
| Within / Residual     | 0.12                | 10 | 1.000    |
| Total                 | 0.13                | 11 | 1.000    |
| Pseudo R <sup>2</sup> | %4.67               |    |          |

**Table 10.** Subgroup analysis for bone Ca and P content in broiler chickens

| No  | Subgroups                       | OR          | CI LL       | CI UL       | Weight %     | Q           | P          | I <sup>2</sup> % | T <sup>2</sup> | T          |
|-----|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|------------|------------------|----------------|------------|
| 1.  | Lim et al. (2001)               | 0.99        | 0.31        | 3.16        | 11.10        |             |            |                  |                |            |
| 2.  | Han et al. (2009)               | 1.06        | 0.31        | 3.57        | 10.03        |             |            |                  |                |            |
| 3.  | Walk et al. (2012)              | 0.99        | 0.31        | 3.20        | 10.84        |             |            |                  |                |            |
| 4.  | Tizziani et al. (2016)          | 0.99        | 0.30        | 3.26        | 10.56        |             |            |                  |                |            |
| 5.  | Viveros et al. (2002)           | 1.01        | 0.46        | 2.23        | 23.24        |             |            |                  |                |            |
| 6.  | Tang et al. (2012)              | 1.08        | 0.44        | 2.64        | 18.14        |             |            |                  |                |            |
| 7.  | Bingöl et al. (2009)            | 0.90        | 0.35        | 2.33        | 16.08        |             |            |                  |                |            |
| 8.  | <b>AA</b>                       | <b>1.00</b> | <b>0.95</b> | <b>1.06</b> | <b>44.08</b> | <b>0.09</b> | <b>1.0</b> | <b>0.00</b>      | <b>0.0</b>     | <b>0.0</b> |
| 9.  | Santos et al. (2008)            | 1.10        | 0.38        | 3.22        | 18.26        |             |            |                  |                |            |
| 10. | Küçükyılmaz et al. (2017)       | 1.01        | 0.41        | 2.50        | 25.23        |             |            |                  |                |            |
| 11. | Carlos et al. (2015)            | 1.05        | 0.34        | 3.22        | 16.66        |             |            |                  |                |            |
| 12. | Bilal and Hilkat Aksakal (2004) | 0.97        | 0.37        | 2.53        | 22.56        |             |            |                  |                |            |
| 13. | Ajith et al. (2018)             | 1.03        | 0.34        | 3.10        | 17.29        |             |            |                  |                |            |
| 14. | <b>BB</b>                       | <b>1.03</b> | <b>0.97</b> | <b>1.09</b> | <b>55.92</b> | <b>0.03</b> | <b>1.0</b> | <b>0.00</b>      | <b>0.0</b>     | <b>0.0</b> |
| 15. | <b>Combined Effect Size</b>     | <b>1.02</b> | <b>0.99</b> | <b>1.04</b> |              | <b>0.13</b> | <b>1.0</b> | <b>0.00</b>      | <b>0.0</b>     | <b>0.0</b> |



**Figure 10.** Moderator analysis for bone Ca and P content in broiler chickens

According to Figure 10, the regression between bone Ca and P content (14.25%) was not found to be significant ( $P = 0.226$ ). However, moderator analysis revealed that both parameters were similarly affected by the phytase enzyme ( $P = 0.894$ ).

It is understood from the effect size distribution on the Y-axis of the funnel plot in Figure 11 that there is no bias among the 12 selected publications and from the values of  $I^2 = 0.00\%$ ,  $T^2 = 0.00$  and  $PQ = 1.000$  of the Cochran Q statistic given for heterogeneity at the bottom of the figure. This can be interpreted as the heterogeneity between studies being not significant. As a matter of fact, the significant intersection of point estimates and confidence intervals of the studies given in the graph visually supports this finding. In the figure, the accumulation around the Y axis results in the standard error being less than 0.70 in studies, so the effect of the phytase enzyme is similar to the low standard error in studies.

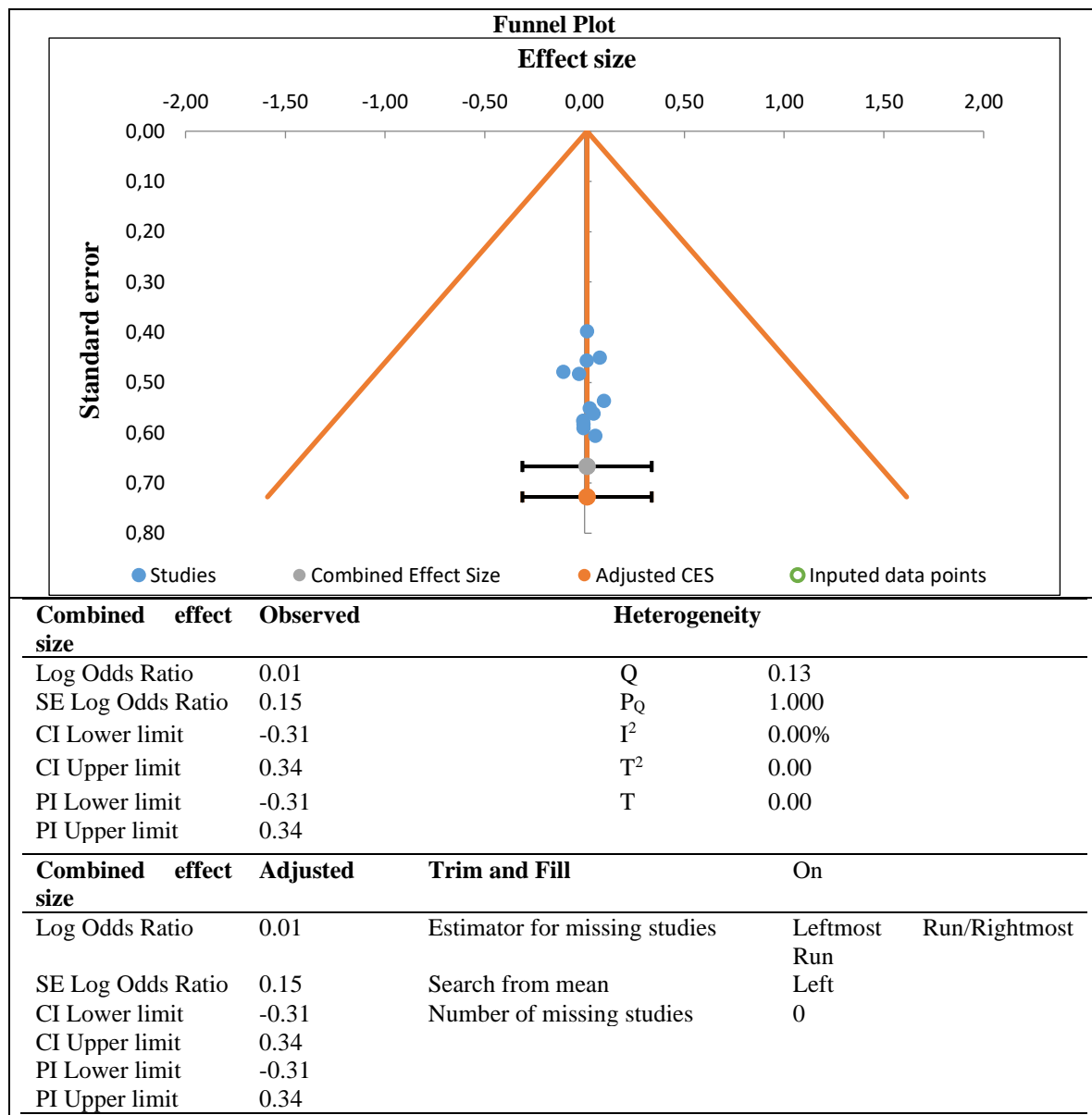
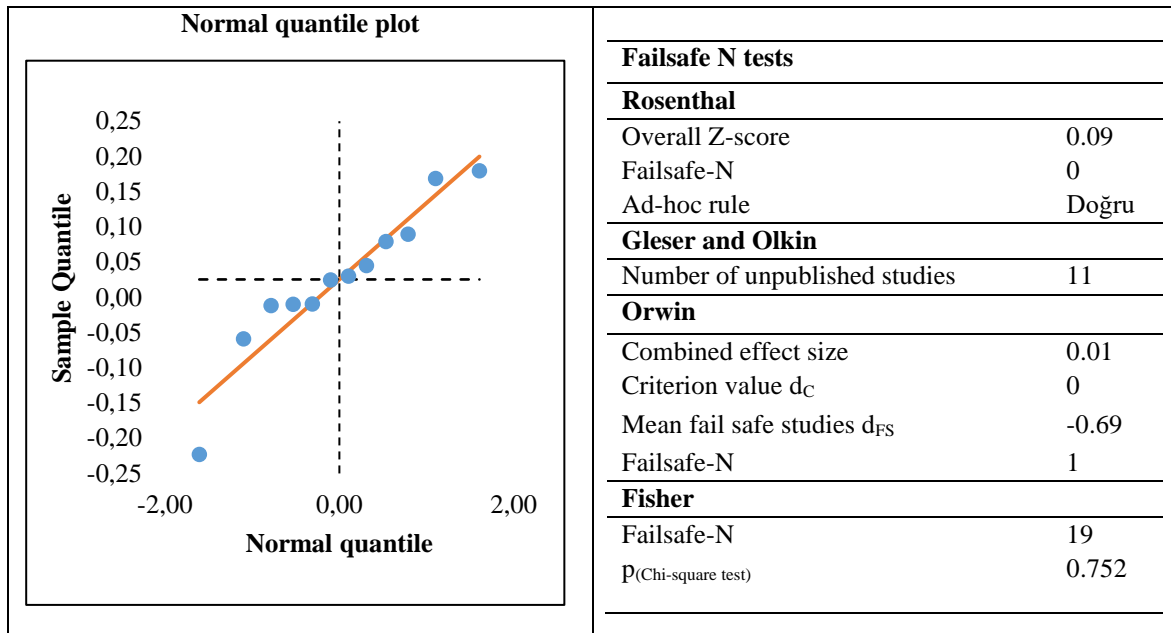


Figure 11. Trend analysis for live weight and feed conversion ratio in broiler chickens



**Figure 12.** Failsafe N analysis for bone Ca and P content in broiler chickens

According to the Failsafe N test given in Figure 12; The fact that the overall Z value is 0.09, the Failsafe-N value is 0, the  $d_c$  value is 0 and the Chi-square is insignificant ( $P = 0.752$ ) shows that the effect of phytase on both parameters is the same. Failsafe-N analysis (0) shows that there is no need to add an additional study to confirm the effect of the phytase enzyme.

As can be seen from Table 11, it is understood from the values of  $I^2 = 0.00\%$  that there is no heterogeneity in all parameters (LW, FCR, FI, DLWG, bone Ca and P content) examined in broiler chickens. It can be seen in the calculated P (0.953, 0.955, 0.939) values that the subgroups created from the publications used are not different from each other. In terms of the parameters considered, a statistically significant ( $P = 0.047$ )  $R^2$  value was found only in live weight and feed conversion ratio. When the studies were analyzed in terms of trend (0.06, 0.15, 0.13), it was understood that there was no heterogeneity and no significant deviation in the results. This situation is supported by the results obtained with  $\chi^2$  analysis ( $P = 0.752, 0.697, 0.752$ ).

**Table 11.** Summary of meta-analysis of publications investigating the effect of phytase enzyme on broiler chickens

| Meta Analysis | Parameters | LW- FCR | FI-DLWG | Bone Ca-P contents |
|---------------|------------|---------|---------|--------------------|
| Heterogeneity | $I^2$      | %0.00   | %0.00   | %0.00              |
|               | Z          | -3.61   | 3.05    | 0.79               |
| Subgroup      | P          | 0.953   | 0.955   | 0.939              |
| Moderator     | $R^2$      | %33.88  | %0.38   | %14.25             |
|               | P          | 0.047   | 0.849   | 0.226              |
| Trend         | Q          | 0.06    | 0.15    | 0.13               |
| Failsafe N    | $\chi^2$   | 0.752   | 0.697   | 0.752              |

#### 4. CONCLUSIONS

Thirty six studies were included in this meta-analysis study, which aims to determine the effect of phytase feed additive added to broiler chick rations at different doses on the parameters examined in the study.

A generally positive effect of the phytase enzyme on the parameters examined was determined. It has been revealed by meta analysis that these effects are similar to each other. In other words, it has been

proven by heterogeneity and trend analyzes that these studies do not differ from each other in terms of their results.

In conclusion; Meta-analysis revealed that the effects of phytase enzyme on live weight, live weight gain, feed consumption, feed conversion ratio, bone Ca and P content parameters are similar to each other. Therefore, since the positive effect of the phytase enzyme on zootechnical parameters has been proven by this study meta-analysis, there is a need to provide a good justification before deciding on its reuse. In addition, by examining through meta-analysis the publications in which not only phytase but also other feed additives are used adequately in animal nutrition, resource waste and duplication in research can be prevented.

### Conflict of Interest Declaration

This article is a research article produced from Tuğba Özdemir's Master's Thesis. There is no conflict of interest.

### Researchers' Contribution Rate Declaration Summary

The research was produced with 20% contribution from Ahmet Şahin Consultancy and 80% contribution from the Graduate Student.

### References

- Amerah, A. M., Plumstead, P. W., Barnard, L. P., & Kumar, A. (2014). Effect of calcium level and phytase addition on ileal phytate degradation and amino acid digestibility of broilers fed corn-based diets. *Poultry Science*, 93(4), 906-915.
- Abdel Megeed, A., & Tahir, A. (2015). Reduction of phosphorus pollution from Broilers waste through supplementation of wheat based broilers feed with phytase, Hindawi Publishing Corporation Journal of Chemistry, Article ID 867014, 1-3.
- Abdollahi, M. R., Duangnumsaeng, Y., Kwakkel, R. P., Steinfeldt, S., Bootwalla, S. M., & Ravindran, V. (2016). Investigation of the interaction between separate calcium feeding and phytase supplementation on growth performance, calcium intake, nutrient digestibility and energy utilisation in broiler starters. *Animal Feed Science and Technology*, 219, 48-58.
- Ahmed, S., Mehran, M., Khalique, A., Javed, K., Rahman, A., Umar, S., & Ullah, S. (2015). Cumulative effect of phytase and vitamin D supplementation on performance and bone mineralization in broiler. *Eurasian Journal of Veterinary Sciences*, 31(2), 102-108.
- Ahmed, F., Rahman, M. S., Ahmed, S. U., & Miah, M. Y. (2004). Performance of broiler on phytase supplemented soybean meal based diet. *International Journal of Poultry Science*, 3(4), 266-271.
- Ajith, S., Shet, D., Ghosh, J., Awachat, V. B., Bhat, K., Pal, D., & Elangovan, A. V. (2018). Effect of immobilized fungal phytase on growth performance and bone traits of broilers fed with low dietary calcium and phosphorus. *Veterinary World*, 11(6), 758.
- Akter, M., Graham, H., & Iji, P. A. (2016). Response of broiler chickens to different levels of calcium, non-phytate phosphorus and phytase. *British Poultry Science*, 57(6), 799-809.
- Akyürek, H., Senkoğlu, N., & Özduven, M. L. (2005). Effect of microbial phytase on growth performance and nutrients digestibility in broilers. *Pakistan Journal of Nutrition*, 4(1), 22-26.
- Bilal, T., & Hilkat-Aksakal, D. (2004). The effects on tibia and faeces mineral levels of microbial phytase and 1, 25-dihydroxycholecalciferol supplementation to broiler chicken diets containing different levels of calcium. *Acta Veterinaria*, 54(1), 63-72.
- Bingöl, N. T., Karsli, M. A., Bolat, D., Akca, I., & Levendoglu, T. (2009). Effects of microbial phytase on animal performance, amount of phosphorus excreted and blood parameters in broiler fed low non-phytate phosphorus diets. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 4(3), 160-166.
- Boney, J. W., & Moritz, J. S. (2017). Phytase dose effects in practically formulated diets that vary in ingredient composition on feed manufacturing and broiler performance. *Journal of Applied Poultry Research*, 26(2), 273-285.
- Bougouin, A., Appuhamy, J. A. D. R. N., Kebreab, E., Dijkstra, J., Kwakkel, R. P., & France, J. (2014). Effects of phytase supplementation on phosphorus retention in broilers and layers: A meta-analysis. *Poultry Science*, 93(8), 1981-1992.



- Broch, J., Nunes, R. V., Eyng, C., Pesti, G. M., de Souza, C., Sangalli, G. G., ... & Teixeira, L. (2018). High levels of dietary phytase improves broiler performance. *Animal Feed Science and Technology*, 244, 56-65.
- Campasino, A., York, T., Wyatt, C., Bedford, M. R., & Dozier III, W. A. (2014). Effect of increasing supplemental phytase concentration in diets fed to Hubbard× Cobb 500 male broilers from 1 to 42 days of age. *Journal of Applied Poultry Research*, 23(4), 705-714.
- Carlos, T. D. F., Barbosa, L. C. G. S., Shiroma, N. N., Dari, R. L., Baolin, G., Yongcheng, W., ... & Araújo, L. F. (2015). Heat-resistant bacterial phytase in broiler pelleted diets. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 17(1), 45-48.
- Cerera, T. S., & Cerera, A. N. (2014). Nutrient Utilization of Different Strains of Broilers Fed with Varying Levels of Phytase-Supplemented Diets. *Journal of Society and Technology*, 4(1), 183-192.
- Ceylan, N., Cangir, S., Corduk, M., Grigorov, A., & Golzar Adabi, S. M. (2012). The effects of phytase supplementation and dietary phosphorus level on performance and on tibia ash and phosphorus contents in broilers fed maize-soya-based diets. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 21(4), 696-704.
- Chen, Y. P., Duan, W. G., Wang, L. L., Zhang, S. L., & Zhou, Y. M. (2013). Effects of thermostable phytase supplementation on the growth performance and nutrient digestibility of broilers. *International Journal of Poultry Science*, 12(8), 441-444.
- Cowieson, A. J., & Adeola, O. (2005). Carbohydrases, protease, and phytase have an additive beneficial effect in nutritionally marginal diets for broiler chicks. *Poultry Science*, 84(12), 1860-1867.
- Çimrin, T. (2006). *Broiler rasyonlarına ilave edilen fitaz enzimi ile bazı antioksidanların besi performansı ve kan parametreleri üzerine etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Dos Santos, T. T., Srinongkote, S., Bedford, M. R., & Walk, C. L. (2013). Effect of high phytase inclusion rates on performance of broilers fed diets not severely limited in available phosphorus. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 26(2), 227-232.
- Demiray, P. (2013). *Proje tabanlı öğrenme modelinin etkililiği: Bir meta analiz çalışması*. Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Ölçme ve Değerlendirme Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Demirel, D. (2005). *Klinik çalışmalarda meta analizi uygulamaları*. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Hak, T., Van Rhee, H. J., & Suurmond, R. (2018). How to interpret results of meta-analysis. (Version 1.4) Rotterdam, The Netherlands: Erasmus Rotterdam Institute of Management. [www.irim.eur.nl/research-support/meta-essentials/downloads](http://www.irim.eur.nl/research-support/meta-essentials/downloads).
- Han, J. C., Yang, X. D., Qu, H. X., Xu, M., Zhang, T., Li, W. L., ... & Feng, X. Y. (2009). Evaluation of equivalency values of microbial phytase to inorganic phosphorus in 22-to 42-day-old broilers. *Journal of Applied Poultry Research*, 18(4), 707-715.
- Huff, W. E., Moore Jr, P. A., Waldroup, P. W., Waldroup, A. L., Balog, J. M., Huff, G. R., ... & Raboy, V. (1998). Effect of dietary phytase and high available phosphorus corn on broiler chicken performance. *Poultry Science*, 77(12), 1899-1904.
- Karahan, A. E. (2010). *Hayvancılıkta meta analiz uygulamaları*. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Karimi, A. (2006). Responses of broiler chicks to non-phytase phosphorus levels and phytase supplementation. *International Journal of Poultry Science*, 5(3), 251-254.
- Khan, K., Zaneb, H., Rehman, Z. U., Maris, H., & ur Rehman, H. (2019). Effect of phytase supplementation on growth performance in broiler chickens. *Pakistan Journal of Zoology*, 51(2), 731-735.
- Kocabağlı, N. (2001). The effect of dietary phytase supplementation at different levels on tibial bone characteristics and strength in broilers. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 25(5), 797-802.
- Kurt, S. (2009). *Meta analizinin klinik çalışmalarda kullanımı üzerine bir uygulama*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Küçükyılmaz, K., Bozkurt, M., Çınar, M., & Tüzün, A. E. (2017). Evaluation of the boron and phytase, alone or in combination, in broiler diets. *The Journal of Poultry Science*, 54(1), 26-33.

- Lan, G. Q., Abdullah, N., Jalaludin, S., & Ho, Y. W. (2002). Efficacy of supplementation of a phytase-producing bacterial culture on the performance and nutrient use of broiler chickens fed corn-soybean meal diets. *Poultry Science*, 81(10), 1522-1532.
- Lim, H. S., Nanikung, H., Um, J. S., Kang, K. R., Kim, B. S., Paik, I. K. (2001). The effect of phytase supplementation on the performance of broiler chickens fed diets with different levels of non-phytase phosphorus. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 14(2), 250-257.
- Lü, M., Li, D., Gong, L., Ru, Y., & Ravindran, V. (2009). Effects of supplemental microbial phytase and xylanase on the performance of broilers fed diets based on corn and wheat. *The Journal of Poultry Science*, 46(3), 217-223.
- Olukosi, O. A., & Adeola, O. (2008). Whole body nutrient accretion, growth performance and total tract nutrient retention responses of broilers to supplementation of xylanase and phytase individually or in combination in wheat-soybean meal based diets. *The Journal of Poultry Science*, 45(3), 192-198.
- Özkan, H. (2009). *Pirinç kepeği kapsayan etlik piliç rasyonuna enzim karışımı katkısının performans üzerine etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- Saçaklı, P., Calik, A., Ag, B., Ergün, A., & Şahan, Ö. (2015). Effect of clinoptilolite and/or phytase on broiler growth performance, carcass characteristics, intestinal histomorphology and tibia calcium and phosphorus levels. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 21(5), 729-737.
- Santos, F. R., Hruby, M., Pierson, E. E. M., Remus, J. C., & Sakomura, N. K. (2008). Effect of phytase supplementation in diets on nutrient digestibility and performance in broiler chicks. *Journal of Applied Poultry Research*, 17(2), 191-201.
- Singh, P. K., & Khatta, V. K. (2004). Economics of broilers raised on phytase supplemented rations. *Indian Journal of Animal Research*, 38(2), 121-124.
- Süzer, B. (2016). *Broyler piliçlerinde saccharomyces cerevisiae ve fitaz'ın tibiotarsus'un morfolojik ve biyomekanik özellikleri üzerine etkisi*. Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Süzer, B., Altınbaş, B., Seyidoğlu, N., Arıcan, İ., Orman, A., Yıldız, H. ve Yalçın, M. (2015). The effects of supplemental saccharomyces cerevisiae and phytase on growth performances and plasma biochemical parameters of broiler chickens. *Journal of the Faculty of Veterinary Medicine/Veteriner Fakültesi Dergisi*, 34,15-23.
- Swiatkiewicz, S., & Koreleski, J. (2001). The bioavailability of zinc from inorganic and organic sources in broiler chickens as affected by addition of phytase. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 10(2), 317-328.
- Şelli, M. (2011). *Meta analizi ile tarımsal verilerin değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Şelli, M., & Doğan, Z. (2011). Meta analiz ile tarımsal verilerin değerlendirilmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 15(4), 45-56.
- Tang, H. O., Gao, X. H., Ji, F., Tong, S., & Li, X. J. (2012). Effects of a thermostable phytase on the growth performance and bone mineralization of broilers. *Journal of Applied Poultry Research*, 21(3), 476-483.
- Tatlı, O. (2007). *Mineral ve fosfor kaynağı içermeyen etlik civciv rasyonunda fitaz katkısı etkinliğinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- Tizziani, T., Donzele, R. F. M. D. O., Donzele, J. L., Balbino, E. M., Silva, A. D., Figueiredo, É. M. D., & Jacob, R. D. F. (2016). Available phosphorus levels in diets supplemented with phytase for male broilers aged 22 to 42 days kept in a high-temperature environment. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 45, 48-55.
- Van Rhee, H.J., Suurmond, R., & Hak, T. (2018). User manual for meta-essentials: Workbooks for meta-analysis (Version 1.4) Rotterdam, The Netherlands: Erasmus Research Institute of Management. Retrieved from [www.irim.eur.nl/research-support/meta-essentials](http://www.irim.eur.nl/research-support/meta-essentials).
- Viveros, A., Brenes, A., Arija, I., & Centeno, C. (2002). Effects of microbial phytase supplementation on mineral utilization and serum enzyme activities in broiler chicks fed different levels of phosphorus. *Poultry Science*, 81,1172-1183.

- Walk, C. L., Addo-Chidie, E. K., Bedford, M. R., & Adeola, O. (2012). Evaluation of a highly soluble calcium source and phytase in the diets of broiler chickens. *Poultry Science*, 91(9), 2255-2263.
- Yan, F., Fritts, C. A., & Walsroup, P. W. (2004). Evaluation of modified dietary phosphorus levels with and without phytase supplementation on live performance and excreta phosphorus concentration in broiler diets. 2. Modified early phosphorus levels. *Journal of Applied Poultry Research*, 13(3), 394-400.
- Yardibi, M. E. (2005). *25OHD3, fitaz ve kalsiyum ve fosfor seviyelerinin broylerlerin performans ve mineral emilimi üzerine etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Zaefarian, F., Romero, L. F., & Ravindran, V. (2015). Influence of high dose of phytase and an emulsifier on performance, apparent metabolisable energy and nitrogen retention in broilers fed on diets containing soy oil or tallow. *British Poultry Science*, 56(5), 590-597.
- Zanella, I., Sakomura, N. K., Silversides, F. G., Figueirido, A., & Pack, M. (1999). Effect of enzyme supplementation of broiler diets based on corn and soybeans. *Poultry Science*, 78(4), 561-568.
- Zeller, E., Schollenberger, M., Witzig, M., Shastak, Y., Kühn, I., Hoelzle, L. E., & Rodehutschord, M. (2015). Interactions between supplemented mineral phosphorus and phytase on phytate hydrolysis and inositol phosphates in the small intestine of broilers. *Poultry Science*, 94(5), 1018-1029.



## Ortaokul Öğrencilerinin “Küresel Isınma ve Nedenleri” Konusundaki Görüşleri

Tamer İNAN<sup>1</sup>, Dilber POLAT<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 40100, Kırşehir

<sup>2</sup>Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, 40100, Kırşehir

Tüm yazarların orcid bilgileri: 0000-0001-8883-3514, 0000-0001-5931-0626

\*Sorumlu yazar e-mail: d.polat218@gmail.com

### Araştırma Makalesi ÖZET

#### Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 30.11.2024

Kabul tarihi: 16.12.2024

Online Yayınlanma:

31.12.2024

#### Anahtar Kelimeler:

Çevre eğitimi  
Çevre sorunları  
Küresel ısınma  
İklim değişikliği  
Öğrenci görüşleri

Küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliği, toplumların önemle üzerinde durmaları gereken en büyük sorunlardan biridir. Bu sorunların çözümü toplumsal kalkınmanın daha iyi bir yere gelmesi açısından oldukça önemlidir. Bu alandaki araştırmalar, eğitim-öğretim sürecinde iklimlendirme, küresel ve iklim değişikliğine yönelik bilinçlendirme çalışmaları, çözüm önerileri ve iyileştirmeyi hedeflemektedir. Fen ve çevre eğitimi uygulamaları, bu konuların ders içi uygulamalarla ele alınması, öğrencilerin çevre sorunlarıyla başa çıkabilme becerilerini geliştirmelerine yardımcı olmaktadır. Araştırmanın temel amacı, ortaokul 8. sınıf öğrencilerinin küresel ısınmayı etkileyen faktörler hakkındaki farkındalıklarını ve küresel ısınmayı azaltacak davranış sergileme durumlarını incelemektir. Bu çalışmada genel amaç doğrultusunda “karma yöntem” araştırma türlerinden biri olan “sıralı açıklayıcı desen” kullanılmıştır. Çalışmaya 2022-2023 öğretim yılında Ankara İli Çankaya İlçesindeki üç ortaokul bünyesinde 8. sınıfta okumakta olan 335 öğrenci katılmıştır. Çalışmada “kolay ulaşılabilir durum örnekleme”ne başvurulmuştur. Veri toplama aracı olarak “yarı yapılandırılmış görüşme formu” ile “küresel ısınmayı azaltmaya yönelik farkındalık anketi” kullanılmıştır. Sonuçlar, öğrencilerin daha çok çevre kirliliği, hava kirliliği ve atıklardan kaynaklanan çevre sorunlarının farkında olduklarını, ancak sera etkisi, küresel ısınma vb. konularında daha zayıf oldukları tespit edilmiştir. Öğrenciler sokağa çöp atmama, kullanılmayan eşyaların başka insanlara verilmesi ve ağaçlandırma yapılması gibi konuların küresel ısınmayı azaltacağını belirtmektedir. Ancak öğrencilerin, kırmızı et tüketimi ve yazın klima kullanımı ile küresel ısınma arasında tam anlamıyla ilişki kuramadıkları da görülmektedir. Nitel bulgular, çevre sorunlarına ve çevreyi korumaya ilişkin toplumsal etkinlikler yapılmasının gerekliliğine vurgu yapmaktadır. Bu araştırma sonuçlarına göre, öğrencilerin küresel ısınma ile bilgi eksikleri olmasının yanı sıra bildiklerini davranışa aktarmada sorun yaşadıkları tespit edilmiştir. Fen bilimleri öğretmenlerine konuya ilişkin olarak öğrencilerine daha fazla etkinlik yaptırılmaları ve belgeseller izlettirmeleri önerilmiştir.

### Secondary School Students' Opinions on “Global Warming and Its Causes”

#### Research Article

#### Article History:

Received: 30.11.2024

Accepted: 16.12.2024

Published online:

31.12.2024

#### Keywords:

Environmental education  
Environmental issues  
Global warming  
Climate change  
Students' opinions

#### ABSTRACT

Climate change due to global warming is one of the biggest problems facing humanity. The solution of these problems is very important for a better social development. Research in this field aims to raise awareness about climate change, global warming and climate change in the education and training process, and to propose solutions and improvements. Science and environmental education practices, addressing these issues through in-class applications help students develop their skills to cope with environmental problems. The main purpose of this study is to examine the awareness of 8th grade middle school students about the factors affecting global warming and their behaviors to reduce global warming. In this study, “sequential explanatory design”, one of the “mixed method” research types,

was used in line with the general purpose. In the 2022-2023 academic year, 335 students studying in the 8th grade in three secondary schools in Çankaya District of Ankara Province participated in the study. In the study, “convenience sampling” was used. “Semi-structured interview form” and “global warming awareness questionnaire” were used as data collection tools. The results obtained from the research show that students are mostly aware of environmental problems arising from environmental pollution, air pollution and waste, they mostly give correct answers to the environmental problems they encounter and frequently see in daily life, but they are weaker on issues such as greenhouse effect, global warming, etc. Students stated that issues such as not throwing garbage on the street, giving unused items to other people, and afforestation would reduce global warming. However, it is also seen that students could not establish a relationship between red meat consumption and the use of air conditioners in summer and global warming. As a result of qualitative findings, the necessity of social activities related to environmental problems and protecting the environment is emphasized. According to the results of this study, it was determined that the students lacked knowledge about global warming and, also, had problems in transferring what they knew to behavior. It was suggested that the natural (and applied) science teachers should organize more activities on these issues and make students watch documentaries.

ISSN: 2979-9198

To Cite: İnan, T., & Polat, D. (2024). Ortaokul öğrencilerinin “küresel ısınma ve nedenleri” konusundaki görüşleri. *Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(2), 69-80

## 1. GİRİŞ

Küresel ısınma ve iklim değişikliği, insanlığın günümüzde karşı karşıya olduğu en ciddi sorunlardan birisidir. Bu nedenle çocukların eğitim konularına mutlaka entegre edilmelidir. Ayrıca, iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması son derece önemlidir. Bu bağlamda küresel tehdit etkilerinin azaltılması konusunda sürdürülebilirliği sağlamak için küresel bir taahhüt gerekmektedir (Abbass ve ark., 2022). Bunun yanı sıra iklim değişikliğini azaltma stratejileri genellikle elektrikli araçlar ve güneş panelleri gibi temiz teknolojilere odaklanırken, nitelikli bir eğitim deneyiminin de azaltma potansiyeli nadiren tartışılmaktadır (Cordero ve ark., 2020). Gelecek nesillerin yeni ve daha ciddi çevresel sorunları ele alması ve bu sorunlara karşı davranış geliştirebilmesi konusunda öğrencilerin öncelikli olarak bilgi sahibi olmaları ve farkındalıklarının artması çok önemlidir. Bu nedenle genelde fen eğitimi özelde ise çevre eğitimi bağlamında küresel ısınma ve küresel ısınmanın azaltılması gibi konulara eğitim-öğretim süreci içerisinde belirgin bir şekilde dikkat çekilmesi gerekmektedir.

Asırlardır insanlar günlük hayatlarını daha kolay kılmak için doğayı anlamaya çalışmış çoğu zaman onunla mücadele etmişlerdir. Değişen dünya koşulları ve teknolojik gelişim paralelinde ilk dönemlerden beri insanlar yaşadıkları çağın gereklerine göre doğanın nimetlerini kullanarak yaşamış, gelişen teknolojiyle birlikte insanoğlunun ele geçirdiği güçle doğayı kullanımı da artış göstermiştir (İncekara ve Tuna, 2010). Sanayi devrimiyle birlikte doğanın dengesinin insan eliyle bozulması da hızlanmıştır. Bu bağlamda ‘Küresel Isınma’ ile ilgili senaryolara bakıldığında, gelecek yıllarda tüm dünyayı etkileyebilecek sorunlara neden olacağı öngörülmektedir (Altın ve Oruç, 2008). Farkındalık geliştirmek adına eğitim alanında küresel ısınma ile ilgili müfredatta iyileştirme yapılması ve bu konu ile ilgili çalışmalara ağırlık verilmesi gerekmektedir.

Çevresel problemler ortaya çıktığı anda yerel gibi görünse de etkileri zaman içinde genel bir hal alır ve tüm insanlığı etkileyecek şekilde küresel bir konuma ulaşır. Bu nedenle çevre sorunları, toplumsal bir olgudur (Mutlu, 2009). Gerek ortaya çıkışı gerekse ciddi boyutlara ulaşması süreci itibarıyla çevre sorunlarının temelinde bir zihniyet değişiminin gerekli olduğu görülmektedir. Zihniyet değişimi bilim ve teknolojinin yanı sıra toplumu da biçimlendirmektedir. Dolayısıyla, çevre sorunlarının anlaşılması için sorunun öncelikle toplumsal nitelikli olduğu kabul edilmelidir. İnsanın çevresiyle etkileşimi sonucu ortaya çıkan sorunlara yönelik yeni ve yaşamsal bir eğitim yaklaşımı oluşturulmasının zamanı gelmiştir (Akdemir, 1993). Bu eğitimsel yaklaşıma destek vermek amacıyla çevre eğitimi kapsamında yer alan küresel ısınma konusuna odaklanılmaktadır.

Bu araştırmanın temel amacı, ortaokul 8. sınıf öğrencilerinin küresel ısınmayı etkileyen faktörler hakkındaki farkındalıklarını ve küresel ısınmayı artıracak davranışları sergileme durumlarını

incelemektir. Bu amaç doğrultusunda “Ortaokul 8. sınıf öğrencilerinin küresel ısınmanın azaltılmasına yönelik görüşleri ve bireysel sorumlulukları nelerdir?” sorusuna yanıt aranmıştır.

### 1.1. Küresel Isınma, Sera Etkisi ve Küresel Isınmayı Etkileyen Etmenler

Özcan ve Kayman (2008) küresel ısınmayı okyanus, atmosfer ve karaların yüzeyindeki sıcaklık artışı olarak betimlemektedir. Her ne kadar “küresel ısınma” ve “iklim değişikliği” aynı kavramlar gibi kullanılsa aralarında fark bulunmaktadır. Selici ve ark. (2005)’na göre güneşten yayılan radyasyonunun emilme miktarının, Dünya’nın yaymış olduğu kızıl ötesi radyasyona eşit olması gerekmektedir. Buna “radyoaktif denge” denir.

Atmosfer bazı dalga boylarındaki radyasyonu emerken, diğerlerine karşı tamamen geçirgen davranır. Özellikle insan kaynaklı klor, flor ve karbon içerikli ısı tutan gazların salınımındaki artış dengenin yer kürenin ısınması yönünde kaymasına neden olur. Atmosferle yer küre arasında dolanım yapan ısı bir battaniye gibi dünyayı sarmalar. Diğer bir deyişle atmosfer doğal bir sera özelliği kazanır.

Çevre kirliliği de bir başka sera etkisi kaynağıdır. Her geçen gün artan bu kirliliğin çevremiz ve tabiattaki etkilerini gözlemlemek mümkündür. Kirliliğin başlıca nedenlerine evsel ve endüstriyel gazlar örnek olarak verilebilir. Enerji üretimi ve taşımacılık gibi aktivitelerde kullanılan fosil yakıtların kullanımı da atmosferde sera etkisi neden olan gazlarının salınmasına yol açmaktadır (Özer ve Karadoğan, 1996).

## 2. MATERYAL VE METOT

Araştırmada “karma yöntem”lerden biri olan “açıklayıcı sıralı desen” kullanılmıştır. Karma yöntem, sistematik tekniklerden yararlanılarak hem nicel hem de nitel verilerin bir arada toplanması, analiz edilmesi, güvenilirliğinin test edilmesi ve yorumlanması süreçlerini kapsamaktadır (Johson ve Christensen, 2014). Dolayısıyla karma yöntem; araştırmada çeşitli yöntemlerin birlikte kullanılmasıyla araştırma konusunun bir bütün içerisinde sunulmasına ve analiz edilmesine imkân sağlamaktadır (Baki ve Göçek, 2012). Bu sayede eğitim bilimlerinde karma yöntem ile yapılan araştırmalar, birçok probleme daha kapsamlı bir şekilde çözümler üretilmesine katkı sunmaktadır (Özdemir ve ark., 2021).

### 2.1. Çalışma Grubu

Çalışmada “kolay ulaşılabılır durum örnekleme” yöntemine başvurulmuştur. Yıldırım ve Şimşek'e göre (2011) bu örnekleme türü, araştırma yapılacak birey ya da grupların araştırma sürecine dahil edilmesinin daha kolay ya da bunlara erişilmesinin daha kolay olmasıyla ilişkilidir. Dolayısıyla, çalışma grubunu, 2023- 2024 eğitim ve öğretim yılında, Ankara ilinde, Millî Eğitim Bakanlığı'na bağlı üç farklı devlet ortaokulunda öğrenim gören 156 (%46,6) kız; 179 (%53,4) erkek olmak üzere toplam 335 öğrenci oluşturmuştur.

### 2.2. Veri Toplama Araçları

Araştırmada veri toplama aracı olarak araştırmacı tarafından geliştirilmiş “Öğrenci Görüşme Formu” ve “Küresel Isınmayı Azaltmaya Yönelik Farkındalık Anketi” kullanılmıştır.

Görüşme formunun oluşturulması sırasıyla literatür taraması, konu alan sınırlaması, çalışma yöntemi belirleme, soru taslaklarının hazırlanması, uzman görüşleri ve pilot uygulaması şeklinde gerçekleştirilmiştir. Anket aracılığıyla verilerin toplanması için önce madde havuzunun oluşturulması, ardından ankette yer alacak maddelerin belirlenmesi ve uzman görüşlerinin alınarak 19 maddeden oluşan “Küresel Isınmayı Azaltmaya Yönelik Farkındalık Anketi” hazırlanmıştır. Sonrasında pilot uygulama ve uzman görüşleri doğrultusunda geçerlik-güvenirlik çalışmalarının ardından da ankete son hali verildi.

### Verilerin Analizi

Araştırmada anketten elde edilen nicel veriler *betimleyici analiz* yöntemi ile analiz edilirken görüşmeden elde edilen nitel veriler içerik analizine tabi tutulmuştur.

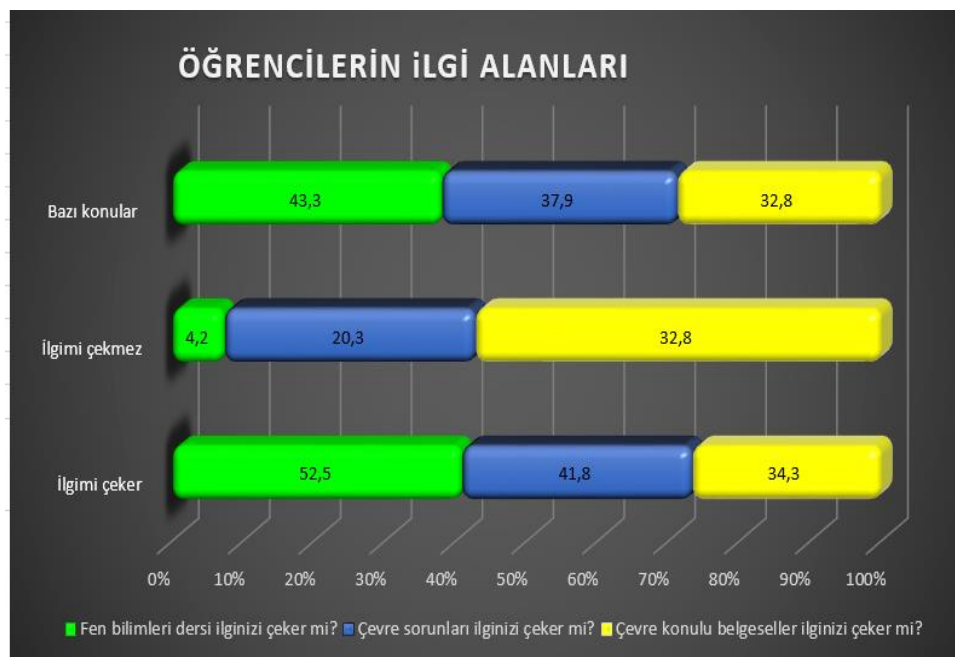
### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde araştırma sürecinde elde edilen veriler analiz edilerek tablo ve grafikler halinde sunulmuştur. Aşağıda sırasıyla önce nicel daha sonra nitel verilerin analizinden elde edilen bulgular ilgili literatür ışığında tartışılarak sunulmuştur. İlk olarak Tablo 1 ve Şekil 1’de öğrencilerin fen bilimleri, çevre sorunları ve çevre konulu belgesellere olan ilgilerinin dağılımına yer verilmiştir.

**Tablo 1.** Öğrencilerin fen bilimleri, çevre sorunları ve çevre konulu belgesellere ilgileri

| İlgi çeken konular                          | İlgimi çeker | İlgimi çekmez | Bazı konular | Toplam       |
|---|--------------|---------------|--------------|--------------|
| Fen bilimleri dersi ilginizi çeker mi?      | 176 (%52,5)  | 14(%4,2)      | 145(%43,3)   | 335 (%100,0) |
| Çevre sorunları ilginizi çeker mi?          | 140 (%41,8)  | 68 (%20,3)    | 127 (%37,9)  | 335 (%100,0) |
| Çevre konulu belgeseller ilginizi çeker mi? | 115 (%34,3)  | 110 (%32,8)   | 110 (%32,8)  | 335 %100,0)  |

Tablo 1’de de görüleceği üzere çalışmaya katılan öğrencilerin 176’sı (%52,5) fen bilimleri, 140’ı (%41,8) çevre sorunları ve 115’i (%34,3) çevre konusunda yapılmış belgesellerin ilgilerini çektiğini ifade etmişlerdir.



**Şekil 1.** Araştırmaya katılan öğrencilerin ilgi alanları

Kırılmazkaya (2022) da araştırmasında öğrencilerin çevreye yönelik tutum düzeylerinin pozitif ve kısmen çevre dostu olma niyetinde olduğu sonucuna ulaşmıştır. Ayrıca öğrencilerin yaklaşık olarak üçte birinin çevre ile ilgili belgeselleri izlemek ilgisini çekerken; üçte biri ise ilgisini çekmediğini belirtmiştir.

Tablo 2’de öğrencilerin büyüklerinin küresel sorunlara ilişkin duyarlılığını nasıl bulduklarına dair soruya verdikleri yanıtların dağılımı gösterilmiştir.

**Tablo 2.** Öğrencilerin büyüklerinin küresel duyarlılığına ilişkin görüşleri

|   | Yeterli buluyorum | Yetersiz buluyorum | Toplam        |
|---|-------------------|--------------------|---------------|
| Büyüklerinizin küresel ısınmaya dair duyarlılığını yeterli buluyor musunuz? | 68<br>%20,3       | 267<br>%79,7       | 335<br>%100,0 |

Tablo 2’de de görüleceği gibi araştırmaya katılan öğrencilerin 267’si (%79,7) büyüklerinin küresel ısınmaya dair duyarlılığını yeterli bulmadıklarını ifade etmişlerdir. Bireylerin konforlarını ilgilendiren (toplu taşıma aracı kullanma gibi) durumlarda ise gönülsüz davranışlar sergiledikleri görülmektedir (Kılınç ve ark., 2011). Nitel bulgularda, öğrenciler küresel ısınmanın zararlarını en aza indirmek üzere çevre sorunlarının çözümünde yetişkin eğitimi ve katılımının da önemli olduğuna vurgu yapmaktadır.

Öğrencilerin küresel ısınmayı artırıcı ve azaltıcı faktörlere yönelik görüşleri alınmış ve söz konusu maddelere katılım düzeylerinin aritmetik ortalaması ve standart sapma değerleri Tablo 3'te sunulmuştur.

**Tablo 3.** Öğrencilerin küresel ısınmayı artırıcı ve azaltıcı faktörlere yönelik görüşleri

| Maddeler  | $\bar{x}$ | S    |
|---|-----------|------|
| Ağaçlandırma yapmak küresel ısınmayı azaltır.   | 4,11      | 1,29 |
| Elektriğimizin çoğunluğu yenilenebilir enerji (rüzgâr, güneş ve dalga) kaynakları ile üretilirse küresel ısınma azalır. | 3,99      | 1,36 |
| Sera gazlarının küresel ısınmayı artırıcı etkisi vardır.  | 3,65      | 1,4  |
| Küresel ısınma olduğu için ozon tabakası delinir.   | 3,65      | 1,33 |
| Nüfus artışı küresel ısınmayı artırır.  | 3,59      | 1,41 |
| Özel arabalar yerine otobüs ve tren gibi toplu taşıma araçları tercih edilirse küresel ısınma azalır.                   | 3,59      | 1,48 |
| Küresel ısınmanın günlük hayatı hissedilir şekilde etkilediğini düşünüyorum.  | 3,41      | 1,38 |
| Küresel ısınmanın artması yeryüzündeki yağış miktarını azaltır.   | 3,33      | 1,37 |
| Küresel ısınma artarsa göçler artar.  | 3,29      | 1,45 |
| Küresel ısınma arttıkça seller de artar.  | 2,93      | 1,49 |
| Sera gazlarını tanıyorum.   | 2,8       | 1,46 |
| Bina yalıtım sistemleri küresel ısınmayı azaltır.   | 2,75      | 1,39 |
| Sokağa çöp atmamak küresel ısınmayı azaltır.  | 2,72      | 1,48 |
| Sera gazlarının nasıl oluştuğunu açıklayabilirim.   | 2,48      | 1,39 |
| Küresel ısınmanın önlenmesi konusunda yeterli önlemlerin alındığını düşünüyorum.  | 2,23      | 1,27 |
| Yazın klima kullanımının artması, küresel ısınmayı azaltır.   | 2,23      | 1,33 |
| Nükleer santrallerin artması küresel ısınmayı azaltır.  | 2,23      | 1,44 |
| Kullanılmayan eşyaları (mobilya ve elbiseler vb.) diğer kişilere vermek, küresel ısınmayı azaltır.                      | 2,20      | 1,37 |
| Kırmızı et tüketimi artarsa küresel ısınma da artar.  | 1,89      | 1,29 |

Tablo 3'te görüldüğü üzere; En Yüksek Düzeyde Katılım Gösterilen Maddeler: "Ağaçlandırma yapmak küresel ısınmayı azaltır" en yüksek puan almıştır ( $\bar{x}=4,11$ ). Bu sonuç, öğrencilerin küresel çapta ağaçlandırma yapılmasının küresel ısınmayı azaltacağına dair kuvvetli inanca sahip olduklarını göstermektedir. "Elektriğimizin çoğunluğu yenilenebilir enerji (rüzgâr, güneş ve dalga) kaynakları ile üretilirse küresel ısınma azalır" maddesi ikinci sırada yer almıştır ( $\bar{x}=3,99$ ). Kullanılan enerji türünün değiştirilmesinin açıklandığı bu maddede öğrencilerin yüksek farkındalığa sahip oldukları görülmektedir. "Sera gazlarının küresel ısınmayı artırıcı etkisi vardır" ve "Küresel ısınma olduğu için ozon tabakası delinir" maddeleri eşit puan alarak üçüncü sırayı paylaşmıştır ( $\bar{x}=3,65$ ). Bu durum, sera gazları ve ozon tabakaları arasındaki ilişki konusunda farkındalık sahibi olduklarını göstermektedir. Orta Düzeyde Katılım Gösterilen Maddeler: "Nüfus artışı küresel ısınmayı artırır" ve "Özel arabalar yerine otobüs ve tren gibi toplu taşıma araçları tercih edilirse küresel ısınma azalır" maddeleri aynı puanı ( $\bar{x}=3,59$ ) almıştır. "Küresel ısınmanın günlük hayatı hissedilir şekilde etkilediğini düşünüyorum" maddesi orta bir düzeyde değerlendirilmiştir ( $\bar{x}=3,41$ ). "Küresel ısınmanın artması yeryüzündeki yağış miktarını azaltır" ve "Küresel ısınma artarsa göçler artar" maddelerinin birbirine yakın puanı vardır ( $\bar{x}=3,33$  ve  $\bar{x}=3,29$ ). En Düşük Düzeyde Katılım Gösterilen Maddeler: "Küresel ısınmanın önlenmesi konusunda yeterli önlemlerin alındığını düşünüyorum", "Nükleer santrallerin büyümesi küresel ısınmayı azaltır" ve "Yazın klima kullanımının artması, küresel ısınmayı azaltır." maddeleri aynı düşük puanla değerlendirilmiştir ( $\bar{x}=2,23$ ). "Kullanılmayan eşyaları (mobilya ve elbiseler vb.) diğer insanlara vermek, küresel ısınmayı azaltır" maddesi oldukça düşük bir puan alırken ( $\bar{x}=2,20$ ), "Kırmızı et tüketimi artarsa küresel ısınma da artar" en düşük puanı ( $\bar{x}=1,89$ ) almıştır. Bu sonuç, katılımcıların dünyadaki kırmızı et tüketiminin küresel sıcaklık üzerine etkisi konusunda çok düşük farkındalığa sahip olduklarını göstermektedir.

Öğrencilerin yarıdan fazlası sera gazını bildiğini/tanıdığını ancak sera gazlarının nasıl oluştuğunu açıklayamayacaklarını belirtmişlerdir. Benzer bir başka çalışmada, Özcan ve Demirel (2019) ortaokul öğrencilerinin en az bilgiye sahip oldukları ve en fazla kavram yanılgısına sahip oldukları çevre



sorununun, sera etkisi olduğunu belirtmektedir. Bu nedenle Fen Bilimleri dersinin yanı sıra başka derslerde de çevre konularına ve sorunlarına yer verilmesi gerekliliğine vurgu yapılmaktadır. Diğer çalışmalarda (Darçın ve ark., 2006; Arsal, 2010; Artun ark., 2015) da öğrencilerin çevre eğitimiyle ilişkili olan sera etkisi, küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi kavramlar hakkında yeterince bilgilerinin olmadığı belirtilmektedir. Yine Shepardson ve ark.(2011) öğrencilerin sera etkisi, küresel ısınma ve iklim değişikliği hakkındaki kavramlarda farklı düzeylerde karmaşıklığa sahip oldukları sonucuna ulaşmış ve bu kapsamda iklim okuryazarlığı çerçevesinde temel alan müfredata öneriler sunmuştur.

Bu araştırmada da öğrencilerin yaklaşık dörtte üçü, küresel ısınmanın günlük hayatı hissedilir şekilde etkilediğini düşünmektedir. Benzer oranda öğrenciler, sera gazlarının küresel ısınmayı artırıcı etkisinin olduğunu, küresel ısınma olduğu için ozon tabakasının delindiğini ve küresel ısınmanın artmasıyla birlikte yeryüzündeki yağış miktarının azaldığını belirtmektedir. Benzer şekilde bir başka çalışmada öğrenciler, ozon tabakasındaki incelmeyi sera etkisini daha da artıracaklarını belirtmiştir (Darçın ve ark., 2006).

Öğrencilerin yarısından fazlası sokağa çöp atılmamasının, kullanılmayan eşyaların (mobilya ve elbiseler vb.) başka insanlara verilmesinin ve bina yalıtım sistemlerinin kurulmasının; öğrencilerin büyük çoğunluğu ise ağaçlandırmanın yanı sıra elektriğin çoğunluğunun yenilenebilir enerji (rüzgâr, güneş ve dalga) kaynakları ile üretilmesinin küresel ısınmayı azaltacağını belirtmektedir. Ancak, öğrencilerin yaklaşık 3/4'ü kırmızı et tüketiminin küresel ısınmayı artırmayacağını, yarısından fazlası, yazın klima kullanımının artmasının küresel ısınmayı azaltmayacağını düşünmektedir.

Daniel ve ark. (2004)'nın çalışmasında da birçok öğrenci sanayi ve araç emisyonlarındaki azalmanın küresel ısınmayı azaltmada önemli bir rol oynayabileceğini ve yenilenebilir kaynaklardan enerji üretmenin de bir diğer popüler fikir olduğunu belirtmektedir. Ayrıca, bazı öğrenciler elektrik tasarrufu ve kâğıt geri dönüşümü gibi bireysel eylemlerin de bu azalmada rol oynayabileceğini belirtmektedir. Nükleer enerji santrallerinin sayısını azaltmanın küresel ısınmayı azaltacağı fikri dikkat çekici fikirlerden biridir. Oysa nükleer enerji, çevresel tehlikelerine rağmen, en azından orta vadede, karbon bazlı ve yenilenebilir enerji kaynakları arasındaki boşluğu doldurmak için bir seçenek olabilir.

Öğrenciler “sokağa çöp atmama”, “kullanılmayan eşyaların başka insanlara verilmesi”, “ağaçlandırma yapılması” gibi konuların küresel ısınmayı azaltacağını belirtmektedir. Ancak “kırmızı et tüketimi” ve “yazın klima kullanımı” ile “küresel ısınma” arasında tam anlamıyla ilişki kuramadıkları da görülmektedir. Bazı araştırmalar küresel ısınmada olumsuz bir faktör olarak hayvancılık sektörünün önemine vurgu yapmaktadır (Demir ve Cevger, 2007). Bu nedenle kırmızı et tüketimi, metan emisyonu ve küresel ısınma arasındaki ilişkinin öğrencilere kazandırılmasının önemli olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Tablo 4’de mülakat sonuçlarına göre öğrencilerin küresel ısınmaya ilişkin içerik analizi sonuçları ve Şekil 2’de içerik analizinden elde edilen kodlardan oluşturulmuş zihin haritası yer almaktadır.

Tablo 4’te görüldüğü üzere, bu araştırmada elde edilen nitel verilerden toplam 5 tema, 10 kategori ve 90 kod elde edilmiştir. “Bilgi” temasında genel tanımlar ve belirtiler olarak iki kategori oluşmuştur. Küresel ısınma ile ilgili belirtiler “doğanın kirlenmesi” (n=4) ve “dünyanın ısınması” (n=5) ifadeleriyle aktarılmış, belirtiler ise “sıcaklık artışı” (n=6) ve “iklim dengesizliği” (n=7) kodlarıyla ifade edilmiştir. “Zararları” kapsamında doğaya etkileri; “buzulların erimesi” (n=3), “mevsim değişiklikleri” (n=3), “sıcaklık artışı” (n=2) ve “iklim değişimi” (n=2) ile öne çıkarken; canlılara etkileri, “deniz canlılarının yaşama zorluğu” (n=2) ve “ormanların azalması” (n=2) kodlarıyla ifade edilmiştir. Ekosisteme etkileri ise “habitat kaybı” (n=2), “su kıtlığı” (n=6) ve “çölleşme” (n=5) kodlarıyla daha geniş bir etki alanı göstermektedir. “Faydaları” temasında, olumlu etkiler olarak “buzullar erir, sular artar” (n=6), “buharlaşıma olur, yağmur artar” (n=2) ve “soğuk ülkeler de ısınır” (n=2) kodlarıyla yanlış veya sınırlı algılar yansıtılmaktadır. “Davranışlar” bireylerin bireysel düzeyde “ağaç dikme” (n=5) ve “çöp atma alışkanlıkları” (n=3) gibi eylemler, toplumsal düzeyde ise “eğitim ve bilinçlendirme” (n=2) ve “enerji tasarrufu” (n=3) kodlarını içermektedir. Ayrıca çevre koruma etkinlikleri ve ağaç dikme etkinliklerinin (her biri n=2) eşit düzeydedir. “Yetişkin eğitimi” bağlantısı, katkılar ayrıntıları “öğretmenlerin katkısı”

(n=10) ve “aile desteği” (n=4) kodlarıyla özellikle eğitimde daha sık bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Bu bulgular doğrultusunda genel olarak, küresel ısınmaya yönelik zararlı etkilerinin arttığı ayrıca küresel ısınmaya dönük faydanın yanlış yorumlandığı sonucuna “buzullar erir, sular artar” ifadesini faydalı etkiler olarak değerlendirilmesinden ulaşılmaktadır. Bireysel ve toplumsal sorumlulukların artmaya açık olduğu görülmektedir.

**Tablo 4.** Küresel ısınmaya ilişkin içerik analiz sonuçları

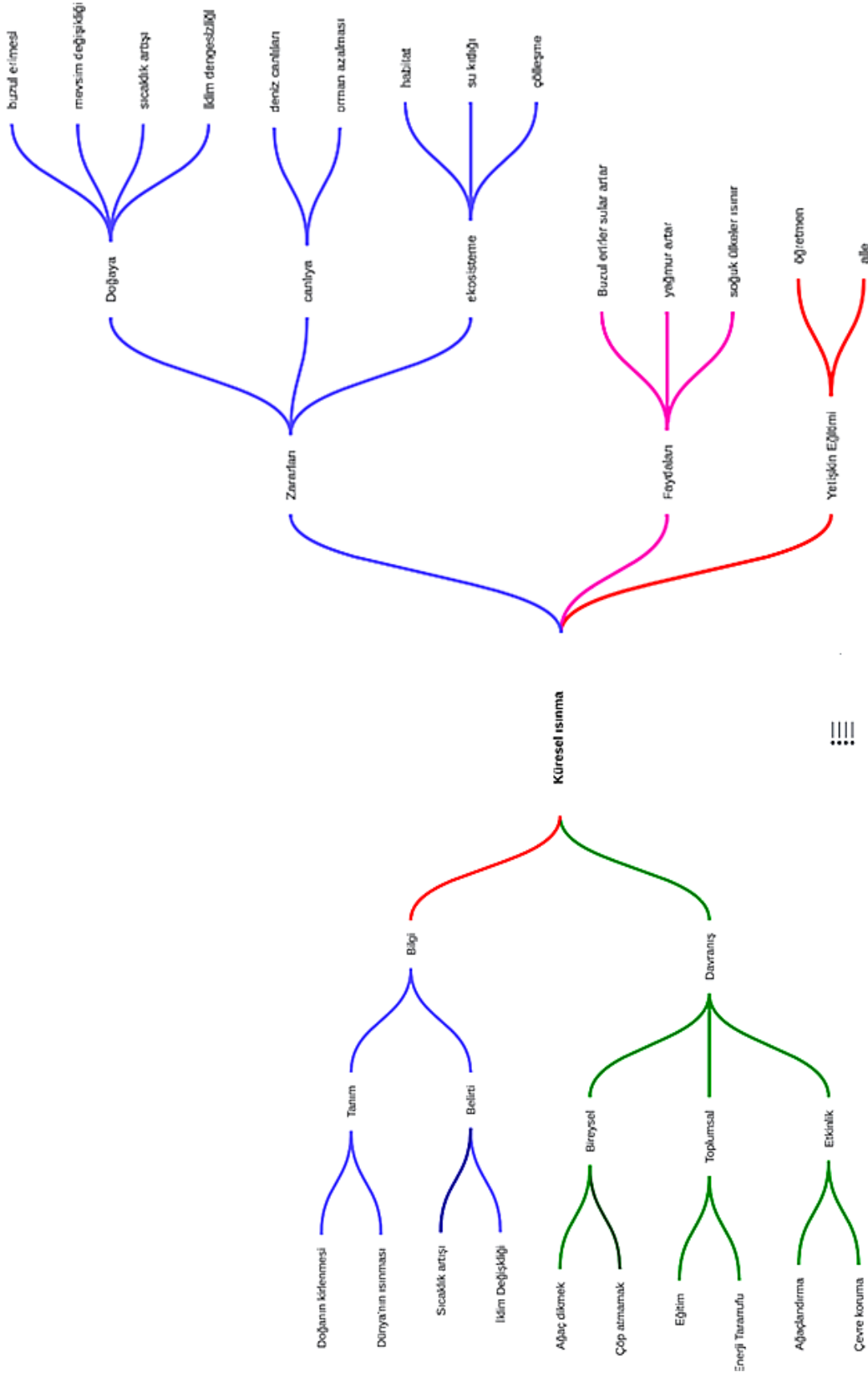
| Tema             | Kategori              | Kod                               | n  |
|------------------|-----------------------|-----------------------------------|----|
| Bilgi            | Genel tanım           | Doğanın Kirilenmesi               | 4  |
|                  |                       | Dünyanın Isınması                 | 5  |
|                  | Belirtiler            | Sıcaklık Artışı                   | 6  |
|                  |                       | İklim Değişiklikleri              | 7  |
| Zararları        | Doğaya etkileri       | Buzulların Erimesi                | 3  |
|                  |                       | Mevsim Değişiklikleri             | 3  |
|                  |                       | Sıcaklık Artışı                   | 2  |
|                  |                       | İklim Dengesizliği                | 2  |
|                  | Canlılara etkileri    | Deniz Canlılarının Yaşama Zorluğu | 2  |
|                  |                       | Ormanların Azalması               | 2  |
|                  | Ekosisteme etkileri   | Habitat Kaybı                     | 2  |
|                  |                       | Su kıtlığı                        | 6  |
| Faydaları        | Olumlu Etkiler        | Çölleşme                          | 5  |
|                  |                       | Buzullar erir, sular artar        | 6  |
|                  |                       | Buharlaştırma olur, yağmur artar  | 2  |
|                  |                       | Soğuk ülkeler ısınır              | 2  |
| Davranışlar      | Bireysel Davranışlar  | Ağaç Dikme                        | 5  |
|                  |                       | Çöp Atma Alışkanlıkları           | 3  |
|                  | Toplumsal Davranışlar | Eğitim ve Bilinçlendirme          | 2  |
|                  |                       | Enerji Tasarrufu                  | 3  |
|                  | Etkinlikler           | Çevre Koruma Etkinlikleri         | 2  |
|                  |                       | Ağaç Dikme Etkinliği              | 2  |
| Yetiştin Eğitimi | Katkı                 | Öğretmenlerin Katkısı             | 10 |
|                  |                       | Aile Desteği                      | 4  |

Yukarıdaki kodlara ilişkin bazı katılımcı ifadeleri aşağıda verilmiştir.

- “Küresel ısınma deyince genel olarak, iklim değişikliği işte dünyanın şu anki son hâli geliyor aklıma” (Ö3).
- “Nesillerin tükenmesine yol açan, küresel çaplı bir ısınmaya yol açan yapay bir süreç” (Ö5).
- “Küresel Isınma denince Dünya’nın asla geri döndürülemeyecek bir sona gitmesi geliyor” aklıma. (Ö6).
- “Dünya’nın sıcaklığının, ortalama sıcaklığının artması” (Ö7).
- “Doğanın değişmesi, yani doğanın kirilenmesi...” (Ö8).

Öğrenciler, küresel ısınmanın etkilerini, doğal etkiler, canlılar üzerindeki etkiler ve ekosisteme olan etkiler olarak ifade ederken; bazı öğrenciler küresel ısınmanın olumlu etkilerinin olabileceğini belirtmektedir. Öğrencilerin, “Küresel ısınmanın zararları nelerdir?” sorusuna verdikleri cevaplar şu şekildedir;

- “Bazı nesillerin tükenmesine yol açar. Ana buzulların erimesi ve tatlı su kaynaklarının değişimi. Antarktika ve buzullardaki tatlı su kaynaklarının yok olmasına yol açar” (Ö5).
- “Hani hayvanların, buz yani suların artması, kutupların, pardon, şey buzulların erimesi, birçok hayvanın da soyunun tükenmesi. Biz insanların menfaatini bize bu şekilde gösteren kötü sonlar” (Ö6).
- “Dediğim gibi hayvanların yaşam alanlarını kaybetmesi. Sonra çok sıcak olması” (Ö10).



Şekil 2. Nitel analiz sonucunda ortaya çıkan kodlara ilişkin zihin haritası

Öğrenciler küresel ısınmanın önlenmesi için bireysel ve toplumsal davranışlar sergilememiz gerektiğini belirtmektedir. Çevreyle ilgili toplumsal etkinlikler yapılmasının gerekliliğine vurgu yapılmaktadır. Ayrıca, küresel ısınmanın zararlarını en aza indirmek için yetişkin eğitimi ve katılımının da önemli olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Öğrenciler, küresel ısınmayı azaltmak için neler yapmalıyız? Sorusuna cevap olarak;

- “Ağaç dikiyorum. Başkaaa....Yani elektriklere daha çok dikkat ediyorum, tasarruflu oluyorum... Küresel ısınmayı azaltmak için ağaç dikme etkinliklerine katılmak isterim” (Ö2).
  - “Daha çok böyle bina değil de daha çok ağaç ekilmeli. Ormanlık alan artırılmalı, yani bunun gibi şeyler” (Ö4).
  - “Bazen atıkları sokağa atmamak çöpe veya çöp kutularına atmak ama bunun dışında maalesef bir şey yapamıyorum” (Ö5).
  - “Yani bizim gibi normal gündelik insanlar için ışığı kapatmak, geri dönüşümü arttırmak gibi şeyler yapılabilir. Daha büyük kişiler içinde, yani makam sahibi olan kişiler için de mesela sahili kirletmeleri durumunda büyük cezalar vererek, sularımızın daha temiz olması gibi şeyler yapılabilir. Ya da parfümlerin üretiminin yasaklanması benim fikrim ama çok zor gibi görünüyor maalesef ki. Keşke yasaklanabilse. Bende ışıkları kapatıyorum. Şu geri dönüşüm kutularına sadece üzerinde yazan şeyleri atarım. Yani üzerinde cam yazan yere gidip plastik bir şey atmam” (Ö6).
  - “Ağaç dikmeye çalışıyorum. Bir orman oluşturuyoruz, babamla beraber ağaç dikiyoruz. Onun dışında yaptığımız başka bir şey yok” (Ö8).
  - “Doğaya çöp atmamalıyız, fabrikalar duman çıkardıkça oraya filtre kullanmak gerekiyor. Mazot ve benzinli arabaları azaltıp elektrikli arabalara geçmek gerekiyor” (Ö9).
- yanıtlarını vermişlerdir.

Öğrencilerin “küresel ısınma” ya ilişkin metaforları Tablo 5’te sunulmuştur.

**Tablo 5:** Küresel ısınmaya ilişkin benzetmeler (Görüşme sonuçları)

| Tema     | Kategori | Kod                | n |
|----------|----------|--------------------|---|
| Benzetme | Soyut    | Dünyanın yok oluşu | 1 |
|          |          | Cehennem ve cennet | 1 |
|          | Somut    | Gece ve gündüz     | 1 |
|          |          | Yanardağ           | 2 |
|          |          | Güneş              | 2 |
|          |          | Fırın              | 4 |
|          |          | Defter             | 1 |
|          |          | Çöp kutusu         | 1 |
|          |          | Kasvetli film      | 1 |

Tablo 5’te görüldüğü üzere öğrencilerin küresel ısınmaya ilişkin ifade ettikleri benzetmeler 1 tema, 2 kategori ve 9 kod olarak sınıflandırılmıştır. Kodlar şu şekilde özetlenmiştir: “Benzetme” teması altında “soyut” ve “somut” olmak üzere iki kategori oluşmuştur. Soyut kategorisi altında “dünyanın yok oluşu” (n=1) ve “cehennem ve cennet” (n=1) olmak üzere iki kod yer almıştır. Bu kategori, küresel ısınmayı artıran faaliyetlerin zihinsel olarak dramatik ve evrensel bir felaket olarak kavrandığını göstermektedir. Somut benzetmeler kategorisinde ise “gece ve gündüz” (n=1), “yanardağ” (n=2), “güneş” (n=2), “fırın” (n=4), “defter” (n=1), “çöp kutusu” (n=1), “kasvetli film” (n=1) metaforları oluşmuştur. Bu kategoride açıklamalar, gözlemler ve somut deneyimlerle küresel ısınmanın tanımlandığını göstermiştir. Özellikle “fırın” benzetmesi (n=4) ile küresel ısınmanın sıcaklık artışıyla ilişkili olduğuna dikkat çekmektedir. Soyut ve somut benzetmeler, olaylara hem duyuşsal hem de somut bir anlayışın geliştiğini göstermektedir. Özellikle somut ifadelerde “fırın” ve “yanardağ” gibi sıcaklık ve tehlike içeren imgeler ortaya çıkmaktadır. Soyut ifadeler ise küresel ısınmanın yaşamı tehdit eden bir felaket ya da yok etme gücü olarak algılandığını ortaya koymaktadır.

Bu konuda öğrencilerin mülakatta söylemiş olduğu bazı görüşleri aşağıdaki gibidir:

- “Dünyanın yok oluşuna, yani bu bugünleri görüp yani geçmişi göremiyoruz zaten” (Ö2).
- “Cehennem ve cennet gibi ayırabiliriz” (Ö3).
- “Gece ve gündüze benzetmek isterdim. Geceleri yani daha böyle karanlık hiçbir şey yapamıyoruz. Onu küresel ısınmaya, olmayanları da gündüze benzetmek isterdim” (Ö4).
- “Küresel ısınmayı bir şeye benzetmek istersem, dünyanın sonu gibi düşünün, çünkü o genel bir ölüm. Yani yakında hepimiz öleceğiz” (Ö6).
- “Küresel ısınma savaşa benzer. Çünkü bir taraf için iyiyken bir taraf için kötü olabilir” (Ö7).
- “Yani kullanılan bir karalanmış, boşa kullanılan bir defter. Çünkü boşa kullanılan bir defter... Yani doğanın kirletildiği ve boşa harcandığı bir sürü ağaç gittiği için” (Ö8).

Nitel bulgular neticesinde öğrenciler kasvetli bir filme benzetilen küresel ısınmayı Dünya'nın ısınması, doğanın kirlenmesi, sıcaklık artışı ve iklim değişikliğiyle tanımlamakta, belirtilerini ortaya koymakta ve küresel ısınmanın doğaya olan olumsuz etkilerinin yanı sıra canlılar üzerindeki etkilerini ve ekosisteme olan etkilerini ön plana çıkarmaktadır.

Küresel ısınmanın önlenmesi için öğrenciler, bireysel ve toplumsal örnek davranışlar sergilenmesi gerektiğini ifade etmişlerdir. Çevre sorunlarına ve çevreyi korumaya ilişkin toplumsal etkinlikler yapılmasının gerekliliğine vurgu yapmışlardır. Dolayısıyla konuların karmaşıklığı göz önüne alındığında öğrencilerde oluşabilecek olası zihinsel karışıklığını gidermek için, küresel ısınmanın azaltılmasına yönelik taksonominin iyi öğretilmesi önerilmektedir (Daniel ve ark., 2004).

Bu araştırma sonuçlarına göre öğrencilerin Küresel ısınma ile ilgili yukarıda belirtilen bilgi eksiklerinin olduğu görülmektedir.

#### 4. SONUÇLAR

Araştırmadan elde edilen sonuçlar öğrencilerin fen bilimleri, çevre sorunları ve çevre konulu belgesellere ilgilerinin yüksek olduğunu göstermiştir. Öğrenciler çevre kirliliği, hava kirliliği, atıklardan kaynaklanan çevre sorunları ile ilgili görüş sahibi iken, sera etkisi, küresel ısınma konularında daha az görüş belirtmişlerdir. Sokağa çöp atmama, kullanılan eşyaların başka insanlara verilmesi, ağaçlandırma yapmak gibi davranışların küresel ısınmayı azaltacağını ifade etmişlerdir. Ancak kırmızı et tüketimi ve yazın klima kullanımı ile küresel ısınma arasında öğrencilerin tam anlamıyla ilişki kuramadıkları da görülmüştür. Öğrenciler bireysel ağaç dikme, çöpleri ayrıştırma gibi konularda bireysel çaba harcadıklarını, ancak çevre sorunlarına ve çevreyi korumaya ilişkin toplumsal etkinlikler yapılmasının gerekliliğini vurgulamışlardır. Sonuçlar ilgili öğrencilerin küresel ısınma konusunda bilgi eksiklerinin olduğu ve bildiklerini davranışa aktarmada ise sorun yaşadıklarını ortaya koymuştur.

Neticede öğrencilerin daha çok, çevre kirliliği, hava kirliliği ve atıklardan kaynaklanan çevre sorunlarının farkında oldukları, günlük hayatta karşılaştığı ve sıklıkla gördüğü çevre sorunlarına çoğunlukla doğru cevap verdikleri, ancak güncel sorunlardan olan sera etkisi, küresel ısınma vb. konularında yanlış cevaplar verildiğini belirtmektedir (Demirbaş ve Pektaş, 2009). Bu çalışmada da benzer sonuçlar çıkmıştır. Özellikle metan emisyonunun %17-25'inin hayvancılık sektöründen kaynaklanması, hayvancılığın küresel ısınmadan etkilenen taraf olması yanında küresel ısınmada önemli bir etken olduğunu da göstermektedir (Demir ve Cevger, 2007). Bu nedenle kırmızı et tüketimi, metan emisyonu ve küresel ısınma arasındaki ilişkinin öğrencilere kazandırılması önemli olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Nitel bulgular neticesinde küresel ısınmanın önlenmesi için öğrencilere, bireysel ve toplumsal örnek davranışlar sergilememiz gerekliliğini ortaya çıkartmaktadır. Çevre sorunlarına ve çevreyi korumaya ilişkin toplumsal etkinlikler yapılmasının gerekliliğine vurgu yapılmaktadır. Dolayısıyla konuların karmaşıklığı göz önüne alındığında öğrencilerde oluşabilecek olası zihinsel karışıklığını gidermek için, küresel ısınmanın azaltılmasına yönelik taksonomik çerçeve de öğretilmesi önerilmektedir (Daniel ve ark., 2004). Bu araştırma, küresel ısınma ile ilgili öğrencilerin kavram yanılgıları ve bilgi eksikleri olduğunu ortaya koymaktadır.

Küresel ısınma konusunun somuttan soyuta öğretim ilkesi gereğince daha anlaşılır bir şekilde öğrencilere sunulması, özellikle sera etkisinin ne olduğu, neden ve nasıl gerçekleştiğine ilişkin çıkarım yapabilme becerilerinin geliştirilmesinin gerekliliği anlaşılmıştır. Bu konularda öğrencilerin bilgi eksiklerini giderebilmek için öğretmenlerin pedagojik düzeye uygun basılı ve dijital içerikleri zenginleştirmeleri ve bu bilgileri davranışa dönüştürücü bireysel ve toplu etkinlikler yaptırma, görev ve sorumluluklar vermenin yanı sıra öğrencilere çevre sorunlarının çözümüne dikkat çeken daha fazla belgesel izlettirmeleri önerilebilir.

### Teşekkür

Bu çalışma, birinci yazarın ikinci yazar danışmanlığında hazırladığı “**Ortaokul 8. Sınıf Öğrencilerinin Küresel Isınmayı Azaltmaya Yönelik Görüşleri**” isimli yüksek lisans tezinden üretilmiştir. Bu çalışma Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu tarafından 14.07.2023 tarih ve 2023/3 sayılı kararla kabul edilmiştir. Ayrıca, Ankara Valiliği Milli Eğitim Müdürlüğü’nden 03.05.2024 tarih ve E-14588481-605.99-101576419 sayılı karar ile gerekli izinler alınmıştır.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarların makaleye katkı oranları eşittir.

### Kaynaklar

- Abbass, K., Qasim, M. Z., Song, H., Murshed, M., Mahmood, H., & Younis, I. (2022). A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(28), 42539-42559.
- Akdemir, S. (1993). Çevre eğitimi. *Anatolia Dergisi*, 4(1),1993\_1304791342.pdf, Erişim Tarihi 20.09.2011.
- Altın, N., & Oruç, S. (2008). Çocukluk döneminde doğa sporlarının çevre eğitiminde kullanımı. *Çukurova Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 3(35), 10-18.
- Arsal, Z. (2010). İlköğretim öğretmen adaylarının sera etkisi ile ilgili kavram yanılgıları. *İlköğretim Online*, 9(1), 229-240.
- Artun, H., Artun, H., & Okur, M. (2015). Ortaokul öğrencilerinin çevre eğitimi ile ilgili kavramları anlama düzeylerinin belirlenmesi. *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, 24, 277-293.
- Baki, A. ve Göçek, T. (2012). Karma yöntem araştırmalarına genel bir bakış. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*. 11(42), 1-21.
- Cordero, E. C., Centeno, D., & Todd, A. M. (2020). The role of climate change education on individual lifetime carbon emissions. *PloS one*, 15(2), e0206266.
- Daniel, B., Stanistreet, M., & Boyes, E. (2004). How can we best reduce global warming? School students’ ideas and misconceptions. *International Journal of Environmental Studies*, 61(2), 211–222.
- Darçın, E. S., Bozkurt, O., Hamalosmanoğlu, M., & Köse, S. (2006). İlköğretim öğrencilerinin sera etkisi hakkındaki bilgi düzeylerinin ve kavram yanılgılarının tespit edilmesi. *International Journal of Environmental & Science Education*, 1(2), 104-115.
- Demir, P., & Cevger, Y. (2007). Küresel ısınma ve hayvancılık sektörü. *Veteriner Hekimler Derneği Dergisi*, 78(1), 13-16.
- Demirbaş, M. ve Pektaş, H. M. (2009). İlköğretim Öğrencilerinin çevre sorunu ile ilişkili temel kavramları gerçekleştirme düzeyleri, *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi (EFMED)*, 3(2), 195-211.
- İncekara, S., & Tuna, F.(2010). Ortaöğretim öğrencilerinin çevresel konularla ilgili bilgi düzeylerinin ölçülmesi: Çankırı ili örneği. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 22, 168-182.
- Johson, B., & Christensen, L. (2014). *Eğitim araştırmaları nicel, nitel ve karma yaklaşımlar* (Çev. Ed. Selçuk Beşir DEMİR). Ankara: Eğitim Kitap.

- Kılınç, A., Boyes, E., & Stanisstreet, M. (2011). Turkish school students and global warming: Beliefs and willingness to Act. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 7(2), 121-134.
- Kırılmazkaya, G. (2022). Ortaokul öğrencilerinin çevre ve çevre sorunlarına ilişkin görüşleri. *Adnan Menderes Üniversitesi Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 13(1), 1-11.
- Mutlu, A. (2009). Türkiye’de çevre sorunları literatürünün baskın niteliği ve sosyal bilimler yaklaşımının gerekliliği. *Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi*, 1(1).
- Özcan, E. R., & Kayman, S. (2008). Enerji tüketimindeki değişimin küresel ısınmaya etkisi ve ABD, AB ülkeleri, Japonya, Çin ve Türkiye Karşılaştırması:1980-2004, [www.tcmb.gov.tr/yeni/iletisimgm/Ozcan\\_Kayman.pdf](http://www.tcmb.gov.tr/yeni/iletisimgm/Ozcan_Kayman.pdf), Erişim Tarihi 20.09.2011
- Özcan, H., & Demirel, R. (2019). Ortaokul öğrencilerinin çevre sorunlarına yönelik bilişsel yapılarının çizimleri aracılığıyla incelenmesi. *Başkent Üniversitesi Eğitim Dergisi*, 6(1), 68-83.
- Özdemir, A., Tanoba, T., Karaokur, Ş. & Tonyalı, Ö. (2021). Türkiye’de eğitim bilimleri alanında yapılan karma yöntem tezlerde tipolojik ve yönetsel eğilimler. *Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 54(54), 23-53.
- Özer, H., & Karadoğan, T. (1996). Ozon (O<sub>3</sub>) ve bitki yaşamı üzerine etkileri. *Ekoloji Çevre Dergisi*, 5(19).
- Pallant, J. (2017). SPSS kullanma kılavuzu SPSS ile adım adım veri analizi (Çev. Sibel Balcı ve Berat Ahi). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Selici, T., Utlu, Z. & İlten, N. (2005). Enerji kullanımının çevresel etkileri ve sürdürülebilir gelişme açısından değerlendirilmesi, III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu Bildirisi.
- Shepardson, D. P., Niyogi, D., Choi, S., & Charusombat, U. (2011). Students’ conceptions about the greenhouse effect, global warming, and climate change. *Climatic Change*, 104(3), 481-507.
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2011). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Seçkin Yayıncılık, Ankara.



## Birinci Laktasyondaki Holstein Sığırlarının Laktasyon Eğrisinin Modellenmesinde Test Günü Sayısının Tahmin Doğruluğuna Etkisi

Abdullah Burak BAYDUR<sup>1</sup>, Samet Hasan ABACI<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, 55139, Samsun, Türkiye

Tüm yazarların orcid bilgileri: 0009-0006-0550-9190, 0000-0002-1341-4056

\*Sorumlu yazar e-mail: samet.abaci@omu.edu.tr

### Araştırma Makalesi ÖZET

#### Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 12.12.2024  
Kabul tarihi: 19.12.2024  
Online Yayınlanma:  
31.12.2024

#### Anahtar Kelimeler:

Süt üretim performansı  
Tahmin doğruluğu  
Test günü süt verimi  
Modelleme

Hayvanların süt üretim performanslarının doğru bir şekilde öngörülmesi için kullanılan laktasyon eğrisi modelleri ile hayvanların laktasyon döneminde ürettikleri süt miktarları zamana göre grafiksel olarak gözlenebilmektedir. Bu sürecin matematiksel modeller kullanılarak analiz edilmesiyle, süt üretiminin farklı durumlarda nasıl değişeceği tahmin edilebilir. Özellikle farklı test günü sayıları kullanılarak en uygun test günü sayısının belirlenmesi ile zaman ve işgücü açısından araştırmacılara ön bilgi sağlanabilecektir. Bu nedenle bu çalışmada araştırmacılar tarafından yaygın olarak kullanılan Wood modelinde farklı test günü sayılarının tahmin doğruluğuna etkisi incelenmiştir. Bu amaç için Kırşehir ilindeki özel bir işletmede birinci laktasyonu tamamlayan ve 305 güne kadar 15 günde bir kaydı alınan 150 baş Holstein sığırının test günü süt verim kayıtları (TGSV) kullanılmıştır. Verilerin analizinde 150 güne kadar 15 günde bir TGSV kayıtları, 150 güne kadar 30 günde bir TGSV kayıtları, 305 güne kadar 15 günde bir TGSV ve 305 güne kadar 30 günde bir TGSV kayıtları kullanılmıştır. Modellerin tahmin edilmesinde SPSS istatistik paket programından yararlanılmıştır. Modellerin karşılaştırılmasında hata kareler ortalaması (HKO) ve belirtme katsayısı ( $R^2$ ) değerleri kullanılmıştır. Araştırmada incelenen modeller için elde edilen sonuçlara göre HKO değerleri sırasıyla 12.284, 11.504, 13.790 ve 13.959 belirtme katsayısı değerleri ise 0.595, 0.767, 0.545, 0.664 olarak bulunmuştur. Buna göre HKO değerinin en düşük ve  $R^2$  değerinin en yüksek olduğu 150 güne kadar 30 günde bir alınan TGSV kayıtlarının birinci laktasyondaki Holstein sığırlarının laktasyonlarının modellenmesinde kullanılabileceği belirlenmiştir.

### The Effect of the Number of Test Days on Estimation Accuracy in Modeling the Lactation Curve of First-Lactation Holstein Cows

#### Research Article

#### Article History:

Received: 12.12.2024  
Accepted: 19.12.2024  
Published online:  
31.12.2024

#### Keywords:

Milk production  
performance  
Estimation accuracy  
Test day milk yield  
Modeling

#### ABSTRACT

With lactation curve models used to accurately predict the milk production performance of animals, the amount of milk produced by animals during the lactation period can be observed graphically over time. By analyzing this process using mathematical models, it can be estimated how milk production will change in different situations. In particular, by using different test day numbers, the most appropriate number of test days can be determined, and researchers can be provided with preliminary information in terms of time and labour. Therefore, this study examined the effect of different test day numbers on the estimation accuracy in the Wood model, which researchers widely use. For this purpose, test day milk yield records (TDMY) of 150 Holstein cattle that completed the first lactation in a private farm in Kırşehir province and were recorded every 15 days up to 305 days were used. In the data analysis, TGSV records were used every 15 days up to 150 days, TGSV records every 30 days up to 150 days, TGSV records every 15 days up to 305 days, and TGSV records every 30 days up to 305 days. The SPSS statistical package program was used to estimate the models. In comparing the models, mean square error (MSE) and coefficient of determination ( $R^2$ ) values were used. According to the results obtained for the models examined in the study, the MSE values were 12.284, 11.504,



13.790 and 13.959, respectively, and the coefficient of determination values were 0.595, 0.767, 0.545, 0.664. Accordingly, it was determined that TGSV records taken every 30 days up to 150 days, when the MSE value is the lowest, and the  $R^2$  value is the highest, can be used in modelling the lactation of Holstein cattle in the first lactation.

ISSN: 2979-9198

**To Cite:** Baydur, A. B., & Abacı, S. H. (2024). Birinci laktasyondaki Holstein sığırlarının laktasyon eğrisinin modellenmesinde test günü sayısının tahmin doğruluğuna etkisi. *Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(2), 81-89.

## 1. GİRİŞ

Hayvancılık sektörünün önemli bir parçası olan süt sığırcılığı temel besin kaynağı sağlama ve ekonomik kalkınmaya katkı açısından büyük bir öneme sahiptir. Bu nedenle, süt veriminin artırılması ve hayvan sağlığının korunması, yalnızca sektörün sürdürülebilirliği için değil, aynı zamanda sosyoekonomik ve çevresel dengelerin korunması için kritik bir rol oynar (Briggs ve Ackermann, 2024). Araştırmalar, test günü süt verimlerinin düzenli olarak izlenmesinin ve doğru tahminler yapılmasının, genetik ilerlemeyi hızlandırdığını ve sürü yönetimine yönelik faydalı bilgiler sunduğunu göstermektedir (Mattalia ve ark., 2022). Sürdürülebilir süt üretimi için laktasyon süreçlerinin doğru bir şekilde anlaşılması ve modellenmesi, verimli ve ekonomik sürü yönetiminde kritik bir öneme sahiptir (Rodriguez-Obando ve ark., 2022).

Buzağılamayla başlayıp genetik ve çevresel pek çok faktörden etkilenerek değişen, yeni bir gebelikle birlikte hayvanların kuru döneme girmesiyle sona eren laktasyon süresince süt veriminin zamana bağlı olarak değişiminin grafiksel olarak gösterilmesi laktasyon eğrisi olarak ifade edilmektedir (Orhan ve Kaygısız, 2002). Laktasyon eğrisi analizi, süt verimindeki günlük değişimlerin anlaşılmasında ve verim tahminlerinin yapılmasında kullanılan temel bir araç olup bir ineğin laktasyon dönemi boyunca süt verim miktarını belirli bir matematiksel modelle açıklayan bir yapıdır. Bu eğrilerin şekli, ekonomik açıdan önemli olup, analizlerinde çeşitli matematiksel fonksiyonlardan faydalanılır (Yüksel ve Yanar, 2009). Bu eğri genellikle laktasyonun başında hızlı bir artışı, ardından pik süt verim düzeyini ve sonrasında bir düşüşü yansıtır. Bu düşüş, ineğin kuru döneme ayrılmasıyla sona erer (Kamidi, 2005). Bu eğrinin doğru bir şekilde modellenmesi, sürü yönetiminde daha etkili kararların alınmasına olanak tanır. Laktasyon eğrisindeki değişimlerin az olması, o ineğin süt verimindeki devamlılığının iyi düzeyde olduğunu ve daha ekonomik olduğunu göstermektedir. Laktasyon dönemi boyunca süt üretiminde minimum dalgalanmalar sergileyen bir sığırın, laktasyonun başlangıcında önemli miktarda süt sağlayan ve sonraki aşamalarda azalan miktarda süt veren sığır yerine tercih edilmesi gerektiği bildirilmiştir (Wood, 1967). Bu sürecin matematiksel modeller kullanılarak analiz edilmesiyle, süt üretiminin farklı durumlarda nasıl değişeceği tahmin edilebilir. Örneğin, doğru bir laktasyon eğrisi tahmini sayesinde besleme programları optimize edilebilir, üreme planlaması yapılabilir ve yüksek verimli inekler daha etkin bir şekilde seçilebilir (Freeze ve Richards, 1992). Ancak, laktasyon eğrisinin modellenmesinde kullanılan veri miktarı ve bu verinin doğruluğu, tahminlerin güvenilirliğini doğrudan etkileyen kritik faktörlerdendir.

Literatürde laktasyon eğrisi modellemesi için farklı yaklaşımlar ve matematiksel modeller önerilmiştir. Wood, Wilmlink, Ali ve Schaeffer gibi çeşitli modeller, süt verimi dinamiklerini açıklamada yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu modellerin performansı, kullanılan verilerin niteliği ve niceliği ile doğrudan ilişkilidir. Ayrıca test günü sayısı, laktasyon eğrisinin şeklinin belirlenmesinde önemli bir role sahiptir (Scott ve ark., 1996). Yeterli sayıda ve doğru aralıklarla alınan test günü verileri, laktasyon eğrisini daha doğru bir şekilde modelleyebilmek için gereklidir (Grossman ve ark., 1986). Olori ve ark. (1999) bazı durumlarda, belirli laktasyonları tam olarak yansıtmak için 10 test günü kaydının yeterli olmayacağını belirtmiştir. Diğer yandan, hastalıklar (mastitis, metabolik hastalıklar), yaralanmalar ve kayıt hataları, bazı ineklerin gerçek genetik yeteneklerinin doğru bir şekilde temsil edilmesini engelleyebilir (Wiggans ve ark., 2003). Ayrıca, ilk kayıt ile laktasyonun pik noktaya ulaştığı süre arasındaki zamanda matematiksel analizi etkileyebilir (Gołębiewski ve ark., 2011).

Test günü sayısının artırılması genellikle modelin doğruluğunu iyileştirirken, aşırı veri kullanımı gereksiz maliyetlere ve iş yüküne yol açabilir. Ayrıca veri toplama maliyetlerinin artması ve pratikte uygulama zorlukları göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle, minimum test günü sayısı ile maksimum tahmin doğruluğunu elde etmek, araştırmacılar ve sürü yöneticileri için önemli bir araştırma

alanı olup, test günü sayısının optimize edilmesi hem ekonomik hem de operasyonel açıdan verimli bir çözüm sunabilir.

Yüksek süt verimi potansiyeliyle Holstein ırkı sığırlar, dünya genelinde süt sığırcılığında en fazla tercih edilen sığır ırkıdır. Bu ırkın laktasyon performansının detaylı bir şekilde modellenmesi, süt sığırcılığında verimlilik hedeflerine ulaşmada önemli bir katkı sağlayabilir. Bu nedenle çalışmada, araştırmacılar tarafından yaygın şekilde kullanılan Wood modeli temel alınarak, birinci laktasyondaki Holstein ırkı süt ineklerinin laktasyon eğrisinin modellenmesinde test günü sayısının tahmin doğruluğuna etkisi incelenmiştir.

## 2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, Kırşehir ilindeki özel bir işletmede yetiştirilen, birinci laktasyondaki 150 baş Holstein süt ineğine ait test günü süt verim kayıtları (TGSV) kullanılmıştır. Kayıtlar 305 gün boyunca sabah ve akşam olmak üzere her 15 günde bir süt verimlerinden oluşmaktadır. Araştırmaya yalnızca 305 gün boyunca tam kaydı bulunan hayvanlar dahil edilmiş, eksik gözlemleri olan hayvanlar ise çalışma dışında bırakılmıştır. Araştırmada, TGSV sayısının etkisini değerlendirmek amacıyla 4 farklı model oluşturulmuş ve bu modellerin analizinde, araştırmacılar arasında yaygın olarak kullanılan Wood modeli tercih edilmiştir. Bu modele ait eşitlik aşağıda sunulmuştur.

$$Y_t = a * t^b * e^{-ct} \quad (1)$$

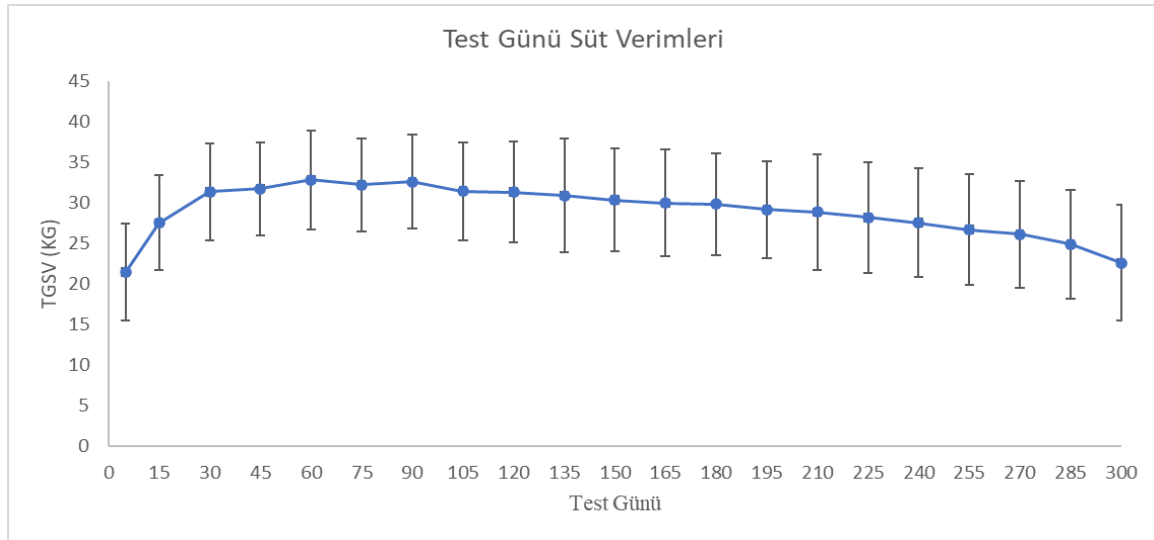
Y<sub>t</sub>: t. gündeki laktasyon süt verimini (kg); t: Buzağılamadan kontrol gününe kadar geçen süreyi (gün); a: Y eksenine ait eğrinin kestiği noktayı; b: Laktasyon başlangıcında verimin yükselmesini ifade eden katsayıyı; c: Pikten sonra verimin düşüşünü gösteren katsayıyı; e: Doğal logaritma tabanını (2,7182) ifade eder. TGSV sayısı farklı olan verilerin analizinde aşağıda verilen test günü sayıları kullanılmıştır.

Model 1: 150 güne kadar her 30 günde bir alınan TGSV kayıtları,  
Model 2: 150 güne kadar her 15 günde bir alınan TGSV kayıtları,  
Model 3: 305 güne kadar her 15 günde bir alınan TGSV kayıtları,  
Model 4: 305 güne kadar her 30 günde bir alınan TGSV kayıtları.

Modellerin tahmininde, paket programın iterasyonlarda kullanacağı başlangıç değerleri olarak, Soydaner (2016) tarafından Holstein inekleri için Wood modeli ile tahmin edilen a=22,86, b=0,188 ve c=0,045 parametre değerleri kullanılmıştır. Modellere ait tahminler her bir inek için bireysel olarak yapılmış, elde edilen katsayılar üzerinden ortalama katsayı değerleri hesaplanmıştır. Bu ortalama değerlerle elde edilen laktasyon modellerinde test günü (t) yerine değerler (gün) yazılarak modellere ait süt verimleri tahmin edilmiştir. Bu modellerin karşılaştırılmasında, hata kareler ortalaması (HKO) ve belirtme katsayısı (R<sup>2</sup>) değerleri esas alınmış ve her bir hayvan için bireysel olarak hesaplanan modellerden elde edilen değerler Kruskal Wallis H testi ile karşılaştırılmıştır. Gruplar arasındaki farklılıklara ise Dunn çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır. Modellerin tahmin edilmesinde ve karşılaştırmaların yapılmasında SPSS istatistik paket programından yararlanılmıştır.

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırmaya dahil edilen birinci laktasyondaki 150 Holstein ineğin TGSV'lerinden hesaplanan süt verimlerine ait bulgular Şekil 1'de sunulmuştur. Şekilden de görüldüğü üzere, en düşük süt verimi 21,48±6,02 kg ile ilk sağımda, en yüksek süt verimi ise 32,86±6,13 kg ile 60. günde gözlemlenmiştir. Altmışıncı günden itibaren süt verimi düşüşü yavaş iken, 210. günden sonra (28,89±7,11) daha hızlı bir düşüş göstermiştir. Laktasyonun sonunda süt verimi 22,61±7,14 kg olarak kaydedilmiştir.



Şekil 1. Araştırmaya dahil edilen hayvanların test günü süt verimleri (Ortalama ± Std Sapma)

Farklı test günü sayıları için bireysel olarak Wood modeliyle elde edilen tahmin denklemlerine ait parametrelerin ortalama değerlerine ilişkin bulgular Tablo 1'de verilmiştir.

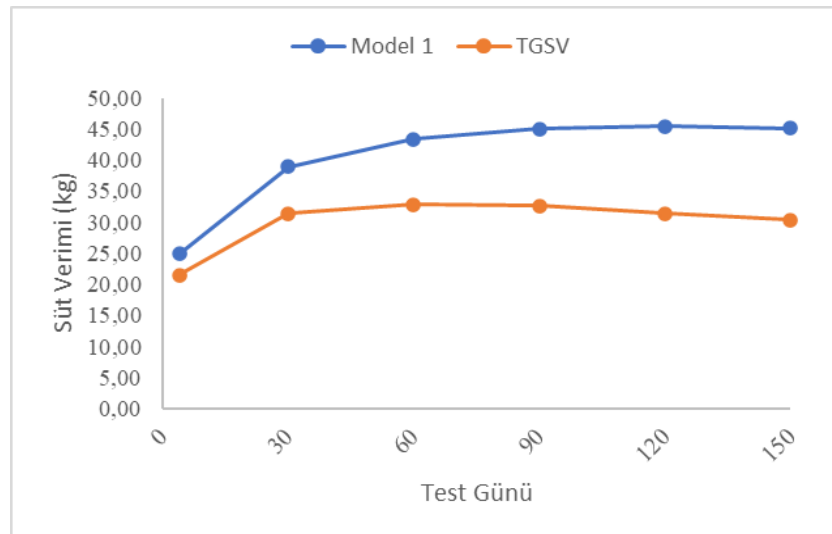
Tablo 1. Modellere ait katsayılar ve standart hata değerleri

| Modeller | a      | SH    | b     | SH    | c     | SH    |
|----------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Model 1  | 17,841 | 6,679 | 0,247 | 0,127 | 0,002 | 0,016 |
| Model 2  | 16,847 | 4,431 | 0,235 | 0,097 | 0,002 | 0,002 |
| Model 3  | 17,269 | 3,987 | 0,211 | 0,069 | 0,002 | 0,001 |
| Model 4  | 17,360 | 4,399 | 0,218 | 0,080 | 0,003 | 0,001 |

SH: Standart hata

Elde edilen bulgulara göre Y eksenini ile eğrinin kestiği noktayı ifade eden a katsayısı Model 1'de en yüksek, Model 2'de ise en düşük bulunmuştur. Laktasyon başlangıcında verimin yükselmesini ifade eden b katsayısı Model 1'de en yüksek Model 3'de en düşük bulunmuştur. Pikten sonra verimin düşüşünü gösteren katsayı olan c katsayısı Model 4'de en yüksek bulunmuşken diğer modellerde benzer bulunmuştur. Araştırmada Model 1 ile tahmin edilen süt verimi değerleri ve gözlenen değerlere ait bulgular Şekil 2'de verilmiştir.

| Gün | Model 1      | TGSV         |
|-----|--------------|--------------|
| 5   | 24,93        | 21,48        |
| 30  | 38,88        | 31,38        |
| 60  | 43,36        | <b>32,86</b> |
| 90  | 45,04        | 32,64        |
| 120 | <b>45,43</b> | 31,36        |
| 150 | 45,11        | 30,39        |



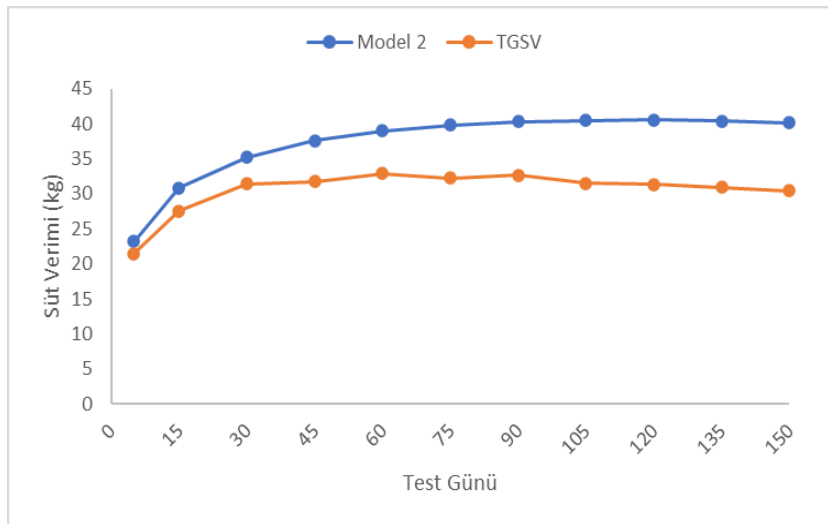
Şekil 2. 150 güne kadar her 30 günde bir TGSV kayıtları ve tahmin değerleri

Şekil 2'de Model 1 ile tahmin edilen süt verimleri incelendiğinde, en yüksek süt veriminin 120. günde tahmin edildiği görülmüştür. Araştırmada kullanılan TGSV değerleri incelendiğinde, en yüksek süt veriminin 60. günde gözlemlendiği tespit edilmiştir. Veriler incelendiğinde en düşük sapma (%16,06) ilk test gününde gözlemlenmişken en yüksek sapma son test gününde (%48,44) gözlemlenmiştir.

Wood modeli ile Holstein sığır sütü üretim tahminine ilişkin parametreler Abdelsayed ve ark. (2013) tarafından değerlendirilmiş olup, elde ettikleri sonuçlar Model 1 ile tahmin ettiğimiz parametre tahminleri ( $a = 18,32$   $b = 0,1428$  ve  $c = 0,0040$ ) ile yakındır. Koçak ve Ekiz (2008) tarafından birinci laktasyondaki Holstein inekleri için Wood modeli kullanılarak oluşturdukları laktasyon eğrilerinin, Model 1'de elde edilen sonuçlara göre daha düşük açıklama gücüne ( $R^2=0,595$ ) sahip olduğu belirlenmiştir. Dematawewa ve ark. (2007), birinci laktasyondaki Holstein inekleri için Wood modeli kullanarak, 305 günlük standart laktasyon ile daha uzun süreli (1000 günlük) laktasyonlar için elde ettikleri katsayılar incelendiğinde, Model 1'de elde ettiğimiz sonuçların, uzun dönem katsayılarıyla karşılaştırıldığında a katsayısının (17,8808) benzer olduğu ancak b (0,1616) ve c (0,002) katsayılarının daha yüksek olduğu görülmüştür. 305 günlük laktasyonda ise a katsayısı (15,6862) daha yüksek, b (0,2081) ve c (0,002) katsayıları yakın bulunmuştur. Bu bulgular, Simental inekleri için hesaplanan katsayılarla benzerlik göstermiştir (Kopec ve ark., 2021).

Araştırmada Model 2 ile tahmin edilen süt verimi değerleri ve gözlenen değerlere ait bulgular Şekil 3'de verilmiştir.

| Gün | Model 2      | TGSV         |
|-----|--------------|--------------|
| 5   | 23,15        | 21,48        |
| 15  | 30,87        | 27,56        |
| 30  | 35,22        | 31,38        |
| 45  | 37,56        | 31,76        |
| 60  | 38,96        | <b>32,86</b> |
| 75  | 39,81        | 32,23        |
| 90  | 40,28        | 32,64        |
| 105 | <b>40,50</b> | 31,47        |
| 120 | <b>40,51</b> | 31,36        |
| 135 | 40,38        | 30,92        |
| 150 | 40,13        | 30,39        |

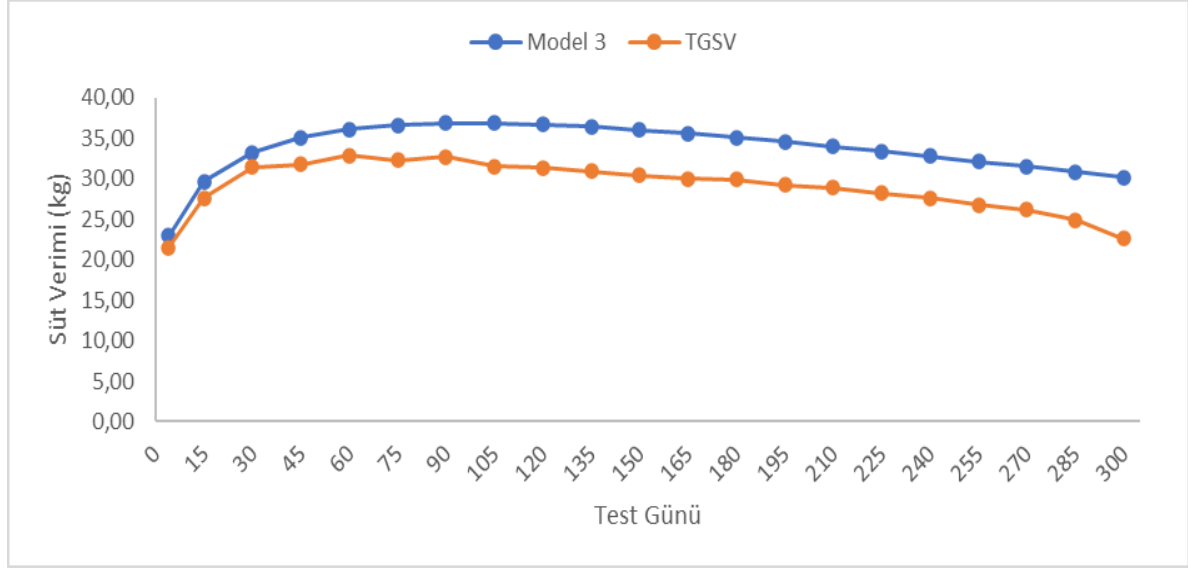


Şekil 3. 150 güne kadar her 15 günde bir TGSV kayıtları ve tahmin değerleri

Şekil 3'de Model 2 ile tahmin edilen süt verimleri incelendiğinde, en yüksek süt veriminin 105 ile 120. günlerde tahmin edildiği görülmüştür. Araştırmada kullanılan TGSV değerleri incelendiğinde, en yüksek süt veriminin 60. günde gözlemlendiği tespit edilmiştir. Veriler incelendiğinde en düşük sapma (%7,77) ilk test gününde gözlemlenmişken en yüksek sapma son test gününde (%32,05) gözlemlenmiştir. Kopec ve ark. (2013) tarafından birinci laktasyondaki Czech Fleckvieh sığırları için Wood modeli ile tahmin edilen katsayı değerleri çalışmamızdaki Model 2 ile elde edilen katsayı değerlerine daha yakın bulunmuştur.

Araştırmada Model 3 ile tahmin edilen süt verimi değerleri ve gözlenen değerlere ait bulgular Şekil 4'de verilmiştir.

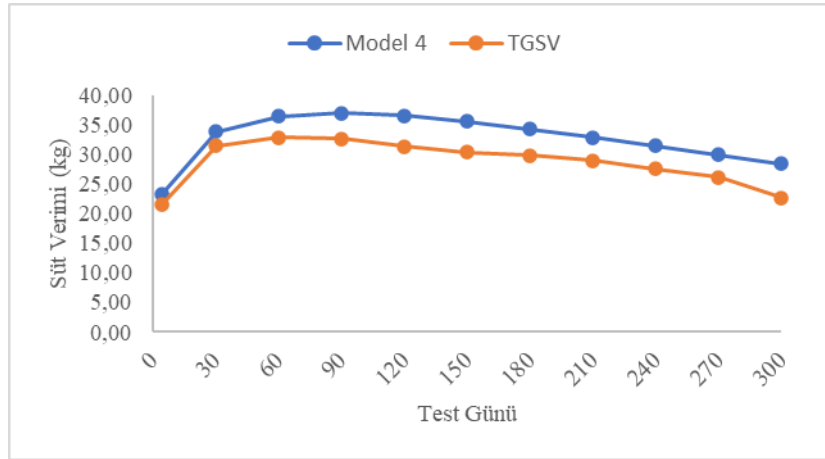
| Gün | Model 3 | TGSV         | Gün | Model 3      | TGSV  | Gün | Model 3 | TGSV  |
|-----|---------|--------------|-----|--------------|-------|-----|---------|-------|
| 5   | 22,95   | 21,48        | 105 | <b>36,82</b> | 31,47 | 210 | 33,98   | 28,89 |
| 15  | 29,64   | 27,56        | 120 | 36,67        | 31,36 | 225 | 33,38   | 28,21 |
| 30  | 33,23   | 31,38        | 135 | 36,39        | 30,92 | 240 | 32,76   | 27,57 |
| 45  | 35,04   | 31,76        | 150 | 36,03        | 30,39 | 255 | 32,12   | 26,72 |
| 60  | 36,05   | <b>32,86</b> | 165 | 35,59        | 30,00 | 270 | 31,47   | 26,13 |
| 75  | 36,59   | 32,23        | 180 | 35,09        | 29,85 | 285 | 30,82   | 24,91 |
| 90  | 36,82   | 32,64        | 195 | 34,55        | 29,18 | 300 | 30,16   | 22,61 |



Şekil 4. 305. güne kadar her 15 günde bir TGSV kayıtları ve tahmin değerleri

Şekil 4'de Model 3 ile tahmin edilen süt verimleri incelendiğinde, en yüksek süt veriminin 105. günde tahmin edildiği görülmüştür. Araştırmada kullanılan TGSV değerleri incelendiğinde, en yüksek süt veriminin 60. günde gözlemlendiği tespit edilmiştir. Veriler incelendiğinde en düşük sapma (%7,77) 30. günde gözlemlenmişken en yüksek sapma son test gününde (%33,39) gözlemlenmiştir. Araştırmada Model 4 ile tahmin edilen süt verimi değerleri ve gözlenen değerlere ait bulgular Şekil 5'de verilmiştir.

| Gün | Model 4      | TGSV         |
|-----|--------------|--------------|
| 5   | 23,25        | 21,48        |
| 30  | 33,78        | 31,38        |
| 60  | 36,44        | <b>32,86</b> |
| 90  | <b>36,93</b> | 32,64        |
| 120 | 36,47        | 31,36        |
| 150 | 35,51        | 30,39        |
| 180 | 34,27        | 29,85        |
| 210 | 32,88        | 28,89        |
| 240 | 31,39        | 27,57        |
| 270 | 29,88        | 26,13        |
| 300 | 28,36        | 22,61        |

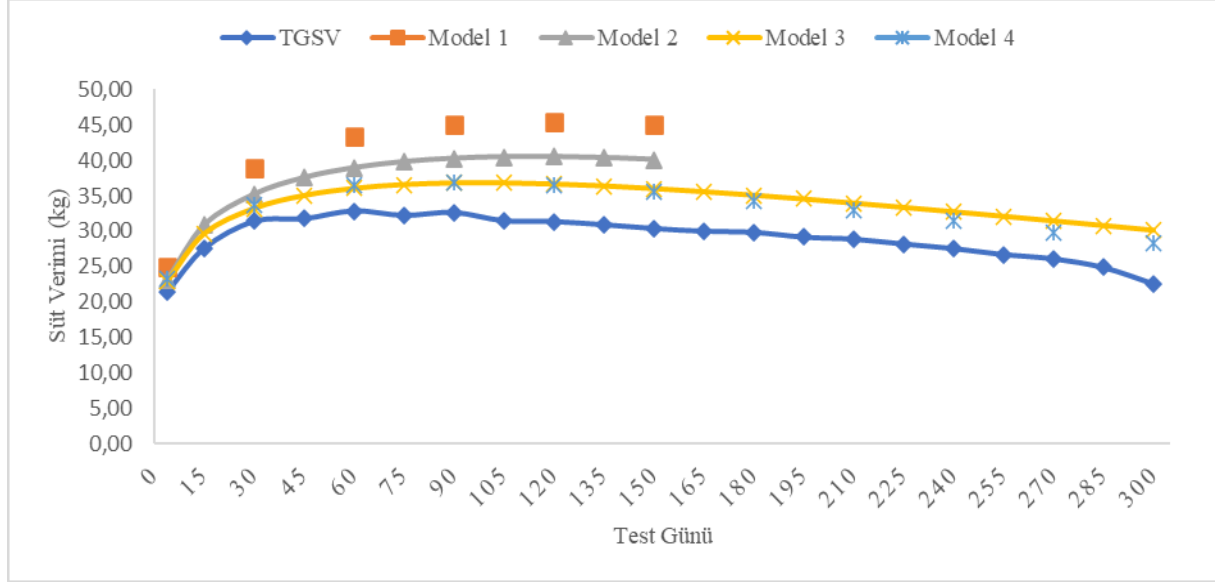


Şekil 5. 305. güne kadar her 30 günde bir TGSV kayıtları ve tahmin değerleri

Şekil 5'de Model 4 ile tahmin edilen süt verimleri incelendiğinde, en yüksek süt veriminin 90. günde tahmin edildiği görülmüştür. Araştırmada kullanılan TGSV değerleri incelendiğinde, en yüksek süt veriminin 60. günde gözlemlendiği tespit edilmiştir. Veriler incelendiğinde en düşük sapma (%7,65) 30. günde gözlemlenmişken en yüksek sapma son test gününde (%25,43) gözlemlenmiştir. Sitkowska ve ark., (2020)'nin Wood modeli ile tahmin ettikleri birinci laktasyondaki Polonya Holstein sığırlarının test

günü süt verimleri ile elde ettikleri sonuçlar incelendiğinde elde edilen parametreler çalışmamızdaki Model 4 ile benzer Model 1'deki parametrelerden düşük bulunmuştur.

Modellerle tahmin edilen süt verimleri ve TGSV değerlerinin dağılımları toplu olarak Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Modellerle tahmin edilen süt verimleri ve TGSV değerlerinin dağılımları

Şekil 6 incelendiğinde TGSV'ye en yakın tahminlerin 305. güne kadar her 30 günde bir alınan test günü süt verimlerinden tahmin edilen süt verimlerine yakın olduğu gözlemlenmiş olup en uzak tahminlerin ise her 30 günde bir 150. güne kadar alınan test günü süt verimlerinden elde edilen süt verimlerine ait olduğu belirlenmiştir. Ancak araştırmada incelenen modellerin tahmin güçleri ve tahmin hatalarına ait bulgular incelendiğinde (Tablo 2) HKO değerinin en düşük Model 1 ile elde edildiği, Model 2, Model 3 ve Model 4 ile elde edilen HKO değerlerinin istatistiksel olarak birbirinden farklı olmadığı belirlenmiştir.  $R^2$  değerleri incelendiğinde en yüksek değer yine Model 1 ile elde edildiği diğer modellere ait değerler incelendiğinde ikinci sırada en yüksek değer Model 4'ten elde edildiği ve en düşük doğruluğun ise Model 2'den elde edildiği belirlenmiştir. Buna göre HKO değerinin en düşük (11,504) ve  $R^2$  değerinin en yüksek olduğu (0,767) 150 güne kadar 30 günde bir alınan TGSV kayıtlarının birinci laktasyondaki Holstein ineklerinin laktasyon eğrilerinin modellenmesinde kullanılabileceği belirlenmiştir.

Tablo 2. Modellerin tahmin güçlerine ve doğruluklarına ait bulgular

| Modeller | HKO                 | $R^2$              |
|----------|---------------------|--------------------|
| Model 1  | 11,504 <sup>a</sup> | 0,767 <sup>a</sup> |
| Model 2  | 12,284 <sup>b</sup> | 0,595 <sup>c</sup> |
| Model 3  | 13,790 <sup>b</sup> | 0,545 <sup>d</sup> |
| Model 4  | 13,959 <sup>b</sup> | 0,664 <sup>b</sup> |
| <i>p</i> | <0,001              | <0,001             |

HKO: Hata Kareler Ortalaması,  $R^2$ : Belirtme Katsayısı, <sup>a,b</sup>: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak birbirlerinden farklıdır.

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, farklı test günü sayılarının laktasyon eğrisi tahmin doğruluğu üzerindeki etkisi incelenmiş ve laktasyon eğrisinin en uygun şekilde modellenmesi için ideal test günü aralığının belirlenmesi amaçlanmıştır. Elde edilen bulgulara göre HKO değerinin en düşük ve  $R^2$  değerinin en yüksek olduğu 150 güne kadar 30 günde bir alınan TGSV kayıtlarının birinci laktasyondaki Holstein sığırlarının laktasyonlarının modellenmesinde kullanılabileceği belirlenmiştir.

Araştırma bulgularının, süt veriminin etkin şekilde izlenmesine ve sürü yönetimi uygulamalarının iyileştirilmesine katkı sağlayarak sektörün verimlilik hedeflerine ulaşmasına destek olacağı öngörülmektedir. Ayrıca, farklı modeller kullanarak test günü sayılarının etkilerini belirlemeye yönelik çalışmalar yapılmasının zaman, işgücü ve maliyet açısından araştırmacılar için faydalı olacağı, laktasyon eğrisi modellemesi üzerine daha fazla araştırma yapılması ve özellikle farklı ırk ve çevresel koşullar altında elde edilen veriler için ek araştırmalar yapılmasının gerekli olduğu düşünülmektedir.

### Teşekkür

Bu çalışma 17-19 Mayıs 2024 tarihleri arasında Kırşehir’de düzenlenen 17. Ulusal Zootečni Öğrenci kongresinde sözlü bildiri olarak sunulmuş ve kongre kitapçığında özet metin olarak yayınlanmıştır.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

### Etik Beyan

Çalışmada hayvanlar ile herhangi bir temas olmadığı için Etik Kurul Onayı alınmasına gerek duyulmamıştır.

### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarların makaleye katkı oranları eşittir.

### Kaynaklar

- Abdelsayed, M., Thomson, P. C. & Raadsma, H. W. (2013). Characteristics of extended lactation and persistency in Australian dairy cows. In: Proceedings of the Twentieth Conference of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics; Oct 20-23, 2013, Napier, New Zealand. pp. 57-61.
- Briggs, K. R. & Ackermann, M. (2024). National dairy research programs: what is their role in animal health and sustainability research?. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 262(8), 1129-1133.
- Dematawewa, C. M. B., Pearson, R. E. & VanRaden, P. M. (2007). Modeling extended lactations of Holsteins. *Journal of Dairy Science*, 90(8), 3924–3936.
- Freeze, B. S. & Richards, T. J. (1992). Lactation curve estimation for use in economic optimization models in the dairy industry. *Journal of Dairy Science*, 75(11), 2984-2989.
- Gołębiewski, M., Brzozowski, P. & Gołębiewski, Ł. (2011). Analysis of lactation curves, milk constituents, somatic cell count and urea in milk of cows by the mathematical model of Wood. *Acta Veterinaria Brno*, 80(1), 73-80.
- Grossman, M., Kuck, A. L. & Norton, H. W. (1986). Lactation curves of purebred and crossbred dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 69(1), 195-203.
- Kamidi, R. E. (2005). A parametric measure of lactation persistency in dairy cattle. *Livestock Production Science*, 96(2-3), 141-148.
- Koçak, Ö. & Ekiz, B. (2008). Comparison of different lactation curve models in Holstein cows raised on a farm in the south-eastern Anatolia region. *Archives Animal Breeding*, 51(4), 329–337.
- Kopec, T., Chládek, G., Kučera, J., Falta, D., Hanuš, O., & Roubal, P. (2013). The effect of the calving season on the Wood’s model parameters and characteristics of the lactation curve in Czech Fleckvieh cows. *Archives Animal Breeding*, 56(1), 808–815.
- Kopec, T., Chládek, G., Falta, D., Kučera, J., Večeřa, M., & Hanuš, O. (2021). The effect of extended lactation on parameters of Wood’s model of lactation curve in dairy Simmental cows. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 34(6), 949–956.
- Mattalia, S., Rocland, M., Aguerre, S., & Poppe, M. (2022). Test-day genetic evaluations: A tool to measure herd resilience through monthly milk records. In Proceedings of 12th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production (WCGALP) Technical and species orientated innovations in animal breeding, and contribution of genetics to solving societal challenges (pp. 651-654). Wageningen Academic Publishers.

- Olori, V. E., Brotherstone, S., Hill, W. G., & McGuirk, B. J. (1999). Fit of standard models of the lactation curve to weekly records of milk production of cows in a single herd. *Livestock Production Science*, 58(1), 55–63.
- Orhan, H., & Kaygısız, A. (2002). Siyah Alaca sığırlarda farklı laktasyon eğrisi modellerinin karşılaştırılması. *Hayvansal Üretim*, 43(1), 94-99.
- Rodriguez-Obando, D., Castro-Rincón, E., Castaño-Marín, A. M., Montes-Vergara, J. C. & Rosero, N. (2022). Data-driven dynamical modeling of dairy production oriented to herd management. *Advances in Control and Optimization of Dynamical Systems*, 55(10), 1441–1446.
- Scott, T. A., Yandell, B. S., Zepeda, L., Shaver, R. D., & Smith, T. R. (1996). Use of lactation curves for analysis of milk production data. *Journal of Dairy Science*, 79(10), 1885-1894.
- Sitkowska, B., Kolenda, M., & Piwczynski, D. (2020). Comparison of the fit of automatic milking system and test-day records with the use of lactation curves. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 33(3), 408–415.
- Soydaner, M. (2016). *Kırşehir ilinde özel bir işletmede yetiştirilen siyah alaca ineklerde farklı laktasyon eğrisi modellerinin karşılaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırşehir, Türkiye.
- Wiggans, G. R., VanRaden, P. M., & Philpot, J. C. (2003). Technical note: detection and adjustment of abnormal test-day yields. *Journal of Dairy Science*, 86(8), 2721–2724.
- Wood, P. D. P. (1967). Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature* 216:164–165.
- Yüksel, S. & Yanar, M. (2009). Esmer ırk ineklere ait laktasyon eğrisi parametrelerinin farklı matematiksel modellerle tespiti ve bu parametrelere bazı çevresel faktörlerin etkisi. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 49(1), 17-26.





## Kanser Tedavisi İçin Bağırsak Mikrobiyotasının Nanoteknoloji Modülasyonu

Tuba DOLGUN<sup>1</sup>, Semanur TEKPAK<sup>1</sup>, Murat IHLAMUR<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Biruni Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, 34025, İstanbul

<sup>2</sup>Biruni Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, 34025, İstanbul

Tüm yazarların orcid bilgileri: 0009-0009-3026-0931, 0009-0003-8737-2682, 0000-0002-0458-5638

\*Sorumlu yazar e-mail: ihlamurmurat@gmail.com

### Derleme

### ÖZET

#### Makale Tarihi:

Geliş tarihi: 25.07.2024

Kabul tarihi: 29.10.2024

Online Yayınlanma:

31.12.2024

#### Anahtar Kelimeler:

Nanoteknoloji

Mikrobiyota

Kanser

Nanotıp

Mikrobiyota, bir insanın vücudunda veya belirli bir ortamda yaşayan mikroorganizmaların toplamını ifade etmektedir. Gastrointestinal sistem mikrobiyotası, insan vücudunun temel bir bileşeni olarak kabul edilmektedir. Bağırsak mikrobiyotası, antikanser tedavilerinin etkinliğini artırabilmekte ve kanserin önlenmesinde rol oynamaktadır. Bağırsak mikrobiyotasındaki veya mikrobiyomdaki değişiklikler, hastalıklarında, özellikle kanserde önemli roller oynamaktadır. Geleneksel mikrobiyom tedavileri bazı durumlarda kanser tedavilerinde de etkili olmaktadır. Ancak, bu tedavilerin simbiyotik mikrobiyoma yan etkileri ve bu tedavilerin güvenilirliği gibi sorunlar, özellikle kanser mikrobiyotası ile kesilen yeni teknolojik gelişmelerin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Nanoyapılar günümüzde kanser tedavilerinde kullanılmaya başlanmıştır. Nanomalzemelerin kanserin önlenmesindeki başarısı, nanomalzemelerin kansere neden olan mikrobiyotayı ve bunların metabolitlerini ve kanser mikroçevresini değiştirebildiği için gerçekleşmektedir. Bundan dolayı nanomalzemeler kanseri yok etmek için yeni stratejiler olarak kullanılabilir. Ancak, bu yeni araştırma alanı, nanomalzemeler aracılığıyla kanseri yok etme sürecindeki tam mekanizmaları belirlemek için daha fazla in vivo klinik deney gerektirmektedir. Nanomalzemelerin, mikrobiyotanın, mikrobiyal metabolitlerin, kanser ve kanserle ilişkili mikroçevrelerin bağlantısını hayvanlarda ve insanlarda araştırmalıdır. Bu derlemede, mikrobiyota ve nanomalzemelerin kanser tedavisindeki rollerine, mikrobiyotanın ve metabolik müdahalelerin nanomalzemeler aracılığıyla rolüne odaklanılacaktır.

### Nanotechnology Modulation of Gut Microbiota for Cancer Treatment

### Review

### ABSTRACT

#### Article History:

Received: 25.07.2024

Accepted: 29.10.2024

Published online:

31.12.2024

#### Keywords:

Nanotechnology

Microbiota

Cancer

Nanomedicine

Microbiota refers to the totality of microorganisms living in a person's body or in a specific environment. The gastrointestinal microbiota is considered a fundamental component of the human body. Intestinal microbiota can increase the effectiveness of anticancer treatments and play a role in the prevention of cancer. Changes in the intestinal microbiota or microbiome play important roles in diseases, especially cancer. Traditional microbiome treatments are also effective in cancer treatments in some cases. However, problems such as the side effects of these treatments on the symbiotic microbiome and the reliability of these treatments necessitate the development of new technological developments that intersect with the cancer microbiota. Nanostructures have begun to be used in cancer treatments today. The success of nanomaterials in the prevention of cancer occurs because nanomaterials can change the cancer-causing microbiota and their metabolites and the cancer microenvironment. Therefore, nanomaterials can be used as new strategies to eliminate cancer. However, this new field of research requires further in vivo clinical trials to determine the exact mechanisms involved in the process of cancer eradication via nanomaterials. The link between nanomaterials, microbiota, microbial metabolites, cancer and cancer-associated microenvironments should be investigated in animals and humans. This review will focus on the roles of microbiota and nanomaterials in cancer treatment, the role of microbiota and metabolic interventions via nanomaterials.

E-ISSN: 2979-9198

To Cite: Dolgun, T., Tekpak, S., & Ihlamur, M. (2024). Kanser tedavisi için bağırsak mikrobiyotasının nanoteknoloji modülasyonu. *Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(2), 90-104.



## 1. GİRİŞ

Kanser gelişmekte olan ülkelerde başlıca ölüm nedenidir. Kanser, bir organizmadaki hücrelerin kontrolsüz bölünmesi, çoğalması ve birikmesi ile oluşan genetik ve çevresel koşulların etkisi altında olan multifaktöriyel bir hastalıktır (Zengin ve ark., 2022). Kanser, hücrelerin kontrolsüz büyümesi ve yayılması sonucu ortaya çıkan bir hastalıktır. Dünya genelinde ve ülkemizde kalp hastalığından sonra ölüm nedenleri arasında ikinci sırada yer almaktadır. Kanser, hücrelerin bölünmesi, çoğalması ve kontrolü genlerin etkisi altında olduğu için genlerle ilişkili bir hastalıktır. Genlerde meydana gelen bir hasardan dolayı DNA tamir sistemleri genin işlevlerini yeniden kazandırmaya çalışmaktadır. Ancak her zaman başarı sağlanamayabilmektedir (Ihlamur ve ark., 2024a; Ihlamur ve ark., 2024b). Kanser tedavisindeki terapötik ilerlemelere rağmen, kemoterapötik ajanlara karşı direnç, kanser tedavisinin ayırt edici özelliği olmaya devam etmektedir. Kemoterapötik direnç, kanser hastalarında kötüleşmenin, metastazın ve hayatta kalma oranlarının azalmasının ana nedenidir. Yakın zamanda yapılan bir araştırma, mikrobiyotanın kemoterapötik araçların toksisitesinde, metabolizmasında ve etkinliğinde önemli bir rol oynadığını vurgulamaktadır (Algrafi ve ark., 2023).

Konak mikrobiyotası, gastrointestinal sistem, cilt, akciğerler, idrar yolu ve vajina gibi çeşitli anatomik bölgelerde yaşayan çeşitli mikrobiyal varlıkları içermektedir. Bunlar arasında, yaklaşık olarak  $3 \times 10^{13}$  bakteri hücresinden oluşan bağırsak mikrobiyotası, konak ile kommensal bir ilişki sürdürmektedir. Ancak, gastrik ekosistemin düzensizleşmesi, patojenik bakteri suşlarının (örneğin, antibiyotiklere dirençli *Enterococcus* ve *Clostridium difficile*) çoğalmasına neden olabilmektedir. Değişkenlik göstermesine rağmen, bağırsak mikrobiyotasının bileşimi bir birey içinde genellikle stabil kalmakta ve yaşam tarzı, genetik ve çevresel faktörler gibi etkenlerden etkilenmektedir. Gelişen kanıtlar, bağırsak mikrobiyotasının kanser oluşumunda rol oynadığını ve antikanser tedavilerin etkinliğini, toksisitesini ve etkinliğini artırabileceğini göstermektedir (Kelleci ve ark., 2023).

Eş zamanlı olarak, nanoteknoloji alanı hızla gelişmektedir ve nanomalzemeler, çeşitli endüstriyel işlemlerde, nanomedikal alanda, aşı geliştirmede, görüntüleme yöntemlerinde ve tüketici ürünlerinde kullanılmaktadır (Hamurci ve ark., 2024). Küresel nanoteknoloji pazarı, 2016'da 39,2 milyar dolarlık bir değere sahiptir ve bu rakamın 2021'de 90,5 milyar doları aşması beklenmektedir. Ancak, nanopartiküllerin insan bağırsak mikrobiyotası üzerindeki etkileri konusunda giderek artan endişeler bulunmaktadır. Çünkü bu partiküller deri teması, yutma ve solunum yoluyla vücuda girebilmektedir. Çalışmalar, nanomalzeme maruziyetinin farelerin ileumunda Firmicutes'in bolluğunu azalttığını ve gen ifadesini değiştirdiğini göstermektedir. Ancak bu maddelerin insan sağlığına, bağırsak mikrobiyotasına ve kanser tedavisindeki rolüne ilişkin sonuçların belirlenmesi için daha fazla araştırma gereklidir (Williams ve ark., 2015).

Bu derleme, bağırsak mikrobiyota nanomedikal tedavisi ve kanser tedavisi arasındaki etkileşimi, mikrobiyotanın nanomalzeme müdahalelerine metabolik yanıtlarını, mikrobiyal ilhamı inceleyen ve insanlar ve hayvanlar üzerinde nanomalzeme kullanımıyla ilişkili zorlukları belirleyen ve ayrıca kanser tedavisi ve kanserle ilişkili metabolik hastalıklarda bağırsak mikrobiyotası hedefli nanoteknolojinin mevcut durumunu ve gelecek perspektiflerini kapsamlı bir şekilde incelemektedir.

## 2. NANOTEKNOLOJİ

Nanoteknoloji, maddelerin nanometre (nm) ölçeğinde işlenmesi, düzenlenmesi ve kontrol edilmesini ifade etmektedir. Bir nanometre, metrenin milyarda biridir ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ). Bu teknoloji, genellikle 1-100 nanometre boyutlarındaki yapıların özelliklerini ve davranışlarını incelemek ve bu boyutlarda fonksiyonel malzemeler, cihazlar ve sistemler geliştirmekle ilgilenmekte, ticari kullanım dahil olmak üzere birçok alanda (sağlık, elektronik, gıda, enerji vb.) uygulanmaktadır. Bununla birlikte, nanoteknoloji, sadece yapıların düzenlenmesini değil, aynı zamanda bu yapıların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin kontrol edilmesini ve kullanımını da kapsamaktadır. Nanoteknolojinin amaçları; nanometre ölçeğindeki yapıların detaylı analizi, nanometre boyutundaki yapıların fiziksel özelliklerinin kavranması, nanometre ölçeğindeki yapıların üretimi, nano hassasiyetli cihazların tasarlanması ve geliştirilmesi, nano ölçekli cihazların inşası ve iyileştirilmesi, nanoskopik ve makroskopik dünya arasındaki bağlantının kurulması için uygun yöntemlerin geliştirilmesidir (Silva, 2004).

Nanoyapıların çeşitli yüzey özellikleri, farklı uygulama alanlarında belirgin bir varlık göstermiştir. Bu özellikler arasında, mekanizmaların ve ekipmanların aşınmaya karşı korunmasına katkıda bulunan sertlik ve çizilmeye dayanıklılık gibi mekanik özellikler önemlidir. Ayrıca, anti-yapışkan, hidrofobik veya hidrofilik özellikler, kir tutmayan tekstil ürünleri ve kendini temizleyen seramik yüzeyler gibi ürünlerin geliştirilmesini mümkün kılmıştır. Nanoyapıların termal ve kimyasal özellikleri de önemli uygulamalar sunmaktadır. Isıya dayanıklılık ve yalıtkanlık gibi özellikler, paslanmaz mekanizmalar, türbinler, motorlar ve termal yalıtım malzemeleri gibi alanlarda kullanılmıştır. Sağlık sektöründe, biyoyumlu ve anti-infektif özellikler, biyoyumlu implantlar ve antibakteriyel tıbbi gereçler gibi ürünlerin geliştirilmesine olanak sağlamıştır (Kelleci ve ark., 2024). Nanoyapıların manyetik, elektronik ve optik özellikleri de dikkate değerdir. Bu özellikler, transistorler, manyetik hassasiyetli sensörler, anti-yansıma camlar ve güneş pilleri gibi ürünlerin tasarımı ve üretiminde kullanılmıştır (Zdrojewicz ve ark., 2015).

### 3. BAĞIRSAK MİKROBİYOTASI

Mikrobiyota, bir insanın vücudunda veya belirli bir ortamda yaşayan mikroorganizmaların toplamını ifade etmektedir. Bu mikroorganizmalar arasında bakteriler, virüsler, mantarlar, protozoalar ve diğer mikroorganizmalar bulunabilmektedir. İnsan vücudu üzerinde özellikle dikkat çeken mikrobiyota bölgelerinden bir tanesi de bağırsak mikrobiyotasıdır. Bağırsak mikrobiyotası, bireyler arasında farklılık gösteren bir özelliğe sahiptir. Çünkü coğrafi köken, genetik yapı, doğum şekli, yaş, yaşam tarzı, beslenme alışkanlıkları, antibiyotik kullanımı ve geçirilen hastalıklar gibi bir dizi endojen ve ekzojen faktöre bağlı olarak değişim göstermektedir. Sindirim sisteminde bulunan trilyonlarca mikroorganizmayı kapsamakta ve bu mikroorganizmaların çeşitliliği büyük önem taşımaktadır. İnsanların sindirim sistemi mikrobiyotası, doğum anından itibaren gelişim göstermeye başlamaktadır (Thursby ve Juge, 2017).

Bağırsak, vücudumuzdaki ökaryotik hücrelerin sayısının 10-100 katı kadar olan, 100 milyondan fazla bakteriye ev sahipliği yapmaktadır. Bağırsaklarda  $10^{14}$  (100 trilyon) mikroorganizma bulunmaktadır. Bu mikroorganizmalar insan genomundan 150 kat daha fazla gen içermektedir. Yıllar süren ortak gelişim sonucunda, insan vücudu ve bağırsak bakterileri arasında karşılıklı yarar sağlayan simbiyotik bir ilişki oluşturmaktadır. Bu simbiyotik ilişki, bağırsak mikrobiyotasının önemli bir bileşeni haline gelmektedir. Esas gastrointestinal mikrobiyotada 5 grup ve 1500'den fazla tür mikroorganizma bulunmaktadır. Bunlar; Bacteroidetes, Firmicutes, Actinobacteria, Proteobacteria, Cerrucomicrobia'dır. Bu bakteriler arasında, özellikle Bacteroidetes ve Firmicutes, bağırsak florasının baskın gruplarını oluşturmaktadır. Bu zengin mikrobiyotanın, insan sağlığı üzerinde önemli rolleri bulunmaktadır (Al Bander ve ark., 2020).

Mikrobiyotadaki bakteri sayısının ve içeriğinin değişmesi, dengesinin bozulmasına neden olmakta ve bu duruma disbiyoz adı verilmektedir. Bu durum sağlığı olumsuz yönde etkilemekte ve immün sistemin normal işleyişini engellemektedir. Disbiyoz ayrıca bağırsak geçirgenliğini değiştirerek hastalıklara yol açabilmektedir. Mikrobiyota, sağlık ve hastalık durumlarında önemli bir rol oynamaktadır. İntestinal mikrobiyotanın metabolik ve inflamatuvar hastalıklara yol açtığı 10 yıl önce bulunmuştur. İntestinal mikrobiyotanın, organ gelişimi, immün sistemin olgunlaşması ve enerji metabolizması gibi çeşitli biyolojik süreçleri etkilediği bilinmektedir. Önemli araştırmalar, bağırsak mikrobiyotasının metabolik fenotipleri modüle ettiğini, epitel gelişimini düzenlediğini ve doğuştan gelen bağırsaklığın üzerinde etkili olduğunu göstermiştir.

Bağırsak mikrobiyotası ile sinir sistemi arasındaki moleküler ilişki, sağlığı önemli ölçüde etkilemektedir. Hastalıklarla disbiyoz arasındaki ilişki ve bakteri kompozisyonundaki değişiklikler, mikrobiyotayı sağlığın geliştirilmesinde öncelikli bir hedef haline getirmektedir. Disbiyoz ve bağırsak geçirgenliğindeki bozulma, obezite, tip 2 diyabet, kardiyovasküler hastalık, metabolik sendrom, kronik inflamasyon, anksiyete, depresyon, otizm, inflamatuvar bağırsak hastalığı, HIV, Hepatit B ve Hepatit C enfeksiyonu gibi bir dizi hastalığa yol açabilmektedir (Wang ve ark., 2017).



#### 4. BAĞIRSAK MİKROBİYOTASI VE KANSER

Bağırsak mikrobiyotasındaki değişikliklerin intestinal kanserle ilişkili olabileceği düşünülmektedir. İnce bağırsaktaki mikrobiyota, intestinal epitel hücrelerin farklılaşması ve canlılığıyla ilişkili olduğundan, kanserin gelişmesine zemin hazırlayabilmektedir. Bu nedenle, bazı besinler ve kullanılan farmasötik ajanlar karsinogenezi başlatabilmektedir. Mikrobiyotası olmayan farelerde yapılan çalışmalar, kanserin gelişmediğini göstermiştir. Bağırsaktaki bakteriler tarafından üretilen bütirat, doğrudan makrofajları, T hücrelerini ve dentritik hücreleri uyarak kolonik inflamasyonu ve karsinogenezi baskılayan IL-10 üretimini artırmaktadır (Salman ve ark., 2015).

Tümörlerin ilerlemesi ve yayılması, inflamasyon ve antitümör immün yanıtlarla ilişkilidir. Kanser olgularının %15'inde, enfeksiyöz ajanlar veya enfeksiyon ilişkili inflamasyonla bir bağlantı vardır. Mikrobiyotanın disbiyozis ve intestinal bariyerin yıkımı, hematopoetik hücrelerle doğrudan temas ederek kanserojenizde inflamatuvar süreci başlatmaktadır. IL-18'in mukozal koruyucu etkisi vardır ve IL-18 üretimi olmayan farelerde disbiyoz sonucunda kimyasal uyarıcılarla kolon kanseri gelişebilmektedir. Bütirat, bir kısa zincirli yağ asidi (KZYA) olarak, intestinal sistemde diyet liflerinden bakteriler tarafından üretilmekte ve intestinal hücrelerdeki GPR109a ile IL-18 üretimini sağlamaktadır. Ayrıca, bütirat doğrudan makrofajları, T hücrelerini ve dentritik hücreleri uyarmaktadır. KZYA'lar, Treg hücrelerini uyarak kolonik inflamasyonu ve karsinogenezi baskılayan IL-10 üretimini artırmaktadır. IL-22, STAT3 aracılığıyla lamina propiada üretilmekte ve intestinal bariyeri bakteriyel etmenlere karşı korur ve antikarsinogeniktir. IL-18 ve IL-22 ekspresyonu engellenen hayvan modellerinde, bakteriyel endotoksinler karsinogenezi tetikleyebilmektedir (Hassan ve ark., 2014).

Kanser tedavisinin sonuçları, bağırsak mikrobiyotası ve mikrobiyom kompozisyonuyla yakından ilişkilidir. Kemoterapötik ilaçlar, bağırsak mikrobiyal dengesini bozarak çeşitli metabolik süreçleri etkileyebilmektedir. Aynı zamanda kemoterapiye eşlik eden antibiyotik kullanımı, mikrobiyotayı etkileyerek kanser immünoterapisinin etkinliğini azaltabilmektedir. Ek olarak, antibiyotikler ve bağırsak preparatları da mikrobiyomu etkileyerek cerrahi komplikasyon riskini artırabilmektedir. Mikrobiyotanın bozulması, aşırı inflamatuvar sitokin üretimiyle bağışıklık tepkisini etkileyebilmektedir. Son araştırmalar, TNF- $\alpha$  ve INF- $\beta$  gibi sitokinlerin, sistemik bağışıklık sistemi ile mikroorganizmalara özgü metabolik yollar arasında önemli bir bağlantı olduğunu göstermektedir. Prebiyotikler, probiyotikler, diyet değişiklikleri ve dışkı mikrobiyotası nakli gibi yaklaşımlar, mikrobiyotanın modülasyonuna yönelik güncel stratejilerdir. Ancak, bu yöntemler tümöre özgü değildir, tümör mikro ortamında etkili olmayabilir ve tümörle ilişkili bakterilerin tedavisinde kullanılamazlar. Bu nedenle, kanser tedavisini geliştirmek için mikrobiyota modülasyonuna yönelik yeni yöntemlerin, karmaşık bir mikro ortamda etkin olabilmesi için spesifik moleküler sinyal yollarına müdahale edebilme ve birincil tümörle etkili bir şekilde etkileşime girebilme yeteneğine sahip olması gerekmektedir. Bu ihtiyaçları karşılayabilmek için, küçük moleküller, bakteriler ve tümör organları arasındaki etkileşimi sağlayarak nanomateryaller ve moleküler ölçekte çalışan stratejiler geliştirilmelidir (Chuaypen ve ark., 2024).

#### 5. KANSERİN TEŞHİS VE TEDAVİSİNDE NANOTEKNOLOJİ YAKLAŞIMLARI

##### 5.1. Kanser Teşhisi ve Nanoteknoloji

Kanser, uzun bir süreç boyunca gelişen bir hastalıktır ve erken aşamalarda teşhis edilmesi tedavi sürecinde önemli avantajlar sağlamaktadır. Erken evrelerde müdahale edilebilirse, hücrelerin mutasyonlarının önlenmesi veya durdurulması, kanser gelişiminin engellenmesine yardımcı olabilmektedir (Hassan ve ark., 2014).

Geleneksel kanser teşhis yöntemlerinde, X-ışınları ve/veya bilgisayarlı tomografi (CT) taramalarıyla organlardaki büyümeler ve değişiklikler tespit edilmektedir. Şüpheli durumlarda ise biyopsi yapılmakta ve kanser teşhisi kesinleştirilmektedir. Ancak, bu yöntemler genellikle erken teşhisi sağlamakta yetersiz kalmaktadır. Çoğu durumda, tümörler yaklaşık 1 cm çapına veya yaklaşık 1 gram ağırlığa ulaştığında görüntülenebilmektedir. Bu durumda, kanserli hücre sayısı yaklaşık olarak  $10^8$ 'dir. Kanser vakalarının üçte ikisi, vakalar ölümcül hale geldiğinde teşhis edilmiş olmaktadır (Wang, 2004).

Geleneksel teşhis yöntemlerinde karşılaşılan çeşitli sorunlar, bu yöntemlerin etkinliğini kısıtlamaktadır. Başlıca problemler arasında spektrum aralığının sınırlı olması, penetrasyon derinliğinin yetersiz olması,

hedef hücrelerin tam olarak odaklanamaması ve sinyal-gürültü oranının düşük olması bulunmaktadır (Ehdaie, 2007).

Nanoteknolojinin yardımıyla, tümörlerin erken dönemde teşhis edilmesi mümkün hale gelmektedir. Nanoyapıların tek bir tümör hücrelerine girebilme kabiliyeti, bu alandaki görüntüleme tekniklerinin sınırlarını artırmaktadır. Örneğin, mamografi ile meme kanserinin klinik teşhisinin konabilmesi için yaklaşık olarak 1.000.000 tümör hücrelerinin varlığı gerekmektedir. Ancak, nanoteknoloji kullanılarak, sadece 100'den az tümör hücrelerinin varlığında bile meme kanserinin teşhisi mümkün olabilmektedir (Singh, 2005).

Yapılan bir araştırmada, silis küreler içine kuantum noktalar ve demir oksit nanokristalleri yerleştirilerek, bu yapılar görüntülemede kullanılmıştır. Bu yapılar, içerdikleri demir oksit nanokristalleri sayesinde belirli hücrelere odaklanmayı sağlamış, kuantum noktaları ise yüksek görüntü kalitesi sunmuştur. Bu çalışma, demir oksit nanokristalleri ve kuantum noktalardan oluşan bir bileşimin en iyi görüntüleme kalitesini elde etmede kullanılabileceğini ortaya koymuştur. Erken kanser teşhisi için, kansere özgü biyomoleküllerle biyokonjugasyon oluşturabilen nanoyapılar da kullanılmaktadır. Bu nanoyapılar, biyomoleküllerle birleştiklerinde çeşitli fiziksel özelliklerde değişiklikler göstermektedir. Bu değişiklikler, optik, mekanik ve elektriksel yöntemlerle tespit edilerek ilgili biyomolekülün varlığı veya miktarı hakkında bilgi sağlanabilmektedir (Sathe ve ark., 2006).

### 5.2. Kanser Tedavisi ve Nanoteknoloji

Nanoteknoloji, hedefe odaklı ilaç dağıtımı konusunda önemli ilerlemeler sağlamıştır. Bu sayede, ilaçların kanser hücrelerindeki hücre içi konsantrasyonları artırılabilen ve sağlıklı hücrelere olan toksik etkileri en aza indirilebilmektedir.

Aptamerler, belirli hedef moleküllere bağlanabilen DNA veya RNA oligonükleotidleridir. Özellikleri bakımından hedefe yönelik tedavide kullanılmaları mümkündür. İmmünojenik olmamaları, dolaşım sisteminde uzun süre stabil kalmaları ve boyutlarının hedef molekülün tüm yüzeyiyle çarpışmaması gibi avantajlara sahiptirler (Jin ve ark., 2020). 2006 yılında yapılan bir çalışmada, farelerde LNCaP prostat epitel hücreleri kullanılarak prostat kanseri hücreleri indüklenmiş ve kanser gelişimi 21 gün boyunca izlenmiştir. Nanoparçacık-aptamer kapsüllü docetaxel kullanımının tümör hacmini 300 mm<sup>3</sup>'ten 120 mm<sup>3</sup>'e düşürdüğü gözlemlenmiştir. Hedefe yönelik tedavi uygulanmayan docetaxel nanoparçacık tedavisi, tümör kütlelerinin azalmasında hedefe yönelik tedavi uygulanmış gruba kıyasla başarılı olamamıştır. Ayrıca, hedefe yönelik tedavi uygulanarak, sağlıklı hücreler üzerindeki yan etkiler en aza indirilmiştir (Farokhzad ve ark., 2006).

P-glikoprotein, birçok ilacın taşınmasını gerçekleştiren ATP bağımlı transmembran proteindir. Kanser hücrelerinde ekspres olması ve çoklu ilaç direnci (MDR) durumuna yol açması yanı sıra, normal dokularda da bulunmaktadır. Kanser tedavisinde kullanılan immüno-supresanlar, günlük alınan gıda bileşenleri ve çevresel olarak maruz kalınan kimyasal maddeler P-glikoprotein substratı, aktivatörü veya inhibitörü olabilmektedir. Nanoteknolojik yöntemlerle hedefe yönelik tedavi uygulandığında P-glikoprotein salınımı devre dışı bırakılabilmekte ve bu da kemoterapide karşılaşılan MDR sorununu kısıtlamaktadır. Belirli bir dalga boyundaki radyasyonu absorbe edip ısınacak nanoyapılar üretilebilmektedir. Bu nanoyapılar kanserli hücrelere girdiğinde uygun dalga boyundaki radyasyona maruz bırakılırsa içinde bulunduğu kanser hücrelerini hedef olarak etkili bir şekilde yakabilmektedir. Bu yöntem, radyoterapinin alternatifi olarak uygulanabilmektedir (Jin ve ark., 2020).

### 5.3. Kanser Teşhis ve Tedavisinde Kullanılan Nanoteknolojik Araçlar

Kanser teşhis ve tedavisinde kullanılan nanoteknoloji ile üretilen araçları beş ana grupta incelenmektedir.

Nano-cantilever, litografik yöntemler kullanılarak yarı iletken malzemeler ile üretilen nanoyapıdır. NanoShell (NS), kanser teşhis ve tedavisi için geliştirilmiş nano yapılarıdır. NS'ler, merkezinde silisyum çekirdek bulunan ve üzeri altın tabaka ile kaplı küreciklerdir. Quantum Dot (QD), Cadmium Selenide, Cadmium Telluride veya Indium Phosphide gibi yarı iletkenlerden yapılan 2-10 nm çapında



nanokristallerdir. Tanıda, görüntüleme ve tedavide floresan prob olarak kullanılmakta ve organik floresan proteinlere göre eşsiz optik ve elektrik özelliklere sahiptir olmaktadır. Nanowire (NW), elektriksel olarak moleküler birleşmelerin algılanmasına olanak tanınmaktadır. Metal, yarı iletken veya polimer yapılarında oluşturulabilmektedir. Antikor veya oligonükleotidler ile işlevselleştirilerek tümör biomarker proteinlerinin tespitinde kullanılabilir. Dendrimer, molekül taşımak için geliştirilen küresel nano yapılarıdır. İlaç taşıyıcısı olarak kullanılan dendrimerler genellikle 10-100 nm çapındadır. Yüzeylerindeki çoklu fonksiyonel gruplar, dendrimerleri hedefe yönelik ilaç taşıma işlemlerinde ideal kılmaktadır. Dendrimerlerin yüzeylerine uygun ligandlar (bağlayıcılar) yerleştirilerek, kanserli hücrelerle birleşmeleri sağlanabilmektedir. İç boşluklarına anti-kanser ilaçlar yerleştirilerek, sağlıklı hücreler zarar görmeden kanserli hücrelerin yok edilmesi mümkün olabilmektedir. Ayrıca, dendrimerlere kanser hücreleri öldüğünde tepki veren moleküller eklenerek tedavinin etkinliği hakkında bilgi elde edilebilmektedir (Williams ve ark., 2015).

## 6. NANOTEKNOLOJİNİN BAĞIRSAK MİKROBİYOTASINI MODÜLE ETMEDEKİ ROLÜ

İlk nesil nanoteknolojiler, damar sistemi içinde gezinme, opsonizasyonu önleme, tümör birikimi ve kapsüllenmiş ilaç salınımını kontrol etme yetenekleriyle klinik kullanım için onaylanmıştır. İkinci nesil nanomateryaller, önceki teknolojilerin avantajlarını geliştirerek doku hedefleme, kombinasyon dağıtımı ve uyarılara yanıt verme gibi özellikler ekleyerek klinik araştırmalarda incelenmektedir. Bu gelişmelerle birlikte, üçüncü nesil nanomateryaller artık bağışıklık sistemini modüle edebilme, biyolojik engelleri aşabilme ve hatta "kendini tanıma" yeteneğine sahip olabilmektedir. Bu nanomateryallerin belirli mikroorganizmaları hedefleyebilen, enflamasyona yol açabilen, mukus yoluyla nüfuz edebilen ve sistemik dolaşıma taşınabilen örnekleri mevcuttur. Bu nedenle, mevcut nanomateryal tabanlı stratejilerin farklı türde tedaviler geliştirmek için kullanılabilmesine inanılmaktadır. Nanopartiküller, bağirsak mikrobiyomu-tümör mikroçevresine müdahale etmenin yanı sıra, distal tümörlerde kalan göç eden hücreler ve bunların metabolitlerini hedefleme yeteneğine sahiptir (Al-Attabi ve ark., 2023; Chuaypen ve ark., 2024).

### 6.1. Nanomalzemeler Kullanılarak Mikrobiyom Metabolitlerinin Manipülasyonu

Kanser tedavisi, mikrobiyota, metabolitleri ve bağirsak-konakçı arayüzündeki veya metastatik tümörlerdeki bağışıklık tepkisi arasındaki etkileşimlerden etkilenebilmektedir. Örneğin, anaerobik bakterilerin ürettiği kısa zincirli yağ asitleri (örneğin bütirat), p21 genini düzenleyerek tümör baskılayıcı etkilere sahip olabilirken, bazı toksinler doğrudan DNA hasarına neden olarak tümör yanıtlarını etkileyebilmektedir. Lipopolisakkarit gibi bazı moleküller ise sonradan inflamasyonu artırabilmekte, immün yanıtları değiştirebilmekte ve sistemik immünoterapilerin etkinliğini azaltabilmektedir (Ramos ve ark., 2022). Bu bakteriyel metabolitlerin kansere katkıda bulunduğu mekanizmaların daha iyi anlaşılabilmesi için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

Bu nanomateryaller, sindirim sistemi, dolaşım sistemi ve primer ve metastatik tümörlerde bulunan bakteriler tarafından üretilen toksinler, kanserojenler ve immünosüpresif bileşikler gibi maddelerle etkileşime girebilmektedir. Bu bakteriyel metabolitleri doğrudan inhibe eden, bağlayan veya etkisiz hale getiren nanomateryaller, mikrobiyal ürünlerin manipülasyonu için ilgi çekici adaylar olarak kabul edilebilmektedir. Yerleşik deaktivasyon ajanlarına sahip nanomateryaller başka bir seçenek olabilmektedir. Bu deaktive edici kimyasalların nanoteknolojiler aracılığıyla memeli hücrelerine dâhil edildiği yöntemler araştırılmıştır. Tümör mikroçevresinde veya mikrobiyomda salgılanan bakteriyel ürünlerle etkileşime girdiğinde nanoteknolojiler, bakteriyel metabolitleri etkisiz hale getirmenin yanı sıra kemoterapötik ilaçları da serbest bırakacak şekilde tasarlanabilmektedir (Krieghoff-Henning ve ark., 2017; Al-Attabi ve ark., 2023).

### 6.2. Nanomalzemeler Kullanılarak Mikrobiyom Manipülasyonu

Bazı bakteriler ve mikrobiyom elemanları, kanserin başlangıcında ve ilerlemesinde kritik roller oynayabilmektedir. Kansere karşı korunma veya tedavi amacıyla mikrobiyom kompozisyonunu değiştirmek için yaygın stratejiler, yararlı bakteri türlerinin eklenmesi, kansere neden olan bakteri türlerinin ortadan kaldırılması veya yararlı anti-kanser bakteri türlerinin çoğalmasının teşvik edilmesidir (Yang ve ark., 2024).

Antibiyotikler yaygın olarak mikroorganizmaları öldürmek ve mikrobiyomu değiştirmek için kullanılsa da bu ilaçların aşırı kullanımı antimikrobiyal direnç yol açabilmekte, komensal mikrobiyomda önemli değişikliklere ve disbiyozun başlamasına neden olabilmektedir. Bu da immünoterapinin etkinliğini azaltabilir ve iltihaplanmaya yol açabilmektedir. Antibiyotikler, kanser tedavisinde kullanıldığı gibi nanomateryallerin kullanımına da yön verebilmekte ve bu nanomateryaller genellikle doğal antimikrobiyal aktiviteye sahip inorganik nanopartiküllerdir. Bu nanopartiküller, özellikle reaktif oksijen türlerinin oluşumu yoluyla kansere neden olan bakterileri yok etmek için kullanılmaktadır. Ancak, çoğu antimikrobiyal nanoteknoloji geniş spektrumlu olduğundan, spesifik bir bakteri türünü hedefleme konusunda sınırlıdır (Al-Attabi ve ark., 2023).

### 6.3. Mikroorganizma Bazlı Biyomimetik Nanomalzemeler

Bakteriler, karmaşık ortamlarda hareket edebilme ve biyolojik bariyerlerle etkileşime girebilme yeteneğine sahiptirler. Bu da birçok sentetik nano/mikro ölçekli sistemden farklıdır. Örneğin, bazı bakteriler aktif olarak kimyasallara doğru hareket edebilmekte veya biyolojik bariyerleri aşabilmektedir (Zegadło ve ark., 2023). Tümörlerin hipoksik bölgelerine intravenöz olarak enjekte edilen bakterilerin toplanması ve daha sonra bu bakterilerin tümör bölgesinde kolonizasyonu, iyi tanımlanmış bir olgudur. Nanopartiküllerin tümörlere ve diğer dokulara taşınmasını artırmak için bakterilere yapışma veya birleşme yolları çeşitli şekillerde tarif edilmiştir. Bilim insanları, ilaçların ağız yoluyla daha iyi dağıtılmasını sağlamak için bakterilerin doğal fizyolojilerini kullanarak yeni stratejiler geliştirmişlerdir (Ye ve ark., 2021). Örnek olarak, sağlığa faydalı bir bakteri olan *Bacillus coagulans*, kanser hücrelerini öldürebilecekleri kolona yönlendirilmek üzere nanopartiküller üretmek için kullanılmıştır. *B. coagulans* sporları, zorlu koşullarda hayatta kalabilmelerini sağlayan hidrofobik bir protein kaplamayla korunmaktadır. Sporların, mide asitleri gibi zorlu koşullarda hayatta kalmasına olanak tanıyan bu hidrofobik kaplama, hidrofilik hale getirilebilirse sporların kendiliğinden birleşerek kendi nanoparçacıklarını oluşturabileceği düşünülmektedir. *B. coagulans* sporlarının yüzeyi, epitelyal taşınmayı artırmak için deoksikolik asit veya mukoadezyonu kolaylaştırmak için hyaluronik asit gibi maddelerle modifiye edilmiştir. Daha sonra, doksorubisin ve sorafenib gibi ilaçlar, spor- deoksikolik asit veya spor-hyaluronik asit komplekslerine pasif olarak adsorbe edilmiştir (Suzuki ve ark., 2023). Başka bir örnek olarak, araştırmacılar *Salmonella typhimurium*'u genetik olarak değiştirerek biyotin ekspresyonu sağlamış ve streptavidin konjuge yapıları için bağlanma bölgeleri olarak görev yapacak şekilde düzenlemişlerdir. Bu yaklaşımın, göğüs tümör hücrelerine biyolojik ve kemotaktik hedefleme sağlayabileceği bildirilmiştir (Al-Attabi ve ark., 2023).

### 6.4. Mikrobiyota Hedefli Nanomalzemeler

Son yıllarda nanomalzemeler kanser tedavilerinde kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır. İlk nesil nanomalzemeler tıbbi uygulamalar için onaylanmıştır ve vaskülere girebilmekte hidrofilik kaplamaları sayesinde opsonizasyondan kaçabilmektedir. Tümör yerine toplanarak penetrasyon ve tutulum süresini artırabilmekte ve kapsüllenmiş ilaç salınımını kontrol edebilmektedir. İkinci nesil nanomalzemeler halihazırda devam eden klinik deneylerde incelenmektedir ve ileri işlevlerini artırmak için geliştirilmektedir. Mevcut nanomalzemelerin daha da iyileştirilmesi, kendini tanıma, biyolojik engel penetrasyonu ve bağışıklık sistemi modülasyonu gibi gelişmiş işlevlere sahip üçüncü nesil nanomalzemelerin geliştirilmesine yol açmıştır. Yüzey modifikasyonları, kapsülleme/kontrollü salınım yaklaşımları ve fiziksel özellik modifikasyonları gibi mevcut nanomalzeme araçları, nanomalzemelerin gelişmiş geliştirilmesini mümkün kılmıştır. Var olan nanomalzeme araç seti, sıklıkla bilinmeyen bir alan olan mikrobiyota temelli kanser müdahaleleri için önerilen nanomalzeme tabanlı bir sistem geliştirmiştir (Chehelgerdi ve ark., 2023). Örneğin, bakır nanopartikülleri (CuNPs), *Euodynerus crypticus* (*E. crypticus*) vücut dokusunda önemli ölçüde biriktiğini ve bağırsak mikrobiyota bileşimini ve çeşitliliğini değiştirdiğini, özellikle bakteri türleri üzerinde etkili olduğunu göstermiştir. CuNPs ayrıca, *E. crypticus* bağırsaklarında antibiyotik direnci genlerinin çeşitliliğini ve zenginleşmesini önemli ölçüde azaltmıştır (Ma ve ark., 2019). Nanomalzemeler son zamanlarda gıda işleme süreçlerinde raf ömrünü uzatmak ve gıda görünümünü iyileştirmek için yaygın bileşenler haline gelmiştir (Singh ve ark., 2023). Deniz istiridyeleri *Mytilus galloprovincialis* (*M. galloprovincialis*) oldukça çeşitli bir mikrobiyotaya sahiptir ve zorlu koşullar altında mikrobiyota çeşitliliğinin değiştirilmesi, olumsuz bir sağlık durumu ve çeşitli hastalıklara duyarlılığa bağlanmıştır. Örneğin, *M. galloprovincialis*'i titanyum nanopartiküllere (TiO<sub>2</sub>NPs) maruz bırakmak, azaltılmış *Shewanella*, *Vibrio* ve *Kistimonas* çeşitlilikleri ve artırılmış



Stenotrophomonas çeşitlilikleri de dahil olmak üzere çeşitli mikrobiyal cinslerin bolluğunu etkilemektedir (Riaz Rajoka ve ark., 2021).

### 6.5. Mikrobiyotayı Modüle Eden Nanomateryaller

Belirli bir anatomik bölgedeki bağırsak mikrobiyotasının kompozisyonu, sağlıklı bireylerde genellikle filogenetik olarak korunmuştur. İnsan Mikrobiyom Projesi'nden (2012) gelen kapsamlı kanıtlar, bağırsak mikrobiyotasının ve bireysel bakteri türlerinin kanserin başlamasında oynadığı hayati rolleri vurgulamaktadır. Dolayısıyla, dengeli bir mikrobiyotanın korunmasının kanser yönetimine önemli ölçüde katkıda bulunduğu öne sürülmektedir (Bhatt ve ark., 2017). Antibiyotikler sıklıkla patojen mikroorganizmaları ortadan kaldırmak ve bağırsak mikrobiyota kompozisyonunu modüle etmek için kullanılmaktadır. Ancak, geniş spektrumlu antibiyotiklerin yaygın kullanımı, antibiyotik direncinin ortaya çıkması, mikrobiyota kompozisyonunda derin değişiklikler, artmış mikrobiyota disbiyozu ve immunoterapötik müdahalelerin azalan etkinliği ile ilişkilendirilmiştir. Bu durum, kanser gelişimi için doğrudan sonuçlar doğurmaktadır (Shah ve ark., 2021). Konak bağırsak mikroorganizmaları, diyet lifleriyle birlikte, koloni inflamasyonu ve kolon kanseri gelişimini henüz tam olarak açıklanmamış mekanizmalar aracılığıyla hafifletmektedir. Özellikle, kolonda bakteri metabolizmasının bir fermantasyon ürünü olan bütirat, bu süreçlerde rol oynamaktadır. Kolonda bulunan Niacr1 geni tarafından kodlanan GPR109A, bütirat için bir reseptör olarak hizmet etmekte ve kanser tedavisinde rol oynamaktadır (Thangaraju ve ark., 2009). Konakçıyı kansere karşı korumak için mikrobiyota kompozisyonunu değiştirmek için çeşitli yenilikçi stratejiler keşfedilmiştir. Bu stratejiler, kommensal bakterilerin modülasyonunu, onkogenik bakteri suşlarının eradikasyonunu ve özellikle bütirat gibi kısa zincirli yağ asitleri üretebilen anti-kanser bakteri türlerinin proliferasyonunu kolaylaştırmayı içermektedir (Zhao ve ark., 2023).

Kanser oluşumuna neden olan bakteri türlerinin kapsülleme ve yok edilmesinde birçok nanomateryal kullanılmıştır. Ayrıca, optimize edilmiş nanomateryallerin dikkatli uygulanması, belirsiz mikrobiyal türlerin rollerini ve yararlı bakteriyel metabolitlerin üretimini aydınlatmada umut vaat etmektedir. Örneğin, güçlü antimikrobiyal aktivite sergileyen nanomateryaller, reaktif oksijen türlerinin oluşumu aracılığıyla kanserle ilişkili bakterilerin yok edilmesinde kullanılmıştır. Bununla birlikte, bu antimikrobiyal nanomateryaller belirli bakteri türlerini hedeflemek üzere özel olarak tasarlanmamıştır. Bunun yerine, geniş spektrumlu antimikrobiyal ajanlar olarak işlev görmektedir. Dolayısıyla, geniş spektrumlu antibiyotikler tarafından yok edilen faydalı mikrobiyal türlerin artırılması için, antimikrobiyal nanomateryallerin belirli bakteri suşlarına hedefli teslimatı gerekebilir, özellikle de *H. pylori* gibi gastrointestinal kanserlerle ilişkilendirilenlerdir. Ayrıca, nanomateryaller, belirli bakteri gruplarının aktivitesini uyarması yeteneğine sahip prebiyotiklerin taşıyıcısı olarak görev yapabilmektedir. Örneğin, curcumin ve inulin içeren nanopartiküller, duodenumda çift fonksiyon sergileyebilmekte curcuminin önemli bir kısmının salınmasının ardından, inulin prebiyotik özellikleri gelecekteki kanser tedavisinde önemli bir rol oynayabilmektedir. Ayrıca, nanomateryaller, nanomateryal ve prebiyotikleri içeren komplekslerin teslimatını kolaylaştırarak, tanınmış antikanser özelliklere sahip yararlı bakterilerin metabolizmasını düzenleyebilmektedir. Bu tür kompleksler, gastrointestinal sistemde belirli mikrobiyal türlere hedeflenmiş prebiyotik taşıma için yenilikçi bir strateji sunmakta ve uyarıcıya duyarlı mekanizmaları veya belirli mikrobiyal türleri hedefleyen tasarlanmıştır (Riaz Rajoka ve ark., 2021).

### 6.6. Mikrobiyota Metabolit Hedefli Nanomateryaller

Kısa zincirli yağ asitleri, asetat, propionat ve laktik asit gibi, gastrointestinal sistemdeki liflerin fermantasyonu sonucunda ortaya çıkan önemli metabolitlerdir. Kitin bazlı nanomateryallerin oral uygulaması, bağırsak mikrobiyota kompozisyonunda değişikliklere neden olmuş ve asil-karnitinlerin ve yağ asitlerinin metabolizmasını etkileyerek, özellikle *Bacteroides* gibi bağırsak mikrobiyota türlerinin popülasyon dinamiklerini etkilemiştir. Bu da bağırsak mikrobiyotasının işlevsel yönlerini değiştirmiştir. Bir çalışmanın bulguları, grafen oksit nanomateryallerinin takviyesinin hidrojenaz aktivitesini artırdığını ve *Proteobacteria*, *Bacilli*, *Clostridia* ve *Firmicutes* gibi çeşitli bakteri taksonlarının popülasyonlarını kontrol grubuna kıyasla değiştirdiğini göstermiştir.



Tavuklarda selenyum bazlı nanomateryallerin takviyesi, *Lactobacillus*, *Faecalibacterium* ve bütirik asit gibi kısa zincirli yağ asitlerinin bolluğunu artırarak çeşitli fizyolojik fonksiyonların geliştirilmesi ile ilişkilendirilmiştir. Benzer şekilde, fare modellerinde çinko bazlı nanomateryallerin uygulanması, tedavi grubunun dışkı örneklerinde *Lactobacillus*, *Bifidobacteria*, *Clostridia* ve kısa zincirli yağ asitlerinin popülasyonunu artırdığını kontrol grubuna kıyasla göstermiştir. Ayrıca, artan kısa zincirli yağ asitleri düzeylerinin, kontrol grubuna kıyasla artmış anti-enflamatuar aktiviteyle ilişkilendirildiği belirlenmiştir.  $TiO_2$ NPs'nin Sprague-Dawley sıçanlarına oral uygulanması, N-asetylhistamin, kaprolaktam ve gliserofosfokolin gibi bileşiklerin yanı sıra 4-metil-5-tiyazoletanol, L-histidin ve L-ornitin seviyelerinde azalmalar dahil olmak üzere yaklaşık 25 metabolitin konsantrasyonlarında dikkate değer değişikliklere neden olmuştur. Ayrıca, kontrol grubuna kıyasla aminoasil tRNA biosentezi yollarını zayıflatmıştır. Dahası, sıçanlara  $TiO_2$ NPs'nin oral uygulanması, kontrol grubuna kıyasla 29 metabolit ve iki metabolik yolakta önemli değişikliklere yol açmıştır. Dolayısıyla, nanomateryaller bağırsak mikrobiyotasını ve metabolit profillerini modüle etme kapasitesine sahiptir. Mikrobiyal metabolit seviyelerindeki değişiklikler çeşitli fizyolojik durumlarla ilişkilidir. Bu da nanomateryallerin kanserle ilişkili bakteri ve metabolitlerin bolluğunu manipüle etme potansiyelini vurgulamakta ve bu da çeşitli kanser türleri için terapötik olanaklar sunmaktadır (Riaz Rajoka ve ark., 2021).

### 6.6.1. Probiyotik ve prebiyotik nanopartiküller

Nanoteknoloji, probiyotik ve prebiyotiklerin bağırsak mikrobiyotasında daha etkili bir şekilde kullanılmasına olanak tanımaktadır. Bu, mikrobiyal dengenin yeniden sağlanmasını ve kanser gelişimini engellemeye yardımcı olabilmektedir. Probiyotikler, tüketildiğinde sağlık açısından faydalı olabilecek canlı bakterilerdir. Geleneksel kullanımlarının yanı sıra, probiyotiklerin kanser önlemedeki potansiyelleri üzerine araştırmalar yapılmaktadır. İn-vivo ve moleküler çalışmalar, probiyotiklerin özellikle kanserojen üreten mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal etkilere, antimutagenik özelliklere ve tümör farklılaşma süreçlerindeki değişikliklere sahip olduğunu göstermektedir. Prebiyotikler ise sindirilmeyen gıda bileşenleri olup, özellikle faydalı bakterilerin büyümesini teşvik etmektedir. Yapılan araştırmalar, prebiyotiklerin bağırsak mikrobiyotası tarafından fermentasyonu sonucu kısa zincirli yağ asitlerinin üretimine ve tümör hücrelerinde gen ekspresyonlarının değişmesine bağlı olarak karsinogeneze karşı koruyucu etkilere sahip olduğunu öne sürmektedir. Ayrıca, sinbiyotik adı verilen probiyotik ve prebiyotik kombinasyonunun, tek başına kullanıldıklarında gösterdikleri etkiden daha fazla karsinogenezi önlemede sinerjistik bir etki gösterdiği bulunmuştur (Liong, 2008).

Probiyotiklerin ve prebiyotiklerin sağlık üzerinde bir dizi olumlu etkisi bildirilmiştir. Probiyotikler arasında anti-inflamatuar, anti-alerjik, antimikrobiyal, immünomodülatör, anti-obezite, anti-diyabetik ve antikanser aktiviteleri gözlemlenmiştir. Prebiyotiklerin ise immünomodülatör, anti-kolesteremik, anti-obezite, kabızlık ve anti-diyabetik, antikanser ve antioksidan potansiyelleri rapor edilmiştir. Ayrıca, prebiyotikler probiyotik büyümeyi desteklemekte, diyabetik olmayan kronik hastalık riskini azaltmakta ve bakteriyosin üretimi yoluyla bağırsak sağlığını iyileştirmektedir. Son zamanlarda yapılan bazı çalışmalar, probiyotiklerin ve prebiyotiklerin nanoteknoloji biçimlerinin potansiyelini incelemiştir. Bu çalışmalar, probiyotiklerin ve prebiyotiklerin mikrobiyal ilaçlar olarak kabul edilebileceğini ve ağızdan alındığında bağırsakta işlevsel olmanın yanı sıra ilaç bazlı formülasyonlarda da terapötik etkiler sağlayabileceğini göstermektedir (Ashaolu, 2021).

Nanoprobiyotik ve nanoprebiyotik formülasyonları, etkili ilaç taşıyıcı sistemleri olarak işlev gören önemli araştırma alanlarıdır. Bu formülasyonlar, anti-kanser, anti-mikrobiyal, antioksidan ve fotokoruyucu özellikler sunmaktadır. Ancak, probiyotikler ve prebiyotiklerin nanoteknolojiyle ilişkili bilimsel araştırmaları sınırlıdır. Bu nedenle, gıda ve çevre güvenliği gibi önemli konular da göz önünde bulundurularak, yüklü aktif bileşenlerin biyoyararlanımını ve etkili ilaç dağıtım sistemlerini değerlendiren dinamik araştırmalar gereklidir (Dangi ve ark., 2023).

Günümüzde, gastrointestinal hedefleme alanında, nanoprobiyotiklerin ishal gibi gastrointestinal bozuklukların tedavisinde kullanılabileceği gözlemlenmektedir. Örneğin, ticari çikolatalardaki nanoparçacıkların miktarının belirlenmesi ve bebeklerin ishalini tedavi etmeye yönelik bir probiyotik formülasyonu üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi gibi çalışmalar, nanoprobiyotiklerin biyofilm oluşumu gibi yaygın probiyotik aktivitelerini sergilediğini ortaya koymuştur. Ayrıca, çikolatalardan

izole edilen titanyum dioksit nanopartiküllerinin, probiyotik formülasyonun büyümesini ve aktivitesini inhibe ettiği bildirilmiştir. Bu çalışma, nanoprobiyotiklerin potansiyelini ve gastrointestinal kanalda titanyum dioksitin varlığındaki sınırlamalarını vurgulamaktadır.

Nanotıp teknolojisi, probiyotik ve prebiyotiklerin kullanımını içeren gastrointestinal sistem üzerinde çeşitli etkilere sahiptir. Bu nedenle, probiyotiklerin nanoprobiyotiklere dönüştürülmesi ve verilmesi için çeşitli teknikler sürekli olarak araştırılmaktadır. Örneğin, altın ve selenyum parçacıkları, nano katmanlar, nano boncuklar, nanoemülsiyonlar ve nanofiberler gibi çeşitli nanopartikül sistemleri, probiyotiklerin kapsülleme yöntemleri olarak incelenmektedir (Ashaolu, 2021).

Nanoprobiyotikler ve nanoprebiyotikler, ilaç ve gıda endüstrilerinde büyük umut vaat eden uygulamalara sahiptir ve bu da bilim camiasında önemli bir ilgi odağı olmalarını sağlamaktadır. Ancak, tasarlanmış herhangi bir nanopartikül veya malzemenin, mekanizmalarının ve sağlık sonuçlarının tam olarak anlaşılabilmesi, nanoteknolojinin gıda endüstrisinde daha fazla uygulanmasını geciktiren önemli bir faktördür. Bu nedenle, nanoprobiyotiklerin ve nanoprebiyotiklerin etkilerini ve güvenilirliğini daha iyi anlamak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır (Thursby ve Juge, 2017)

## 6.6.2. Nanopartikül tabanlı ilaç salım sistemleri

### 6.6.2.1. Gastrointestinal ilaç dağıtımı için antimikrobiyal nanosistemler –mikrobiyota üzerindeki etki

Nanoteknoloji, kanser tedavisinde kullanılan ilaçların bağırsak mikrobiyotasına hedeflenmiş bir şekilde teslim edilmesini sağlayabilmektedir. Bu, kanser hücrelerine doğrudan etki ederek tedavi etkinliğini artırabilmekte ve yan etkileri azaltabilmektedir. Nanopartiküller, ilaçların hedeflenmiş ve kontrollü bir şekilde salınımına olanak tanıyarak ilaç dağıtım sistemlerinin gelişiminde büyük umut vaat etmektedir. Bu, ilaç tedavilerinin etkinliğini artırma ve yan etkilerini azaltma potansiyeline sahiptir. İlaçların nanopartiküller içerisinde kapsüllemesi, onları bozulmadan korumakta, doğrudan hedef bölgeye ulaştırmakta ve kontrollü bir şekilde serbest bırakarak terapötik etkileri maksimum seviyeye çıkarmaktadır. Bu nanoteknolojik ilerlemeler, ilaç dağıtımında devrim yaratmış ve hasta sonuçlarını iyileştirmek için büyük bir potansiyele sahip olmuştur. Sağlık profesyonelleri, nanopartiküllere dayalı ilaç dağıtım sistemlerini kullanarak artık ilaç salınımının dozajını ve zamanlamasını hassas bir şekilde kontrol edebilmekte, bu da daha kişiselleştirilmiş ve etkili tedavi planlarının oluşturulmasına olanak tanımaktadır (Elumalai ve ark., 2024).

İlaç hedeflemesi, bir ilacın farmakolojik etkilerinin, belirli fizyolojik bölgelere, organlara, dokulara veya hücrelere seçici bir şekilde iletilmesi olarak tanımlanır. Bu amaçla nanopartiküller, zayıf çözünen ilaçların çözünürlüğünü artırmak, ilaçların belirli bir bölgeye hedeflenmesini sağlamak ve ilaç biyoyararlanımını artırmak için hastalığın bulunduğu bölgeye doğrudan ilaç iletimi için kullanılabilir (Zdrojewicz ve ark., 2015).

İlaç taşıyıcı sistemler olarak kullanılan nanoparçacıkların en az bir boyutu 100 nm'den küçük olmalıdır. Bu nanoparçacıklar, doğal veya sentetik polimerler, lipidler, metaller gibi farklı biyolojik olarak parçalanabilen malzemelerden oluşmaktadır. Nanoparçacıklar, büyük mikromoleküllere kıyasla daha etkili bir şekilde hücre içine alınabilmekte ve bu özellikleri sayesinde etkili taşıma ve dağıtım sistemleri olarak kullanılabilir. Terapötik uygulamalar için, ilaçlar ya parçacık matrisine entegre edilebilmekte ya da parçacık yüzeyine tutunabilmektedir. Bir ilaç hedefleme sistemi, biyolojik ortama giren bir ilacın kaderini kontrol edebilmelidir. Farklı bileşimlere ve biyolojik özelliklere sahip nanosistemler, ilaç ve gen taşıyıcı sistemlerdeki uygulamaları kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır (Zdrojewicz ve ark., 2015).

Kontrollü ilaç dağıtım sistemleri (DDS), geleneksel DDS'nin karşılaştığı birçok dezavantajın üstesinden gelebilmektedir. Özellikle kanser tedavisinde kullanılan kemoterapötik ajanlar gibi spesifik olmayan şekilde dağıtılan ilaçlar hem sağlıklı hücrelere hem de kanser hücrelerine zarar verebilmekte bu da düşük etkililiğe ve yüksek toksisiteye yol açabilmektedir. Kontrollü DDS'ler, kemoterapötik ajanları tümör bölgesine yönlendirerek kanser hücrelerinde ilaç konsantrasyonunu artırabilmekte ve normal hücrelerde toksisiteyi azaltabilmektedir. Ayrıca, kontrollü DDS'ler ilaçları bozunmaya ve temizlenmeye karşı

korumaktadır. Yeni terapötik ajanların verilmesine yardımcı olmakta ve toksisitenin azaltılmasına yardımcı olabilmektedir (Dang ve Guan, 2020).

İnsülin ve belirli kemoterapi ajanları da dahil olmak üzere çeşitli ilaçların enjeksiyon yoluyla verilmesi sıklıkla gerekli olabilmektedir. Ancak, bu teslimat yöntemi, hastalar için artan karmaşıklık, yüksek maliyetler ve uzman tıbbi personel ve tesisler gerektirir gibi bir dizi dezavantajı beraberinde getirmektedir. Enfeksiyon yönetimi alanında, antibiyotikler enjeksiyon yoluyla veya oral olarak uygulanabilmektedir. Seçim, enfeksiyonun türü, yeri ve şiddeti ile ilacın kendisinin özellikleri gibi faktörlerden etkilenmektedir. Ancak ilerlemelere rağmen, dar emilim pencereleli ilaçlar da dahil olmak üzere, oral ilaç uygulaması hala çok arzulanmaktadır. Buna rağmen, antimikrobiyal ajanların oral uygulanması çeşitli yan etkilerle ilişkilidir ve hassas hedefleme eksikliği nedeniyle hem patojenik hem de yararlı mikrobiyotayı yok etmektedir. Nanoteknoloji, antimikrobiyal ajanların hassas hedefleme, kontrollü salınım ve stabilizasyonunu sağlayarak oral ilaç tedavisini geliştirmek için umut verici olanaklar sunmaktadır. Ayrıca, nanosistemler ilaç emilimini ve bulunurluğunu artırabilirken gastroretansiyonu da olumlu yönde etkileyebilmektedir.

Antimikrobiyal ajanların oral uygulamasını geliştirmek için çeşitli stratejiler kullanılabilir. Bunlar arasında nanopartiküller, lipid esaslı ilaç salım sistemleri, polimerik miseller, nano-ilac salım sistemleri, mikro-ilac salım sistemleri, hidrojeller, emülsiyonlar, katı dağılımlar ve gastroretentif ilaç salım sistemleri yer almaktadır. Çok sayıda nanosistem antimikrobiyal etkinlik göstermiş olmasına rağmen, belirli bakteriler için özel hedefleme mekanizmalarının geliştirilmesi halen devam eden bir zorluktur.

Gastrointestinal sistem, birçok nanomateryalin kasıtlı olarak yutulması, yiyecek kaplarından çözünme veya solunan partiküller aracılığıyla ikincil yutulma gibi yollarla birçok nanomateryalin girme açısından önemli bir yol olarak hizmet etmektedir. Bu nedenle, etkili tedavi için bu nanomateryallerin işleyiş mekanizmalarının, avantajlarının ve dezavantajlarının kapsamlı bir şekilde anlaşılması gerekmektedir. Ayrıca, sitotoksikite ve biyodistribüsyon değerlendirmeleri ile, nanoparçacıkların oral alınma ile ilişkili çeşitli yönler de şu anda incelenmektedir. Nanoparçacıkların, gastrointestinal sistem içindeki anaerobik mikrobiyot üzerindeki etkisi, terapötik müdahalelerin sonuçlarını önemli ölçüde etkilediği genel bir inanıştır. Kanıtlar, nanoparçacıkların mikrobiyot üzerinde tercihli zararlı etkiler sergilediğini göstermektedir. Ancak, normal mikrobiyotayı oluşturan mikroorganizmaların, nanoparçacık toksisitesini ve etkileşimlerini hedef bölgedeki konak hücrelerle modüle edebileceği öne sürülmektedir. Fonksiyonel nanoparçacıkların oral uygulaması rutin olmamakla birlikte, insan mikrobiyotasının nanoparçacıklara sıkça maruz kalması, katı yiyecek, su, kozmetik ve kişisel bakım ürünlerinin yutulması yoluyla gerçekleşmektedir. Nanoparçacıklar, birçok kozmetik ve günlük bakım ürününde aktif bileşenler olarak sıkça kullanılmakta ve insan mikrobiyotası ile etkileşime girmektedir. Özellikle Ag, SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub> ve ZnO gibi nanoparçacıklar, gıda ürünlerinde ve birçok sağlık ürününde içerik olarak kullanıldıkları için oral alım için özellikle önemlidir. Fizikokimyasal özellikler, parçacık boyutu, yüzey alanı, parçacık sayısı, agregasyon/aglomerasyon durumu, yük ve yüzey kaplamaları gibi çeşitli faktörler, oral yolla verilen nanoparçacıkların biyolojik etkilerini ve işleyiş mekanizmalarını etkileyebileceği düşünülmektedir. Ayrıca, oksidan üretimi ve çözünme hızlarının, gastrointestinal sistem içinde nanoparçacık emilimini etkilediği gösterilmiştir. Bu nedenle bu mekanizmalar, gastrointestinal ilaç teslimi nanoparçacıklarının araştırılması sırasında dikkate alınmalıdır. Kesin olarak kanıtlanmamış olmasına rağmen, araştırmacılar, nanoparçacıkların gastrointestinal sistem bileşenleri üzerindeki etkilerinin ve işleyiş mekanizmalarının, yerleşik mikrobiyal türler, suşlar, diyet faktörleri, konaklama koşulları, dozlama zamanı, sirkadiyen ritim dalgalanmaları ve endojen mikrobiyotanın bileşimi gibi değişkenler nedeniyle farklılık gösterebileceğini ileri sürmektedir. Bu değişkenlerin, gastrointestinal hastalıkların, enfeksiyonlar dahil, tedavisinde fonksiyonel nanoparçacıkların etkinliğini etkilemesi beklenmektedir (Karavolos ve Holban, 2016).

## 7. SONUÇLAR

Kanser tedavisi için nanoteknoloji üzerinde çalışılmaktadır. Ancak dolaylı olarak antikanser hedeflerine ulaşmak için bağırsak mikrobiyotasının nanoteknoloji ile nasıl modüle edileceğine dair çok az araştırma mevcuttur. Son zamanlarda bazı araştırmacılar, patojen yapışmasını engellemek için *H. pylori* ile



rekabet edebilecek bakteriyel bir dış membran kaplı nanoparçacık üretmek için *H. pylori* membranı kullanılmıştır. Her ne kadar çalışma bu tür nanopartiküller tarafından patojen yapılmasının engellenmesinin kanser tedavisiyle ilgili olduğunu kesin olarak göstermese de bize hedef bakterilerin yapışmasını engellemek için hedef bakterilerle rekabet edebilecek spesifik nanopartiküller hazırlamak için hedef bakterilerin zarını kullanma fikri sağlamıştır ve bunların bolluğunu azaltarak anti kanser etkinliğini arttırmıştır. Mikroorganizmaların belirli bileşenleriyle antikanser, nanoformülasyonlarının hazırlanması da kanser tedavisi için umut verici bir araştırma yönüdür. Maya hücre duvarları, tümörlerdeki ve tümörü boşaltan lenf düğümlerindeki bağışıklık mikro ortamını yeniden şekillendirebilen ve böylece tümör büyümesini bastırabilen farklı boyutta nanoformülasyon oluşturmak için kullanılmıştır. Özellikle tümör boşaltan lenf düğümünde birikmenin üstünlüğü nedeniyle, nanoformülasyon küçük boyutunun neden olduğu T hücresi aracılı antikanser bağışıklık tepkisi büyük boyuttan daha güçlüdür.

Mikrobiyom araştırmalarındaki hızlı genişleme ve disbiyozu önlemeyi amaçlayan yenilikçi antimikrobiyal tedavilerin geliştirilmesi zorunluluğu, umut vadeden çeşitli girişimlerin ortaya çıkmasını hızlandırmıştır. Bu derleme, nanoteknoloji çerçevesinde biyoteknolojideki son gelişmeleri ve mikrobiyotayla etkileşimlerini vurgulamaktadır. Nano yapıdaki malzemeler, endüstriden tıbbaya kadar çeşitli alanlarda devrim yaratmaktadır. Ancak insan sağlığı üzerindeki etkileri tam olarak anlaşılmamış durumdadır. Gastrointestinal sistemdeki nanopartiküllerin ilgili mekanizmalarını ve etkilerini, gastrointestinal sistem bileşenleri üzerindeki etkilerini ve özellikle mikrobiyotaya ile etkileşimlerini belirlemek için kapsamlı bir araştırmanın gerekli olduğu açıktır. İlginç bir şekilde, son araştırmalar, insan mikrobiyotası bileşenleri ile nanopartiküller arasında belirgin ve karşılıklı etkileşimlerin olasılığını gösteren ikna edici yeni kanıtlar sunmaktadır. Kesin bir sonuç, gastrointestinal ortamı geçen herhangi bir nano yapıya, mikrobiyotayı etkileme ve disbiyozu tetikleme potansiyeline sahip olduğudur. Bu da konak sağlığını ve uygulanan nanoterapilerin sonuçlarını etkilemektedir. Bu anlayış, bilimsel olarak bu yolların açıklanmasının, gastrointestinal rahatsızlıklara yönelik yeni terapötik modalitelerin keşfini mümkün kılması açısından koordineli ve titiz yönlendirilmiş araştırma çabalarının gerekliliğini vurgulamaktadır.

Bağırsak mikrobiyotasındaki veya mikrobiyomdaki değişiklikler, kanser gibi insan hastalıklarında önemli roller oynamaktadır. Geleneksel mikrobiyom tedavileri bazı durumlarda kanser tedavilerinin iyileşmesine yol açmıştır. Ancak, bu tedavi yöntemlerinin simbiyotik mikrobiyoma yan etkileri ve bu tedavilerin güvenilirliği gibi sorunlar, özellikle kanser mikrobiyotası ile kesişen yeni teknolojik gelişmelere yol açmıştır. Bu nedenle, nanomalzemelerin kanser önlemedeki başarısı, nanomalzemelerin kansere neden olan mikrobiyom/mikrobiyotayı ve bunların metabolitlerini değiştirebileceği ve ayrıca kanser mikroçevresini değiştirebileceği fikrini doğurmuştur. Bu nedenle, nanomalzemeler kanseri yok etmek için yeni stratejiler olarak kullanılabilir. Ancak, bu yeni araştırma alanı, nanomalzemeler aracılığıyla kanseri yok etme sürecindeki tam mekanizmaları belirlemek için daha fazla in vivo klinik deney gerektirmektedir. İleriki çalışmalar, nanomalzemelerin, mikrobiyotanın, mikrobiyal metabolitlerin, kanser ve kanserle ilgili mikroçevrelerin bağlantısını hayvanlarda ve insanlarda araştırmalıdır.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığını beyan ederler.

### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

### Kaynaklar

- Al-Attabi, A., Thabit, S., Hanan, Z., Qasim Alasheqi, M., Al-Azzawi, A., Zabibah, R., & Fadhil, A. (2023). Modulating gut microbiota using nanotechnology to increase anticancer efficacy of the treatments. *Macromolecular Research*, 31. <https://doi.org/10.1007/s13233-023-00168-z>
- Al Bander, Z., Nitert, M. D., Mousa, A., & Naderpoor, N. (2020). The gut microbiota and inflammation: An overview. *Int J Environ Res Public Health*, 17(20). <https://doi.org/10.3390/ijerph17207618>

- Algrafi, A. S., Jamal, A. A., & Ismaeel, D. M. (2023). Microbiota as a new target in cancer pathogenesis and treatment. *Cureus*, 15(10), e47072. <https://doi.org/10.7759/cureus.47072>
- Ashaolu, T. J. (2021). Emerging applications of nanotechnologies to probiotics and prebiotics. *International Journal of Food Science & Technology*, 56. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15020>
- Bhatt, A. P., Redinbo, M. R., & Bultman, S. J. (2017). The role of the microbiome in cancer development and therapy. *CA Cancer J Clin*, 67(4), 326-344. <https://doi.org/10.3322/caac.21398>
- Chehelgerdi, M., Chehelgerdi, M., Allela, O. Q. B., Pecho, R. D. C., Jayasankar, N., Rao, D. P., & Akhavan-Sigari, R. (2023). Progressing nanotechnology to improve targeted cancer treatment: overcoming hurdles in its clinical implementation. *Mol Cancer*, 22(1), 169. <https://doi.org/10.1186/s12943-023-01865-0>
- Chuaypen, N., Asumpinawong, A., Sawangsri, P., Khamjerm, J., Iadsee, N., Jinato, T., & Tangkijvanich, P. (2024). Gut microbiota in patients with non-alcoholic fatty liver disease without type 2 diabetes: Stratified by body mass index. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(3). <https://doi.org/10.3390/ijms25031807>
- Dang, Y., & Guan, J. (2020). Nanoparticle-based drug delivery systems for cancer therapy. *Smart Materials in Medicine*, 1, 10-19. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.smaim.2020.04.001>
- Dangi, P., Chaudhary, N., Chaudhary, V., Viridi, A. S., Kajla, P., Khanna, P., & Haque, S. (2023). Nanotechnology impacting probiotics and prebiotics: a paradigm shift in nutraceuticals technology. *Int J Food Microbiol*, 388, 110083. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2022.110083>
- Ehdaie, B. (2007). Application of nanotechnology in cancer research: review of progress in the National Cancer Institute's Alliance for Nanotechnology. *Int J Biol Sci*, 3(2), 108-110. <https://doi.org/10.7150/ijbs.3.108>
- Elumalai, K., Srinivasan, S., & Shanmugam, A. (2024). Review of the efficacy of nanoparticle-based drug delivery systems for cancer treatment. *Biomedical Technology*, 5, 109-122. <https://doi.org/10.1016/j.bmt.2023.09.001>
- Farokhzad, O. C., Cheng, J., Teply, B. A., Sherifi, I., Jon, S., Kantoff, P. W., & Langer, R. (2006). Targeted nanoparticle-aptamer bioconjugates for cancer chemotherapy in vivo. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 103(16), 6315-6320. <https://doi.org/10.1073/pnas.0601755103>
- Hamurci, Y., Ihlamur, M., & Abamor, E.Ş. (2024). Mide kanserine karşı geliştirilen aşı formülasyonunun immünostimulan ve sitotoksik etkilerinin incelenmesi. *Balikesir Universitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26(1): 293-304. <https://doi.org/10.25092/baunfbed.1179656>
- Hassan, M., Watari, H., AbuAlmaaty, A., Ohba, Y., & Sakuragi, N. (2014). Apoptosis and molecular targeting therapy in cancer. *Biomed Res Int*, 150845. <https://doi.org/10.1155/2014/150845>
- Ihlamur, M., Akgul, B., Zengin, Y., Korkut Ş, V., Kelleci, K., & Abamor, E. (2024). The mTOR signaling pathway and mTOR inhibitors in cancer: Next-generation inhibitors and approaches. *Curr Mol Med*, 24(4), 478-494. <https://doi.org/10.2174/1566524023666230509161645>
- Ihlamur, M., Kelleci, K., Zengin, Y., Allahverdiyev, M. A., & Abamor, E. (2024). Applications of exosome vesicles in different cancer types as biomarkers. *Curr Mol Med*, 24(3), 281-297. <https://doi.org/10.2174/1566524023666230320120419>
- Jin, C., Wang, K., Oppong-Gyebi, A., & Hu, J. (2020). Application of nanotechnology in cancer diagnosis and therapy - a mini-review. *Int J Med Sci*, 17(18), 2964-2973. <https://doi.org/10.7150/ijms.49801>
- Karavolos, M., & Holban, A. (2016). Nanosized drug delivery systems in gastrointestinal targeting: Interactions with microbiota. *Pharmaceuticals (Basel)*, 9(4). <https://doi.org/10.3390/ph9040062>
- Kelleci K., Allahverdiyev A., Bağırova M., Ihlamur M., Abamor E.Ş. (2024). Immunomodulatory activity of polycaprolactone nanoparticles with calcium phosphate salts against *Leishmania infantum* infection. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* 14(8): 359-368.
- Kelleci, K., Allahverdiyev, A., Bağırova, M., Ihlamur, M., & Abamor, E. (2023). Particulate and non-particle adjuvants in Leishmaniasis vaccine designs: A review. *J Vector Borne Dis*, 60(2), 125-141. <https://doi.org/10.4103/0972-9062.361179>
- Krieghoff-Henning, E., Folkerts, J., Penzkofer, A., & Weg-Remers, S. (2017). Cancer – an overview. *Med Monatsschr Pharm*, 40(2), 48-54.

- Liong, M. T. (2008). Roles of probiotics and prebiotics in colon cancer prevention: Postulated mechanisms and in-vivo evidence. *Int J Mol Sci*, 9(5), 854-863. <https://doi.org/10.3390/ijms9050854>
- Ma, J., Chen, Q., O'Connor, P., & Sheng, G. (2019). Does soil CuO nanoparticles pollution alter the gut microbiota and resistome of *Enchytraeus crypticus*? *Environmental Pollution*, 256, 113463. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113463>
- Ramos, Meyers, G., Samouda, H., & Bohn, T. (2022). Short chain fatty acid metabolism in relation to gut microbiota and genetic variability. *Nutrients*, 14(24). <https://doi.org/10.3390/nu14245361>
- Riaz Rajoka, M. S., Mehwish, H. M., Xiong, Y., Song, X., Hussain, N., Zhu, Q., & He, Z. (2021). Gut microbiota targeted nanomedicine for cancer therapy: Challenges and future considerations. *Trends in Food Science & Technology*, 107, 240-251. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.10.036>
- Salman, T., Varol, U., Yildiz, I., Kucukzeybek, Y., & Alacacioglu, A. (2015). Microbiota ve Cancer. *Acta Oncologica Turcica*, 48, 73-78. <https://doi.org/10.5505/aot.2015.49368>
- Sathe, T. R., Agrawal, A., & Nie, S. (2006). Mesoporous silica beads embedded with semiconductor quantum dots and iron oxide nanocrystals: dual-function microcarriers for optical encoding and magnetic separation. *Anal Chem*, 78(16), 5627-5632. <https://doi.org/10.1021/ac0610309>
- Shah, T., Baloch, Z., Shah, Z., Cui, X., & Xia, X. (2021). The intestinal microbiota: Impacts of Antibiotics therapy, colonization resistance, and diseases. *Int J Mol Sci*, 22(12). <https://doi.org/10.3390/ijms22126597>
- Silva, G. A. (2004). Introduction to nanotechnology and its applications to medicine. *Surg Neurol*, 61(3), 216-220. <https://doi.org/10.1016/j.surneu.2003.09.036>
- Singh, K. K. (2005). Nanotechnology in cancer detection and treatment. *Technol Cancer Res Treat*, 4(6), 583. <https://doi.org/10.1177/153303460500400601>
- Singh, R., Dutt, S., Sharma, P., Sundramoorthy, A. K., Dubey, A., Singh, A., & Arya, S. (2023). Future of nanotechnology in food industry: challenges in processing, packaging, and food safety. *Glob Chall*, 7(4), 2200209. <https://doi.org/10.1002/gch2.202200209>
- Suzuki, H., Fujiwara, Y., Thongbhubate, K., Maeda, M., & Kanaori, K. (2023). Spore-forming lactic acid-producing bacterium *Bacillus coagulans* synthesizes and excretes spermidine into the extracellular space. *J Agric Food Chem*, 71(25), 9868-9876. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.3c02184>
- Thangaraju, M., Cresci, G. A., Liu, K., Ananth, S., Gnanaprakasam, J. P., Browning, D. D., Ganapathy, V. (2009). GPR109A is a G-protein-coupled receptor for the bacterial fermentation product butyrate and functions as a tumor suppressor in colon. *Cancer Res*, 69(7), 2826-2832. <https://doi.org/10.1158/0008-5472.Can-08-4466>
- Thursby, E., & Juge, N. (2017). Introduction to the human gut microbiota. *Biochem J*, 474(11), 1823-1836. <https://doi.org/10.1042/bcj20160510>
- Wang, B., Yao, M., Lv, L., Ling, Z., & Li, L. (2017). The human microbiota in health and disease. *Engineering*, 3(1), 71-82. <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.01.008>
- Wang, L. (2004). Ultrasound-mediated biophotonic imaging: A Review of acousto-optical tomography and photo-acoustic tomography. *Disease markers*, 19, 123-138. <https://doi.org/10.1155/2004/478079>
- Williams, K., Milner, J., Boudreau, M. D., Gokulan, K., Cerniglia, C. E., & Khare, S. (2015). Effects of subchronic exposure of silver nanoparticles on intestinal microbiota and gut-associated immune responses in the ileum of Sprague-Dawley rats. *Nanotoxicology*, 9(3), 279-289. <https://doi.org/10.3109/17435390.2014.921346>
- Yang, L., Wang, Q., He, L., & Sun, X. (2024). The critical role of tumor microbiome in cancer immunotherapy. *Cancer Biol Ther*, 25(1), 2301801. <https://doi.org/10.1080/15384047.2024.2301801>
- Ye, Z., Liang, L., Lu, H., Shen, Y., Zhou, W., & Li, Y. (2021). Nanotechnology-employed bacteria-based delivery strategy for enhanced anticancer therapy. *Int J Nanomedicine*, 16, 8069-8086. <https://doi.org/10.2147/ijn.S329855>
- Zegadło, K., Gieroń, M., Żarnowiec, P., Durlík-Popińska, K., Kręcisz, B., Kaca, W., & Czerwonka, G. (2023). Bacterial motility and its role in skin and wound infections. *Int J Mol Sci*, 24(2). <https://doi.org/10.3390/ijms24021707>

- Zengin, Y., Ihlamur, M., & Başarı, H., (2022). Immunostimulant/cytotoxic effect of cardamom extract with adjuvant combination on breast cancer cell line. *Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5(2), 229-234.
- Zdrojewicz, Z., Waracki, M., Bugaj, B., Pypno, D., & Cabała, K. (2015). Medical applications of nanotechnology. *Postepy Hig Med Dosw (Online)*, 69, 1196-1204. <https://doi.org/10.5604/17322693.1177169>
- Zhao, L. Y., Mei, J. X., Yu, G., Lei, L., Zhang, W. H., Liu, K., & Hu, J. K. (2023). Role of the gut microbiota in anticancer therapy: from molecular mechanisms to clinical applications. *Signal Transduct Target Ther*, 8(1), 201. <https://doi.org/10.1038/s41392-023-01406-7>



## Havacılıkta Kullanılan Isıl (Termal) Pillerin Risk Analizi

Ozan ÖZTÜRK<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Dalaman Sivil Havacılık Yüksekokulu, Uçak Gövde Motor Bakım Bölümü, 48, Muğla

Tüm yazarların orcid bilgileri: 0000-0002-4959-6808

\*Sorumlu yazar e-mail: ozturkozan@mu.edu.tr

### Derleme

#### Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 19.11.2024  
Kabul tarihi: 14.12.2024  
Online Yayınlanma:  
31.12.2024

#### Anahtar Kelimeler:

Isıl piller  
Termal piller  
Elektrolit yönetimi  
Isıl pillerin havacılık uygulamaları

### ÖZET

Bu çalışma, ısıl (termal) pillerin havacılık ve askeri uygulamalardaki kullanımı, yapısı, çalışma prensipleri ve risk analizi üzerine odaklanmaktadır. Amaç, ısıl pillerin yüksek enerji yoğunluğu, güvenilirlik ve dayanıklılık gibi özelliklerini inceleyerek, bu pillerin güç sistemlerinde nasıl etkin bir şekilde kullanılabileceğini ortaya koymaktır. Literatür taraması ve mevcut ısıl pil tasarımlarının analizi yoluyla gerçekleştirilen çalışmada, farklı kimyasal malzemeler ve elektrolit sistemleri performans ve güvenlik açısından değerlendirilmiştir. Bulgular, ısıl pillerin yüksek enerji yoğunluğu ve uzun ömürlü olması nedeniyle havacılık ve askeri uygulamalarda tercih edildiğini, ancak ısıl yönetim, kimyasal reaktivite ve çevresel etkiler gibi zorluklarla karşılaşıldığını göstermektedir. Sonuç olarak, ısıl pillerin güvenli ve verimli bir şekilde kullanılabilmesi için ileri malzeme teknolojileri ve optimize edilmiş tasarımlar gerektiği, çevresel sürdürülebilirlik ve maliyet etkinliğinin de önemli olduğu vurgulanmıştır.

### Risk Analysis of Thermal Batteries Used in Aviation

### Review

#### Article History:

Received: 19.11.2024  
Accepted: 14.12.2024  
Published online:  
31.12.2024

#### Keywords:

Thermal batteries  
Electrolyte management  
Aviation applications of thermal batteries

### ABSTRACT

This study focuses on the use, structure, operating principles, and risk analysis of thermal batteries in aviation and military applications. The aim is to examine the characteristics of thermal batteries, such as high energy density, reliability, and durability, to determine how they can be effectively utilized in power systems. The study was conducted through a literature review and analysis of existing thermal battery designs, evaluating different chemical materials and electrolyte systems in terms of performance and safety. The findings indicate that thermal batteries are preferred in aviation and military applications due to their high energy density and long lifespan, but challenges such as thermal management, chemical reactivity, and environmental impacts remain. In conclusion, the safe and efficient use of thermal batteries requires advanced material technologies and optimized designs, with an emphasis on environmental sustainability and cost-effectiveness in future developments.

ISSN: 2979-9198

To Cite: Öztürk, O. (2024). Havacılıkta kullanılan ısıl (termal) pillerin risk analizi. *Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(2), 105-115.

## 1. GİRİŞ

Pillerin tarihi, 1800'de Alessandro Volta tarafından tanıtılan ilk gerçek pil ile başlamıştır. "Pil" terimi ise ilk olarak 1749'da Benjamin Franklin tarafından kullanılmıştır. Franklin, Leyden kavanozlar kapasitörleri ile yaptığı deneylerde birden fazla kavanozları bağlayarak güç depolama yeteneklerini artırmıştır (Srivastava ve ark., 2023). Volta, bakır ve çinko plakalardan oluşan ve sabit bir akım üreten voltaik yığını icat etmiştir (Ali, 2023). Michael Faraday, 1834'te kimyasal reaksiyonların elektrotlar üzerindeki korozyon etkilerini vurgulayarak Volta'nın tükenmez enerji kavramına meydan okumuştur (Kumar ve Sarakonsri, 2022).



Bu tarihsel gelişmeler, enerji depolama ve elektrokimyasal reaksiyonların anlaşılmasında önemli ilerlemelere yol açmıştır. Zamanla kurşun-asit, nikel-kadmiyum, nikel-metal hidrit ve lityum iyon piller gibi çeşitli pil türleri geliştirilmiştir (Itton ve ark., 2023). Özellikle lityum iyon piller, yüksek enerji yoğunluğu, güç ve uzun ömürleri ile elektrikli araç endüstrisinde devrim yaratmıştır (Dennis ve Corrigan, 2022). Pil teknolojilerindeki gelişmeler, taşınabilir elektronik cihazlar ve yenilenebilir enerji sistemleri için enerji depolama çözümleri sağlamıştır (Gaddam ve Zhao, 2023).

Bir elektrik bataryası, elektrikli cihazları çalıştırmak için bir veya daha fazla elektrokimyasal hücreden oluşur. Güç sağlarken, katot pozitif terminal, anot ise negatif terminal olarak işlev görür. Bataryalar, redoks reaksiyonları aracılığıyla enerji sağlar ve bu enerji elektrik enerjisi olarak dış devreye iletilir (Pauling, 1988; Crompton, 2000). Günümüzde, "batarya" terimi tek hücreden oluşan cihazları da kapsayacak şekilde evrim geçirmiştir (Pistoia, 2005).

Piller havacılıkta çok önemli görevlere sahip olmalarının yanında modern uçaklarda ve İHA'larda birincil ve yedek güç kaynakları olarak hizmet vermektedir (Sun, 2023). Lityum iyon piller, İHA'lar ve eVTOL araçları gibi yeni nesil uçaklarda gerekli olan yüksek enerji yoğunluğu ve güvenilirlikleri nedeniyle tercih edilmektedir (Heit ve Liscouet-Hanke, 2023). Bununla birlikte, geleneksel yakıtlara kıyasla daha düşük enerji yoğunluğu gibi zorluklar devam etmektedir ve performans ve menzil yeteneklerini artırmak için pil teknolojilerindeki ilerlemeleri gerektirir (Chen-Glasser ve ark., 2022). Özellikle lityum tipi piller için yüksek rakımlardaki düşük çalışma sıcaklıkları nedeniyle termal yönetim kritiktir. Ayrıca, havacılık topluluğu, havacılık uygulamalarında pil güvenlik standartlarının ve termal yönetimin önemini vurgulayarak emisyon azaltma hedeflerini karşılamak için hibrit elektrikli uçakları aktif olarak araştırmaktadır. Bu zorlukların ele alınması ve sıkı güvenlik standartlarının sağlanması, pillerin havacılık sistemlerine başarılı bir şekilde entegrasyonu için çok önemlidir.

Isıl (termal) piller, özellikle acil durum ve askeri sistemlerde, yüksek güvenlik ve güvenilirlik gerektiren uçak uygulamalarında çok önemlidir (Li ve ark., 2023). Yüksek enerji yoğunluğu, anlık güç ve sıcaklık değişimlerine karşı dayanıklılık sunarlar, bu da onları ticari ve askeri uçaklardaki kritik sistemler için ideal kılar (Zdunich ve ark., 2023). Isıl piller aşırı koşullarda görevlerini yerine getirebilmektedirler, kimyasal reaksiyonlar yoluyla kesintisiz enerji sağlar, elektrik kesintileri veya düşük sıcaklıklar sırasında operasyonel güvenilirlik sağlarlar (Jiandong ve Shiqiang, 2023). Yüksek sıcaklıktaki ortamlarda işlev görme yetenekleri ve uzun raf ömürleri havacılıktaki çekiciliğini daha da artırarak uçuş güvenliğinin ve operasyonel güvenilirliğin artmasına katkıda bulunur (May ve ark., 2023). Isıl piller, bu özelliklerden yararlanarak uçaklarda güvenli ve verimli bir enerji kaynağı olarak hizmet ederek havacılık operasyonlarında genel güvenliği ve güvenilirliği güçlendirir.

Isıl piller, yüksek güç yoğunluğu ve güvenilirlik sunan enerji depolama çözümleri olarak öne çıkmaktadır. Bu piller, katı halde bulunan bir elektrolitin eriyik hale gelerek iyonik iletkenlik kazanması prensibiyle çalışır (İdin, 2018). Isıl piller, askeri ve havacılık uygulamalarında kritik enerji kaynakları olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, ısı pillerin yapısını, çalışma prensiplerini ve güç sistemlerindeki rollerini detaylı bir şekilde incelemek ve risk analizi yapmaktır. Ayrıca, ısı pillerin havacılık sektöründeki kritik rolü incelenmiştir.

Bu çalışmada, termal pillerin havacılık ve askeri uygulamalardaki kullanımını, yapısını, çalışma prensiplerini ve risklerini değerlendirmek amacıyla kapsamlı bir literatür taraması ve mevcut termal pil tasarımlarının risk analizi yapılmıştır. Araştırma kapsamında, termal pillerin tarihçesi, yapısı, çalışma prensipleri ve çeşitli uygulama alanları hakkında mevcut bilimsel literatür incelenmiş ve bu tarama, termal pillerin geliştirilmesi ve kullanımı üzerine yapılan önemli çalışmaların tespit edilmesini sağlamıştır. Termal pillerin kimyasal, operasyonel ve çevresel riskleri incelenmiş ve bu risklerin azaltılması için öneriler geliştirilmiştir. Bu metodoloji, termal pillerin çeşitli uygulamalardaki etkinliğini ve güvenliğini artırmak için kapsamlı bir değerlendirme sağlamıştır. Risk analizi yapılmış ve risk matrisi oluşturulmuştur. Bu elde edilen veriler ile gelecekteki araştırmalar, termal pil teknolojisinin

geliştirilmesine ve kullanımının genişletilmesine yönelik yeni malzeme ve tasarım stratejilerini araştırmaya devam etmelidir.

## 2. KAVRAMSAL TEMELLER

Isıl piller, kimyasal enerji depolama işlevi gören cihazlardır ve voltaik piller ile aynı işlevi yerine getirirler. Ancak, ısıl pillerin önemli bir farkı vardır: İnaktif pozisyonda olduklarından, kendi kendilerine deşarj olmaları mümkün değildir. Bu özellik, ısıl pillere yaklaşık 30 yıl gibi uzun bir raf ömrü sağlar. Güvenilir ürünlerdir ve aktive olmaları için iç sıcaklıklarının 600 °C gibi muazzam yüksek sıcaklıklara çıkarılması gerekir. Bu sebeple isimleri ısıl pil olmuştur. Isıl pillerin ilk üretimi, İkinci Dünya Savaşı sırasında Alman bilim insanları tarafından V2 roketleri için gerçekleştirilmiştir. Günümüzde ise bu piller, akıllı ve modern mühimmatların güç gereksinimlerini karşılamak amacıyla kullanılmaktadır. Boyutları, bir kalem pil kadar küçükten 2,5 litre gazlı içecek şişesi boyutuna kadar değişiklik gösterebilir. Bir ısıl pil, bir seyir füzesinin 20 dakikalık güç ihtiyacını karşılayacak şekilde tasarlanmıştır. Diğer pillere göre en önemli avantajları birim hacimde çok yüksek enerji üretmeleridir. Diğer ayırt edici önemli özellikleri ise geniş çevresel şartlarda çalışabilmeleridir. -54 °C derecede 20 seneden fazla saklanmaları ardından kullanıma alındıklarında ilk günkü performanslarını sergilerler. Çalışma sıcaklıkları +71 °C derecelere kadar çıkar. Aktif hale gelme süreleri 500 mili saniye mertebesindedir. Yani ateşlenme süresinde anında pilota cevap verir. Bu özellikleri onun güvenilirliğini %99,99 seviyesine çıkarır (TÜBİTAK SAGE, 2024). Bu bilgileri bir özetlersek aşağıdaki açık verileri elde ederiz.

Isıl Pillerin Temel Kullanım Alanları:

- Füzeler
- Güdüm kitleri
- Akustik aldatıcı/yanıltıcılar
- Tapalar
- Güdümlü topçu mühimmatları
- Uçak koltuk fırlatma sistemleri

Isıl Pillerin Avantajları:

- Uzun raf ömrü (>20 yıl)
- Bakım gerektirmeme
- Hızlı tetiklenme (<500 ms)
- Alternatif tetikleme yöntemleri (Elektriksel ateşleme, mekanik ateşleme, ataletsel ateşleme)
- Kendi kendine tükenmeme
- Yüksek enerji yoğunluğu
- Eşzamanlı çoklu güç verme
- Geniş çalışma sıcaklığı aralığı (-54°C/+71°C)
- Zorlu çevresel koşullara dayanıklılık
- Yüksek güvenilirlik (>%99.95)
- Özel tasarım

### 2.1. Isıl Pillerin Tarihçesi ve Literatür Taraması

Isıl pillerin tarihçesi, II. Dünya Savaşı döneminde başlamıştır. İlk olarak Alman bilim adamları tarafından V2 roketlerinde kullanılmak üzere tasarlanan bu piller, roketlerin egzoz ısısı ile aktif hale getiriliyordu. Isıl piller, yüksek sıcaklıklarda elektrolit olarak erimiş tuzların kullanıldığı ve ısıyla aktif hale getirilen piller olarak tanımlanmaktadır. Bu piller, özellikle askeri uygulamalarda kullanılmak üzere geliştirilmiştir ve çeşitli mühimmat cihazları, güdümlü füzeler, proximity füzeler, bazı torpidolar ve güdümlü bombalarda güç kaynağı olarak kullanılmaktadır.

Isıl pillerin temel özellikleri arasında yüksek güvenilirlik, sağlamlık ve dayanıklılık bulunmaktadır. Bu piller, yüksek şoklardan etkilenmezler ve hava geçirmez yapıları sayesinde bozulma olmadan 25 yıl ve daha uzun süre boyunca silah sistemlerinde kullanılabilirler. Aktif hale getirildiklerinde,

elektrokimyasal enerji tükenmediği ve elektrolitlerde donma meydana gelmediği sürece çalışmaya devam ederler (Guidotti ve Masset, 2006).

Isıl pillerin geliştirilmesinde önemli adımlardan biri, Fujiwara ve ark. (2011)'nin LiCl-LiBr ve LiF-LiBr ikili sistemlerine dayanan yeni üçlü veya dördü erimiş tuz sistemlerini geliştirmeleridir. Bu çalışmalar, ısıl pillerin performansını artırmaya yönelik önemli ilerlemeler sağlamıştır. Ayrıca, Butler ve ark. (2002) yüksek güç uygulamaları için bir ısıl pil geliştirmişler ve bu pilde katot olarak CoS<sub>2</sub>, anot olarak LiSi ve elektrolit olarak Li tuzu kullanmışlardır (Fujiwara ve ark., 2011).

1990 yılında Kauffman ve Chagnon (1992), savaş uçaklarının elektronik paketlerine acil güç sağlamak için anot olarak LiAl ve katot olarak FeS<sub>2</sub> kullanan bir ısıl pil tasarlamışlardır. Bu pil, 853 Wh güce sahip olup, yüksek enerji yoğunluğu ve uzun süreli kullanım için tasarlanmıştır (Kauffman ve Chagnon, 1992).

Günümüzde, ısıl piller çeşitli boyutlarda ve şekillerde üretilmekte olup, radarlar ve nükleer silahların elektronik paketleri gibi hassas askeri uygulamalarda birincil güç kaynağı olarak kullanılmaktadır (Guidotti ve Masset, 2006).

Isıl piller, özellikle yüksek enerji yoğunluğu ve kompakt yapıları nedeniyle çeşitli uygulamalarda kullanımı artan enerji depolama sistemleridir. Bu çalışmada, ısıl pillerin farklı kimyasal malzemeler kullanılarak tasarlanması ve geliştirilmesine yönelik literatürdeki çalışmalar incelenmiştir. Fujiwara ve ark. (2011), simülasyon sistemleri kullanarak, ısıl pillerde elektrolit olarak kullanılan LiCl-LiBr ve LiF-LiBr ikili sistemlerine dayanan yeni üçlü veya dördü erimiş tuz sistemlerini geliştirmişlerdir. Bu çalışma, erimiş tuz sistemlerinin yüksek sıcaklık dayanımı ve kimyasal stabilitesi üzerine yoğunlaşmıştır.

Butler ve ark. (2002), yüksek güç uygulamalarında kullanılmak üzere bir ısıl pil geliştirmişlerdir. Bu çalışmanın temel amacı, güç gereksinimini karşılamak için seri ve paralel kombinasyonlar kullanarak bir ısıl pil modülü geliştirmektir. Katot olarak CoS<sub>2</sub>, anot olarak LiSi ve elektrolit olarak Li tuzu kullanılmıştır.

Zimmerschied ve Gahl (2010), ısıl pillerde kullanılacak olan yüksek güç test standı modülü geliştirmişlerdir. Isıl pillerin yüksek özgül enerjileriyle kompakt darbeli güç uygulamalarında kullanılmakta olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada, lityum-polimer kullanılarak özgül enerji ve güç değerleri incelenmiştir.

Guidotti ve ark. (1998), 5 dakikalık çalışma ömrü ile 180 kW gücünde bir ısıl pil tasarlamışlardır. Bu pilin, 12 inç boyunda, 4 inç çapında ve 4.792 kg ağırlığında olduğu belirtilmiştir. Testler sonucunda, pilin 43 kW'lık güçle 60 saniye ve 37 kW'lık güçle 300 saniye çalışabildiği belirtilmiştir.

Yapılan literatür taraması sonucunda, farklı kimyasal malzemelerin ısıl pil tasarımlarında kullanıldığı görülmüştür. Saf veya ötektik karışımlar şeklinde kullanılan bu malzemeler, ısıl pillerin performansını artırmakta önemli rol oynamaktadır. Fujiwara ve ark. (2009)'nın çalışmalarında LiF-LiBr-LI, LiF-NaBr-LI ve LiF-LiCl-LiBr-LI gibi iyodür tabanlı erimiş tuz sistemleri incelenmiş ve bu sistemlerin termofiziksel özellikleri belirlenmiştir.

Isıl pillerin gelişimi üzerine yapılan bu çalışmalar, çeşitli endüstriyel ve askeri uygulamalarda kullanılmak üzere önemli katkılar sağlamaktadır (Kauffman ve Chagnon, 1992).

## 2.2. Isıl Pillerin Temel Yapısı ve Çalışma Prensibi

Isıl piller, anoda, katoda, elektrolite ve bir piroteknik ısı kaynağına sahip hücrelerden oluşur. Isı kaynağı, elektroliti eriterek pilin iç sıcaklığını artırır ve gerekli kimyasal reaksiyonları başlatır (Faget, 2023). Bu piller, yüksek enerji yoğunluğu ve uzun raf ömrü gibi avantajlara sahiptir. Farklı tipte ısıl piller mevcuttur ve her biri farklı uygulama alanlarına yönelik özel özellikler sunar (İdin, 2018).

Isıl pillerde bir dizi elektrokimyasal sistem kullanılmaktadır. Tüm ısıl piller bir alkali anodu, bir ergimiş tuz olan elektroliti ve bir metal tuzu olan katodu kullanır. Ayrıca her bir hücre arasına yerleştirilen ve pilin aktif olmasını sağlayan piroteknik malzemeler kullanılmaktadır.

### 2.2.1. Anot malzemeleri

Isıl pil tasarımcıları ve üreticileri, pil performansının gereksinimlerine bağlı olarak çeşitli anot malzemeleri geliştirmiştir. Bu malzemeler arasında kalsiyum (Ca), alüminyum (Al), magnezyum (Mg) ve lityum (Li) bulunmaktadır. 1980'lere kadar genellikle kalsiyum anotlar kullanılmıştır. Lityum anotlar ise 1970'lerden sonra yaygın olarak kullanılmaya başlanmış ve lityum alüminyum (LiAl) ve lityum silisyum (LiSi) alaşımları da yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu alaşımlar, yüksek sıcaklıklarda dahi dayanıklıdır ve elektrolitlerle iyi uyum sağlar (Guidotti ve Masset, 2006).

### 2.2.2. Katot malzemeleri

Isıl pillerde çeşitli katot malzemeleri kullanılır. Bunlar arasında kalsiyum kromat ( $\text{CaCrO}_4$ ), potasyum dikromat ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ), potasyum kromat ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ), kurşun kromat ( $\text{PbCrO}_4$ ), metal oksitler ( $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{WO}_3$ ) ve sülfürler ( $\text{CuS}$ ,  $\text{FeS}_2$ ,  $\text{CoS}_2$ ) bulunur. Bu malzemeler, elektrolitlerle kimyasal uyumlu olmalı ve yüksek sıcaklıklarda termal kararlılık göstermelidir.  $\text{FeS}_2$ , 1978'den bu yana en yaygın kullanılan katot malzemelerinden biridir (Fujiwara ve ark., 2011).

### 2.2.3. Elektrolit malzemeleri

Isıl pillerde elektrolit olarak genellikle erimiş ötektik lityum klorür ve potasyum klorür ( $\text{LiCl-KCl}$ ) karışımı kullanılır. Bu karışım, düşük erime noktası ( $352^\circ\text{C}$ ) ve yüksek iyonik iletkenlik gibi özellikleri sayesinde tercih edilir. Bromür içeren daha yeni elektrolit çeşitleri, pil ömrünü uzatmak ve iç direnci azaltarak akımı artırmak için kullanılmaktadır (Guidotti ve Masset, 2006).

### 2.2.4. Piroteknik ısı kaynakları

Isıl pillerde iki temel ısı kaynağı bulunur: ısıl kâğıt ve ısıl peletleri. Isıl kâğıt, zirkonyum (Zr) ve baryum kromat ( $\text{BaCrO}_4$ ) tozları ile desteklenen bir bileşimdir. Isıl peletleri ise demir tozu (Fe) ve potasyum perklorat ( $\text{KClO}_4$ ) karışımından oluşur. Isıl kâğıtlar, hızlı yanma hızlarına ve yüksek enerji yoğunluğuna sahiptir. Isıl peletleri ise daha yavaş yanar ve daha yüksek ısıl kararlılığa sahiptir (Guidotti ve Masset, 2006).

### 2.2.5. Yalıtım malzemeleri

Isıl pillerde kullanılan yalıtım malzemeleri arasında seramik elyaf, cam elyaf ve yüksek sıcaklık polimerler bulunur. Bu malzemeler, pilin çevresel koşullardan etkilenmemesi ve ısıl performansının artırılması amacıyla kullanılır. Uzun ömürlü pillerde genellikle yüksek verimli ısı yalıtım malzemeleri tercih edilir (Guidotti ve Masset, 2006).

## 2.3. Isıl Pillerin Güç Sistemlerinde Kullanımı

Isıl piller, havacılık, uzay ve askeri uygulamalarda geniş bir kullanım alanına sahiptir. Özellikle güdümlü mühimmat, roketler ve uçak acil durum koltuk fırlatma sistemlerinde kullanılırlar (Cha ve ark., 2006; Kauffmann ve Chagnon, 1992). Isıl pillerin acil durum güç sistemlerindeki rolü, uçuş kontrol sistemlerinin kesintisiz güç ihtiyacını karşılamak açısından kritiktir. Diğer güç depolama çözümleriyle karşılaştırıldığında, Isıl pillerin yüksek enerji yoğunluğu ve hızlı aktivasyon özellikleri dikkat çeker (Faget, 2023).

Isıl piller, özellikle askeri uygulamalarda ve çeşitli güç sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu piller, yüksek enerji yoğunlukları, güvenilirlikleri ve dayanıklılıkları ile bilinir. Tablo 1'de, ısıl pillerin güç sistemlerindeki kullanımına dair detaylı bilgiler verilmiştir.

**Tablo 1.** Isıl pillerin güç sistemlerindeki kullanımı

| Kullanım Alanı            | Açıklama  |
|---------------------------|---|
| Askeri Uygulamalar        | Mühimmat Cihazları: Isıl piller, mühimmat cihazlarında güç kaynağı olarak kullanılır. Bu cihazlar, yüksek şok dayanıklılığı ve uzun ömürleri nedeniyle ısıl pilleri tercih eder (Guidotti ve Masset, 2006).   |
|                           | Güdümlü Füzeler: Güdümlü füze sistemlerinde, ısıl piller ani enerji ihtiyacını karşılayarak sistemin çalışmasını sağlar (Guidotti ve Masset, 2006).   |
|                           | Proximity Füzeler: Bu tür füzelerde, ısıl piller, hedefe yaklaşma sırasında ihtiyaç duyulan enerjiyi sağlar (Guidotti ve Masset, 2006).   |
| Uzay ve Havacılık         | Torpedo ve Güdümlü Bombalar: Bu silah sistemlerinde ısıl piller, güvenilir güç kaynağı olarak kritik bir rol oynar (Guidotti ve Masset, 2006).  |
|                           | Uzay Uçuşları: ısıl piller, uzay uçuşlarında elektronik cihazların güç kaynağı olarak kullanılır. Yüksek güvenilirlikleri ve uzun ömürleri sayesinde uzay görevlerinde tercih edilir (Guidotti ve Masset, 2006).<br>Askeri Uçaklar: Hidrolik sistemler için acil yedek güç kaynağı olarak ısıl piller kullanılır. Bu piller, yüksek güvenilirlikleri nedeniyle kritik sistemlerde tercih edilir (Guidotti ve Masset, 2006). |
| Petrol ve Doğal Gaz Arama | Sondaj Takımları: Petrol ve doğal gaz arama kuyularında kullanılan sondaj takımlarına güç sağlamak için ısıl piller kullanılır. Bu piller, yüksek sıcaklık ortamlarında çalışabilir ve güvenilir güç kaynağı sağlar (Guidotti ve ark., 2008).   |
| Elektronik Paketler       | Radarlar ve Nükleer Silahlar: Isıl piller, radar sistemleri ve nükleer silahların elektronik paketleri için birincil güç kaynağı olarak kullanılır. Bu piller, uzun süreli depolama kapasitesi ve yüksek güvenilirlik sunar (Guidotti ve Masset, 2006).   |

## 2.4. Isıl Pil Tabanlı Güç Sistemlerinin Tasarımı ve Optimizasyonu

Isıl pil tabanlı güç sistemlerinin mimari tasarımı, yüksek verimlilik ve güvenilirlik sağlamak amacıyla dikkatlice planlanmalıdır. Tasarım stratejileri arasında pil performansını artırmak için termal yönetim sistemlerinin entegrasyonu ve hücre yapısının optimize edilmesi yer alır (Yıldız, 2021). Güç sistemi verimliliğini artırmak için çeşitli optimizasyon yöntemleri kullanılabilir, bu da sistemin genel performansını ve dayanıklılığını iyileştirir (Cha ve ark., 2006).

Isıl pil tabanlı güç sistemlerinin tasarımı ve optimizasyonu, yüksek enerji yoğunluğu, güvenilirlik ve dayanıklılık gerektiren çeşitli uygulamalarda önem kazanmaktadır. Aşağıda, ısıl pil tabanlı güç sistemlerinin tasarımı ve optimizasyonuna dair detaylı bilgiler verilmiştir.

### 2.4.1. Tasarım ve Optimizasyon

#### 2.4.1.1. Anot ve katot seçimi:

**Anot Malzemeleri:** Anot seçiminde, kalsiyum (Ca), alüminyum (Al), magnezyum (Mg) ve lityum (Li) gibi metaller kullanılmaktadır. Lityum alüminyum (LiAl) ve lityum silisyum (LiSi) alaşımları, yüksek sıcaklık dayanıklılığı ve elektrolitlerle iyi uyum sağladığı için tercih edilmektedir (Guidotti ve Masset, 2006).

**Katot Malzemeleri:** Kalsiyum kromat ( $\text{CaCrO}_4$ ), potasyum dikromat ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ), kurşun kromat ( $\text{PbCrO}_4$ ) gibi metal tuzları, kobalt disülfür ( $\text{CoS}_2$ ) ve demir disülfür ( $\text{FeS}_2$ ) gibi sülfidler yaygın olarak kullanılır.  $\text{FeS}_2$ , yüksek enerji yoğunluğu ve termal kararlılığı nedeniyle tercih edilmektedir (Masset ve Guidotti, 2008).

#### 2.4.1.2. Elektrolit malzemeleri:

Termal pillerde elektrolit olarak genellikle erimiş ötektik lityum klorür ve potasyum klorür (LiCl-KCl) karışımı kullanılır. Bu karışım, düşük erime noktası ( $352^\circ\text{C}$ ) ve yüksek iyonik iletkenlik gibi özellikleri sayesinde tercih edilir (Masset ve Guidotti, 2008).

Daha düşük erime noktalarına sahip bromür içeren elektrolit çeşitleri, pil ömrünü uzatmak ve iç direnci azaltarak akımı artırmak için kullanılır (Fujiwara ve ark., 2011).

#### 2.4.1.3. Isıtıcı ve yalıtım malzemeleri:

**Isıtıcı Malzemeler:** Termal pillerin aktive edilmesi için genellikle zirkonyum (Zr) ve baryum kromat ( $BaCrO_4$ ) tozlarından oluşan ısıl kâğıt veya demir tozu (Fe) ve potasyum perklorat ( $KClO_4$ ) karışımından oluşan ısı peletleri kullanılır (Guidotti ve Masset, 2006).

**Yalıtım Malzemeleri:** Seramik elyaf, cam elyaf ve yüksek sıcaklık polimerleri gibi malzemeler, pilin çevresel koşullardan etkilenmemesi ve ısıl performansının artırılması amacıyla kullanılır (Guidotti ve Masset, 2006).

#### 2.4.1.4. Tasarım optimizasyonu:

**Simülasyon ve Modelleme:** PHOENICS paket programı gibi simülasyon araçları kullanılarak termal pillerin tasarımı optimize edilir. Bu simülasyonlar, farklı elektrolit, anot ve katot malzemelerinin performansını değerlendirmek için kullanılır. Bu sayede, elektrolit kalınlığı, malzeme seçimi ve pilin geometrik yapısı optimize edilebilir (de Freitas ve ark., 2008).

**Nano Katkılar:** Elektrolitlere yapılan nano katkıları, pilin aktif ömrünü uzatmak ve termofiziksel özelliklerini iyileştirmek için kullanılır. Örneğin, %1  $SiO_2$  nano parçacık katkısı, elektrolit ömrünü uzatmıştır (Masset ve Guidotti, 2008).

### 2.5. Uygulama Örnekleri ve Test Sonuçları

Termal pil tabanlı güç sistemlerinin gerçek dünya uygulamaları, laboratuvar ve saha testleri ile doğrulanmıştır. Bu testler, sistemlerin dayanıklılığı ve uzun vadeli performansını değerlendirmek için kritiktir. Örneğin, T-50 Golden Eagle savaş uçağında kullanılan termal piller, uçuş kontrol sistemlerinin kesintisiz çalışmasını sağlamaktadır (Cha ve ark., 2006). Laboratuvar testleri, bu pillerin yüksek sıcaklıklarda bile stabil performans gösterdiğini kanıtlamıştır (Faget, 2023).

### 2.6. Gelecek İçin Gelişim ve Yönlendirmeler

Termal pil teknolojisinin gelecekteki potansiyeli oldukça yüksektir. Bu pillerin performansını ve verimliliğini artırmak için yeni malzemelerin kullanımı ve daha gelişmiş termal yönetim sistemlerinin entegrasyonu önerilmektedir (Kauffmann ve Chagnon, 1992). Ayrıca, ileri araştırma alanları arasında pil ömrünün uzatılması ve enerji yoğunluğunun artırılması yer almaktadır.

Termal pil teknolojisinin gelecekteki gelişimi ve yönlendirmeleri, enerji yoğunluğu, güvenilirlik ve çevresel sürdürülebilirlik gibi kritik faktörler göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmektedir. Aşağıda, termal pil tabanlı güç sistemlerinin gelecekteki gelişimi ve yönlendirmelerine dair detaylı bilgiler verilmiştir.

#### 2.6.1. Malzeme biliminde ilerlemeler

**Gelişmiş Elektrolitler:** Gelecekte, daha düşük erime noktalarına sahip ve daha yüksek iletkenlik sunan yeni elektrolit malzemelerinin geliştirilmesi üzerinde çalışılmaktadır. Özellikle bromür içeren elektrolitler, pil ömrünü uzatmak ve iç direnci azaltmak için kullanılmaktadır. Örneğin, LiBr-KBr-LiF ve LiCl-LiBr-KBr gibi karışımların kullanımı yaygınlaşmaktadır (Fujiwara ve ark., 2011).

**Nano Malzemeler:** Elektrolitlere yapılan nano katkıları, pilin termofiziksel özelliklerini iyileştirmekte ve aktif ömrünü uzatmaktadır. Örneğin, %1  $SiO_2$  nano parçacık katkısı, elektrolit ömrünü uzatmaktadır (Guidotti ve Masset, 2006).

#### 2.6.2. Tasarım ve simülasyon teknikleri

**PHOENICS Paket Programı:** Termal pil modüllerinin tasarım ve optimizasyonunda PHOENICS gibi simülasyon araçları kullanılarak, farklı elektrolit, anot ve katot malzemelerinin performansı değerlendirilmektedir. Bu simülasyonlar, elektrolit kalınlığı, malzeme seçimi ve pilin geometrik yapısının optimize edilmesine yardımcı olmaktadır (de Freitas ve ark., 2008).



**Yüksek Güç Uygulamaları:** Yüksek güç gereksinimlerini karşılamak için seri ve paralel kombinasyonlar kullanılarak termal pil modüllerinin geliştirilmesi üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Bu tür modüller, özellikle askeri ve uzay uygulamalarında önemlidir (Butler ve ark., 2008).

### 2.6.3. Uygulama alanlarının genişletilmesi

**Yenilenebilir Enerji:** Termal pillerin yenilenebilir enerji kaynakları ile entegre edilmesi, enerji depolama çözümleri sunarak güneş ve rüzgâr enerjisi sistemlerinde kullanımı yaygınlaşmaktadır. Bu, enerji depolama kapasitesini artırmayı ve çevresel sürdürülebilirliği desteklemeyi amaçlamaktadır (Gaddam ve Zhao, 2023).

**Taşınabilir Elektronikler ve Elektrikli Araçlar:** Termal piller, taşınabilir elektronik cihazlar ve elektrikli araçlar gibi ticari uygulamalarda da kullanılmaktadır. Özellikle lityum iyon pillerin yüksek enerji yoğunluğu ve uzun ömürleri, bu tür uygulamalarda termal pillerin kullanımını teşvik etmektedir (Dennis ve Corrigan, 2022).

### 2.6.4. Çevresel ve ekonomik faktörler

**Geri Dönüşüm ve Sürdürülebilirlik:** Gelecekte, termal pillerin geri dönüşümü ve çevresel etkilerinin azaltılması üzerine çalışmalar yoğunlaşacaktır. Daha çevre dostu ve sürdürülebilir malzemelerin kullanımı, bu pil teknolojisinin geniş çapta benimsenmesini destekleyecektir (Guidotti ve ark., 2008).

**Maliyet Etkinliği:** Termal pillerin üretim maliyetlerinin düşürülmesi, bu teknolojinin daha yaygın kullanılmasını sağlayacaktır. Gelişmiş üretim teknikleri ve malzeme bilimi, maliyet etkinliğinin artırılmasında önemli rol oynayacaktır (Kocher ve ark., 2024).

## 3. RİSK ANALİZİ

### 3.1. Termal Pillerin Risk Analizi

Termal piller, özellikle yüksek enerji yoğunluğu ve uzun ömürlülük gerektiren uygulamalarda kullanıldıkları için bazı riskler taşır. Bu riskler hem kimyasal hem de operasyonel riskleri kapsar. Aşağıda, termal pillerin risk analizi detaylı bir şekilde ele alınmıştır:

#### 3.1.1. Kimyasal riskler

##### Elektrolitlerin Zehirliliği ve Reaktivitesi:

Termal pillerde kullanılan elektrolitler genellikle erimiş tuzlar gibi kimyasallar içerir. Bu maddeler, insan sağlığı için toksik olabilir ve ciltle temas ettiğinde veya solunduğunda ciddi sağlık sorunlarına yol açabilir (Guidotti ve Masset, 2006).

Elektrolitlerin yüksek reaktivitesi, özellikle hava veya nem ile temas ettiğinde yangın veya patlama riski oluşturabilir. Bu nedenle, elektrolitlerin saklanması ve taşınması özel önlemler gerektirir (Fujiwara ve ark., 2011).

##### Anot ve Katot Malzemeleri:

Anot ve katot malzemeleri, yüksek sıcaklıklarda stabil olmalıdır. Ancak, bazı metaller yüksek sıcaklıklarda reaktif hale gelebilir ve bu da pilin güvenliğini tehlikeye atabilir. Örneğin, lityum bazlı anotlar yüksek reaktiviteye sahiptir ve yangın riski taşır (Masset ve Guidotti, 2008).

#### 3.1.2. Operasyonel riskler

##### Isıl Yönetim:

Termal pillerin çalışması için gerekli yüksek sıcaklık, termal yönetim zorluklarını beraberinde getirir. Isının düzgün bir şekilde dağıtılmaması, pilin aşırı ısınmasına ve potansiyel olarak patlamasına yol açabilir. Bu nedenle, termal yönetim sistemlerinin etkinliği kritik öneme sahiptir (de Freitas ve ark., 2008).

**Aktivasyon ve Deaktivasyon Prosesleri:**

- Termal piller genellikle piroteknik malzemelerle aktive edilir. Bu malzemelerin kullanımı, yangın ve patlama riski taşır ve dikkatli bir şekilde yönetilmelidir. Aynı şekilde, pilin kullanım ömrü sonunda güvenli bir şekilde devre dışı bırakılması önemlidir (Guidotti ve Masset, 2006).

**3.1.3. Çevresel riskler****Atık Yönetimi:**

Termal pillerin ömrünü tamamladıktan sonra çevreye zararlı atıklar oluşturma riski vardır. Bu atıkların uygun şekilde bertaraf edilmemesi, toprak ve su kaynaklarının kirlenmesine neden olabilir. Bu nedenle, geri dönüşüm ve atık yönetimi süreçlerinin etkin bir şekilde uygulanması gereklidir (Kocher ve ark., 2024).

**Üretim Süreci:**

Termal pillerin üretim süreci de çevresel riskler taşır. Üretim sırasında açığa çıkan zararlı kimyasallar ve gazlar, çevresel kirliliğe neden olabilir. Bu nedenle, üretim süreçlerinin çevre dostu hale getirilmesi önemlidir (Guidotti ve ark., 2008).

**3.2. Risk Matrisi****Kimyasal Riskler:**

- Elektrolitlerin zehirliliği ve reaktivitesi (Yangın ve patlama riski)
- Anot ve katot malzemelerinin reaktivitesi (Lityum bazlı anotların yangın riski)

**Operasyonel Riskler:**

- Isıl yönetim sorunları (Aşırı ısınma ve patlama riski)
- Aktivasyon ve deaktivasyon süreçleri (Piroteknik malzeme kullanımıyla yangın riski)

**Çevresel Riskler:**

- Atık yönetimi (Çevre kirliliği ve su kaynaklarının kirlenmesi)
- Üretim sürecindeki çevresel riskler (zararlı kimyasallar ve gazların açığa çıkması)

Termal pillerin risk analizini 1 ile 5 arasında puanlanarak önceki araştırmacılar tarafından oluşturulan risk matrisi sunulmuştur. Olasılık ve şiddet puanlarını çarpıp toplam risk puanlarını hesapladım. En yüksek risk puanı olan alanlar özellikle elektrolit zehirliliği, reaktivitesi ve piroteknik aktivasyon süreçleridir (Tablo 2).

**Tablo 2. Risk Matrisi**

| Risk Kategorisi                                 | Olasılık (Puan) | Şiddet (Puan) | Risk Puanı | Önerilen Aksiyonlar                                      | Araştırmacılar                                    |
|---|-----------------|---------------|------------|--|---|
| Elektrolitlerin Zehirliliği ve Reaktivitesi     | 5               | 5             | 25         | Özel saklama önlemleri ve güvenlik ekipmanları kullanımı | Guidotti ve Masset (2006); Fujiwara ve ark (2011) |
| Anot ve Katot Malzemeleri (Yangın Riski)        | 4               | 4             | 16         | Yüksek sıcaklıkta stabil malzemeler kullanılması         | Masset ve Guidotti (2008)                         |
| Isıl Yönetim (Aşırı Isınma ve Patlama Riski)    | 4               | 4             | 16         | Etkili ısıl yönetim sistemlerinin uygulanması            | de Freitas ve ark. (2008)                         |
| Aktivasyon ve Deaktivasyon (Piroteknik Malzeme) | 5               | 5             | 25         | Piroteknik malzemelerin güvenli bir şekilde yönetilmesi  | Guidotti ve Masset (2006)                         |
| Atık Yönetimi (Çevre Kirliliği)                 | 2               | 3             | 6          | Geri dönüşüm ve atık yönetim süreçlerinin geliştirilmesi | Kocher ve ark. (2024)                             |
| Üretim Sürecindeki Çevresel Riskler             | 3               | 3             | 9          | Çevre dostu üretim süreçlerinin uygulanması              | Guidotti ve ark. (2008)                           |



## 5. SONUÇLAR

Bu çalışma, termal pillerin havacılık ve askeri uygulamalardaki kritik önemini ve bu alandaki zorlukları kapsamlı bir şekilde ele almaktadır. Termal piller, yüksek enerji yoğunluğu, güvenilirlik ve dayanıklılık özellikleri nedeniyle özellikle acil durum ve yüksek performans gerektiren sistemlerde tercih edilmektedir. Çalışmada, termal pillerin yapısı, çalışma prensipleri ve güç sistemlerindeki rollerinin detaylı bir incelemesi yapılmış, ayrıca kimyasal, operasyonel ve çevresel riskler analiz edilmiştir.

Termal pillerin güvenli ve verimli kullanımı için ileri malzeme teknolojilerinin ve optimize edilmiş tasarımların gerekliliği vurgulanmıştır. Literatürdeki çalışmalar, farklı kimyasal malzemelerin ve elektrolit sistemlerinin termal pillerin performansını nasıl etkilediğini ortaya koymuştur. Bulgular, termal pillerin havacılık ve askeri uygulamalarda, özellikle yüksek rakımlardaki düşük çalışma sıcaklıklarında termal yönetimin kritik olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak, termal pillerin başarılı bir şekilde entegre edilebilmesi için dikkatli bir tasarım ve sıkı güvenlik standartları gerekmektedir. Gelecekte, çevresel sürdürülebilirlik ve maliyet etkinliği gibi faktörler de göz önünde bulundurularak termal pil teknolojisinin daha geniş çapta benimsenmesi hedeflenmelidir. İleri araştırmalar ve yenilikçi yaklaşımlar, termal pillerin performansını ve güvenliğini artırmada önemli bir rol oynayacaktır. Bunun yanında yeni nesil ısı pil tasarımları için nano malzeme katkılarının potansiyeli üzerine daha fazla araştırma yapılmasına ihtiyaç duyulabilir.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarı herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Araştırma tek yazar olan Ozan Öztürk tarafından yapılmıştır.

### Kaynaklar

- Ali, S. (2023). Electrochemical devices: History of electrochemistry. doi: 10.1016/b978-0-323-96022-9.00022-0.
- Butler, P., Guidotti, R.A., Moya, L., Reinhardt, F., & Peterkin, F. (2002). High power thermal battery development. In *Power Modulator Symposium, 2002 and 2002 High-Voltage Workshop. Conference Record of the Twenty-Fifth International (pp. 1–4)*. IEEE.
- Cha, J., Choi, D., Park, S., Jung, K., & Lee, S. (2006). Advanced emergency power system using thermal battery for future aircraft. In *4th International Energy Conversion Engineering Conference and Exhibit (IECEC)* (p. 4161).
- Chen-Glasser, M., & DeCaluwe, S. C. (2022). A review on the socio-environmental impacts of lithium supply for electric aircraft. *Frontiers in Aerospace Engineering, 1*, 1058940.
- Crompton, T. R. (2000). Battery Reference Book (3rd ed.). Newnes. p. Glossary 3. ISBN 978-0-08-049995-6.
- Dennis, A., & Corrigan, D.A. (2022). Electric Vehicle Batteries: Past, Present, and Future. *The Electrochemical Society Interface, 31*(3), 63.
- de Freitas, F., Peixoto, F., & Vianna Jr, A. D. S. (2008). Simulation of a thermal battery using Phoenix (R). *Journal of Power Sources, 179*(1), 424-429.
- Fujiwara, S., Inaba, M., & Tasaka, A. (2011). New molten salt systems for high temperature molten salt batteries: Ternary and quaternary molten salt systems based on LiF–LiCl, LiF–LiBr, and LiCl–LiBr. *Journal of Power Sources, 196*, 4012–4018.
- Fujiwara, S., Kato, F., Watanabe, S., Inaba, M., & Tasaka, A. (2009). New iodide-based molten salt systems for high temperature molten salt batteries. *Journal of Power Sources, 194*, 1180–1183.
- Faget, L. (2023). 1. Thermal Batteries as Power Sources for Space Applications. In *2023 13th European Space Power Conference (ESPC)* (pp. 1-3). IEEE.
- Gaddam, R., & Zhao, X. S. (2023). Handbook of Sodium-Ion Batteries Materials and Characterization, Rechargeable Ion Batteries. Singapore: Jenny Stanford Publishing.
- Guidotti, R. A., & Masset, P. (2006). Thermally activated (“thermal”) battery technology: Part I: An overview. *Journal of Power Sources, 161*(2), 1443–1449.

- Guidotti, R. A., & Masset, P. J. (2008). Thermally activated (“thermal”) battery technology: Part IV. Anode materials. *Journal of Power Sources*, 183(1), 388-398.
- Guidotti, R.A., Scharrer, G.L., Binasiwicz, E., & Reinhardt, F.W. (1998). Feasibility of an 8kW/kg, 5-minute thermal battery. *IEEE*, 0-7803-4245-5/98.
- Heit, Z., & Liscouet-Hanke, S. (2023). Estimation of Battery Pack Layout and Dimensions for the Conceptual Design of Hybrid-Electric Aircraft, In *AIAA SCITECH 2023 Forum* (p. 1362).
- Iton, Z. W. B., Kim, S. S., Patheria, E. S., Qian, M. D., Ware, S. D., & See, K. A. (2023). Battery materials. In J. Reedijk & K. R. Poepelmeier (Eds.), *Comprehensive Inorganic Chemistry III* (3rd ed., pp. 308-363). Elsevier.
- İdin, Ş. (2018). GÜDÜMLÜ MÜHİMMATIN KALBI: ISIL PİL. *Bilim ve Teknik*, 26-29.
- Jiandong, C., & Shiqiang, Z. (2023). The battery cooling design and simulation study in multirotor eVTOL aircraft. In *Proceedings of the 79th Annual Vertical Flight Society Forum and Technology Display, FORUM 79* (pp. 934-939). Vertical Flight Society.
- Kauffman, S., & Chagnon, G. (1992). Thermal battery for aircraft emergency power. *IEEE*, 0-7803-0552-3/92.
- Kocher, J. D., Woods, J., Odukomaiya, A., & Yee, S. K. (2024). Thermal batteries cost scaling analysis minimizing the cost per kWh. *Energy & Environmental Science*, 17(2).
- Kumar, R. V., & Sarakonsri, T. (2022). Introduction to electrochemical cells. In *Rechargeable Ion Batteries* (Chapter 1).
- Masset, P.J., & Guidotti, R.A. (2008). Thermal activated (“thermal”) battery technology Part IIIa: FeS<sub>2</sub> cathode material. *Journal of Power Sources*, 177, 595–609.
- Pauling, L. (1988). *General Chemistry*. Dover Publications, Inc. p. 539. ISBN 978-0-486-65622-9.
- Pistoia, G. (2005). *Batteries for Portable Devices*. Elsevier. p. 1. ISBN 978-0-08-045556-3.
- Srivastava, V., Rantala, V., Mehdipour, P., Kauppinen, T., Tuomikoski, S., Heponiemi, A., Runtti, H., Tynjälä, P., Simões Dos Reis, G., & Lassi, U. (2023). A comprehensive review of the reclamation of resources from spent lithium-ion batteries. *Chemical Engineering Journal*, 474, Article 145822.
- Sun, H. (2023). Batteries on aircrafts: Challenges & Expectations. *Highlights in Science, Engineering and Technology*, 32, 115-121.
- TÜBİTAK SAGE. (2024). Savunma Sanayii Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü Pil Teknolojileri Birimi. (Erişim tarihi: 08.06.2024).
- Li, W., Zhou, Y., Zhang, H., & Tang, X. (2023). A review on battery thermal management for new energy vehicles. *Energies*, 16(13), 4845.
- Yıldız, M. (2021). Battery management system architectures for unmanned air vehicles: A strategic issue. *Journal of Anadolu Strategy*, 1, 1-12.
- Zdunich, P., Crain, A. D., Gibney, E., Hernandez, M., Recoskie, S., MacRae, N., Jang, D., Tang, J., & Naboka, O. (2023). Experimental validation of a module-level battery safety system for thermal runaway containment. In *Electrical Energy Generation, Storage, & Management I (AIAA 2023-3988)*.
- Zimmerschied, K., & Gahl, J. (2010). Modulated high power thermal battery test stand. *IEEE*, 978-1-4244-7129-4/10.