# TARIM VE HAYVANCILIĞIN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK DİNAMİKLERİ ÜZERİNE AKADEMİK ÇALIŞMALAR

**EDİTÖRLER**
**Prof. Dr. Kağan KÖKTEN**
**Doç. Dr. Hakan İNCİ**

İKSAD
Publishing House

# TARIM VE HAYVANCILIĞIN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK DİNAMİKLERİ ÜZERİNE AKADEMİK ÇALIŞMALAR


## EDİTÖRLER

Prof. Dr. Kağan KÖKTEN

Doç. Dr. Hakan İNCİ

## YAZARLAR

Prof. Dr. Ahmet ŞEKEROĞLU
Prof. Dr. Bünyamin SÖĞÜT
Prof. Dr. Şaziye Canan BÖLÜKBAŞI AKTAŞ
Prof. Dr. Yasemin KUŞLU
Doç. Dr. Aziz GÜL
Doç. Dr. Hakan İNCİ
Doç. Dr. Metin GÜRÇAY
Dr. Öğr. Üyesi Abdullah GÜLLER
Dr. Öğr. Üyesi Figen CERİTOĞLU
Dr. Öğr. Üyesi Mahinur KIRICI
Dr. Öğr. Üyesi Münire TURHAN
Öğr. Gör. Dr  Havva AYBEK
Arş. Gör. Dr. Ersin KARAKAYA
Arş. Gör. Dr. M. Reşit TAYSI
Arş. Gör. Dr. Sıraç YAVUZ
Arş. Gör. Dr. Sinem IŞIK
Öğr. Gör. Ebubekir İZOL
Öğr. Gör. Enes KAYA
Öğr. Gör. Davut KARAHAN
Öğr. Gör. İbrahim ŞAHİN
Öğr. Gör. Serhat KOÇYİĞİT
Öğr. Gör. Zafer TABUR
Arş. Gör. Hasan ER
Arş. Gör. Işıl SARAÇ SİVRİKAYA
Arş. Gör. Mustafa GÜNEŞDOĞDU
Zir. Yük. Müh. Gözdenur ÇAKAR
Abdurrahman ŞİMŞEK
Hakan KEÇECİ
Mehmet Ali KUTLU
Mehmet İLKAYA
Sinan ERDEM
Pınar COŞKUN
Zeynep AYAN
Yusuf TOY



İKSAD
Publishing House

Copyright © 2022 by iksad publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or transmitted in any form or by
any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses permitted by copyright law. Institution of Economic Development and Social Researches Publications®
(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)
TURKEY TR: +90 342 606 06 75
USA: +1 631 685 0 853
E mail: iksadyayinevi@gmail.com
www.iksadyayinevi.com

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.
Iksad Publications – 2022©

**ISBN: 978-625-8405-33-0**
Cover Design: İbrahim KAYA
February / 2022
Ankara / Turkey
Size = 16x24 cm

**İÇİNDEKİLER**

**EDİTÖRDEN**

**ÖNSÖZ**

Prof. Dr. Kağan KÖKTEN

Doç. Dr. Hakan İNCİ…….……...…….1

**BÖLÜM 1**

**TÜRKİYE KANATLI SEKTÖRÜNÜN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK DİNAMİKLERİNE GENEL BİR BAKIŞ**

Arş. Gör. Dr. Ersin KARAKAYA

Arş. Gör. Dr. M. Reşit TAYSI…….……...…..3

**BÖLÜM 2**

**TARIM ve HAYVANCILIKTA TEKNOLOJİK YENİLİKLERİN KULLANIMI**

Arş. Gör. Dr. Sıraç YAVUZ

Arş. Gör. Dr. Sinem IŞIK……...……..21

**BÖLÜM 3**

**METEOROLOJİK FAKTÖRLERDEKİ DEĞİŞME EĞİLİMİNİN HAYVANSAL ÜRETİM ve ÜRÜN KALİTESİNE ETKİSİ**

Prof. Dr. Şaziye Canan BÖLÜKBAŞI AKTAŞ

Arş. Gör. Hasan ER

Prof. Dr. Yasemin KUŞLU…….…….....45

**BÖLÜM 4**

**AKUAPONİK TARIM SİSTEMLERİ**

Prof. Dr. Yasemin KUŞLU

Arş. Gör. Hasan ER……..……....71

**BÖLÜM 5**

**BAKTERİLERDE GEN AKTARIM YÖNTEMLERİ**

Yusuf TOY.....95

**BÖLÜM 6**

**TOPRAKTA AĞIR METAL ANALİZ YÖNTEMLERİ**

Öğr. Gör. Serhat KOÇYİĞİT……..……...117

**BÖLÜM 7**

**BİTKİLERDE FUNGAL HASTALIKLARIN KONTROLÜNE YÖNELİK GÜNCEL YAKLAŞIMLAR**

Arş. Gör. Işıl SARAÇ SİVRİKAYA

Dr. Öğr. Üyesi Abdullah GÜLLER……...135

**BÖLÜM 8**

**EVCİL-YABANİ HAYVANLAR, VARYANT VİRUSLAR ve TEK SAĞLIK**

Doç. Dr. Metin GÜRÇAY…….……....183

**BÖLÜM 9**

**ARILARININ EKOSİSTEM İÇERİSİNDEKİ YERİ ve ÖNEMİ**

Öğr. Gör. Mehmet Ali KUTLU…….205

**BÖLÜM 10**

**ARI ÜRÜNLERİNİN VERİM ve KALİTESİNİ ETKİLEYEN BAZI FAKTÖRLER**

Pınar COŞKUN

Prof. Dr. Bünyamin SÖĞÜT……..221

**BÖLÜM 11**

**IN VITRO BİYOYARARLILIK ve ARI ÜRÜNLERİNİN BİYOYARARLILIĞI**

Öğr. Gör. Davut KARAHAN

Öğr. Gör. Enes KAYA

Öğr. Gör. Ebubekir İZOL……..247

**BÖLÜM 12**

**BAL ARILARINDA HASTALIK ve ZARARLILARIN GÖRÜLME SIKLIĞININ BESLENME İLE İLİŞKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Mehmet İLKAYA

Abdurrahman ŞİMŞEK

Zeynep AYAN

Öğr. Gör. İbrahim ŞAHİN…….269

**BÖLÜM 13**

**ARI ZEHRİNİN ANTİ-FİTOPATOJENİK ve ANTİ-ZOONOTİK İNHİBİSYON AKTİVİTESİ**

Dr. Öğr. Üyesi Abdullah GÜLLER

Zir. Yük. Müh. Gözdenur ÇAKAR……....287

**BÖLÜM 14**

**ARI ZEHİRİ ve BAZI BİLEŞENLERİNİN ÇEŞİTLİ KANSER TÜRLERİNİ HEDEFLEME POTANSİYELİ**

Öğr. Gör. Enes KAYA

Öğr. Gör. Davut KARAHAN

Öğr. Gör. Ebubekir İZOL…….....315

**BÖLÜM 15**

**BALIN BİYOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ ve İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNE ETKİLERİ**

Dr. Havva AYBEK

Dr. Öğr. Üyesi Mahinur KIRICI……....341

**BÖLÜM 16**

**ORMAN GÜLÜ BALI**

Dr. Öğr. Üyesi Münire TURHAN……...……..…….367

**BÖLÜM 17**

**HAM VE LİYOFİLİZE APİLARNİLİN BAZI KİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Sinan ERDEM

Doç. Dr. Hakan İNCİ…….....391

**BÖLÜM 18**

**COVİD-19 PANDEMİSİ SÜRECİNDE BAZI POTANSİYEL VİRAL ZOONOZLAR**

Dr. Öğr. Üyesi Hakan KEÇECİ….……...….....411

**BÖLÜM 19**

**ÇİÇEKLENME DÖNEMİ PESTİSİT KULLANIMINDA TURUNÇGİL (*Citrus spp.)* ÇİFTÇİSİNİN BAL ARILARINA (*Apis mellifera* L.) KARŞI DUYARLILIK ANALİZİ**

Öğr. Gör. Zafer TABUR

Dr. Öğr. Üyesi Figen CERİTOĞLU

Arş. Gör. Mustafa GÜNEŞDOĞDU

Doç. Dr. Aziz GÜL

Prof. Dr. Ahmet ŞEKEROĞLU…….431

# ÖNSÖZ

Tarım ve Hayvancılık sektörü; Cumhuriyetimizin kuruluşundan günümüze kadar, ülkemizin ekonomik ve sosyal gelişiminde çok önemli görevler üstlenmiştir. Ülke nüfusunun beslenme ihtiyacının karşılanmasında, milli gelire ve istihdama katkı sağlamada, sanayi sektörünün hammadde ihtiyacını karşılama ve sermaye aktarmada, doğrudan ve dolaylı olarak ihracata katkıda bulunmakta ve benzeri birçok noktada tarım ve hayvancılık, ekonomimizde vazgeçilmez bir alandır. Tarım gıda üretimi, giyim, beslenme, çevrenin ve ekolojik dengenin korunması, yaşamın devamı için gerekli olan gıda maddelerini üretmesi ve sürdürülebilirliği gibi sebeplerden dolayı stratejik öneme sahiptir. Özellikle insanlığa hizmet eden sektörlerin daha fazla önem kazandığı bu dönemde tarım ve hayvancılık da bunlar arasında en önemli yere sahiptir. Her ulus kendi toplum yapısına ve ekonomik gelişmişlik düzeyine göre tarımsal faaliyette bulunmak zorundadır. Tarım ve hayvancılık sektörünün diğer bir görevi de ülkelerin sanayileşmesine ve dolayısıyla kalkınma sürecine katkıda bulunmasıdır. Gelişmekte olan ülkeler sanayilerini geliştirme ve kalkınma çabalarının yanı sıra, diğer taraftan da devlet öncülüğünde kalkınma politikaları kapsamında tarım sektörlerini desteklemek ve modernleştirmek için büyük çaba içinde olmuşlardır. Ülkemiz sahip olduğu coğrafi yapı ve ekolojik koşullar sayesinde, ürün çeşitliliği ve miktarı yönünden tarımsal üretimde büyük bir potansiyele sahiptir. Bu potansiyelin en azami şekilde hayata geçirilebilmesi için yeni yaklaşımlar geliştirilmeli, ülkemizin bölgesel ve küresel anlamda yerini

doğru bir şekilde belirlemesi, kısa, orta ve uzun vadeli durum değerlendirmelerinde bulunulması, koşullara göre en uygun stratejiyi geliştirip en uygun pozisyonu alması için gerekli şartları yerine getirmesi gerekmektedir.

Bu kitapta, tarım ve hayvancılık uygulamalarında potansiyelin en azami şekilde hayata geçirilebilmesi için yeni yaklaşımlar geliştirmeyi hedefleyen sürdürülebilirlik dinamikleri üzerine akademik çalışmalar bir araya getirilmiştir.

Prof. Dr. Kağan KÖKTEN

Doç. Dr. Hakan İNCİ

# BÖLÜM 1

## TÜRKİYE KANATLI SEKTÖRÜNÜN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK DİNAMİKLERİNE GENEL BİR BAKIŞ

Arş. Gör. Dr. Ersin KARAKAYA[1*] Arş. Gör. Dr. M. Reşit TAYSI[1]

[1:]Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği, Bingöl, Türkiye, 0000-0002-1072-4059, mrtaysi@yahoo.com
[1:]Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Bingöl, Türkiye, 0000-0002-6734-4962, karakayaersin@hotmail.com

Kanatlı hayvan yetiştiriciliği; üretimde az emek ve sermaye gerektirdiği için ülkelerin kırsal alanlarında tavuk, hindi, kaz, ördek, devekuşu, keklik, sülün ve bıldırcın gibi hayvan türleriyle hobi veya ticari amaçla yapılan ekonomik ve beslenme değeri olan bir sektördür. Bu bölüm; ilgili kurum ve kuruluşların verileri ve daha önce yapılan ulusal ve uluslararası çalışmalar derlenerek kanatlı hayvancılık sektörüne ait sayısal verilerin sunularak Türkiye'deki mevcut durumu ile ilgili bir görüş sunulması, sektördeki sorunların belirlenerek çözüm önerileri geliştirilmesi ve Türkiye kanatlı sektörünün sürdürülebilirlik dinamiklerinin belirlenmesi amacıyla yazılmıştır.

## 1. GİRİŞ

Hem kırmızı et üretimini desteklemesi hem de tamamlayıcısı rolünde olan kanatlı sektörü, istihdam yaratması, modern entegre tesis yatırımları, uzman üretim, işleme ve pazarlama mekanizması, dış ticarette üstlendiği yüksek pay, sağlıklı ürün arzı ile üretim, tüketim ve ihracat noktalarında Türkiye'de önemli bir sektördür. Kanatlı hayvancılık sektörü tarım ve gıda alanında en hızlı gelişim sağlayarak zamanla en güçlü sektörlerden biri haline gelmiştir. Özellikle kanatlı sektörünün gıda sektörü alanında Avrupa Birliği (AB) ile rekabet edebilecek birkaç alt sektörden biri olarak belirlenmesi; sektörün geniş işgücü istihdamının var olması ve örgütlenme yapısı en iyi olan gıda alt sektörlerinden biri olması kanatlı sektörünün Türkiye için önemini ortaya koymaktadır (Keskin ve Demirbaş, 2012; İnci ve ark., 2014). Çicekgil ve Yazıcı (2016) ve İnci ve ark. (2019) "Türkiye kanatlı sektörünün sürekli gelişen, ihracatını hızlı bir şekilde arttıran, yoğun

istihdam oluşturan ve tarımı destekleyici yapısıyla ekonomiye önemli ölçüde katma değer sağlayan sektörler içinde yer aldığını bildirmişlerdir. Türkiye'de hem sektörde hem de yan dallarda yaklaşık 600 bin kişi istihdam edilmektedir. Üretici çiftçi, sektörle ilgili esnaf, yem, ilaç, yan sanayi, nakliye, pazarlama dâhil sektörden elde edilen gelirle hayatını sürdüren kişi sayısı yaklaşık 2,4 milyondur" (Koca, 2017; TAGEM, 2018).

### 1.1. Türkiye Kanatlı Sektörünün Tarihsel Gelişimi

- Kanatlı hayvancılık sektörü; 1930'lu yıllarda tavukçuluk özelinde Merkez Tavukçuluk Enstitüsü'nün Ankara'da kurulmasıyla başlamıştır.
- Köy tavukçuluğunun geliştirilmesi amacıyla 1950'li yıllarda çalışmalar gerçekleştirilmiştir.
- Modern tavukçuluğun gelişmesi için 1970 ve 1980'li yıllarda üretim ve araştırma kurumları kurulmuş; uygulamaya konulan "Kaynak Kullanımı Destekleme Fonu" ve yem desteği ile modern üretim tesislerinin yapılması özendirilmiştir. Bu bağlamda önemli bir yapısal değişime gidilerek, entegre tesislerin sayısı artmış ve sözleşmeli üretim başlamıştır.
- Sektöre yapılan yatırımlarla 1990'lı yıllarda modern üretim tesislerinin sayısı ve üretim kapasitesi hızla artmış, yüksek standartta üretim yaygınlaşmıştır.
- Yatırımların devam etmesiyle 2000'li yıllarda Avrupa standartlarında üretim yaygınlaşmıştır.

# 2. MEVCUT DURUM DEĞERLENDİRMESİ

## 2.1. Dünyada ve Türkiye'de kümes hayvancılığının mevcut durumu

"Türkiye'de mevcut olan kümes hayvanları tesislerinde iyi bir organizasyon yapısı ile entegre üretim gerçekleştirilmektedir. Entegrasyon modeli içinde genellikle damızlık sürüleri, kuluçkahaneler, broiler sürüleri, yem siloları, kesimhaneler, işleme ile temizleme sistemleri ve pazarlama üniteleri mevcuttur. Türkiye'de 2019 yılı itibarıyla 74 adet kuluçkahane, 338 işletmeye ait 2.439 adet damızlık kümesi, 7.807 işletmeye ait 12.725 etlik tavuk kümesi ve 2.837 işletmeye ait 5.058 yumurtacı tavuk kümesi bulunmaktadır" (TEPGE, 2021). Dünya ve Türkiye'de kümes hayvanları sayısı Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmiştir. Dünyada 2015 yılında toplam 47.523.182 bin baş olan kümes hayvanı sayısı 2016 yılında %5.1 artarak 49.960.565 bin başa yükselmiştir. Toplam kümes hayvanı sayısı 2017 yılında 2015 yılına göre %13.8, 2018 yılında %14.5 ve 2019 yılında ise %16.4 artış göstermiştir. Toplam kümes hayvanı sayısı 2020 yılında 2015 yılına göre %26.3 azalarak 35.066.346 bin baş olarak belirlenmiştir. Türkiye'de 2015 yılında toplam kümes hayvanı sayısı 316.332 bin baş olarak belirlenmiştir. toplam kümes hayvanı sayısı 2015 yılına göre 2016 yılında %5.4, 2017 yılında %10, 2018 yılında %13.5, 2019 yılında 10.2 ve 2020 yılında ise %22 artış göstermiştir. Türkiye'de kümes hayvancılığı, başta tavuk yetiştiriciliği olmak üzere diğer Avrupa ülkelerine göre fazlasıyla gelişmiştir.

**Tablo 1.** Dünya Kümes Hayvanları Sayısı (bin baş) (2015-2020)

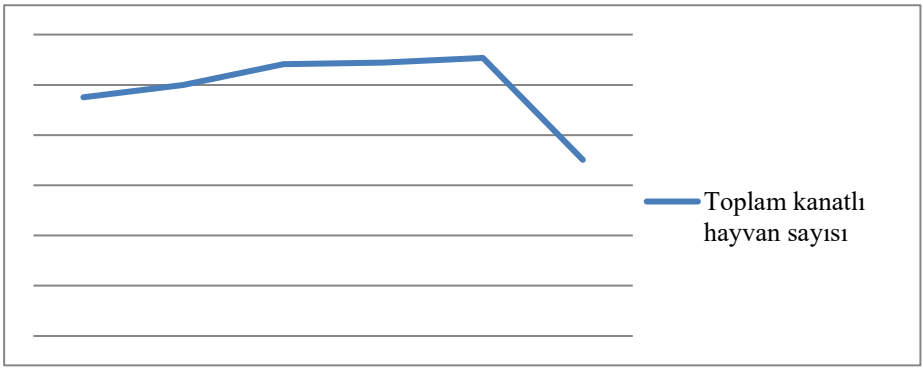
| Yıl | **Dünya Kümes Hayvanları Sayısı** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tavuk | Ördek | Kaz | Hindi | **Toplam** | **İndeks** |
| 2015 | 43.708.801 | 2.218.029 | 702.826 | 893.526 | **47.523.182** | **100** |
| 2016 | 46.009.306 | 2.300.431 | 713.436 | 937.392 | **49.960.565** | **105,1** |
| 2017 | 50.153.978 | 2.302.137 | 714.658 | 935.914 | **54.106.687** | **113,8** |
| 2018 | 50.547.014 | 2.318.867 | 717.422 | 843.876 | **54.427.179** | **114,5** |
| 2019 | 51.440.779 | 2.347.701 | 722.718 | 840.608 | **55.351.806** | **116,4** |
| 2020 | 33.097.116 | 1.154.933 | 364.004 | 450.293 | **35.066.346** | **73,7** |

**Tablo 2.** Türkiye Kümes Hayvanları Sayısı (bin baş) (2015-2020)

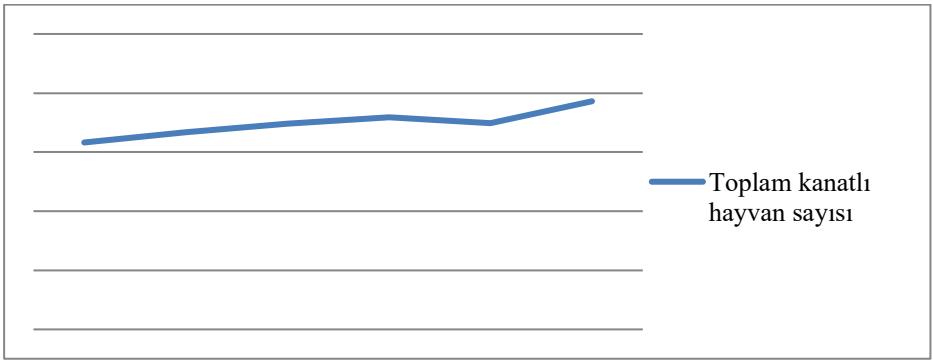
| Yıl | **Türkiye Kümes Hayvanları Sayısı** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tavuk | Ördek | Kaz | Hindi | **Toplam** | **İndeks** |
| 2015 | 312.255 | 398 | 850 | 2.827 | **316.332** | **100** |
| 2016 | 329.011 | 413 | 933 | 3.182 | **333.541** | **105,4** |
| 2017 | 342.801 | 491 | 978 | 3.872 | **348.143** | **110,0** |
| 2018 | 353.561 | 532 | 1080 | 4.043 | **359.217** | **113,5** |
| 2019 | 342.567 | 519 | 1157 | 4.541 | **348.784** | **110,2** |
| 2020 | 379.349 | 559 | 1373 | 4.797 | **386.080** | **122,0** |

Kanatlı hayvancılık sektörü; üretimin kitlesel olmasından dolayı, gerek iç piyasa gerekse dış piyasadaki ticari dalgalanmalara karşı çok hassas bir yapıdadır. Bu yüzden ölçek ekonomisinin olanaklarını doğru değerlendirip, üretim miktarının ortalamanın üzerinde olduğu zaman işe başlamak; uzun yıllar içinde gerçekleşen üretim, iç tüketim ithalat ve ihracat verilerini detaylı analiz ettikten sonra kanatlı hayvan sektörüne yatırım yapmak için karar verilmesi son derece faydalıdır. Şekil 1 ve Şekil 2 ‘de 2015 yılından 2020 yılına kadar kanatlı hayvan sayısındaki değişimin yıllar itibariyle nasıl değiştiği görülmektedir.

Özellikle 2020 yılında dünyada kanatlı hayvan sayısında sert bir düşüş yaşanırken Türkiye'de ise ciddi bir artış olduğu görülmektedir.



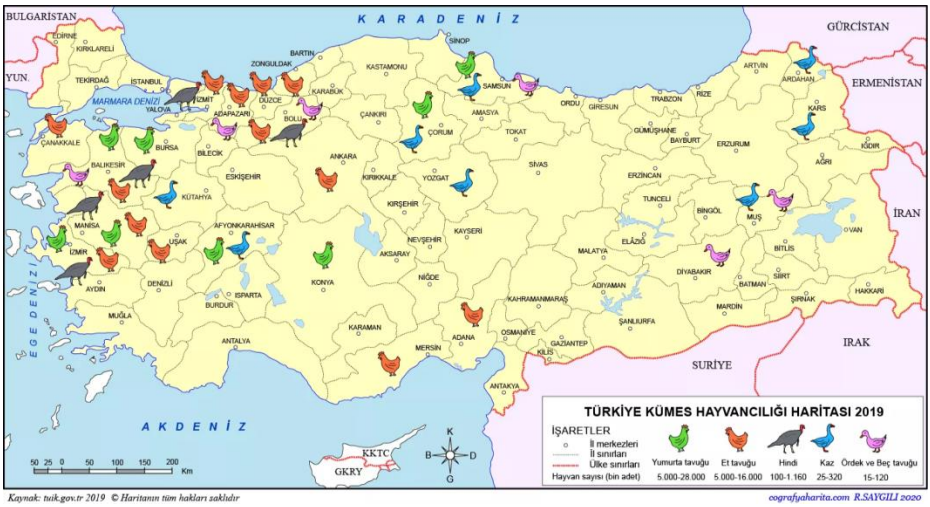

**Şekil 1.** Dünya Toplam Kanatlı Hayvan Sayısı Değişimi (2015-2020)




**Şekil 2.** Türkiye Toplam Kanatlı Hayvan Sayısı Değişimi (2015-2020)

Türkiye'de Kümes hayvancılığı başta Manisa, İzmir ve Afyon illeri olmak üzere en çok Ege Bölgesinde yapılmaktadır. Marmara ve İç Anadolu Bölgesi de kümes hayvancılığının en geliştiği bölgeler arasındadır. Özellikle nüfusun yoğun olduğu Marmara Bölgesinde tavuk eti ve yumurta üretimi artmıştır. Tavuk ve hindi sayısı bakımından Tekirdağ ve Kırklareli illeri ön plana çıkmaktadır (Resim

1). Türkiye'de kanatlı sektörü alanında özellikle, büyük tüketim merkezlerine yakın yerlerde tavuk besiciliği ön plandadır. Et tavuğu besiciliğinde ilk sıralarda yer alan iller; Bolu, Manisa, Balıkesir ve Sakarya'dır. Afyonkarahisar, Konya ve Manisa illeri ise yumurta tavuğu besiciliğinde ilk sıradadır.




**Resim 1.** Türkiye Kümes Hayvancılığı Haritası

## 2.2. Türkiye'de kesilen kümes hayvanları sayısı ve üretilen et miktarı

Türkiye'de 2015 yılında 1.118.719.413 adet tavuk ve 1.909.276 ton et üretimi gerçekleşmiştir. Tavuk sayısı 2016 yılında %1.6 azalarak 1.101.571.912 adet et üretimi ise %1.6 azalarak 1.879.018 ton olarak gerçekleşmiştir. Tavuk sayısı ve et üretimi 2017 yılında 2015 yılına göre sırasıyla %9.8 ve %11.9 artarak 1.228.444.095 adet ve 2.136.734 ton olarak gerçekleşmiştir. 2021 yılında tavuk sayısında 2015 yılına göre %11.1 ve et üretiminde ise %17.6 oranında artış olmuştur. Yıllar

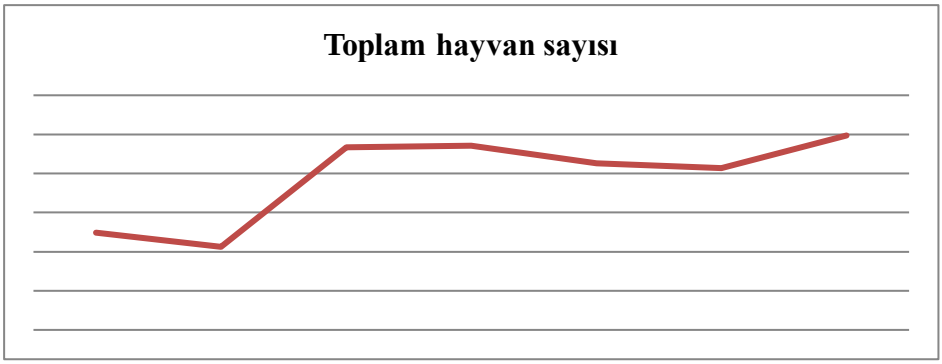
itibariyle tavuk sayısında ve et üretiminde artış olduğu tavuk sayısındaki artışın et üretimine de olumlu yansıdığı sonucuna varılmıştır. Hindi sayısında 2016 ve 2017 yıllarında 2015 yılına göre %13 ve %2.7 oranında azalma olmuş ve bu azalmaya paralel olarak hindi eti üretiminde de %11.9 ve %0.7 oranında azalma gerçekleşmiştir. "Türkiye hindi sayısı 2021 yılında 5.170.017 adet ve hindi eti üretimi ise 51.301 ton olarak gerçekleşmiştir (Tablo 3). Dünyada 2018 yılında toplam et üretimi 335 milyon ton olarak gerçekleşmiş, bu üretimin %36.3 lük payının (121,6 milyon ton) kanatlı eti olduğu belirlenmiştir. Türkiye kanatlı eti üretimi bakımından dünya sıralamasında %2.3 pay ile 8. sırada yer almaktadır" (Omrak 2020). "Türkiye'de tavukçuluk sektörü 2017 yılına kadar sürekli büyüme eğilimi göstermiş iken, ancak 2017-2021 yılları arasında iç ve dış pazardaki talebin azalmasıyla durağanlaşmıştır. Özellikle ₺'nin $ karşısında değer kaybetmesiyle, başta yem hammaddeleri olmak üzere ithal girdilerin fiyatları artmış ve ilaveten yurt içinde yem hammadde üretiminin sınırlı olması kanatlı sektörünü yavaşlatmıştır. Irak ile Türkiye arasında yaşanan ihracat sorunları ve COVID-19 pandemisi nedeniyle restoran ve otellerin hizmet verememesi üretimin azalmasına neden olmuştur. Türkiye 2020 yılının Mart Nisan (piknik sezonu ve ramazan nedeniyle üretimin yüksek olduğu aylar) aylarında COVID-19 pandemisiyle tanışmış ve ileriki günlerde, salgın nedeniyle otel ve restoranların kapalı tutulması gibi önlemler tavuk eti stoklarının artmasına neden olmuştur. Türkiye'de 2020 yılında tavuk eti üretiminin yavaşlamasının en önemli etkenlerinden biride COVID-19 pandemisi olmuştur" (TEPGE, 2021).

**Tablo 3.** Türkiye 2015-2021 Yıları Arasında Kesilen Kümes Hayvanları Sayısı Ve Üretilen Et Miktarı

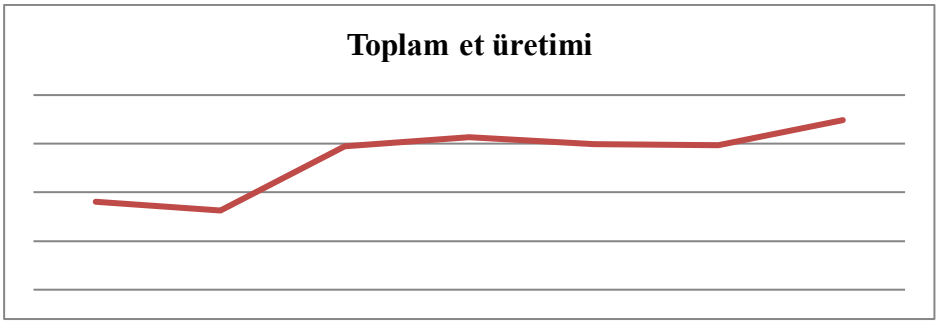
| Yıllar | Kesilen kümes hayvanları sayısı ve üretilen et miktarı | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tavuk | | | | Hindi | | | |
| | Sayı (adet) | İndeks | Et (ton) | İndeks | Sayı | İndeks | Et | İndeks |
| 2015 | 1.118.719.413 | 100 | 1.909.276 | 100 | 5.359.763 | 100 | 52.722 | 100 |
| 2016 | 1.101.571.912 | 98.4 | 1.879.018 | 98.4 | 4.663.446 | 87 | 46.501 | 88.1 |
| 2017 | 1.228.444.095 | 109.8 | 2.136.734 | 111.9 | 5.218.613 | 97.3 | 52.363 | 99.3 |
| 2018 | 1.228.533.262 | 109.8 | 2.156.671 | 112.9 | 6.778.909 | 126.4 | 69.536 | 131.8 |
| 2019 | 1.207.088.021 | 107.8 | 2.138.451 | 112 | 6.188.060 | 115.4 | 59.640 | 113.1 |
| 2020 | 1.200.706.595 | 107.3 | 2.136.263 | 111.8 | 6.063.967 | 113.1 | 58.212 | 110.4 |
| 2021 | 1.243.408.593 | 111.1 | 2.245.770 | 117.6 | 5.170.017 | 96.4 | 51.301 | 97.3 |

Kaynak TUİK, 2021

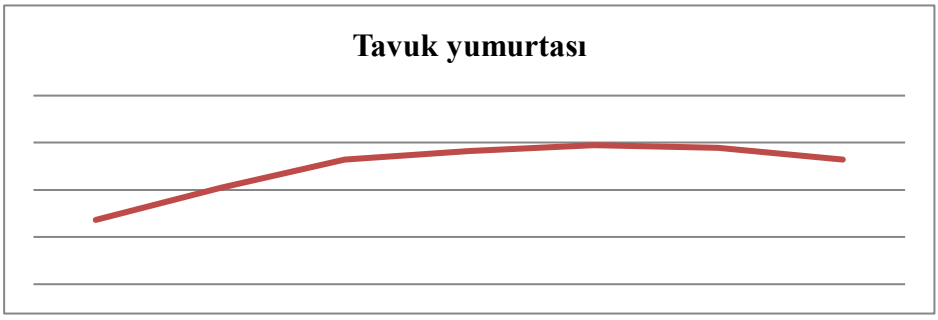
Toplam hayvan sayısı, toplam et üretimi ve tavuk yumurtasının yıllar itibariyle (2015-2021) değişimi Şekil 3, 4 ve 5'te verilmiştir. Toplam hayvan sayısı ile toplam et üretimi değişiminin birbirine paralel olarak seyrettiği tavuk ve hindi sayısındaki değişime bağlı olarak et üretiminin de paralel olarak değiştiği belirlenmiştir. Özellikle 2016 yılında et üretimindeki düşüşün sebebi kanatlı yetiştiricilik tercihinin yumurta üretimine yönelik olmasından kaynaklanmıştır. Tavuk yumurtası üretiminde ise 2015 yılından itibaren sürekli ve düzenli bir artış olduğu ancak 2021 yılında ise ciddi bir düşüşün olduğu görülmektedir.




**Şekil 3.** Türkiye'de 2015-2021 Yılları Arasındaki Kesilen Kümes Hayvanı (Tavuk Ve Hindi) Sayısının Değişimi



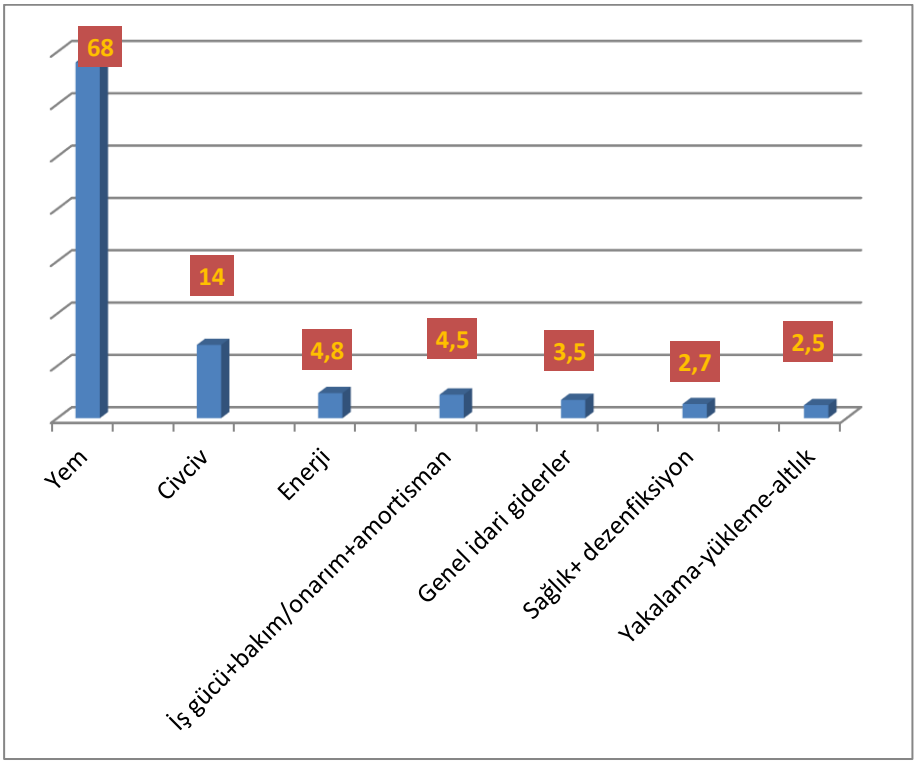

**Şekil 4.** Türkiye'de 2015-2021 Yılları Arasındaki Toplam Tavuk Ve Hindi Eti Üretiminin Değişimi




**Şekil 5.** Türkiye'de 2015-2021 Yılları Arasındaki Toplam Tavuk Yumurtası Üretiminin Değişimi

## 2.3. Türkiye Kanatlı Sektöründe Giderler Ve Pariteler

Türkiye kanatlı hayvancılık sektörü giderlerinin çok büyük kısmını (%68) yem gideri oluşturmaktadır. Civciv giderleri ise üretim maliyetlerinin %14'ünü oluşturmaktadır (Şekil 6). Yem hammaddelerin büyük bir bölümünün ithal edilmesi yem giderlerinin yüksek olmasına sebep olmaktadır.

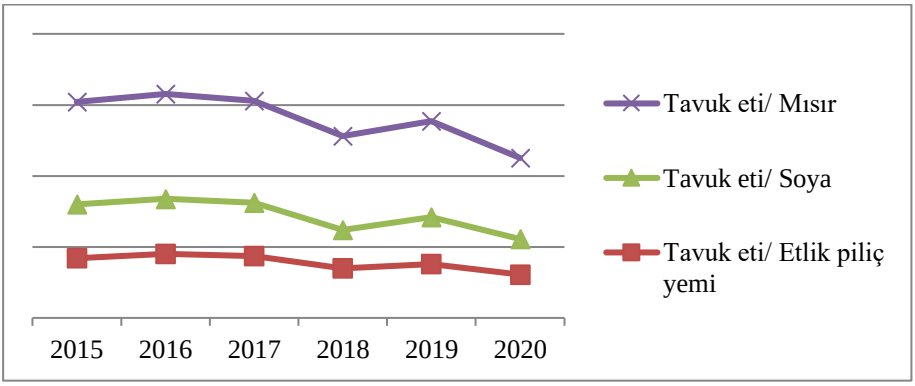



**Kaynak: TEPGE 2021**

**Şekil 6.** Türkiye'de Kanatlı Sektöründe Maliyet Ve Fiyatlar

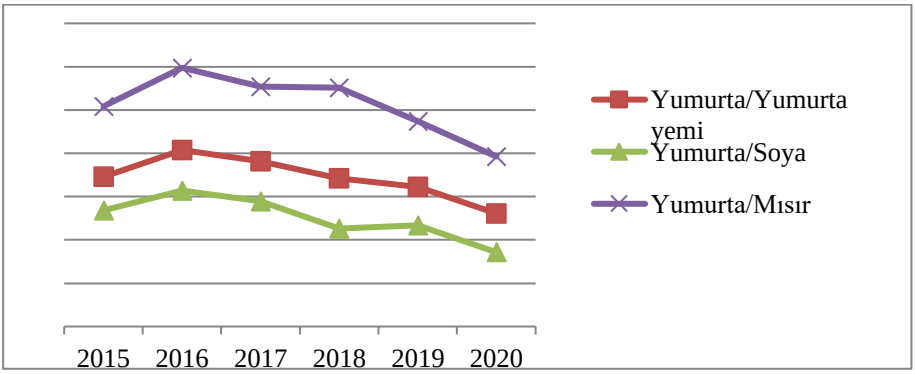
Türkiye'de kanatlı sektöründe 2020 yılında 1 kg tavuk eti ile 3,05 kg etlik piliç yemi, 2,50 kg soya ve 5,71 kg mısır alınabilmektedir. 2020

yılında 1 koli tavuk yumurtası ile 5,22 kg yumurta yemi, 3,43 kg soya ve 7,85 kg mısır alınabilmektedir (Şekil 7 ve Şekil 8). Kanatlı sektöründe 2020 yılında paritelerin azaldığı belirlenmiştir. Döviz kuruna bağlı olarak yem fiyatlarında yaşanan artış, gerek tavuk eti gerekse yumurta parite değerlerinin azalmasının en önemli nedenidir. İlaveten yem fiyatlarında yaşanan artışa rağmen üretici fiyatlarında artışın olmaması ya da belli bir sınırı geçmemesi paritelerin düşüşünde etkili olan bir diğer etkendir.




**Kaynak: TEPGE 2021**

**Şekil 7.** Tavuk eti/yem paritesi (₺/kg)




**Kaynak: TEPGE 2021**

**Şekil 8.** Tavuk yumurtası/yem paritesi (₺/kg)

### 2.4. Kanatlı Sektörünün Sürdürülebilirlik Dinamikleri

Sürdürülebilir kümes hayvanları yetiştiriciliği sadece maksimum üretime odaklanmamalıdır. Kümes hayvanları sektörünün sürdürülebilir biçimde devam edebilmesi için "çevresel yönler", "sosyal yönler", "kurumsal yönler" ve "ekonomik yönler" olmak üzere dört ana başlık göz önünde bulundurulmalıdır. Çevresel yönden kaynak yönetimi, kirlilik, hayvan yemlerinde kullanılan antibiyotikler ve biyoçeşitliliğin tehlikeye girmesi konuları önem arz etmektedir. Sosyal yönden ise çalışanların çalışma koşulları ve hakları, cinsiyet eşitliği ve hayvan refahı konuları göz önünde bulundurulmalıdır. Kurumsal yönden sürdürülebilir kanatlı sektöründe, kurumlar üyelerine açık olmalı, gerekli durumlarda şeffaf olarak hesap verebilir olmalıdır. Kanatlı sektöründe talep ve arz durumları analiz edilerek sürdürülebilirlik ekonomik yönden de incelenmelidir (Vaarst ve ark., 2015; Kanmaz, 2017; Kanmaz, 2020).

## 3. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Kanatlı hayvancılık sektörü; Türkiye'nin, hayvancılık sektörleri arasında gelişimi en ileride ve rekabet gücü en iyi durumda olan sektör olmasına rağmen, çok ciddi sorunlara da sahiptir.

Bu sorunlar;

- Yem hammaddelerinde dışa bağımlılık ve maliyetlerin yüksek olması
- Damızlık materyal temininde dışa bağımlı olunması

- Sektörde yaşanan hayvan hastalıkları
- İhracat noktasında Pazar çeşitliliğinin ve desteklerin yetersiz olması
- Ürün tüketim miktarının düşük olması ve bu konudaki bilgi kirliliği
- Sektörde yaşanan çevre sorunları olarak öne çıkmaktadır.

Bu sorunlar ışığında aşağıda verilen çözüm önerileri kanatlı sektörünün gelişmesi açısından son derece önem arz etmektedir.

- ✓ Üretimde sürdürülebilirlik sağlanmalı, bu doğrultuda planlama yapılarak üreticiler desteklenmeli ve sözleşmeli üretim yaygınlaştırılmalı
- ✓ Ürün bazında üretim planlaması yapılmalı
- ✓ Kayıt dışı üretimin denetimlerle önüne geçilmesi
- ✓ İhracat stratejisinin geliştirilmesi ve planlaması yapılarak ihracat yapılacak ülke yelpazesinin genişletilmesi (Grimes, 2007; Türkoğlu ve ark., 2010; Keskin ve Demirbaş, 2012)
- ✓ Yem hammaddeleri konusunda yeterlilik oranlarının arttırılmasına yönelik stratejilerin geliştirilmesi (Daştan, 2010; Keskin ve Demirbaş, 2012)
- ✓ Damızlık materyal konusunda yeni çalışmaların belirlenmesi, mevcut olan çalışmaların sürdürülmesi
- ✓ Girdi destekleri konusunda planlama yapılarak teşviklerin verilmesi
- ✓ KDV oranının düşürülmesi
- ✓ Bilgi kirliliği konusunda eğitici çalışmaların yapılması

- ✓ Çevre sorunları için kurumsal çözümlerin devreye sokulması

Sonuç olarak; Türkiye'nin sahip olduğu modern tesisleri, üretim metotlarının uluslararası standartlara uygun oluşu ve uluslararası pazarlara yakınlığı gibi unsurlar açısından kanatlı sektöründe avantajlı ve rekabet edebilir durumda olduğu aşikârdır. Bu sektörün daha da güçlü hale gelmesini engelleyen; üretim maliyetlerinin yüksekliği, yem hammaddelerinde ve diğer girdilerde dışa bağımlılık, hayvan hastalıkları ve 2019 yılında başlayan COVID 19 pandemisi gibi etkenlerde mevcuttur. Tüm bu etkenlere karşı gerekli planlama ve stratejilerin belirlenerek devreye sokulmasıyla, sektörün istikrarlı bir şekilde büyümesinin destekleneceği düşünülmektedir. Kanatlı sektöründe bütün sürdürülebilirlik dinamikleri; çevresel yönler, sosyal yönler, kurumsal yönler ve ekonomik yönler ele alınarak etkili olan bütün faktörlerin analiz edilip plan ve stratejilerin uygulanması gerekmektedir (Kanmaz, 2020).

## Kaynaklar

Daştan, Z. (2010). Kanatlı Eti Üretiminde Sorunlar ve Beklentiler. Kümes Hayvanları Kongresi 07-09 Ekim, Kayseri.

Grimes, T. (2007). Uluslararası Ticaret İçin OIE İsteklerine Göre Türkiye'deki Kanatlı Hayvancılık Sektöründe Bölümlendirme Raporu. Avrupa Birliği'nin Türkiye İçin Teknik Yardım Programı.

İnci, H. & Karakaya, E. (2019). Bingöl ilindeki etlik piliç işletmelerinin teknik özellikleri. Akademik Ziraat Dergisi, 8 (2) , 265-274 . DOI: 10.29278/azd.534484

İnci, H. , Karakaya, E. , Şengül, T. & Söğüt, B. (2014). Bingöl İlinde Kanatlı Eti Tüketiminin Yapısı. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 1(1), 17-24.

Kanmaz D (2017). Polimer endüstrisinde sürdürülebilirlik ve uygulamaları in polimer mühendisliği, 2017 Yalova Üniversitesi.

Kanmaz D (2020). Kümes Hayvancılığında Sürdürülebilirlik. (https://follukdergisi.com)

Keskin, B. & Demirbaş, N. (2012). Türkiye'de Kanatlı Eti Sektöründe Ortaya Çıkan Gelişmeler: Sorunlar ve Öneriler. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 26(1), 117-130.

Koca, S., (2017). Veteriner Tavukculuk Derneği Mektup Ankara. ISSN: 1309 7296, 15:1, 4-10.

Omrak, H. (2020). Türkiye'de kanatlı sektörü her yıl yüzde 8 büyüyor. (http://www.turktarim.gov.tr) (Erişim tarihi: 18.02.2022)

TAGEM (2018). Kanatlı Hayvancılık Sektör Politika Belgesi 2018-2022.(https://www.tarimorman.gov.tr)

Türkoğlu, M., Sarıca, M. ve Aktan, S. (2010). Türkiye Tavukçuluğunun İhracat Bakımından Değerlendirilmesi. Ziraat Mühendisleri Odası Ziraat Mühendisliği 7. Teknik Kongresi 11-15 Ocak, Ankara.

Vaarst M, Steenfeldt S, Horsted K (2015). Sustainable development perspectives of poultry production. World's poultry science journal 2015 71(4)609-620

TEPGE (2021). Durum Ve Tahmin Kümes Hayvancılığı 2021. (https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge)

Çiçekgil, Z. & Yazıcı, E. (2016). Türkiye'de Tavuk Yumurtası Mevcut Durumu ve Üretim Öngörüsü. Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi, 2 (2) , 26-34 .

# BÖLÜM 2

## TARIM VE HAYVANCILIKTA TEKNOLOJİK YENİLİKLERİN KULLANIMI

Arş. Gör. Dr. Sıraç YAVUZ*

Arş. Gör. Dr. Sinem IŞIK**

*Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Bingöl, Türkiye, siracyavuz@bingol.edu.tr, Orcid: 0000-0001-5878-8994

**Bingöl Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bingöl, Türkiye, sinemisik@bingol.edu.tr, Orcid: 0000-0002-1044-5092

# GİRİŞ

Dünya'da tarım ve hayvancılık insanoğlunun varoluşuyla beraber devam ederek, medeniyetlerin tarihte yer almasını sağlamıştır. Bazı inançlar için farklı türde hayvanlar kutsal sayılır, bazılarında ise toprağa ayrı bir değer verilmiştir. Tarihin sıfır noktası olarak tanımlanan Göbeklitepe M.Ö. 11.000 yıl öncesine kadar dayanmaktadır. Bu eski ve tarihi yerde bulunan dikili taşlarda o zamanlarda tarım ve hayvancılığın gerçekleştiğine dair izler bulunmaktadır. Her çağda farklı yenilikler eklenerek günümüze kadar süre gelen tarım ve hayvancılık, günden güne önemli gelişimler kaydetmiştir. Ürün çeşitliliğine ve farklı türlere sahip olması nedeniyle, medeniyetlerin üretimde bulunabilmesi ve gelişim gösterebilmesi açısından tarım ve hayvancılık önemli bir yer edinmiştir. Dünyanın yeraltı ve yerüstü kaynakları; hızlı artan nüfus, ham madde arayışları ve toprak savaşları yüzünden, özellikle sanayi devriminden sonra azalmıştır.

Gıda ve ham madde temini için tarımda farklı yöntemler ve makinalar kullanılarak ihtiyaçların karşılanması ve daha fazla üretim amaçlanmıştır. Günümüzde tarım ve hayvancılıktan; çağa uygun, teknolojilerin her yönüyle kullanıldığı, birim alandan ve hayvansal üretimden maksimum verim elde edilmeye çalışıldığı bir seviyeye doğru gidilmektedir.

Küresel ısınma ve iklimdeki şiddetli değişiklikler kuraklığa, ani hava değişimlerine ve şiddetli yağmurlara neden olmaktadır. Özellikle tarım ve hayvancılığı hem günümüzde hem de gelecekte olumsuz yönde

etkilemeye neden olacaktır. Bu olumsuzluklar gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin tamamında gıda güvenliğini tehdit edecektir. (Zhou ve ark., 2017); (Hannah ve ark., 2017); (Haseeb ve ark., 2020).

Küresel ısınmadan dolayı ürün verimlerinde azalmalar, gıda kıtlıkları, ürün kalitesinin azalması, yeterli sulama yapılamaması, böcek istilaları ve bu nedenle tarım ilaçlarının fazla kullanılması gibi pek çok olumsuzlukların yaşanması beklenmektedir. Gelecekte yaşanabilecek iklim değişikliğinin tamamen önlenemeyeceği için bu duruma ayak uydurarak planlamalar yapmalı ve ilerlemesini önlemek için uygun tedbirlerin alınması gerekmektedir.

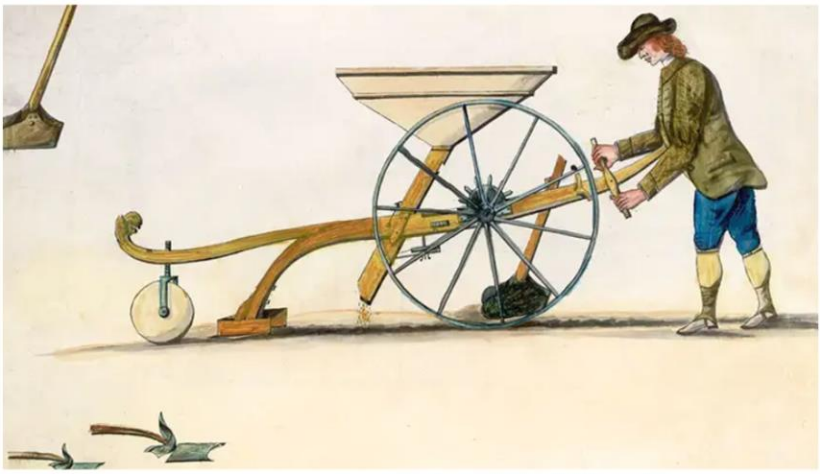
Tarım ve hayvancılıktaki teknolojik ilerlemeler sayesinde bu duruma daha fazla uyum sağlama imkânı olacaktır. Akıllı tarım ve nesnelerin interneti (IoT) sayesinde tarım sektörünün geleceğe ayak uydurması sağlanabilir. Çiftçilerin tarımda kayıpları, düşük verimleri, gereksiz ilaçlama yapmaları, gereğinden fazla su kullanımları gibi bazı temel sorunlar sensör teknolojileri, veri işleme, bulut sistemi, yönetim ve gelecek tahmini gibi akıllı tarım uygulamaları sayesinde engellenebilir.

Tarım ve hayvancılıkta makinelerin dijitalleşmesi son yılların odak noktası haline gelmiştir. Çağımızın akıllı tarım makineleri hem çiftçilerin üzerindeki yükü azaltmayı hem de çevre korumayı amaçlamaktadır.

Tarım endüstrisinin neredeyse tamamı az gelişmiş ve gelişmekte olan dünya ülkelerinde Şekil 1 ve Şekil 2'de görüldüğü gibi geleneksel eski yöntemlerle yapılmıştır. Bu da tarım ürünlerinin arz ve talebi

karşılamamasına ve çiftçilerin daha az kazanmasına neden olmaktadır. Gelişmiş ülkelerde ise daha çok teknolojiye, dijitalleşmeye ve makineleşmeye bağlı tarım şekli yapılmaktadır (Mentsiev ve ark., 2020). Teknolojik gelişmelerin tarım endüstrisinde kullandırılması arttırılırsa mevcut tarım alanlarından daha fazla verim elde edilebilmesi sağlanacaktır (Mentsiev ve ark., 2020). Türkiye'de tarımda ilk makineleşme 19. yy' da çiftlik sahiplerinin Avrupa'dan aldıkları makineleri topraklarda kullanmalarıyla başlamıştır (Baskıcı 2003); (Çankaya ve Çelik 2013).

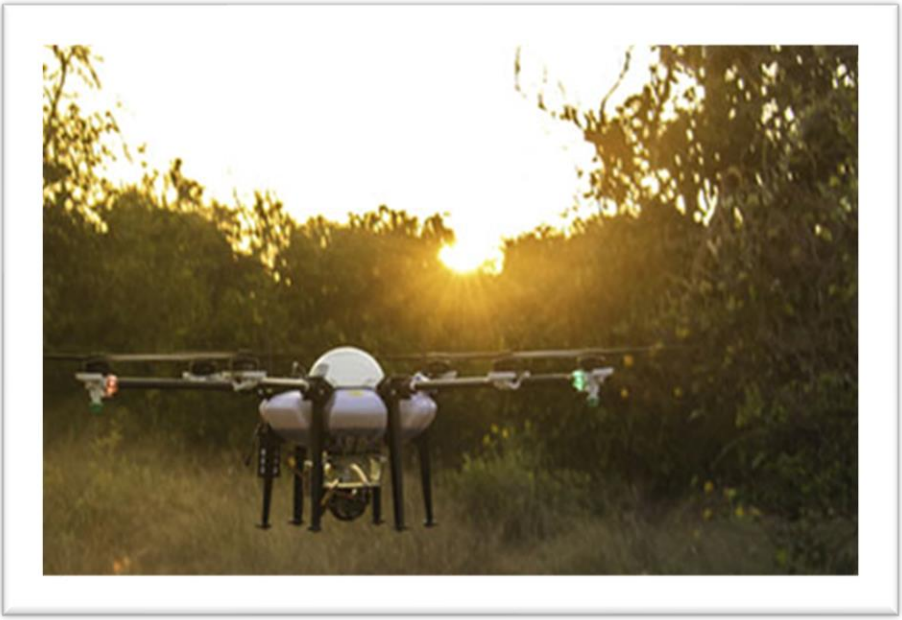
**Şekil 1.** Tarımda ilk makine örneklerinden sabanın kullanımı (Akın ve Esgici 2015).



**Şekil 2.** Tarihte İngiliz çiftçi Jethro Tull'ın 1714'te geliştirdiği tohum ekme makinesi (Anonim, 2022a).

Tarım alanında kullanılan ilk alet ve makineler ise traktörler, biçer-döverler, harman, çayır ve tınaz makineleri, tırmıklar, oraklar, mibzerler ve triyörlerden oluşmaktadır (Çankaya ve Çelik, 2013). Günümüzde gelinen noktada ise tarımda otonom ve insansız hava araçlarının (İHA) kullanımı gelişmiş ülkelerde kullanılmaya başlanmıştır. Bu araçlar sayesinde, arazinin düzenli kullanılması, su kullanımı kontrollü olacak, yabancı ot, gübreleme ve bitki zararlılarıyla mücadeleden optimum verimlerin elde edilebileceği beklenmektedir.

Tarımda kullanılacak bir İHA Şekil 3'de görüldüğü gibi, ürün verimliliği, su ihtiyacı, toprak çeşitliliği, zararlıların tespiti gibi birçok görüntüleme yapılarak bilgi elde edilebilmektedir (Anonim, 2022b).

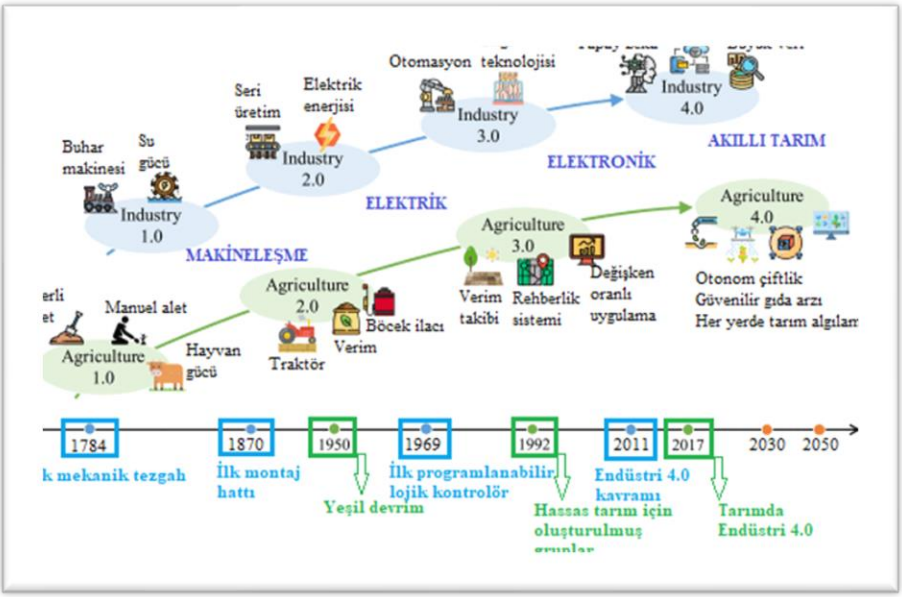


**Şekil 3.** Drone ile bitki zararlısı mücadelesi (Anonim, 2022b).

## Tarım 4.0

Tarım devrimi çiftçilerin hayvan gücüyle ve el aletleriyle çalıştığı, geleneksel tarım uygulamalarının yapıldığı Tarım 1.0'dan günümüzde otomatik aletlerin kullanıldığı, akıllı tarım uygulamalarının yapıldığı ve insan gücünün yerini makinelerin aldığı Tarım 4.0'a kadar gelişmiştir (Şekil 4). Daha önce insan gücüne çok fazla ihtiyaç duyulması, nüfusun az olması ve aletlerin azlığı nedeniyle tarım ürünlerinde verimin çok fazla olmadığı görülmektedir. Birinci sanayi devriminin yapılmasıyla Endüstri 1.0 kavramı ortaya çıktı. Bu sayede insan gücünden makine kullanımına geçiş yapıldı. Endüstrinin gelişmesiyle tarım sektöründe de makineler kullanılarak verimde artışlar görülmüştür. Tarım 2.0 dönemi olarak bilinen bu dönemde, ürünlere zarar veren böcekler için ilaçlar

geliştirilerek kullanılmaya başlanılmıştır. Endüstri 1.0 döneminde buhar gücünden yararlanılırken 20. yy'ın ortalarında yeşil devrim yapıldı ve buhar enerjisinin yerini petrol, doğalgaz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının aldığı Endüstri 2.0 dönemi başlamıştır. Bu dönemde enerji kaynaklarının gelişmesiyle ulaşım sektörü geliştirilmiş ve seri üretime geçilmiştir. Tarım ürünlerinin verimleri ve üretkenliklerinde artışlar gözlemlenmiştir. Ürünlerin uzak bölgelere gönderimi sağlanmıştır. 20. yy'ın sonları ile 21. yy'ın başlarına ait dönemde bilgi teknolojilerine ve otomasyon sistemlerinin geliştirilmesine önem verilmiştir. Yenilenebilir enerji araştırmaları daha iyi anlaşılmıştır. Bu dönem, akıllı tarım uygulamalarının geliştiği, verimlerin sürekli takip edildiği ve verimlerin arttırılması için rehberlik hizmetlerinin verildiği Tarım 3.0 dönemini ortaya çıkarmıştır. 21. yy'ın başlarında başlayıp halen devam eden dördüncü sanayi devrimi olan Endüstri 4.0, robotik uygulamaların, yapay zekâ, IoT ve blok zincir teknolojilerinin geliştirildiği dönemdir. Endüstri 4.0'ın gelişmesiyle teknolojik uygulamalarla tarım yapılmaya başlanmıştır. Bu dönem Tarım 4.0 dönemi olarak bilinmektedir. Gelecekte otonom sistemlerin kullanıldığı, akıllı tarım ile verimlerin arttırıldığı, gıdaların tedariğinde sıkıntıların yaşanmadığı tarım dönemi mevcut olacaktır (Liu ve ark., 2020).




Şekil 4. Tarım ve endüstrinin gelişim evreleri (Liu ve ark., 2020).

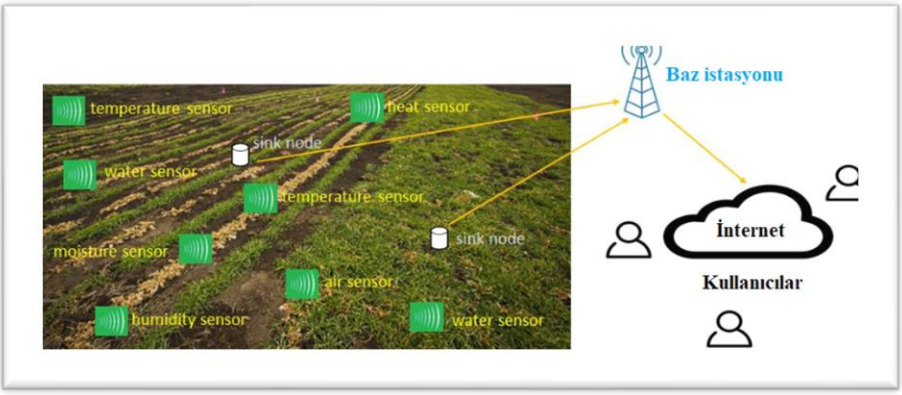
## Akıllı tarım

Nüfusun hızla artması, sanayinin gelişmesi ve tarım arazilerinin azalmasıyla insanların gıda ihtiyaçlarını karşılamak gittikçe zorlaşmaktadır. Fakat akıllı makinelerin ve IoT'un tarımda uygulanmasıyla milyarlarca insanın gıda ihtiyacı karşılanması beklenmektedir. Geleneksel tarımda çiftçiler böcek saldırıları, hastalıklar ve ekimlerin uygun koşullarda yapılamaması gibi pek çok sorunla karşılaşmaktadırlar. Çiftçiler daha az verim elde ettiklerinden kazançları da azalmaktadır. Geleneksel tarım çiftçilerde zaman ve parasal kayba neden olmaktadır. Ancak akıllı tarım sayesinde ürün verimleri artması, işçilik maliyetlerinin azalması, daha iyi ve ekonomik koşullarda üretimlerin yapılması sağlanmaktadır (Dagar ve ark., 2018).

Nesnelerin interneti (Internet of Things, IoT) ve bulut bilişimin (Cloud Computing) gelişmesiyle akıllı tarım (Smart Farming) terimi ortaya çıkmıştır. Akıllı tarım, çiftliklerde sensörlerle donatılan akıllı makinelerin kullanılarak çiftçilerin sadece verimlerini arttırmaya odaklı çalışmalarından oluşmaktadır (Sundmaeker ve ark., 2016).

Bu sistemde, çiftlik sistemini yağmurölçer, traktör, bilgisayar gibi internete bağlı akıllı cihazlar kontrol etmektedir. Robotların kontrol ettiği akıllı tarımın kullanıldığı çiftliklerde insanlar, analiz ve planlamadaki rollerinden dolayı bütün sürece dâhil olacaklardır (Wolfert ve ark., 2017).

Akıllı tarım arazilerinde ısı, sıcaklık, su, nem ve hava sesnsörleri bulunmaktadır (Şekil 5). Akıllı tarım ve IoT sayesinde özellikle elektrik ve su kaçaklarının önüne geçilebilmektedir. Özellikle küresel iklim değişikliğinden dolayı yaşanabilecek olan su kıtlıklarını önlemek amacıyla IoT sayesinde sensörler aracılığıyla su israfının önüne geçilmiş olacaktır. Ayrıca fazla sulamadan dolayı toprağın deformasyona uğraması engellenecektir. Her bitkinin su ihtiyacı farklı olduğundan akıllı sulama sistemleri kullanılarak topraktaki nem yüzdeliği ölçülebilir ve bitkinin ihtiyacı olan nemden düşük çıkması durumunda bitkiye su verilmesi sağlanabilir (Avşar ve Avşar 2016).




Şekil 5. Sensör uygulamalı akıllı tarım ortamı (Haseeb ve ark., 2020).

## Hayvancılıkta kullanılan bazı teknolojik yenilikler

Önceleri çiftlik hayvanları yük taşımda, toprak sürmede ve günümüzde olduğu gibi gıda ihtiyaçlarının karşılanması için yetiştirilmekteydiler. İlerleyen safhalarda, özellikle sanayi ve teknolojinin hâkim olduğu 21. yy'da hayvanlar her bir dokusu farklı bir alanda değerlendirilmek üzere, özellikle insanların ihtiyaç duyduğu hayvansal protein kaynağı olan et, süt ve yumurta gibi ürünlerin elde edilmesi için yetiştirilmektedir. İnsan beslenmesinde tüketilen proteinin yaklaşık %33'ü hayvansal kökenlidir (Suryawanshi ve ark., 2017).

## Hassas hayvansal üretim (HHÜ)

Son yıllarda, hassas hayvansal üretim (HHÜ) kavramı ortaya çıkmıştır. Bu kavram çiftçilik sürecini iyileştirmek için bilgi ve iletişim teknolojilerini hayvancılığa dahil eden bütünsel bir yaklaşımdır (Naas, 2001). HHÜ, Endüstri 4.0 olarak da bilinen dördüncü sanayi

devriminde önemli bir rol oynamaktadır. HHÜ sistemlerinde, optimal verimi sağlamak için çiftlik hayvanlarının verim, sağlık ve refahının gerçek zamanlı izlenmesine olanak sağlar. Bu üretim şekli, yatırım maliyetlerini azaltmak ve hem üretimi arttırmak hem de hayvan sağlığını korumak için bilgi ve iletişim teknolojilerinin bir arada kullanılmasıdır.

Geleneksel süt çiftliklerinin yönetimi, genellikle sadece çiftçilerin sahip oldukları deneyimlere dayanmaktayken, HHÜ'nde ise: sağım başına ne kadar litre süt verimi elde edildiği, kaç sağım gerçekleştiği gibi nicel verilere dayanmaktadır. Ayrıca, nicel veriler gerçek zamanlı olarak elde edilebilir. Gelişmiş teknolojiler, sürekli izlemeye olanak tanır ve hayvanların sağlığının iyileştirilmesini sağlamak için çiftçilerin karar vermesini kolaylaştırabilir. Çiftçilere, sığırlarının konumu, esenliği ve sağlığı ile ilgili verileri toplamak için kablosuz IoT uygulamalarını kullanabilme imkânlarını sunmaktadır. Bu bilgi, hasta hayvanların tespitine yardımcı olur, hasta olanlar sürüden ayrı tutularak hastalığın yayılması önlenebilir. Bu tür verileri gerçek zamanlı olarak elde etmek ve incelemek için HHÜ sistemleri veri analizini, makine öğrenimini, kontrol sistemlerini ve bilgi iletişim teknolojilerini bir arada kullanarak sağlamaktadır. (Banhazi ve ark., 2012); (Trendov ve ark., 2019).

**Hayvan beslemede teknolojinin kullanımı**

Hayvan beslenmenin geliştirilmesi için çok sayıda teknolojik araştırma yapılarak daha ileri bir seviyeye geliştirilmeye devam edilmektedir.

Benzer tasarıya sahip teknolojik gelişmeler, potansiyel uygulamaları belirleyebilecek çok farklı verileri toplayabilmektedir.

Çiftlik hayvanlarının beslenmesi genellikle hayvanların vücudundaki besin ve enerji akışını temsil eden şekiller kullanılarak görselleştirilir. Bu çizelgeler genellikle mekanik tahmin modellerinin beslenme süreçlerini tanımlamak için kullanılır (Tedeschi ve Fox, 2018).

González ve ark., (2018)'ı hayvan beslemede kullanılan bazı teknolojik ekipmanları ve işlevleri aşağıdaki gibi bildirmişlerdir. Bunlar:

1. Yem içeriklerinin belirlenmesinde: Ham veya karma yemin besin maddesine etkisinin belirlenmesinde yakın kızılötesi yansıma spektroskopisi (NIRS) yöntemiyle,
2. Yemin rumende parçalanabilen kısmı $CH_4$, $CO_2$ ve $NH_3$ gazları şeklinde geğirilerek uzaklaştırılır, bunlar nefes analizörleri ve gaz sensörleriyle,
3. İdrar kaybının belirlenmesi: idrar sensörleriyle,
4. Metabolize enerji belirlemede: NIRS dışkı yöntemiyle,
5. Isı kaybı belirlemede, kızılötesi kameralar vasıtasıyla tespit edilmektedir.

Yukarıda bildirilen yem kompozisyonu tahmini, hayvan besin kazanım ve kayıplarını belirlemede kullanılan ekipmanlar haricinde, özellikle gelişmiş ülke çiftliklerinde bakım, besleme ve yönetmeyi kolaylaştıran otonom sistemler, robotlarla sağım, yem dağıtıcıları, gübre sıyırıcılar, drone kullanımları gibi diğer birçok teknolojik uygulamalara zaman kaybetmeksizin geçilmektedir.

Süt çiftliklerinde hassas süt teknolojisi kullanımı son birkaç yıl içerisinde istikrarlı bir şekilde artış göstermiştir. Diğer endüstrilerde kullanılmak üzere geliştirilen teknolojiler bu alana da uyarlanıyor ve çiftçilikle uğraşanların yükü bu teknolojiler sayesinde giderek azalmaktadır. Yüksek teknolojili sensörler, tek bir ineğin fizyolojik koşullarını izleyerek süt çiftçilerinin sürü üzerinde daha iyi yönetim vermelerini sağlamaktadır. Yem maliyeti, süt çiftliklerinde en büyük giderlerden biridir. Önemli bir maliyet olmasının yanı sıra, yanlış besleme uygulamaları hayvan sağlığını bozabilir, süt üretimini azaltabilir ve çevreyi olumsuz etkileyebilir (Haan, 2016).

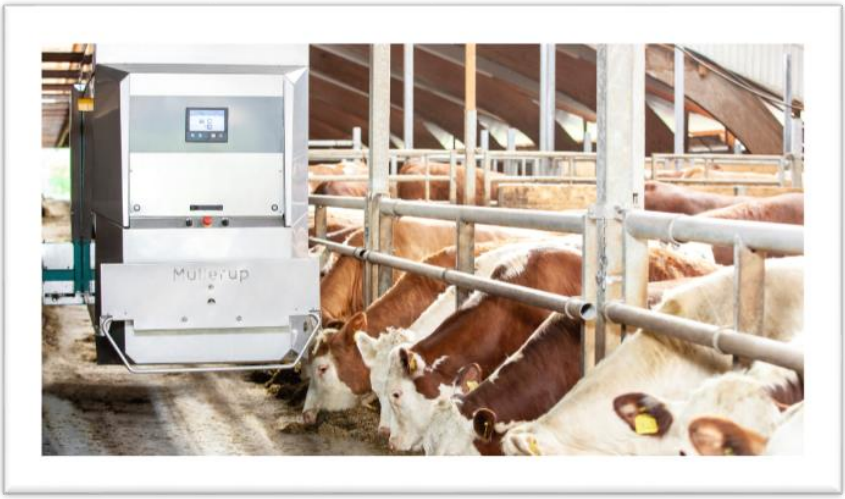
Ruminant hayvanlar tükettikleri yemlerden sağladıkları ham enerjinin bir kısmını geğirerek saldıkları bir kısmını da rumen fermantasyonu sonucu meydana gelen $CH_4$ ve $CO_2$ gazlarından dolayı kaybetmektedir (Haque, 2018). Yem maddelerinde gaz üretimleri nedeniyle oluşabilecek enerji kayıplarının hesaplanması için birçok yöntem kullanılmıştır. Günümüzde bu kayıpları en hızlı ve doğru ölçen, giderek yaygınlaşan GreenFeed sisteminin kullanımı artmaktadır (Haan, 2016).

GreenFeed gaz emisyonları izleme ünitesi; C-lock A.Ş. tarafından üretilen ve hayvana verilen bir yemi tüketmek için üniteyi her ziyaret ettiklerinde hayvanlardan gelen emisyonları 3 ila 6 dakika boyunca tekrar tekrar ölçen patentli bir cihazdır (Şekil 6). Yemlikteki örtüye sürekli olarak hava çekilir ($CH_4$ ve $CO_2$), örtüden çıkan havanın akış hızı ile $CH_4$ veya $CO_2$ konsantrasyonu çarpılarak sürekli olarak hesaplanır. GreenFeed, hayvanlardan $CH_4$, $CO_2$ ve isteğe bağlı olarak $O_2$ ve $H_2$ gaz akışlarını ölçmek için tasarlanmış bir sistemdir. Bu

sistemle her hayvanın emisyon verilerini bireysel almak ve sürü ortalamalarını belirlemek de mümkündür. Sistem tipik olarak, hayvanları günde birkaç kez ziyaret etmeye ikna etmek için az miktarda peletlenmiş cezbedici bir yem sunulacak şekilde tasarlanmıştır. GreenFeed yemliğinden beslenen hayvanın gaz emisyon verileri sistemdeki günlüğe kaydedilir, ardından işlenir ve kullanıcının hesaplanan gaz akışlarını özetleyen rapora kolayca erişmesini sağlar. Böylece, hayvan beslemede kullanılacak yem hakkında kolayca bilgi sahibi olunur (Hegarty, 2013); (Haan, 2016); (Anonim, 2021a).

**Şekil 6.** GreenFeed ruminant hayvanların gaz akışlarını belirleyen sistem (Anonim, 2021a).

Süt çiftliklerinde iki farklı tipte hassas teknoloji sistemi kullanılmaktadır. Yemleme ve beslemeyi daha iyi yapmak için, otomatik toplam karma rasyon yemleme sistemleri veya yemi karıştıran ve dağıtan TMR (Total Mixed Ration), ve çiftlik içi yakın kızılötesi teknolojisi veya yem bileşimini tarayan ve analiz eden NIR (Anonim, 2020). TMR, belirli süt inek gruplarının optimum performansları için ihtiyaç duyduğu doğru miktarda besin sağlayan optimal bir yem karışımıdır. Bu yemler uygun maliyetli, dengeli ve farklı inek grupları için hedeflenen lezzetli ve uygun miktarlarda protein, dane, lif, yağ, kaba yem, mineral ve vitamin sağlamasına yardımcı olabilir. Bu gruplar düvelerden kurudaki ineklere ve süt veren ineklere kadar değişebilir. Bu tür yemi sunmak için teknolojiyi kullanmak, bir çiftçinin verimliliğini daha da artırabilir. Otomatik TMR besleme sistemiyle; sığırların gün boyunca birkaç kez yemi karıştırabilir ve dağıtabilir. Rasyonları bilgisayara programlanır ve otomatik yemlik uygun yemi karıştırır. Otomatik TMR besleyicilerin birçok avantajı bulunmaktadır. Yem dağıtımıyla ilgili çiftlikteki işgücünü azaltabilirler. Bu sistemler ayrıca ineklere daha tutarlı ve karışık rasyonlar sağlayarak insan hata olasılığını ortadan kaldırabilirler. Ayrıca, otomatik yemliğe gün boyunca birkaç parti yem sunabildiğinden, ineklerin yem yatağında sürekli olarak taze yeme ulaşabilme imkânı bu şekilde sağlanabilir (Anonim, 2022c).




**Şekil 7.** Otomatik TMR sistemiyle yem dağıtımı (Anonim, 2022c).

Yakın kızılötesi teknolojisi veya NIR, özel laboratuvarlarda yem ve diğer tarım ürünlerini analiz etmek için yıllardır kullanılmaktadır. Ancak NIR teknolojisi, çiftlik içi ortamlara yeni eklenen bir teknolojidir. Genel olarak yaş yem örneklerinin kimyasal analizi bir hafta veya daha fazla zaman alabilmektedir. Aynı yaş örnekler, hızlı analiz yöntemiyle NIR cihazı sayesinde birkaç günde belirlenebilir. Taşınabilir bir NIR teknolojisine sahip olan çiftliklerde yem analiz sonuçları anında belirlenerek, yem veya rasyonla ilgili hızlı karar alınmasına olanak tanır (Anonim, 2021b).

**Şekil 8.** Taşınabilir NIR cihazıyla yemlerin kimyasal bileşiminin belirlenmesi (Anonim, 2021b).

Otomatik süt besleme sistemleri bazı Avrupa ülkelerinde uzun yıllardır kullanılmaktadır. Bu sistemler buzağılar arasında sosyal rahatlatma sağlar, buzağı beslenmeye harcanacak iş gücünün buzağıların yönetimine yönlendirilmesi, süt dağıtımının tutarlılığı ve daha küçük öğünlerde ek süt tüketimine izin verir. Bu sistemlerle ilgili deneyimler, grup barınaklarında hastalık yayma riskinin iyi bir yönetimle en aza indirilebileceğini ve geleneksel olan günde iki kez beslemeye göre daha yüksek süt tüketimiyle besleyici olmayan emmenin en aza indirildiğini göstermiştir (Anonim, 2021c).

**Şekil 9.** Süt buzağıları için otomatik süt besleme sistemleri (Anonim, 2021c).

## Süt çiftliklerinde robot sağım ünitelerinin kullanımı

Günümüzün robotları ineklerin yemini dağıtabilir ve aynı zamanda robotlar, sınırlı işgücü katılımıyla ineklerden süt sağabilmektedir. Son teknoloji araçları ile donatılmış olan sütçülük çiftliklerinde, her ineğin kulak numarası süt sağım robotlarına tanımlanmıştır. Bu ineklerden sağılma isteği doğanlar, yemlik bölmesinden robotun bulunduğu alana hareket eder. Genelde her birinin günde en fazla 3 sağıma girmesine izin verilir. Robot kulak numarasından sağıma gelen ineği tanımlar, eğer bir önceki sağımı üzerinden belirli bir süre geçmişse kapısını açar ve içeri alır, öncelikle meme başlarını tazyikli suyla yıkar ve meme başlarına sağım aparatlarını geçirir, sonra sağma işlemini başlatır. Bu robotlar kulak numarasından her ineğin hangi sağımda ne kadar süt verdiğini kayıt altına almaktadır (Anonim, 2020). Bunların süt çiftliklerinde kullanılmasının inek sağlığı, süt verimi, meme sağlığı,

yem verimliliği ve iş gücünden tasarruf gibi çok önemli avantajları bulunmaktadır.

**Şekil 10.** Süt ineklerinin sağım robotlarıyla sağılması (Anonim, 2022d).

Bu çalışmada bildirilenlerin dışında çok sayıda teknolojik cihaz ve araç kullanımı da olabilir. Yukarıda bahsedilenler çiftçiler tarafından en yaygın kullanılanlar olarak dikkate alınmıştır. Bazı çiftçiler bunların kullanımını maliyet veya karmaşık olduğu için kullanımıyor olabilir. Bunun nedenlerinden biri çiftçilerin gelenekselci bir tavır sergilmesinden de kaynaklanabilir. Ancak, bazı yenilikçi çiftçiler sayesinde çağa uygun araçların kullanımı ön yargıları kırmaktadır. Bu teknolojileri benimsemenin bazı potansiyel zorlukları elbette vardır. Bunlar; geleneksel yöntemlere nispeten yüksek bir başlangıç maliyetinin olması, çiftçiler ve ziraat mühendisleri arasında teknolojinin güvenilirliği konusundaki belirsizlikler, sisteme eklenen bilgilerin nasıl yönetileceği konusundaki muammalar, karar verme

sürecinde nasıl dahil edileceği konusundaki endişeler olarak sıralanabilir.

## SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Tarım ve hayvancılık, teknoloji çağına uygun ve teknolojinin her alanda kullanıldığı, birim alandan ve hayvansal üretimden maksimum verim elde edilmeye çalışılmaktadır. Bu yeniliklerin kullanılması halinde geleneksel yöntemlere göre başlangıçta daha maliyetli olacaktır. Ancak işgücünden tasarruf, erken sorun tespiti, hızlı müdahale, zaman kazanımı ve verimdeki artışlar bu durumu kısa sürede avantaja dönüştürebilir. Teknolojik araçlar karmaşık görünmesine rağmen, her çiftçinin kullanabileceği kolayca anlaşılabilecek bir şekilde tasarlanmaktadır. Tarım ve hayvancılıkta teknolojik yenilikleri uygulayan çiftçiler, halen geleneksel yöntemleri kullananlara oranla daha iyi kazançlar sağlamaktadır. Bu alanda işlerini kolaylaştıran mevcut cihaz ve ekipmanlara yeni araçların dâhil edilmesini yakından takip etmektedirler. Tarımın sürdürülebilir olması, gıda ihtiyaçlarının karşılanabilmesi, bitkisel ve hayvansal proteinle beslenebilecek nesillerin devamı için, teknolojinin sağladığı imkânları kullanarak hayata geçirmek devlet politikalarında yer almalıdır.

# KAYNAKLAR

Akın, E., & Esgici, R. (2015). Eski Çağda Tarım Aletleri. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 11(1), 33-37.

Anonim, (2020). www.lely.com (Erişim tarihi: 25.12.2020)

Anonim, (2021a). https://www.c-lockinc.com/researchers/products/greenfeed-large-animals (Erişim tarihi 10.12.2021).

Anonim, (2021b). https://www.dinamicagenerale.com/en-ww/x-nir.aspx (Erişim tarihi: 12.12.2021).

Anonim, (2021c). https://dairy-cattle.extension.org/automated-milk-feeding-systems-for-dairy-calves/ (Erişim tarihi: 10.02.2021).

Anonim, (2022a). https://www.greelane.com/tr/be%c5%9feri-bilimler/tarih-ve-k%c3%bclt%c3%bcr/jethro-tull-seed-drill-1991640/ (Erişim tarihi: 13.02.2022).

Anonim, (2022b). https://www.agridrones.co.il/ (Erişim tarihi: 14.02.2022).

Anonim, (2022c). https://www.gea.com/en/products/milking-farming-barn/dairy feed-feeding-systems/automated-feeding-systems/automatic-feeding-mix-carry.jsp (Erişim tarihi: 12.02.2022).

Anonim, (2022d). https://dairy-cattle.extension.org/dairy-robotic-milking-systems-what-are-the-economics/ (Erişim tarihi: 10.02.2022).

Avşar, D., & Avşar, G. (2016, November). Türkiyede Tarımsal Üretimde Kullanılan Makinalarda Yeni Teknolojik Gelişmeler. In 4th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science (ISITES2016) 3-5 Nov 2016 Alanya/Antalya-Turkey.

Banhazi, T. M., Lehr, H., Black, J. L., Crabtree, H., Schofield, P., Tscharke, M., & Berckmans, D. (2012). Precision livestock farming: an international review of scientific and commercial aspects. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 5(3), 1-9.

Baskıcı, M. (2003). Osmanlı Tarımında Makineleşme: 1870-1914. Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi. Cilt 58. Sayı 1. s. 29-53. Ankara.

Çankaya, M., & Çelik, D. (2013). Cumhuriyet Dönemi'nde Tarım Alet Ve Makineleri Teknolojileri, Demir Çelik Üretim Teknolojileri Ve Demir Yolu Teknolojilerine Kısa Bir Bakış. Dört Öge, (3), 139-164.

Dagar, R., Som, S., & Khatri, S. K. (2018, July). Smart farming–IoT in agriculture. In 2018 International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA) (pp. 1052-1056). IEEE.

Haan, M.M. (2016). Use of technology on dairy farms is constantly evolving. Penn State University Estension.

Hannah, L.; Donatti, C.I.; Harvey, C.A.; Alfaro, E.; Rodriguez, D.A.; Bouroncle, C.; Castellanos, E.; Diaz, F.; Fung, E.; Hidalgo, H.G.; et al. Regional modeling of climate change impacts on smallholder agriculture and ecosystems in Central America. Clim. Chang. 2017, 141, 29–45.

Haque, M.N. (2018). Dietary Manipulation: A Sustainable Way to Mitigate Methane Emissions from Ruminants. Journal of Animal Science and Technology, 60(1): 1-10.

Haseeb, K., Ud Din, I., Almogren, A., & Islam, N. (2020). An energy efficient and secure IoT-based WSN framework: An application to smart agriculture. Sensors, 20(7), 2081.

Hegarty, R. S. (2013). Applicability of short-term emission measurements for on-farm quantification of enteric methane. *Animal*, *7*, 401-408.

González, L. A., Kyriazakis, I., & Tedeschi, L. O. (2018). Review: Precision nutrition of ruminants: approaches, challenges and potential gains. Animal 12 (s2): s246-s261.

Liu, Y., Ma, X., Shu, L., Hancke, G. P., & Abu-Mahfouz, A. M. (2020). From Industry 4.0 to Agriculture 4.0: Current status, enabling technologies, and research challenges. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 17(6), 4322-4334.

Mentsiev, A. U., Amirova, E. F., & Afanasev, N. V. (2020, August). Digitalization and mechanization in agriculture industry. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 548, No. 3, p. 032031).

Nääs, I. (2001). Precision Animal Production. Agr. Eng. Int. GIGR J. Scient. Res. Dev. 3: 1-10

Sundmaeker, H., Verdouw, C. N., Wolfert, J., & Freire, L. P. (2016). Internet of food and farm 2020. In Digitising the industry (Vol. 49, pp. 129-150). River Publishers.

Suryawanshi, K. R., Redpath, S. M., Bhatnagar, Y. V., Ramakrishnan, U., Chaturvedi, V., Smout, S. C., & Mishra, C. (2017). Impact of wild prey availability on livestock predation by snow leopards. Royal Society Open Science, 4(6), 170026.

Tedeschi, L.O. and Fox, D.G. (2018). The ruminant nutrition system: an applied model for predicting nutrient requirements and feed utilization in ruminants, 2nd edition. XanEdu, Acton, MA, USA.

Trendov, M., Varas, S., & Zeng, M. (2019). Digital technologies in agriculture and rural areas: status report. Digital technologies in agriculture and rural areas: status report.

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

Zhou, G.; Zhou, X.; He, Y.; Shao, J.; Hu, Z.; Liu, R.; Zhou, H.; Hosseinibai, S. Grazing intensity significantly affects belowground carbon and nitrogen cycling in grassland ecosystems: A meta-analysis. Glob. Chang. Biol. 2017, 23, 1167–1179.

# BÖLÜM 3

## METEOROLOJİK FAKTÖRLERDEKİ DEĞİŞME EĞİLİMİNİN HAYVANSAL ÜRETİM VE ÜRÜN KALİTESİNE ETKİSİ

Prof. Dr. Şaziye Canan BÖLÜKBAŞI AKTAŞ[1]

Arş. Gör. Hasan ER[2,3]

Prof. Dr. Yasemin KUŞLU[4]*

[1] Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Erzurum, Türkiye, ORCID: 0000-0003-1153-3489, canan@atauni.edu.tr
[2] Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Orcid: 0000-0002-7880-8697, hasaner@bingol.edu.tr
[3] Bingöl Üniversitesi, Arı ve Doğal Ürünler AR-GE ve ÜR-GE Uyg. ve Arş. Merkezi / Rektörlük, Orcid: 0000-0002-7880-8697, hasaner@bingol.edu.tr
[4] Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, ORCID: 0000-0003-4008-1004, ykuslu@atauni.edu.tr
*Sorumlu yazar: ykuslu@atauni.edu.tr

# 1. GİRİŞ

Dünyamız var olduğu zamandan beri çok kez iklimsel değişim yaşamıştır. Bu değişimler 1800'lü yıllardaki sanayileşme sürecine kadar genelde doğal bir devinim içinde sürmüştür. Ancak sanayi devriminden sonra insanoğlunun iklim değişikliğine katkısı artarak devam etmektedir. Yapılan araştırmalara göre dünyada 1900'lerin başında 2 milyar ton karbondioksit gazı açığa çıkarırken 2018 yılında bu değer 16 kat artarak 36.2 milyar tona ulaşmıştır. Bu unsurların neden olduğu sera etkisi, yıllık sıcaklık gidişinde değişiklik meydana getirmektedir. İklim değişikliği, atmosferik sera gazlarının konsantrasyonlarındaki artışa bağlı olarak, sıcaklıklarda ve aşırı hava olaylarının sıklık ve frekansında artışlar ile yağış paternleri ve hidrolojik döngüde meydana gelen değişikliklere neden olmaktadır (Oskay ve ark., 2021a). Sıcaklık değişimi çoğunlukla artış yönünde olmakta ve hidrolojik çevrimi etkilemektedir. Başka bir deyişle iklim değişikliği gözle görülür şekilde sıcaklık ve yağış eğilimini değiştirmektedir. Su kaynakları üzerindeki kirlilik baskısı ise olumsuzluğu artırmaktadır (Oskay ve ark., 2021b).

Kontrolsüz kentleşme, nüfus ve gelir artışının etkisiyle hayvancılık ürünlerine olan talep hızla artmaktadır. Hayvansal üretim, artan sıcaklıklar, değişen yağış modelleri, daha sık görülen meteorolojik afetler ve artan sera gazı konsantrasyonları gibi iklim değişikliği faktörlerinden kaynaklanan artan baskıyla karşı karşıyadır. Bu tür değişikliklerin birçok bölgede hayvancılık performansını etkilediği ve bu etkilerin günden güne artacağı tahmin edilmektedir. Tahmine dayalı

modeller ve iklim değişikliği senaryoları genel olarak etkinin olumsuz olacağını göstermektedir.

Hayvancılığın dünya ekonomisine katkısı çok önemlidir. Hayvancılık, dünya protein ihtiyacının %33'ünü ve dünya kalori tüketiminin %17'sini karşılamaktadır (Yitbarek, 2019). Hayvansal üretim, tarım işletmeleri için istihdam olanağı yaratan, gelişmekte olan ülkelerde gıda güvenliği ve geçim kaynağı olarak baş rol oynayan ekonomik bir faaliyettir. Hayvancılık ürünleri ve hizmetleri insanlar için çok önemlidir. Küresel olarak, hayvancılık faaliyetlerinde kullanılan araziler toplam tarım arazilerinin yaklaşık %26'sını kapsamakta olup, ekili alanların üçte biri yem üretimi için kullanılmaktadır. Hayvansal üretim, küresel tarımsal gayri safi yurtiçi hasılanın (GSYİH) yaklaşık %40'ını oluşturmaktadır. Bununla birlikte, hayvancılık, hem metan ($CH_4$) ve azot oksitin ($N_2O$) doğrudan kaynağı hem de arazi kullanımı ve yem üretimi yoluyla bu gazların ve karbonun dolaylı kaynağıdır. Toplam antropojenik emisyonları içinde hayvancılık emisyonlarının payının %14,5 olduğu tahmin edilmektedir (IPCC, 2007; Rojas-Downing ve ark., 2017).

İklim değişikliği ile hayvansal üretim arasındaki ters etkileşim, bir yandan iklim değişikliği etkilerini ve sera gazı emisyonlarını düşürürken diğer yandan üretim miktarının artışını engellemektedir. Bu tür zorlukların çözümü iklim değişikliğinin hayvancılık üzerindeki etkilerini, iklim değişikliğine uyum ve hayvansal üretimi azaltma eylemlerini anlamayı gerektirmektedir.

İklim değişikliğinin hayvancılık üzerine etkilerini inceleyen araştırma sayısı henüz yeterli seviyeye ulaşmamıştır. Bu çalışmada, hayvansal üretim, hayvancılık faaliyetleri sırasında salınan gaz emisyonları, hayvansal üretimi azaltma eylemleri, hayvansal ürün kalitesi ve hayvan sağlığı üzerine meteorolojik faktörlerin ve iklim değişikliğinin etkileri irdelenmektedir.

## 2. İKLİM FAKTÖRLERİ İLE HAYVANSAL ÜRETİM İLİŞKİSİ

İklim değişikliği kabul edilmesi ve mücadele edilmesi gereken bir gerçekliktir. Bunun en belirgin göstergeleri daha yüksek sıcaklıklar, yağış rejimlerindeki değişimler ve daha sık ekstrem (uç) meteorolojik olayların sergilenmesidir. Sıralanan bu göstergeler artan karbondioksit ($CO_2$) konsantrasyonları tarafından yönlendirilmektedir. Son araştırma verileri ve model tahminleri, Dünya'nın ortalama sıcaklığının arttığını ve bunun tarımsal üretim üzerinde önemli bir etkisi olacağını göstermektedir (Bernstein ve ark., 2007). Hayvancılık, gelişmekte olan ülkelerde iklime en duyarlı ekonomik sektörler arasında yer almaktadır (Haile, 2020). Hayvansal üretim ve hayvan sağlığı, iklim değişikliğinin olumsuz etkisine karşı savunmasız kalmıştır (Gerber ve ark., 2013).

Hayvancılık sektöründen kaynaklanan toplam gaz salınımının yaklaşık %65'i sığır, %9'u manda, %6.5'u koyun ve keçi, %8'inin tavuk kaynaklı olduğu bildirilmiştir (Koyuncu ve Akgün, 2018). Tablo 1' de bazı hayvan türlerine ait üretim miktarı, salınım miktarı ve salınım yoğunlukları verilmiştir.

**Tablo 1.** Hayvansal üretim, salınım miktarı ve salınım yoğunluğu (FAO, 2018; 2022).

| **Tür** | **Üretim (milyon ton)** | | **Salınım (milyon ton $CO_2$-eq)** | | **Salınım yoğunluğu (kg $CO_2$-eq/kg ürün)** | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Et | Süt | Et | Süt | Et | Süt |
| **Sığır** | 61.4 | 508.6 | 2836.8 | 1419.1 | 46.2 | 2.8 |
| **Manda** | 3.4 | 115.2 | 180.2 | 389.9 | 53.4 | 3.4 |
| **Koyun** | 7.8 | 8 | 186.5 | 67.4 | 23.4 | 8.4 |
| **Keçi** | 4.8 | 11.9 | 112.7 | 62.4 | 23.3 | 5.2 |
| | **Et** | **Yumurta** | **Et** | **Yumurta** | **Et** | **Yumurta** |
| **Tavuk** | 71.6 | 58.0 | 389.0 | 217.0 | 5.4 | 3.7 |
| **Genel Toplam** | | | **5361** | | | |

Sarıözkan ve Küçükoflaz (2020) çalışmalarında Türkiye'de hayvansal üretimden kaynaklanan toplam 47.870.234 ton $CO_2$ kaynaklı sera gazı salınımının olduğunu ve bu değerin %43,9'unun süt, %30,8'inin kırmızı et, %16,3'ünün kanatlı eti ve %9'unun yumurta üretimi sırasında oluştuğunu ileri sürmüşlerdir. Bu rakamlar doğrultusunda sera gazı salınımında ruminant hayvanların payının %74.6 ile en yüksek olduğu görülmüştür (Tablo 2).

**Tablo 2**. Türkiye'de hayvansal üretim yoluyla oluşan sera gazı miktarları

| **Hayvansal Ürünler** | **Üretim miktarı, ton** | **1 kg üretim için salınan sera gazı miktarı, CO2e ton** | **Toplam salınım miktarı, CO2e ton** |
|---|---|---|---|
| **Süt** | 22120716 | 0.95 | 21014680 |
| **Kırmızı et** | 1118695 | 13.2 | 14766774 |
| **Kanatlı eti** | 2226205 | 3.5 | 7791718 |
| **Yumurta*** | 1227732 | 3.5 | 4297062 |
| **TOPLAM** | | 47870234 | |

*16 adet yumurta 1 kg olarak hesaplanmıştır (Sarıözkan ve Küçükoflaz, 2020)

Hayvansal üretim ve iklim değişikliği arasındaki bağlantılar karmaşık ve çok yönlü olmasına rağmen, iklim değişikliği hayvansal üretimi,

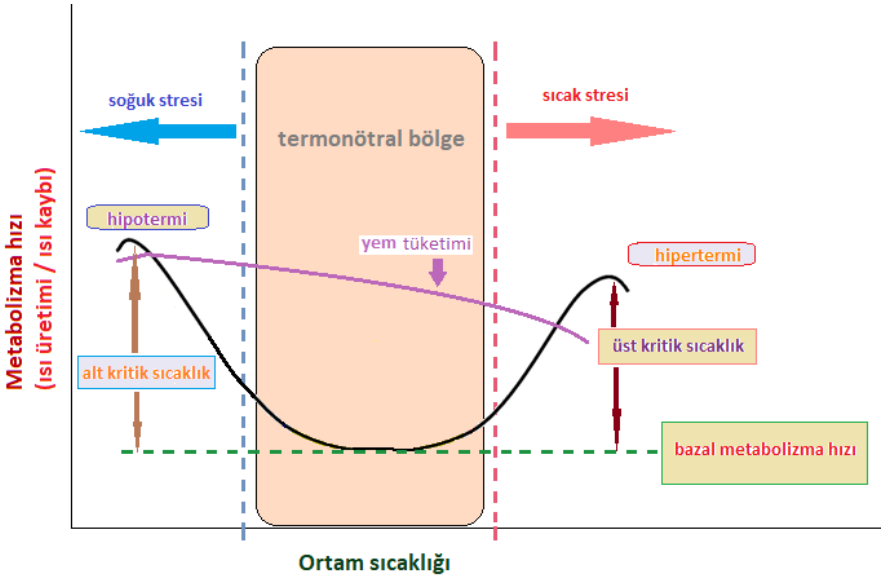
yem bitkileri üretimini ve hayvan sağlığını da kapsayacak şekilde hayvancılık üretimini etkilemektedir (Walter ve ark., 2010). Hayvancılık tesislerindeki sıcaklık değişimi iklim değişikliğinden hem doğrudan ve hem de dolaylı olarak etkilenmektedir (IPCC, 2007).

İklim değişikliği ve dolayısıyla meteorolojik faktörlerin hayvansal üretim üzerine olası etkileri temel olarak doğrudan ve dolaylı etkiler olarak iki ana grupta incelenebilir. Doğrudan etki olarak; iklim değişikliğinin $CO_2$ gazının çiftlik hayvanlarının metabolizması, bağışıklık sistemi işlevi, termoregülasyonu ve üretimi üzerindeki etkileri sıralanabilir. Dolaylı etkiler ise, iklimin yem üretimi, su varlığı ve parazit/patojen popülasyonları üzerindeki etkisinden kaynaklanır.

## 2.1. İklim Faktörlerinin Hayvansal Üretime Doğrudan Etkileri

Meteorolojik faktörler, hava sıcaklığı, nem ve hava akımının ortak etkisini içerir. Faktörlerin en uygun sınırlarını tanımlayan ilişkiye genellikle termal konfor bölgesi denir. Bu bölgede hayvanlar optimum performans ve minimum enerji harcaması sergiler. Koşullar bu bölgenin üzerine çıktığında veya altına indiğinde termoregülasyonu (iç ısısal düzenlemeyi) sürdürmek için ekstra enerji gerekir ve üretim süreçleri daha az etkili hale gelir. Hayvanlar, çevre sıcaklığı termal konfor bölgesinin dışına çıktığında termal stres etkisinde kalır. Stres geniş bir terimdir ve çeşitli faktörlerin hayvanların sağlığı ve performansı üzerindeki kümülatif zararlı etkisi olarak tanımlanır. İklim faktörlerinin hayvanların büyüme, et, süt, yumurta ve yapağı vb. üretimlerini, üreme vb. metabolik fonksiyonlarını, hayvan sağlığını ve konforunu etkileyen faktörler olduğu bildirilmiştir (IPCC, 2007).

Ortam sıcaklığı hayvansal üretimi etkileyen en önemli iklim faktörüdür. Isı kaybının ve ısı üretiminin yaklaşık olarak aynı olduğu sıcaklık aralığı hayvanın konfor bölgesi veya termonötral bölge olarak tanımlanmaktadır. Bu ortamda hayvanın toplam ısı üretimi sabit kalmaktadır (Şekil 1). Termonötral bir ortamda, hayvanın ısı üretimi minimumdadır ve bu nedenle diyet enerjisi büyüme, yumurta ve süt üretimi için verimli bir şekilde kullanılabilir. Çok soğuk veya çok sıcak gibi olumsuz ortamlar hayvan tarafından artan ısı üretimine yol açar, yani daha fazla enerji kaybı olur ve sonuç olarak aynı enerji alımı seviyesinde üretim için daha az enerji kalır ve enerji kullanımının verimliliği bozulur (Babinszky ve ark., 2011). Yüksek ortam sıcaklığı, güneş radyasyonu ve rüzgâr hızı, çiftlik hayvanlarının termonötral bölgesi üzerinde etkili ortam sıcaklığını artırır. Bu nedenle, hayvanın vücut sıcaklığı, termonötral bölgesindeki sınırları aşar ve toplam ısı yükü, hayvanın ısı yayma (veya ısı kaybı) kapasitesinden fazla olur (Prathap ve ark., 2017). Bu duruma sıcak stresi denir. Sıcak stresine yüksek ortam nemi eşlik ettiğinde, evapotranspirasyonla ısı dağılımı azalmakta ve yüksek sıcaklığın etkisi daha belirgin duruma gelmektedir (Lin ve ark., 2006; Smith ve ark., 2013).




**Şekil 1.** Sıcaklık ve hayvan metabolizma hızı arasındaki ilişki

Hayvanlar, üretimlerini, üremelerini ve sağlıklarını etkileyen çeşitli streslere maruz kalmaktadır. Termoregülasyon, hayvanların soğuk veya sıcak ortamlarda vücut ısısını koruma yeteneğidir. Soğuk bir ortamda oksidasyon hızı artmakta yani vücut daha fazla besin yakmaktadır. Bu olay sonucunda ise vücutta ısı üretimi artmakta ve düşük ortam sıcaklığının neden olduğu ısı açığı kapatılmaktadır. Titreme bu sürece yardımcı olan bir araç olup ortaya çıkan ısı üretimi oldukça önemlidir. Isı kaybı ısı üretimini aşarsa sonuçta hipotermi ve ölüm meydana gelmektedir (Craine ve ark., 2009). Özellikle domuz ve kanatlı türlerinde yeni doğan ve genç hayvanların termoregülatuar mekanizmalarının az gelişmiş olması nedeniyle, soğuk ortam ölüm oranını artırmaktadır (Brown-Brandl ve ark., 2001; IAEA, 2017).

Soğuk bir ortamda hayvanların enerji ihtiyacı artar, bu da üretim için kullanılacak mevcut enerji miktarını azaltır. Ancak, üretim için mevcut enerji miktarını azaltan tek faktör bu değildir. Düşük ortam sıcaklığı besinlerin sindirilebilirliğini azaltmaktadır. Enerji değeri daha yüksek diyet, hayvanların soğuğa karşı dayanıklılığını bir dereceye kadar artmasına yardımcı olabilmektedir.

İklim değişikliği genel olarak sıcaklık artışı yönünde bir eğilim göstermektedir. Bu nedenle, sıcak stresi, termal stres araştırmalarında baskın konu olmuştur. Yüksek sıcaklıkların, hayvanlar için soğuk bir ortama göre çok daha tehlikeli olduğu bildirilmiştir (Summer ve ark., 2019). Kritik seviyeyi aşan yüksek sıcaklıkların, yalnızca enerji ve besin metabolizmasını değiştirerek hayvan performansını olumsuz etkilemediği, aynı zamanda vücut homeostazını bozarak hem bağışıklık yeterliliği hem de ürün kalitesi için zararlı sonuçlar doğurduğu ileri sürülmüştür. Günümüzde çevresel kaynaklı sıcak stresi, özellikle yüksek üretim potansiyeline sahip çiftlik hayvanları için zararlı etkileri nedeniyle büyük bir tehdit kaynağıdır. Tropikal, subtropikal ve kurak bölgelerde, yüksek ortam sıcaklığı hayvansal üretimi tehlikeye atan en önemli faktördür (Niaber ve Hahn, 2007;  Kimaro ve Chibinga, 2013).

Çiftlik hayvanlarının ısı üretimini azaltmak için fiziksel aktivitelerini azalttığı (Collin ve ark., 2001) ve yem yemeye daha az zaman harcadığı (Brown-Brandl ve ark., 2001) rapor edilmiştir. NRC'ye göre 30oC'nin üzerindeki her 1oC'lik artış hayvanlarda %3-5 oranında yem tüketiminin azalmasına neden olmaktadır. Kanatlı hayvanlar yüksek metabolik hıza sahip oldukları için daha fazla ısı üretmekte, ancak,

tüylerinin olması ve ter bezlerinin olmaması nedeniyle ısı yayma kapasiteleri düşük olduğu için memeli hayvanlara göre sıcak strese daha duyarlıdırlar (Babinszky ve ark., 2011). Tablo 3, bazı çiftlik hayvanlarında alt ve üst kritik sıcaklık değerlerini göstermektedir.

**Tablo 3.** Bazı çiftlik hayvanlarının alt ve üst kritik sıcaklıkları (FASS, 2010).

| **Tür** | **Kritik sıcaklık** | |
|---|---|---|
| | **Alt** | **Üst** |
| Süt İneği | -12/-1* | 24 |
| Yeni doğmuş buzağı | 8-10 | 35 |
| 1 günlük civciv | 32 | 35 |
| Kesim çağındaki broiler | 16 | 26 |
| 1 günlük hindi | 35 | 38 |
| Kesim çağındaki hindi | 16 | 26 |
| Yumurta tavuğu | 16 | 27-29 |

* Alt kritik sıcaklık: Holstein ve Brown Swiss 12 ºC, Jersey için -1ºC

Yüksek sıcaklık, düşük nem kapasitesi ve yüksek hava akım hızının, özellikle verimi yüksek ve düşük toleranslı hayvanlarda sağlık sorunlarını ve ölüm oranlarını artırdığı rapor edilmiştir. Kaliforniya'da 2006 yılında 30.000'den fazla süt ineği şiddetli sıcak hava dalgası nedeniyle ölmüştür. Iowa'da aynı nedenle 4000'den fazla besi sığırının ve Nijerya'da sıcak stresinin kümes hayvanlarının tamamının ölümüne neden olduğu bildirilen bazı örneklerdir (Niaber ve Hahn, 2007; St-Pierre ve ark., 2003).

Erhan ve Bölükbaşı (2011) tarafından yapılan bir çalışmada 10 hafta boyunca sıcak strese (30ºC) maruz bırakılan yumurta tavuklarının normal kümes şartlarında (20ºC) barındırılan hayvanlara göre yem tüketimi, yumurta verimi, yumurta ağırlığı, yumurta kabuk kalınlığı ve karaciğer ağırlığının önemli düzeyde düştüğü rapor edilmiştir (Tablo

4). Araştırmacılar, sıcak strese maruz bırakılan yumurta tavuklarının karaciğer dokusunda nekrotik hücre sayısının toplam hücre sayısına oranının oldukça yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca karaciğer dokusundaki vasküler konjesyonda artış, sinüslerde hafif genişleme, periportal bölgede iltihabi mononükleer hücre infiltrasyonu tespit edilmiştir. Sıcak strese maruz bırakılan hayvanların kalp dokularında vasküler konjesyon tespit edilmiştir.

**Tablo 4.** Sıcak strese maruz bırakılan yumurta tavuklarının bazı performans ve yumurta kalite ölçütleri (Erhan ve Bölükbaşı, 2011).

| | **Sıcaklık** | | |
|---|---|---|---|
| | Normal 20°C | Yüksek 30°C | P |
| **Yem tüketimi g** | 117.9±12.0 | 101.4±13.6 | ** |
| **Yumurta verimi %** | 86.8±3.1 | 72.9±3.3 | ** |
| **Yumurta ağırlığı g** | 62.7±3.9 | 56.4±3.4 | ** |
| **Kabuk kalınlığı µm** | 369±23.1 | 343±25.5 | ** |
| **Kabuk oranı** | 12.3±2.3 | 10.6±1.8 | ** |
| **Hough Birimi** | 91.44±9.17 | 88.57±6.40 | * |
| **Karaciğer ağırlığı g** | 41.9±1.2 | 38.0±1.1 | * |

*:P<0.05, **:P<0.01

Sıcak stresinin dünyanın tropikal ve subtropikal bölgelerinde hayvan büyüme performanslarını olumsuz etkilemektedir. Sıcak stresi, etlik piliçlerde, tavşanlarda, kuzularda ve besi sığırlarında vücut ağırlığında ve büyüme hızında düşüş ve ortalama günlük kazançta düşüşe neden olduğu belirtilmiştir (Steinfeld ve ark., 2006). Ayrıca, sıcak stresi, gebelik oranı, östrus aktivitesi, embriyonik mortalite, sperm hareketliliği ve spermatozoa mortalitesi ve anormallikleri gibi hem erkek hem de dişi üreme fonksiyonunun birçok yönünü etkilemektedir (Herbut ve ark., 2019).

Hayvanın yüksek ortam sıcaklıklarına uyumunun (adaptasyon) büyüklüğü, çiftlik hayvanları türleri ve fizyolojik durumlarına bağlıdır. Hayvancılık türleri arasında keçilerin yüksek ortam sıcaklıklarına en fazla toleranslı olduğu bildirilmiştir Benzer şekilde, tropikal ve kurak bölgelerde yetiştirilen yerli hayvanlar, ılıman ortamlarda yaşayanlara göre sıcak iklime daha fazla uyum sağlamaktadır (Shukla ve ark., 2019).

Gebe ve emziren ruminantlar, gebe olmayan ve emzirmeyen ruminantlara göre sıcak stresine daha duyarlıdır. Yüksek üretim potansiyeli için seçilen hayvanlar, düşük üretim potansiyeline sahip hayvanlara göre ısı yüküne daha az toleranslıdır (Saeed ve ark., 2019). Isı toleransı, hayvanların sıcak koşullar altında büyütüldüklerinde kalıtsal işlevsel potansiyellerini koruma yeteneği olarak tanımlanabilir. Isı toleransının fizyolojik temeli, geniş bir cilt alanı / canlı ağırlık oranı, pigmentli cilt ve göz kapakları, korumalı gözler ve açık renkli veya beyaz bir vücut örtüsünden kaynaklanır. Sıcak stresine uyum sağlayan hayvanlar, daha uzun mesafeleri yürüyebilmekte, düşük su alımına uyum sağlayabilmekte, yüksek tuz oranı (içme suyunda veya yemde) ve düşük kaliteli yiyeceklerle metabolizma faaliyetlerini sürdürebilmektedir (Shukla ve ark., 2019).

**Yem Tüketimi – Meteorolojik Faktörler İlişkisi**

Hayvanların yüksek ortam sıcaklıklarına verdiği tepkilerden birisi de yem tüketimindeki azalmadır. Ruminantlar artan sıcak stresi altında iştah azalması, bağırsak hareketliliği ve ruminasyon yaşarlar.

Yapılan araştırmalarda emziren süt ineklerinin, ortam sıcaklıkları 25–26$^{o}$C'nin üzerine çıkınca yem alımlarında bir azalma olduğu ve 30 $^{o}$C'nin üzerindeki sıcaklıklarda daha hızlı düşüşler gösterdiği belirlenmiştir Sıcak stresinin neden olduğu metabolik ısı üretimi arttıkça süt üretimi azalmaktadır. Sıcak ve nemli ortamların süt üretiminin yanı sıra süt bileşimini etkilediği, yüksek sıcaklıkta emziren ineklerin ısı stresi yaşamaya başladığı, sıcaklık-nem indeksi arttıkça süt proteini ve süt yağı içeriğinin düştüğü belirtilmiştir. (Kadzere ve ark., 2002; Ravagnolo ve ark., 2000; Gorniak ve ark., 2014). Et üretiminin, tüm yüksek verimli hayvan türleri için sıcak stresinden etkilendiği bulunmuştur (Gonzalez-Rivas ve ark., 2020). Bu strese maruz kalan geviş getiren hayvanlar, daha düşük vücut boyutu, karkas ağırlığı ve yağ kalınlığı ile daha düşük et kalitesine sahiptir. Keçiler, diğer geviş getiren hayvanlara göre sıcak stresine daha az duyarlıdır. Bununla birlikte, ortam sıcaklığı termal konfor bölgelerinin 10 $^{o}$C'den fazla olduğunda yem tüketimi istekleri azalmaktadır (Lu, 1989; Salama ve ark., 2020). Benzer stres etkisindeki domuzların vücut sıcaklığında artış olduğu ve sıcaklığın 20 $^{o}$C'den 35$^{o}$C'ye yükselmesi durumunda yem alımlarında %10,9 azalma olduğu saptanmıştır (Pearce ve ark., 2013). Kümes hayvanlarının da yüksek sıcaklıklara maruz kaldıklarında daha az yem alımı sergilediği gözlenmiştir. Ortam sıcaklığının 21.1$^{o}$C 'den 32.2$^{o}$C'ye çıkması, kuluçkadan 6 haftalık yaşa kadar kanatlıların yem alımında %9.5'lik bir düşüşe yol açtığı bulunmuştur. Sıcak stresi altındaki piliçlerde, düşük ağırlık artışı, yem dönüşüm oranları, protein konsantrasyonu ve göğüs kas ağırlığı gözlenmiştir (Syafwan ve ark., 2011). Yumurtlayan tavuklar için yumurta kabuğu dayanımı, günlük

yem alımı, yumurta kütlesi ve yumurta üretimi, diğer özelliklere kıyasla sıcak stresine daha duyarlıdır. Ayrıca yetiştiricilerde yumurta kabuk kalitesinde ve yumurta üretiminde önemli düşüşler gözlenmektedir. Etlik piliçlerin yüksek ortam sıcaklıklarına protein sentezini azaltarak ve protein parçalanmasını artırarak yanıt verdiği gözlemlenmiştir (Lin ve ark., 2006). Benzer olarak yapılan bazı çalışmalarda ısı stresinde vücut proteini ve kas dokusu proteininin daha düşük olduğu, yağ seviyesinin ise daha yüksek olduğu bulunmuştur (Gonzalez-Esquerra ve Leeson, 2005; Akşit ve ark., 2006).Yem alımındaki azalma, yemden yararlanma veriminin düşmesine neden olmaktadır (Daghir, 2009). Daha genel olarak, tüm hayvan türleri arasında, ısı stresine bağlı azalan yem alımı, süt, et ve yumurta üretiminde azalmaya ve daha fazla sektörel üretim kayıplarına yol açmaktadır.

Hırvatistan'ın üç farklı iklim bölgesindeki (Doğu, Akdeniz ve Orta) ahırlardaki mikro iklim koşullarını belirlemek ve sıcaklık-nem indeksi değerlerinin süt sığırlarının günlük üretimine etkisini değerlendirmek amacıyla yapılan bir çalışmada, sıcaklık-nem indeksi artışına bağlı olarak günlük süt veriminin yanı sıra günlük yağ ve protein içeriğinin önemli düzeyde düştüğü gözlenmiştir (Gantner ve ark., 2011).

West, 2003, Cowley ve ark., (2015), ve Prathap ve ark., (2017) tarafından ısı stresine maruz kalan ineklerde, normal iklim koşullarında yetiştirilen ineklere kıyasla yem tüketimi, süt verimi ve süt proteininin azaldığı, süt yağ oranı ile laktoz miktarının değişmediği bildirilmiştir. Tunus'un kuzey batısında, ilkbahar ve yaz aylarında laktasyon ortasında 30 Holstein inek kullanılarak, sıcaklık-nem indeksinin süt verimi, kuru

madde tüketimi ve yemin sindirilebilirlik derecesi üzerine etkilerini belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda kuru madde tüketimi ve süt veriminin sıcak yaz aylarında azaldığını ancak sindirilebilirliğin arttığını tespit etmişlerdir. Sindirilebilirlikteki artışı azalan kuru madde tüketimi ile açıklamışlardır. Spiers ve ark., (2004), 29$^{o}$C de sıcak strese maruz bıraktıkları Holstein ırkı ineklerde kuru madde tüketimi ve süt veriminin azaldığını, solunum katsayısı ve rektal sıcaklığın arttığını rapor etmişlerdir.

Besi sığırlarının daha düşük metabolik hız ve vücut ısısı üretimleri nedeniyle daha yüksek bir ortalama sıcaklık-nem indeksi eşiğine sahip oldukları için ısı stresine karşı süt sığırlarına göre oldukça dayanıklı oldukları kabul edilmektedir (St-Pierre ve ark., 2003; Abdela ve Jilo, 2016). Ayrıca, besi sığırları artan vücut ısısını nefes alma, terleme ve idrara çıkma gibi homeostatik mekanizmalar ve azaltılmış aktivite, artan su alımı ve azaltılmış yem alımı gibi davranış değişiklikleri ile dengeleyebilmektedir (Magrin ve ark., 2017; Marchesini ve ark., 2018). Ancak yem tüketimindeki değişimlerin metabolik bozukluklara yol açabileceği (Marchesini ve ark., 2018) ve sonrasında daha düşük büyüme hızı ve hem erkeklerde hem de dişilerde fertilitenin azalmasına neden olabileceği ileri sürülmüştür (St-Pierre ve ark., 2003). Isı stresi altındaki besi sığırlarının daha düşük büyüme oranlarına sahip olduğu ve bu süre içinde veya hemen sonrasında kesildiğinde, pH, hassasiyet ve renk açısından daha düşük karkas ağırlığına, daha düşük yağ kalınlığına ve daha kötü et kalitesine sahip olduğu gösterilmiştir

(Mitlöhner ve ark., 2001; Nardone ve ark., 2010; Marchesini ve ark., 2018).

## 2.2. Meteorolojik Faktörlerin Hayvansal Üretime Dolaylı Etkileri

İklim değişikliğinin hayvansal üretim üzerine dolaylı etkileri ise yem bitkilerinin ve tahılların miktar ve kalitesi, hastalık ve parazitlerin şiddeti ve dağılımını içermektedir (Islam ve ark., 2020).

**Yem Üretimi – İklim Değişikliği İlişkisi**

Kaba yem "otlayan hayvanlar için yem sağlayabilen veya beslenmek için hasat edilebilen bitkilerin yenilebilir kısımları" olarak tanımlanır. Yem bitkileri genel olarak otlar ve baklagiller şeklinde gruplandırılabilirler. Öngörülen iklim değişiklikleri yem maddelerinin kalitesini düşürerek üretim koşullarını tehlikeye atmaktadır. Artan ortalama sıcaklıklar ve azalan yağış, otların diyet ham proteinini ve sindirilebilir organik madde içeriğini azaltır; bununla birlikte, yağışta gelecekteki herhangi bir artışın, sıcaklık artışlarından kaynaklı yem kalitesindeki düşüşü telafi edemeyeceği görüşü hakimdir (Craine ve ark., 2009). Kuraklık ve su kıtlığı yeraltı suyu seviyelerinde düşüşe, mera florasında değişiklik ve hacim azalmasına neden olabilir (Babinszky ve ark., 2011).

Yem üretimi, yem işleme ve nakliye işlemleri sırasında atmosfere salınan kirletici unsurlar, hayvancılıkla ilgili salınımların yaklaşık %45'ini oluşturur. Yem üretiminden kaynaklanan salınımlar $CO_2$, $N_2O$ ve $CH_4$'ten oluşur. $CO_2$ salınımı, yem bitkileri için gübre ve pestisit

üretiminden, yem nakliyesinden ve işlenmesinden, üretimde kullanılan yakıttan ve buna bağlı arazi kullanımı değişikliklerinden kaynaklanmaktadır. $N_2O$ salınımı ise temel olarak gübre kullanımından ve gübre uygulamasından, küçük bir kısmı ise baklagil yem bitkilerinin (örneğin soya fasulyesi, bezelye ve yonca) yetiştirilmesinden kaynaklanmaktadır. Yemle ilgili $CH_4$ salınım miktarı, yemle ilgili $CO_2$ ve $N_2O$ salınımından daha azdır.

**Arazi Kullanım Değişikliği – İklim Değişikliği İlişkisi**

Tarım arazilerinin yaklaşık üçte ikisi hayvancılık faaliyetleri amacıyla kullanılmaktadır (Anonim, 2022). Arazi kullanımındaki değişikliğin, hayvancılıkla ilgili sera gazı emisyonlarının bir başka dolaylı kaynağı olduğu, arazi kullanım değişikliğinin toplam hayvancılık faaliyetleri sera gazı salınımın %9,2'sini kapsadığı belirlenmiştir (Gerber ve ark., 2013). Bu, arazilerin meraya dönüştürülmesi ve yem bitkileri üretmek için kullanımı yoluyla gerçekleşir. Artan hayvancılık faaliyetleri ve hayvan yemi üretimi, doğal karbon döngüsünü etkileyerek arazi kullanımını önemli ölçüde etkilemiştir (Rojas-Downing ve ark., 2017). Bitkiler atmosferden $CO_2$ ve topraktan azot (N) alır ve bunları yeraltı ve yerüstü biyokütlede depolar. Orman arazileri toprakta ve bitki örtüsünde ekili arazilerden ve meralardan daha fazla karbon tutar ve bu nedenle orman arazileri ekili arazilere ve meralara dönüştürüldüğünde tutulan karbonun çoğu atmosfere salınır.

Yapılan araştırmalarda, 2005/2007'ye kıyasla 2050 yılına kadar dünya et üretiminin %76 ve süt üretiminin %63 artması beklenmektedir. Bununla bağlantılı olarak, otlatma yoğunluğunun yaklaşık %70

oranında artması ve yem talebinin neredeyse iki katına çıkması öngörülmektedir (Alexandratos ve Bruinsma, 2012; Yitbarek, 2019).

## Enerji Tüketimi – İklim Değişikliği İlişkisi

Hayvancılık faaliyetleri sırasında enerji tüketimi, temel olarak fosil yakıt kullanımıyla ilgili olan başka bir $CO_2$ salınım kaynağıdır. Yem üretmek için, gübre üretimi, makine kullanımı ve yem ve canlı hayvan taşımacılığına kadar uzanan tedarik zinciri boyunca enerjiyle ilgili salınımlar yapılır. Çiftlikteki hayvanlar için ısıtma/soğutma, havalandırma, aydınlatma ve sağım amacıyla enerji tüketilmektedir. Buna ek olarak yem üretimi, kurutma ve ürün taşımacılığında enerji kullanılmaktadır. Hayvancılık faaliyetleri sonucu ürünlerin işlenmesinde ve nihai ürünlerin perakendecilere paketlenmesi ve taşınmasında da enerji kullanılmak zorundadır. Hayvancılık tedarik zinciri boyunca toplam enerji tüketimi, hayvancılık sektöründeki toplam salınımların yaklaşık %25'i kadardır (Gerber ve ark., 2013).

## SONUÇ

Artan nüfus yoğunluğu nedeniyle hayvansal üretimin artırılması yönünde oluşan baskıya karşılık, hayvansal üretimin iklim değişikliğinin nedeni olarak görülmesi çözümü zor bir denklemi oluşturmaktadır. İklim değişikliğinin en belirgin göstergeleri olan sıcaklık ve ışıma oranlarındaki artıştan ve yağış azalmasından en fazla etkilenecek sektörlerden birisi de tarım sektörüdür. Özellikle hayvancılık ve hayvansal üretim üzerinde yıkıcı etkilerinin olacağı öngörüleri, meteorolojik faktörlerdeki değişiklik eğiliminin çok iyi

anlaşılmasını zorunlu kılmaktadır. İklim değişikliğine uyum, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini azaltmak veya olumlu etkilerini artırmak için ekolojik, sosyal veya ekonomik sistemlerde yapılan ayarlamaları ifade eder. Artan veya azalan eğilimlere çiftlik hayvanlarının adaptasyonu üzerine araştırmaların yoğunlaşması, gelecekte gıda güvenliğinin sağlanması açısından büyük önem arz etmektedir. Çiftlik hayvanları için doğal adaptasyon, hayvanların iklim koşullarına uyum sağladığı farklı mekanizmalardan kaynaklanmaktadır. İnsan adaptasyondaki rolü ise hayvanların iklim değişikliğine uyum sağlamasına ve çiftlik hayvanlarının performansını artırmasına yardımcı olabilecek eylem ve uygulamaları içerir. Sonuç olarak, termal strese karşı et, süt ve diğer hayvansal ürünlerin miktar ve kalitesini korumak için besleme planlarının oluşturulması daha dayanıklı hayvan seçimi ve stresle mücadelede teknolojik araçların kullanılması gerekecektir. Hayvancılık alanında yapılacak bu değişimlerin üretim maliyetine yansıması kaçınılmaz olacaktır. Dünya ülkelerinin durumu bu günden saptaması ve vizyon projelerini hayata geçirebilmeleri insanlığın geleceği için gereklidir.

## KAYNAKLAR

Abdela N., Jilo K. (2016). Impact of climate change on livestock health: A Review; IDOSI Publications; Global Veterinaria; 16(5): 419-424.

Aksit M., Yalcın S., Özkan S., Metin K., Özdemir D. (2006). Effects of temperature during rearing and crating on stress parameters and meat quality of broilers. poultry science, Vol.85, pp. 1867–1874. ISSN: 0032-5791

Alexandratos, N., Bruinsma, J. (Eds.) (2012).World Agriculture towards 2030/2050: The 2012 Revision; ESA Working Papers 12-03; ESA: Paris, France.

FAO, 2018. Emissions By Species, Tackling Climate Change Through Livestock, A Global Assessment of Emissions And Mitigation Opportunities, pp: 23-44 (FAO), Rome.

Babinszky L., Dunkel Z., Tóthi R., Kazinczi G., Nagy J. (2011). The impacts of climate change on agricultural production, Hungarian Agricultural Research, ISSN:1216-4526

Bernstein L., Bosch P., Canziani O., Chen Z., Christ R., Davidson O., Hare W., Huq S., Karoly D., Kattsov V., Kundzewicz Z., Liu J., Lohmann U., Manning M., Matsuno T., Menne B., Metz B., Mirza M., Nicholls N., Nurse L., Pachauri R., Palutikof J., Parry M., Qin D., Ravindranath N., Reisinger A., Ren J., Riahi K., Rosenzweig C., Rusticucci M., Schneider S., Sokona Y., Solomon S., Stott P., Stouffer R., Sugiyama T., Swart R., Tirpak D., Vogel C., Yohe G. (2007). IPCC, 2007: Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva.

Brown-Brandl T.M., Eigenberg R.A., Nienaber J.A., Kachman S.D. (2001). Thermoregulatory profile of a newer genetic line of pigs. Livestock Production Science, Vol.71, No.2-3, pp. 253–260, ISSN: 0301-6226

Collin A., van Milgen J., Dubois S. Noblet J. (2001). Effect of high temperature on feeding behaviour and heat production in group-housed young pigs. British Journal of Nutrition, Vol.86, pp. 63-70. ISSN: 0007-1145

Cowley F.C., Barber D.G. Houlihan A.V., Poppi D.P. (2015). Immediate and residual effects of heat stress and restricted intake on milk protein and casein composition and energy metabolism. J. Dairy Sci. 98:2356–2368. doi:10.3168/jds.2014-8442

Craine J.M., Elmore A.J., Olson K.C., Tolleson, D. (2009). Climate change and cattle nutritional stress. Global Change Biology, Vol.16 (10), pp. 2901- 2911. ISSN: 1354-1013, doi: 10.1111/j.1365-2486.2009.02060.x

Daghir N.J. (2009) Nutritional strategies to reduce heat stress in broilers and broiler breeders, Lohmann Information, Vol. 44(1) pp. 6-15. ISSN: 1617-2906

Erhan K., Bölükbaşı Ş.C. (2011). Effects of feeding diets supplemented with vitamin E and vitamin C on performance, egg quality and stereological and structural analysis of the liver of laying hens exposed to heat stress. Italian Journal of Animal Science, (10):57, 260-266.

FAO, (2022). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Sustainable Food and Agriculture. Available online: http://www.fao.org/sustainability/news/detail/en/c/1274219 / (accessed on 3 February 2022)

FASS (Federation of Animal Science Societies). (2010). Guide for the Care and Use of Agricultural Animals in Research and Teaching, (January 2010), ISBN: 978-1-884706-11- 0, Champaign, Illinois, USA. www.fass.org/docs/agguide3rd/Ag_Guide_3rd_ed.pdf

Gantner V., Mijic P. Kuterovac K. Solic D. Gantner R. (2011). Temperature-humidity index values and their significance on the daily production of dairy cattle. Mljekarstvo, 61: 56-63

Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A., Tempio, G. (2013). Tackling Climate Change through Livestock: A Global Assessment of Emissions and Mitigation Opportunities.

Gonzalez-Esquerra R., Leeson S. (2005). Effects of Acute Versus Chronic Heat Stress on Broiler Response to Dietary Protein, Poultry Science, Vol.84, pp. 1562–1569. ISSN: 0032-5791

Gonzalez-Rivas, P.A., Chauhan, S.S., Ha, M., Fegan, N., Dunshea, F.R., Warner, R.D. (2020). Effects of heat stress on animal physiology, metabolism, and meat quality: A review. Meat Sci., 162, 108025.

Gorniak, T., Meyer, U., Südekum, K.-H., Dänicke, S. (2014). Impact of mild heat stress on dry matter intake, milk yield and milk composition in mid-lactation Holstein dairy cows in a temperate climate. Arch. Anim. Nutr., 68, 358–369.

Haile WA. (2020). Impact of climate change on animal production and expansion of animal disease: a review on Ethiopia perspective. Am. J. Pure Appl. Sci., 2(3), 64-76. https://doi.org/10.34104/ajpab.020.064076

Herbut, P., Angrecka, S., Gody ´n, D., Hoffmann, G. (2019). The physiological and productivity effetcts of heat stress in cattle—A review. Ann. Anim. Sci., 19, 579–594.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2007. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of working group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental panel on climate change. Cambridge University press, Cambridge.

International Atomic Energy Agency (IAEA 2017). Climate Change and the Expansion of Animal and Zoonotic Diseases – What is the Agency's

Contribution? Nuclear techniques in food and agriculture; joint FAO/IAEA program 2003-2017.

Kadzere C., Murphy M. Silanikove N. Maltz. E. (2002). Heat stress in lactating dairy cows: A Review, Livestock Production Science 77(1): 59-91.

Kimaro E.G., Chibinga O.C. (2013). Potential impact of climate change on livestock production and health in East Africa: A review; Livestock Research for Rural Development, 25(7): 1-11.

Koyuncu M., Akgün H. (2018). Çiftlik Hayvanları ve Küresel İklim Değişikliği Arasındaki Etkileşim. U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 2018, Cilt 32, Sayı 1, 151-164. (Journal of Agricultural Faculty of Uludag University.

Lin H., Jiao H.C., Buyse J., Decuypere, E. (2006). Strategies for preventing heat stress in poultry. World's Poultry Science Journal, Vol.62, pp. 71-86. ISSN: 0043-9339

Lu, C.D. Effects of heat stress on goat production. Small Rumin. Res. 1989, 2, 151–162.

Magrin L., Brscic M., Lora I., Rumor C., Tondello L., Cozzi G. Gottardo F. (2017). Effect of a ceiling fan ventilation system on finishing young bulls' health, behaviour and growth performance. Animal 11:1084–1092. doi:10.1017/S1751731116002482

Marchesini G., Cortese M., Mottaran D., Ricci R., Serva L., Contiero B., Segato S., Andrighetto I. (2018). Effects of axial and ceiling fans on environmental conditions, performance and rumination in beef cattle during the early fattening period. Livest. Sci. 214:225–230. doi:10.1016/j.livsci.2018.06.009

Mignon-Grasteau, S.; Moreri, U.; Narcy, A.; Rousseau, X.; Rodenburg, T.B.; Tixier-Boichard, M.; Zerjal, T. (2015) Robustness to chronic heat stress in laying hens: A meta-analysis. Poult. Sci., 94, 586–600.

Mitlöhner F.M., Morrow J.L., Dailey J.W., Wilson S.C., Galyean M.L., Miller M.F., McGlone J.J. (2001). Shade and water misting effects on behavior, physiology, performance, and carcass traits of heat-stressed feedlot cattle. J. Anim. Sci. 79:2327–2335. doi:10.2527/2001.7992327x

Nardone A., Ronchi B., Lacetera N., Ranieri M.S., Bernabucci U. (2010). Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. Livest. Sci. 130:57–69. doi:10.1016/j.livsci.2010.02.011

Niaber J.A., Hahn G.L. (2007). Livestock production system management responses to thermal challenges. International Journal of Biometeorology, Vol.52, No.2, pp. 149-157. ISSN: 0020-7128

Oskay, V., Karagöz, Ö., Kuşlu, S., (2021a). Gümüşhane İlinin İçme Suyunu Karşılayacak Bahçecik Barajını Besleyen Şenkale Deresinin İçme Suyu Kalitesinin Araştırılması IOCENS'21 Uluslararası Mühendislik ve Doğa Bilimleri Online Konferansı, Özet Kitapçığı, s:130

Oskay, V., Karagöz, Ö., Kuşlu, S., (2021b). Gümüşhane İlinin İçme Suyunu Karşılayacak Bahçecik Barajını Besleyen Şöbet Deresinin İçme Suyu Kalitesinin Araştırılması. IOCENS'21 Uluslararası Mühendislik ve Doğa Bilimleri Online Konferansı, Özet Kitapçığı, s:347.

Pearce, S.C., Gabler, N.K., Ross, J.W., Escobar, J., Patience, J.F., Rhoads, R.P., Baumgard, L.H. (2013). The effects of heat stress and plane of nutrition on metabolism in growing pigs. J. Anim. Sci., 91, 2108–2118.

Prathap P, Archana P.R., Joy A., Veerasamy S., Krishnan G., Bagath M., Manimaran V. (2017). Heat stress and dairy cow: impact on both milk yield and composition. International Journal of Dairy Science, 12: 1-11.

Ravagnolo, O.; Misztal, I.; Hoogenboom, G. (2000). Genetic component of heat stress in dairy cattle, development of heat index function. J. Dairy Sci., 83, 2120–2125.

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

Saeed, M., Abbas, G., Alagawany, M., Kamboh, A.A., Abd El-Hack, M.E., Khafaga, A.F., Chao, S. (2019). Heat stress management in poultry farms: A comprehensive overview. J. Therm. Biol, 84, 414–425.

Salama, A.A.K., Contreras-Jodar, A., Love, S., Mehaba, N., Such, X., Caja, G. (2020). Milk yield, milk composition, and milk metabolomics of dairy goats intramammary-challenged with lipopolysaccharide under heat stress conditions. Sci. Rep., 10, 5055.

Sarıözkan S., Küçükoflaz M. (2020). İklim mi hayvancılığı yoksa hayvancılık mı iklimi etkiliyor? Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi. 17(3), 255-259, 2020

Shukla, P.R.; Skea, J.; Calvo Buendia, E.; Masson-Delmotte, V.; Pörtner, H.O.; Roberts, D.C.; Zhai, P.; Slade, R.; Connors, R.; Van Diemen, R. (2019). IPCC 2019: Climate Change and Land: An IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems; Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Geneva, Switzerland.

Smith D.L., Smith T., Rude B.J., Ward S.H. (2013). Comparison of the effects of heat stress on milk and component yields and somatic cell score in Holstein and Jersey cows. J. Dairy Sci., 96: 3028-3033.

Spiers D.E., Spain J.N., Sampson J.D., Rhoads R.P. (2004). Use of physiological parameters to predict milk yield and feed intake in heat-stressed dairy cows. J. Thermal Biol.,29: 759-764

Steinfeld H., Gerber, P., Rosales, M., de Haan, C. (2006). Livestock’s long shadow: environmental issues and options. Food and Agriculture Organisation, Rome.

St-Pierre, N.R., Cobanov B., Schnitkey G. (2003). Economic loss from heat stress by U.S. livestock ındustries, Journal of Dairy Science 86 (E Suppl.): E52-E77.

Summer, A., Lora I., Formaggioni P., Gottardo F. (2019). Impact of heat stress on milk and meat production. Animal Frontiers, 9.1: 39-46.

Syafwan, S., Kwakkel, R.P., Verstegen, M.W.A. (2011). Heat stress and feeding strategies in meat-type chickens. World's Poult. Sci. J., 67, 653–674.

Walter O., Edgardo V. and Patricia I. (2010). Climate Change and Links to Animal Diseases and Animal Production; Ministry of Livestock, Agriculture and Fisheries of Uruguay; Conf. OIE, 179-186.

West J.W. (2003). Effects of heat-stress on production in dairy cattle. Journal of Dairy Science 86: 2131-2144.

Yitbarek, M.B. (2019) Livestock and livestock product trends by 2050: Review. Int. J. Anim. Res., 4, 30.

# BÖLÜM 4

## AKUAPONİK TARIM SİSTEMLERİ

Prof. Dr. Yasemin KUŞLU[1]

Arş. Gör. Hasan ER[2,3]

[1] Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Erzurum, Türkiye, Orcid: 0000-0003-4008-1004, ykuslu@atauni.edu.tr

[2] Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Orcid: 0000-0002-7880-8697, hasaner@bingol.edu.tr

[3] Bingöl Üniversitesi, Arı ve Doğal Ürünler AR-GE ve ÜR-GE Uyg. ve Arş. Merkezi / Rektörlük, Orcid: 0000-0002-7880-8697, hasaner@bingol.edu.tr

## GİRİŞ

Artan dünya nüfusunun beraberinde getirdiği problemlerin başında su kaynakları kıtlığı ve buna bağlı olarak tarımsal üretim sıkıntısı gelmektedir (Demir ve ark., 2021; Oskay ve ark., 2021a). Su sıkıntısı özellikle hızlı nüfus arıtışına sahip ülkelerde daha belirgin hale gelmiştir (Lu ve ark., 2019). Dünyada 1 milyar 400 milyon $km^3$'lük bir su miktarı olup yerkürenin dörtte üçünü kaplamaktadır. Suların %97,5'i deniz ve okyanuslarda tuzlu su olarak bulunmakta iken, sadece %2,5'lik kısmı tatlı su kaynağı olduğundan dolayı yerkürede bulunan suların tamamı kullanılamamaktadır (Shiklomanov ve ark., 2003). Su kaynakları ülkelerin gelecek planlamalarının başında gelmektedir. Bu çerçevede suyun doğru yönetimine yönelik bütün dünyada araştırmalar artmaktadır. İnsanlığın varlığını tehdit eden su kıtlığı ile ilişkili diğer önemli bir husus ise gıda temini sorunudur (Dadmand ve ark., 2020). Dünyamızda denize kıyısı olmayan ve/veya tatlı su kaynaklarından yoksun olan ve su sıkıntısı çekilen bölgelerde bu iki yaşamsal ögenin her ikisine de ihtiyaç duyulmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde su kaynaklarını içme suyu kullanımında veya su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanım seçenekleri tartışılmaktadır.

Mevcut su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi için içme ve kullanma amacıyla planlanan barajlar ve göletler ile akarsularda kirlilik unsurlarının sürekli gözlenmesi önem taşımaktadır (Oskay ve ark., 2021b). Su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanımı sonucu yetiştiricilik tesislerden çıkan atık sular, su kaynaklarını kirleten önemli bir unsur olarak görülmektedir. Su ürünleri yetiştiricilik tesislerinin çıkış suları

yüksek besin maddeleri, çeşitli organik maddeler ve amonyum, fosfor ve çözünmüş organik karbon gibi inorganik bileşikler içeren atık suların deşarjı, su kirliliğinin nedenlerinden biri olarak belirlenmiştir. Bu durum ise su ürünleri sektöründe kullanılan suyun korunumu için tedbirler alınmasına ihtiyaç duyulacağı anlamı taşımaktadır (Selek, 2017;). Su ürünleri yetiştiriciliği nedeniyle kirlenen suların hem su kaynaklarımızı etkin kullanmak hem de kirlenerek vereceği zararları ortadan kaldırmak amacıyla çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların içerinde işletim ve ilk yatırım maliyetlerinin diğer geleneksel arıtma yöntemlerine kıyasla daha düşük görülen doğal arıtma sistemleri ön plana çıkarak bu konu üzerine çalışmalar artmaktadır. Bu doğal arıtma metotlarından bir tanesi de akuaponik sistemlerdir (König, 2018; Datta ve ark., 2018). Akuaponik üretim sistemleri son zamanlarda üzerinde oldukça durulan bir konu olup suyu doğru kullanarak su ürünleri yetiştiriciliğiyle bitki üretimini sağlayan bir tarımsal üretim yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır (Tyson ve ark, 2011).

Akuaponik kelime anlamı ve teknik olarak topraksız bitki yetiştiriciliği (hidroponik) ve su ürünleri yetiştiriciliği (akuakültür) kavramlarının entegrasyonu ile ortaya çıkan bir besin üretim modeli olarak tanımlanmaktadır (Kyaw ve Andrew, 2017).

Akuakültür, balıklar, kabuklular, yumuşakçalar, ya da derisidikenliler ve diğer omurgasızların, insan faktörü dahilinde kontrollü veya yarı kontrollü olarak gıda, stokların takviyesi, süs, hobi ve bilimsel araştırmalar için yetiştirilmesi olarak ifade edilebilir (Palm ve ark., 2018). Hidroponik, topraksız bitki yetiştiriciliği olarak en çok

kullanılan isimdir. Hidroponik toprak kullanmadan, su içinde mineral besin solüsyonları kullanarak bitki yetiştirme yöntemi anlamına gelmektedir. Hidroponik sistem, geleneksel tarıma göre çapalama gibi bakım işlerinin olmayışı ve birim alandan alınan verimin fazla oluşu nedeniyle günümüzde tarımsal üretim yöntemi olarak konu ile ilgili çalışmalar artmaktadır (Akdoğan, 2014). Bu bağlamda su ürünleri yetiştiriciliğinin ve topraksız tarımın (Hidroponik) entegre edildiği bir organik yetiştiricilik yöntemi olan akuaponik sistemler, son yılların önemli bir yetiştiricilik faaliyeti olarak hızla yayılmaktadır.

Akuaponik sistemlerin tarihçesine bakıldığında Aztekler ilk örneklerden birisi olarak görülmektedir (Fernández ve ark., 2015). Aztekler Chinampa adlı tarım yöntemini uygulamış olup bu yöntem kanallardan ve sabit yapay adacıklardan oluşmuştur. Bu yöntemde çamur ve su kullanılarak bitki yetiştiriciliği yapıldığı bilinmektedir (Goddek ve ark., 2015). Tarihteki diğer bir akuaponik sistem örneği de MS 500 yıllarında; Çin, Tayland ve Endonezya gibi uzak doğu ülkelerinde yapılan, çeltik tarlalarında pirinç yetiştiriciliği ve balık kültürünün kombinasyonudur. Bu polikültür metodu o yıllarda birçok uzak doğu ülkesinde kullanılmıştır (Dunwoody, 2013; Kopsa, 2015; Shaalan ve ark.. 2018). “Akuaponik” terimi ise akademik literatürde 1990'lı yılların sonlarında yer almaya başlamıştır (Tokunaga ve ark., 2015).

**Şekil 1.** Aztek yerlilerine ait akuaponik tarım sistemi (Nelson, 2008).

Akuaponik ve hidroponik gibi alternatif tarım uygulamaları, sınırlı arazi, su ve toprak kullanmadan birim alan başına yüksek verim üretme potansiyeline sahip olduğundan dolayı "Akuaponik Sistemler" son yıllarda su kalitesini koruma ve pazarlanabilir sebze üretimi sağlama sebebiyle üreticiler arasında ilgi gören bir üretim yöntemi haline gelmiştir (Espinosa ve ark., 2016). İyi tasarlanmış bir akuaponik sistem organik yükü fazla olan sudan yararlanma oranını arttırırken, su tüketimini azaltabilir ve balık ve bitki olmak üzere iki ürün üreterek karlılığı artırmayı sağlayabilmektedir (Pantanella ve ark., 2012; Hu ve ark., 2015).

Akuaponik sistemlerinin temel amacı, akuakültürde kullanılan suyun kirlilik derecesinin azaltılması ya da tamamen bertaraf edilmesidir. Su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılan yemler sindirilir, emilir ve metabolik işlemlerde kullanılır ve balığın vücudunda farklı ölçülerde tutulur. Bu bileşiklerin bir kısmı solungaçlar veya feçes yoluyla atılır.

Yemdeki besinlerin sadece yaklaşık 1/ 3'ü balık hasadında, 2/3'ü ise büyüme sırasında balık tarafından atılır (Edwards, 2015; Yildiz, 2017).

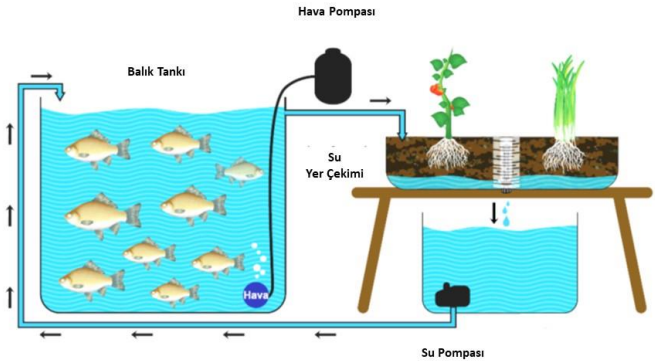
Su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılan su, balıkların vücutlarından attıkları besinler nedeniyle besleyici element açısından oldukça zengindir. Bu suyun hidroponik sistemlere verilmesiyle bitkiler besleyici elementlerden yararlanabilmektedir. Bitkiler bu suyu filtre ederek balık tankının arıtma ünitesi gibi bir görev üstlenmektedir. Bitkiler tarafından filtre edilen suyun kirlilik derecesi azalmış olur ve balıklar yaşamlarına sağlıklı şekilde devam edebilmektedir. Bu süreçle işleyen sistem doğal bir arıtma sağlamış olmaktadır. (Eltez ve Taşkavak, 2016).

**Şekil 2.** Akuaponik tarım sistemlerinin çalışma ilkesi

Doğal bir arıtma yöntemi olan akuaponik sistemler su kaynaklarının korunması, organik gübreleme yapılmaması, atıkların doğal yollar ile bertaraf edilmesi, kimyasal tarım ilaçlarının kullanılmaması ve sebze ve su ürünlerinin aynı anda yetiştirilmesi gibi birçok avantajı mevcuttur (Kerim ve ark., 2009; Khater ve Ali, 2015). Akuaponik sistemlerinde

bitkilere, balıklara zararlı olabileceği düşüncesi ile kimyasal gübre verilmez ve organik tarım sertifikasına sahip olmayan tarım ilacı kullanılmaz, dolayısı ile topraksız tarım üretiminde bir şekilde organik bitki yetiştirilmiş olunur. Yine akuaponik sisteminde mecbur olmadıkça su değişiminden kaçınılır. Böylece sudan, gübreden ve ilaçtan tasarruf edilir, çevre kirliliğinin de önüne geçilir (Diver, 2006; Christopher ve ark., 2014; Eltez ve Taşkavak, 2016).

Tipik bir akuaponik sistem, bir balık tankından (su kültürü), bir biyolojik filtreden (nitrifikasyon için) ve bir yetiştirme yatağından (hidroponik) oluşmaktadır (Wongkiew ve ark., 2017). Balık atıklarının bitkiler tarafından yararlanılabilmesi için gerekli nitrifikasyon işlemi biyolojik filtrede gerçekleşir. (Kim ve ark., 2005). Balık tankı içerisinde amonyak seviyesinin yükselmesi balıkların metabolik aktivitelerinin bir sürecidir. Su döngüsü ile biyolojik filtreye giren amonyak, nitrosomonas bakterileri tarafından biyolojik filtrede nitrite dönüştürülür. Bir sonraki adım ise nitrobakter bakterileri tarafından nitrit nitrata dönüştürülür (Bernstein, 2011; Mol, 2019).




**Şekil 3.** Akuaponik sistem unsurları (Somerville ve ark., 2014).

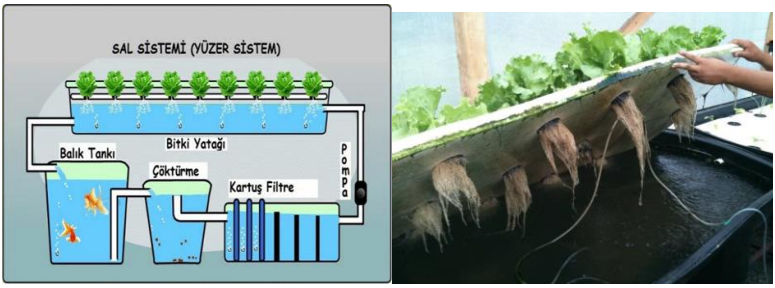
Akuaponik sistemlerin tasarım ilkelerine bakıldığında yetiştirilen balıklar için karbon dioksit, pH, nitrit, amonyak, oksijen gibi su kalitesi koşullarının kabul edilebilir sınırlar içinde olması gerekmektedir. Su kalitesi parametrelerinin bozulması balık fizyolojisini, büyüme hızını ve yem verimliliğini etkiler, aşırı koşullarda patolojik değişikliklere ve hatta ölümlere yol açabilmektedir. (Macintrye ve ark., 2008; Person-Le ve ark., 2008) Bu kritik su kalitesi parametrelerinin düzenli ölçümü esastır (Yildiz, 2017). Nitratın balıklarda toksik etki yaratması için 300-400 mg/L olması gerekir. Biyolojik filtrasyon akuaponik sistemlerde nitrat değerinin çok daha düşük düzeylerde olmasını sağlar (DeLong, ve ark., 2009). Bu parametreleri optimize etmede en yaygın sorunlardan biri pH'dır. Balık yetiştiriciliği genel olarak balığın fizyolojik gereksinimlerini karşılamak üzere organize edilmektedir. Genel olarak balık yetiştiriciliğinde optimal pH 7-8 aralığında olması gerekmektedir (Palm ve ark., 2018).

**Tablo 1.** Akuaponik Sistem Koşulları

| Organizma | Sıcaklık | pH | Amonyum | Nitrit | Nitrat | Oksijen |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ilık Su Balığı | 22-32 | 6-8,5 | <3 | <1 | <400 | 4-6 |
| Soğuk Su Balığı | 10-18 | 6-8,5 | <1 | <0,1 | <400 | 6-8 |
| Bitkiler | 16-30 | 5,5-7,5 | <30 | <1 | | >3 |
| Bakteriler | 14-34 | 6-8,5 | <3 | <1 | | 4-8 |

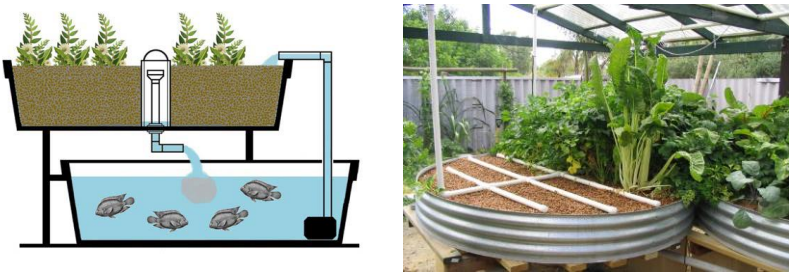
Yaygın olarak kullanılan akuaponik sistemler yetiştirme yatağı türlerine göre sınıflandırılmaktadır. Akuaponik Tarım Sitem Türleri;

<u>Sal Sistemi (Yüzen Sistem):</u> Bu sistem yüzen sistem olarak da adlandırılmaktadır. Bu yöntemde bitkiler strafor üzerine yetiştirilmektedir. Bitki yatağı genellikle balık tanklarından ayrı bir konumda bulunur. Su devamlı bir şekilde balık tankından bitkilere ve filtrasyon sistemine pompalanır ve su bitki yatağından geçip tekrar balık tankına doğru devirdaim olmaktadır. Akuaponik yüzen sistemler metrekare başına oldukça yüksek verim elde edilen bir yöntemdir (Engle, 2015).




**Şekil 4.** Sal Sistemi örneği (Gökvardar, 2013).

Dolgulu ortam tankları: Bu sistemde konteynır veya tank perlit, çakıl veya diğer dolgu malzemeleriyle doldurulmaktadır. Bitkiler balık tankından pompalanan su ile periyodik olarak sulanmaktadır. Bitki tankının dolması ile su tekrar balık tankına geri dönmektedir (Yiğit, 2019).

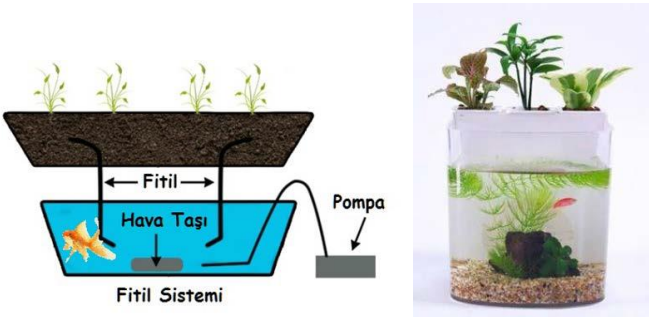


**Şekil 5.** Dolgulu ortam tankları sistemi

Besin filmi tekniği (NFT): Bu sistem bitkilerin uzun ve dar boru kanallarında yetiştirildiği teknikleri içermektedir. Su yukarıdan aşağıya doğru bir kanal boyunca ilerlerken bitki için gerekli olan oksijen ve besini köklere iletir. Bitkiler tarafından filtre edilen su, tekrar balık tankına doğru ilerlemektedir (Goddek ve ark., 2015).

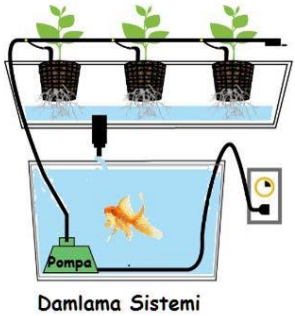
Şekil 6. Besin Filmi Tekniği (Wongkiew ve ark., 2017)

Fitil sistemi: Suyun emici bir madde vasıtası ile emilerek köklere taşındığı sistemdir. Genelde hobi amaçlı tercih edilen sistemlerdir (Gönen, 2013).




**Şekil 7.** Fitil Sistemiyle yapılan yetiştiricilik

Damlama sistemi: Sulama sistemine benzeyen bu yöntemde geleneksel tarımda kullanılan damlama metodu kullanılarak bitki sulanmaktadır (Gönen, 2013).




**Şekil 8.** Damlama Sistemi

Akuaponik sistemlerde üretilen su ürünleri ve bitkiler çeşitli amaçlı ve türlerde olabilmektedir. Bu amaçla marul (Lactuca sativa), pırasa (Allium porrum ), brokoli (Brassica oleracea italica), biber (capsicum annum l.), lahana (Brassica oleracea L var. capitata), bezelye (Pisum

sativum), ), kabak (Cucurbita pepo L.), soğan (Allium cepa), çilek (Fragaria ananassa), bamya (Abelmoschus esculentus), kereviz (Apium graveolens), mısır (Zea mays), domates (Lycopersicum esculantum), karnabahar (Brassica oleracea), patlıcan (Solanum melongena), fasulye (Phaseolus vulgaris L.), pazı (Beta vulgaris var. cicla), fesleğen (Ocimum basilicum), pancar (Beta vulgaris), kavun (Cucumis melo), çiçekler ve süs bitkileri gibi birçok bitki ve sebze türü yetiştirilmektedir (Love ve ark., 2014). Bidyanus bidyanus (Gümüş Levrek), Ctenopharyngodon idella (Ot sazanı), Cyprinus carpio (Koi), Maccullochella peelii peelii (Morina Balığı), Oncorhynchus mykiss (Gökkuşağı alabalığı), Oreochromis sp. (Tilapya), Hypophthalmichthys molitrix (Gümüş sazanı), Macquaria ambigua (Altın Levrek), Salmo salar (Atlantik salmonu), Perca fluviatilis (Tatlı su levreği) ve Salmo trutta fario (Dere alabalığı), ise akuponik sistemlerde yetiştiriciliği yapılan balıklar arasındadır (Rakocy ve ark., 2006; Kerim ve Tırıl, 2009).

Yapılan araştırmalara incelendiğinde Türker (2018) farklı bitkilerin akuaponik sistemler üzerine yürüttüğü çalışma da makro besinlerin döngüsü, büyüme oranları ve su kalitesi parametreleri takip edilmiştir. Araştırma sonucunda ortamda bulunan makro elementlerin girilmesi açısından marul ve çilek bitkileri kıyaslandığında, marul bitkisinin daha yüksek makro besinleri giderdiği ifade edilmiştir.

Sreejariya ve ark., (2016) su devirdaim süresinin gündüz (07.00 ila 18.00), gece (18.00 ila 07.00) ve 24 saatlik kontrol ile beraber gölgelemenin (%30, %60 ve gölgeleme kontrolü yok) etkilerini

değerlendirmek amacıyla çalışma gerçekleştirildi. Çalışmada Tilapia kültürü ile marulun akuaponik sistemde büyüme ve nitrat içeriği incelenmiştir. Araştırmada su devirdaim süresinin marul büyümesini etkilemediğini ve böylece işletme maliyetini azaltarak akuaponik karlılığı artırma imkanı sunduğunu belirtilmiştir. Gölgelemenin yapraklarda nitrat içeriğini etkilediğini gözlemlenmiştir. Ayrıca en yüksek marul büyümesi %30 gölgeleme oranında gözlenirken, %60 gölgelemede en düşük büyümeye ulaşıldığı belirtilmiştir. Akuaponik sistemde Tilapia cinsi balık ile marul bitkisi üzerine yapılan çalışmada benzer sonuçlar elde ettiği ifade edilmiştir (Pamukoğlu 2018).

İzci ve ark., (2020) akuaponik sistemde nane (mentha piperita) ve nil tilapia (oreochromis niloticus) üzerine 70 gün sürebilecek bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışmada oksijen, sıcaklık, pH ve su analizleri haftalık periyotlar ile yapılarak $NO_2$, $NO_3$, $NH_4$ ve $PO_4$ değerleri incelenmiştir. Nane çelik ağırlıkları 3.83 g olarak borulara yerleştirilirken, çalışmanın sonunda nane bitki verim ortalaması 54.76 g olarak gözlemlenmiştir. Ayrıca büyüme performanslarının yanında akuponik sistemlerinin su kirliliğini azalttığı ve sistem içerisinde bulunan suyun daha uzun süreler kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Shete (2013) akuaponik sistemlerde ıspanak bitkisi ile japon balığı için su dolaşım süresinin optimizasyonunun değerlendirilmesinde T1, T2, T3 ve T4 olarak 4, 8, 12 ve 24 saat/gün olan çeşitli su sirkülasyon periyotları uygulamıştır. Balık ve bitki büyüme performansları T3 ve T4 de daha fazla olduğu bildirilmiştir. Tüm büyüme özelliklerinin ve su kalitesi parametrelerinin karşılaştırılması, ekonomik olarak etkili

akuaponikler için su sirkülasyonunu 12 saat/gün periyodunun uygun olacağı ve akuaponik sistemde akvaryum balığı üretimi için optimum su sirkülasyon süresi olarak kabul edilebileceğini gösterilmiştir.

Saha ve ark., (2016) Fesleğen (Ocimum basilicum L.) çeşidi ve kerevit (Procambarus spp.) yetiştirilerek akuaponik ve hidroponik sistemlerin karşılaştırılması üzerine bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bitki büyüme parametrelerine bakıldığında akuaponik sistemde yetişen fesleğen ile hidroponik sistemde yetişen fesleğen karşılaştırıldığında sırasıyla %14, %56 ve %65 daha fazla boy, taze ağırlık ve kuru ağırlık gösterdiği belirlenmiştir. Kerevit atığının (dışkı ve tüketilmeyen yem) akuaponik sistemlerde ek besinler sağladığını ve bunun daha fazla büyüme ve verimle sonuçlandığı ifade edilmiştir.

Diem ve ark., (2017) Akuaponik sistemlerde devirdaim oranlarının su kalitesi ve Oreochromis niloticus büyümesi üzerine etkileri incelemiştir. Akuaponik sistemlerde düşük ve yüksek balık stoklama yoğunluklarında (122 ve 220 balık/$m^3$) su kalitesi ve biyokütle büyümesi üzerindeki üç devirdaim oranının (%50, %200 ve %400) etkilerini incelenmiştir. %50'lik devirdaim oranı oksijen eksikliğinden dolayı balıklarda toplu ölüm meydana getirdiği gözlemlenmiştir. 122 balık/$m^3$'lük düşük balık yoğunluğunda %400'lük devirdaim oranında balık büyümesi ve hayatta kalmasının yüksek olduğu belirtilmiştir. Aquaponic sistemlerde iyi bir büyüme için günde %200-400'lük yüksek su devirdaim oranının ihtiyaç olduğu sonucuna varılmıştır.

Nuwansi ve ark., (2019) bir akuaponik sisteminde koi sazan (Cyprinus carpio var. koi) ve gotukola (Centella asiatica) üretimi için

fitoremediasyonlu yetiştiricilik atık sularının kullanımı üzerine gerçekleştirilen çalışmada 60 gün boyunca bir deney gerçekleştirilmiştir. Arıtılmış su ve kuyu suyu 100:0 (T1), 75:25 (T2), 50:50 (T3) ve 25:75 (T4) olmak üzere farklı kombinasyonlarda karıştırılarak dört işlem elde edilmiştir. Bitki büyüme parametreleri, T1 en iyi performansı göstermiştir. Ancak nihai verim dışında T2 ve T3'ten önemli ölçüde farklı olmadığı ifade edilmiştir. Balıkların en iyi büyüme performansı, ağırlık artışı, boy artışı, yem dönüşüm oranı , yem verimlilik oranı, protein verimlilik oranı ve spesifik büyüme hızı T3'te gözlendiği ölçülmüştür. Araştırma sonuçları, fitoremediasyonlu kültür balıkçılığı atık sularının, balık ve bitki üretimi için akuaponikte sürdürülebilir bir şekilde yeniden kullanılabileceğini ortaya çıkarmıştır.

Graber ve Junge (2009) akuaponik sistem üzerine gerçekleştirilen çalışmada patlıcan, domates ve hıyar biktilerinin balık atık suyundan besinleri geri dönüştürme potansiyeli değerlendirilmiştir. Bitki hasadı sonrasında en yüksek besin uzaklaştırma oranları domates yetiştiriciliği sırasında elde edildiği ifade edilmiştir. Deneyler, besin geri dönüşümünün küçük alan sınırlaması olan kırsal alanlara ayrılmış bir lüks olmadığını göstermiştir. Besin maddelerini biyokütleye dönüştürerek atık suların arıtılması karlı bir iş haline gelebileceği varsayılmıştır.

Keskinbalta ve ark., (2015) Japon balığı ve arpa bitkisi kullanılarak akuaponik bir sistem oluşturmuştur. Çalışma periyodu boyunca arpa bitkisinin sistem su kalitesi ve balıklar üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırma süresince sıcaklık, oksijen ve pH

günlük olarak ölçülmüştür. Haftalık olarak sistem içerisine giriş ve bitkiden filtre olan suların nitrit, nitrat ve fosfat değerleri ölçülüp kontrol grubu ile kıyaslanmıştır. Çalışma sonucunda nitrit ve fosfat miktarlarında önemli azalışların olduğu, büyüme performansları kontrol grubuna göre arttığı ve arpa bitkisinin su kalitesini iyileştirdiği kanısına varıldığı ifade edilmiştir.

Hu ve ark., (2015) akuaponik sistemlerde pak choi (Brassica campestris L. subsp. chinensis) ve domates (Lycopersicon esculentum) bitkilerinin azot dönüşümleri incelenip kıyaslama üzerine çalışmayı gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonuçları bitkilerin nitrojen kullanımlarını domates için %41.3 ve pak choi için ise %34.4 olduğu belirlenmiştir. Nitrifikasyon yapan bakterilerin sayısında pak choi-bazlı akuaponik sisteme göre domatesin 4.2 kat daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca domates tabanlı akuaponik sistemin su kalitesinin daha iyi olduğu belirlenmiştir.

Makhdom ve ark., (2017) İnci gurami (Trichopodus leerii) türünün atık sulardan gelen besinlerin geri dönüşümü için akuaponik sistemde kiraz domates (Solanum lycopersicum) bazlı bir çalışma yürütmüşlerdir. Sabit balık stok yoğunluğu ile kiraz domates sisteme 0 (kontrol), 3 (T1), 6 (T2) ve 9 (T3) tane olacak şekilde dikilmiştir. Sistemin bitki süzüntü suyu 60 günlük boyunca nitrat, nitrit, fosfat, pH, oksijen parametreleri ölçülmüştür. Araştırma sonucu bitki büyüme performansı T3'te en yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmada akuoaponik sistemlerin sürdürülebilir bir ekosistem için olumlu katkılar verebileceği varsayılmıştır.

Aksoy (2020) çalışmasında Japon balığı (Carassius auratus L.) ve brokoli tabanlı akuaponik bir sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği karşılaştırılmıştır. Araştırmada brokoli bitkisine ait kök uzunluğu, kök yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı, bitki uzunluğu, gövde çapı ve bitki besin elementleri incelenmiştir. Analiz sonucunda akuaponik sistemlerin geleneksel yetiştiriciliğe göre uygun olduğu belirlenmiştir. Hıyar ve levrek (Micropterus salmoides) balığı yetiştiriciliği üzerine yapılan benzer bir çalışmada nitrat, elektrik iletkenlik, bitki verimi, yem değerlendirme oranı ve spesifik büyüme oranları sırasıyla; 40-160 ppm, 0.7-1.8 dS m-1, 2.42-2.45 kg, ve 1.5±0.16 ve %0.77±0.03 bildirilmiştir. Araştırmada akuaponik sistemlerin balık ve bitki yetiştirmede uygun olabileceği varsayılmaktadır (Pantanella ve Colla 2013). Akuaponik ve geleneksel balık yetiştiriciliği üzerine yapılan benzer bir çalışmada su kaynaklarının etkin kullanımı, tarımsal alan ve verimliliği açından avantajlı olduğunu bildirmiştir (Datta 2016).

## SONUÇ

Gelişmekte olan ülkelerde azalan su kaynaklarını içme suyu kullanımında veya su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanım seçenekleri tartışılmaktadır. Su ürünleri yetiştiriciliği nedeniyle kirlenen suların hem su kaynaklarımızı etkin kullanmak hem de kirlenerek vereceği zararları ortadan kaldırmak amacıyla doğal arıtma yöntemleri olarak akuaponik sistemler düşünülmektedir. Akuaponik sistemler, tarım sektöründeki çeşitli sürdürülebilirlik zorluklarının üstesinden gelmek için büyük potansiyel taşımakta olup öncelikle minimum eklenmiş besin maddesi ile yüksek verim üretme yeteneği, aynı zamanda su

ürünleri yetiştiriciliğinden besin deşarjını, atıksu kirliliğini ve su kaybını büyük ölçüde azaltabileceği belirlenmiştir. Yapılan çalışma sonuçlarının dünyada ve ülkemizde su kaynaklarının daha etkin kullanılmasına zemin oluşturabilecek önemli bilgileri ortaya koyabileceği ve özellikle daha az su kullanımı ile hem su ürünleri yetiştiriciliği hem de tarımsal üretimin mümkün olabileceğini ortaya koyabilecektir.

## KAYNAKLAR

Akdoğan B., (2014). Balık Çiftliği ve Arıtma Tesisi Atık Sularının Hidroponik Sistemlerde Kıvırcık Yapraklı Salatanın Verim ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri. Gaziosman Paşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Tokat.

Aksoy, Y. C., (2020). Akuaponik Sistemde Brokoli (Brassica Oleraceae L.) Fidelerinin Gelişimi Ve Su Kalitesine Etkisi. Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım ve Yaşam Bilimleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Çankırı.

Bernstein, S., (2011). Aquaponic gardening- A step-by-step guide to raising vegetables and fish together, New society publishers, Canada, 978-1-55092-489-3.

Christopher, Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A., & Lovatelli A. (2014). Small-scale aquaponic food production (Integrated fish and plant farming). FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 589. ISSN 2070-7010. Rome.

Dadmand, F., Naji-Azimi, Z., Farimani, N. M., & Davary, K. (2020). Sustainable allocation of water resources in water-scarcity conditions using robust fuzzy stochastic programming. Journal of Cleaner Production, 276, 123812.

Datta, S., (2016). Aquaponics- A Modern Tool for Integrating Fish Farming with Agriculture. International Conference on Aquatic Resources & Sustainable Management, 17-19 February, Kolkata, India, 58-64.

Datta, S., B. Mahapatra, J. Bhakta, S. Bag, S. Lahiri, R. Mandal and B. Jana (2018). Aquaponics: A Green and Sustainable Eco-tech for Environmental Cum Economic Benefits Through Integration of Fish and Edible Crop Cultivation. Wastewater Management Through Aquaculture, Springer: 207-224.

DeLong, D., Losordo, T., Rakocy, J., 2009. Tank Culture of Tilapia, Southern Regional Aquaculture Center, Publication No. 282 .

Demir, Y., Er, H., Demir, A. D., & İnik, O. (2021). Çapakçur Çayı Bazı Su Kalite Parametreleri Üzerine Bingöl Yerleşim Merkezinin (Kentleşmenin) Etkisi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 8(4), 1160-1166.

Diem, T. N. T., Konnerup, D., & Brix, H. (2017). Effects of recirculation rates on water quality and Oreochromis niloticus growth in aquaponic systems. Aquacultural Engineering, 78, 95-104.

Diver, S., 2006. Aquaponics Integration of Hydroponics with Aquaculture. ATTRA National Sustainable Agriculture Information Service (National Center for Appropriate Technology).

Dunwoody,R.K., (2013). Aquaponics and hydroponics: The effect of nutrient source and hydroponic subsystem design on sweet basil production, Phd Thesis,

Master of science in the department of biology and agriculture, University of central Missouri.

Edwards, P. Aquaculture environment interactions: Past, present and likely future trends. Aquaculture (2015), 447, 2–14.

Eltez, R. Z., ve Taşkavak, E. (2016). Ot sazanı (Ctenopharyngodon idella valenciennes) yetiştiriciliğinde kullanılan havuz suyunun salata-marul üretiminde kullanılabilirliği üzerine bir araştırma A study on the usability of pond water used for growing grass carp (Ctenopharyngodon idella valenciennes) in salad-lettuce production. Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 33(4), 381-388.

Engle, C.R., 2015. Economics of Aquaponics. SRAC Publ. Reg. Aquac. Cent.

Espinosa Moya EA, Angel Sahagún CA, Mendoza Carrillo JM, Albertos Alpuche PJ, Álvarez-González CA, Martínez-Yáñez R, (2016). Herbaceous plants as part of biological filter for aquaponics system. Aquacult. Res. 47:1716-26.

Fernández Cañero, R., L. Pérez Urrestarazu and G. Egea Cegarra (2015). Design and preliminary assessment of a vertical aquaponics system for ornamental purposes. International Conference on Living Walls and Ecosystems Services (2015), p 1-41.

Goddek, S., Delaide, B., Mankasingh, U., Ragnarsdottir, K. V., Jijakli, H., & Thorarinsdottir, R. (2015). Challenges of sustainable and commercial aquaponics. Sustainability, 7(4), 4199-4224.

Goddek, S., Delaide, B., Mankasingh, U., Ragnarsdottir, K. V., Jijakli, H. And Thorarinsdottir, R., (2015). Challenges of sustainable and commercial aquaponics. Sustainability, 7 (4); 4199-4224.

Gökvardar, A., (2013). Kapalı Devre Sistemlerde Akuaponik Uygulamaları: Deniz Balıkları-Bitkisel Üretim Entegrasyonun Araştırılması. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.

Gönen, S. (2013). Akuaponik Bahçecilik ve Akuaponik Sistemlerin Yaşayan Elementleri: Solucanlar. (http://solucangubresi.web.tr/makaleler/makaleler-2/akuaponik-bahcecilik-ve-akuaponiksistemlerin-yasayan-elementleri-solucanlar.html).

Graber, A., & Junge, R. (2009). Aquaponic Systems: Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. Desalination, 246(1-3), 147-156.

Hu, Z., Lee, J. W., Chandran, K., Kim, S., Brotto, A. C. and Khanal, S. K., 2015. Effect of plant species on nitrogen recovery in aquaponics. Bioresource Technology.

Hu, Z., Lee, J. W., Chandran, K., Kim, S., Brotto, A. C. and Khanal, S. K., 2015. Effect of plant species on nitrogen recovery in aquaponics. Bioresource Technology.

İzci, B., Selek, M., & Berber, S. (2020). Akuaponik Sistemde Nil Tilapia (Oreochromis Niloticus) ve Nane (Mentha Piperita) Yetiştiriciliği. Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 6(1), 30-36.

Kerim, M., Tırıl S.U., 2009. ‘‘Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Akuaponik Uygulamaları’’ Rize.

Keskinbalta, M., Hamzaoğlu G., Çelik, M. and Dernekbaşı, S. 2015. Effect of an aquaponic model system on the water quality ımprovement and growth of goldfish (Carassius auratus L. 1758) and barley plant (Hordeum vulgare L.). Aquaculture Studies, 15(4),35-44.

Khater, E.G.,Ali,S.A., 2015, Effect of flow rate and length of gully on lettuce plants in aquaponic and hydroponic systems, Aquaculture Research & Development, 6(3), 1.

Kim, D.-J., Ahn, D.H., Lee, D.-I., 2005. Effects of free ammonia and dissolved oxygen on nitrification and nitrite accumulation in a biofilm airlift reactor. Korean J. Chem. Eng. 22, 85–90.

Kopsa,P., (2015). Aquaponics pratical thesis in Australia, Thesis (BS), Hamk University of Applied Sciences.

König, B., J. Janker, T. Reinhardt, M. Villarroel and R. Junge (2018). "Analysis of aquaponics as an emerging technological innovation system." Journal of Cleaner Production 180: 232-243.

Kyaw, T. Y., & Ng, A. K. (2017). Smart aquaponics system for urban farming. Energy procedia, 143, 342-347.

Love, D. C., Fry, J. P., Genello, L., Hill, E. S., Frederick, J. A., Li, X. And Semmens, K., 2014. An International Survey of Aquaponics Practitioners. Plosone, 9 (7); e102662.

Lu, Z., Mo, W., Dilkina, B., Gardner, K., Stang, S., Huang, J. C., & Foreman, M. C. (2019). Decentralized water collection systems for households and communities: Household preferences in Atlanta and Boston. Water Research, 167, 115134.

MacIntrye, M.C.; Ellis, T.; North, B.P.; Turnbull, J.F. The Influences of water quality on the welfare of farmed rainbow trout: A Review. In Fish Welfare; Branson, E.J., Ed.; Blackwell Publishing Ltd.: Oxford, UK, 2008; pp. 150–178.

Makhdom, S., Shekarabi. S. P. H. and Mehrgan. M. S., 2017. Biological nutrient recovery from culturing of pearl gourami (Trichogaster leerii) by cherry tomato (Solanum lycopersicum) in aquaponic system. Environ Sci. Pollut. Res., DOI 10.1007/s11356-017-9702-1.

Mol, O., (2019). Dünya da ve Türkiye 'de Yenilikçi Tarım Yöntemi Olan Akuaponik Uygulamasında Alternatif Bir Balık Türü Clarias gariepinus’un (Burchell,1822) (Kara Yayın) Denenmesi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi,

Fen Bilimleri Ensitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir.

Nelson, R., 2008, Aquaponic Food Production: Raising Fish and Plants For Food and Profit, Published by Nelson and Pade, Inc., USA.

Nuwansi, K. K. T., Verma, A. K., Rathore, G., Prakash, C., Chandrakant, M. H., & Prabhath, G. P. W. A. (2019). Utilization of phytoremediated aquaculture wastewater for production of koi carp (Cyprinus carpio var. koi) and gotukola (Centella asiatica) in an aquaponics. Aquaculture, 507, 361-369.

Oskay, V., Karagöz, Ö., Kuşlu, S., (2021a). Gümüşhane İlinin İçme Suyunu Karşılayacak Bahçecik Barajını Besleyen Şöbet Deresinin İçme Suyu Kalitesinin Araştırılması. IOCENS'21 Uluslararası Mühendislik ve Doğa Bilimleri Online Konferansı, Özet Kitapçığı, s:347.

Oskay, V., Karagöz, Ö., Kuşlu, S., (2021b). Gümüşhane İlinin İçme Suyunu Karşılayacak Bahçecik Barajını Besleyen Şenkale Deresinin İçme Suyu Kalitesinin Araştırılması IOCENS'21 Uluslararası Mühendislik ve Doğa Bilimleri Online Konferansı, Özet Kitapçığı, s:130

Palm, H. W., Knaus,U., Appelbaum,S., Goddek,S., Strauch,S.M., Vermeulen,T., Jijakli, M.H., Kotzen,B., (2018). Towards commercial aquaponics: a review of systems, designs, scales and nomenclature, Springer International Publishing AG.

Palm, H. W., Knaus,U., Appelbaum,S., Goddek,S., Strauch,S.M., Vermeulen,T., Jijakli, M.H., Kotzen,B., 2018, Towards commercial aquaponics: a review of systems, designs, scales and nomenclature, Springer International Publishing AG.

Pamukoğlu, M. Y. Akuaponik (Biyolojik Arıtma Tekniği) Tekniği ile Balık Atıksularının Arıtılması. İklim Değişikliği ve Çevre, 3(2), 1-9.

Pantanella, E., Colla, G., (2013). Advances in freshwater aquaponic research. International Aquaponic Conference: Aquaponic and Global Food Security. 19-21 June 2013, university of wisconsin-stevens point.

Person-Le Ruyet, J.; Labbé, L.; Le Bayon, N.; Sévère, A.; Le Roux, A.; Le Delliou, H.; Quéméner, L. Combined effects of water quality and stocking density on welfare and growth of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). Aquat. Living Resour. 2008, 21, 185–195.

Rakocy J., Messer, M., Lossordo, T., 2006. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems, Aquaponics Integrating Fish and Plant Culture, Southern Regional Aquaculture Center, Publication No. 454 , 1-16.

Saha, S., Monroe, A., & Day, M. R. (2016). Growth, yield, plant quality and nutrition of basil (Ocimum basilicum L.) under soilless agricultural systems. Annals of Agricultural Sciences, 61(2), 181-186.

Selek, M., (2017). Balık ve Bitki Üretiminin Entegrasyonu: Kapalı Devre ve Akuaponik Sistemlerde Nil Tilapia Balığı (Oreochromis Niloticus) ve Fesleğen Yetiştiriciliği (Ocimum Basillicum). Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale.

Shaalan, M., M. El-Mahdy, M. Saleh and M. El-Matbouli (2018). "Aquaculture in Egypt: Insights on the Current Trends and Future Perspectives for Sustainable Development." Reviews in Fisheries Science & Aquaculture 26(1): 99-110.

Shete, A. P., Verma, A. K., Tandel, R. S., Prakash, C., Tiwari, V. K., & Hussain, T. (2013). Optimization of water circulation period for the culture of goldfish with spinach in aquaponic system. Journal of Agricultural Science, 5(4), 26.

Shiklomanov, I. A. ve Rodda, J. C.; (2003). World Water Resources at the Beginning of the 21st Century. Cambridge, UK, Cambridge University Press.

Somerville C., Cohen M., Pantanella E., Stankus A., Lovatelli A., 2014. Small-scale aquaponic food production Integrated fish and plant farming. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper - 589. ISSN 2070-7010.

Sreejariya, P., Raynaud, T., Dabbadie, L., & Yakupitiyage, A. (2016). Effect of water recirculation duration and shading on lettuce (Lactuca sativa) growth and leaf nitrate content in a commercial aquaponic system.

Tokunaga, K., Tamaru, C., Ako, H. and Leung, P., 2015. Economics of Smallscale Commercial Aquaponics in Hawaii. Journal of the World Aquaculture Society, 46; 20-32.

Türker, H., 2018. Akuaponik Yetiştiriclik Sisteminde Farklı Btikilerin Besin Dinamiği. Aquatic Sciences and Engineering. 33(3), 77-83.

Tyson, R.V., Simonne E.H., White, J.M., & Lamb, E.M. (2004). Reconciling water quality parameters impacting nitrification in aquaponics: the pH levels. Proc. Fla. State Hort. Soc. 117: 79-83.

Wongkiew, S., Hu, Z., Chandran, K., Lee, J.W., Khanal, S.K., 2017a. Nitrogen transformations in aquaponic systems: a review. Aquacult. Eng. 76, 9e19.

Yildiz, H., Robaina, L., Pirhonen, J., Mente, E., Domínguez, D., & Parisi, G. (2017). Fish welfare in aquaponic systems: its relation to water quality with an emphasis on feed and faeces—a review. Water, 9(1), 13.

Yildiz, H., Robaina, L., Pirhonen, J., Mente, E., Domínguez, D., & Parisi, G. (2017). Fish welfare in aquaponic systems: its relation to water quality with an emphasis on feed and faeces—a review. Water, 9(1), 13.

# BÖLÜM 5

## BAKTERİLERDE GEN AKTARIM YÖNTEMLERİ

Yusuf TOY[1*]

[1*] Bingöl Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, 2022, Bingöl, Türkiye Orcid ID. 0000-0003-1901-9994 toyyusuf27@gmail.com

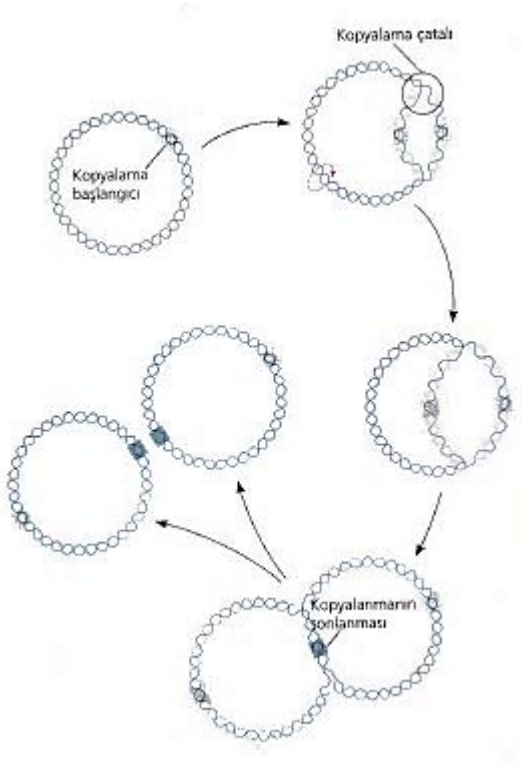
## 1.GİRİŞ

Bakteri hücresi kendi kendini eşleyebilme özelliğine sahiptir. Bakterilerde üreme, bir hücreden iki hücre oluşumu yani ikiye bölünme ile gerçekleşmektedir. Oluşan yeni hücreler genetik olarak aynı özelliktedir. Bakteri DNA'sı halkasal formda olup DNA sentezi tek bir noktadan başlayarak iki yönlü olarak devam etmektedir. Yapılan genetik ve biyolojik çalışmalarda gen transferi sıklıkla kullanılmaktadır. Gen transfer yöntemlerinde bakterilerin önemli bir yeri olduğu bilinmektedir. Bir bakteri hücresinde gen aktarımı transformasyon, konjugasyon ve translasyon olmak üzere üç mekanizmayla açıklanmaktadır. Transformasyon, bir verici bakteri hücresine ait çıplak DNA'nın alıcı bakteri hücresine aktarılması sonucunda rekombinant hücreler oluşturulmasıdır. Konjugasyon, iki bakteri arasında oluşan fiziksel temas sonucunda genetik bilginin aktarılması olarak tanımlanmaktadır. Transdüksiyon ise bir verici bakteriden alıcı bakteriye bakteriyofaj aracılığıyla gen aktarılması olarak bilinmektedir (Gündüz ve Turkan, 2013).

Bakteriler, prokaryotik özellikte olup yaşamın üç domaininden birini oluşturmaktadır. Bakterilerin yapısında bulunan hücre duvarı, hücre şeklini oluşturur ve fiziksel olarak dış ortamdan korunmasını sağladığı bilinmektedir. Bakterilerde hücre duvarı, peptidoglikan denilen kısa polipeptit zincirlerinden meydana gelmiştir. Peptidoglikan tabakanın çapraz bağlanması bakteriye özgüllük katmaktadır. Bir bakterinin tanımlanması için hücre duvarlarının farklılığını temel alan gram boyama tekniği uygulanmalıdır. Gram boyama, bakterinin türünü

cinsini belirleme de ve aynı zamanda bakterinin hücresel yapılarını daha detaylı inceleyebilmek için gerekli bir yöntemdir. Bu yöntem 1800'lerde Hans Chirstian Gram tarafından geliştirilmiştir. Gram boyama tekniğinde bakterilerin hücre duvarlarında ki farklılıklarından dolayı gram pozitif (+) ve gram negatif (-) olarak iki tip bakteri sınıfı oluşmaktadır. Gram pozitif bakterilerin gram negatif bakterilere göre daha kalın bir peptidoglikan tabakası mevcuttur. Gram negatif bakterilerde ise ince peptidoglikan yapı ve lipid yoğunluklu bir dış zar bulunmaktadır. Dıştan içe doğru gram negatifler dış zar, peptidoglikan tabaka periplazmik boşluk ve zardan meydana gelir. Bu yöntemde bakteriler kristal viyole ve fuksin ile boyanmaktadır. Kristal viyole boyası bazik özellikte olup mavi-mor renk vermektedir. Fuksin boya asidik özellikte olup kırmızı-pembe renk vermektedir. Gram pozitif bakteriler mavi-mor renkte iken gram negatif bakteriler kırmızı-pembe renkte gözlemlenir (Kılıçturgay ve ark., 1994; Kaygusuz, 2005; Gürsel, 2007; Gündüz ve Turkan, 2013).

Bakteri hücreleri eşeysiz bir üreme tipi olan ikiye bölünme şeklinde çoğalırlar. Bakterilerde yeni DNA sentezi, halkasal DNA üzerinde tek bir noktadan başlar ve iki yönde devam ederek gerçekleşmektedir. Bakteri hücresinin bölünmesiyle oluşan oğul bireyler ana hücreyle genetik olarak aynıdır. Bakterilerde yeni hücre oluşumu Şekil-1'de gösterilmiştir. Bakteriler doğal ortamlarda ve laboratuvar şartlarında hızla çoğalabilirler (Gürsel, 2007; Gündüz ve Turkan, 2013).

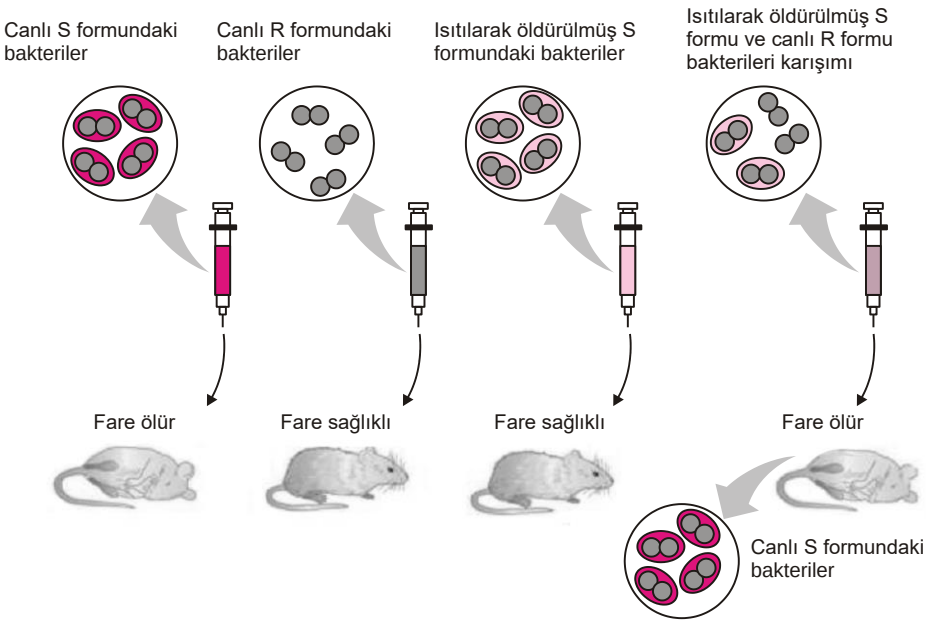



**Şekil-1:** Bakterilerde Eşeysiz Üreme İle Yeni İki Hücre Oluşumu (Gündüz ve Turkan, 2013)

Bakterilerde eşeyli üreme ve mayoz bölünme gerçekleşmediğinden, crossing over kaynaklı bir rekombinasyon söz konusu değildir. Genetik çeşitliliğin sağlanması amacıyla bakterilerde üç mekanizmanın varlığı ile rekombinasyon gerçekleştiği bilinmektedir. Bakterilerde genetik materyalin transferi transformasyon, konjugasyon ve transdüksiyon olarak üç mekanizma tarafından gerçekleştirilir. Bu üç mekanizmanın ortak özelliği DNA molekülleri arasında ki gen alışverişinin tek yönlü olmasıdır. (Kılıçturgay ve ark., 1994; Arda, 2000).

**Bakteriyel transformasyon**

Bir verici bakteri hücresine ait çıplak DNA'nın alıcı bakteri hücresine aktarılması sonucunda rekombinant hücreler oluşmasına transformasyon adı verilmektedir. Bakteriyel transformasyon ilk kez 1928 yılında Griffith tarafından yapılan bir seri deney sonucunda ortaya konulmuştur. Bu çalışmada pnömokok tipi bakteriler kullanılmış ve bir bakteriden diğer bir bakteriye genetik bilgi transferi gerçekleşebileceği ortaya atılmıştır. Griffith canlı RII bakteri tipleri ile ısıtılarak öldürülmüş olan SIII bakteri tiplerinin karıştırılarak deney farelerine vermesi sonucunda farelerin bir kısmının hastalandığını bir kısmının da öldüğünü gözlemlemiştir. Bu farelerinden alınan kan örnekleri SIII bakteri tipi hücrelerin ürediğini saptamıştır. Griffith bu çalışmada ölü SIII bakteri tipi hücrelerdeki bazı maddelerin RII bakteri tipi hücrelere girdiğini ve kapsül sentezindeki anormallikleri düzelttiğini veya SIII bakteri tipi kapsül sentezlenmesine yol açtığını belirtmiştir. Griffith tarafından gerçekleştirilen transformasyon deneyi Şekil-2'de şematize edilmiştir. Bu seri deney çalışması sonucunda Griffith, bir bakterinin başka bir bakteriye gen aktarmasının mümkün olduğunu ve gen aktarımıyla rekombinasyon gerçekleşerek yeni bireyler ortaya çıkabileceğini vurgulamıştır (Griffith, 1928; Kılıçturgay ve ark., 1994; Arda, 2000; Kaiser, 2005; Temizkan, 2013).




**Şekil-2:** Griffith Tarafından Yapılan Transformasyon Deneyi (Griffith,1928).

*In vivo ve in vitro* koşullarda gerçekleştirilen bakteriyel transformasyonun rastgelimsel olarak gerçekleştiği düşünülmekteydi. Ancak daha sonra yapılan çalışmalar sonucunda birçok bakteri türünde dışarıdan çıplak DNA alabilmek için özelleşmiş yüzey proteinlerine sahip oldukları tespit edilmiştir. Bu yüzey proteinleri homoloji gösteren DNA'ları tanıyarak hücre içerisine alınmasına olanak sağlamaktadır. Yüzey proteinleri her bakteride olmamakla beraber yüzey proteinine sahip bakteriye de özgüllük kazandırmaktadır (Gündüz ve Turkan, 2013).

Genetik transformasyon, *in vitro* olarak donör bakterilerden DNA izole edilerek alıcı bakteri hücrelerinin ortamına eklenmesiyle oluşmaktadır. Transformasyon yeteneği yani bakteri hücresinin yabancı bir DNA'yı alması ve kendi DNA'sına entegrasyonu, *Bacillus, Salmonella,*

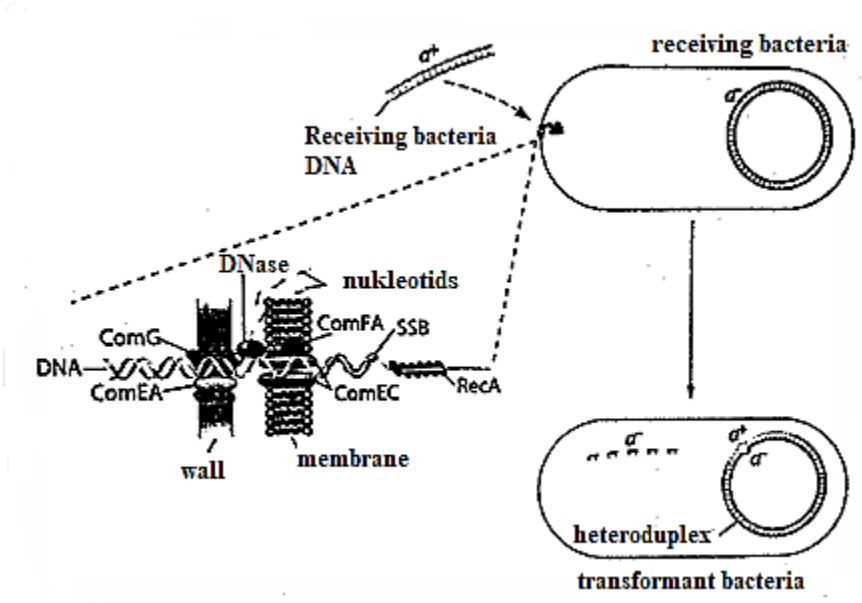
*Rhizobium* gibi birçok bakteri türünde saptanmıştır. Bakteri hücrelerinin kendiliğinden parçalanarak ölmesi sonucunda serbest DNA'lar ortama salınır. Kendi içine yabancı DNA alma yeteneğinde olan bakteri türleri bu DNA'ları alarak genetik çeşitlilik oluşturmaktadır (Temizkan, 1999; Snustad ve Simmons, 2010).

Bakteriyel transformasyon sürecinin başarılı bir şekilde gerçekleşmesi için bazı özel şartlar gereklidir. Bu şartlardan en önemlilerinden biri; bir bakteri hücresinin yeterlik (kompetans) özelliğidir. Kompetans, bakteri hücresinin DNA segmentini içine alabilme yeteneğidir. Yabancı DNA'yı içine alan bakteriye ise kompetant hücre adı verilir. Bakteri hücrelerinin kompetans yetenekleri sınırlı olup bakteri türü ve çevre koşullarına göre değişiklik gösterebilmektedir. Bir diğeri ise transfer olacak DNA segmentlerinin çift iplikli yapıda olması gerekmektedir. Tek iplikli DNA'nın alıcı hücreye girme yetenekleri ve transformasyon aktivitesi yoktur. Ayrıca verici DNA alıcı hücre içerisine girdiğinde alıcı hücre tarafından DNAaz salgılanabilir ve verici DNA DNAaz aktivitesine duyarlı olup parçalanabilir. Bu durumda transformasyon gerçekleşmez. Başarılı bir transformasyon için alıcı hücrenin DNAaz aktivitesinden yoksun olması veya verici DNA'nın DNAaz aktivitesine dirençli olması gerekmektedir. Transformasyonun başarılı olması için bir diğer şart alıcı bakteriye giren verici DNA'nın oldukça büyük olması gerekmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda verici DNA konsantrasyonunun 50 µg/ml olarak temel alındığı bildirilmektedir (Freifelder,1987; Snustad ve Simmons, 2010; Temizkan, 2013).

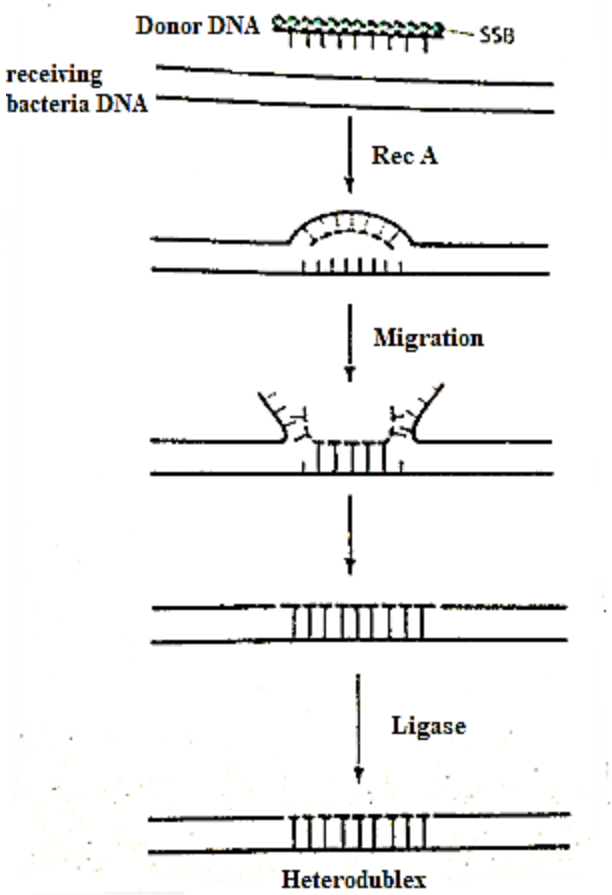
**Bakteriyel transformasyonun moleküler mekanizması**

Bakterilerde transformasyon, verici serbest DNA'nın alıcı bakteri hücresinin hücre duvarına bağlanması ve içeri girmesiyle gerçekleşir. Alıcı bakteri hücresi verici DNA segmentini tanıyarak genomuna entegresyonu gerçekleşir. Böylece alıcı bakteri hücresi DNA segmentinin replikasyonunu sağlamaktadır. Verici DNA'nın alıcı bakteriye bağlanması ve içeriye girme süreci alıcı hücre yüzeyindeki almaç proteinlerinin kontrolünde gerçekleşmektedir. Transformasyon mekanizması *Bacillus subtilis* bakteri türlerinde oldukça iyi bilindiği bildirilmiştir. *B. subtilis*'de kompetans genleri kümeler halinde bulunmuştur. Bu genler alfabetik sıraya uygun olarak isimlendirilmiştir. Transformasyon aşamasında ComEA ve ComG proteinleri verici DNA'sını verici bakteri hücresinin yüzeyine bağlanmasında sorumlu olduğu tespit edilmiştir. B. *subtilis* ve *pneumococcus* hücreleri içerisine giren verici DNA segmetleri yaklaşık beş dakikada bir karanlık evre geçirdiği ve çok az transformasyon aktivitesi gösterdikleri bilinmektedir. Bunun aksine *Haemophilus influenzae* bakterilerinde karanlık evre olmadığı tespit edilmiştir. B. *subtilis* alıcı bakteri hücresinde verici DNA segmenti ComFA traslokaz tarafından hücre içerisine doğru çekilmektedir. Bu aşamada çift iplikli verici DNA segmentinin bir ipliği alıcı hücrenin DNAaz molekülü tarafından parçalanır. Bakteriyel transformasyonun moleküler mekanizması Şekil-3'de gösterilmiştir. Ardından verici DNA'nın tek ipliği tek bağlayıcı proteinler (SSB) tarafından korunmaktadır. Verici DNA'nın tek ipliği *E. coli*'de bulunan RecA proteinine benzeyen bir protein ve rekombinasyonla ilgili diğer protein gruplarının yardımıyla alıcı bakteri hücresindeki homolog bölgeleri tanıyarak bu bölgeye

bağlanmaktadır. Bu tanıma işlemi gerçekleştiği esnada alıcı DNA molekülünde bölgesel olarak zincirlerde çözülme meydana gelmektedir. Böylece verici DNA zinciri alıcı DNA zinciriyle eşleşerek çift iplikli DNA formu oluşturulur. Alıcı DNA'daki zincirlerin çözülmeye devam etmesiyle yeni zincir (verici DNA) ile baz eşleşmeleri devam ederek çift iplikli yapının uzaması sağlanmaktadır. Bu uzama dal göçü olarak da adlandırılmaktadır. Rekombinant zincirdeki eşleşmeyen yapılar nükleazlar tarafından kesilir ve DNA ligaz ile zincirdeki kırık uçlar tamamlanmaktadır. Rekombinant DNA zincirinin oluşum mekanizması Şekil-4'de gösterilmiştir (Freifelder, 1987; Snustad ve Simmons, 2010;Temizkan, 2013).




**Şekil-3:** Bakteriyel Transformasyonun Moleküler Mekanizması (Snustad ve Simmons, 2010).



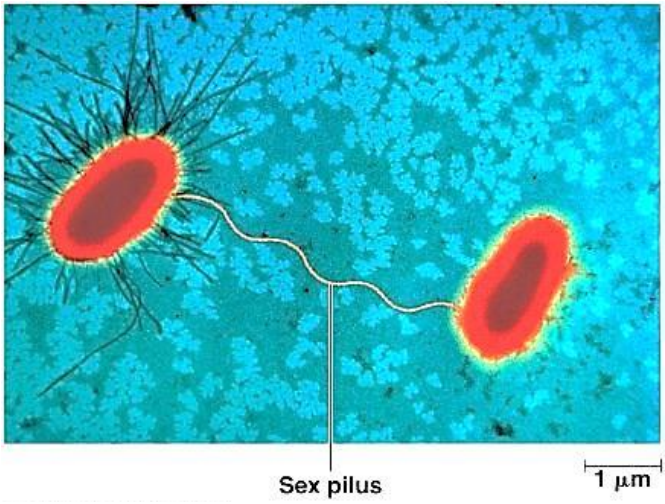

**Şekil-4:** Transformasyon Oluşum Mekanizması (Freifelder,1987).

Alıcı bakteri genomuna entegre olan verici DNA segmenti genellikle homolog özellik göstermektedir. Verici DNA'nın farklı baz içermesi olası yanlış baz eşleşmelerine neden olabilmektedir. Yanlış eşleşmenin olduğu bölgeler heterodupleks olarak isimlendirilirken bu hatanın gelecek nesillere aktarılmaması için onarılması gerekmektedir. DNA tamir mekanizmaları devreye girerek yanlış eşleşmeye bağlı hataların onarımı gerçekleşmektedir (Temizkan, 2013).

Genetik mühendisliğinin ortaya çıkmasıyla beraber transformasyon teknolojisi hızla gelişmekte olup yeni teknikler bulunmaya devam etmektedir. Son zamanlarda yapılan çalışmalarda insan hücrelerinin transformasyon yeteneğinin olduğu saptanmıştır. Anormal olarak hemoglobin üreten bir insanın göğüs kemiğinin kırmızı kan hücrelerinin doku kültürlemesi yapılarak laboratuvar ortamında üretilebileceği ispatlanmıştır. Normal hemoglobin üretimi yapan insan hücrelerinden hazırlanan besi ortamına anormal hemoglobin üreten hücreler eklendiğinde transformasyon ile anormal hemoglobin üreten hücrelerin normal hemoglobin ürettiği gözlemlenmiştir. Böylece anormal hemoglobin üreten kişiye normal hemoglobin enjekte edilerek olumlu sonuçlar alındığı bildirilmiştir (Demirsoy ve ark., 2012).

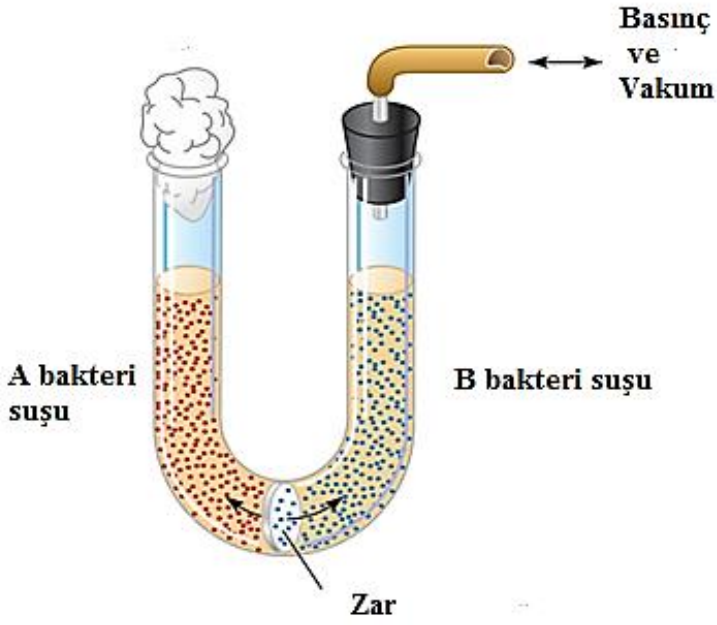
**Bakteriyel konjugasyon**

Aynı cins veya türden iki bakterinin, sitoplazmik bir köprü oluşturarak veya seks pilusları aracılığıyla verici bakteriden alıcı bakteriye kalıtım materyalinin (DNA) aktarılması konjugasyon olarak isimlendirilir. Bakterilerde eşey pilusları aracılığıyla konjugasyon Şekil-5'de gösterilmiştir (Gündüz ve Turkan, 2013).




**Şekil-5:** İki Bakterinin Eşey Pilusları Aracılığıyla Konjugasyonu (Gündüz Ve Turkan, 2013).

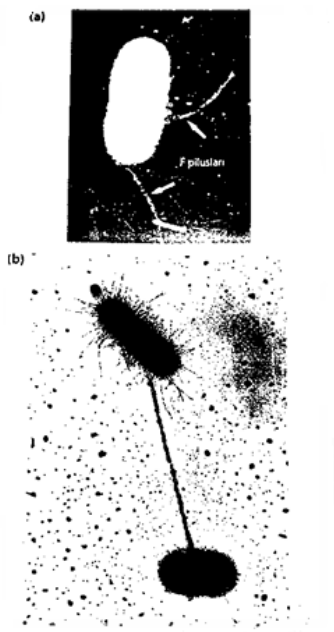
Konjugasyon ilk kez 1946 yılında Lederberg ve Tatum bilim adamlarının X ışınlarıyla yaptığı çalışma sonucu keşfedilmiştir. Bu çalışmada *E. coli* K12 oksotrofik mutantlar karıştırılıp besi ortamına eklendiğinde prototrof koloniler elde edilerek konjugasyon temelli bir üremenin gerçekleştiği düşünülmüştür. Bu çalışmayı doğrular niteklikte olan bir başka çalışma ise 1950 yılında Davis tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada Davis iki farklı ırktan bakterileri U şeklinde ki tüpün iki ayrı ucunda üretmiştir. Bu U şeklindeki tüpün ortasında bakterilerin geçmesi engelleyen fakat süspansiyon haldeki maddelere geçirgen (DNA) bir zar kullanmıştır. Çalışma sonucunda prototrofların ortaya çıkmadığı tespit edilmiştir. Böylece bakteriler arasında doğrudan ilişki olmadığında rekombinasyonun gerçekleşmeyeceğini ispatlamıştır Davis'in U tüpü deneyi Şekil-6'de gösterilmiştir (Arda, 2000; Öner, 2002; Gündüz ve Turkan, 2013; Temizkan, 2013).




**Şekil-6:** Davis'in konjugasyon deneyi (Snustad ve Simmons,2010).

Bakteriyel konjugasyonda bazı bakteriler verici olarak görev yapar. Bakteriye verici özellik kazandıran fertilite (F) plazmidleri olduğu anlaşılmıştır. Konjugasyonda DNA aktarımı tek yönlü olup verici bakterinin alıcı bakteriye teması ile gerçekleşmektedir. Bu temas sırasında sitoplazmik köprü veya seks (eşey) pilusları aracılığıyla gerçekleşmektedir. Verici bakteride var olan F plazmidleri DNA'nın içine entegre olmuşsa Hfr bakteri olarak eğer verici hücrede bağımsız olarak bulunuyorsa $F^+$ bakteri olarak adlandırılmaktadır. F plazmidi taşımayan bakteriler ise $F^-$ olarak adlandırılmaktadır. F plazmidleri, bakterilerde eşey (F) piluslarının oluşumundan sorumlu genleri taşırlar. F pilusu içeren bakteri hücreleri tek iplikli f2, QB, R17 gibi bazı RNA

ve DNAfl, fd,M13 gibi faj infeksiyonlarına karşı duyarlı oldukları bilinmektedir. Bu fajların F piluslarına tutunmuş halde elektron mikroskobundaki görüntüleri Şekil-7'de gösterilmektedir. F pilusları aracılığıyla F pilusu içeren bakteri ile içermeyen bakteri arasında temas oluşturulur. Ardından F pilusları değişime uğrayarak iki bakteri arasında sitoplazmik konjugasyon köprüsü oluşturduğu tespit edilmiştir. Böylece konjugasyon ile gen aktarımı $F^+$ veya Hfr tipi bakterilerden $F^-$ tipi bakteriye doğru gerçekleşmektedir (Kılıçturgay ve ark.,1994; Arda, 2000; Birge, 2006; Gündüz ve Turkan, 2013).




**Şekil-7:** *Escherichia coli*'de (A) Eşey Piluslarına Tutunmuş RNA Fajları ve (B) İki Bakteri Arasında Konjugasyon Oluşumu (Temizkan, 2013).

Fertilite (F) plazmidleri, eşey pilusları sentezlemek için yaklaşık 25 gen taşıdıkları bilinmektedir. $F^+$ plazmidleri kalıtsal olarak çoğaldığı ve $F^-$

ile konjugasyon sağladığında $F^-$ yi $F^+$ ya çevirdiği bilinmektedir. Bu durum bulaşıcılık olarak adlandırmaktadır. Hfr tipindeki bakterilerde F plazmidleri verici genom içerisine entegre olduğundan Hfr ve $F^-$ arasındaki konjugasyonda plazmidle birlikte verici bakterinin genomuna ait genlerinde geçtiği bilinmektedir. Hfr bakteri tipleri çok yüksek sıklıkta rekombinasyon gerçekleştirirler (Gunduz ve Turkan, 2013; Temizkan, 2013).

**Bakteriyel transdüksiyon**

Bir verici bakteriden alıcı bakteriye bakteriyofaj aracılığıyla gen aktarılmasına transdüksiyon adı verilmektedir. Transdüksiyon, ilk kez 1952 yılında Zinder ve Lederberg tarafından *Salmonella typhimurianum* bakteri türlerinde yaptıkları çalışma ile saptanmıştır. Bu çalışmada S. *Typhimurianum* bakterisinin kalıtsal materyali olan DNA'nın bakteriofajlar aracılığıyla başka bir bakteriye aktarıldığı gözlemlenmiştir. Aktarılan bu DNA segmentinin alıcı bakteri üzerinde yeni özellikler kazandırdığı rapor edilmiştir (Öner, 1996; Gunduz ve Turkan, 2013; Temizkan, 2013).

Transdüksiyon, genelleşmiş transdüksiyon ve özelleşmiş transdüksiyon olmak üzere iki farklı tipte olduğu bilinmektedir. Her iki transdüksiyon tipi de bakteriofajın çoğalma döngüsündeki sapmalardan meydana gelmektedir. Bir bakteriofaj litik döngüsünün sonlarına doğru viral nükleik asitler kapsitler içinde paketlenip hücrenin parçalanmasıyla dışarı salınmaktadır. Genelleşmiş transdüksiyonda, bakteriofaj genomuna entegre olması gereken konak bakteri DNA segmenti kapsit içerisinde paketlenip ardından hücrenin parçalanmasıyla dışarıya

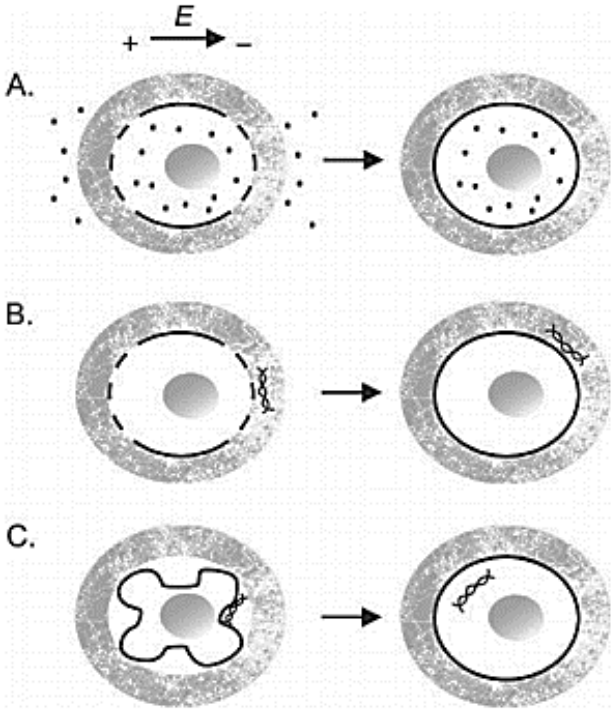
salınmaktadır. Genelleşmiş transdüksiyonda gen aktarımı ve rekombinasyon mekanizması transformasyona benzemektedir. Aralarındaki fark ise transdüksiyonda aktarılan DNA kapsit denilen bir protein kılıf tarafından korunmaktadır. Özelleşmiş transdüksiyon, konak bakteriye giren bakteriofajın kendisi için özgül olan bir bölgeye bağlanarak replikasyon geçirmesi durumudur. Bakteri DNA'sı içerisinde profaj olarak adlandırılan bakteriofaj lizogenik evreden litik evreye geçerken yanlışlıkla faj genomu bakteriye ait DNA parçasını alabilmektedir. Bu durumda konak bakteriye ait genler faj ile başka bir bakteriye aktarılabilmektedir. Böylece özelleşmiş transdüksiyon ile profajın girdiği noktaya komşu olan genlerin genetik haritalanması yapılabilir (Snustad ve Simmons, 2010; Gündüz ve Turkan, 2013; Temizkan, 2013).

**Bakterilerde gen aktarım yöntemleri**

Bakteri hücresine gen aktarımı, transformasyon, konjugasyon ve transdüksiyon üç mekanizmayla açıklandığı bilinmektedir. Bu üç mekanizma temel alınarak çeşitli gen aktarım yöntemleri geliştirilmiştir (Arda, 2000).

Bir bakteri hücresine, kimyasal, fiziksel ve mekanik olarak gen aktarmak mümkündür. Bir verici DNA segmentinin ya da rekombibant bir plazmidin bakteri hücresine aktarılmasında elektroporasyon kullanılabilmektedir. Bu yöntem, alıcı bakteri hücresine yüksek elektrik akımı verilerek bakteri hücre zar geçirgenliği arttırılır. Böylece verici DNA, geçirgenliği arttırılmış bakteri hücresine entegre edilmektedir. Elektroporasyon bitki ve hayvan hücrelerine gen aktarılarak istenen

özelliği kazandırma, gen klonlama ve protein ekspresyonu gibi çeşitli çalışmalarda son derece yaygın kullanılan bir yöntemdir (Güller ve ark., 2018). Elektroporasyon yöntemi ile gen aktarımı Şekil-8'de gösterilmiştir (Saulis ve ark.,1991; Miller ve ark., 2002; Kanduser ve Miklaycic, 2009).




**Şekil-8:** Elektroporasyon yöntemi ile gen aktarımı; A. Küçük çaplı hücrelerin akım verilerek oluşturulan hücre zar porlarından geçişi. B. Hücre duvarına tutunan DNA molekülü C. DNA molekülünün hücre zarından geçişi (Kanduser ve Miklaycic,2009).

Mikroenjeksiyon yöntemiyle bakteri içerisine verici DNA'yı eklemek mümkün olacaktır. Mikroenjeksiyon yönteminde bir enjeksiyon pipeti vasitasıyla ilgili DNA doğrudan bakteri hücresine aktarılabilinir. Bu

yöntemde aktarılacak DNA segmenti enjeksiyon pipetine çekildikten sonra bakteri hücre çekirdeğine direkt olarak gen aktarımı gerçekleştirilir. Böylece alıcı bakteri aktarılan DNA segmentini genomuna entegre ederek rekombinant forma dönüştürülür. Mikroenjeksiyon yöntemi yaygın olarak kullanılan gen aktarım metodları arasında yer almaktadır (Bao ve ark.,1997; Arencibia, 2000)

Bakteriyel gen aktarım yöntemlerinde bir diğer yöntem ise ultrason yöntemidir. Ultrason yöntemiyle oluşturulan ses titreşim dalga boyları bakteri hücresinde zar geçirgenliğini arttırmaktadır. Böylece istenilen DNA segmenti bakteri hücresine aktarılır. Mikroprojektil bombardıman, yöntemi genellikle bitki hücrelerinin gen transferinde kullanılmaktadır. Bu yöntemde aktarılmak istenen DNA segmenti altın veya tungsten partiküllerine bağlanarak transfer gerçekleştirilir. DNA segmenti, $CaCl_2$ kullanılarak tungsten metali üzerine çöktürülerek metal ile DNA'nın bağlanması sağlanır. Ardından tungsten ve DNA segmenti mikroprojektil aletine yerleştirilerek ilgili hedef hücreye bombardıman edilir. Böylelikle hedef hücreye giren DNA segmenti tungsten metalinden ayrılarak hedef hücre genomuna entegrasyonu sağlanmaktadır. Kimyasal kullanılarak bakteri hücresine gen aktarmak mümkündür. Kalsiyum klorür kimyasalı ile bakteri hücre zarı geçirgen hale gelir. Bu yöntemde plazmid aracılığıyla DNA segmenti bakteri hücresine aktarılır. Bakteri hücresine ısıl şok uygulanarak kalsiyum klorür varlığında hücre zarı geçirgen hale getirilir. Daha sonra ortama eklenen plazmidler ilgili bakteri genomuna entegre olarak genetik rekombinasyon gerçekleştirilir (Saulis ve ark., 1991; Arda 1995; Gehl, 2003).

## 2. SONUÇ

Bakterilerde genetik çeşitliliğin temeli 1920'li yıllarda atılmıştır. Gelişen bilim ve teknoloji ile istenilen bir genin bir konak hücre kullanılarak sentezlenmesi mümkün kılınmıştır. Genetik mühendisliği çalışmaları bu alanda hızla devam etmektedir. Bir bakteri hücresi kullanılarak aktarılan gen ürününün sentezlenmesi ile genetik temelli hastalıklar tedavi edilebilir olduğu görülmektedir. Gen aktarım teknolojileri kullanılarak insan hayatını kolaylaştıracak adımlar atmak birincil hedefimiz olmalıdır.

## 3. KAYNAKLAR

Arda,M. (1995). Biyoteknoloji, Bazı temel ilkeler, Kükem derneği bilimsel yayınları no:3, Ankara

Arda. M. (2000).Temel Mikrobiyoloji, Mikroorganizma Genetiği, Medisan Yayın Serisi;46, İkinci baskı, Sayfa;546, Ankara.

Arencibia A.D. (2000). Plant Genetic Engineering and Production of Transgenic Plants, Mode of Gene Delivery in Plant, Centre for Genetic Engineering and Biotechnology, Havana City, Cuba.

Bao S, Thrall B.D., Miller D.L., (1997). Bir raportör plazmidin, in vitro sonoporasyonla kültürlenmiş hücrelere transfeksiyonu, Ultrason, Medical Biology, 23 (6): 953-9; Doi: 10.1016 / S0301-5629 (97) 00025-2,

Bırge E.A. (2006). Bakteri ve Bakteriofaj Genetiği, 5.baskı, Springer, New York. Çeviri Editörleri: Demirsoy A., Türkan İ., Gündüz E., (2013). Genel Biyoloji, Palme Yayıncılık, 5. Baskıdan Çeviri, Ankara, sy. 407-446.

Freıfelder, D. (1987). Mikrobiyal Genetik, Jones ve Bartlett yayınları, Boston MA.

Gehl, J. (2003). Elektroporasyon: Teori ve yöntemler, ilaç dağıtımı, gen tedavisi ve Araştırma. Açta Physiol Scand, 177 (4): 43747. Doi: 10.1046 / j.1365-201X.2003.01093.x,

Griffith, F. (1928). The significance of pneumococcal types.*Journal of Hygiene*, 27(2), 113-159.

Güller, A., Sipahioğlu HM., Usta, M., Demirer Durak, E. (2018). Antiviral and Antifungal Activity of Biologically Active Recombinant Bouganin Protein from *Bougainvillea spectabilis* Willd. Journal of Agricultural Sciences. 24(2), 227-237.

Gündüz E. Türkan İ. (2013).Campbell Biyoloji, Mikrobiyal Modeller Virüs ve Bakteri Genetiği, Palme yayınları, Sayfa: 328-345,Ankara, ISBN: 978-6053-55-147-8.

Gündüz E. Türkan İ. (2013).Campbell Biyoloji, Prokaryotlar ve Metabolik Çeşitliliğin Kökeni /Palme yayınları, Sayfa: 526-530, Ankara, ISBN: 978-6053-55-147-8.

Gürsel, A. (2007). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Süt Teknolojisi Bölümü, Mikrobiyoloji Kitabı, Bakteriler, Sayfa: 24-40,Ankara.

Kaiser, G.E. (2005). Biol 230 Microbiology Lecture Guide. http://student. ccbcmd. edu /~gkaiser/goshp.html.

Kandušer, M., Miklavčič D. (2009). Electroporation in Biological Cell and Tissue: An Overview. In: Electrotechnologies for Extraction from Food Plants and Biomaterials. Food Engineering Series. Springer, New York, NY.

Kaygusuz, A. (2005). İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Enfeksiyon Hastalıkları ve Klinik Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Ankem Dergi;19(Ek 2):87-95, İstanbul.

Kılıçturgay K., Gökırmak F.,Töre O.,Gedikoğlu S.,Göral G.,Helvacı S. (1994). Klinik Mikrobiyoloji",Bursa, Kılıçturgay K, ed., 2. Baskı, sayfa:20-67.

Miller, D.L., Pislaru, S.V. ve Greenleaf, J.F. (2002). Sonoporation: ultrasonik kavitasyon ile mekanik DNA iletimi.,Somatik Hücre ve Moleküler Genetik, 27 (1-6): 115-134.

Öner, C. (Çevirmen), (2002). Genetik Kavramlar, William S. Klug, New Jersey Koleji ve Michael R. Cummings, Illinois Üniversitesi-Chicago, Palme Yayıncılık, Ankara.

Öner, M. (1996). Genel Mikrobiyoloji, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi, Temel ve Endüstriyel Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Ege Üniversitesi Basımevi,Bornova-İzmir, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi No:94

Saulis, G, Venslauskas, M.S., Naktinis, J. (1991). Elektroporasyondan sonra hücre zarlarında yeniden gözenek kapama kinetiği. Biyoelektrokimya ve Biyoenerjetik, 26 (1), 1-13.

Snustad, D. P., Simmons M.J. (2010). Genetik Prensipler,Jonn Wiley ve Sons, NJ. 5.Baskı,

Temizkan, G., (1999). Genetik II. Moleküler Genetik, İstanbul Üniversitesi Yayınları, Sayı: 4067,No: 245, İstanbul.

Temizkan, G., (2013). Moleküler Genetik, Rekombinasyon, Nobel tıp kitabevleri yayınları, Sayfa;301-335,İstanbul,ISBN:978-605-335-021-7.

# BÖLÜM 6

## TOPRAKTA AĞIR METAL ANALİZ YÖNTEMLERİ

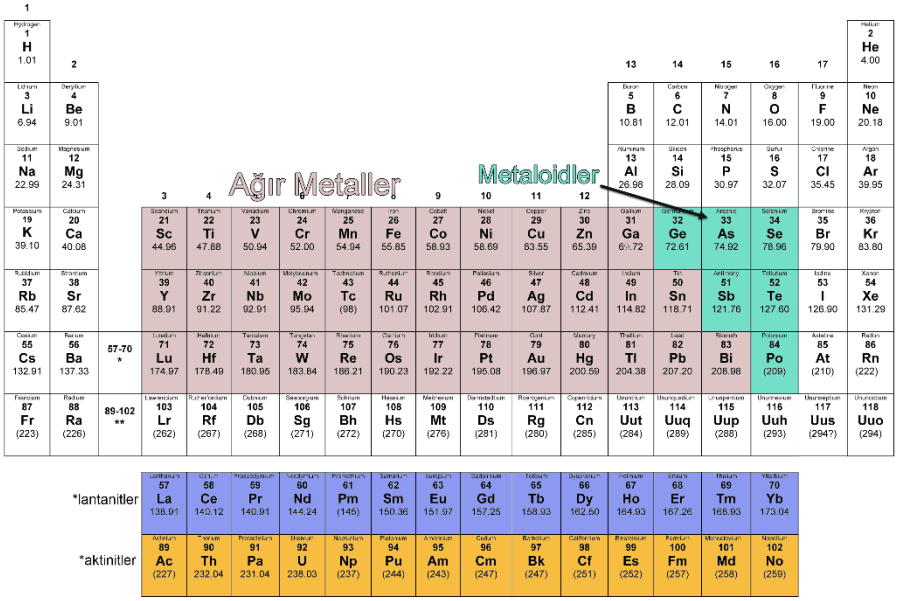
Öğr. Gör. Serhat KOÇYİĞİT[1,]

[1] Bingöl Üniversitesi, Proje Koordinasyon Uygulama ve Araştırma Merkezi, Orcid: 0000-0003-0172-6180, skocyigit@bingol.edu.tr

## GİRİŞ

Ağır metaller, özellikle yüksek yoğunluğa sahip olan ve düşük konsantrasyonlarda toksik veya zehirli etki gösterebilen herhangi bir metal veya yarı metal (metaloid) özellikli kimyasal elementleri ifade etmektedir. Ağır metaller özellikle genel olarak atom numarası değeri 20'den büyük, atom kütleleri 63,5 ile 200,6 g/mol aralığında ve atom yoğunluğu 5 g/cm$^{3}$'ün üzerinde bulunan elementler olarak tanımlanır (Srivastava ve Majumder, 2008).

Ağır metaller genel olarak esansiyel ve esansiyel olmayan ağır metaller olmak üzere iki kategoriye ayrılmaktadırlar (Srivastava, 2008). Esansiyel ağır metaller, insan, bitki ve hayvanların büyümesinde ve bazı organlarımızın gelişiminde ihtiyaç duyulan ağır metallerdir. Ayrıca enzimler ve diğer proteinler için yapısal ve işlevsel olarak önem sağladıkları için bitkiler tarafından ihtiyaç duyulan bakır, nikel, demir, mangan, kobalt, çinko, krom, vanadyum gibi çok sayıda esansiyel ağır metal bulunmaktadır. Ancak bu esansiyel ağır metallerin canlılarda ihtiyacı karşılamasında ortalama 10-15 ppm gibi eser miktarlar yeterli olacağından fazlası canlılara zarar verecektir. Esansiyel olmayan yani canlı vücudunda bulunmasında fayda sağlamayan, hatta zehir etkisi veren kadmiyum, kurşun, cıva, alüminyum gibi ağır metal çeşitleri de doğada yer almaktadır (Spiegel, 2002). Bu tür ağır metaller ise eser miktarda olsa dahi canlı vücudunda gerekli değildir. Ağır metaller Şekil 1’de yer alan periyodik cetvelde görülmektedir.




**Şekil 1.** Periyodik cetvelde renkli olarak işaretlenen ağır metaller

## Ağır Metal Kirlilikleri ve Sebepleri

Ağır metal kirlilikleri, biyolojik olarak parçalanamaz olmaları sebebiyle çevrede kalıcı olmaları ve yüksek toksik düzeylere ulaşabilmeleri nedeniyle ciddi bir çevre sorunudur. Genellikle bu sorun maden işletmelerinin atıklarından, endüstriyel atıklardan, kanalizasyon atıklarından, motorlu araçların egzozundan salınan gazlardan, kentsel atıklardan, aşı, diş dolgusu vs gibi tıbbi atıklardan, mineral gübrelerden ve diğer atıklardan kaynaklanmaktadır.

Su veya bitki kaynaklı gıdaların tüketiminin neden olduğu ağır metallerin olumsuz etkileri oldukça fazladır. Bu etkiler özellikle su ve toprak kaynaklarından meydana gelmektedir. 1994'ten 2019'a kadar dünya çapında toprak ve yüzey su kütlelerindeki ağır metallerin

değerlendirilmesine ilişkin mevcut incelemelere bakıldığında çevremizde yok edilmesi zor olan metal türleri belirlenmiş ve elde edilen verilerde krom, mangan, kobalt, nikel, arsenik ve kadmiyum miktarlarının Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Kurumu (USEPA) ve Dünya Sağlık Örgütünün (DSÖ) sınır verilerini aştığı tespit edilmiştir (Oyewo ve ark, 2020). Yüzey suyu kütlelerinde, insan vücudu için de zehirli olan arsenik, kobalt, krom ve nikel oranlarında maksimum toksisite gösterdiği belirtilmiştir (Oyewo ve ark, 2020). Ayrıca bu verilerin kanser hastalığı oluşturma riskinin yüksek olabileceği bilinmektedir.

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) arsenik, cıva, bakır, kalay, kobalt, kurşun, krom, kadmiyum, titanyum, nikel, mangan gibi 13 ağır metalin özellikle çevre ve insan sağlığında önemli olduğunu ve bu ağır metallerin endüstriyel üretim veya hava, toprak ve içme veya yer altı su kaynaklarındaki kirliliklerden kaynaklandığını belirlemiştir. Ağır metal toksisite riski büyüme evresindeki bebekler, çocuklar ve bağışıklığı baskılanmış bireylerde daha çok yaygın olarak görülmüştür. Yılda bir milyondan fazla kişi bu toksisiteden etkilenmektedir. Toksisite sebebiyle görülen en yaygın hastalıklar Parkinson, Alzheimer, kanser, böbrek ve karaciğer yetmezliği nörolojik bozukluklar, gastrointestinal bozukluklar, hücresel işlev bozukluğu olarak bildirilmiştir.

Özellikle canlılara ve çevreye verdikleri olumsuz etkilerden dolayı ve ne gibi sonuçlar doğuracağının bilinmezliği sebebiyle su ve toprakta ağır metal analizlerinin yapılarak planlamaların yapılması gerekmektedir.

## Toprakta Ağır Metal Analiz Yöntemleri

Toprak numunelerinin ağır metal analiz yöntemlerinde atomik absorpsiyon spektrometrisi ve atomik emisyon sepektrometrisi olmak üzere genel olarak iki yöntem tercih edilmektedir.

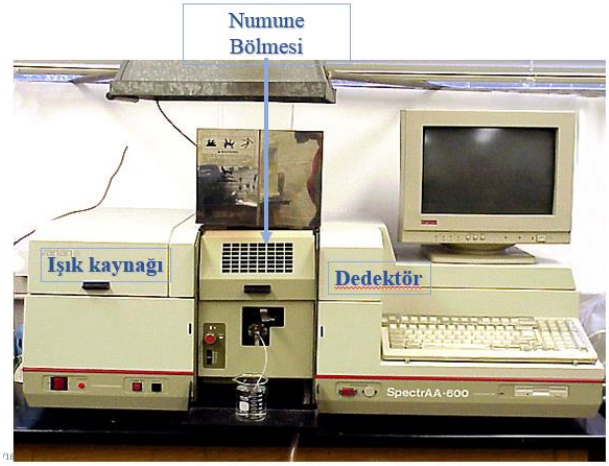
### 1. Atomik Absorpsiyon Spektrometrisi (AAS)

Atomik absorpsiyon spektrometrisi (AAS), belirli elementlerin konsantrasyonlarını ölçen analitik bir teknik olarak bilinmektedir. AAS ölçümleri oldukça hassastır, numunede milyarda bir gram (µg/L) başka bir deyişle ppb mertebesine kadar ölçüm yapabilmektedir. AAS ile bir numunede bulunabilecek 62'den fazla farklı metalin konsantrasyonunu analiz etmek mümkündür. Kimyasal analizlere AAS'yi ilk uygulayan 1954 yılında Alan Walsh olarak bilinmektedir. 1960 yılında ise ilk ticari AAS cihazı üretilmiştir. Atomik Absorpsiyon Spektroskopisindeki temel ölçüm yöntemi, gaz halinde ve temel enerji seviyesinde bulunan atomların ultraviyole ve görünür bölgede ışığı absorbe etmesi esasına dayanmaktadır (Reynolds ve Thompson, 1978).

AAS'de, numunenin belirli bir element içerip içermediğinin görülmesi için analiz sürecinde o elementten gelen ışığın kullanılması gerekmekte olup standart elementlerin cihazda yer alması gerekmektedir. Örneğin bakır analizinde, bakır içeren bir lambanın, numuneden herhangi bir bakır atomu tarafından absorbe edilecek doğru dalga boyları ile eşleşmesi gerekeceğinden dolayı uyarılmış bakır atomlarından ışık yayar. AAS'de, numune buhar halinde temel haldeki serbest atomlara dönüştürülerek atomize edilir ve uyarılmış bakır atomlarından yayılan bir elektromanyetik ışın, buharlaştırılmış numuneden geçirilir. Işının

bir kısmı numunedeki bakır atomları tarafından absorplanır ve buhar fazında ne kadar çok atom bulunursa, o kadar fazla ışın absorplanır. Soğurulan ışık miktarı bakır atomlarının sayısı ile orantılıdır. Yani, ortamda absorpsiyon yapan elementin derişiminin belirlenmesinde ışıma şiddeti göz önünde bulundurularak tespit edilmektedir. Sonuç olarak, bir atomik absorpsiyon spektrometresi basit olarak üç bileşene ihtiyaç duymaktadır (Şekil 2):

a) ışık kaynağı,
b) numune bölmesi (gaz halinde atomlar üretebilen atomlaştırıcı kaynağı)
c) dedektör (absorplanan ışığın dalgaboyuna göre tespiti)




**Şekil 2.** Atomik Absorpsiyon Cihazı

Bu cihaz bileşenlerinden ışık kaynağı kısmında içi boş katot lambası ve ışın kesici, numune bölmesi kısmında alev / fırın ve püskürtücü bulunmakta olup son kısımda ise monokromatör, dedektör ve amplifikatör/ yükselteç bulunmaktadır (Reynolds ve Thompson, 1978).

AAS'de atomlaştırıcı olarak iki tür bulunmaktadır. Bunlar alevle atomlaştırma ve elektrotermal atomlaştırmadır. Alevle atomlaştırma yönteminde Çizelge 1'de görüldüğü üzere yakıt ve yükseltgenlerin belirlenmesi gerekir. Bu durumda yakıt-yükseltgen özelliklerine göre istenilen ağır metallerin analizi yapılabilmektedir. Alevle atomlaştırmada ilk olarak gaz halindeki yükseltgen ile numune püskürtülerek yakıtla karıştırıldıktan sonra, atomizasyonun gerçekleşmesi için aleve taşınır. Numune aleve ulaştığında, ilk olarak çözücü buharlaştığında moleküler bir aerosol üretilir (desolvasyon), daha sonra aerosol gaz moleküllerine dönüşür (uçuculaşma) ve son olarak moleküller ayrışır ve atomik gaz üretir (ayrışma) (Reynolds ve Thompson, 1978). Bu işlem sırasında, atomik gazlar iyonlaştırıldığında katyonlar ve anyonlar oluşur.

**Çizelge 1.** Alevle atomlaştırmada yakıt-yükseltgen özellikleri

| Yükseltgen | Yakıt | Sıcaklık (°C) | Maximum Yanma Hızı (cm/s) |
|---|---|---|---|
| Oksijen | Doğal gaz | 2700-2800 | 370-390 |
| Oksijen | Hidrojen | 2550-2700 | 900-1400 |
| Oksijen | Asetilen | 3050-3150 | 1100-2480 |
| Hava | Doğal gaz | 1700-1900 | 39-43 |
| Hava | Hidrojen | 2000-2100 | 300-440 |
| Hava | Asetilen | 2100-2400 | 158-266 |
| Nitröz oksit | Asetilen | 2600-2800 | 285 |

Alevli atomlaştırma yöntemi, tüm sıvı numune girişlerinde en çok tekrarlanabilir yöntem olmasına rağmen birçok dezavantajı da bulunmaktadır. Numunelerin absorbansının azalmasına yol açan oksitler oluşmaktadır. Alevli atomlaştırma, elektrotermal

atomlaştırmadan daha düşük bir duyarlılığa sahiptir. Alev atomlaştırmanın bir diğer dezavantajı, numunelerin absorbansını etkileyebilecek alev dalgalanmalarıdır (Rutzke, 2018).

Elektrotermal atomlaştırma üç aşamada gerçekleşmektedir. İlk olarak, numune düşük bir sıcaklıkta kurutulur. Daha sonra numune içerisindeki organik yapıların uzaklaştırılması için bir grafit fırında 1200 C'lere kadar bekletilir ve en sonunda 2000-3000 C'lere kadar ısıtılarak atomlaştırma sağlanır (Rutzke, 2018).

Bir grafit fırını, her iki ucu açık olan ve ortasında numune girişi için bir delik bulunan bir grafit tüpten oluşur. Tüp, numuneyi ısıtmaya yarayan her iki uçta grafit elektrik kontakları içine yerleştirilmiştir. Grafit fırınını serin tutmak için bir su kaynağı kullanılır. Dış havanın atomlaştırma ortamına girmesini önlemek için tüpün etrafında harici bir soy gaz akışı olur (Rutzke, 2018).

Elektrotermal atomlaştırma yönteminde, numuneler hızlı bir şekilde atomize edildiğinden dolayı alevli AAS sistemlerine kıyasla daha uzun kalma süresine sahip olduğundan, gelişmiş hassasiyet sağlamaktadır. Ancak elektrotermal atomlaştırma, sistemin gerektirdiği ısıtma ve soğutma gibi beklemeler nedeniyle yavaş ölçüm süresi gibi dezavantajlara sahiptir. Aynı zamanda bakımı maliyetlidir.

AAS'nin kullanım alanlarında su analizi, gıda analizi, hayvan yemi analizi, yağlama yağlarında ve gres yağlarda katkı maddelerinin analizi, toprak analizi, linik analiz (kan numuneleri, plazma serumu) genel olarak bilinenlerdir.

AAS ile analizlerde literatür verilerine bakıldığında ilgili çalışmalar tespit edilmiştir. Asan (2019) çalışmasında Samsun/ Çarşamba bölgesinden alınan toprak örneklerinin kalsiyum ve magnezyum oranının belirleme işlemi için bir sistem geliştirilmiş ve AAS ile bu sistemin doğrulama çalışması yapılmıştır. Çalışmada AAS ile geliştirilen sistemin sonuçlarının uyumlu olduğundan bahsedilmiştir.

Türker (2020) çalışmasında ülkemizde en bol bulunan bor mineralleri ve bor atıklarında eser element analizi yapılmış olup örneklere uygun çözücü belirlenerek çözeltileri oluşturulmuştur. Bu çözeltilerdeki kurşun ve kadmiyum tayini için elektrotermal AAS; bakır, demir, nikel, kobalt ve çinko tayini için ise alevli AAS kullanılmıştır.

Albayrak (2014) çalışmasında ise pamuk üretimi yapan 23 çiftçinin topraklarından alınan örneklerin potasyum, kalsiyum, sodyum değerleri alevli emisyon spektrometrisinde, magnezyum, demir, bakır, çinko ve mangan analizleri ise AAS'de incelenmiştir. Analiz sonuçlarına göre toprakların mineral değerlerinin üretime uygun olup olmadığı yorumları yapılmıştır.

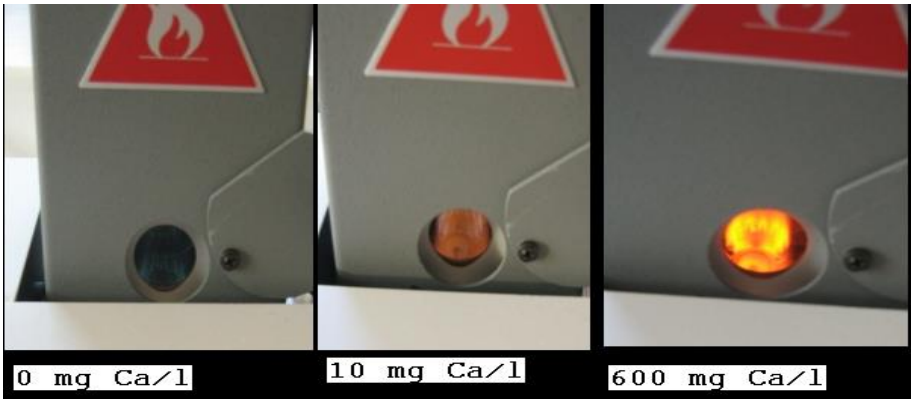
## 2. Atomik Emisyon Spektrometrisi (AES)

Atomik emisyon spektrometresi yöntemi, uyarılmış enerji seviyesine getirilen atomların daha düşük enerji seviyelerine geçiş yaptıklarında yaydıkları UV-görünür bölge radyasyonunun ölçülmesine dayanmaktadır. AES yönteminde, numune içerisinde bulunan herhangi elementin miktarını belirlemede dalga boyları baz alınarak plazma, alev, kıvılcım veya arktan yayılan radyasyon yoğunluğu

kullanılmaktadır (Yıldız ve ark., 1997). Bu yöntemdeki spektrumlar incelendiğinde dalga boyu elementin hangi element olduğu bilgisini verirken (kalitatif), yayılan radyasyon yoğunluğu ise ilgili elementin miktarı veya atom sayısı hakkında (kantitatif) bilgi vermektedir (Atomic emission spectroscopy. 2022).

### 2.1. Alevli Emisyon Spektroskopisi

Analit adı verilen numune gaz fazında, püskürtülmüş çözelti halinde veya küçük bir tel halkası (tercihen platin) kullanılarak doğrudan aleve temas ettirilir. Alevden kaynaklı ısı tarafından çözücü buharlaştırılarak serbest atomlar meydana gelebilmesi için molekül içindeki bağlar kırılır (Yıldız ve ark., 1997). Termal enerji ile atomların elektronları uyarılır ve uyarılmış elektronlar daha sonra temel elektronik durumuna döndüklerinde radyasyon yayar. Her elementin dalga boyuna göre karakteristik bir radyasyon yaydığı tespit edilir ve spektrumlar oluşturularak analiz yapılmış olur (Skoog ve ark., 2007).




**Şekil 3.** Alevli fotometrede alev şiddetine göre numune içindeki kalsiyumun tespiti (Atomic emission spectroscopy. 2022)

Literatür verilerinde alev fotometri ile analiz çalışmaları da yer almaktadır. Taheri ve Rahneshan (2014) çalışmalarında, limon ağacı toprağındaki ve limon suyundaki Na, K, Ca, Mg, Fe, Zn ve Cu gibi yedi element alev fotometrisi ve atomik absorpsiyon spektrometrisi yöntemleri ile belirlenmiştir. Örnekler arasında kıyaslamalar yapılarak içerik oranları belirlenmiştir.

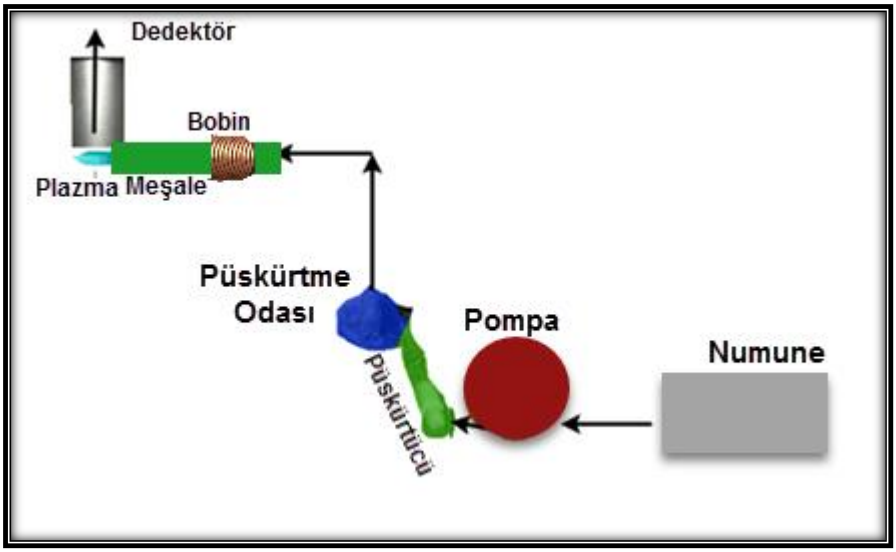
Rudovica ve ark. (2007) çalışmalarında toplu mezarların arkeolojik topraklarında kalsiyum, magnezyum, potasyum ve sodyum elementlerinden oluşan kimyasal bileşikleri incelenmiş, 14-18. yüzyılda salgın mağdurların dezenfeksiyonu için ne tür tedavi malzemelerinin kullanıldığı hakkında elementel olarak içeriklerin bilgi verebileceği düşünülmüştür. Toprakların kimyasal yapısı X-ışınları toz difraktometresi ile incelenmiş, ancak alev fotometrisi ile kantitatif olarak kalsiyum, potasyum ve sodyum ve atomik emisyon spektrometrisi ile magnezyum içeriği tespit edilmiştir.

## 2.2. İndüksiyonla Birleşmiş Plazma Atomik/Optik Emisyon Spektroskopisi (ICP-AES/OES)

İndüksiyonla Birleşmiş Plazma (ICP), atomları verimli bir şekilde desolvate eden (çözücüleri uzaklaştıran), buharlaştıran, uyaran ve iyonize eden ve 7000-8000 K gibi çok yüksek sıcaklıklarda çalışabilen bir uyarma kaynağıdır (Yıldız ve ark., 1997). Bu uyarma kaynağı ile moleküler etkileşimler büyük ölçüde kırılır. ICP kaynakları, atom emisyon spektroskopisi için atomları uyarmada ve kütle spektrometrisi için atomları iyonize etmede kullanılır. Meydana gelen emisyon

yoğunluğu numunede ihtiva edilen elementin derişimi hakkında bilgi verir (Mutlutürk ve Öz, 2020; Skoog ve ark., 2007).

ICP-AES/OES, plazma meşalesi ve optik spektrometre olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Plazma meşalesi üç eş-merkezli kuvars özellikle cam tüpten oluşmaktadır. Plazma oluşumunda argon gazı kullanılır. Plazma meşalesi açıldığı zaman bobin içine yoğun bir elektromanyetik alan oluşturmak için yüksek güce sahip (27 veya 40 MHz frekans değerinde) radyo frekansları gönderilir (Skoog ve ark., 2007). Meşale boyunca argon (Ar) gazı gönderilerek iyonlaşma oluşumu sağlamak için ateşleme yapılır. Yoğun elektromanyetik alan sayesinde Ar gazı iyonize edilerek iyonlaşmış nötr Ar gazı tanecikleri ile yüklü parçacıklar arasında elastik çarpışmalar sonucunda yüksek sıcaklık değerinde plazma üretimi sağlanır. Numunenin püskürtücüye ulaşabilmesi için peristaltik pompa yardımıyla numune sis bulutu halinde doğrudan plazma alevi içine gönderilir. Plazma içerisinde iyonlar ve elektronlar ile çarpışır ve çarpışmanın etkisiyle kendisi de yüklü iyonlara ayrışır. Böylece ilgili elementin dalga boyuna göre ışıma yayarlar ve bu ışımaların dalga boyları karakteristik olduğundan ötürü elementin türü detektörden tespit edilir (Şekil 4) (Thompson, 2012).




**Şekil 4.** ICP cihazının çalışma prensibi

Literatür verileri incelendiğinde toprak analizlerinde ICP-OES cihazı kullanımı genel olarak tercih edildiği saptanmıştır. Taban ve arkadaşlarının (2013) çalışmasında Kastamonu-Taşköprü sarımsak yumruları ile toprağı arasındaki içerik ilişkisinin tespit edilmesi için analizleri yapılmıştır. Topraktaki selenyum içeriği ile sarımsak yumrularındaki selenyumun pozitif yönde ilişkili, topraktaki diğer elementlerle ise negatif yönde ilişkili olduğu tespit edilmiştir.

Kaptanoğlu ve Bakır, (2017) çalışmalarında ise Van Gölü'ne ulaşan Engil çayının göle döküldüğü bölgeden ağır metal analizlerinin yapılması için su ve toprak örnekleri alınmış, alınan örneklerdeki ICP-OES analizleri sonucu toprak ve su örneklerinde ağır metal kirliliği tespit edilmiş ve önlemlerin alınması için çeşitli tavsiyelerde bulunulmuştur.

Aktaş, (2019) çalışmasında ise gümüş maden cevherlerinin ve atık barajının örnekleri asitte çözdürüldükten sonra ICP-OES ile analizi yapılmış ve gümüşün yanı sıra alüminyum, arsenik, baryum, bakır, bor, demir, kadmiyum, kobalt, krom, molibden, antimon, stronsiyum, vanadyum, çinko, titanyum ve daha birçok element tespit edilmiştir. Aynı zamanda yapılan analiz sonucunda hem gümüş cevheri hem de atık barajından alınan örneklerde değerli elementler tespit edilmiştir.

### 2.3. Kıvılcım ve Ark Atomik Emisyon Spektroskopisi

Kıvılcım veya ark atomik emisyon spektroskopisinde özellikle katı fazındaki metalik numunelerdeki element analizi yapılmaktadır. İletkenlik durumu bu spektroskopide önemli olup yalıtkan özellikli numunelerin ölçümünün yapılabilmesi için belirli bir süre belirli bir miktar grafit tozu ile öğütülmesi gerekmektedir. Cihazın çalışma prensibinde numune belirli bir yüksek sıcaklığa ulaşır ve numune içinden elektrik arkı veya kıvılcım geçirildikten sonra hedef atomların uyarılması sağlanır. Uyarılmış olan atomlar monokromatör yardımıyla karakteristik dalga boylarında ışıma yayarlar böylece dedektör yardımıyla içerik analizi oluşur. Ancak bu yöntem, diğer uygulamalardan daha az hassasiyete sahip olduğu için genellikle bilimsel çalışmalarda tercih edilmez.

## SONUÇ

Sonuç olarak özellikle literatür verileri incelendiğinde toprak numunelerinin analizinde başta ICP-OES olmak üzere AAS, AES, alevli fotometri gibi cihazların kullanıldığı tespit edilmiştir. Element

türüne, çeşitliliğine ve analiz maliyetlerine göre analiz yapılması istenen numunelerin analiz yöntemlerinin değiştiği anlaşılmıştır.

## KAYNAKLAR

Aktaş, S. (2019). *Gümüş endüstrisi cevher ve atıklarında bazı elementlerin ICP-OES ile tayini* (Yüksek Lisans Tezi). Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya, Türkiye.

Albayrak, H. (2014). *Aydın merkez ilçesi pamuk üretiminde yetiştirme koşullarının verim, lif ve tohum özellikleri üzerine etkisi* (Yüksek Lisans Tezi). Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın, Türkiye.

Asan, A. (2018). İyon-Seçici Elektrotlar Kullanılarak Samsun-Çarşamba Bölgesindeki Topraklarda Kalsiyum ve Magnezyum Tayini. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi,* 5(3), 201-208.

*Atomic emission spectroscopy*. (2022, February 15). FL: Wikipedia Foundation, Inc. Retrieved February 15, 2022, from https://en.wikipedia.org/wiki /Atomic_emission_spectroscopy

Hikmet, D. ve Yılmaz, O. (2012). Gaziantep Sanayi Atık Sularında Arıtma Öncesi ve Sonrası Ağır Metal Düzeyleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 24(1), 19-24.

Kaptanoğlu, S. ve Bakır, A. (2017). Van Gölü'ne Dökülen Engil Çayı'nın Mansabındaki Su ve Toprak Örneklerinde, Ağır Metal Miktarlarının Mevsimsel Değişimlerinin İncelenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,* 22(2), 102-109.

Mutlutürk, E. ve Öz, S. (2020). *Aletli Analiz Laboratuvarı.* Ankara: İksad Yayınevi.

Oyewo, O. A., Adeniyi, A., Bopape, M. F. ve Onyango, M. S. (2020). Heavy metal mobility in surface water and soil, climate change, and soil interactions. Prasad, M.N.V., Pietrzykowski M. (Ed.), Climate Change and Soil Interactions içinde (51-88 ss.). Amsterdam: Elsevier.

Reynolds, R. J. ve Thompson, K. C. (1978). *Atomic absorption, fluorescence, and flame emission spectroscopy: a practical approach.* New York: Wiley.

Rudovica, V., Viksna, A., Actins, A., Tjutrins, J. ve Zarina, G. (2007*). Analysis Of Archaeological Soil Material By Flame Photometry And X-Ray Powder Diffractometry*. Paper Presented at Information Conference: International conference Eco-Balt 2007, Riga, Latvia, 10-11 May 2007.

Rutzke M.A. (2018) Atomic Absorption, Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy, and Infrared Spectroscopy. White W.M. (Ed.) *Encyclopedia of Geochemistry: Encyclopedia of Earth Sciences Series* içinde. Berlin: Springer.

Skoog, D. A., Holler, F. J. ve Crouch, S. R. (2007). *Instrumental analysis* (Vol. 47). Belmont: Brooks/Cole, Cengage Learning.

Spiegel, H. (2002). Trace element accumulation in selected bioindicators exposed to emissions along the industrial facilities of Danube Lowland. *Turkish Journal of Chemistry*, 26(6), 815-824.

Srivastava, N. ve Majumder, C., 2008. Novel biofiltration methods for the treatment of heavy metals from industrial wastewater. *Journal of Hazardous Materials*, 151, 1-8.

Thompson, M. (2012). *Handbook of inductively coupled plasma spectrometry*. Berlin: Springer Science & Business Media.

Taban, S., Turan, M. A., Sezer, S. M. ve Türkmen, N. (2013). Kastamonu Taşköprü yöresinde yetiştirilen sarımsak bitkisinin selenyum içerikleri ve bazı toprak özellikleri arasındaki ilişkiler. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi,* 27(1), 39-48.

Türker, A. (2020). *Bor minerallerinde eser element tayini* (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.

Taheri, K. ve Rahneshan, N. (2014). Determination of mineral elements in soil, citrus limunum juice and citrus Limetta juice samples by flame photometry and atomic absorption spectrometry methods. *Biquarterly Iranian Journal of Analytical Chemistry*, 1(2), 121-125.

Yazdani, A. A., Saffari, M. ve Ranjbar, G. (2019). Effect of Application of Treated Wastewater on Seed Yield and Heavy Metals Content of Safflower Cultivars. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 21(5), 1277-1286.

Yıldız, A., Genç, Ö. ve Bektaş, S. (1997). *Enstrümental Analiz Yöntemleri.* Ankara: Hacettepe Üniversitesi Yayınları.

# BÖLÜM 7

## BİTKİLERDE FUNGAL HASTALIKLARIN KONTROLÜNE YÖNELIK GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

Arş. Gör. Işıl SARAÇ SİVRİKAYA[1]

Dr. Öğr. Üyesi Abdullah GÜLLER[2]

[1] Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Bingöl, Türkiye, eposta: isarac@bingol.edu.tr, Orcid: 0000-0002-5991-2173

[2] Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Bingöl, Türkiye, eposta: aguller@bingol.edu.tr, Orcid: 0000-0003-3887-4208

## 1. Giriş

Bilinen fungus türlerinin çoğu saprofittir. Tanımlanan fungusların %10'undan azı bitkilerde kolonize olabilir. Bitki patojeni funguslar ise , bu %10' luk dilimin daha da küçük bir bölümünü oluşturur. Bitki patojeni funguslar, ürün veriminde önemli kayıplara neden oldukları gibi epidemilere de sebep olmaktadır. Bu nedenlerle bilim insanları, bitki yetiştiricileri ve çiftçiler bitki patojeni funguslarla mücadele etmektedir (Knogge, 1996 ; Gonzalez-Fernandez ve ark., 2010). Ticari tarım; kültür bitkisini fungal patojenlere karşı korumak amacıyla kimyasal fungisitlerin uygulanmasına dayanır. Kimyasal fungisit kullanımı yüksek etkiye sahiptir, hızlı sonuç verir, bilinçli ve kontrollü kullanıldığında ekonomiktir ve ürünü patojenlerden koruyabilmektedir (De Waard ve ark.). Fakat kimyasal fungisitlerin kolay uygulanabilmeleri ve düşük maliyetleri oluşları aşırı kullanıma yol açmaktadır (Youssef ve ark., 2019). Fungisitlerin yanlış kullanımı, faydalı yaşam sistemleri, çevre, insan ve hayvan sağlığı üzerinde toksik etkilere sebep olmaktadır. Ayrıca, bitki patojeni fungusların direnç geliştirmeleriyle , tedavi ve mücadeleleri giderek daha zor hale gelmektedir. Türkiye' de pestisit kullanımı gelişmiş ülkelere kıyasla oldukça düşüktür. Fakat, entansif tarım yapılan Ege, Akdeniz gibi bölgelerdeki kullanımı ülke ortalamasının çok üzerindedir. Türkiye'de genel olarak az pestisit tüketilmesine karşın, en çok kullanılan pestisitler çevre ve sağlık bakımından risk taşımaktadır (Delen ve ark. 2005). Kimyasal ve sentetik fungisitlere alternatif olan sağlıklı, toksik olmayan ve çevre dostu uygulamaların geliştirilmesi,

bitki fungal enfeksiyonlarının kontrolünde çok faydalıdır (Youssef ve ark., 2019; Hussien ve ark. 2018; Roberto ve ark. 2019; Porteous-Álvarez ve ark., 2021). Bitki patojeni fungusların sebep olduğu hastalıklara karşı güvenli ve etkili alternatif kontrol araçları; fitopatojenik fungusların biyolojik kontrolünü (Nega, 2014), mikrobiyal fungisitler (Moreno-Gavíra ve ark., 2021), botanik fungisitler (Yoon ve ark., 2013), agronanoteknoloji (Patel ve ark. 2014; Atiq ve ark., 2020) ve hayalet tekniklerin kullanılmasını içermektedir (El-Baky ve Amara, 2021). Bu makalede, bitki fungal hastalıklarına karşı biyokontrol, biyofungisitler, mikrobiyal fungisitler, botanik fungisitler, agronanoteknoloji ve fungal hücre deaktivasyonu tekniği kullanılan hayalet teknikler gibi alternatif kontrol araçlarını derlenmiştir.

## 2. Bitki Patojeni Fungusların Biyolojik Kontrolü

### 2.1. Biyofumigasyon (Biyolojik Toprak Dezenfeksiyonu)

Bu kontrol yöntemi, toprağa taze organik madde eklenip ardından plastik örtüyle sarılması prensibine dayanmaktadır (Blok ve ark., 2000). Anaerobik koşullar ve bitki patojeni fungusların inaktivasyonuna neden olan toksik metabolitlerin üretimi için plastik örtüyle kaplı topraktaki organik madde fermantasyonu kullanır. Bitki patojeni fungusları inaktive edebilmek için; biyofumigasyon kullanılarak farklı bitki türlerindeki bilinen toksik molekülleri, biyodezenfeksiyon kullanarak ise organik maddelerle oluşturulan anaerobik koşulların oluşturulması tekniği Lamers ve arkadaşları tarafından daha da

geliştirilmiştir (Lamers ve ark., 2004). Alliaceae (soğan) familyasının bitki türleri, bitki patojeni fungusları doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen toksik moleküller üretirler. Örneğin, sarımsak ve soğanın bozulan dokuları, bitki patojeni funguslara karşı biyosidal disülfidlere dönüştürülen kükürt (zwiebelanes and thiosulfinates) salınımına yol açar (Arnault ve ark. 2004). Blok ve arkadaşları, lahana veya çavdar çimi gibi taze organik maddeleri toprağa karıştırıp plastik örtü ile kapatarak toprak kökenli fungusların (*Fusarium oxysporum ve Rhizoctonia solani*) kontrolünün sağlanabildiğini bildirmiştir (Blok ve ark., 2000). Bu yöntemler, insan solunum sistemine ve merkezi sinir sistemine zarar veren yasaklanmış metil bromür ile dezenfeksiyonun yerine umut verici bir alternatif oluşturmaktadır. Mısır'da, fasulyelerde görülen *Rhizoctonia solani* enfeksiyonuyla mücadelede Hint hardalı *(Brassica juncea*) ile biyofumigasyon kullanılan bir çalışma yapılmıştır. *Brassica juncea*'yı taze ve kuru olarak, metanol özü ve tohum tozu olarak kullanmışlardır (Abdallah ve ark., 2020). Güneybatı Fransa'da yapılan çalışmada, ayçiçeğinde verticillium solgunluğu'na karşı biyofumigasyonda Brassicaceae ve Fabaceae karışımları uygulanmış ve verticillium solgunluğunu önemli ölçüde azalttığı tespit edilmiştir (Ait Kaci ve ark., 2022).

### 2.2. Baskılayıcı Topraklarda Antagonistik Mikroorganizmaların Kullanımı

Bitki patojeni funguslar, baskılayıcı toprak kullanılarak kontrol edilebilir. Baskılayıcı topraklar ; patojene karşı antagonistik mikroorganizmalar (fitopatojenik funguslara karşı antagonistik

mikroorganizmalar) içerir. Böylelikle bitki fungal hastalıkları baskılanmaktadır (Cha ve ark., 2016). Baskılayıcı topraklarda çeşitli antagonistik mikroorganizmalar tanımlanmıştır. Fakat funguslar, patojenleri ve hastalıkları baskılama yeteneğine sahip olan dominant mikroorganizmalar olarak tespit edilmiştir. Örneğin, *Phytophthora palmivora*'nın neden olduğu papaya kök çürüklüğü hastalığıyla mücadele etmek için, papaya fideleri baskılayıcı toprağa ekilmiş ve ardından enfekteli toprak eklenmiştir (Nega, 2014). Bu kontrol metodu, papaya köklerini korumak için erken dönemde (fideler) izlenmiştir, çünkü papaya kökleri *Phytophthora palmivora*'ya sadece bitki gençken hassastır. Sürekli papaya tarımı yapılan tarlalarda meydana gelen *Phytophthora palmivora* enfeksiyonundan ari olduğu için, kullanılan ana toprak, daha önce papaya yetiştirilmemiş olan topraklardan elde edilmiştir. Baskılayıcı toprak olmadan enfekteli toprağa dikilen papaya fidelerinin yaklaşık %42'si, ekimden üç ay sonra ölmüştür, enfekteli toprağa baskılayıcı toprak eklenerek dikilenlerin tümü hayatta kalmıştır. Bir diğer örnekte ise baskılayıcı topraklar, solgunluk hastalığına neden olan bitki patojeni *Fusarium oxysporum*'un mücadelesinde kullanılmıştır (Alabouvette ve ark., 2009). Diğer bir çalışmada, Fusarium solgunluğu için Chateaurenard'dan gelen baskılayıcı topraklar kullanılmış ve bu topraklarda *Fusarium* solgunluğunun baskılanmasında önemli bir rol oynayan yeni bakteri ve funguslar cinslerini tanımlanmıştır ( Siegel-Hertz ve ark., 2018). Bazı durumlarda, aynı mahsulün patojene elverişli bir toprakta sadece monokültürlerinin tarımının yapılması, yıllarca şiddetli enfeksiyon görülmesine ve sonrasında bitki fungal hastalığının azalmasına neden

olabilir. Çünkü zamanla fungal patojene karşı antagonistik mikroflora artışı olacaktır (Kim ve ark., 2019). Çeşitli tahıl türlerinin birlikte ekiminin, hastalık kontrolünde monokültüre göre daha avantajlı olduğunu ileri sürülmektedir (Boudreau, 2013; Larkin, 2015).

Fitopatojenik fungusların kontrolünde toprak baskılama tekniğinin kullanımının başka bir örneği ise, toprak ıslahına uygun mahsullerin yetiştirilmesidir. (Inderbitzin ve ark., 2018; Panth ve ark., 2020). Bu bitkiler (çoğunlukla turpgiller) patojenlerin biyolojik kontrolü için toprakta yerleşik antagonistik mikroflora sunmaktadır. Örneğin, marul beyaz çürüklük hastalığına neden olan *Sclerotinia sclerotiorum'un* biyolojik kontrolü, toprağa brokoli eklenmesiyle sağlanabilmektedir (Agrios, 2005).

### 2.3. Bitki Patojeni Fungusların Mikrobiyal Kontrolü

Kimyasal sentetik fungisitlerin güvenliğine ilişkin incelemeler, mikrobiyal fungisitlerin geliştirilmesini ve kullanımını teşvik etmektedir. Bitki fungal hastalıklarının biyolojik kontrolü için kullanılan iki tür mikrobiyal fungisit türü vardır. Birinci tipte , direkt hedef bitki patojeni fungusla çeşitli mekanizmalar vasıtasıyla etkileşime geçilir. Bunlar; parazitizm, hedef patojene karşı antibiyotik üretimi ya da toprak kökenli funguslara karşı gıda, su ve yer için (aynı nişi paylaştıklarından dolayı) rekabete geçmektir. İkinci tip, virülent patojenlere karşı bitki direncini uyararak hedef bitki patojeni fungusu dolaylı olarak etkilemektedir. Bu uyaran, düşük virülantlı bir patojen ırkı ya da başka bir mikrobiyal tür veya bunların ürünleri

olabilmektedir. Genel olarak, bitki fungal hastalıklarının biyolojik kontrolü için kullanılan mikrobiyal antagonistler, birçok mekanizmaya sahiptir. Örneğin *Trichoderma* türleri, parazitizm, fungus hücre duvarını bozan antibiyotik ve enzimlerin üretimi, nitrojen veya karbon için rekabet ve bitki gelişimini teşvik eden oksin benzeri bileşikler üreterek toprak kökenli funguslara karşı etki etmektedir (Vinale ve ark., 2008; Degani ve ark., 2020).

Toprak üstü bitki aksamında hastalıklara neden olan toprak kökenli bitki patojeni funguslara karşı kullanılmak üzere çeşitli mikrobiyal antagonistler geliştirilmiş ve ticarileştirilmiştir. Trichoderma türleri, örneğin *Trichoderma harzianum, Fusarium, Rhizoctonia* ve birçok toprak kökenli fungusların sebep olduğu bitki fungal hastalıklarının biyolojik kontrolü için en yaygın kullanılan mikrobiyal antagonistlerden biridir (Harman, 2006). Diğer bir mikrobiyal fungisit, Sclerotinia sclerotiorum'un neden olduğu marul, kanola, turpgiller, fasulye ve havuç enfeksiyonlarının biyolojik kontrolü için kullanılan *Coniothyrium minitans*'tır. Yapılan bir çalışmada *Amaranthus albus*'un %1 ve %2'lik konsantrasyonları *Fusarium moniliforme*'nin misel gelişimini %66.7 oranınında etkilediği bildirilmiştir. *Trichoderma harzianum* izolatları *F. moniliforme*'ye karşı antagonistik aktivite göstermiştir. Amaranthus ekstraktlarının %2'lik konsantrasyonları ortamlara eklendiğinde de *T. harzianum, F. moniliforme*'nin gelişimini engellemiştir (Cevheri ve Küçük 2009). Diğer bir mikrobiyal fungisit ise *Sclerotinia sclerotiorum*'un enfeksiyona neden olduğu marul, kanola, turpgiller, fasulye ve havuçta biyolojik kontrol için kullanılan

Coniothyrium minitans'tır (Whipps ve ark., 2008). Paenibacillus jamilae HS-26 bakterisinin, hücre dışı antifungal metabolitleri serbest bırakarak ve hidrolitik enzimlerin sentezi yoluyla toprak kökenli çok sayıda fungal patojenin üzerinde güçlü antagonistik etkilere (fungusların misel gelişimini inhibe ederek) sahip olduğu bildirilmiştir (Wang ve ark., 2019). Streptomyces cellulosae Actino 48 formülasyonlarının, Kitinaz üreterek toprak kökenli yer fıstığı hastalıklara neden olan *Sclerotium rolfsii*'yi kontrol ettiği rapor edilmiştir (Abo-Zaid ve ark., 2021). Mikrobiyal fungisitlerin formülasyonları, ekim öncesi toprağa veya doğrudan bitki köklerine uygulanan sıvı süspansiyonlar, granüller veya tozlardan oluşmaktadır. Ayrıca konvensiyonel spreyler olarak hasat sonrası meyvelere, bitki gövdelerine veya yapraklara uygulanabilirler. Ayrıca özel olarak geliştirilmiş uygulama metotları sayesinde, bal arıları tozlaşma esnasında taşıyabilirler (Kim ve ark., 2019). Arılar genellikle yaban mersini çiçeklerinde tozlaşma yaptığı esnada *Monilinia vaccinii-corymbosi* (yabanmersini mumya hastalığına neden olan fungus) taşımaktadır. Aynı zamanda, arılar 'uçan doktorlar' gibi davranarak bakteriyel fungus ilacı olan *Bacillus subtilis*'i hastalığı bastırmak için yaban mersini çiçeklerine verebilmektedir (Dedej ve ark., 2004). Bu bilgilere ek olarak, endofitik bakteri olan *Bacillus mojavensis*'in *F. oxysporum, R. solani* ve *Sclerotinia sclerotiorum* dahil olmak üzere çeşitli bitki patojeni fungusa karşı fungisit olduğu rapor edilmiştir (Camele ve ark., 2019).

## 2.4. Bitkisel Fungisitler

Yayınlanmış birçok çalışmada , bitki ekstraktlarının in vitro koşullarda önemli antifungal aktiviteler sergiledikleri bildirilmiştir. Bitki özlerinin antifungal aktivitelerini saptamak için agar deneyleri uygun bir şekilde kullanılamaz, bitki özlerinde bulunan bazı antifungal bileşikler polar olmadığından agarda iyi yayılmamaktadır (Shuping ve Eloff, 2017). Elde edilen sonuçlar, agarda yayılımı etkileyen faktörlerin çeşitliliği nedeniyle bir laboratuvardan diğerine oldukça değişken sonuçlar vermektedir. Bitkilerden elde edilen çok sayıda uçucu yağ, ürünlerin hasadı öncesinde başlayan ve gelişen fungal enfeksiyonları baskılar ve böylece depolanan sebze ve meyvelerin raf ömrünü uzatır(Tripathi ve Dubey, 2004; Raut ve Karuppayil, 2014). Ayrıca depolanan meyvelerin hasat sonrası çürümesine sebep olan bazı fungus türleri tarafından mikotoksin üretimini de engelleyebilmektedir (Sivakumar ve Bautista-Banos, 2014). Bazı bitkiler, çeşitli bitki fungal hastalıklarına karşı, çeşitli antimikrobiyal maddeler üretebilmektedir (Martínez, 2012). Fitoanticipinler ve fitoaleksinler gibi bu doğal fungisitlerin yapıları, moleküler ağırlıkları, işlevleri ve sınıflandırmaları bakımından farklılık göstermektedir (Ribera ve Zuniga, 2012). Bitki patojeni fungusların mücadelesi için kullanılan doğal fungisitler tarafından üretilen ikincil metabolitler arasında fenolikler, yağ asitleri, flavonoidler, alkaloidler, glikozitler, terpenoidler ve tanenler bulunur. Bitki ekstraktları genellikle çeşitli kimyasalları (antifungal bileşikler) birlikte bulundurma avantajına sahiptir ve fitopatojenik funguslara karşı sinerjik bir şekilde çalışmaktadır (Masoko ve Eloff, 2005). Ayrıca bu

bileşik karışımları tarafından kullanılan çeşitli antifungal etki mekanizmaları, fungal fitopatojenlerin direncinde azalmaya neden olabilmektedir.

### 2.4.1. Milsana

Milsana, başta külleme olmak üzere serada yetiştirilen bitkileri etkileyen bazı enfeksiyonların azaltılmasında kullanılan *Reynoutria sachalinensis* bitkisinden etanol kullanılarak ekstrakte edilen bitkisel bir fungisittir (Konstantinidou-Doltsinis ve ark., 2006). Milsana'nın buğdayda külleme hastalığını baskılamak için kullandığı kontrol mekanizması, antifungal aktivitesinin yanı sıra bitkinin direnç mekanizmasını da uyarmaktadır. Bu bitkisel fungisit, ekimden 48 saat önce bir kez sprey olarak uygulandığında seralardaki genç fideleri etkileyen küllemeyi yaklaşık %97 oranında azaltmaktadır (Bokshi ve ark., 2008; Reglinski, 2009). Milsana, patojen enfeksiyonuna yanıt olarak bitkiler tarafından hipersensitive dokularda sentezlenen ve biriktirilen antimikrobiyal bileşikler olan fitoaleksinler, bitkinin direncini ve doğal bağışıklık sistemini uyarır (Copping, 2004). Yapılan bir çalışmada, hıyarda külleme (*Sphaerotheca fuliginea* Schlecht, Fr. Poll.) insidansını azalttığı gösterilmiştir. Bu çalışmada, hıyar yapraklarından ekstrakte edilen fenolik bileşikler ve Milsana'nın küllemeye karşı koruması fungal toksisiteler açısından analiz edilmiştir. Altı bileşik ortaya çıkmıştır. Bu bileşikler hıyarda ilk tespit edilen fitoaleksinlerdir. Ana bileşik, p-kumarik asidin metil esteri olarak tanımlanmıştır (Daayf ve ark., 1997).

### 2.4.2. Jojoba yağı

Bu bitkisel yağ, jojoba tanelerinden elde edilmektedir. Üzüm ve süs bitkilerinde külleme hastalığını etkili bir şekilde kontrol etmektedir. Ayrıca, yüksek sıcaklıklarda bile stabil oluşu, jojoba yağının tüm iklim koşullarında geniş ölçüde işlevsel bir fungisit olmasını sağlamaktadır (Copping, 2004; Abdu-Allah ve Abo-Elyousr 2017). Bu bitkisel fungisit, yaklaşık %1'lik bir konsantrasyonda püskürtülür (Copping, 2004).

### 2.4.3. Bitki Uçucu Yağları

Bitki uçucu yağları, bitkilerden elde edilen uçucu kimyasal bileşiklerden oluşan konsantre sıvılardan oluşmaktadır. Genellikle damıtma, ekspresyon, solvent ekstraksiyonu veya reçine musluğu ile ekstrakte edilmektedirler. Yiyecek ve içeceklerde tatlandırıcı olarak , kozmetikte; parfümler, sabunlar vb. ve aromatik bileşiklerin iyileştirici etkisinden faydanarak aramoterapi de (alternatif tıp) kullanım alanı vardır (Linskens ve ark., 1991). Fesleğen ve naneden elde edilen uçucu yağların (nane esansiyel yağında mentol ve fesleğen yağında linalool/öjenol) *Rhizopus stolonifer* ve *Sclerotinia sclerotiorum*'un da dahil olduğu bazı bitki patojeni funguslara karşı antifungal aktiviteye sahip olduğu kanıtlanmıştır (Edris ve Farrag 2003). Ayrıca, *Calocedrus macrolepis* uçucu yağı ve bileşenlerinin *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, *Rhizoctonia solani*, *Pestalotiopsis funerea* ve *Colletotrichum gloeosporioides* üzerinde antifungal etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Chang ve ark., 2008). Başka bir çalışmada, yirmi

beş farklı tıbbi bitki türünden elde edilen uçucu yağların, altı tane toksinojenik ve patojenik fungus türü (*Fusarium verticillioides, Fusarium oxys-porum, Aspergillus fumigatus, Aspergillus flavus, Penicillium brevicompactum* ve *Penicillium expansum*) üzerinde engelleyici etkilere (fungusların misel gelişimini engelleyerek) sahip olduğu belirlenmiştir (Zabka ve ark., 2009). *Eucalyptus globulus* Labill, *Nigella sativa* L. ve *Allium cepa* L.'den ekstrakte edilen uçucu yağların *Rhizoctonia solani, Sclerotinia sclerotiorum, Fusarium oxysporum, Fusarium verticillioides* ve *Fusarium solani*'ye karşı antifungal aktiviteye sahip olduğu bildirilmiştir (Elgorban ve ark., 2015). *Majorana hortensis, Verbena officinalis* ve *Salvia officinalis*'ten ekstrakte edilen üç uçucu yağın kimyasal bileşimini karakterize etmiş ve bunların *Colletotrichum acutatum* ve *Botrytis cinerea*'ya karşı antifungal aktivitelerini tespit etmişlerdir. Kullanılan uçucu yağların tümü karvakrol/timolden oluşmakta, bir kısmı monoterpen bileşiklerinden oluşmaktadır (Elshafie ve ark., 2016). Elshafie ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada *Solidago canadensis* L.'den elde edilen uçucu yağın *Aspergillus niger, Botrytis cinerea, Monilinia fructicola* ve *Penicillium expansum* gibi bazı hasat sonrası bitki patojeni fungusların üzerinde antifungal etkisi tespit edilmiştir (Elshafie ve ark., 2019).

*Origanum heracleoticum* L. ve *O. majorana* L.'den elde edilen iki uçucu yağın, bazı hasat sonrası funguslara (*Aspergillus niger, Penicillium expansum, Botrytis cinerea* ve *Monilinia fructicola*) karşı in vitro koşullarda antifungal aktiviteye sahip olduğu bildirilmiştir

(Della ve ark., 2019). Başka bir çalışmada, buğday başağındaki gelişmelerini ve mikotoksin üretimlerini kısıtlamak için *Fusarium culmorum* ve *Fusarium graminearum*'a karşı antifungal etki gösteren bazı uçucu yağları kullanmıştır (Perczak ve ark., 2019). Saraç Sivrikaya ve ark. yapmış olduğu çalışmadan elde edilen verilere göre, *Rosmarinus officinalis* L. uçucu yağının yüksek dozu (4 µl ml-1) *Fusarium solani*'ye karşı %71,72 etki göstermiş ve doz seviyesi arttıkça antifungal etkinin de arttığı belirlenmiştir. *Origanum onites* L. uçucu yağı, uygulanan üç dozda *Fusarium solani*'nin misel gelişiminde %78,91-%82,70 oranları arasında engelleme göstermiştir (Saraç Sivrikaya ve ark., 2021). Çakar ve ark. yapmış olduğu çalışmanın sonuçları istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, artan *Satureja hortensis* uçucu yağ konsantrasyonlarının fungusun misel gelişimini baskıladığı, lavanta yağının ise herhangi etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Çakar ve ark., 2021). Literatürde çeşitli uçucu yağların bitki patojeni funguslar üzerinde antifungal etkiye sahip olduğu tespit edilmesine karşın, bunların pratikte uygulama alanları nadirdir (Raveau ve ark., 2020).

### 2.4.4. Sinnamaldehit

Sinnamaldehit, tarçın uçucu yağından elde edilmektedir. *Sclerotinia homoeocarpa, Verticillium fungicola* ve *Fusarium moniliforme*'i etkili bir şekilde kontrol edebilmektedir (Copping, 2004). Tarçının, odun çürümesine neden olan funguslara karşı antifungal aktiviteye sahip olduğu bildirilmiştir (Wang ve ark., 2005). Sinnamaldehitin ayrıca kalasların birleşme yerlerinde çürümeye neden olan fungusların

üzerinde de antifungal etkiler gösterdiği belirtilmiştir (Cheng ve ark., 2008). Ayrıca, Khan ve ark. sinnamaldehitin, uçucu yağların diğer temel bileşenleri (sitral, öjenol veya geraniol) arasında en yüksek antifungal etkiye sahip olduğunu belirtmiştir. *Trichophyton rubrum* ve *Aspergillus fumigatus*'un funguslarının gelişimi üzerinde en yüksek inhibitör etkiyi göstermiş, bunların virülanslarını ve hiflerin üst yapısını olumsuz şekilde etkilemiştir (Khan ve ark., 2011).

### 2.4.5. Fenolik Bileşikler

Birçok çalışma, tıbbi bitkilerin antifungal aktiviteye sahip fenolik bileşikler ürettiğini bildirmiştir (Cho ve ark., 2006; Cho ve ark., 2006; Choi ve ark., 2008; Yoon ve ark., 2013; Pizzolitto ve ark., 2015 ). Bu bitki fenolleri basit fenolikler, antrakinonlar, flavonoidler ve kumarinler olarak sınıflandırılmaktadır. *Curcuma longa* rizomlarından saflaştırılan kurkuminoidlerin (polifenolik pigmentler) in vivo çalışmalarda çeşitli bitki patojeni funguslara karşı antifungal etki gösterdiği belirtilmiştir (Yoon ve ark., 2013; Cho ve ark., 2006; Cho ve ark., 2006). Metanol ile ekstrakte edilen *C. longa*'nın rizomları, başlıca kurkumin, bisdemetoksikurkumin ve demetoksikurkumin olmak üzere üç kurkuminoid içerir. *C. longa* kurkuminoidleri arasında demethoxycurcumin domates geç yanıklığı ve pirinç yanıklığı üzerinde en yüksek antifungal etkiyi göstermiş, bunu kurkumin izlemiştir. Ayrıca, *C. longa* kurkuminoidleri, kırmızı biberde antraknoza neden olan *Colletotrichum coccodes* 'de misel gelişimini engellemenin yanı sıra spor çimlenmesini de etkili bir şekilde inhibe edebilmektedir. Metanol ile ekstrakte edilen *Myristica malabarica'nın* meyve

kabuklarının, bitki patojeni funguslara karşı antifungal aktivite sergileyen malabarikonlar (diarilnonanoidler) içerdiği bildirilmiştir (Choi ve ark., 2008).

### 2.4.6. Alkaloid Bileşikleri

Alkaloid bileşikler halkalarında nitrojen barındırır ve heterosiklik halkalarındaki izokinolin alkaloitlerine, piridin alkaloitlerine ve indol alkaloitlerine göre sınıflandırılmaktadır. Bitkiler tarafından üretilen alkaloidler, bitki patojeni funguslara karşı fungisit olarak tanımlanmıştır (Singh ve ark., 2007; Jiménez-Reyes ve ark., 2019). Bunun bir örneği, bazı bitki patojeni funguslara karşı fungisidal aktiviteye sahip olan piperidin alkaloidinin *Piper longum*'dan elde edilmesidir (Lee ve ark., 2001). Ayrıca, *Chimonanthus praecox* (Japon yenibaharı) tohumlarından elde edilen iki alkaloidin beş önemli bitki patojeni fungusa karşı fungisit aktiviteye sahip olduğu bulunmuştur (Zhang ve ark., 2009). Başka bir çalışmada, *Phyllanthus amarus'un* kökünde bulunan allosecurininenin beş bitki patojeni fungusa karşı in vitro koşullarda fungisidal aktiviteye sahip olduğu (fungus sporlarının çimlenmesini inhibe ettiği) bulunmuştur (Singh ve ark., 2007). Ayrıca, *Datura metel*'den izole edilen dihidropirol, *Aspergillus fumigatus, A. flavus ve A. niger* üzerinde in vitro koşullarda fungisit etki göstermektedir (Abad, 2007). Singh ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada *Argemone mexicana*'dan izole edilen bir kuaterner alkaloit karışımının on fitopatojenik fungusa karşı antifungal aktiviteye (spor çimlenmesini engelleyerek) sahip olduğunu bildirmiştir. Bitki alkaloidlerinin in vitro koşullarda bu önemli antifungal etkinliği, bazı

bitki fungal hastalıklarını kontrol etmek için tarlada kullanılabilir (Singh ve ark., 2010).

## 3. Bitkilerde Fungal Hastalıkların Kontrolünde Agronoteknoloji kullanımı

Nanoteknoloji, günlük yaşamda birçok kullanım alanı olan nano ölçekli (0.1 ila 100 nanometre boyutundaki malzemelere dayanan) bir teknolojidir. Nanoteknoloji, biyolojik, kimyasal ve fiziksel sistemlerde mikron altı parçacıkların, moleküllerin veya tek tek atomların kullanıldığı teknolojidir (Morones ve ark., 2005). Nanoteknoloji araştırmaları, mevcut antimikrobiyal ajanların boyutlarını kontrol ederek, biyolojik etkilerinin yeniden keşfedilmesini içerir. Bakteriyel, fungal ve viral patojenleri kontrol etmek için nano boyutlu çeşitli inorganik ve organik antimikrobiyal partiküller kullanılmıştır (Patel ve ark., 2014; Sakr ve ark., 2018; Elshafie ve ark., 2019; Mohamed ve ark., 2021). Son yıllarda nano malzemeler içeren nano gübre veya nano pestisit ürünleri tarımda uygulama alanı bulmuştur. Nanopartikülleri (özellikle metalik olanlar)sentezlemek için mikroorganizmalar, bitki özleri, deniz organizmaları ve mikro sıvılar gibi biyolojik materyaller kullanılmıştır (Roberto ve ark., 2019; Azizi ve 2013; Agarwal ve ark., 2017; Singh ve ark., 2018). Bitki özlerinin "yeşil sentez" birincil ve ikincil metabolitleri kullanılarak biyolojik olarak indirgenen nanopartiküller, en istikrarlı, ekonomik ve çevre dostu nanopartiküllerdir (Shabaaz Begum ve ark., 2020). Bitki özlerinin bu birincil ve ikincil metabolitleri, yalnızca bitki gelişimini teşvik etmek, fungal patojenleri baskılamak ve hastalıkları etkili bir şekilde

azaltmakla kalmaz, aynı zamanda metal iyonlarının stabilizasyonuna ve azaltılmasına yardımcı olmaktadır. Bunun yanı sıra bir elektron mekiği olarak hareket ederek çevre dostu nanoparçacıkları sentezleyebilmektedir (Mittal ve ark., 2013; Banerjee ve ark., 2014).

### 3.1. Gümüş Nanopartiküller (Ag NP'ler)

Tarım alanında gümüş uygulamalarının kullanımı son yıllarda ivme kazanmıştır. İnsanları enfekte eden patojenlere karşı Ag NP'lerin antimikrobiyal etkisinin keşfedilmesine yönelik değerli çalışmalar yapılmıştır. Az sayıda olsa da, Ag NP'lerin fitopatojenik funguslara karşı fungisidal aktiviteleri araştırılmıştır (Elamawi ve ark., 2018). Ag NP'lerin çeşitli funguslara karşı in vitro koşullarda antifungal aktivitesi belirlendikten sonra dahi, tarlalarda fitopatojenik fungusların kontrolünde kayda değer bir uygulaması bulunmamaktadır. Ayrıca, toprağa ilave edilen Ag NP'lerin ya da tohum ve fideleri için kaplama olarak kullanımının, bitki gelişimini teşvik etmenin yanı sıra fitopatojenik fungusları kontrol etme yeteneğine sahip olduğu da doğrulanmıştır. Gümüş nanoparçacıklarının yeşil sentezi, en istikrarlı süreçtir (Protima ve ark., 2015). Bir çok araştırmacı tarafından, Ag NP'lerin yeşil sentezi için farklı bitki kaynakları bildirilmiştir (Pawan ve ark., 2017). İlk olarak, gümüş nanopartiküllerinin sentezi için yonca bitkisi kullanılmıştır (Gardea-Torresdey ve ark., 2003). Ahmad ve ark., altın ve gümüş nanoparçacıklarını sentezlemek için indirgeyici ajan olarak *Punica granatum* kabuklarının ekstraktını kullanmıştır (Ahmad ve ark., 2012). Başka bir çalışmada, Ag NP'lerin yeşil sentezi için *Ziziphora tenuior* yapraklarının ekstresi kullanılmıştır (Sadeghi, 2015).

Yeşil sentezyoluyla sentezlenen Ag NP'ler, yaygın olarak su sanitasyonunda dezenfektan olarak kullanılmıştır (Deshmukh ve ark., 2019). Gümüş nanopartiküllerin hızlı sentezi için *Acalypha indica* bitkisinin yaprak özü kullanılmıştır (Krishnaraj ve ark., 2012). *Rhizoctonia solani, Sclerotinia sclerotiorum, Alternaria alternata, Botrytis cinerea, Macrophomina phaseolina ve Curvularia lunata* gibi çeşitli bitki patojeni funguslara karşı 15 mg'lık konsantrasyon kullanılarak antifungal aktivitesi bildirilmiştir (Swamy ve Nargund, 2017). 1 mM konsantrasyonda AgNO3'ü %10 konsantrasyonda *Thevetia peruviana* tohum ekstraktı ile karıştırılarak Ag NP sentezlenmiştir. Mısırda yaprak lekesi hastalığına neden olan *Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn'e karşı antifungal etkinlikleri bildirilmiştir. Çalışmalar, gümüş nanopartiküllerinin, bitki patojeni fungus sporlarının kolonyal oluşumunu önemli ölçüde etkilediği gösterilmiştir. Bu nedenle, gümüş nano parçacıklarının tarımda kullanılması bu nano parçacıkların üstün etkinliği ile sonuçlanabilir. nanopartiküller, bitki patojeni fungusların germ tüpleri ile sporlara doğrudan temas ederek fungal canlılığı baskılayabilmektedir (Krishnaraj ve ark., 2012).

### 3.2. Çinko Oksit Nanopartiküller (ZnO NP'ler)

*Parthenium hysterophorus* L. yapraklarının ekstraktı ile ucuz ve çevre dostu çinko oksit nanoparçacıklarının sentezlenmesi için bir çalışma yürütülmüştür ve bu nanoparçacıkların *Aspergillus flavus* ve *Aspergillus niger* ‘in gelişmini etkili bir şekilde azaltabildiğini gösterilmiştir (Rajiv ve ark., 2013). Çinko oksit nanoparçacıklarını

sentezlemek için yeşil çayın (*Camellia sinensis*) yaprak ekstraktı kullanılmıştır ve *Aspergillus fumigatus, Aspergillus flavus* ve *Aspergillus niger*'e karşı antifungal etkisi olduğu bildirilmiştir (Senthilkumar ve Sivakumar, 2014). *Syzygium aromaticum* bitkisinin çiçeklerinin tomurcuk ekstraktı kullanılarak sentezlenen ZnO NP'lerinin, fungus misellerinin gelişimini ve mikotoksin üretimini engelleyerek *Fusarium graminearum*'un kontrol altına alınabildiği bildirilmiştir (Lakshmeesha ve ark., 2019). Başka bir çalışmada, Okaliptüs globülleri tarafından biyolojik olarak üretilen çinko oksit nanoparçacıklarının, *Alternaria mali, Diplodia seriata* ve *Botryosphaeria dothidea* gibi fungusların üzerinde fungisit etkiler gösterdiği kanıtlanmıştır (Ahmad ve ark., 2020).

### 3.3. Altın Nanopartiküller (Au NP'ler)

Antimikrobiyal Au NP'lerin yeşil sentezi , *Magnolia kobus* ve *Diopyros kaki* (Song ve ark., 2009), *Azadirachta indica* (Thirumurugan ve ark., 2010), *Mentha piperita* (Mubarak Ali ve ark., 2011), *Alfaalfa* (Montesve ark., 2011), *Helianthus annuus* (ayçiçeği) (Liny ve ark., 2012), *Moringa oleifera* (Anand ve ark., 2015) ve *Artemisia dracunculus* (Wacławek ve ark., 2018)‘ un taze yaprak ve çiçeklerinden elde edilmiştir. Au NP sentezi için en sık kullanılan indirgeyiciler sodyum borohidrit ve sodyum sitrattır (Ghosh ve ark., 2008). Bu Au NP'lerin ayrıca, birkaç bitki patojeni fungusun kontrolü için in vitro koşullarda antifungal etki gösterdikleri de rapor edilmiştir. Bunun bir örneği, *Abelmoschus esculentus* tohumlarının sulu ekstraktı ile sentezlenen Au NP'lerin *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus* ve

*Puccinia graminis* var. *tiritici*'ye karşı antifungal etkisi tespit edilmiştir (Jayaseelan ve ark., 2013). Başka bir çalışmada, *Agaricus bisporus* özütü ve HAuCL4 3H2O çözeltisi ile sentezlenen Au NP'ler, *Aspergillus terreus*' e kıyasla *Aspergillus flavus* üzerinde daha yüksek antifungal etki göstermiştir (Eskandari-Nojedehi ve ark., 2018). Sulu altın iyonlarının *Salix alba*'nın yaprak ekstraktına maruz bırakılmasıyla sentezlenen Au NP'ler, *Aspergillus niger* ve *Alternaria solani*'ye karşı etkili antifungal özellikler gösterirken, *Aspergillus flavus*'a karşı daha düşük antifungal aktivite göstermişlerdir. Ayrıca, bu nanoparçacıklar yüksek sıcaklıklarda istikrarsızlık göstermiştir (Islam ve ark., 2019).

### 3.4. Bakır Nanopartiküller (Cu NP'ler)

Magnolia'nın yaprak ekstraktı ile bakır nanopartiküllerin yeşil sentezi (Team ve ark., 2010), *Euphorbia nivulia* kök lateksi (Valodkar ve ark., 2011), *Carica papaya* yaprağı ekstraktı (Sankar ve ark., 2014) ve *Aloe Vera* yaprağı ekstraktı (Gunalan ve ark., 2012) ile elde edilmiştir. Shende ve ark. *Citrus medica* kullanarak nanoparçacıkların yeşil sentezi yapılmıştır ve bunların *Fusarium oxysporum*, *Fusarium culmorum* ve *Fusarium graminearum* üzerindeki engelleyici etkilerini belirlenmiştir (Shende ve ark., 2015). Bakır nanopartiküllerinin çeşitli bitki patojeni funguslara karşı in vitro koşullarda antifungal potansiyeli belirlenerek, fungal hastalıkların kontrolünde uygulanabilirler (Kanhed ve ark., 2014; Banik ve Perez-de-Luque, 2017).

## 4. Hayalet Teknikler Kullanılarak Fungal Hücrenin Etkisizleştirilmesi

Araştırmacılar, jojoba bitkisinde enfeksiyona sebep olan *Aspergillus flavus* ve *Aspergillus niger* funguslarının doku kültüründe kontrol denemesi gerçekleştirmiştir (El-Baky ve Amara,2021). Bu çalışmada, bitkilerin in vitro koşullarda doku kültürlerinin fungal patojenlere karşı korunmasında mikrobiyal hücrelerin boşaltılmasında sponge-like protokolü (Amara ve ark., 2014; Amara ve ark., 2013; Amara ve ark., 2013; El-Baky ve ark., 2018; El-Baky ve ark., 2018; Sheweita ve ark., 2019; Amara ve ark., 2014) uygulanmıştır. Bu protokolün uygulanması ve bitki fungal hastalıklarının kontrol edilmesinde hayalet teknikler kullanılmıştır. Bu çalışma, bitki fungal hastalıklarının kontrol altına alınmasında faydalı olabilecek yeni bir yaklaşımdır. Sponge-like protokolü, çeşitli uygulamalarda kullanılmak üzere mikrobiyal hayalet hücre hazırlığında temel olarak ucuz ve güvenli kimyasallardan (NaOH, SDS, NaHC03 ve H2O2) oluşmaktadır (Amara ve ark., 2013). Mikrobiyal hücre duvarında tahliye gözeneklerini oluşturmak için bu kimyasal protokolle çeşitli mikroorganizmalardan hayalet hücreler üretilmiştir (El-Baky ve Amara, 2021; Amara ve ark., 2014; Amara ve ark., 2013; Amara ve ark., 2013; El-Baky ve ark., 2018; El-Baky ve ark., 2018; Sheweita ve ark., 2019; Amara ve ark., 2014). Bu protokol, mikroorganizmaları öldürmek için aktif kimyasalların minimum inhibisyon konsantrasyonunu (minimal öldürme koşulları altında mikrobiyal hücreleri öldüren ;MIC) ve minimum büyüme konsantrasyonunu (hücrelerin kaçmasına ve yaşamasına izin veren fakat hücre duvarlarını etkileyen ;MGC) birleştirdiği için benzersizdir. Sponge-like protokolü kullanılarak fungus hücresi tahliyesiyle bitki fungal enfeksiyonu başarıyla önlenmiştir. Fungal hayalet hücre

oluşumunda herhangi bir fungus gelişimini engellemek için gereken kimyasalların NaOH, SDS, NaHCO3 ve H2O2 kritik konsantrasyonu (FGCCC) kullanılmıştır. Sprey şeklindeki fungal hücrelerin ve FGCCC çözeltilerinin birlikte uygulandığı bitkilerin kültür ortamında ya da bitki kısımlarında hiçbir fungal büyüme belirtisi gözlenmemiştir.

## 5. Diğer Gelişmeler

### 5.1. Bitki Fungal Hastalıklarının Kontrolü İçin Ultraviyole Işık Kullanımı

Bitkiler sürekli olarak böceklerin ve patojenlerin saldırılarına maruz kalmaktadır. Yüksek kaliteli aynı zamanda minimum pestisit girdisi ile ürün eldesi oldukça zordur. Bu nedenle, ürünlerdeki hastalıkları etkin bir şekilde baskılayabilen fiziksel tedaviler gibi alternatif yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır. Seralarda problem olan bitki hastalıkları ve böcek vektörlerini kontrol etmek için polietilen ağlar ve filmler gibi ultraviyole (UV) bloke eden malzemeler, geliştirilmiştir. Bu malzemeler UV radyasyonunu (280-400 nm) filtreleyebilir ve böcek görüşüne müdahale edebilir (Diaz ve ark., 2007). Roberts ve Paul, Uv ışığın sadece bitki gelişimini ve biyokimyayı etkileyerek bitkilerin savunma tepkilerini modüle etmekle kalmayıp, aynı zamanda direnç gelişimi için de hayati önem taşıdığını göstermiştir (Roberts ve Paul, 2006). UV ışığı, çilek ve elmada külleme gibi fungal hastalıkları azaltma potansiyeli açısından test edilmiştir (Onofre ve ark., 2019). Bitki yapraklarının yaklaşık 30 mJ/cm2 UV dozuna maruz bırakılmasıyla enfeksiyonun önemli ölçüde baskılandığı, bitki

performansı üzerinde ise hiçbir olumsuz etki göstermediği bildirilmiştir. Uv ışığın düzenli olarak uygulanması tercih edilmektedir. Bu teknikle düşük dozlarda UV ışık ile funguslar öldürülebilir, bitkiler ise çok daha yüksek dozları tolere edebilmektedir.

### 5.2. Arbusküler Mikorizal Fungusların Bitkilerde Sorun Olan Fungal Hastalıklara Karşı Savunma Mekanizması

Arbusküler mikorizal funguslar, bitki kökleriyle simbiyotik ilişkiler oluşturan fungus türleridir. Çoğu bahçe ,tarla ve ağaç türlerinde bulunmaktadırlar. Arbusküler mikorizal simbiyozlar, bitkinin diğer organizmalar ile etkileşimlerini önemli ölçüde etkilemektedir (Pozo ve Azcon-Aguilar, 2007). Mikorizal bitkiler, toprak kökenli patojenlere karşı gelişmiş bir direnç kazanmaktadır. Arbusküler mikorizal fungusların sürgün hastalıklarına etkisi ise patojenin stratejilerine bağlı olmaktadır. Mikoriza oluşumu sırasında, bitki savunması, salisilik asit ve jasmonat arasındaki değişim yoluyla modüle edilir. Bu, potansiyel düşmanlara karşı bitki tepkilerini etkileyebilir (Jung ve ark., 2012). Arbusküler mikorizal fungus *Glomus mosseae*'nin domates köklerinde *Phytophthora parasitica*'ya karşı lokal ya da sistemik direnç oluşturduğu bildirilmiştir (Pozo ve ark., 2002). Lokal ve sistemik mekanizmaların bir kombinasyonu yoluyla hastalık semptomlarını etkili bir şekilde azaltmaktadır. Mekanizma, bitki savunması ile ilgili enzimler olan kitosanaz, kitinaz ve beta-1,3-glukanazın indüksiyonunu içermektedir.

### 5.3. Bitki Patojeni Fungusların Kontrolü İçin Bitkisel Çiçeklerden Elde Edilen Çay ve Homeopati

Homeopati kelimesinin kökeni, Yunanca ’da homoios (benzer) ve pathos (acı) kelimelerinin birleşimesinden oluşmuştur. Bu terimin temelindeki ilke, benzer olanı benzeriyle iyileştirmektir. Homeopati kendine özgü bir tanı ve tedavi şekliyle, bütüncül bir yaklaşımdır (Akarsu ve Kuş, 2017). Homeopatiye göre, canlı organizmalardaki hastalıklar, yaşam ilkesine aykırı hareket eden baskılayıcı süreçlere sebep olmaktadır. Baskılayıcılar benimsendiğinde, semptomlar, hayati dengeyi etkileyen her şeyin ortadan kaldırılmasıyla tetiklenir (Lisboa ve ark., 2005; Castro, 2013). Bu enerji dengesizliği bitkilerde hastalıklara yol açarak verimde azalmaya ve bitkilerin ölümüne neden olmaktadır. Bununla birlikte, homeopatik tıbbın uygulanması hayati enerji üzerindeki zararlı etkileri en aza indirir ve bitki savunma mekanizmasını uyararak dengeyi yeniden sağlamaktadır. Böylece, bitkiler patojenlere kendi başlarına direnebilirler (Lisboa ve ark., 2005; Castro, 2013; Toledo ve ark., 2019). Fasulye bitkisinde beyaz küfü kontrol etmek için homeopatik ilaçlar fosfor ve Calcarea carbonica kullanılmıştır (Rissato ve ark., 2016). Papatya çayı, çok sayıda fungal patojeninin neden olduğu fide hastalıklarını kontrol etmek için kullanılmıştır. Papatya çiçekleri zengin bir kükürt kaynağıdır, bu nedenle çayları fungusları öldürmektedir. Elemental kükürt, fungus sporlarını öldürmek ve fungal hastalıkları önlemek için yüzyıllardır kullanılan organik bir fungisittir. Bir bitki enfekte olduğunda, bir fungisit onu tedavi edememektedir. Fakat, bir fungisit veya organik bir

kimyasal, bitkilerdeki fungus sporlarını öldürerek hastalığı önleyecektir (Sokovic ve ark., 2013).

### 5.4. Bitki Patojeni Fungusların Virülansını Kontrol Eden Mikovirüsler

Mikovirüsler fungusları enfekte eden virüslerdir, bu nedenle hipovirülans ile ilişkili mikovirüsler fungal hastalıkları kontrol edebilmektedir. Ancak, mikovirüs ırklarının tarlada nasıl hayatta kaldığı belli değildir ve tarlada bitki koruma için herhangi bir mikovirüs uygulaması yapılmamaktadır. Zhang ve ark. *Sclerotinia sclerotiorum*'u tipik bir patojenden faydalı bir endofitik fungusa dönüştürmek için tanımlanmış bir mikovirüs kullanmıştır (Zhang ve ark., 2020). Sonuçlara göre mikovirüsün enfeksiyon sırasında *S. sclerotiorum'da* patojenite faktörü genlerinin ekspresyonunu azalttığını tespit etmişlerdir. Ayrıca mikovirüslerin endofitizmin kökenini etkileyebileceği öne sürmektedirler. Ürün sağlığını geliştirmek ve mikovirüsleri tarlaya salmak için mikovirüs bulaşmış ırkların kullanımı hastalık kontrolü için yenilikçi bir yaklaşım olarak önerilmektedir.Mikovirüs bulaşmış ırkların, bitkilerdeki savunma, sirkadiyen ritim ve hormon sinyal yollarından sorumlu genlerin ekspresyonunu düzenlediği bulunmuştur ve sonuç olarak bitki gelişimini ve hastalık direncini desteklediği tespit edilmiştir.

### 5.5. Bitkilerin Fungal Hastalıklara Karşı Direncinin Arttırılması

Bu yaklaşımın amacı, hastalıklara karşı direnci arttırılmış bitkiler yetiştirmektir. Başka bir deyişle, pestisit uygulama ihtiyacını azaltıp

konukçunun direnci ile hastalıkların kontrol edilmesidir. Bu stratejinin bir örneği olarak, dirençli çeşitlerin geliştirilmesiyle asmalarda külleme ve mildiyö patojenleri kontrol altına alınmıştır (Merdinoglu ve ark., 2018). Asma ve vitis türlerinden türetilen külleme ve mildiyöye karşı çok sayıda direnç geni daha önceden tanımlanmıştır. Bununla birlikte, patojenlerin birçok virülent ırkı birkaç direnç genini kırabilir ve bu tür direnç bozulmaları daha önce asmalarda rapor edilmiştir. Genetik direnç faktörleri sınırlıdır ve yeni faktörlerin bulunması maliyetli ve uzun vadeli bir süreç olduğundan, direncin devamlılığının sağlanması çok önemlidir. Direnç kırılmasının risk değerlendirilmesi üç seviye içermektedir. Bitki düzeyinde, bu riski sınırlamak ve direncin artırmak için bir piramit stratejisi uygulanmaktadır; bu strateji, çeşitli savunma mekanizmalarını ilişkilendirmenin yanı sıra, geniş bir patojen yelpazesini kontrol edebilen direnç genlerini kullanarak, aynı çeşitte birleştirmeyi amaçlamaktadır. Patojen düzeyinde, direncin kırılma riskinin değerlendirilmesine yardımcı olmak için,evrimsel bozulma potansiyeli bilinmelidir (McDonald ve Linde, 2002). Konukçu-patojen etkileşimi düzeyinde,kültürel uygulamalar, çevresel koşullar ve patojen uygunluğu, bitki direnç genlerinin dayanıklılığını tahmin etmeye yardımcı olur (Leach ve ark., 2001). Inra-ResDur yetiştirme programı, aynı kültivarda piramidin çeşitli direnç faktörlerine direnç için birden fazla kaynak (Vitis rotundifolia ve bazı Asya ve Amerika Vitisleri) kullanılmıştır. Genetik analizler, istenen gen kombinasyonlarını taşıyan aday çeşitlerin seçilmesine yardımcı olmak için üreme sürecine entegre edilmiş moleküler belirteçleri ortaya çıkarmıştır (Merdinoglu ve ark., 2018). Bitkilerin hastalık direnci için yetiştirilmesindeki bir başka

başarı da, arpada küllemeye neden olan *Blumeria graminis* f. sp. *hordei* 'in kontrolüdür. Mildew lokus O (Mlo) geni çekinik alelleri bu dayanıklılıktan sorumludur (Acevedo-Garcia ve ark., 2017). Bitki direnci, mısırda *Aspergillus flavus* tarafından aflatoksin birikimini azaltmak için kullanılmıştır. ABD'de altı Afrika kökenli mısır hattı üretilmiş ve aflatoksin birikimi değerlendirilmiştir. Aflatoksinde önemli miktarda azalma olduğunu ortaya çıkarılmıştır (Brown ve ark., 2016). Süs bitkilerinde de hastalık direnci için bitki ıslahı uygulanmıştır. Tüm süs bitkileri hastalığa karşı doğal bir dirence sahip değildir; dolayısıyla hastalık kontrolü, hastalığa dayanıklı çeşitlerin seçimine bağlıdır. Bu nedenle, konukçu-patojen ve patojenite etkileşimlerinin aydınlatılması, hastalıklara karşı bitki dayanıklılığını arttırmada yenilikçi yaklaşımlar geliştirmek için çok önemlidir (Jesenicnik ve ark., 2019). Diğer bitki türlerinden veya patojenlerden elde edilen dayanıklılık mekanizmalarının oluşturulduğu geleneksel ıslah veya genetik mühendisliği yaklaşımları, hastalıklara dayanıklı çeşitler geliştirebilmektedir (Hammond-Kosack ve Parker, 2003). Doğal direnci ortaya koyan geleneksel yetiştirme yaklaşımları, transgenik olmayan yetiştirme programlarını içermektedir. Örneğin, hastalık direnci özelliğini birleştirmek için çok sayıda üreme döngüsüne sahip DNA bazlı markörlerin seçimi yapılır ve uygun süs bitkisi özellikleri tek bir bitki genotipine dönüştürülür. Transgenik yaklaşım, seçilmiş süs bitkisi genotiplerine spesifik veya geniş spektrumlu hastalık direnci kazandırmak için gerekli transgenleri içermektedir (Michelmore, 2003). Süs bitkilerinde direnç ıslahı sınırlıdır, çünkü hastalık direnci, yalnızca üreme hattı seçiminin geç aşamaları boyunca

dikkate alınmaktadır (Debener, 2009). Süs bitkilerinde hastalık direncinin genetik haritalanması, büyük ve karmaşık genomlar nedeniyle nadir yapılmaktadır (Arens ve ark., 2012). Patogenez, kitinaz, glukanaz, ozmotin ve defensin ile ilgili olanlar gibi pek çok genin süs bitkilerine transferi fungal hastalıklara karşı tolerans sağlamaktadır (Parmar ve ark., 2017). Süs bitkilerinde hastalık direncini geliştirmek için genom düzenleme teknikleri de uygulanmıştır (Mushtaq ve ark., 2019; Mekapogu ve ark., 2021). RNA interferansı (RNAi) (konukçu kaynaklı gen susturma (HIGS) (Nowara ve ark., 2010) ve sprey kaynaklı gen susturma (SIGS) (Koch ve ark., 2016) stratejilerinin bitkileri fungal patojenlere karşı koruduğunu belirtilmiştir ve buna göre geleneksel fungisitlere bir alternatif olmaktadır. Bitki patojeni funguslara karşı RNAi'ye dayalı bitki koruma stratejilerini uygulamak için, dsRNA molekülleri yapraklara püskürtülmüştür. dsRNA'nın tasarımı büyük önem taşımaktadır, çünkü gen susturma için uygun bir genin tanınmasının yanı sıra genin hangi bölgesinin hedefleneceğinin belirlenmesi, verimliliği arttırmak için çok önemlidir. dsRNA'nın alımı, (a)biyotik faktörler tarafından dsRNA'nın bozunmasını önleyen ve translokasyonunu kolaylaştıran formülasyonlar ve/veya taşıyıcılar dahil olmak üzere farklı stratejiler tarafından arttırılmaktadır. Son olarak, hedef fungal patojeninin işlevsel bir RNAi mekanizmasına sahip olup olmadığının belirlenmesi de kontrolün başarısı için önem taşımaktadır (Secic ve Kogel, 2021).

## 6. Öneriler

Bitkilerdeki fungal hastalıkları kontrol etmek için sağlıklı, toksik olmayan, etkili ve çevre dostu yaklaşımlar (yeşil stratejiler), insan ve hayvan sağlığını ve toprağın biyolojik çeşitliliğini korumak için çiftçiler tarafından öğrenilmelidir. Bu yaklaşımlar, bitkilerdeki fungal hastalıkların kontrolü için in vivo koşullar altında uygulanmalıdır. Araştırmalar daha fazla yenilik geliştirmeye önem vermelidir.

## 7. Sonuçlar

Bilimsel literatürün kapsamlı analizinde, bitki patojeni fungusların biyolojik kontrolü, mikrobiyal fungisitleri ve botanik fungisitleri, agronanoteknolojiyi, fungus hücresi deaktivasyonunu ve hayalet teknikleri, UV ışığı, arbusküler mikorizal fungusları, homeopati ve bitki çaylarını, mikovirüslerin yanı sıra, kimyasal fungisitlere karşı yeni, güvenli ve etkili alternatif kontrol araçları, geleneksel ıslah ve genetik mühendisliği stratejilerini kapsar. Bu teknolojilerin bazıları hala gelişmekte olsa da, saha uygulamalarına uygun umut verici teknolojiler bulunmaktadır. Bu teknolojiler sayesinde insan ve hayvan sağlığını, toprağın biyolojik çeşitliliği korunur ve böylece kimyasalların çevre, insan ve hayvan sağlığı üzerindeki zararlı etkilerini ortadan kaldırarak tarım alanında devrim yaratabilirler.

## KAYNAKLAR

Abad, M.J., Ansuategi, M., Bermejo, P. (2007). Active antifungal substances from natural sources. *Arkivoc* 8: 116–145

Abdallah, I., Yehia, R., Kandil, M.A. (2020). Biofumigation potential of Indian mustard (Brassica juncea) to manage Rhizoctonia solani. Egypt. Journal Biological Pest Control 30: 99

Abdu-Allah, G.A.M., Abo-Elyousr, K.A.M. (2017). Effect of certain plant extracts and fungicides against powdery mildew disease of Grapevines in Upper Egypt. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 50: 957–969

Abo-Zaid, G., Abdelkhalek, A., Matar, S., Darwish, M., Abdel-Gayed, M. (2021). Application of bio-friendly formulations of chitinase- producing Streptomyces cellulosae Actino 48 for controlling peanut soil-borne diseases caused by Sclerotium rolfsii. *Journal of Fungi* 7: 167.

Acevedo-Garcia, J., Gruner, K., Reinstadler, A., Kemen, A., Kemen, E., Cao, L., Takken, F.L.W., Reitz, M.U., Schafer, P., O'Connell, R.J. (2017). The powdery mildew-resistant Arabidopsis mlo2 mlo6 mlo12 triple mutant displays altered infection phenotypes with diverse types of phytopathogens. *Scientific Reports* 7: 9319

Agarwal, H. Venkat Kumar, S., Rajeshkumar, S. A. (2017). Review on green synthesis of zinc oxide nanoparticles An eco-friendly approach. *Resource-Efficient Technologies* 3: 406–413

Agrios, G.N. (2005). Plant disease epidemiology (Chapter 8). In Plant Patholology, 5th ed. Elsevier: Burlington, NJ, USA, pp. 265–291

Ahmad, H., Venugopal, K., Rajagopal, K., De Britto, S., Nandini, B., Pushpalatha, H.G., Konappa, N., Udayashankar, A.C., Geetha, N., Jogaiah, S. (2020). Green Synthesis and Characterization of Zinc Oxide Nanoparticles Using Eucalyptus globules and Their Fungicidal Ability Against Pathogenic Fungi of Apple Orchards. *Biomolecules* 10: 425

Ahmad, N. (2012) Rapid Green Synthesis of Silver and Gold Nanoparticles Using Peels of Punica granatum. *Advanced Materials Letters* 3: 376–380

Ait Kaci Ahmed, N., Galaup, B., Desplanques, J., Dechamp-Guillaume, G., Seassau, C. (2022). Ecosystem Services Provided by Cover Crops and Biofumigation in Sunflower Cultivation. *Agronomy* 12 (1):120

Akarsu, R. H., Kuş, B. (2017). Menapozal Sıcak Basması Kontrolünde Kullanılan Nonfarmakolojik Yöntemler. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi* 6 (2): 104-112

Alabouvette, C., Olivain, C., Migheli, Q., Steinberg, C. (2009). Microbiological control of soil-borne phytopathogenic fungi with special emphasis on wilt-inducing Fusarium oxysporum. *New Phytologist* 184: 529–544

Amara, A.A., Neama, A.J., Hussein, A., Hashish, E.A., Sheweita, S.A. (2014). Evaluation the Surface Antigen of the Salmonella typhimurium ATCC 14028 Ghosts Prepared by SLRP. *The Scientific World Journal* 840863

Amara, A.A., Salem-Bekh, M.M., Alanazi, F.K. (2013). Preparation of Bacterial Ghosts for E. coli JM109 Using Sponge-like Reduced Protocol. *Asian Journal of Biological Sciences* 6: 363–369

Amara, A.A., Salem-Bekhit, M.M., Alanazi, F.K. (2014). Plackett Burman randomization method for Bacterial Ghosts preparation form E. coli JM109. *Saudi Pharmaceutical Journal* 22: 273–279

Amara, A.A., Salem-Bekhit, M.M., Alanazi, F.K. (2013). Sponge-Like: A New Protocol for Preparing Bacterial Ghosts. *The Scientific World Journal* 545741

Anand, K., Gengan, R.M., Phulukdaree, A., Chuturgoon, A. (2015). Agroforestry waste Moringa oleifera petals mediated green synthesis of gold nanoparticles and their anti-cancer and catalytic activity. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 21: 1105–1111

Arens, P., Bijman, P., Tang, N., Shahin, A., Van Tuyl, J. (2012). Mapping of disease resistance in ornamentals: A long haul. *Acta Horticulturae* 953: 231–237

Arnault, I., Mondy, N., Diwo, S., Auger, J. (2004). Soil behavior of sulfur natural fumigants used as methyl bromide substitutes. *International Journal*

Atiq, M., Naeem, I., Sahi, S.T., Rajput, N.A., Haider, E., Usman, M., Shahbaz, H., Fatima, K., Arif, E., Qayyum, A. (2020). Nanoparticles: A safe way towards fungal diseases. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 53: 781–792

Azizi, S., Namvar, F., Mahdavi, M., Ahmad, M., Mohamad, R. (2013). Biosynthesis of Silver Nanoparticles Using Brown Marine Macroalga, Sargassum muticum Aqueous Extract. *Materials* 6, 5942–5950

Banerjee, P., Satapathy, M., Mukhopahayay, A., Das, P. (2014). Leaf extract mediated green synthesis of silver nanoparticles from widely available Indian plants: Synthesis, characterization, antimicrobial property and toxicity analysis. *Bioresources and Bioprocessing* 1: 3

Banik, S., Perez-de-Luque, A. (2017). In vitro effects of copper nanoparticles on plant pathogens, beneficial microbes and crop plants. Span. *Journal of Agricultural Research* 15, e1005

Blok, W.J., Lamers, J.G., Termorhuizen, A.J., Bollen, A.J. (2000). Control of soil borne plant pathogens by incorporating fresh organic amendments followed by tarping. *Phytopathology* 90: 253–259

Bokshi, A.I., Jobling, J., McConchie, R. (2008). A single application of Milsana® followed by Bion® assists in the control of powdery mildew in cucumber and helps overcome yield losses. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 83: 701–706

Boudreau, M.A. (2013). Diseases in Intercropping Systems. *Annual Review of Phytopathology* 51: 499–519

Brown, R.L., Williams, W.P., Windham, G.L., Menkir, A., Chen, Z.-Y. (2016). Evaluation of African-Bred Maize Germplasm Lines for Resistance to Aflatoxin Accumulation. *Agronomy* 6: 24

Camele, I., Elshafie, H., Caputo, L., Sakr, S.H., De Feo, V. (2019). Bacillus mojavensis: Biofilm formation and biochemical investigation of its bioactive metabolites. *Journal of Biological Research* 92: 39–45

Castro, D.M. (2013). Homeopathy: Principles and applications. *In Proceedings of the II International Conference on Homeopathy in Agriculture*, 7–8 September, Maringa, Brazil.

Cevheri, C., Küçük, Ç. (2009). Effects of Antifungal of Amaranthus Extracts on T. harzianum and F. moniliforme Antagonizm. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 18: 1

Cha, J.-Y., Han, S., Hong, H.-J., Cho, H., Kim, D., Kwon, Y., Kwon, S.-K., Crüsemann, M., Lee, Y.B., Kim, J.F. (2016). Microbial and biochemical basis of a Fusarium wilt-suppressive soil. *The ISME Journal* 10: 119–129

Chang, H., Cheng, Y., Wu, C., Chang, S., Chang, T., Su, Y. (2008). Antifungal activity of essential oil and its constituents from Calocedrus macrolepis var. formosana Florin leaf against plant pathogenic fungi. *Bioresource Technology* 99: 6266–6270

Cheng, S.-S., Liu, J.-Y., Chang, E.-H., Chang, S.-T. (2008). Antifungal activity of cinnamaldehyde and eugenol congeners against wood-rot fungi. *Bioresource Technology* 99: 5145–5149

Cho, J.-Y., Choi, G.J., Lee, S.-W., Jang, K.S., Lim, H.K., Lim, C.H., Lee, S.O., Cho, K.Y., Kim, J.-C. (2006). Antifungal activity against Colletotrichum spp. of curcuminoids isolated from Curcuma longa L. rhizomes. J. *Microbial Biotechnology* 16: 280–285

Cho, J.-Y. Choi, G.-J., Lee, S.-W., Lim, H.-K., Jang, K.-S., Lim, C.-H., Cho, K.-Y., Kim, J.-C. (2006). In vivo Antifungal Activity Against Various Plant Pathogenic Fungi of Curcuminoids Isolated from the Rhizomes of Curcuma longa. *The Plant Pathology Journal* 22: 94–96

Choi, N.-H., Choi, G.-J., Jang, K.-S., Choi, Y.-H., Lee, S.-O., Choi, J.-E., Kim, J.-C. (2008). Antifungal Activity of the Methanol Extract of Myristica malabarica Fruit Rinds and the Active Ingredients Malabaricones against Phytopathogenic Fungi. *The Plant Pathology Journal* 24: 317–321

Copping, L.G. (2004). The Manual of Biocontrol Agents, 3rd ed.; BCPC Publications: Alton, UK

Çakar. G., Saraç Sivrikaya, I., Karakaya, E., Güller, A. (2021). Evaluation of the In Vitro Fungicidal Activity of Summer Savory and Lavender Essential Oils Against Fusarium solani. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences* 5 (4): 795-805

Daayf, F., Ongena, M., Belanger, R. (1997). Protection of Long English Cucumber against Powdery Mildew through Induced Resistance using Milsana (Leaf

Extracts). *HortScience: a publication of the American Society for Horticultural Science* 32 (3): 467E-467

De Waard, M.A., S.G., Georgopoulos, D.W., Hollaman, H., Işhii, P., Leroux, N.N., Ragsdale, F.J., Schwinin. (1993). Chemical control of plant diseases: Problem and prospects. *Annual Review of Phytopathology* 31: 403-421

Debener, T. (2009). Current strategies and future prospects of resistance breeding in ornamentals. *Acta Horticulturae* 836: 125–130

Dedej, S., Delaplane, K.S., Scherm, H. (2004). Effectiveness of honey bees in delivering the biocontrol agent Bacillus subtilis to blueberry flowers to suppress mummy berry disease. *Biological Control* 31: 422–427

Degani, O., Rabinovitz, O., Becher, P., Gordani, A., Chen, A. (2021). Trichoderma longibrachiatum and Trichoderma asperellum confer growth promotion and protection against late wilt disease in the field. *Journal of Fungi* 6: 444

Delen, N., Durmuşoğlu, E., Güncan, A., Güngör, N., Turgut, C., Burçak, A. (2005). Türkiye'de Pestisit Kullanımı, Kalıntı ve Organizmalarda Duyarlılık Azalışı Sorunları. *Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongre* 3-7 Ocak, Ankara.

Della, P.T., Elshafie, H.S., Capasso, R., De Feo, V., Camele, I., Nazzaro, F., Scognamiglio, M.R., Caputo, L. (2019). Antimicrobial and Phytotoxic Activity of Origanum heracleoticum and O. majorana Essential Oils Growing in Cilento (Southern Italy). *Molecules* 24: 2576

Deshmukh, S.P., Patil, S.M., Mullani, S.B., Delekar, S.D. (2019). Silver nanoparticles as an effective disinfectant: A review. *Materials Science and Engineering* 97: 954–965

Diaz, D., Beatriz, M., Fereres, A. (2007). Ultraviolet-Blocking Materials as a Physical Barrier to Control Insect Pests and Plant Pathogens in Protected Crops. *Pest Technology* 1: 85–95

Edris, A.E., Farrag, E.S. (2003). Antifungal activity of peppermint and sweet basil essential oils and their major aroma constituents on some plant pathogenic fungi from the vapor phase. *Food / Nahrung* 47: 117–121

Elamawi, R.M., Al-Harbi, R.E., Hendi, A.A. (2018). Biosynthesis and characterization of silver nanoparticles using Trichoderma longi- brachiatum

and their effect on phytopathogenic fungi. *Egyptian Journal of Biological Pest Control* 28: 1–11

El-Baky, N.A., Amara, A.A. (2021). The Development of a Phytopathogenic Fungi Control Trial: Aspergillus flavus and Aspergillus niger Infection in Jojoba Tissue Culture as a Model. *The Scientific World Journal* 6639850

El-Baky, N.A., Sharaf, M.M., Amer, E., Kholef, H.R., Hussain, M.Z., Abdel Rahman, R.A., Amara, A.A. (2018). The Minimum Inhibition and Growth Concentrations for Controlling Fungal Infections as well as Ghost Cells Preparation: Aspergillus flavus as a Model. *Biomedical Journal of Scientific And Technical Research* 10: 1–5

El-Baky, N.A., Sharaf, M.M., Amer, E., Kholef, H.R., Hussain, M.Z., Amara, A.A. (2018). Protein and DNA Isolation from Aspergillus niger as well as Ghost Cells Formation. *SOJ Biochemistry* 4: 1–7

Elgorban, A.M., Bahkali, A.H., Metwally, M.A.E., Elsheshtaw, M., Wahab, M.A.A. (2015). In vitro Antifungal Activity of Some Plant Essential Oils. *International Journal of Pharmacology* 11: 56–61

Elshafie, H., Grulova, D., Baranova, B., Caputo, L., De Martino, L., Sedlák, V., Camele, I., De Feo, V. (2019). Antimicrobial Activity and Chemical Composition of Essential Oil Extracted from Solidago canadensis L. Growing Wild in Slovakia. *Molecules* 24: 1206

Elshafie, H.S., Sakr, S., Mang, S.M., Belviso, S., De Feo, V., Camele, I. (2016). Antimicrobial Activity and Chemical Composition of Three Essential Oils Extracted from Mediterranean Aromatic Plants. *Journal of Medicinal Food* 19: 1096–1103

Elshafie, H.S., Sakr, S.H., Sadeek, S.A., Camele, I. (2019). Biological investigations and spectroscopic studies of new Moxifloxacin/Glycine- Metal complexes. *Chemistry and Biodiversity* 16, e1800633

Eskandari-Nojedehi, M., Jafarizadeh-Malmiri, H., Rahbar-Shahrouzi, J. (2018). Hydrothermal green synthesis of gold nanoparticles using mushroom (Agaricus bisporus) extract: Physico-chemical characteristics and antifungal activity studies. *Green Processing and Synthesis* 7: 38–47

Gardea-Torresdey, J.L., Gomez, E., Peralta-Videa, J.R., Parsons, J.G., Troiani, H., Jose-Yacaman, M. (2003). Alfalfa Sprouts: A Natural Source for the Synthesis of Silver Nanoparticles. *Langmuir* 19: 1357–1361

Ghosh, P., Han, G., De, M.; Kim, C., Rotello, V. (2008). Gold nanoparticles in delivery applications. *Advanced Drug Delivery Reviews* 60: 1307–1315

Gonzalez-Fernandez, R., Prats, E., Jorrın-Novo, J.V. (2010). Proteomics of Plant Pathogenic Fungi. *Journal of Biomedicine and Biotechnology* 932527

Gunalan, S., Sivaraj, R., Venckatesh, R. (2012). Aloe barbadensis Miller mediated green synthesis of mono-disperse copper oxide nanoparticles: Optical properties. *Spectrochim. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 97: 1140–1144

Hammond-Kosack, K.E., Parker, J.E. (2003). Deciphering plant–pathogen communication: Fresh perspectives for molecular resistance breeding. *Current Opinion in Biotechnology* 14: 177–193

Harman, G.E. (2006). Overview of Mechanisms and Uses of Trichoderma spp. *Phytopathology* 96: 190–194

Hussien, A., Ahmed, Y., Al-Essawy, A.-H., Youssef, K. (2018). Evaluation of different salt amended electrolysed water to control postharvest moulds of citrus. *Tropical Plant Pathology* 43: 10–20

Inderbitzin, P., Ward, J., Barbella, A., Solares, N., Izyumin, D., Burman, P., Chellemi, D.O., Subbarao, K.V. (2018). Soil Microbiomes Associated with Verticillium Wilt-Suppressive Broccoli and Chitin Amendments are Enriched with Potential Biocontrol Agents. *Phytopathology* 108: 31–43

Islam, N.U., Jalil, K., Shahid, M., Rauf, A., Muhammad, N., Khan, A., Shah, M.R., Khan, M.A. (2019). Green synthesis and biological activities of gold nanoparticles functionalized with Salix alba. *Arabian Journal of Chemistry* 12: 2914–2925

Jayaseelan, C., Ramkumar, R., Rahuman, A.A., Perumal, P. (2013). Green synthesis of gold nanoparticles using seed aqueous extract of Abelmoschus esculentus and its antifungal activity. *Industrial Crops and Products* 45: 423–429

Jesenicnik, T., Stajner, N., Radisek, S., Jakse, J. (2019). RNA interference core components identified and characterised in Verticillium nonalfalfae, a vascular wilt pathogenic plant fungi of hops. *Scientific Reports* 9: 8651

Jiménez-Reyes, M.F., Carrasco, H., Olea, A.F., Silva-Moreno, E. (2019). Natural compounds: A sustainable alternative to the phy- topathogens control. *Journal of the Chilean Chemical Society* 64: 4459–4465

Jung, S.C., Martinez-Medina, A., Lopez-Raez, J.A., Pozo, M.J. (2012). Mycorrhiza-induced resistance and priming of plant defenses. *Journal of Chemical Ecology* 38: 651–664

Kanhed, P., Birla, S., Gaikwad, S., Gade, A., Seabra, A.B., Rubilar, O., Duran, N., Rai, M. (2014). In vitro antifungal efficacy of copper nanoparticles against selected crop pathogenic fungi. *Materials Letters* 115: 13–17

Khan, M.S.A., Ahmad, I. (2011). In vitro antifungal, anti-elastase and anti-keratinase activity of essential oils of Cinnamomum-, Syzygium- and Cymbopogon-species against Aspergillus fumigatus and Trichophyton rubrum. *Phytomedicine* 19: 48–55

Kim, D.-R., Cho, G.; Jeon, C.-W., Weller, D.M., Thomashow, L.S., Paulitz, T.C., Kwak, Y.-S. (2019). A mutualistic interaction between Streptomyces bacteria, strawberry plants and pollinating bees. *Nature Communications* 10: 4802

Kim, D.-R., Jeon, C.-W., Shin, J.-H., Weller, D.M., Thomashow, L., Kwak, Y.-S. (2019). Function and Distribution of a Lantipeptide in Strawberry Fusarium Wilt Disease-Suppressive Soils. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 32: 306–312

Knogge, W. (1996). Fungal Infection of Plants. *Plant Cell* 8: 1711–1722

Koch, A., Biedenkopf, D., Furch, A., Weber, L., Rossbach, O., Abdellatef, E., Linicus, L., Johannsmeier, J., Jelonek, L., Goesmann, A. (2016). An RNAi-based control of Fusarium graminearum infections through spraying of long dsRNAs involves a plant passage and is controlled by the fungal silencing machinery. *PLOS Pathogens* 12: e1005901

Konstantinidou-Doltsinis, S., Markellou, E., Kasselaki, A.M., Fanouraki, M.N., Koumaki, C.M., Schmitt, A., Liopa-Tsakalidis, A., Malathrakis, N.E. (2006).

Efficacy of Milsana®, a Formulated Plant Extract from Reynoutria sachalinensis, against Powdery Mildew of Tomato (Leveillula taurica). *Biocontrol* 51: 375–392

Krishnaraj, C., Ramachandran, R., Mohan, K.; Kalaichelvan, P.T. (2012). Optimization for rapid synthesis of silver nanoparticles and its effect on phytopathogenic fungi. Spectrochim. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular* 93: 95–99

Lakshmeesha, T.R., Kalagatur, N.K., Mudili, V., Mohan, C.D., Rangappa, S., Prasad, B.D., Ashwini, B.S., Hashem, A., Alqarawi, A.A., Malik, J.A. (2019). Biofabrication of Zinc Oxide Nanoparticles with Syzygium aromaticum Flower Buds Extract and Finding Its Novel Application in Controlling the Growth and Mycotoxins of Fusarium graminearum. *Frontiers in Microbiology* 10: 1244

Lamers, J., Wanten, P., Blok, W. (2004). Biological soil disinfestation: A safe and effective approach for controlling soil borne pests and diseases. *Agroindustria* 3: 289–291

Larkin, R.P. (2015). Soil Health Paradigms and Implications for Disease Management. *Annual Review of Phytopathology* 53: 199–221

Leach, J.E., Cruz, C.M.V., Bai, J.F., Leung, H. (2001). Pathogen fitness penalty as a predictor of durability of disease resistance genes. *Annual Review of Phytopathology* 39: 187–224

Lee, S.-E., Park, B.-S., Kim, M.-K., Choi, W.-S., Kim, H.-T., Cho, K.-Y., Lee, S.-G., Lee, H.-S. (2001). Fungicidal activity of pipernonaline, a piperidine alkaloid derived from long pepper, Piper longum L., against phytopathogenic fungi. *Crop Protection* 20: 523–528

Linskens, H.F., Adams, R.P., Crespo, M.E., Jackson, J.F., Deans, S.G., Dobson, H.E.M., Dunlop, P., Erdelmeier, C.A.J., Ghosh, A., Hammond, E.G. (1991). Molecular Methods of Plant Analysis. In Essential Oils and Waxes; Linskens, H.F., Jackson, J.F., Eds.; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany

Liny, P., Divya, T.K., Malakar, B., Nagaraj, B., Krishnamurthy, N.B., Dinesh, R. (2012). Preparation of gold nanoparticles from Helianthus annuus (sunflower)

flowers and evaluation of their antimicrobial activities. *International Journal of Pharma and Bio Sciences* 3: 439–446

Lisboa, S.P., Cupertino, M.C., Arruda, V.M., Casali, V.W.D. (2005). Nova Visão dos Organismos Vivos e o Equilíbrio Pela Homeopatia; UFV: Viçosa. MG, Brazil.

Martínez, J.A. (2012). Natural fungicides obtained from plants (Chapter 1). In Fungicides for Plant and Animal Diseases; Dhanasekaran, D., Thajuddin, N., Annamalai, P., Eds.; *IntechOpen* 1-28

Masoko, P., Eloff, J.N. (2005). The diversity of antifungal compounds of six South African Terminalia species (Combretaceae) determined by bioautography. *African Journal of Biotechnology* 4: 1425–1431

McDonald, B.A., Linde, C. (2002). Pathogen population genetics, evolutionary potential, and durable resistance. *Annual Review of Phytopathology* 40: 349–379

Mekapogu, M., Jung, J.-A., Kwon, O.-K., Ahn, M.-S., Song, H.-Y., Jang, S. (2021). Recent Progress in Enhancing Fungal Disease Resistance in Ornamental Plants. *International Journal of Molecular Sciences* 22: 7956

Merdinoglu, D., Schneider, C., Prado, E., Wiedemann-Merdinoglu, S., Mestre, P. (2018). Breeding for durable resistance to downy and powdery mildew in grapevine. *OENO One* 52: 203–209

Michelmore, R.W. (2003). The impact zone: Genomics and breeding for durable disease resistance. *Current Opinion in Plant Biology* 6: 397–404

Mittal, A.K., Chisti, Y., Banerjee, U.C. (2013). Synthesis of metallic nanoparticles using plant extracts. *Biotechnology Advances* 31: 346–356

Mohamed, A.A., Elshafie, H.S., Sadeek, S.A. (2021). Biochemical Characterization, Phytotoxic Effect and Antimicrobial Activity against Some Phytopathogens of New Gemifloxacin Schiff Base Metal Complexes. *Chemistry and Biodiversity* 18: e2100365

Montes, M.O., Mayoral, A., Deepak, F.L., Parsons, J.G., Jose-Yacaman, M., Peralta-Videa, J.R., Gardea-Torresdey, J.L. (2011). Anisotropic gold nanoparticles and gold plates biosynthesis using alfalfa extracts. *Journal of Nanoparticle Research* 13: 3113–3121

Moreno-Gavíra, A., Diánez, F., Sánchez-Montesinos, B., Santos, M. (2021). Biocontrol effects of Paecilomyces variotii against fungal plant diseases. *Journal of Fungi* 7: 415

Morones, J.R., Elechiguerra, J.L., Camacho, A., Holt, K.; Kouri, J.B., RamÃ rez, J.T., Yacaman, M.J. (2005). The bactericidal effect of silver nanoparticles. *Nanotechnology* 16: 2346–2353

Mubarak Ali, D., Thajuddin, N., Jeganathan, K., Gunasekaran, M. (2011). Plant extract mediated synthesis of silver and gold nanoparticles and its antibacterial activity against clinically isolated pathogens. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 85: 360–365

Mushtaq, M., Sakina, A., Wani, S.H., Shikari, A.B., Tripathi, P., Zaid, A., Galla, A., Abdelrahman, M., Sharma, M., Singh, A.K. (2019). Harnessing genome editing techniques to engineer disease resistance in plants. *Frontiers in Plant Science* 10: 550

Nega, A. (2014). Review on concepts in biological control of plant pathogens. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare* 4: 33–35

Nowara, D., Gay, A., Lacomme, C., Shaw, J., Ridout, C., Douchkov, D., Hensel, G., Kumlehn, J., Schweizer, P. (2010). HIGS: Host-induced gene silencing in the obligate biotrophic fungal pathogen Blumeria graminis. *Plant Cell* 22: 3130–3141

Onofre, R.B., Gadoury, D.M., Stensvand, A., Bierman, A., Rea, M., Peres, N.A. (2019). Use of Ultraviolet Light to Suppress Powdery Mildew in Strawberry Fruit Production Fields. *Plant Disease* 105

Panth, M., Hassler, S.C., Baysal-Gurel, F. (2020). Methods for Management of Soil borne Diseases in Crop Production. *Agriculture* 10: 16

Parmar, N., Singh, K.H., Sharma, D., Singh, L., Kumar, P., Nanjundan, J., Khan, Y.J., Chauhan, D.K., Thakur, A.K. (2017). Genetic engineering strategies for biotic and abiotic stress tolerance and quality enhancement in horticultural crops: A comprehensive review. 3 *Biotech* 7: 239

Patel, N., Desai, P., Patel, N., Jha, A., Gautam, H.K. (2014). Agronanotechnology for plant fungal disease management: A review. *International Journal of Current Microbiology and Applied* 3: 71–84

Pawan, K., Sunil, C., Singh, M., Sindhu, A. (2017). Green synthesis of silver nanoparticles for plant disease diagnosis. *International Journal of Current Research* 9: 48283–48288

Perczak, A., Gwiazdowska, D., Marchwin´ska, K., Jus´, K., Gwiazdowski, R., Was´kiewicz, A. (2019). Antifungal activity of selected essential oils against Fusarium culmorum and F. graminearum and their secondary metabolites in wheat seeds. *Archives of Microbiology* 201: 1085–1097

Pizzolitto, R.P., Barberis, C.L., Dambolena, J.S., Herrera, J.M., Zunino, M.P., Magnoli, C.E., Rubinstein, H.R., Zygadlo, J.A., Dalcero, A.M. (2015). Inhibitory Effect of Natural Phenolic Compounds on Aspergillus parasiticus Growth. *Journal of Chemistry* 547925

Porteous-Álvarez, A.J., Maldonado-González, M.M., Mayo-Prieto, S., Lorenzana, A., Paniagua-García, A.I., Casquero, P.A. (2021). Green strategies of powdery mildew control in hop: From organic products to nanoscale carriers. *Journal of Fungi* 7: 490

Pozo, M.J., Azcon-Aguilar, C. (2007). Unraveling mycorrhiza-induced resistance. *Current Opinion in Plant Biology* 10: 393–398

Pozo, M.J., Cordier, C., Dumas-Gaudot, E., Gianinazzi, S., Barea, J.M., Azcón-Aguilar, C. (2002). Localized versus systemic effect of arbuscular mycorrhizal fungi on defence responses to Phytophthora infection in tomato plants. *Journal of Experimental Botany* 53: 525–534

Protima, R., Siim, K. Stanislav, F., Erwan, R. (2015). A Review on the Green Synthesis of Silver Nanoparticles and Their Morphologies Studied via TEM. *Advances in Materials Science and Engineering* 682749

Rajiv, P., Rajeshwari, S., Venckatesh, R. (2013). Bio-Fabrication of zinc oxide nanoparticles using leaf extract of Parthenium hysterophorus L. and its size-dependent antifungal activity against plant fungal pathogens. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular* 112: 384–387

Raut, J.S., Karuppayil, S.M. (2014). A status review on the medicinal properties of essential oils. *Industrial Crops and Products* 62: 250–264

Raveau, R., Fontaine, J., Sahraoui, A.L.-H. (2020). Essential Oils as Potential Alternative Biocontrol Products against Plant Pathogens and Weeds: A Review. *Foods* 9: 365

Reglinski, T. (2009). Induced resistance for plant disease control. In Disease Control in Crops: Biological and Environmentally-Friendly Approaches; Walters, D., Ed.; Wiley-Blackwell: Oxford, UK

Ribera, A.E., Zuniga, G. (2012). Induced plant secondary metabolites for phytopathogenic fungi control: A review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 12: 893–911

Rissato, B.B., Stangarlin, J.R., Coltro-Roncato, S., Dildey, O.D.F., Goncalves, E.D.V., Broetto, L., Kuhn, O.J., Lorenzetti, E., Mioranza, T.M., Figueira, E.P.P. (2016). Control of white mold in bean plants by homeopathic medicines. *African Journal of Agricultural Research* 11: 2174–2178

Roberto, S.R., Youssef, K., Hashim, A.F., Ippolito, A. (2019). Nanomaterials as Alternative Control Means Against Postharvest Diseases in Fruit Crops. *Nanomaterials* 9: 1752

Roberts, M.R., Paul, N.D. (2006). Seduced by the dark side: Integrating molecular and ecological perspectives on the influence of light on plant defence against pests and pathogens. *New Phytologist* 170: 677–699

Sadeghi, B., Gholamhoseinpoor, F. (2015). A study on the stability and green synthesis of silver nanoparticles using Ziziphora tenuior (Zt) extract at room temperature. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular* 134: 310–315

Sakr, S.H., Elshafie, H.S., Camele, I., Sadeek, S.A. (). Synthesis, Spectroscopic, and Biological Studies of Mixed Ligand Complexes of Gemifloxacin and Glycine with Zn(II), Sn(II), and Ce(III). *Molecules* 23: 1182

Sankar, R., Manikandan, P., Malarvizhi, V., Fathima, T., Shivashangari, K.S., Ravikumar, V. (2014). Green synthesis of colloidal copper oxide nanoparticles

using Carica papaya and its application in photocatalytic dye degradation. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular* 121: 746–750

Saraç Sivrikaya, I., Tosun, B., Karakaya, E. (2021). Origanum onites L. ve Rosmarinus officinalis L. Uçucu Yağlarının Kimyasal İçeriklerinin ve Fusarium solani' ye Karşı Antifungal Aktivitelerinin Belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 8 (2): 329-335

Secic, E., Kogel, K.-H. (2021). Requirements for fungal uptake of dsRNA and gene silencing in RNAi-based crop protection strategies. *Current Opinion in Biotechnology* 70: 136–142

Senthilkumar, S.R., Sivakumar, T. (2014). Green tea (Camellia sinensis) mediated synthesis of zinc oxide (ZnO) nanoparticles and studies on their antimicrobial activities. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences* 6: 461–465

Shabaaz Begum, J.P., Manjunath, K., Pratibha, S., Dhananjaya, N., Sahu, P., Kashaw, S. (2020). Bioreduction synthesis of zinc oxide nanoparticles using Delonix regia leaf extract (Gul Mohar) and its agromedicinal applications. *Journal of Science: Advanced Materials and Devices* 5: 468–475

Shende, S., Ingle, A.P., Gade, A., Rai, M. (2015). Green synthesis of copper nanoparticles by Citrus medica Linn. (Idilimbu) juice and its antimicrobial activity. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 31: 865–873

Sheweita, S.A., Batah, A.M., Ghazy, A.A.; Hussein, A., Amara, A.A. (2019). A new strain of Acinetobacter baumannii and characterization of its ghost as a candidate vaccine. *Journal of Infection and Public Health* 12: 831–842

Shuping, D.S.S., Eloff, J.N. (2017). The use of plants to protect plants and food against fungal pathogens. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines* 14: 120–127

Siegel-Hertz, K., Edel-Hermann, V., Chapelle, E., Terrat, S.; Raaijmakers, J.M., Steinberg, C. (2018). Comparative microbiome analysis of a Fusarium wilt suppressive soil and a Fusarium wilt conducive soil from the Châteaurenard region. *Frontiers in Microbiology* 9: 568

Singh, A.K., Pandey, M.B., Singh, U.P. (2007). Antifungal Activity of an Alkaloid Allosecurinine against Some Fungi. *Mycobiology* 35: 62

Singh, J., Dutta, T., Kim, K.-H., Rawat, M., Samddar, P., Kumar, P. (2018). Green synthesis of metals and their oxide nanoparticles: Applications for environmental remediation. *Journal of Nanobiotechnology* 16: 84

Singh, S., Singh, A., Jaiswal, J., Singh, T.D., Singh, V.P., Pandey, V.B., Tiwari, A., Singh, U.P. (2010). Antifungal activity of the mixture of quaternary alkaloids isolated from Argemone mexicana against some phytopathogenic fungi. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 43: 769–774

Sivakumar, D., Bautista-Banos, S. (2014). A review on the use of essential oils for postharvest decay control and maintenance of fruit quality during storage. *Crop Protection* 64: 27–37

Sokovic, M.D., Glamoclija, J.M., Ciric, A.D. (2013). Natural Products from Plants and Fungi as Fungicides, Fungicides-Showcases of Integrated Plant Disease Management from Around the World; Nita, M., Ed.; IntechOpen: London, UK.

Song, J.Y., Jang, H.-K., Kim, B.S. (2009). Biological synthesis of gold nanoparticles using Magnolia kobus and Diopyros kaki leaf extracts.Process. *BioChem* 44: 1133–1138

Swamy, C., Nargund, V.B. (2017). Sunlight Induced Mediated Silver Nanoparticles from Seeds of Thevetia peruviana L., Characterization and their Antifungal Efficacy against Curvularia lunata (Wakker) Boedijn. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 6: 1008–1013

Team, N.S.T.I., Fellows, N.S.T.I., Network, K., Briefs, T. (2010). Nanotechnology 2010: Advanced materials, CNTs, particles, films and composites. Tech Connect. Briefs 1: 234–237.

Thirumurugan, A., Ramachandran, S., Tomy, N.A., Jiflin, G.J., Rajagomathi, G. (2010). Biological synthesis of gold nanoparticles by Bacillus subtilis and evaluation of increased antimicrobial activity against clinical isolates. *Korean Journal of Chemical Engineering* 29: 1761–1765

Toledo, M.V., Stangarlin, J.R., Bonato, C.M. (2009). Controle da pinta preta em tomateiro com preparados homeopáticos de própolis. *Revista Brasileira de Agroecologia* 4: 471–474

Tripathi, P., Dubey, N.K. (2004). Exploitation of Natural Products as an Alternative Strategy to Control Postharvest Fungal Rotting of Fruit and Vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 32: 235–245

Valodkar, M., Jadeja, R.N., Thounaojam, M.C., Devkar, R.V., Thakore, S. (2011). Biocompatible synthesis of peptide capped copper nanoparticles and their biological effect on tumor cells. *Materials Chemistry and Physics* 128: 83–89

Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E.L., Marra, R.; Woo, S.L., Lorito, M. (2008). Trichoderma- plant-pathogen interactions. *Soil Biology and Biochemistry* 40: 1–10

Wacławek, S., Gonc˘uková, Z., Adach, K., Fijałkowski, M., C˘ erník, M. (2018). Green synthesis of gold nanoparticles using Artemisia dracunculus extract: Control of the shape and size by varying synthesis conditions. *Environmental Science and Pollution Research* 25: 24210–24219

Wang, S.-Y., Chen, P.-F., Chang, S.-T. (2005). Antifungal activities of essential oils and their constituents from indigenous cinnamon (Cinnamomum osmophloeum) leaves against wood decay fungi. *Bioresource Technology* 96: 813–818

Wang, X., Li, Q., Sui, J., Zhang, J., Liu, Z., Du, J., Xu, R., Zhou, Y., Liu, X. (2019). Isolation and Characterization of Antagonistic Bacteria Paenibacillus jamilae HS-26 and Their Effects on Plant Growth. *BioMed Research International* 3638926

Whipps, J.M., Sreenivasaprasad, S., Muthumeenakshi, S., Rogers, C.W., Challen, M.P. (2008). Use of Coniothyrium minitans as a biocontrol agent and some molecular aspects of sclerotial mycoparasitism. *European Journal of Plant Pathology* 121: 323–330

Yoon, M.-Y., Cha, B., Kim, J.-C. (2013). Recent Trends in Studies on Botanical Fungicides in Agriculture. *The Plant Pathology Journal* 29: 1–9

Youssef, K., de Oliveira, A.G., Tischer, C.A., Hussain, I., Roberto, S.R. (2019). Synergistic effect of a novel chitosan/silica nanocomposites- based formulation against gray mold of table grapes and its possible mode of action. *International Journal of Biological Macromolecules* 141: 247–258

Zabka, M., Pavela, R., Slezakova, L. (2009). Antifungal effect of Pimenta dioica essential oil against dangerous pathogenic and toxinogenic fungi. *Industrial Crops and Products* 30: 250–253

Zhang, J.-W., Gao, J.-M., Xu, T., Zhang, X.-C., Ma, Y.-T., Jarussophon, S., Konishi, Y. (2009). Antifungal Activity of Alkaloids from the Seeds of Chimonanthus praecox. *Chemistry and Biodiversity* 6: 838–845

Zhang, V., Xie, J., Fu, Y., Cheng, J., Qu, Z., Zhao, Z., Cheng, S., Chen, T., Li, B., Wang, Q. (2020). A 2-kb Mycovirus Converts a Pathogenic Fungus into a Beneficial Endophyte for Brassica Protection and Yield Enhancement. *Molecular Plant* 13: 1420–1433

# BÖLÜM 8

## EVCİL-YABANİ HAYVANLAR, VARYANT VİRUSLAR VE TEK SAĞLIK

Doç. Dr. Metin GÜRÇAY*[1]

*[1]Bingöl Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Klinik Öncesi Bilimler Bölümü, Viroloji Anabilim Dalı, Bingöl, Türkiye, ORCİD No: 0000-0001-9160-7454, mgurcay@bingol.edu.tr,

## 1.GİRİŞ:

Viruslar, kendilerine özgün bir çoğalma stratejisine sahip olan, enerji üretimi ve makromolekül sentezi için gerekli organelleri bulunmayan, tek tip nükleik asit taşıyan, temel olarak nükleik asit ve çevreleyen protein kılıftan oluşan enfeksiyöz etkenler olarak tanımlanır. Büyüklükleri nanometre (1nm=$10^{-9}$ m) cinsinden ifade edilir. Nükleik asit virusda ki özgün genetik şifrenin taşıyıcısıdır. Viral genomlar DNA veya RNA karakterinde tek tip nükleik asitten oluşmaktadır (Yeşilbağ, 2010). Virusların enfekte ettikleri konak hücreler virusa özgündür. Bu özgünlük nedeni ile çoğu hayvan virus türleri hücre bazında tanımlı konakları enfekte ederler ve birey bazında enfekte olan hücreyi taşıyan konaklar arasında yayılırlar. Yeni virus türleri keşfedilince virusun enfekte ettiği türler ve virus özellikleri ile virüs taksonomisinde yer alır (Plowright ve ark. 2017). Virusların bilim camiası tarafından ilgi gören ve halk sağlığını doğrudan etkileyen en dramatik yönlerinden biri, salgın halde yayılan varyant virusların ortaya çıkmasıdır. Hayvan virolojisi disiplininin kurulduğu günden bu yana varyant viruslar ve/veya yeni ortaya çıkan viruslar ortaya çıkmaktadır. Varyant viruslar, hayvanlarda ve insanlarda ortak enfeksiyona neden olmaktadırlar. Varyant virusların bulaşması, damlacık enfeksiyonu şeklinde solunum yolu ile direkt temas veya insekt vektörlerle taşınma şeklinde olmaktadır. İnsanların varyant virusların epidemiyolojsinde virüs kaynağı, bir veya birden fazla konak hayvan olabilir (Le Duc ve Nathanson, 2016). Varyant viruslar, hızla yayılarak ülke ya da kıtalar arasında salgınlar oluşturarak pandemiye neden olurlar. Bu kitap

bölümünde insanlarda zaman zaman pandemilere neden olan yeni varyant virusların, tek sağlık konsepti altında evcil-yabani hayvanlar, ekoloji etkileşimi ve virus dinamiklerine vurgu yapılacaktır.

**Virusların keşfi ve virus yapıları:** Virus proteinlerini kodlayan tek iplikçik (ssRNA) taşıyan Reoviruslar (1962), tek iplikli RNA ve tek iplikli DNA (ssDNA) bakteriofaj genomları (1967) ilk olarak keşfedilmiştir. Daha sonra Tütün mozaik virusu ve Hepatit virusunun komple genom dizini (1986-1989) yapıldı (Antia ve ark., 2003). Halen, yılda 2-3 yeni insan virusu tanımlanmaktadır (Anderson ve Tong, 2010). Viroloji biliminin temeli olan bu yeni tanımlanan türler dışında son yüzyılda, Filoviridae, Arenaviridae, Bunyaviridae, Paramyxoviridae, Coronaviridae, Flaviviridae, Togaviridae ve Hepeviridae ailelerinde bulunan tanımlanmış virus türünün, virus genetiğinde dizin farklılıklaşmasına bağlı olarak yüksek patojenik varyant viruslar ortaya çıkmakta ve bu viruslar önemli salgınlara neden olmaktadırlar (Bebber ve ark., 2007). Örnek olarak, 2002 ve 2012 yılında Çin'de ortaya çıkan SARS-MERS Koronaviruslar, 2013 yılında yeni İnfluenza H7N9 varyantı kuş gribi (Wolfe ve ark., 2004) verilebilir (Corman ve ark., 2012). Günümüzde virus biyolojsinin anlaşılmasındaki önemli gelişmelere rağmen, varyant virus patojenlerinin oluşturdukları pandemiler halk sağlığı ve küresel ekonomi üzerine etkili olmaya devam etmektedir. Mevcut var olan viruslar, virus doğası gereği epidemi ve endemi salgınlarına sebep olarak vaka sayılarını artırmaktadırlar. Ancak, bazı virus salgınlarında, virus türünün özelliklerine aykırı olarak virus virulensindeki (Virusun

hastalık yapma gücü) artış ve/veya konakçı duyarlılığındaki değişikliklere bağlı olarak farklı dinamikler gelişebilmektedir (Johnson ve ark.,2015).

**Virusların genetik ve konakçı spektrumunun esnekliği ve pandemi oluşturma özelliği:** İnsan bulaşıcı hastalıklarının çoğu, özellikle son zamanlarda ortaya çıkan patojenler, hayvanlardan kaynaklanmaktadır. Hayvanlardan insanlara geçen virus bulaşması önemli bir küresel sağlık sorunu oluşturmaktadır. İnsanları etkileyen yakın zamanda ortaya çıkan bulaşıcı hastalıkların yaklaşık % 75'i hayvan kaynaklı hastalıklardır; insan patojenlerinin tamamının yaklaşık % 60'ı zoonoz hastalıklardır.* Zoonoz hastalıklarlar, insanlar ve hayvanlar arasında nakledilebilen hastalıklardır (Johnson ve ark., 2015). Virusların yayılmasının hızlı olması, bulaşmadan sonra etkili antivirallerin kullanım alanının sınırlı olması, insanlar hastalığında hastalık ağır geçirilebilir veya salgın insan ölümlerine neden olabilir. Bu bağlamda son 30 yılda ortalama olarak her yıl yeni bir virüs enfeksiyonu tanımlanmaktadır.*

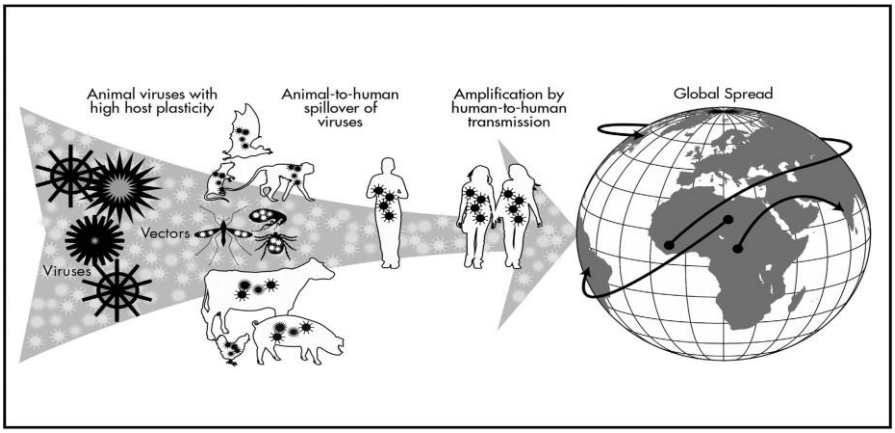
*Kaynak: ABD Hastalık Kontrol ve Korunma Merkezleri (Centers for Disease Control and Prevention, CDC). Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization, WHO.

Dünya nüfusunun artmasına paralel olarak hayvansal proteine ihtiyacın artması, yaban hayat yaşam alanlarının tarıma açılması, bu ürünlerin global ticaretinin yaygınlaşması, ekosistemin bozulması ve avlanma yaban hayatındaki viruslarla insanların temasını artırmaktadır. İnsanlara bulaşan virusların, insandan insanlara bulaşma karakterinde olanlarının bu yolla insanlara bulaşarak önemli salgınlara neden

olmaktadır. Bu şekile hayvanlardan insanlara bulaşan viruslar farklı virüs ailelerinde yer alır. Virüs ailelerinde yer alan zoonoz virus türleri tablo 1'de belirtilmiştir (Jaijyan ve ark., 2018).

**Tablo:1** Zoonoz karakterli viruslar (Jaijyan ve ark., 2018).

| Family | Viruses | Zoonosis | Etiology |
|---|---|---|---|
| *Arenaviridae* | Chapare virus | - | - |
| | Guanarito virus | - | Venezuelan hemorrhagic fever |
| | Junin virus | - | Argentine hemorrhagic fever |
| | Lassa virus | - | Lassa fever |
| | Lujo virus | - | - |
| | Machupo virus | Mouse | Bolivian Hemorrhagic fever |
| | Sabia virus | Rodents | Brazilian hemorrhagic fever |
| *Bunyaviridae* | Andes virus | Rodents | Hantavirus cardiopulmonary syndrome |
| | Crimean-Congo haemorrhagic fever virus (CCHFV) | Ticks | Crimean Congo hemorrhagic fever |
| | Severe fever with Thrombocytopenia syndrome virus (SFTSV) | Arthropod | Severe fever with thrombocytopenia |
| *Coronaviridae* | MERS-Cov | - | Severe acute respiratory syndrome |
| | SARS-Cov | Bats | Seasonal/Swine/Bird Flu Severe acute respiratory syndrome |
| *Filoviridae* | Ebola virus | - | Ebola hemorrhagic fever |
| | Marburg virus | - | Marburg hemorrhagic Fever |
| *Flavirideae* | Zinka virus | Mosquitoes | Fever, congenital microcephaly |
| | Dengue virus | Mosquitoes | Dengue fever |
| | West Nile Virus | Mosquitoes | West Nile fever and encephalitis |
| *Hepeviridae* | Hepatitis E virus (HRV) | Swine, Boar | Chronic hepatitis E |
| | | | Neuropathy |
| *Lyssaviruses* | Australian Bat lyssavirus | Bat | Fatal encephalitic disease |
| | (ABLV) | Bat | Fatal encephalitic disease |
| | European Bat lyssavirus | Bat | Fatal encephalitic disease |
| | (EBLV) | | |
| | Irkut virus (IRKV) | | |
| *Orthomyxoviridae* | Influenza virus | Swine, Bird | Swine flu, Bird flu |
| *Paramyxoviridae* | Hendra virus | Bat | Hendra disease |
| | Nipah virus | Bat | Nipah disease |
| *Retroviridae* | HIV | - | AIDS |
| *Togaviridae* | Chikungunya virus | Mosquito | Chikungunya fever |

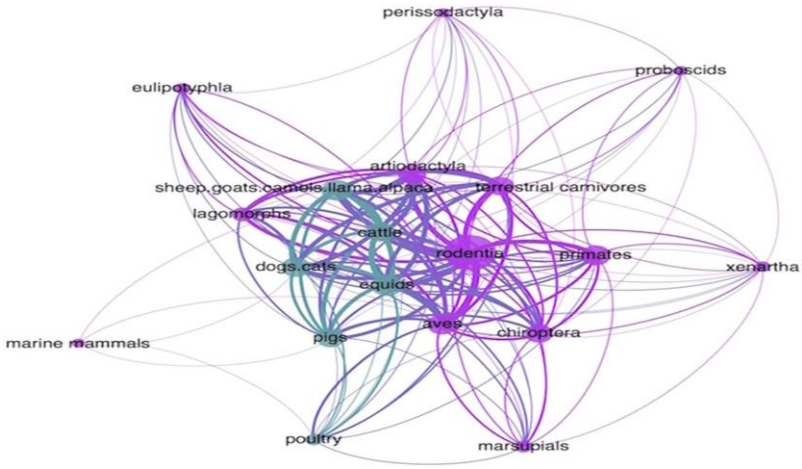



**Şekil 1:** Hayvanlardan insanlara ve insanlar arasında ikincil geçiş yoluyla yayılan zoonotik virusların pandemik özellikleri. (Johnson ve ark.,2015).

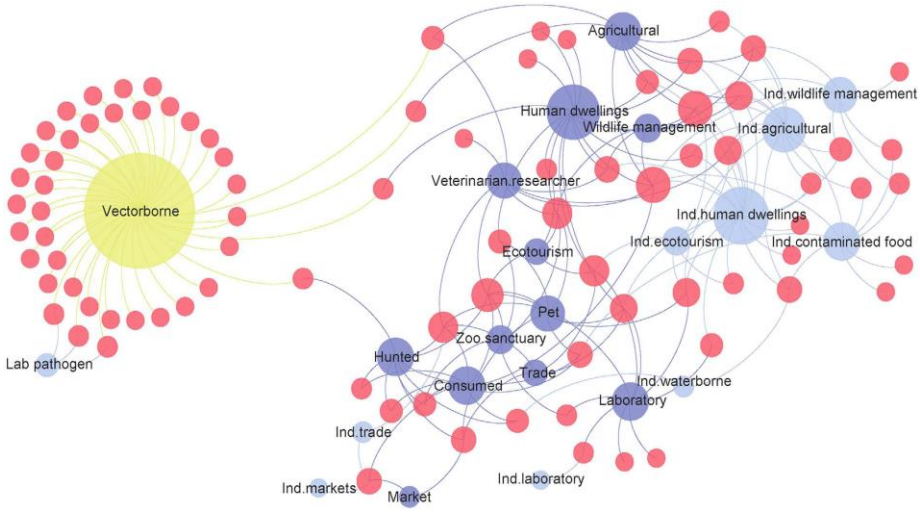
Virusun ait olduğu virüs aile özellikleri ve bu özelliklere bağlı olarak konakçı bariyerini geçme/atlama özelliğinin fazla olması, insandan insana geçiş özelliği göstermesi, coğrafik yayılma özelliği pandemi potansiyelin anahtarlarıdır. Virus ailesi özelliği olarak mutasyon eğilimi olan RNA viruslarının, farklı türdeki evcil ve yabani hayatta yaşayan hayvanlara adapte olması ve bu türleri enfekte etmesi, bu türlerde virusun replike olması, bu replikasyonlarda oluşan mutasyonlar, özellikle de insandan insana bulaşma eğilimi ve coğrafik yayılma özelliği varyant viral hastalık oluşumunda sinerjizma yapar (Şekil 1) (Johnson ve ark., 2015).

**Viruslarda konakçı tür ve konakçı hücre adaptasyonu:** Virusların konak hücrelerde hayatta kalabilmek için replikasyonları sırasında oluşan mutasyonlar, başka bir tür konak bireye veya aynı bireydeki başka bir hücreye adapte olmasına neden olmaktadır. Örnek olarak SARS-CoV'un 'S' proteininin sadece birkaç mutasyonla insanlara

adapte olduğu gösterilebilir. Virus rezervuarı olan yarasalara ait SARS benzeri çok sayıda virusun tanımlanması ve misk kedisi gibi hayvanlarda SARS benzeri virusun bulunması göz önüne alındığında, bunun tekrarlanabileceği görülüyor. Yani mutasyonlarla insana adapte olan varyantların oluşması muhtemeldir (Weiss ve Leibowitz, 2011). Canine Coronavirus (CCoV) konağı olan köpeklerde replikasyon için epitelyal hücrelerini tercih eder, replikasyonu sırasında villi hücrelerinde büyük tahribata yol açar. Virusun aynı konakta farklı hücre konağına adaptasyonu ile, virus genomundaki mutasyonlara bağlı oluşan pantropik varyantla
(CCoV-IIa) enfeksiyon durumunda ise, virusun köpekteki farklı konak hücrelerine adaptasyonu sonucu şekillenen sistemik enfeksiyonda hemorajik gastroenterit, sinirsel semptomlar ve lenfopeni tablosu ortaya çıkar (Decaro ve ark., 2008).




**Şekil 2:** Zoonotik viruslar arasında yüksek yabani ve evcil hayvan konakçı değişimi gösteren ve paylaşılan virusların unipartite ağ haritası. Yeşil renkli evcil hayvanlar, mor renkli ağ yabani hayvanlar ağını, nokta büyüklükleri ve mesafe uzaklıkları bağlantı kurma zorunluluğunda oldukları konakçı sayısı ve paylaştıkları virus sayıları ile orantılıdır (Johnson ve ark., 2015).




**Şekil 3:** Yüksek riskli zoonotik hastalıkların vahşi yaşamdan insanlara bulaşan viruslarının aktarım koridorlarını gösteren epidemiyolojik ağ haritası. Koyu mavi nokta ve çizgiler yaban hayatından direkt bulaşma, açık mavi nokta ve çizgiler indirekt bulaşma, sarılar vektör bulaşmasını ifade eder. Kırmızı noktalar farklı koridorların birleşim noktalarını, farklı çevresel bulaşma fırsatlarını ifade eder. Son derece bağlantılı ve daha merkezi koridorlar çok sayıda virusun bulaşmasını kolaylaştırmaktadır. Bu durum gelecekte yeni hastalıkların ortaya çıkmasını artırması nedeni ile, hedefte muhtemel oluşabilecek epidemiyolojik salgınların bir ön verisini sağlamak ve oluşabilecek salgın hastalık sürveyansı ve önleyici tedbirler alınmasını gerektirmektedir (Johnson ve ark., 2015).

Yabani hayvanlar, zoonotiklerin büyük çoğunluğu için insanlara yayılmasında hastalığın kaynağı olarak bir virüs havuzu olarak görev yapmaktadır. Gezegenimizdeki vahşi yaşamın çeşitliliği, viruslar için zengin bir virus havuzu oluşturmaktadır. Bu havuzda ki bir kısım viruslar, insanı enfekte edebilmek için başarılı bir şekilde, virulans değiştirebilmekte, insana bulaşma, insandan- insana bulaşmada yönünde adaptasyonlar sağlarlar. Virus havuzunda ki viruslarda yüksek konakçı değiştirme özelliği sonucu değişime uğrayanlar, evcil hayvanlara, evcil hayvanlardan insanlara, insandan-insana bulaşması sonucu ve global yayılma göstererek pandemi potansiyellerini

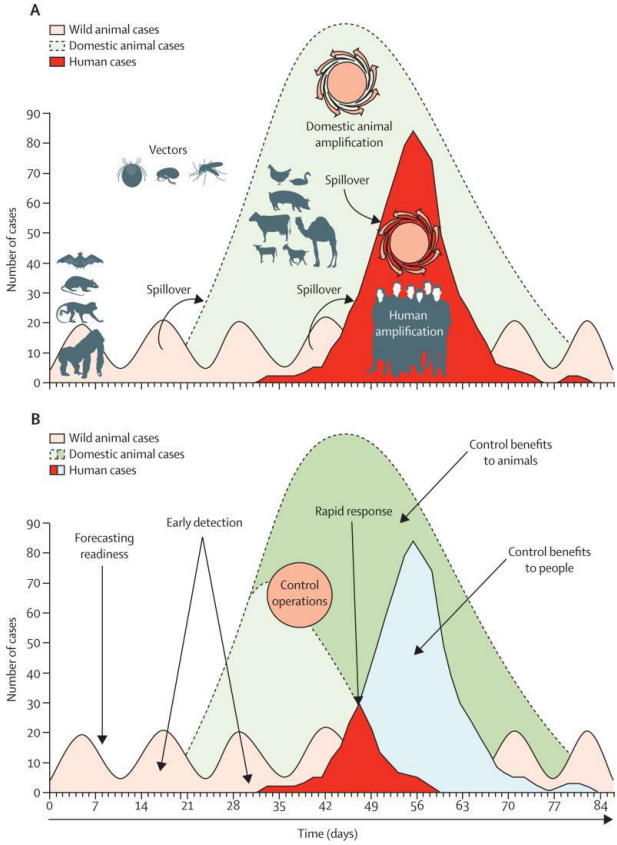
artırmaktadır. Bu ifadeler, 1990–2010 yılları arası Dünya Sağlık Örgütü, (World Health Organization, WHO), Gıda ve Tarım Örgütü, (Food nd Agricultural Organization, FAO), Amerika Birleşik Devletleri Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezi, (Centers for Disease Control and Prevention , CDC) ve Dünya Hayvan Sağlığı Örgütü (World Organisation for Animal Health, OIE) kayıtlarından çıkarılmış sonuçlardır (Johnson ve ark., 2015).

Bugüne kadar tanımlanan insanlarda patojen olan viruslar içerisinde, zoonoz viruslar karakterli olanlar, DNA viruslarına göre 28 kat daha fazla patojen olan RNA viruslarıdır (%94) (Woolhouse, 2002). RNA viruslarında ki yüksek viral konak esnekliği, virusların pandemik potansiyelini artıran önemli bir özelliktir. DNA viruslarının replikasyonunda görev alan DNA polimeraz enziminde yeni nesil DNA'ları gözden geçirme ve oluşabilecek mutasyonları onarma mekanizması vardır. Bu mekanizma DNA viruslarında daha fazla bir genetik stabiliteye sahip olması yanında konakçı spektrumunda da kısıtlamaya neden olmaktadır. DNA viruslarından sadece poxviruslar ve bir kısım herpesviruslar konakçı bariyerini aşarak zoonoz hastalıklara neden olabilir. RNA virusları replikasyonlarında, yeni nesil virusların RNA'larında oluşabilecek mutasyonları tekrar gözden geçirme ve mutasyonları belirleme ve onarma mekanizması bulunmamaktadır (Bauerfeind ve ark., 2020; Johnson ve ark.,2015). Bu nedenle, RNA virusları her replikasyon aşamasında çok sayıda, hatta orijinal konak hücreye penatüre olamayan genetik aryantlar oluşturmaktadır. Bu yeni varyantlar, virusun konakçı spektrumunu

genişletmektedir. Bu yeni varyantlar, virusun hayatta kalabilmesi yönünde çoğu zaman kısıtlama yapmakta, bazı durumlarda daha fazla üreme başarısı sağlamaktadır. Bu yönü ile viruslarda bir doğal seleksiyon ortamı oluşturmaktadır. Varyant virus oluşumu sadece nokta mutasyonların oluşması ile değil aynı zamanda yapı itibarı ile çok parçalı RNA viruslarında karşılaşıldığı şekli ile, genetik rekombinasyon veya genetik reassortment mekanizmaları ile de gelişmektedir. Genetik olarak 8 parçalı RNA'dan oluşan İnfluenza A viruslarında olduğu gibi virusun RNA'sının parçalı olması durumunda genetik rekombinasyon veya genetik reassortment mekanizmaları ile tohum virusdan daha çok farklılaşmış varyant viruslar oluşmaktadır (Bauerfeind ve ark., 2020).

Yabani hayvanların çeşitliliği, virusların bu yabani hayvanları konak olarak enfekte etmesine bağlı konak esnekliği ile oluşan zoonotik havuz virusların virülansını ve hayvandan hayvana bulaşma özelliğini değiştirmekle kalmayıp, aynı zamanda insandan-insana bulaşma özelliğini de artırmakta böylece küresel ölçekte virusların yayılmasını sağlamaktadır. Literatürde bildirilen verilere göre, 10 farklı konağa sahip olan virusların, insandan insana bulaşma ihtimali, konağı az olan viruslara göre 12 kat daha fazla olduğunu ispat etmektedir. Konak türler arası aktarım yapabilen viruslar için yeni konakçılara hızla uyum sağlama varyant virüs hastalığı ortaya çıkış teorisini destekleyen anahtar hipotezdir. Bu yeni konağa uyum sağlama insandan-insana da yayılma özelliğini artırarak pandemi oluşturma potansiyelini artırmaktadır (Woolhouse ve ark., 2005; Woolhouse ve Gowtage-Sequeria, 2005; Cleaveland ve ark., 2001). Viruslarda yüksek konak

esnekliği, hastalıkların özellikle insandan-insana yayılmasında sinerjik bir etki yapmaktadır (Johnson ve ark.,2015).




**Şekil 4.** Virus ve ekoloji. Virus yayılımı. (A) Virusun insanlara bulaşması ve amplifikasyon (parlak kırmızı), bir virulens patojenin varlığı ile meydana gelir. Virulens patojenin insana bulaşmasında yabani hayvanlar (pembe), Evcil hayvanların (açık yeşil) bulaşmaya katkılarını gösteren grafik.
(B) Erken teşhis ve kontrol çabaları viral hastalık insidansını azaltır. İnsanlarda ki teşhis ve kontrol çabalarının hastalığın ortadan kaldırılmasındaki katkısı (açık mavi) ve evcil hayvanlarda teşhis ve kontrol çabalarının hastalığın ortadan kaldırılmasındaki katkısı (koyu yeşil). Yayılma okları, türler arası aktarımı gösterir (Karesh ve ark., 2012 ;Ajuwon ve ark., 2022)

**Bulaşma:** Zoonoz hastalıklarda direkt, kan yolu ve indirek olarak bulaşma olmaktadır.

Direkt bulaşma, enfekte bireyle duyarlı birey arasında temasla olmaktadır. Örneğin, çiçek virusunun bulaşması. Bu şekideki bulaşmada evcil hayvanlar yaban hayatından aldıkları virusları insanlara bulaştırmaktadır. Hayvan virusları insanlara bulaştıktan sonra, zoonotik viruslar için mümkün olmayan bir hızla hastalığın sürekli yayılması kolaylaşır. Virusların % 20'si insandan-insana bulaşabilirlik özelliği göstermektedir (Wolfe ve ark.,2007).

Kan yolu ile bulaşmada yaban hayatıyla temas sağlayan avlanm, kan yolu ile bulaşan viruslar için kaynak oluşturur. Ebola virus ve primat retrovirus enfeksiyonlarının yayılışı buna örnek olarak gösterilebilir (Leroy ve ark., 2004, Hahn ve ark, 2000).

**Tablo 2. Direkt (Kontakt) bulaşan virus aileleri, türleri, rezervuar konakçıları, bulaşma yolu/vektör, hastalık.**

| Aile | Tür | Resevuar Konakçı | Vektör /Bulaşma Yolu | Hastalık |
|---|---|---|---|---|
| | | **Direkt Bulaşma** | | |
| Poxviridae | Cowpox virus | Sığır, kedi, kemirgen | Kontakt, deri çizikleri | Deride püstül |
| | Milkers' nodes virus | Sığır | Kontakt, deri çizikleri | Deride nodül |
| | Orf virus | Koyun, keçi | Kontakt, deri çizikleri | Deride ülser |
| | Monkeypox virus | İnsan, sincap | Kontakt, oral | Generalize döküntü |
| | Tanapox virus | Kemirgen?, maymun | İnsekt ısırması (mekanik) | Deride nodül |
| Bunyaviridae | | | | |
| Hantavirus | Hantaviruslar | Kemirgen | Kontakt | Hemorajik fever |
| Rhabdoviridae | | | | |
| Rhabdo v. | Rabies virus | Carnivorlar, yarasa | Isırma, inhalasyon | Merkezi sinir sis. bulguları |
| Filoviridae | | | | |
| Filo virus | Ebola, Marburg virusları | Maymun | Kontakt, Enjeksiyon | Hemorajk fever |
| Orthomyxoviridae | | | | |
| Orthomyxovirus | Influenza A | Kanatlı, domuz, at | Solunum yolu | Fever ve öksürük |
| Arenaviridae | Lenfositik koriomeningitis v. | Kemirgen | Solunum yolu, kontakt | Hemorajik fever |
| Arenavirus | Lassa fever | Fare | | |
| Yeni dünya Arena virusları | | | | |
| Arjantin, Bolivya, Venezuela hemorajik fever v. (Tacaribe kompleks) | | | | |
| Picornaviridae | | | | |
| Aphtovirus | Şap | Sığır, koyun, keçi, domuz | Kontakt, ağız yolu (gıda) | Generalize ülserler |
| Coronaviridae | | | | |
| Coronavirus | SARS, MERS | Kemiriciler, deve | İnhalasyon, gıda | Solunum yolu bulguları |
| Paramyxoviridae | | | | |
| Paramyxovirus | Hendra v. Nipah v. | Memeliler | İnhalasyon | Solunum yolu, MSS |
| Enfekte su veya gıda ile bulaşan bazı viruslar | | | | |
| Norovirus, Rotavirus | | Memeliler | Fekal-Oral | Sindirim sistemi bulguları |

İndirekt bulaşma kan emen arthropodların kan emmesi ile olmaktadır. Artropod, viremik hayvandan kan emdiğinde virusu alır, çoğu vakalarda virus arthropodun vücudunda replike olur ve tükrük bezine ulaşır. Artropod duyarlı bireyden kan ile beslendiğinde tükrük bezindeki virus infekte tükrükle bireye injekte eder. Bu artropodlar, sivrisinek, kum sineği ve kenelerdir. Bu bulaşma şekli de zoonoz hastalıklar için önemli bir bulaşma yoludur (Biyolojik Bulaşma). Artropodlar bazen kan emdiği konaktaki virusu alarak mekanik olarak başka bir konağa taşyabilmektedir (Woolhouse, 2002).

**Tablo 3: Arbovirus aileleri, türleri, rezervuar konakçıları, bulaşma yolu/vektör, hastalık.**

| Aile | Tür | Resevuar Konakçı | Vektör | Hastalık |
|---|---|---|---|---|
| | | **Arthropod-borne (Bir omurgasızda replikasyon)** | | |
| Togaviridae | | | | |
| Alphavirus | Chikugunya virus | Kanatlı | Sinekler | Fever, polyarthritis |
| | Doğu At Ensefalit virusu | Memeliler | Sinekler | Fever, encephalitis |
| | Venezuela At Ensefalit virusu | Memeliler | Sinekler | Fever, encephalitis |
| | Batı At Ensefalit virusu | Kanatlı | Sinekler | Fever, encephalitis |
| | O'nyong-nyong virus | Memeliler | Sinekler | Fever, polyarthritis |
| | Sindbis humması virusu | Memeliler | Sinekler, Yabani kanatlı | Fever |
| | Ross River virusu | Memeliler | Sinekler | Fever, polyarthritis |
| Flaviviridae (=Tickborne encephalitis kompleks) | | | | |
| Flavivirus | Dengue viruses | İnsan, maymun | Sinekler | Fever, şok sendromu |
| | Japon encephalit virusu | Kanatlı, domuz | Sinekler | Fever, encephalitis |
| | Murray Valley enc. virusu | Kanatlı | Sinekler | Fever, encephalitis |
| | West Nil virus | Memeliler | Sinekler | Fever |
| | Yellow fever virusu | İnsan, maymun, kanatlı | Sinekler | Hemorajik fever |
| | Kyasanur Forest disease v. | Primatlar | Kene | Hemorajik fever |
| | Louping ill virusu | Memeliler | Kene | Fever, encephalitis |
| | Omsk hemo. fever v. | Memeliler | Kene | Hemorajik fever |
| | Powassan virus | Memeliler | Kene | Fever, encephalitis |
| | Tickborne enc. virus | Memeliler, kanatlı | Kene | Fever, encephalitis |
| | İlkbahar meningoenc. V. | Memeliler | Kene | Encephalitis |
| | Wesselsbron V. | Koyun, sığır | Sinekler | |
| | Zikavirus | İnsan, maymun | Sinekler | |
| Bunyaviridae | | | | |
| Bunyavirus | California encephalitisvirus | Memeliler | Sinekler | Fever, encephalitis |
| | La Crosse virus | Memeliler | Sinekler | Fever, encephalitis |
| | Tahyna virus | Memeliler | Sinekler | Fever, encephalitis |
| Phlebovirus | Sandfly fever virus | Gerbil | Sinekler (tatarcık) | Fever, kas ağrısı |
| | Rift Valley fever virus | Memeliler | Sinekler | Fever, (encephalitis) |
| Nairovirus | Kırım Kongo Kanamalı Ateşi | Memelliler | Kene | Hemorajik fever |
| Reoviridae | | | | |
| Colivirus | Colorado kene encephaliti v. | Memeliler | Kene | Fever, kas ağrısı |

Kemirgenlerle taşınan roboviruslar, artropodlarla taşınan arboviruslar dışında son yıllarda yarasalardan hayvanlara ve insanlara taşınan

viruslar da tanımlandı. Yeni tanımlanan kuduz virusu ve paramiksoviruslar, at (Hendra virus) ve domuzlara (Nipah virus and Menangle virus) uçan yarasalarla (suborder Megachiroptera) nakledilmektedir. Menangle virus insanlarda ölümcül hastalığa neden olur. Uçan yarasalar aynı zamanda yeni tanımlanan koronaviruslar ve filovirusların konakçılar olarak tespit edilmiştir (Bauerfeind ve ark., 2020).

**2.TEK SAĞLIK:** Tek sağlık stratejisi, çeşitli sağlık sektörleri (örneğin, halk sağlığı, çevre, tarım ve hayvan sağlığı) daha geniş sağlık yararları sunmak için arasındaki bağlantı üzerine kuruludur. İnsan, hayvan ve çevre ile ilgili sektörler arasında bilimsel verilere dayalı olarak hastalık yükünü etkileyen faktörleri doğru bir şekilde koordine ederek karar vermenin ele alınmasına yardımcı olabilir. Varyant viruslarla ortaya çıkan zoonotik bulaşıcı hastalıkların tekrarlayan salgınları, insanlar, hayvanlar ve onların ortak çevreleri ve aralarında güçlü bir iş birliği ile birden fazla sektörün küresel sağlık güvenliği için bir araya gelerek güçlü bir iş birliği yapmak tek sağlık kavramına odaklanmayı gerektirir (Ajuwon ve ark., 2022). İnsan, hayvan ve ekosistem sektörleri tek sağlık alanını geliştirdi. Bu gelişeye örnek teşkil edecek olarak, hayvan ve insan sağlığını iyileştirmek için aşılamanın esas olduğuna inanan Louis Pasteur 1894 yılında köpeklerde kullanılmak üzere ve köpek türünden başka türe geçmesini önlemek üzere koruyucu attenüe kuduz aşısını geliştirmeyi başardı. Bu buluştan üç ay sonra, aşısını köpek tarafından ısırılan çobana uyguladı ve umut verici başarılı sonuçlar elde etti. Böylece tek sağlık konseptine uygun

olarak, kuduz virusuna karşı infeksiyon kontrolünü sağlamak için insan ve köpeklerde koruyucu keşif yaptı. 'Hayvanlarda enfeksiyonlar kontrol altına alınırsa insanlarda bu etkenlere karşı korunmuş olur' hipotezini ispatladı (Mackenzie ve ark., 2013).

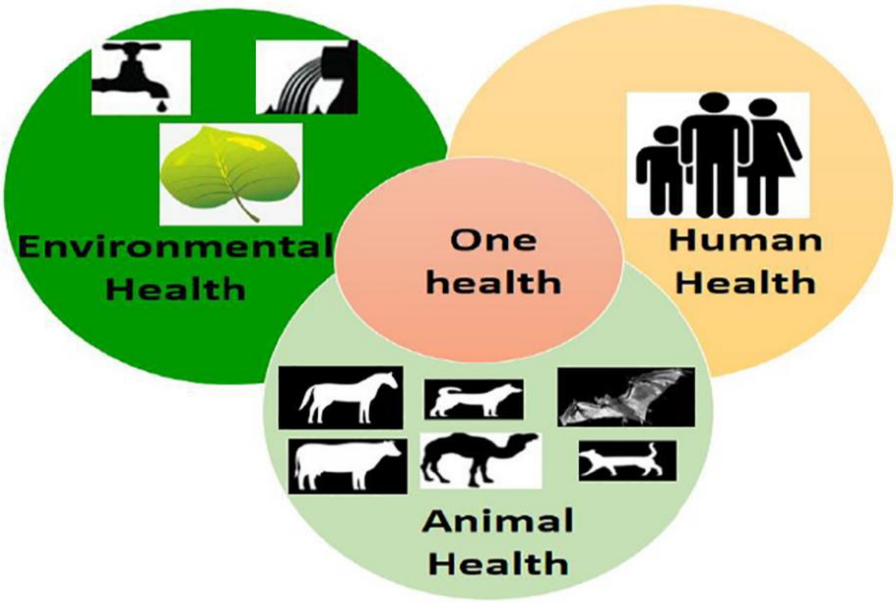
Günümüzde, ulaşım hizmetlerinin artmış olması, ticaretin global olarak yapılması bu sayede insan ve üretilen ürünlerin ülkeler arası ve kıtalar arası hareketinin kolaylaşması hastalık etkenlerinin de yayılmasına zemin hazırlamaktadır. Kent merkezlerine yönelik mevcut göç eğilimi, milyonlarca insanı yerinden eden silahlı çatışmaların neden olduğu göçü de ekleyebileceğimiz büyük demografik değişiklikleri içermektedir. DSÖ, 2025 yılına kadar dünya nüfusunun %65'inin şehirlerde yaşayacağını tahmin ediyor (Hernández ve ark., 2021). Bu çevresel değişiklikler viral hastalıkların kontrolünde tek sağlık konseptini gerektirmektedir

Küresel iklim değişikliğine bağlı bazen suyun mevcudiyetinin azalması, yabani hayvan türlerinin etkilenmesi ile uygun bir ortam arayışına girmeleri, potansiyel virüs kaynaklarının göçüne neden olması virusların yayılmasını güçlü bir şekilde etkileyen çevresel faktördür (Hernández ve ark., 2021).

Sosyal eşitsizlikler, en dezavantajlı nüfus gruplarında aşırı kalabalıklaşmayı ve kötü sağlık koşullarını desteklemektedir, bu da insanlar ve türler arasında bulaşma olasılığını önemli ölçüde artırmaktadır. Aşırı kalabalık insan topluluklarında beslenmede protein ihtiyacının karşılanmasında yabani hayvanların bu ihtiyacı karşılamak

üzere tüketilmesi yaban hayatındaki virüs havuzundaki viruslara teması artırmaktadır (Hernández ve ark., 2021).

Küresel ısınma ile yabani hayvanların (Kuşlar, Artropodlar) daha önce yaşamadığı alanlarda yaşamayı tercih ederek bu alanlara yerleşmeleri, patojenik virusların yayılmasını destekleyen bir faktördür. Tarih boyunca seyahat, genellikle çiçek hastalığı veya kemirgenlerle ilişkili bulaşıcı hastalıkların yayılmasına yol açmıştır. Şu anda iletişim ve sağlık uyarılarında büyük ilerlemeler olmasına rağmen, dünya çapında daha fazla yolcu akışı olmaktadır, bu da viruslu bir vektörün veya hasta bir kişinin çok uzaklara seyahat etmesine ve virusun yeni bir yaşam alanına girmesine neden olan bir çevre faktörüdür (WHO, 2020).




**Şekil 5:** Tek sağlık kavramını özetler (Shaheen, 2022)

## 3.SONUÇ:

Salgın hastalıklar, insanlık tarihinde yaşanılan en önemli sağlık sorunlarından biridir. İnsanların yaşadıkları savaş, göç ve ticaret gibi olaylarla insanlar arasındaki etkileşimlerin artması, virusların konak spektrumunu artırmasına bağlı olarak yeni konaklara adapte olması ve varyant salgın hastalıkların ortaya çıkmasına yol açmaktadır. İnsan nüfusunun artması ile beslenme kalitesinin düşmesi, yeterli gıdaya ulaşamama, temiz su kaynaklarının azalması ve iklim değişiklikleri gibi sebepler de hastalıkların önünü açmaktadır. Eski Yunan eserlerinde ve Mezopotamya kanunlarında (M.Ö. 1000'li yıllar) kuduz hastalığından bahsedildiği görülmektedir. İnsan Çiçeği (*Smallpox, Variola*) hastalığının M.Ö. 10.000'li yıllarda Kuzey Afrika'da var olduğuna ve buradan eski Mısırlı tüccarlar tarafından Hindistan'a taşınmış olabileceğine inanılmaktadır (Yeşilbağ, 2010). Eski Hint yazıtlarından, (MÖ 2000) Eski Mısır'daki Kahun Papirüsüne (MÖ 1900) kadar sığır vebası hakkında açıklayıcı bilgiler vardır (Yeşilbağ, 2010). Avrupa'da 18. yüzyılda görülen sığır vebası salgınları, bilimsel Veteriner Hekimlik eğitiminin başlamasını etkilemiş, 1762 yılında Fransa'nın Liyon kentinde ilk veteriner koleji kurulmasına neden olmuştur (Karasszon, 1988). Kolej, hayvan hastalıkları ve salgınlarla mücadele etmek, bu salgınların doğurduğu ekonomik, sosyal travmaları önlemek yanında toplum sağlığını da korumayı amaçlamıştır. Veterinerlik Virolojisinin modern anlamda ilk kurumsal adımları Veterinerlik kolejinin kurulması ile atılmış oldu (Karasszon, 1988; Dinçer ve Yerlikaya, 1993). Kolejin açılması hayvanlarda görülen hastalıklarla doğru mücadele için bir ihtiyacı karşılamak üzere kurulmuştur. Bu ihtiyaç insanların sağlıklı gıdaya ulaşma maksadı yanında hayvanlarda görülen salgın

hastalıkların kontrol altına alınmak sureti ile insanlarında bu hastalıklardan korunmasını asıl maksat olarak hedeflemiştir. Günümüzde, küreselleşen dünyada ticari, ekonomik, endüstriyel, kültürel ve eğitimsel nedenlerle hızlı yer değiştirmenin ve sık seyahatlerin bir sonucu olarak bulaşıcı hastalıklar evrensel bir sorun haline gelmiştir. Bu salgınların kaynakları araştırılmış, insan, evcil-yaban, varyant viruus ve çevre kavramlarının etkinliği sonucuna varılmıştır. Bu sonuçla salgınlarda tek sağlık kavramı ön plana çıkmıştır.

# 4.KAYNAKÇA:

Ajuwon, B. I., Roper, K., Richardson, A., Lidbury, B. A. (2022). One Health Approach: A Data-Driven Priority for Mitigating Outbreaks of Emerging and Re-Emerging Zoonotic Infectious Diseases. *Tropical Medicine and Infectious Disease*, *7*(1): 4.

Anderson, L.J., Tong, S., (2010). Update on SARS research and other possibly zoonotic coronaviruses. *Int. J. Antimicrob. Agents* 36, 21-25.

Antia, R., Regoes, R.R., Koella, J.C., Bergstrom, C.T. (2003). The role of evolution in the emergence of infectious diseases. *Nature* 426, 658-661. Available from: https://doi.org/10.1038/nature02104.

Bauerfeind, R., Von Graevenitz, A., Kimmig, P., Schiefer, H. G., Schwarz, T., Slenczka, W., Zahner, H. (Eds.). (2020). *Zoonoses: Infectious diseases transmissible from animals to humans*. John Wiley & Sons.

Bebber, D.P., Marriot, F.H.C., Gaston, K.J., Harris, S.A., Scotland, R.W.(2007). Predicting unknown species numbers using discovery curves. *Proc. R. Soc.* B 274, 1651_1658. Available from: https://doi.org/10.1098/rspb.2007.0464.

Cleaveland, S., Laurenson, M. K., Taylor, L. H. (2001).Diseases of humans and their domestic mammals: pathogen characteristics, host range and the risk of emergence. *Philos T Roy Soc B* 356**,** 991–999.

Corman, V.M., Eckerle, I., Bleicker, T., et al., (2012). Detection of a novel human coronavirus by real-time reverse-transcription polymerase chain reaction. *Euro Surveill.* 17 (39), 20285.

Decaro, N., Campolo, M., Lorusso, A., Desario, C.,Mari, V., Colaianni, M.L., Elia, G., Martella, V.,

Buonavoglia, C. (2008). Experimental infection of dogs with a novel strain of canine coronavirus causing systemic disease and lymphopenia. Vet. Microbiol, 128:253-260.

Dinçer, F. ve Yerlikaya, H. (1993, Eylül 20-23). *Dünyada Veteriner Hekimliği Tarihi Çalışmaları ve Tıp Tarihi Açısından Önemi.* III. Türk Tıp Tarihi Kongresi, Ankara, Türkiye.

Hahn, B. H., Shaw, G. M., De Cock, K. M. & Sharp, P. M. (2000). AIDS as a zoonosis: scientific and public health implications. *Science* 287**,** 607–614

Hernández, A. S. M., Rodríguez, M. S. M., & Rodriguez, A. S. M. (2021). Emerging viral diseases. *Open Access Res J Biol Pharmacy*, *1*(02) :20-27.

Jaijyan DK, Liu J, Hai R, et al. (2018) Emerging and Reemerging Human Viral Diseases. *Ann Microbiol Res* 2(1):31-44.

Johnson, C. K., Hitchens, P. L., Evans, T. S., Goldstein, T., Thomas, K., Clements, A., ... & Mazet, J. K. (2015). Spillover and pandemic properties of zoonotic viruses with high host plasticity. *Scientific reports*, *5*(1), 1-8.

Karasszon, D. (1988). *A Concise History of Veterinary Medicine* (Dr. E. Farkas, Trans). AkademiaiKiado, Budapest, 458.

Karesh, W.B.; Dobson, A.; Lloyd-Smith, J.O.; Lubroth, J.; Dixon, M.A.; Bennett, M.; Aldrich, S.; Harringhton, T.; Formenty, P.;Loh, E.H.; et al. (2012). Ecology of zoonoses: Natural and unnatural histories. Lancet, 380, 1936–1945.

Le Duc, J. W., Nathanson, N. (2016). Emerging viral diseases: why we need to worry about bats, camels, and airplanes. In *Viral Pathogenesis* ( 215-231). Academic Press.

Leroy, E. M. *et al.* (2004). Multiple Ebola virus transmission events and rapid decline of central African wildlife. *Science* 303**,** 387–390.

Mackenzie JS, Jeggo M, Daszak P, Richt JA, eds. (2013) *One Health: The Human-Animal-Environment Interfaces in Emerging Infectious Diseases (vol. 366)*. Springer;

Plowright RK, Parrish CR, McCallum H, Hudson PJ, Ko AI, Graham AL, Lloyd-Smith JO. 2017 Pathways to zoonotic spillover. Nat. Rev. Microbiol. 15, 502–510. (doi:10.1038/nrmicro.2017.45)

Shaheen, M. N. (2022). The concept of one health applied to the problem of zoonotic diseases. *Reviews in Medical Virology*, e2326.

Weiss, S.R., Leibowitz, J.L. (2011). Coronavirus Pathogenesis, Advances in Virus Research, Volume 81: 86-136. DOI: 10.1016/B978-0-12-385885- 6.00009-2.

Wolfe, N. D., Switzer, W. M., Carr, J. K., Bhullar, V. B., Shanmugam, V., Tamoufe, U., ... & Heneine, W. (2004). Naturally acquired simian retrovirus infections in central African hunters. *The Lancet*, *363*(9413), 932-937.

Woolhouse, M. E. (2002). Population biology of emerging and re-emerging pathogens. *Trends Microbiol.* 10**,** 3–7.

Woolhouse, M. E. J. Gowtage-Sequeria, S. (2005). Host range and emerging and reemerging pathogens. *Emerg. Infect. Diseases* 11**,** 1842–1847.

Wolfe, N. D., Dunavan, C. P. Diamond, J. (2007). Origins of major human infectious diseases. *Nature* 447**,** 279–283.

World Health Organization. (2020). Novel coronavirus (2019-nCoV) technical guidance: laboratory testing for 2019-nCoV in humans. *World Health Organization, Geneva, Switzerland. https://www. who. int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/technical-guidance/laboratory-guidance*.

Yesilbağ, K. (2010). Genel Viroloji. Medipres Yayınevi, Malatya. ISBN 978-975-6676-49-3.

# BÖLÜM 9

## ARILARININ EKOSİSTEM İÇERİSİNDEKİ YERİ ve ÖNEMİ

Öğr. Gör. Mehmet Ali KUTLU[1]

[1] Bingöl Üniversitesi. Gıda Tarım ve Hayvancılık Meslek Yüksekokul, Arıcılık Programı. Bingöl /Turkey kutlular@hotmail.com. ORCİD:0000-0003-0862-9690

## GİRİŞ

Ekosistem dar anlamda bir çevre içerisinde buluna canlıların bulundukları çevre içerisindeki yapı ile karşılıklı faaliyetlerinin oluştuğu sisteme verilen isimdir. Doğal yaşam alanında karşılıklı madde paylaşımına katkı sağlayabilen bitki ve hayvan organizmaları ile taş, kaya ve toprak gibi fiziksel çevre etmenleri ekosistemin doğal bir parçasını oluşturmaktadır.

Çevre ve Ekoloji kavramları birbirleriyle çok farklı kavramlar olup çoğu zaman aynı gibi düşünülüp karıştırılmaktadır. Çevre, canlıların içinde bulunulduğu ortam, ekoloji ise çevre içerisinde bulunan canlıların yaşam süreci, adaptasyonu, dağılımı ve biyoçeşitliliğini kapsamaktadır. Ekosistem yaklaşımı, çevre içerisinde bulunan organizmaların işlevlerinin genelini kapsamakta olup içerdiği organizmalar ve bunların cansız çevreleriyle olan ilişkilerini içerir. Ekosistemde, enerji ve besin giriş-çıkışı sürekli olup, yaşam enerji akışı ve besin döngüleriyle devam etmektedir.

Ekosistem, üreticiler (ototroflar), tüketiciler (hetotroflar), ayrıştırıcılar (saprofitler) ve doğal çevre olarak dört temel bileşen üzerinde şekillenmiştir. Bunlardan ilk üç bileşen, dördüncü bileşenin oluşturduğu cansız doğa içinde varlıklarını sürdüren canlı yaşamı kapsamaktadır. Bu açıklamalar kapsamında ekoloji bilim dalı, organizmaların yaşadıkları alandaki biotik ve abiotik çevre ile olan ortak ilişkilerini biyolojik, fizyolojik ve biyokimyasal esaslara dayanarak inceleyen bir bilim dalıdır.

Ekosistemin sürdürülebilirliği büyük oranda içerdiği bitkilerin tozlaşmasına bağlıdır. Ortam sürdürülebilirliğini sağlamak için faydaya dayalı karşılıklı ilişki içerisinde güçlü bağlar oluşturulmuştur. Arı-bitki ilişkisi bunun en güzel örneğidir. Bal arıları yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmek için bitkinin nektarına ve polenine gereksinim duyarlar. Bitkiler de neslinin devamını sağlamak için arılara ihtiyaç durmaktadırlar. Tozlaşma, böcek ve diğer polinatörler tarafından üretilen ekolojik bir işlev olup tam olarak gerçekleşmesi tozlayıcı topluluğa bağlıdır (Handel 1997). Zamanında gerçekleşen başarılı bir polinasyon, bitki türlerinin yaşama şanslarını artırmakta ve neslin devamlılığını sağlamaktadır. Yetersiz polinasyon sonucunda bitkilerin tohum bağlama oranı düşmekte, meyveler gelişmelerini tam olarak tamamlayamamakta, meyvelerde şekil bozuklukları ve ürün kalitesizliği görülebilmektedir.

Tozlaşma (polinasyon) bir çiçeğin anterinde (erkek kısım) bulunan bir polen tanesinin aynı veya başka bir çiçekte bulunan stigmaya (dişi kısım) geçmesi ile oluşan bir olaydır. Bu sayede dişi organ tepeciğine konan polenler buradan (dişicik borusundan) yumurtalığa iner ve döllenme gerçekleşir. Bu olay bitkilerin neslinin devamı için ilk atılan adımdır. Bitki bu sayede tohum bağlayacak zaman içerisinde tohum gelişmesini sürdürerek canlıların tüketimine yönelik besin ögelerini oluşturacaktır.

Tozlaşma, rüzgâr ve su gibi abiyotik faktörler dışında hayvanlar da tarafından sağlanır. Kuşlar, yarasalar, kelebekler, güveler, sinekler, böcekler, yaban arıları, küçük memeliler ve arılar tozlayıcı organizma

içerisinde yer almaktadır. Bu yapı içinde arılar ve özellikle bal arıları (*Apis mellifera*) dünyanın her tarafına yayılmış olup faydalı böcek türleri arasında en önemli grubu oluşturmaktadırlar. Bal arılarından bal, bal mumu, polen, arı sütü, propolis, arı zehri gibi ekonomik değere sahip arıcılık ürünlerin üretiminden önemli düzeyde gelir elde edildiği gibi, bitkisel üretimde tozlaşmayı sağlamak suretiyle çok yüksek oranlarda gelir elde edilmesine imkân sağlamaktadır(Tirado ve ark., 2013; Özbek, 2003; Calderone, 2012).

## BAL ARILARININ TOZLAŞMADAKİ ÖNEMİ

Bal arıları, dünyadaki en etkili tozayıcı türler arasında bulunmaktadır. Bir bal arısının gün içerisinde yaklaşık 2000'den fazla bitkiyi polen ve nektar için ziyaret ettiği varsayıldığında, bu ziyaretin bu alandaki bitkilerde bulunan çiçeklerde tohum bağlama şansını büyük ölçüde artırdığı görülmektedir.

Arılar, doğada tarımsal ürünlerin önemli tozayıcılarıdır (Özbek 2008; Potts 2010). Arıların bitkisel üretim ve çeşitliliğine katkısı kendi üretimleri olan bal ve ürünlerin ekonomik değerlerinin yaklaşık 15 katı kadardır (Köseoğlu ve ark 2008).

Tozlaşma tüm meyve türlerinde olduğu gibi, büyük çekirdekli meyve türlerinde de meyve oluşumu, verimini ve kalitesini etkileyen en önemli faktörlerdendir. Kültür bitkilerinin üretiminde de tozlaşma çok önemli olup, yeterli tozlaşma varsa ayçiçeğinde %45-50, yonca türlerinde %50-60, salatalıkta %75-90, kavun ve karpuzda %95-100, domates,

yonca ve fiğde %35-40 gibi yüksek oranlarda verim artışı gözlenebilmektedir (Mel'nichenko, 1977).

Dünyadaki tüm çiçekli bitkilerin %75 ila %95'i (Ollerton ve ark., 2011) neslinin devamı ve ürün üretimi için polinatöre ihtiyaç duymaktadırlar. Tozlayıcılar, 180000'den fazla farklı bitki türüne ve 1200'den fazla ürüne tozlaşma hizmeti vermektedir. Bu, yediğiniz her üç lokmadan 1 tanesinin tozlayıcılar nedeniyle soframızda olduğu anlamına gelir (Klein ve ark., 2007).

Arıların gerçekleştirdikleri polinasyon hizmetleri, hem doğal yaşamım hem de tarımsal ekosistemlerin en önemli bileşenleri olup, bal arıları olmadan çoğu kültür bitkilerinde %90'a varan verim kaybı ortaya çıkmaktadır (Klein ve ark., 2007, Kremen ve ark, 2002). Polinatörler bu verim kaybının önüne geçerek yapmış oldukları işlevsellik ile küresel ekonomiye 217 milyar dolar katkı sağlamaktadır (Gallai ve ark, 2009, Losey ve ark, 2006). Lautenbach ve ark, (2012) Avrupa genelinde 264 çeşit ürünün polinatör böceklerle tozlaşması neticesinde küresel ekonomiye yıllık 265 milyon Avro katkı sağladığı belirtilmiştir.

Bal arıları, birçok ülkede olduğu gibi ABD'de ticari tozlayıcı olarak en yaygın olarak kullanılan türlerdir. ABD' de birçok bitki üreticisi birilerinin çiçeklenme döneminde tozlaşma amacıyla arı yetiştiricilerinden arı kovanı kiralama yöntemi ile tozlaşma işlemini gerçekleştirmektedirler. ABD'li elma yetiştiricilere her yıl yaklaşık 150000 bal arısı kolonisini polinasyon amaçlı kiralamaktadırlar (Burgett ve ark., 2010). Kuzey Amerika'da yetişen 100'den fazla ürün

bu şekilde tozlaşmakta olup her yıl ABD ekonomisine 15 milyar dolar katkıda sağlanmaktadır. Sadece badem polinasyonu ile ABD endüstrisine 4.8 milyar dolar katkıda sağlanmış olup bademe ek olarak benzer birçok ürünün polinasyonunda bal arıları kullanılmaktadır.

Amerika Birleşik Devletleri'nde arılar tarafından sağlanan polinasyonun tarımsal üretime katkısı yaklaşık olarak 140-150 milyar dolar arasında bulunmaktadır (Morse ve Calderone 2000; Free, 1992; Southwick ve Southwick 1999). Bu miktara tüm sebze ve meyvelerin değeri ile polinasyon sonunda elde edilen tohumlardan elde edilen ürünler, yonca samanı, sığır, buzağı ve süt üretimleri de dahil olmaktadır. Free (1992) yaptığı çalışmada bal arısı polinasyonunun en önemli etkisinin 9.4 milyon hektarlık alana ekilen çayır mera bitkisi olan yonca ekimi ile bu alanlara yoncanın zorunlu olarak azot bağlaması sonucu alanın azotça zenginleştirdiği ve bu yolla sağlanan katkının değeri 1746 milyon dolarlık suni gübreye eşit olduğunu belirtmişlerdir. Tozlayıcılar yediğimiz yiyeceklere ek olarak havayı temizleyen, toprağı stabilize eden, şiddetli hava koşullarından koruyan ve diğer vahşi yaşamı destekleyen sağlıklı ekosistemleri destekler (Losey ve ark, 2006 ).

Bal arıları tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de etkili polinatörlerden olup meyve bahçelerinde 123 tür tozlaştırıcı arı türü tespit edilmiştir. Bunların %45-90’ını bal arısı oluşturmaktadır (Özbek, 2008).

Konuyla ilgili Bingöl ilinde elma üzerinde yapılan çalışmada; ortalama tohum bağlama miktarı ve elde edilen toplam meyve miktarı

bakımından arı ziyaretine açık dallarda arı ziyaretine kapatılmış dallardan daha fazla olduğu, arı ziyaretine açık dallardan elde edilen tohumların çimlenme oranlarının da arı ziyaretine kapalı alandan elde edilen tohumların çimlenme oranlarından fazla olduğu tespit edilmiştir (Kutlu ve ark., 2019). Benzer bir çalışma Bingöl ilinde erik bitkisinde gerçekleştirişmiş olup arı ziyaretine açık dallardaki tohum oluşumu kapalı dallara göre %340 gibi çok büyük bir farkla yüksek bulunmuştur. Arı ziyaretine açık erik dallarındaki hasat sonu ortalama kayıp %12 olup, arı ziyaretine kapalı dallardaki hasat sonu ortalama kayıp ise %18 olarak belirlenmiştir (Kutlu ve ark., 2021).

Bu kadar olumlu arı bitki ilişkisine rağmen gerek bitki gerekse bal arıları açısından bazı olumsuzluklar da yaşanmaktadır. Bazı bitkilerde örneğin yonca bitkisinde bal arıları etkili bir tozlaşma sağlayamamaktadır. Yine bitki ziyaretleri sırasında olası bir hastalık etmeninin bitkiler arası transferi de arılarca gerçekleşebilmektedir. Yoğun tozlaşma işlevine katılan arı kolonileri yoğun mesaisi yavru bakımının ötelenmesine sebep olmakta, tozlaşma sonrası çeşitli arı sağlık sorunlarının oluşmasına ve büyük oranda koloni çökme davranışına neden olmaktadır. Ülkemizde değil ama bazı ülkelerde koloni kiralama maliyetlerinin yüksek olduğu batı ABD'de bir koloninin yaklaşık 90 avro olduğu belirtilmektedir (Burgett ve ark, 2010).

## ARILAR ÜZERİNDE EKOSİSTEM KAYNAKLI TEHDİTLER

Ekosistemdeki her bileşen, doğrudan veya dolaylı olarak diğer tüm bileşenlerle ortak hareket etmektedir. Ortam ısısındaki küçük bir değişiklik ekosistemde bulunan tüm canlıları etkiler. Ekolojide bulunan canlıların yaşamını sürdürmesi özellikle bitkilere bağlı ise canlı uyum sağlamak, başka bir ekosisteme yönelmek, bunları sağlayamıyor ise yok olmak zorunda kalacaktır. Dolayısıyla her ekosistem kendi içinde özel olup kendi yaşam koşullarını belirler. Örneğin sıcak ve kurak iklim koşullarının oluştuğu ekosistem canlıları, kışı sert gecen ekosistemde yaşama şansı bulmazlar veya yaşatılmaya çalışılsa adaptasyonda birçok sorunlarla yaşayabilirler.

Ekosistemin en önemli özelliği canlılarla etkileşim halinde olmasıdır. Haliyle sosyal ve kültürel gelişmişlik de ekosistemlerin doğal bir parçası haline gelmiştir. Biraz genelleme yapmak gerekirse, örneğin, Kırgızistan ekolojisinde küçük hayvan yetiştiriciliğinin yetersiz olması, at hayvancılığını ön plana çıkartmış olup asli görevleri binek ve yük taşıma olan bu canlıların derisi giyecek ve sütü ise gıda olarak kullanılmaya başlanmıştır. Yine ülkemizde Doğu Anadolu Bölgesi'nin birçok ekolojisine uygun olarak kıl keçi yetiştiriciliği ön plana çıkmıştır. Ağız yapısı bakımından keçiye benzer koyun yetiştiriciliği de bulanmaktadır. Fakat büyük baş yetiştiriciliği ekonomik olmamaktadır. Bu nedenle özellikle dağlık ekolojide keçinin kılından kilim ve çuval, derisinden giyecek ve etinden ise yöreye özgü kışlık tüketime uygun kavurma yapılarak besin olarak değerlendirilmektedir.

Dünya nüfusunun hızla artması insanların gıda problemlerinizde beraberinde getirmektedir. Nüfusa bağlı yapılaşma tarım arazilerinin azaltmakta ve ekosistemleri de bozmaktadır. Dolayısıyla küçülen ekosistemler barındırdığı birçok canlının azalmasına veya ortadan kalkmasına neden olmaktadır.

Canlılar ekosistemdeki değişmelere rahatlıkla uyum sağlayabilmekte, fakat söz konusu verim olduğu zaman verimle ilgili performansı üzerinde de olumsuz etkiler söz konusu olabilmektedir. Tüm tarımsal faaliyetlerde olduğu gibi arıcılık faaliyetleri de iklim koşuları ile doğrudan bağlantılıdır.

Bal arısı da ekolojide yaşayan bir canlı olup ideal yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmesi için minimum 10 $^{o}$C' ve maksimum 37 $^{o}$C' aralığında olması gerekmektedir (Tuncel,1992).

Ekosistemdeki değişiklikler bitki üzerinde olası değişikliklere, besin kaynağı bitkiler olan arılar da koloni gelişimine bağlı olarak koloni hasad kapasitesini de azaltabilmektedir. Bu değişiklikler arı metabolizmasının işlevini, üreme etkinliğini, beslenme alışkanlıklarını ve bunlara bağlı olarak da popülasyonun zayıf kalmasına neden olmaktadır (Akbulut 2000). Zayıf koloniler de hastalıklara davetiye çıkarmaktadır.

Bal arıları bu sistem içerisinde doğal floranın sürdürülebilirliğini sağladığı gibi polinasyon hizmetleri ile de ekosistemlerin en önemli

bileşenleri olup olumsuz çevre koşullarına karşı ekosistemde sigorta görevi sağlamaktadırlar.

Dünyanın nitelikli gıda üretimi ve insan sağlığı için bal arılarına ihtiyacı vardır. Son yıllarda birçok ülkede arı koloni ve popülasyonlarında kayıplar meydana gelmektedir (Uygur 2008, Underwood 2007). 2016'da ABD'deki arı kovanlarının %44'ünün yoğun olarak tozlaşmada kullanım sonrası öldüğü, 1970'de 4 milyon koloni 1990'da 3 milyona ve bugün sadece 2 milyona düştü görülmektedir (Neumann2010). Benzer şekilde Türkiye'de de farklı oranlarda arı kayıpları olmaktadır (Giray 2007, Giray 2010). Bu kayıplar yıllara ve mevsimlere göre farklılık göstermektedir. Arı kayıplarının birçok sebebi olabilir. Bu sebepler arasında bal arısı zararlısı Varroa'nın (*Varroa destructor*) en önemli etken rolü olduğu düşünülmektedir (Neumann 2010).

Varroa zararlısı kendi vermiş olduğu zararın yanı sıra açmış olduğu kütikula tabakasından bal arısı virüsleri gibi diğer hastalık etmenlerinin de yayılmasını sağlamaktadır (Güller ve ark., 2021). Örneğin varroanın zemin hazırlaması ile *Nosema apis*'in bu zemini değerlendirerek bal arılarının popülasyon kaybında (Bacandritsos 2010) önemli zararlar oluşturmaktadır.

Doğada yeterli polen ve nektar kaynağının olmaması bal arılarında önemli bir stres unsuru olarak karşımıza çıkmaktadır. Bal arıları, neslinin devamlılığı adına doğadaki nektar ve polen kaynaklarının yetersiz olması durumunda mevcut var olan kısıtlı besin kaynaklarını

gelecek generasyona bırakabilmek için başlarını petek gözlerine sokarak kendilerini imha etmektedir (Yücel 2008).

Tarımsal üretimde yüksek ürün almaya yönelik olarak kullanılan insektisitler ve diğer kimyasallar polinatör böcekleri doğrudan etkileyerek yok olmasına sebep olmaktadır (Tirado ve ark., 2013).

En geniş ekosistemleri oluşturan tarım alanları ve otlaklar, dünya yüzeyinin %35'ini işgal eder. Arılar yaşamsal faaliyetlerini sürdürdüğü bu alanlarda insektisit le bulaşık hale gelmesi sonucu; nektar ve polenin kovana taşınmasında yetersizlik (Van Dame ve ark., 1995, Decourtye ve ark., 2003), bakım besleme görevlerinde %20-60 azalma (Ramirez-Romero ve ark., 2005) ve ortalama ömrün kısalması (Mackenzieve Winston, 1989) gözlenmiştir.

## SONUÇ

Görüldüğü gibi bal arıların görevi kültür bitkilerinin polinasyonunu olmayıp, ekolojik hayatta bulunan birçok bitkinin polinasyonunu gerçekleştirerek ekosistemin devamlılığını katkı sağlamaktır. Bal arılarının gerek birçok bitkinin tozlayıcısı olarak gerekse azalan yabani polinatörlerin yerini doldurması açısından önemi her geçen gün artmaktadır.

Gelişen dünya nüfusuna paralel olarak artan gıda ihtiyacının karşılanmasına yönelik tarımsal üretimde kimyasalların kullanımları, küresel ısınma, iklimdeki olumsuz değişiklikler, bal arıları ve diğer polinatör böceklerden neslinin azalmasına, bazı polinatörlerin de yok

olmasına yol açmaktadır. Bu nedenle polinatör canlılar içerisinde en önemli görevi yüklenen bal arılarının neslinin azalması ve bazı polinatör böceklerin yok olmasının önüne geçilmelidir.

Albert Einstein "Eğer arılar yeryüzünden kaybolursa insanın sadece 4 yıl ömrü kalır. Arı olmazsa döllenme, bitki, hayvan, insan olmaz" cümlesine bakıldığında arıların ve tozayıcı diğer böceklerin insan yaşamındaki önemi daha iyi anlaşılmaktadır.

Arılara zararlı kimyasalların tarımsal üretimde kullanılmaması, arıların zarar görmeyeceği organik tarım yöntemlerinin geliştirilmesi, tarla tarımında kullanılmayan doğal alanların korunması ve ekolojik tarımın desteklenmesi gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

Akbulut S (2000). Küresel Isınmanın Böcek Populasyonları Üzerine Muhtemel Etkileri. Ekoloji 9(36): 25-27.

Bacandritsos, N., Granato, A., Budge, G., Papanastasiou, Roinioti, E., Caldon, M., Falcaro, C, Gallina, A., Mutinelli, F. (2010). Sudden deaths and colony population decline in Grek honey bee colonies. Journal of Invertebral Pathology, Doi:10.1016/j.jip.2010.08.004

Buchmann S, Nabhan GP. (1996) Unutulmuş Tozlayıcılar. Island Press, New York.

Burgett M, Daberkow S, Rucker R, Thurman W. 2010. US pollination markets: Recent changes and historical perspective. American Bee Journal. 150:35-41.

Calderone NW. (2012). Insect Pollinated Crops, Insect Pollinators and US Agriculture: Trend Analysis of Aggregate Data for the Period 1992–2009, PLoSONE 7(5): e37235

Decourtye A, Lacassie E, Pham-Dele`gue MH. (2003). Learning performances of honeybees (Apis mellifera L) are differentially affected by imidacloprid according to the season, Pest Manage. Sci., 59: 269–278.

Free, JB. 1992. Insect Pollination of Crops. Academic Press. 1-105.

Gallai N, Salles JM, Settele J, Vaissiere BE. (2009) Dünya tarımının kırılganlığının ekonomik değerlendirmesi, tozlayıcı düşüşüyle karşı karşıya kaldı. Ekolojik Ekonomi. 68: 810-821

Giray, B., Cağlayan, A., Erkekoğlu, P., Hıncal, F. (2010). Fenvalerate exposure alters thyroid hormone status in selenium-and/or iodine-deficient rats. Biological trace element research, 135(1): 233-241.

Giray, B., Girgin, G., Engin, A. B., Aydın, S., Sahin, G. (2007). Aflatoxin levels in wheat samples consumed in some regions of Turkey. Food control, 18(1): 23-29.

Güller A., Usta M., Çakar G., Kurt Z. 2021. Molecular Characterization of *Deformed Wing Viruses* Identified in Honeybee (*Apis mellifera* L.) Colonies in Erzincan Province of Turkey. European Journal of Science and Technology. 27: 186-192,

Handell, C.L. (1997). Genetics ofregeneration of wheat (*Triticum aestivum* L.) plants. Brazilian Journal of Genetics. 20(2): 293-297.

Kearns, C., Inouye, D. & Waser, N. (2002) Annu. Rev. Ecol. Syst. 29: 83–112

Klein AM., Vaissiere B, Cane JH, Steffan-Dewenter I, Cunningham SA, Kremen C. (2007) Dünya mahsulleri için değişen manzaralarda mahsul tozlaştırıcılarının önemi. Kraliyet Topluluğu B Bildirileri: Biyolojik Bilimler. 274: 303–313;

Köseoğlu, F., Tümay, H., Budak, E. (2008). Bilimin Doğası Hakkında Paradigma Değişimleri ve Öğretimi ile İlgili Yeni Yaklaşımlar. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi. 28: 221-237.

Kutlu, M.A., Kılıç. (2021). The effect of honey bee pollınatıng on fruıt and seed productıon ın plum trees (prunus sp.) ADYÜTAYAM. 9(2): 129-134.

Kutlu, M.A., Özdemir, F.A., Gül, A. (2019). Investigation of the Effect of Honey Bee Pollination for Apple on Fruit Yield, Seed Number and Seed Germination Capacity, KSU Journal Agriculture Nature, 22: 830-836.

Lautenbach S, Seppelt R, Liebscher J, Dormann CF. (2012). Spatial and Temporal Trends of Global Pollination Benefit, PLoSONE 7:e35954.

Losey JE, Vaughan M. (2006) Böcekler tarafından sağlanan ekolojik hizmetlerin ekonomik değeri. Bioscience. 56: 311-323.

Mackenzie KE, Winston ML. (1989). The effects of sublethal exposure to diazinon, carbaryl and resmethrin on longevity and foraging in Apis mellifera, Apidologie. 20(1): 29-40.

Mel'nichenko, AN. (1977). Role of insect-pollinators in increasing yields of agricultural plants. In: Pollination of Agricultural Crops by Bees. Vol. III., pp.150, Amerind Publishing Co. Pvt. Ltd, New Delhi, Bombay, Calcutta, New York.

Morse, Roger A., Nicholas W. Calderone. "2000 yılında ABD ekinlerinin tozlayıcıları olarak bal arılarının değeri." Arı kültürü 128(3): 1-15.

Neumann, K., Verburg, PH, Stehfest, E., Müller, C. (2010). Küresel tahıl üretiminin verim açığı: Mekansal bir analiz. Tarım sistemleri. 103(5): 316-326.

Ollerton J, Winfree R ve Tarrant S (2011) Hayvanlar tarafından tozlaşan kaç çiçekli bitki var? Oikos. 120: 321-326.

Özbek H, 2008. Türkiye'de Ilıman iklim Meyve Türlerini Ziyaret Eden Böcek Türleri, Uludağ Arıcılık Dergisi. 8(3):92–103.

Özbek H. (2003). Türkiye'de arılar ve tozlaşma sorunu, Uludağ Arıcılık Dergisi, 3: 41-44

Potts SG, Biesmeijer JC, Kremen C, Neumann P, Schweiger O, Kunin WE. (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. Trends Ecol Evol 25, 345–353.

Ramirez-Romero R, Chaufaux J, Pham-Dele`gue MH. (2005). Effects of Cry1Ab protoxin, deltamethrin and imidacloprid on the foraging activity and the learning performances of the honeybee Apis mellifera, a comparative approach, Apidologie, 36: 601–611.

Southwick EE, Southwick L. (1999) ABD'de Tarımsal Tozlayıcı Olarak Bal Arılarının (Hymenoptera: Apidae) Ekonomik Değerinin Tahmin Edilmesi. Ekonomik Entomoloji Dergisi 85(3): 13.

Southwick EE, Southwick L. (1999) ABD'de Tarımsal Tozlayıcı Olarak Bal Arılarının (Hymenoptera: Apidae) Ekonomik Değerinin Tahmin Edilmesi. Ekonomik Entomoloji Dergisi. 85(3):13

Tirado R, Simon G, Johnston P. (2013). A review of factors that put pollinators and agriculture in Europe At Risk, Greenpeace Research Laboratories Technical Report, 44p.

Tuncel, H. (1992). "Türkiye'de (1966-1986 Yılları Arasında) Arıcılığa Genel Bir Bakış". Türkiye Coğrafyası Uygulama ve Araştırma Merkezi Dergisi 1: 97-126.

Underwood, RM., VanEngelsdorp, D. (2007), Colony Collapse Disorder: have we seen this before? Bee Culture. 25: 13-18.

Uygur, S.Ö., Girişkin, O. (2008). Bal Arısı Hastalık ve Zararlıları, Uludag Bee Journal, 8(4):130-142.

Van Dame R, Meled M, Colin ME, Belzunces LP. (1995). Alteration of the homing-flight in the honey bee Apis mellifera L. Exposed to sublethal dose of deltamethrin, Environmental Toxicology and Chemistry, 14(5): 855-860.

Yücel B (2008). Çevresel Sorunların Bal Arıları Üzerine Etkileri. Hasad 279: 40-43.

# BÖLÜM 10

## ARI ÜRÜNLERİNİN VERİM VE KALİTESİNİ ETKİLEYEN BAZI FAKTÖRLER

Pınar COŞKUN*
Prof. Dr. Bünyamin SÖĞÜT**

*Bingöl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Arı ve Arı Ürünleri Anabilim Dalı
Orcid No: 0000-0002-9170-5799 pinarcoskun55@gmail.com
**Bandırma Üniversitesi Bandırma Meslek Yüksekokulu Gıda Teknolojisi Bölümü
Orcid: 0000-0002-7644-7226, bsogut@bandirma.edu.tr

Günümüzde arı ürünleri botanik, farmakolojik veya ticari özellikleri nedeniyle her geçen gün dikkatleri üzerine çekmeye devam etmektedir. Arı ürünlerinin içeriğindeki potansiyel biyoaktif maddeler nedeniyle apiterapide kullanımı çok eski çağlara dayanmaktadır. Arı ürünlerinin içeriği arı ırkından, arıların yaşadığı yerin bitki florası, kovanların bulunduğu yerin rüzgar alması, yağış, çevrede bulunan zirai ilaç kalıntısı, yanlış arıcılık uygulamaları gibi bir dizi faktörden etkilenmektedir. Bu çalışmada arı ürünlerinde verim ve kaliteyi etkileyen bazı faktörlere değinilmeye çalışılmıştır.

## Giriş

Günümüzde gıda üretimi ve tüketimi anlayışında bir değişim yaşanmakta ve fonksiyonel gıdaların gelişimi git gide daha da önemli bir hal almakta ve bu ürünlerin pazarı da önemli bir sektör haline gelmektedir. Katma değerli veya sağlık odaklı ürünler gibi temel beslenme özelliklerinin ötesinde, refahımızı ve yaşam kalitemizi olumlu yönde etkileyen gıdalar "fonksiyonel gıdalar" olarak bilinir. Bu terim, bu ürünlerde bulunan biyoaktif bileşiklerin sağlıkla birlikte pozitif korelasyonunun altını çizmektedir (Coşkun, 2005; Kıyak ve ark., 2014). Bu yeni kavram, tıbbın kurucusu Hipokrat tarafından yaklaşık 2500 yıllık felsefeyle özümsenmiştir: "Gıda ilaç, ilaç gıda olsun"; sağlıklı beslenmeye daha fazla dikkat. Günümüzde artan hastalık ve rahatsızlıklar, tedavi giderlerinin artması, iş gücü kaybı ve nüfusun yaşlılık oranının yüksek olması gibi nedenlerle insanlar yaşam kalitelerini yükseltmek istemektedirler. Yaşam ve sağlık standartlarının

yükseltilmesinin yollarından biri fonksiyonel gıdalarla beslenmektir. Fonksiyonel gıdalardan bazıları da arıcılık ve arı ürünleridir.

Arıcılık, arılar ile birlikte bitkisel kaynakların kullanıldığı, insanlık tarihi boyunca doğal tatlandırıcı olarak beslenmede ve birçok rahatsızlıkta koruyucu veya rahatsızlıkların tedavisinde kullanıldığı bal, propolis, arı sütü, polen, bal mumu, arı ekmeği, arı zehri gibi katma değeri yüksek ürünler elde edilmesinin yanı sıra son yıllarda arıcılar için farklı bir gelir kaynağı olan ana arı üretimi ve oğul üretimi gibi farklı kolları da bulunan hayvansal üretim faaliyetidir. Arıların arı ürünleri üretiminin yanı sıra bitkilerin tozlaşmasında da önemli bir etkisi olduğu düşünüldüğünde, arıcılığın tarım endüstrisindeki faaliyetlerin sürekliliği ve gıda üretimi için çok önemli bir yere sahip olduğu dikkat çekmektedir. Ayrıca ülke ekonomisine çok önemli katkıları olan arıcılık, dünyada bir çok ülkede ve ülkemizde uygun kesimlerde yaygın bir şekilde yapılmaktadır (Fıratlı ve ark., 2000).

Arıcılık Paleolitik ve hatta Mezolitik dönem çizimlerinden de anlaşılacağı üzere o dönemin insanları yaban arılarını ve balı iyi biliyorlardı. Arıcılığın en eski kanıtlarından bazıları, MÖ 13.000 yıllarına ait olduğu düşünülen kaya resimlerine aittir (Harissis ve Harissis 2009). Arıcılık özellikle Mısır'da iyi geliştirilmiş ve Romalı yazarlar Virgil, Gaius Julius Hyginus, Varro ve Columella tarafından tartışıldığı bildirilmiştir (Gupta ve ark., 2014).

Arı ürünlerinin üretimi ile birlikte tozlayıcı olarak da görev yapan arılar, gıda üretimini kolaylaştırmaya yardımcı oldukları için insanın hayatta kalması için de gereklidir (Sukhdev ve ark., 2010). Bal arıları, sembolik

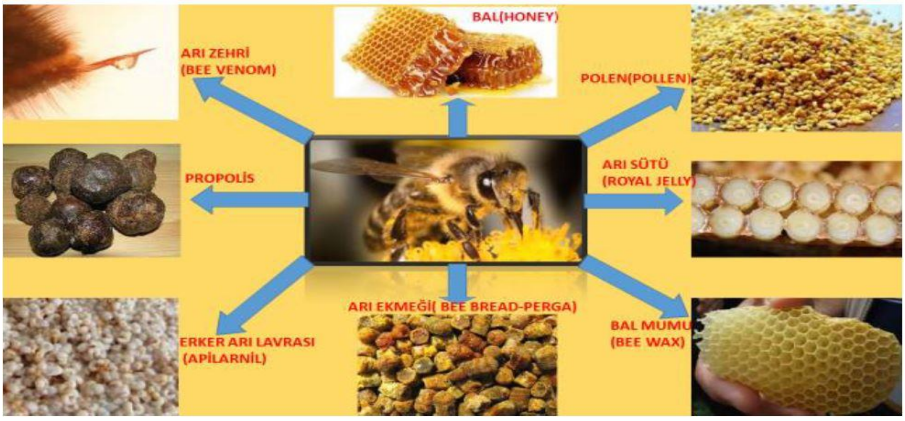
anlamı ve önemli işlevleri olan bir türün en iyi örneğidir. Einstein'e göre arılar yeryüzünden kaybolursa insanlığın 4 yıl ömrü kalır.

Arı ürünleri, bir bal arısı (*Apis mellifera*) tarafından üretilen kompleks yapılı doğal karışımlardır. Ürünler, karbonhidratlar, proteinler, amino asitler, lipidler, vitaminler, fenolikler ve mineraller gibi besinler ve biyolojik olarak aktif bileşikler açısından zengindir (Cornara ve ark., 2017; Alvarez-Suarez, 2017). Arı ürünleri, sağlığı destekleyici özellikleri nedeniyle apiterapi adı verilen alternatif tıp dalı içerisinde diyet takviyesi olarak isteğe bağlı olarak kullanılmaktadır (Fratellone ve ark., 2016).

Arı ürünleri genel olarak iki başlık altında toplanabilir:

1. Arının kendisinin direkt ürettiği ürünler: Arı sütü (royal jelly), arı zehri (bee venom), bal mumu (bee wax) ve apilarnil (erkek arı larvası)

2. Arının bitkisel kaynaklardan topladığı ve kendi bünyesindeki maddeler ile ürettiği ürünler: Bal, propolis, arı ekmeği (perga), polen




**Şekil 1.** Arı Ürünleri (İzol, 2021)

En çok tanınan arı ürünleri bal, arı zehiri, propolis, arı poleni ve arı sütü olmakla birlikte bal mumu ve erkek arı larvası (apilarnil) özellikle son zamanlarda yapılan bilimsel çalışmalarla değeri daha da anlaşılan ürünlerdir. Bu ürünler apiterapi ve kozmetik ürünleri, mobilya sanayii ve gıda sanayisi gibi farklı alanda birçok farklı amaçla kullanılmaktadır.

Bal, bitkilerin nektarlarından veya salgılarından ya da bitkilerin canlı kısımlarındaki bitki emici böceklerin salgılarından, bal arıları tarafından toplanıp vücutlarında bulunan maddelerle birleştirilip, üretilen homojen tatlı ve doğal bir maddedir (WHO, 1987). %80-85 şeker, %15-17 su, %0.1-0.4 oranında balın tüm duyusal ve fonksiyonel özelliklerini oluşturan protein, enzimler, organik asitler, vitaminler, fenolik bileşikler ve diğer bileşiklerden oluşur (Baloš ve ark., 2020). Kıvamı, mevcut şekerlerin miktarına ve türüne, nem içeriğine ve depolama sıcaklığına bağlı olarak sıvı, viskoz veya kristal olabilir (Suescún ve ark., 2008). Beyazdan başlayarak, sarı, amber ve koyu kahveye kadar farklı renklerde olabilir. Botanik kökene ve kısmen fenolik bileşiklerin, flavonoidlerin ve minerallerin mevcudiyeti ile ilgilidir (Shafiee ve ark., 2013). Aynı zamanda renk maddeleri balın içeriğinde en yüksek miktarda bulunan şekerler olan monosakarit içeriğiyle de bağlantılıdır ve yanı sıra tat, doku, nem tutma, raf ömrü gibi diğer bazı duyusal ve işlevsel özelliklerden sorumludur (Baloš ve ark., 2020). İyi bir karbonhidrat kaynağı olmasının yanı sıra, anti-inflamatuar, antioksidan, antimikrobiyal, antikanserojenik ve anti-diyabetik olarak sağlığı geliştirici özellikleri nedeniyle balın fiziksel ve biyokimyasal özellikleri büyük ilgi görmüştür (Nguyen ve ark., 2021).

Bal, duyusal, besleyici ve tedavi edici özellikleri nedeniyle antik çağlardan beri kullanılmaktadır. Bu özellikler balın, fiziksel ve kimyasal bileşimi ile ilgilidir. Bileşimindeki fenolik bileşikler, balın duyusal özelliklerinin yanı sıra antioksidan aktivitesinin belirlenmesinden çiçek ve coğrafi orijinli biyolojik belirteçler olarak kullanılabilmesine kadar birçok farklı özelliğin tanımlanmasında kullanılabilmektedir.

Balmumu, işçi arıların karınlarında bulunan balmumu bezlerinden salgılanır. Bal arıları, kovanlarını tamir etmek ve hem bal hem de polen depolamak için balmumu oluşturur. Bu maddenin üretimi genellikle ilkbaharın sonlarında koloni büyüme evresinde zirve yapar ve tarak yapımında kullanılır (Yusop ve ark., 2019). Kimyasal bileşiminde, arı türlerine ve coğrafi bölgelere bağlı olarak farklılıklar göstermekle birlikte hidrokarbonlar, serbest yağ asitleri ve serbest yağ alkolleri, doğrusal mum monoesterleri, palmitik, 15-hidroksipalmitik ve oleik asitlerden türetilen hidroksimonoesterler ve 15-hidroksipalmitik asit ve dioller içeren kompleks mum esterlerini bulundurur (Svečnjak ve ark., 2019). Eski Persler ölüleri mumyalamak için balmumu kullanmışlardır, eski Romalılar ise balmumundan ölüm maskeleri ve gerçek boyutlu heykeller yapmışlardır. Eski zamanlarda balmumunun, iki yüzeyi birleştirmek için yapıştırıcı olarak kullanıldığı bilinmektedir (Bogdanov, 2009). Günümüzde balmumu kullanımı, gıda endüstrisinde, kozmetik ürünlerde ve mumlarda yaygın olduğu gibi farklı endüstriyel ürün ve işlemlerde katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Farmasötik ilaçlarda koyulaştırıcı, bağlayıcı, ilaç

taşıyıcı ve salım geciktirici olarak kullanılır (Cornara ve ark., 2017). Bununla birlikte, balmumunun gücü, esnekliği ve su geçirmezlik özellikleri onu cilalar, cilalar ve cilalar için mükemmel bir malzeme haline getirmiştir. Ayrıca son zamanlarda yapılan birkaç çalışmada, peteklerin diş çürükleri ve diş ağrısı üzerindeki terapötik etkilerinin ve antimikrobiyal özelliklerinin olduğu da bildirilmiştir (Münstedt ve Bogdanov, 2009).

Arı sütü (RJ), işçi bal arılarının hipofaringeal ve mandibular bezleri tarafından salgılanan bir maddedir (Giampieri ve ark., 2018). Arı sütü, olgunlaşma sürecindeki tüm genç larvalara ilk 2-3 gün boyunca verilen tek besindir, kraliçe için ise tüm yaşam döneminde kullanılan özel besindir. Ana arının diğer arılara göre daha uzun ömürlü olmasının nedeni budur. İnsanlar için en etkili ve faydalı ilaçlardan biri olan arı sütü, hem geleneksel hem de modern tıpta yaygın olarak kullanılan ve tartışmalı bir besin takviyesidir. Zengin bileşimi (su, proteinler, lipidler, karbonhidratlar, amino asitler, mineral tuzlar, vitaminler, enzimler, hormonlar, oligo elementler, doğal antibiyotikler) sayesinde RJ antioksidan, nörotrofik, hipoglisemiant, hipokolesterolemiant ve hepatoprotektif, hipotansif ve kan basıncı düzenleyici, antitümör, antibiyotik, anti-inflamatuar, immünomodülatör ve anti-alerjik, genel tonik, antiaging gibi çok sayıda farmakolojik aktiviteye sahiptir (Mărghitaş, 2008).

Propolis (arı tutkalı), bal arıları tarafından kavak, söğüt, huş, karaağaç, kızılağaç, kayın, kozalaklı ağaç ve at kestanesi ağaçları gibi ağaç tomurcuklarından veya diğer botanik kaynaklardan toplanan doğal

reçineli bir maddedir (Bosio ve ark., 2000). Propolis, bal arıları tarafından kovanda yapı malzemesi olarak kullanılır ve kovanı bakteri ve mantar enfeksiyonlarına karşı korur (Yaghoubi ve ark., 2007). Propolis binlerce yıldır geleneksel tıpta kullanılmaktadır (Gavanji ve Larki, 2015). *In vitro* çalışmalar, bazı propolis türlerinin, galangin (Cushnie ve Lamb, 2015) gibi flavonoidler ve kafeik asit (Qiao ve Chen, 1991) gibi hidroksisinamik asitler dahil olmak üzere bileşenlerine dayalı olarak antibakteriyel (Bosio ve ark., 2000) ve mantar önleyici (Bezerra ve ark., 2015) aktivitelere sahip olduğunu göstermiştir. Bozulmuş doku yanık yara iyileşmesinde önemli bir faktör, ölüme yol açabilen enfeksiyondur. Biyofilm oluşumu, yara iyileşmesinin bozulması ve gecikmesinden sorumlu önemli bir faktördür. Bu nedenle enfeksiyonun kontrolü iyileşme süreçlerinde çok önemli bir adımdır (Wojtyczka ve ark., 2013). Propolis bu noktada bakterilerin biyofilm oluşumunu engelleyen antimikrobiyal aktiviteye sahiptir. Bu özelliği sağlık literatüründe geniş çalışma alanı bulmuştur. Özellikle ilaç pazarındaki mevcut antibiyotiklerin çoğuna karşı dirençli olan *Staphylococcus aureus*, *Streptococci*, *Moraxella catarrhalis* ve bazı tüberküloz suşları gibi farklı bakterilere karşı tam olarak başarılı bir şekilde savaşabildiği rapor edilmiştir (Jastrzebska-Stojko ve ark., 2013). Bunun dışında propolisin bazı antibakteriyel, antifungal ve antiprotozoal aktivitesi de rapor edilmiştir (Güller ve ark., 2021).

Propolisin biyolojik özellikleri, anti mikrobiyal aktivitesi ile sınırlı değildir. Ön *in vivo* çalışmalar, propolisin yanık yaralarının tedavisinde (Gregory ve ark., 2002), antioksidan aktivitesi (Pessolato ve ark.,

2011), yara yatağında granülasyon dokusu oluşumu, doku büyümesi ve yara kapanması için gerekli olan glikozaminoglikan sentezini ve salınımını uyararak doku onarımını hızlandırdığı gösterilmiştir (Olczyk ve ark.,2013). Aynı zamanda hepatoprotektiflik (Wagh, 2013), antitümör (Xuan ve ark., 2014) ve sitostatik aktiviteler (Wagh, 2013) gibi diğer biyolojik özellikler propolise atfedilmiştir.

Arı poleni, botanik ve coğrafi kökene bağlı olarak kompozisyonu geniş ölçüde değişen işçi arılar tarafından çiçeklerden toplanan nektar ve arıların tükürük bezlerinin salgılarıyla pelet haline getirilen farklı türlerden çiçek polenlerinin bir karışımıdır. Polen, kovanda depolama ve fermantasyondan sonra oluşur (Feas ve ark., 2012). Arı poleni, vitaminler, mineraller, steroller, uçucu yağlar, amino asitler, hormonlar, enzimler ve önemli miktarlarda doğal antibiyotikler gibi yüksek kaliteli besin içeriğinin yanı sıra karotenoidler, flavonoidler, polifenoller ve diğer sağlıklı bileşikler açısından zengin olması nedeniyle ticari açıdan büyük ilgi görmektedir (Almeida- Muradian ve ark., 2005). Dolayısıyla insan beslenmesinde kullanılması insan vücudunun işlevsel ve uyumlu dengesine katkıda bulunur. Ayrıca arı polenindeki bazı flavonoid bileşenlerinin anti-alerjik, antioksidan ve anti-inflamatuar özelliklere sahip olması nedeniyle, arı poleni flavonoidleri, fitoterapi, moleküler farmakoloji ve alerjik immünolojik bozuklukların tedavisinde kullanılan kimyasalların ikameleri dahil olmak üzere gelecekteki çalışmalar için mükemmel adaylar olabileceği düşünülmektedir.

Arı ekmeği (perga), petekte depolanması sırasında arı polenine bal-sindirim enzimlerinin eklenmesi ve laktik asit fermantasyonu ile oluşur.

Polenin pergaya dönüşümü sırasında titrasyon asitliği artarken sitosterol ve vitaminlerin (askorbik asit ve piridoksin) içeriği azalır. İçeriğinde yaklaşık %20 protein, %3 lipid, %24-35 karbonhidrat, %3 mineral ve vitamin içeriği gösterilmiştir. Gerekli tüm amino asitleri, vitaminleri (C, B1, B2, E, K, biotin, nikotinik ve folik asit), pantotenik asit, pigmentler ve polifenoller (fenolik asit ve flavonoidler) gibi diğer biyolojik olarak aktif bileşikleri içeren tam dengeli proteinler, karotenoidler, steroller ve enzimler (sakkaraz, amilaz, fosfatazlar) de mevcuttur. Ayrıca perga, Fe, Ca, P, K, Cu, Zn, Se ve Mg gibi 25'ten fazla farklı mikro ve makro element içerir (Nagai ve ark., 2004). Perganın kimyasal içeriği polene benzer olmakla birlikte içeriğindeki enzimler ve yağ asitleri nedeniyle polene göre daha zengin olduğu ve karbonhidratlar (glukoz, fruktoz, sukroz, arabinoz), alifatik asitler, esas olarak doymamış (α-linolenik, linoleik, oleik ve 11,14,17-eikosatrienoik asitler) ve alkanlardan (C21–C35) oluştuğu bildirilmiştir (Markiewicz-Żukowska ve ark., 2013; Čeksteryté ve ark., 2016). Çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) insanlarda sağlıklı bir vücut gelişimi ve üretkenliği için gereklidir. Arı ekmeğinin yağ asidi içeriği de bal arıları için çok önemlidir. Dolayısıyla doymamış yağ asitleri arılar ve insan beslenmesi için gereklidir. Bu nedenle, perga bahsedilen tüm bu bileşenlerin iyi bir kaynağı olabilir (Mărgăoan ve ark., 2014; Kaplan ve ark., 2016). Arı ekmeğinin yapısında bol miktarda bulunan polifenoller tıbbi açıdan ilgi çekmektedir. Polifenoller arasında flavonoidler, polen ve arı ekmeğinde bulunan en önemli bileşik grubunu temsil eder. İkincil bileşenler olarak da bilinen quersetin, luteolin, trisetin ve mirisetin gibi flavonoid çok miktarda bulunur (Campos ve ark., 1997). Bu biyoaktif

bileşikler, *in vitro* ve *in vivo* çalışmalarla tanınan anti-inflamatuar, anti-alerjik ve anti-kanserojen özellikleri nedeniyle çok önemlidir. Bununla birlikte, ilaç-bitki etkileşimlerine de neden olurlar ve geleneksel tedavilerle ilişkilendirme ancak risk değerlendirildiğinde ve hastanın güvenliği sağlandığında yapılmalıdır (Morris ve Zhang, 2006).

Apitoksin olarak da bilinen arı zehri (bee venom), dişi işçi arılar tarafından üretilir. Arının zehir torbasında bulunan yapısında çok miktarda melittin, adolapin, apamin, MCD- peptidi, histamin, hyaluronidaz, fosfolipaz- A2, epinefrin ve mineraller gibi düşük moleküler ağırlıklı bileşikler dahil olmak üzere son derece karmaşık bir peptid karışımıdır (Moreno ve Giralt, 2015). Arıların genellikle avcılara karşı bir savunma aracı olarak kullandığı asitli (4.5 ila 5.5) hidrolitik protein karışımı içeren kokusuz ve şeffaf bir sıvıdır. Bir damla arı zehri, %88 su ve sadece 0.1 µg kuru zehirden oluşur (Bellik, 2015). Arı zehiri tedavisi (BVT), geleneksel tıpta MÖ 3000'den beri kullanılan arı zehrinin (BV) hastalıkların tedavisi için vücuda terapötik olarak uygulanmasıdır (Kwon ve ark., 2001). Tamamlayıcı ve alternatif bir tıp yaklaşımı olarak BVT, doğrudan arı sokması veya elektrik uyarısı ile ekstrakte edilen BV' nin enjeksiyonu ile uygulanır. Başlangıçta, BVT kullanımı, arı yetiştiricilerinin (sıklıkla sokulan) çok nadiren eklem iltihabı veya eklem ve kas sorunları yaşaması esasına dayanır (Hellner ve ark., 2008). Ancak, 1888'de Arı sokmaları ve Romatizma Arasındaki Bir Bağlantı Raporu yayınlanıncaya kadar yaygın olarak kullanılmamıştır. Daha sonra, Dr, Bodog F. Beck bu terapötik yöntemi daha fazla BVT kullanıcısına tanıtmıştır (Chen ve Lariviere, 2010).

BVT'nin anti-inflamatuar, anti-apoptoz, anti-fibroz ve anti-artroskleroz etkilerine sahip olduğunu gösteren artan sayıda kanıt bulunmaktadır. BVT ilk olarak doğu geleneksel tıbbında inflamatuar hastalıkların ve ağrılı hastalıkların tedavisinde yaygın olarak kullanılmıştır. Son yıllarda, birkaç çalışma ayrıca BVT' nin amyotrofik lateral skleroz (ALS) ve Parkinson Hastalığı (PD) gibi nörolojik hastalıkların, ağrı ve ayrıca dolaşım hastalıklarının tedavisinde terapötik etkileri olduğunu bildirmiştir (Cho ve ark., 2013; Cai ve ark., 2015; Chen ve ark., 2016). Yapılan bilimsel çalışmalarla arı zehrinin antiinflamatuar, antiviral ve antibakteriyel özellikleri olduğu bildirilmiştir. Ayrıca kanser hastalığı tedavisinde kullanıldığı bildirilmiştir (Wehbe ve ark., 2019).

Arı kuluçkası, bir arı kovanı içinde gelişen bal arılarının yumurtaları, larvaları ve pupaları olarak kabul edilir. Su (%76,8), proteinler (%9,4), amino asitler (%7,9), lipidler (%4,7), yağ asitleri (%4,0), karbonhidratlar (%8), lif (%0,5) ve kül (%0,8) içeriğine sahiptir (Bogdanov, 2011).

Apilarnil esas olarak erkek arı larvalarından ve eser miktarda arı sütü, arı ekmeği, bal ve propolisten oluşur. Arı larvalarının ana bileşenleri amino asitlerdir. Arı larvaları, insan veya hayvan organizmaları tarafından sentezlenemeyen tek kaynağı gıda ürünleri olan tüm temel amino asitleri içerir. Genellikle kullanılmaz ve apilarnilli petekler arıcılar tarafından kesilip atılır. Apilarnilin kuru madde oranı %25-35 olmakla birlikte, proteinler (%9-12), karbonhidratlar (%6-10), lipidler (%5-8), kül (%2) ve tanımlanamayan maddelerden (%3) oluşmaktadır (Açıkgöz ve Yücel, 2016). Ayrıca apilarnilin kimyasal bileşiminde

vitaminler (A vitamini, betakaroten, B1, B6, PP ve kolin), mineraller (kalsiyum, fosfor, sodyum, çinko, manganez, demir, bakır ve potasyum) bulunduğu bildirilmiştir (Bărnuţiu ve ark., 2013). Antiviral, bağışıklık sistemi güçlendirici ve anabolik uyarıcı gibi biyolojik özelliklere sahip olduğu ve ayrıca iştahı, vücut enerjisini, canlılığı ve yenilenme gücünü artırdığı. Androjenik hormonlar açısından da çok zengindir, bu nedenle erkeklerde spermatogenezi uyardığı (Açıkgöz ve Yücel, 2016) ve kaslı vücut ağırlığını arttırdığı bildirilmiştir (Stangaciu, 1999).

Arılar tarafından üretilen ürünler bir takım faktörlerden etkilenebilmektedir. Bazı ürünler, direkt arının bünyesinden elde edilirken bazıları ise çevreden toplanılarak bünyesindeki mevcut maddelerle karıştırılarak elde edilir. Dolayısıyla arının direkt olarak ürettiği arı ırkı, beslenme ve yetiştirme koşulları ve çevresel faktörler etkili olurken dışarıdan toplayarak oluşturduğu ürünlerde daha çok çevresel faktörler etkili olmaktadır.

**Verim ve kaliteyi etkileyen faktörler;**

**1. Ana arı, verimlilik ve kalite ilişkisi**

Arı kolonisi bir tane ana arı, birkaç yüz erkek arı ve birkaç bin işçi arıdan oluşur. Ana arı koloniyi yöneten, bir arada düzen içinde kalmasını sağlayan ve koloni verimine etki eden en önemli bireydir. Ana arının, verimliliği ve kalitesi arı ürünlerinde kalite ve verimi büyük ölçüde etkiler. Doğal olarak kovanı iyi bir şekilde yönetemeyen ve verimi düşük ana arılar, işçi arılar vasıtasıyla değiştirilmektedir.

Herhangi bir sebeple anasız kalmış kovanlara ticari ana arı yetiştiricilerinden temin edilen ana arılar da eğer üstün özelliklere sahip değil ise verildikleri yeni koloniler tarafından kabul edilmez ya da bir süre sonra değiştirilirler. Bu durum kolonide telafisi zor düzensizliklere, bal ve diğer arı ürünlerinin üretiminde düşüşlere ve ticari kayıplara neden olabilmektedir. Bu nedenle arıcılık yapılırken ana arının kaliteli olmasına dikkat etmek gerekir.

Bir kovanda bulunan ana arının kalitesi, her koşulda koloniyi güçlü bir şekilde bir arada tutan koloninin devamlılığı için yeterli oranda yumurtlama kabiliyeti olan, feromon salgılama kabiliyeti ile arıların birbiriyle haberleşmeleri ve kolonideki tüm düzenin sağlanması yoluyla kendini gösterir. Çünkü her kolonideki ana arı feromonunun kokusu farklıdır, kolonideki arılar, bulundukları kovanın ana arısını, ait oldukları kovanı ve koloninin diğer üyelerini bu feromon kokusu ile tanır. Arılar bu kokuyu takip ederek hem kendi kovanlarını bulur hem de bir arada durup yabancıları kovana sokmazlar. Ana arının kalitesini etkileyen birçok faktör olmakla birlikte en önemlilerinden ikisi genetik ve çevresel faktörlerdir. Genel olarak kolonide genetik özelliklerin geliştirilmesi için ana arı ve erkek arı üretim yöntemlerinin bilinçli olarak yapılması gereklidir. Yani istenilen genetik yapıya sahip ırk ve ekotip seçimi ile birlikte uygulanan seleksiyon uygulamaları ile istenilen kalitede ve verimli ana arı elde edilmelidir. Bununla birlikte, ana arının yetiştirildiği mevsim ve teknik, koloninin devamı için transfer edilen larva sayısı ile yaşı, ayrıca bakıcı olarak görev yapacak işçi arıların özellikleri ve çiftleştirme şartları ana arının verim ve

kalitesine etki eden en önemli çevresel yetiştirme faktörleridir. Bu faktörlerin optimum şartlarda olmaması durumunda, ana arının yumurtlama verimi, kolonide feromonları salgılama yeteneği, çiftleşmeden sonraki zamanlarda da yumurtlamayı sağlayan sperma depolama yeteneği ve çiftleşeceği erkek arı sayısı da olumsuz etkilenecektir.

## 2. Arı Kovanlarının Verime Etkileri

Arıların evcilleştirilmesi ve yetiştiricilik uygulamalarının yapılması ile birlikte arıların yaşam alanı olan kovanların özelliklerinin; verim, kovanların taşınması ve idare edilmesinde, hastalıklarla mücadelede, ortam koşullarının iyileştirilmesi gibi önemli etkileri vardır. Bu sebeple arıların yaşamını sürdürdüğü kovanların uygun yapıda ve standart olarak yapılması, arıların kovan içi koşullarını uygun nem ve sıcaklığa ayarlayabileceği bir şekilde yani, alttan hava alacak şekilde ızgaralı veya polen tuzağı yerleştirilebilecek şekilde olmalıdır. Bu yöntemle arılar istenmeyen durumlarda fazla olan nemi ve sıcaklığı hızlı bir şekilde kovandan uzaklaştırabilir ve kovan içi koşulları optimum hale getirebilirler (Yılmaz, 2017).

## 3. Arı besleme ve koloni yetiştirme

Nektar akım dönemi, arıcılık yapan herkes için önemli zamanlardır. Kış şartlarından sonra hastalığa yakalanmadan sağlıklı ve güçlü kolonilerle nektar akım dönemine ulaşmak en önemli hedeftir. Bu hedefe ulaştıktan sonra arıcılar için iyi planlanması ve geçirilmesi gereken bir nektar akım mevsimi vardır. Bir kısım arıcılar gezginci arıcılık yaparak nektar

akımını birkaç defa elde ederken, sabit arıcılık yapmayı tercih edenler ise bir sefer olan nektar akımına hazırlanarak buradan bal almaya çalışırlar. Kovanlardan nektar akımının olduğu dönemde iyi verim elde edilebilmesi için birçok çevresel koşul vardır. Bu çevresel koşullar, kovanların bulunduğu bölgede veya arıların uçuş mesafesinde mera alanlarının varlığı ile bitki çeşitliliği, ballı bitkilerin bulunması, nektar salgılama zamanları, rüzgar, bölgenin yağış alma durumu, günün güneşli geçen zamanları, sıcaklık ile birlikte mera alanlarında başka hayvanların otlatılma durumu ya da tarımsal alanlardan veya sanayi bölgelerindeki atıklardan etkilenme gibi durumlar sayılabilir. Aynı zamanda, arıcının uyması gereken bazı kurallar vardır. Bunlar, bölgedeki verimi en çok olan bitkilerin çiçek açtığı ve nektar salgıladığı dönemlerin iyi bilinmesi, kolonilerin bal depolayabilecek güce sahip halde olması, kolonilerin hastalık ve zararlılardan korunmuş veya kurtarılmış olması gibi şartların sağlanmasıdır. Dikkat edilmesi gerekenlerden bazıları da bal verimine etki eden birkaç husustur; temel petek arı kolonilerine verilirken, çerçevelerin boşluklarına verilmeli ortasına verilmemelidir. Temel petek ile ballık arıların ihtiyacı olduğu verilmelidir. İhtiyaç olmamasına rağmen ballık ve temel petek verilirse arılar gereksiz yere fazladan çalışır ve zayıf düşüp hastalanabilirler. Arılarda istenmeyen zamanlarda oğul verme durumu da bal verimini büyük ölçüde etkilemektedir. Bundan dolayı kolonilerin her zaman güçlü olması sağlanmalı ve bu durumun engellenmesi gerekmektedir.

## 4. Kolonileri Hastalıktan Koruma ve Mücadele

Arılar sosyal böcekler olup yüksek hastalık bulaşma ihtimaline sahiptirler. Bu sebeple hastalık ve zararlılara karşı mücadele etmek için koloninin güçlü olması gerekir. Bu güce sahip olması için arı kolonilerinin yaşamlarının sürdürülmesi için kovanın iç koşullarının en uygun hale getirilmesi gerekir. Çünkü arı kolonilerde oluşan hastalıklar kovan içi optimum koşulların sağlanamadığı nem, havalandırma ve sıcaklığın uygun şartlarda olmadığı durumlarda ortaya çıkar. Örneğin havanın hızlı bir şekilde soğuduğu zamanlarda soğuktan korunmak için koloni bireylerinin birbirine daha yakın dururlar. Bu sebeple arılar yavrulu petekleri kaplayamaz bu yavrular soğuktan dolayı gözlerinde ölürler.

Benzer şekilde larvalar da kireç hastalığına ve yaygın olarak yavru çürüklüğü diye tanımlanan hastalıklara yakalanabilirler. Buna engel olabilmek için modern ve hijyenik kovanların kullanılması gerekir. Aksi halde kovan içerisinde bir takım mikroorganizmalar üreyebilme fırsatı bulacak ve arı sağlığı olumsuz etkilenecektir. Havalandırmanın yetersiz olması ise, kovan içerisinde mikro organizmaların ve mantarların üremesine sebebiyet vermesi ile birlikte varroa parazitinin sayıca artması artmasına neden olabilmektedir. Bu sebeple arıcılar kolonilerin yaşamını sürdürdüğü kovanların iç koşullarının ve kolonideki arı sayısının fazla sayıda tutulması güçlü koloni ve iyi bir arıcılık faaliyeti yapabilmek için bu hususlara dikkat etmelidirler.

## SONUÇ

Arı ürünleri arı sağlığıyla yakından ilişkilidir. Sağlıklı arı ve sağlıklı kovan, arı ürünlerindeki verim, miktar ve kaliteyi artırır. Yukarıda da özetlendiği gibi özellikle iyi arıcılık uygulamaları ile arı sağlığını tehdit eden virüs, bakteri ve fungal etmenler gibi yaygın patojenler ve varroa, arı biti, tropialeps ve bal mumu gibi zararlılarla mücadele etmek ya da kontrol altına almak istenilen düzey ve kalitede arı ürünü elde edilmesine katkıda bulunacaktır.

# KAYNAKLAR

Açikgöz, Z., & Yücel, B. (2016). Using facilities of apilarnil (bee drone larvae) in poultry nutrition. Godina LXI Broj 66, 12.

Almeida-Muradian, L. B., Pamplona, L. C., Coimbra, S., & Barth, O. M. (2005). Chemical composition and botanical evaluation of dried bee pollen pellets. Journal of food composition and analysis, 18(1), 105-111.

Alvarez-Suarez, J. M. (Ed.). (2017). Bee products-chemical and biological properties. Springer.

Baloš, M. M. Ž., Popov, N. S., Radulović, J. Z. P., Stojanov, I. M., & Jakšić, S. M. (2020). Sugar profile of different floral origin honeys from Serbia. Journal of Apicultural Research, 59(4), 398-405.

Bărnuţiu, L. I., Mărghitaş, L. A., Dezmirean, D., Bobiş, O., Mihai, C., & Pavel, C. (2013). Physicochemical composition of Apilarnil (bee drone larvae). Lucrări Ştiinţifice-Seria Zootehnie, 59, 199-202.

Bellik, Y. (2015). Bee venom: its potential use in alternative medicine. Anti-infective agents, 13(1), 3-16. Bezerra, A. M. F., Albuquerque, F. G. F., Casimiro, G. S., Nunes, E. M., Wilma, K. Ã., de Almeida, P. B., ... & da Silva, R. A. (2015). Red propolis antifungal action on species of Candida of the oral cavity. International Archives of Medicine, 8.

Bogdanov, S. (2009). Beeswax: uses and trade. The Beeswax Book, 1-16.

Bogdanov, S. (2011). Royal jelly, bee brood: composition, health, medicine: a review. Lipids, 3(8), 8-19.

Bosio, K., Avanzini, C., D'avolio, A., Ozino, O., & Savoia, D. (2000). In vitro activity of propolis against Streptococcus pyogenes. Letters in applied microbiology, 31(2), 174-177.

Cai, M., Choi, S. M., & Yang, E. J. (2015). The effects of bee venom acupuncture on the central nervous system and muscle in an animal hSOD1G93A mutant. Toxins, 7(3), 846-858.

Campos, M., Markham, K. R., Mitchell, K. A., & da Cunha, A. P. (1997). An approach to the characterization of bee pollens via their flavonoid/phenolic profiles.

Phytochemical Analysis: An International Journal of Plant Chemical and Biochemical Techniques, 8(4), 181-185.

Čeksterytė, V., Kurtinaitienė, B. O. G. U. M. I. L. A., Venskutonis, P. R., Pukalskas, A., Kazernavičiūtė, R. I. T. A., & Balžekas, J. O. N. A. S. (2016). Evaluation of antioxidant activity and flavonoid composition in differently preserved bee products. Czech Journal of Food Sciences, 34(2), 133-142.

Chen, J., & Lariviere, W. R. (2010). The nociceptive and anti-nociceptive effects of bee venom injection and therapy: a double-edged sword. Progress in neurobiology, 92(2), 151-183.

Chen, J., Guan, S. M., Sun, W., & Fu, H. (2016). Melittin, the major pain-producing substance of bee venom. Neuroscience bulletin, 32(3), 265-272.

Cho, S. Y., Park, J. Y., Jung, W. S., Moon, S. K., Park, J. M., Ko, C. N., & Park, S. U. (2013). Bee venom acupuncture point injection for central post stroke pain: a preliminary single-blind randomized controlled trial. Complementary therapies in medicine, 21(3), 155-157.

Cornara, L., Biagi, M., Xiao, J., & Burlando, B. (2017). Therapeutic properties of bioactive compounds from different honeybee products. Frontiers in pharmacology, 412.

Coşkun, T. (2005). Fonksiyonel besinlerin sağlığımız üzerine etkileri. Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi, 48(1), 61-84.

Cushnie, T. T., & Lamb, A. J. (2005). Antimicrobial activity of flavonoids. International journal of antimicrobial agents, 26(5), 343-356.

Feás, X., Vázquez-Tato, M. P., Estevinho, L., Seijas, J. A., & Iglesias, A. (2012). Organic bee pollen: botanical origin, nutritional value, bioactive compounds, antioxidant activity and microbiological quality. Molecules, 17(7), 8359-8377.

Firatli, C., Genc, F., Karacaoglu, M., & Gencer, H. V. (2000). Turkiye Ariciliginin Karsilastirilmali Analizi Sorunlar-Oneriler. Turkiye Ziraat Muhendisliği V. Teknik Kongresi, 17-21.

Fratellone, P. M., Tsimis, F., & Fratellone, G. (2016). Apitherapy products for medicinal use. The Journal of Alternative and Complementary Medicine, 22(12), 1020-1022.

Gavanji, S., & Larki, B. (2017). Comparative effect of propolis of honey bee and some herbal extracts on Candida albicans. Chinese journal of integrative medicine, 23(3), 201-207.

Giampieri, F., Gasparrini, M., Forbes-Hernández, T. Y., Manna, P. P., Zhang, J., Reboredo-Rodríguez, P., ... & Battino, M. (2018). Beeswax by-products efficiently counteract the oxidative damage induced by an oxidant agent in human dermal fibroblasts. International Journal of Molecular Sciences, 19(9), 2842.

Gupta, R. K., Khan, M. S., Srivastava, R. M., & Goswami, V. (2014). History of beekeeping in developing world. In Beekeeping for poverty alleviation and livelihood security (pp. 3-62). Springer, Dordrecht.

Güller, A., Çakar, G., Kurt, Z. (2021). Organik Antimikrobiyal Ürün Olarak Propolis ve Nanopropolisin Kullanılabilirlik Potansiyeli. In book: Türkiye'de Organik Tarim ve Agro-Ekolojik Gelişmeler. Chapter: 15, Publisher: İKSAD Publishing House

Harissis, H. V., & Harissis, A. V. (2009). Apiculture in the Prehistoric Aegean: Minoan and Mycenaean symbols revisited, British archaeological reports S1958. John and Erica Hedges, Oxford.

Hellner, M., Winter, D., von Georgi, R., & Münstedt, K. (2008). Apitherapy: Usage and experience in German beekeepers. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 5(4), 475-479.

İzol, E. 2021. Yenilikçi arı ürünleri ve biyolojik önemleri. Tarım Uygulamalarında Yenilikçi Yaklaşımlar, ISBN: 978-625-8007-32-9, (1), 77.

Jastrzębska-Stojko, Ż., Stojko, R., Rzepecka-Stojko, A., Kabała-Dzik, A., & Stojko, J. (2013). Biological activity of propolis-honey balm in the treatment of experimentally-evoked burn wounds. Molecules, 18(11), 14397-14413.

Jastrzębska-Stojko, Ż., Stojko, R., Rzepecka-Stojko, A., Kabała-Dzik, A., & Stojko, J. (2013). Biological activity of propolis-honey balm in the treatment of experimentally-evoked burn wounds. Molecules, 18(11), 14397-14413.

Kaplan, M., Karaoglu, Ö., Eroglu, N., & Silici, S. (2016). Fatty acid and proximate composition of bee bread. Food technology and biotechnology, 54(4), 497-504.

Kıyak, S. N., Dağlı, Y., Zeren, Ü., Arıburnu, M., Gülbandılar, A., Dönmez, M., & Okur, M. (2014). A functional food:"Şifalı Top". Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 2(6), 277-279.

Kwon, Y. B., Lee, J. D., Lee, H. J., Han, H. J., Mar, W. C., Kang, S. K., ... & Lee, J. H. (2001). Bee venom injection into an acupuncture point reduces arthritis associated edema and nociceptive responses. Pain, 90(3), 271-280.

Margaoan, R., Mărghitaş, L. A., Dezmirean, D. S., Dulf, F. V., Bunea, A., Socaci, S. A., & Bobiş, O. (2014). Predominant and secondary pollen botanical origins influence the carotenoid and fatty acid profile in fresh honeybee-collected pollen. Journal of agricultural and food chemistry, 62(27), 6306-6316.

Mărghitaş, L. A. (2008). Produsele apicole şi principalele lor însuşiri terapeutice. Albinele şi produsele lor. LA Mărghitaş, 2nd ed., Ceres, Bucharest, Romania, 280-378.

Markiewicz-Żukowska, R., Naliwajko, S. K., Bartosiuk, E., Moskwa, J., Isidorov, V., Soroczyńska, J., & Borawska, M. H. (2013). Chemical composition and antioxidant activity of beebread, and its influence on the glioblastoma cell line (U87MG). Journal of Apicultural Science, 57(2), 147-157.

Moreno, M., & Giralt, E. (2015). Three valuable peptides from bee and wasp venoms for therapeutic and biotechnological use: melittin, apamin and mastoparan. Toxins, 7(4), 1126-1150.

Morris, M. E., & Zhang, S. (2006). Flavonoid–drug interactions: effects of flavonoids on ABC transporters. Life sciences, 78(18), 2116-2130.

Münstedt, K., & Bogdanov, S. (2009). Bee products and their potential use in modern medicine. Journal of ApiProduct and ApiMedical Science, 1(3), 57-63.

Nagai, T., Nagashima, T., Myoda, T., & Inoue, R. (2004). Preparation and functional properties of extracts from bee bread. Food/nahrung, 48(3), 226-229.

Nguyen, H. T. L., Kasapis, S., & Mantri, N. (2021). Physicochemical properties and effects of honeys on key biomarkers of oxidative stress and cholesterol homeostasis in hepg2 cells. Nutrients, 13(1), 151.

Olczyk, P., Komosinska-Vassev, K., Winsz-Szczotka, K., Stojko, J., Klimek, K., & Kozma, E. M. (2013). Propolis induces chondroitin/dermatan sulphate and hyaluronic acid accumulation in the skin of burned wound. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2013.

Pessolato, A. G. T., dos Santos Martins, D., Ambrósio, C. E., Mançanares, C. A. F., & de Carvalho, A. F. (2011). Propolis and amnion reepithelialise second-degree burns in rats. Burns, 37(7), 1192-1201.

Qiao, Z., & Chen, R. (1991). Isolation and identification of antibiotic constituents of propolis from Henan. Zhongguo Zhong yao za zhi= Zhongguo Zhongyao Zazhi= China Journal of Chinese Materia Medica, 16(8), 481-2.

Ramos, F., Vitoria, I., Caramona, M., Eds.; Nova Biomedical & Health, Nova Science Publishers, Inc.: Hauppauge, NY, USA, 2018; pp. 207–225. ISBN 978-1-53613-553-4.

Shafiee, S., Minaei, S., Moghaddam-Charkari, N., Ghasemi-Varnamkhasti, M., & Barzegar, M. (2013). Potential application of machine vision to honey characterization. Trends in food science & technology, 30(2), 174-177.

Stangaciu S., (1999). Apiteraphy course notes, Constanta. Apiteraphy Research Hospital Bucuresti, 286.

Suescún, L., & Vit, P. (2008). Control de calidad de la miel de abejas producida como propuesta para un proyecto de servicio comunitario obligatorio. Fuerza farmacéutica, 12(1), 6-15.

Sukhdev, P., Wittmer, H., Schröter-Schlaack, C., Nesshöver, C., Bishop, J., Brink, P. T., Simmons, & B. (2010). The economics of ecosystems and biodiversity: mainstreaming the economics of nature: a synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB (No. 333.95 E19). UNEP, Ginebra (Suiza).

Svečnjak, L., Chesson, L. A., Gallina, A., Maia, M., Martinello, M., Mutinelli, F., ... & Waters, T. A. (2019). Standard methods for Apis mellifera beeswax research. Journal of Apicultural Research, 58(2), 1-108.

Wagh, V. D. (2013). Propolis: a wonder bees product and its pharmacological potentials. Advances in pharmacological sciences, 2013.

Wehbe, R., Frangieh, J., Rima, M., El Obeid, D., Sabatier, J. M., & Fajloun, Z. (2019). Bee venom: Overview of main compounds and bioactivities for therapeutic interests. Molecules, 24(16), 2997.

Wojtyczka, R. D., Dziedzic, A., Idzik, D., Kępa, M., Kubina, R., Kabała-Dzik, A., ... & Wąsik, T. J. (2013). Susceptibility of Staphylococcus aureus clinical isolates to propolis extract alone or in combination with antimicrobial drugs. Molecules, 18(8), 9623-9640.

World Health Organitation; Food and Agriculture Organitation of the United Nations. (1987)-Rev. 1, (2001)-Rev. 2, (2019)- Amended. Codex Alimentarius Standard. Revides Codex Standard for Honey 12-1981.

Xuan, H., Li, Z., Yan, H., Sang, Q., Wang, K., He, Q., ... & Hu, F. (2014). Antitumor activity of Chinese propolis in human breast cancer MCF-7 and MDA-MB-231 cells. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2014.

Yaghoubi, M. J., Gh, G., & Satari, R. (2007). Antimicrobial activity of Iranian propolis and its chemical composition. DARU Journal of Pharmaceutical Sciences, 15(1), 45-48.

Yılmaz, İ. (2017). Bal Arısı Yetiştiriciliğinde Verimi Etkileyen Faktörler. Buraxılışa Məsul: Mübariz Nuriyev.

Yusop, S. A. T. W., Sukairi, A. H., Sabri, W. M. A. W., & Asaruddin, M. R. (2019). Antioxidant, antimicrobial and cytotoxicity activities of propolis from Beladin, Sarawak stingless bees Trigona itama extract. Materials Today: Proceedings, 19, 1752-1760.

# BÖLÜM 11

## *IN VITRO* BİYOYARARLILIK ve ARI ÜRÜNLERİNİN BİYOYARARLILIĞI

Öğr. Gör. Davut KARAHAN[1]

Öğr. Gör. Enes KAYA[2]

Öğr. Gör. Ebubekir İZOL[3]

[1] Bingöl Üniversitesi, Arı ve Doğal ürünler Ar-Ge ve Ür-Ge Uygulama ve Araştırma Merkezi, Bingöl, TÜRKİYE
Orcid: 0000-0003-4571- 1095, dkarahan@bingol.edu.tr
[2]Bingöl Üniversitesi, Arı ve Doğal ürünler Ar-Ge ve Ür-Ge Uygulama ve Araştırma Merkezi, Bingöl, TÜRKİYE
Orcid: 0000-0003-3973-168X, eneskaya@bingol.edu.tr
[3]Bingöl Üniversitesi, Arı ve Doğal ürünler Ar-Ge ve Ür-Ge Uygulama ve Araştırma Merkezi, Bingöl, TÜRKİYE
Orcid: 0000-0003-0788- 4999, eizol@bingol.edu.tr

## GİRİŞ

Tüm canlılar gibi insanların da sağlıklı bir yaşam idame ettirebilmeleri için vücutları, enerji ve elementlere ihtiyaç duymaktadır. Bu enerji ve elementlerin kaynağı ise genelde gıdaların sindirimi ile mümkündür (Özay Arancıoğlu, 2021). Sindirim esnasında açığa çıkan enerji ve bazı bileşenler, alınan gıdanın özelliklerinin yanı sıra sindirim esnasındaki fiziksel ve kimyasal dönüşüm faktörlerine bağlıdır. Sindirim süreci enerji, büyüme-gelişme ve hücre onarımı için gıdalardaki besin bileşenlerinin kullanılmasına olanak sağlayan değişimlerin gerçekleştiği kompleks bir işlem olarak tanımlanmaktadır.

Sindirim süreci ağızdan başlayıp anüste biten, uzun bir tüpe benzeyen sistemde gerçekleşmektedir. Bu sistemi oluşturan temel bölümler; ağız, yemek borusu, mide, on iki parmak bağırsağı, kalın bağırsak ve anüstür. Bu bölümlere ilave olarak ağızda bulunan tükürük bezleri, pankreas ve safra kesesi gibi yardımcı bileşenler de sindirim sürecinde büyük öneme sahiptirler (Li ve ark., 2020; Özay Arancıoğlu, 2021).

Proteinler, karbonhidratlar ve lipidler gibi temel gıda bileşenleri enerji verme ve yapım işlevi gören önemli bileşenlerdir. Bu bileşenlerin yanı sıra gıdalar hücrelerin savunmasında, yenilenmesinde ve üretilmesinde görev alan farklı bileşenleri de içermektedirler. Bu bileşenler arasından en çok bilineni ve biyoaktivite açısından önemli olan polifenoller, fenolikler, flavanoidler, organik asitler, antosiyaninler, aromatik bileşenler, terpenler vb. sekonder metabolitlerdir (Barba ve ark., 2019).

Bazı sekonder metabolitlerin çeşitli antipatolojik, antimikrobiyal, antidiyabetik potansiyeli, kardiyovasküler, solunum ve gastrointestinal

sisteme karşı koruyucu etkisi ve ayrıca farklı bitkilerden türetilen hücrelere karşı anti-proliferatif etkisi doğrulanmıştır (Cianciosi ve ark., 2020). Biyoaktif bileşiklerin biyolojik etkilerinin çoğu yüksek antioksidan potansiyelleri olarak bilinse de bu bileşiklerin uzun vadeli tüketiminin, hücreleri oksidatif hasardan koruyarak dejeneratif hastalık riskini sınırlama potansiyeli gibi antioksidan etkilerinden daha fazla etkisi olduğuna dair fazlaca kanıtlar bulunmaktadır (Tomás ve ark., 2017; Kieliszek ve ark., 2018; Aylanc ve ark., 2021). Bununla birlikte, fitokimyasal bileşiklerce zengin gıdaların tüketimi, bu bileşiklerin insan gastrointestinal sisteminde biyolojik aktivitelerininin olumlu veya olumsuz şekillerde etkilenebileceği için, bahsedilen etkilerin somut bir şekilde tamamını görmek bazen mümkün olamamaktadır. Biyoaktif bileşiklerin gastrointestinal sisteme maruz kalmasından dolayı biyoerişilebilirliği ve biyoyararlılığı değişkenlik gösterdiği için alınan gıdalarda bulunan yüksek orandaki biyoaktif madde miktarı ile dokulara ulaşan miktarlar arasında fark olabilmektedir. Bunun için biyoaktif bileşiklerin gıdalarda bulunma miktarının ölçülmesi kadar, bu bileşiklerin biyolojik olarak kullanılabilir miktarının ölçülmesi de son derece önemlidir (Barba ve ark., 2019; Özay Arancıoğlu, 2021; Aylanc ve ark., 2021).

Gıda alımından sonra polifenollerin ve ilgili metabolitlerin absorpsiyonu, taşınması, biyoyararlanımı ve biyoaktivitesi, son yıllarda artan ilgi gören araştırma konuları olmuştur. Ancak sindirim sürecinin bu aktiviteden sorumlu bileşiklerin, özellikle polifenollerin biyoyararlanımını ve biyoerişilebilirliğini nasıl etkilediğine ve

değiştirdiğine dair literatürde yer alan bilimsel çalışmalar hala kısıtlıdır (Teng ve ark., 2018; Dima ve ark., 2020; Aylanc ve ark., 2021).

Biyoyararlılık terimi, kullanıldığı bilimsel alana göre farklı tanımlara sahiptir. Beslenme açısından biyoyararlılık kavramı; vücuda oral yolla alınan besinlerin ve nutrasötik ögelerin ya da biyoaktif bileşiklerin organlara, dokulara ulaşan ve temel metabolik süreçlere veya diğer biyolojik süreçlere katılan kısmı olarak tanımlanabilmektedir (Parada ve Aguilera, 2007; Dima ve ark., 2020; Özay Arancıoğlu, 2021).

FDA (Birleşik Devletler Gıda ve İlaç Dairesi) ise biyoyararlanım kavramını, bir ilacın içerdiği aktif bileşenlerin veya terapötik kısımların emilme ve etki bölgesinde kullanılabilir potansiyel hızı ve kapsamı olarak tanımlamıştır (Shi ve Le Maguer, 2000). Bu tanım, gıdalarda bulunan aktif bileşenler için de geçerli olabilmektedir (Parada ve Aguilera, 2007). Biyoyararlılık kavramı üç ana adımdan oluşmaktadır: taşıyıcı matristen salınma, bağırsak emilimi ve dokuya alım (Porrini ve Riso, 2008). Bununla birlikte, bir besin maddesinin biyoyararlanımı, sindirilen bir besinin emilim ve metabolik kullanımının etkinliği ile önemli derecede ilişkili ancak çoğu zaman belirsiz bir kavramdır (Gregory ve ark., 2005).

Biyolojik açıdan aktif olan bileşiklerin biyoyararlılığıyla alakalı kesin sonuçlar elde edebilmek için insanlar ve hayvanlar üzerinde *in vivo* deneylerin uygulanması gerekmektedir.

Ancak insan ve hayvan üzerinde yapılan *in vivo* çalışma metodolojileri; kompleks, yüksek maliyetli ve en mühimi de bazı deneysel ve etik kısıtlamalar ortaya çıkardıklarından dolayı tercih edilememektedir.

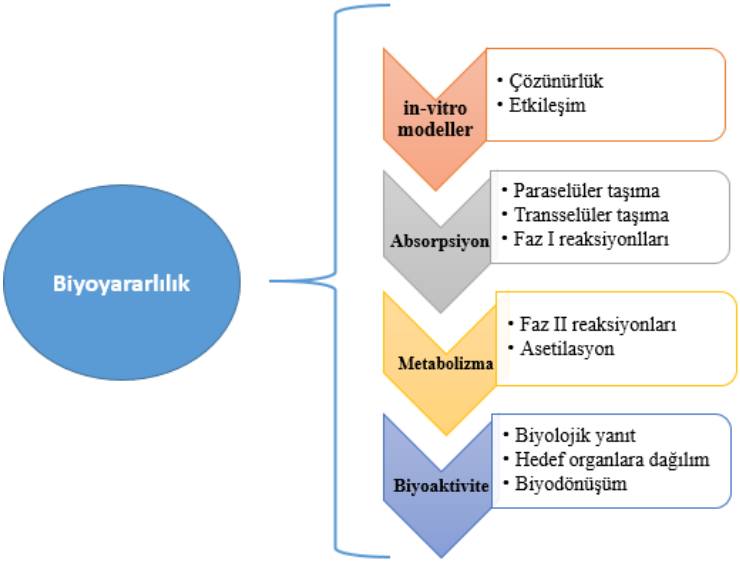
Bunun yerine genellikle gastrointestinal koşullar altında stabilite belirlemede faydalı olan *in vitro* metotlar, beslenme veya tıbbi uygulamalarda kullanım alanı giderek popüler hale gelmekte ve yaygın olarak kullanılmaktadır (Toydemir ve ark., 2013). Genel olarak gastrointestinal sistemler, statik ve dinamik olmak üzere iki alt kategoriye ayrılır. Statik model; sindirim ürünlerinin büyük ölçüde hareketsiz kaldığı ve kesme, karıştırma, hidrasyon vb. gibi fiziksel süreçlerin taklit edilmediği modellerdir. Dinamik modeller ise fiziksel ve mekanik süreçleri ve *in vivo* koşulları taklit etmek için luminal koşullarda geçici değişiklikleri içermektedir. Dinamik model, özellikle sindirimin fiziksel durumunun yani sindirilen gıda parçacıklarının ve sindirim sırasında salınan sıvıların karışımı, parçacık boyutu, viskozite gibi faktörlerin zamanla değiştiği ve diğer bazı geçici etkilerin karıştırma, kolloidal fazların oluşumu, difüzyon vb. hesaba katıldığu durumlarda özellikle yararlıdır (Gregory ve ark., 2005; Parada ve Aguilera, 2007).

Hayvanlar ve/veya insanlar üzerinde uygulanan *in vivo* testlere göre *in vitro* sindirim sistemlerinin çeşitli avantajları mevcuttur. Bu avantajlar;

- Daha pratik olmaları
- Kolay tekrarlanabilirlikleri
- Daha az maliyetli olmaları
- Daha az emek ve iş gücü gerektirmesi
- Basamaklarının kolay kontrol edilebilirliği
- Sindirim sonuçlarına daha yakın olması

- Etik kısıtlamaların az olması veya hiç bulunmaması olarak sıralanabilmektedir (Liang ve ark., 2020; Van der Lugt ve ark., 2020).

*in vitro* yöntemler kullanılarak biyoyararalılığın deneysel olarak belirlenmesi genelde iyi sonuçlar vermektedir. Bu belirlemelerin anahtarı gastrointestinal sistemin ağız, mide, ince bağırsak ve kolondan oluşan dört bölümünün kimyasal, biyokimyasal ve mekanik koşullarının en gerçekçi (Bkz. Şekil 1) simülasyonudur (Alminger ve ark., 2014).




**Şekil 1**. Biyoyararlılık Konsepti ve Araştırma Modelleri (Fernández-García ve ark., 2009)

Minekus ve ark. (2014) insan gastrointestinal sisteminin fizyolojisini temel alan, besinler üzerine uygulanacak ortak araştırmalara uyumlu bir statik *in vitro* sindirim modeli önermişlerdir. Bu modelde

gastrointestinal sistemin; oral, mide, ince bağırsak ve kolon olmak üzere dört simüle fazı bulunmaktadır.

**Oral faz**

Ağzın sindirimdeki temel işlevi yiyeceklerin çiğnenerek parçalanması, onları yutmaya uygun bir forma dönüştürmek ve yutmaktır. Ağıza alınan bir yiyecek veya içecek bir dizi prosesten geçer ve gıda bileşenleri değişime uğrar. Bu değişimler; tükürük ile karıştırılma, pH, iyonik gücü, sıcaklığı, lingual lipaz-amilaz, gibi çeşitli sindirim enzimleri tarafından etki, tükürükteki müsin gibi biyopolimerlerle etkileşim, dil ve ağız yüzeyindeki yapılar ile etkileşim ve fiziksel olarak daha küçük boyutlu yapılara ayrılması olarak sıralanabilir. İdeal olarak, tüm bu faktörlerin bir *in vitro* sindirim modelinde simüle edilirken göz önünde bulundurulması gerekmektedir (McClements ve Li, 2010). Bal gibi karbonhidrat açısından zengin olan gıdaların ağızda bulunan enzimler ile etkileşimi ve değişikliğe uğraması nedeniyle oral faz, özellikle bu tür gıdalar için vazgeçilmezdir (Özay Arancıoğlu, 2021).

**Mide fazı**

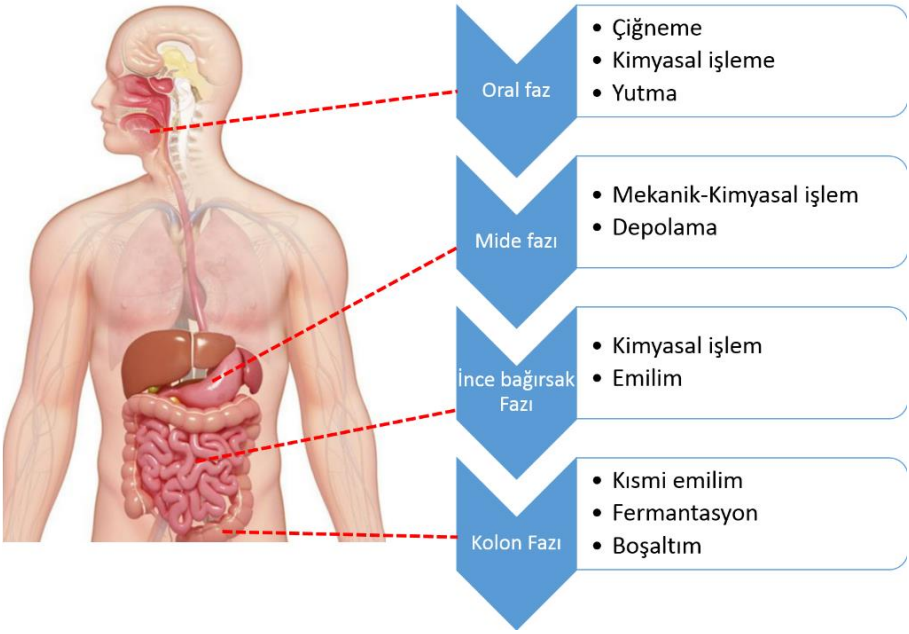
Mide, kısmen sindirilmiş besinin ince bağırsağa aktarılmadan önce işlendiği ve depolandığı zar benzeri bir yapıya benzetilebilir. Midenin boşalma hızı ve süresi, küçük bağırsakta besin sindiriminin ve emiliminin sonraki aşamasını ve oranını etkileyebilir. Ayrıca mide tokluk hissini etkilemede de önemli rol oynamaktadır (McClements ve Li, 2010). Mide sindirim fazı, mekanik ve hidroklorik asit, pepsinojenler, lipaz gibi kimyasal işlemlerden oluşan kompleks bir süreçtir (Schulze, 2006).

**İnce bağırsak fazı**

İnce bağırsak, genelde lipid sindirimi ve emilme işlemlerinin çoğunun gerçekleştiği yolundaki fazdır. Duodenum, jejunum ve ileum olmak üzere üç ana bölgeden oluşan yaklaşık 2.5 ila 3 cm çapında tüp benzeri bir yapıdır. İnce bağırsakta bulunan villus ve kript gibi yapılardan dolayı yüzey alanı basit bir düz tüpten oldukça fazladır. Pankreas enzimleri proteazlar, amilazlar ve lipazlar gibi enzimlerle de iş birliği içinde hareket edebilmektedirler (Alminger, 2014; Özay Arancıoğlu, 2021).

**Kolon fazı**

Üst gastrointestinal bölümünde (ince bağırsak vb.) sindirilemeyen ve emilemeyen bileşenler ileumdan yaklaşık 1500 mm uzunluğunda tüp benzeri bir yapı olan kalın bağırsağa geçer. Kalın bağırsak fizyolojik olarak gösteren dört ana bölüme ayrılmaktadır. Kolonun fazının temel fonksiyonları; su ve elektrolitlerin emilmesi, polisakkarit ve protein gibi yapıların fermantasyonu, safra tuzlarının yeniden emilmesi, dışkının oluşumu, depolanması ve sistem dışı edilmesidir (Schulze, 2006). Bu fazlara ait özet diyagram Şekil 2'de gösterilmektedir.




**Şekil 2.** Simüle Edilmiş bir *in vitro* Sindirim Yöntemi Genel Diyagramı (Aylanc ve ark., 2021)

Genelde bir besinin biyoerişilebilirliği ve biyoyararlanımı fiziksel, enzimatik ve kimyasal sindirim süreçlerinin verimliliğini etkileyen faktörler bulunmaktadır (Boyer ve Liu 2004). Yapılan çeşitli çalışmalardan elde edilen bulgulara göre biyoyararlılığı-biyoerişilebilirliği etkileyen temel faktörler;

- İncelenen bileşeğin formu (stereokonfigürasyon, esterleştirme, glikozilasyon gıdadaki konsantrasyonu, verilen miktar ve diğer maddelerle etkileşimi.
- Besinin yapısı ile alakalı faktörler (gıda matrisi, absorpsiyon efektörlerinin varlığı, işleme prosesi)

- İnsana bağlı faktörler (enzim aktivitesi, hormonal durum, genetik, fizyolojik durum, bozukluklar-patolojiler, yaş ve cinsiyet)
- Çevre faktörleri (gıda kalitesi, iklim) olarak sıralanabilir (Porrini ve Riso 2008).

Son yıllarda artan hastalıklar, salgınlar, sentetik gıda veya gıda katkı maddeleri ile ilgili endişelerden dolayı dengeli ve sağlıklı beslenme için doğal ürünlere ve fonksiyonel gıdalara artan bir ilgi vardır (Aylanc ve ark., 2021). Aralık 2019'da ortaya çıkan Koronavirüs (COVID-19) hastalığı Dünya genelindeki tüm kıta ve ülke sınırlarına yayılmış durumdadır. Tüm dünyada konu ile ilgili bazı uzmanlar, hastalığa karşı en kuvvetli önlemlerden birinin bağışıklık sisteminin güçlü tutulması olduğunu belirtmektedir. İnsanlar bu sebeple çözüm arayışlarını doğal ürünlere, fonksiyonel gıdalara yöneltmiş ve son zamanlarda bu ürünlerin tüketimi giderek artmıştır. Bu doğal ürün tercihlerinin başında da arı ürünleri gelmektedir. Özellikle COVID-19 pandemi sürecinde sağlığa faydalı ve bağışıklık sistemini güçlendirici özelliklerinden dolayı bal ve diğer arı ürünlerine olan talep oldukça artmıştır. Arı ürünlerinin insan sağlığı üzerindeki olumlu etkileri, terapötik özellikleri ve insan beslenmesindeki yeri eski zamanlardan beri bilinmekte olup bu durum çeşitli bilimsel araştırmalarla desteklenmiştir. Başlıca arı ürünleri bal, polen, propolis, arı sütü, arı ekmeği ve arı zehridir.

Bal, bal arısı (*Apis mellifera* L.)'nın bitkilerin nektarlarından, canlı bölümlerinin salgılarından veya bitkilerin canlı kısımlarında yaşayan emici böceklerin salgılarından ürettikleri, arıların kendilerine has

maddelerle muamele ederek dönüştürdükleri ve olgunlaşmak için bal peteğinde depoladıkları doğal tatlı madde olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2009). Balın kimyasal bileşimi esas olarak karbonhidrat ve sudur. Geri kalanı enzimler, mineraller, organik asitler, fenolik asitler, vitaminler ve flavonoidler gibi çok önemli maddelerdir (İzol, 2021). Nektardaki biyoaktif bileşikler botanik köken, iklim koşulları ve coğrafi dağılım gibi çok sayıda faktöre bağlıdır. Arılar bal üretimi için ana kaynak olarak nektar topladıkları için bal da bu faktörlere bağlıdır. İnsanlar balı eski çağlardan beri hem beslenme hem de tedavi amaçlı kullanmışlardır. Son zamanlarda birçok araştırmacı, balın çeşitli bakteri türlerine karşı geniş spektrumlu antibakteriyel, antikanser, antiviral vb. aktivitesi hakkında sonuçlara varmışlardır (Chowdhury ve ark., 2018; Çakır ve ark., 2020). Çalışmalar balın aerob ve anaerobların yanı sıra Gram pozitif (+) bakteriler ve Gram negatif (-) bakteriler de dâhil olmak üzere yaklaşık altmış bakteri türüne karşı etki gösterdiğini kanıtlamıştır. Balın bu biyolojik özelliğinin yüksek şeker içeriği, düşük su aktivitesi, metilglioksal, düşük pH, hidrojen peroksit, arı defensin-1, doğal flora ve fitokimyasallar gibi birçok faktörden kaynaklandığı kanıtlanmıştır (Blasa ve ark., 2006).

Arı tutkalı olarak da bilinen propolis, arıların dış tehlikelere karşı kalkan olarak kullandığı bir maddedir. Propolis çeşitli bitkisel reçineler ve balsamlar, uçucu yağlar, mikro ve makro elementler, flavonoidler ve balmumundan oluşan kompleks bir yapıdır. Propolis de diğer arı ürünleri gibi biyoaktif maddelerce son derece zengindir. Eski Mısır'da antik çağlardan beri cesetlerin mumyalanmasında kullanılmaktaydı. Son yıllarda özellikle antioksidan, antibakteriyel, antikanser,

antifungal, antiinflamatuar, antiviral ve antifungal gibi biyolojik aktiviteleri nedeniyle propolise dikkate değer bir ilgi vardır (Güller ve Çakar, 2020; Güller ve ark., 2021). Propolis, toplandığı gibi ham olarak kullanılamamakta, inert materyali uzaklaştırmak ve olifenolik fraksiyonu korumak için ekstraksiyon yoluyla saflaştırılması gerekmektedir. Bu saflaştırılmış fraksiyonun propolisin diğer bileşenlerinden daha fazla terapötik etkilere katkı sağlamaktadır (Erdoğan ve ark., 2011).

Bal arısının temel besin ihtiyaçları bitki nektarı, polen ve su olarak kabul edilmektedir. Polen bal arıları için protein, lipit ve vitamin kaynağı iken bitki nektarı ise karbonhidrat kaynağıdır (Silici, 2015). Arı, yiyeceklerinin lipid ve protein kısmı olan arı ekmeğini hazırlamak için polen kullanır. Bal arılarının topladıkları polenleri petek gözlerinde bal ve sindirim enzimleri gibi diğer arı salgıları ile karıştırıp laktik asit fermantasyonuna bırakmaları sonucu oluşan bu depolanmış yeni polen ürününe arı ekmeği (perga) adı verilmektedir (Zuluaga ve ark., 2015). Arı ekmeğinin içeriği bitki kaynağına bağlı olarak bölgeden bölgeye farklılık göstermekte olup, mevsim şartlarından ve iklimsel değişikliklerden etkilenmektedir (Baltrušaitytė ve ark., 2007; Urcan ve ark., 2017). Arılar çiğ polendeki bileşikleri daha zor sindirdikleri ve tüketemedikleri için, poleni kovana toplar ve kontrollü fermantasyon için petek hücrelerinde depolayarak arı ekmeği üretir. Arı ekmeği, arı ailesinin ana protein kaynağı olan laktofermente edilmiş bir polendir. Arı ekmeğinin bileşenleri, kısmen fermente olduğu ve laktik asit fermantasyonu sırasında içeriğindeki arı poleninin ekzin tabakası parçalandığı için arı polenine nazaran insanlar tarafından daha kolay

sindirilmekte ve emilimi de daha kolaydır (Barene ve ark., 2015). Arı ekmeğinin kompozisyonu polenden farklı olup insan vücudunda sentezlenemeyen elzem aminoasitlerin yaklaşık tümü, protein, C-B-E vitaminleri, nikotinik-folik-pantotenik asitler, sukroz, amilaz gibi önemli enzimler, fenolik bileşikler, karatenoidler ve hormonlar içermektedir (Silici, 2015). Arı ekmeğinin yüksek biyolojik aktivitesi sebebiyle, mikroorganizma gelişimini sınırlayarak perganın raf ömrünün daha uzun sürmesini sağlamaktadır (Nagai vd., 2004). Diğer arı ürünleri ile karşılaştırıldığında, arı ekmeği üzerinde yapılan çalışmalar azdır ve özellikle kimyasal bileşimlerinin belirlenmesi ile sınırlıdır (Bakour vd., 2017).

Arı sütü, arı larva diyetinin en önemli parçasını oluşturan ve kast farklılaşmasında önemli bir rol oynayan, işçi arıların salgıladığı değerli bir arı ürünüdür. Arı sütü, ilk 2-3 gün tüm genç larvalara verilen tek besin iken, kraliçe arının tüm yaşam döneminde devam ettiği özel besindir. Ana arının diğer arılara göre daha uzun ömürlü olmasının bir nedeni de budur (İzol, 2021). İnsanoğlu için en etkili ve faydalı ürünlerden biri olan arı sütü, hem geleneksel hem de modern tıpta yaygın olarak kullanılan bir doğal üründür. Karmaşık bileşimi (su, proteinler, lipidler, karbonhidratlar, amino asitler, mineral tuzlar, vitaminler, enzimler, hormonlar, oligo elementler, doğal antibiyotikler) nedeniyle antioksidan, nörotrofik, hipoglisemiant, hipokolesterolemiant ve hepatoprotektif, hipotansif ve kan basıncı düzenleyici, antitümör, antibiyotik, anti-inflamatuar, anti-alerjik, antiaging vb. çok önemli biyoaktiviteye sahiptir (Pavel ve ark., 2011).

Yukarıda da bahsedildiği gibi arı ürünlerinin hemen hemen hepsi biyoaktif maddelerce zengin olup çeşitli biyoaktiviteler göstermektedir. Ancak arı ürünlerinin biyoaktif madde içeriklerinin belirlenmesi kadar bu bileşiklerin biyoyararlanım düzeylerinin ve biyoyararlanımlarını etkileyen faktörlerin belirlenmesi de son derece önemlidir. Çünkü ürünün içerik miktarı ile yararlanılan oran zaman zaman örtüşmeyebilmektedir. Bu nedenle diğer gıda ürünlerinde olduğu gibi arı ürünlerinin biyoyararlılığı ve biyoaktif bileşiklerin gastrointestinal sisteme maruz kalmasından kaynaklanan değişikliklerin belirlenmesi çok önemlidir. Arı ürünlerinin biyoyararlılığı ile ilgili çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu çalışmada arı ürünlerinin biyoyararlanım özellikleri ile ilgili yapılan çalışmalardan bahsedilecektir.

Bir araştırmada, gastrointestinal sindirim modeli kullanarak arı poleni ve propolisin fenolik içeriği ve antioksidan aktiviteleri çalışılmıştır. Çalışmada farklı coğrafi bölgelerden toplanan örneklerin farklı miktar ve tipte fenolik bileşiklere sahip olduğu, fenolik bileşiklerin biyoerişilebilirliği muhtemelen yapılarında bulunan diğer bileşenlerin varlığı ve etkisi nedeniyle yüksek çıkmadığı, bununla birlikte propolis ve polen, biyolojik olarak erişilebilir fenolikler ve antioksidan aktivite açısından yüksek bir potansiyele sahip olduğu sonucuna varmışlardır (Yeşiltaş ve ark., 2014).

Cianciosi ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada, *in vitro* gastrointestinal sindirimin Manuka balının polifenol bileşikleri, antioksidan kapasitesi ve antikanser aktivitesine etkisini değerlendirmiş ve karşılaştırmışlardır. Manuka balının ham ve sindirimden sonraki halinin

toplam polifenol ve flavonoid içeriği, spektrofotometrik analiz ve toplam antioksidan kapasite yöntemlerini kullanarak değerlendirmişlerdir. Çalışma sonuçları, *in vitro* sindirimden sonra balın toplam polifenol, toplam flavonoid içeriği ve antioksidan kapasitesinin önemli ölçüde ($p < 0.05$) azaldığını göstermiştir.

Benavides-Guevara ve ark. (2017), enzimatik uygulamalar da dâhil olmak üzere farklı ön işleme uygulamalarının arı poleninin sindirilebilirliği üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çalışmadan elde ettikleri bulgulara göre; arı polenine uygulanan farklı termal, kimyasal ve enzimatik ön işlemler,proteinde önemli değişiklikler meydana getirdiği, özellikle enzimatik ön muamelenin arı polenini büyük ölçüde etkilediği, mevcut besin maddesinde belirgin bir azalma olduğu, antioksidan özelliklerde de bir azalma olduğu ve son olarak arı poleninde sindirilebilirliği artırmak ve diğer besin maddelerinin mevcudiyetini iyileştirmek için ön işlemlerin iyi bir alternatif olacağını belirtmişlerdir.

Aylanc ve ark., (2021), arı poleni ve arı ekmeğinin *in vitro* simüle gastrointestinal sindirimi modeli kullanılarak botanik köken, biyoyararlılık, biyoaktif bileşikler ve antioksidan kapasitesini değerlendirmişlerdir. Yaptıkları çalışmada; arı poleni ve arı ekmeğindeki biyoaktif bileşiklerin bazı istisnalar dışında genel olarak sindirim boyunca azalma eğiliminde olduğunu, her iki arı ürününde de fenolik bileşiklerin azalması veya artması onların antioksidan aktivitelerini etkilediği, özellikle mide fazının biyoaktif bileşiklerin biyoyararlanımı üzerinde önemli bir faktör olduğu, arı ekmeğinin arı

poleninden daha fazla sindirilebilir olduğu ve tüm bu bulgular göz önüne alındığında her iki arı ürünü de gıda sektörü için önemli bir potansiyele sahip olduğu sonucuna varmışlardır. Ayrıca; gıda endüstrisinde kullanımının yanı sıra arı poleni ve arı ekmeği, içerdiği fenolik bileşik sayesinde farklı alanlarda çok sayıda farklı uygulama alanının olabileceğini belirtmişlerdir.

Gönül (2016), yaptığı çalışmada fenolik bileşiklerin profili ve biyoerişilebilirliği üzerine arı poleni fermantasyonunun etkisi *in vitro* gastrointestinal sindirim modeli ile analiz etmiş ve değerlendirmiştir. Çalışmada; sindirim deneyleri sonuçlarına göre fermente edilmemiş arı poleni örneklerine kıyasla tüm fermente arı polen örneklerinde sindirim aşamalarının hepsinde daha yüksek toplam fenolik içerik, toplam flavonoid içeriği ve toplam antioksidan kapasite elde edildiğini, buna ek olarak sindirilen tüm örneklerde toplam fenolik içerik, toplam flavonoid içeriği ve toplam antioksidan kapasitesi oral fazdan bağırsak fazına önemli ölçüde arttığını, genel olarak arı poleninin fermantasyonunun antioksidan özellikler, fenolik ve flavonoid içeriği üzerinde farklı etkileri olduğu sonucuna varmıştır.

Pohl ve ark., (2012) ticari ballarda Ca, Cu, Fe, Mg, Mn ve Zn'nin Simüle edilmiş gastrointestinal sindirim koşulları altında *in vitro* biyoyararlılığını çalışmışlardır. Çalışmada; koyu renkli ballarda bu elementlerin toplam konsantrasyonuna Ca, Cu, Fe, Mg, Mn ve Zn'nin yüksek oranda çözünür ve geçirgen fraksiyonunun katkılarının çok yüksek (%80'den neredeyse %100'e kadardır) olduğunu, bunun nedeninin bu elementlerin bal matrisinde karmaşık biyokimyasal

yapılar şeklinde bulunmamasından kaynaklandığını, bu nedenle baldan Ca, Cu, Fe, Mg, Mn ve Zn'nin biyoyararlanımlarının, bulunan biyoerişilebilirlikleri kadar yüksek olabileceği sonucuna varmışlardır.

Gardana ve ark. (2007), propolis alımından sonra insan plazmasındaki farklı polifenollerin belirlenmesini garanti etmek için hassas ve spesifik bir LC/MS/MS yöntemi çalışmışlardır. Bu çalışmanın sonucunda, saflaştırılmış ve mumu alınmış bir propolis özütünün tüketilmesinden sonra polifenollerin emildiğini, metabolize edildiğini ve bu nedenle lipid membranların oksidatif hasardan korunması ve immünostimülasyon gibi sistemik etkiler gösterebileceğini ileri sürmektedirler.

Özkan ve ark. (2018) Türkiye'nin farklı bölgelerinden toplanan bal arısı polenlerinin biyoaktif ve biyoyararlılık özelliklerini incelemişlerdir. Sonuçlar, kullanım amacını belirlemek için biyoaktif özelliklerin biyoyararlılık özelliklerle desteklenmesi gerektiğini, diğer bileşikler ve gıda materyallerinin matrisi arasındaki etkileşim de bu fonksiyonel özellikleri etkileyebileceğini, bazı gıda işleme teknikleri veya gıda formülasyonuna dahil edilmesi sayesinde bal arısı poleninin biyoyararlılığını geliştirmek için daha ileri çalışmalara ihtiyaç olduğunu göstermiştir.

Yapılan literatür taramalarında da görüldüğü üzere, arı ürünlerinin biyoyararlanımı ile ilgili yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır ve bazı faktörlerin biyoyararlanımı olumlu yönde etkilediği görülürken, bazı faktörler ise olumsuz yönde etkilemektedir.

## SONUÇ

Son zamanlarda etkili beslenme ve sağlıklı yaşam arasındaki ilişkinin kanıtlanmasıyla birlikte fonksiyonel doğal gıdaların ve gıda takviyelerinin biyolojik faydalarını minimize edilerek tüketilmesini sağlamak oldukça önemli bir konu haline gelmiştir. Diğer yandan artan nüfus ve talep dolayısıyla fonksiyonel doğal gıdalara ulaşılması ve uygun bir şekilde tüketilmesi giderek zorlaşmaktadır. Bunun için ulaşılan bir gıdadan azami derecede faydalanılması gerekmektedir. Bu durum araştırmacıları, bir gıdanın biyoaktif madde içeriği ile bu maddelerden faydalanılan oranının araştırılmasına sevk etmektedir.

Diğer gıda ürünlerinde olduğu gibi, biyoyararlılık çalışmalarının arı ürünlerinde de yapılması kaçınılmaz bir durumdur. Birçok gıda ürününde fazlaca biyoyararlılık araştırması olsa dahi, arı ürünlerinin *in vitro* gastrointestinal sindirim modelleri ile ilgili çalışmalar oldukça sınırlı düzeydedir. *in vitro* çalışmalara ek olarak, bu bileşiklerin biyoyararlanımını araştıran klinik çalışmalar, gıda işlemenin insan sağlığı üzerindeki etkisini aydınlatmak için değerli veriler sağlayacaktır.

Bu bölümde, biyoyararlılık konusuna ve özellikle arı ürünlerinin simüle edilmiş *in vitro* gastrointestinal çalışmalar irdelenmiş olup bunlara ek olarak insan ve/veya hayvan üzerinde *in vivo* biyoyararlılık ve klinik çalışmaların yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Hatta arı ürünlerinin Caco-2 gibi hücresel modellerle birleştirilmiş çalışmaların yapılması, tüketicilere daha çok fonksiyonel gıda ürünlerinin geliştirilmesi hususunda katkı sunacaktır.

## KAYNAKLAR

Alminger, M., Aura, A. M., Bohn, T., Dufour, C., El, S. N., Gomes, A., Santos, C. N. (2014). *In vitro* models for studying secondary plant metabolite digestion and bioaccessibility. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *13*, 413–436. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12081

Anonim (2009). Harmonised Methods Of The International Honey Commission (IHC). https://www.ihc-platform.net/ihcmethods2009.pdf Erişim tarihi: 17.02.2022

Aylanc, V., Tomás, A., Russo-Almeida, P., Falcão, S.I., Vilas-Boas, M. (2021). Assessment of bioactive compounds under simulated gastrointestinal digestion of bee pollen and bee bread: bioaccessibility and antioxidant activity. *Antioxidants* 2021, 10, 651. https://doi.org/10.3390/antiox10050651

Barba, F. J., Saraiva, J. M. A., Cravotto, G., Lorenzo, J. M.(2019). Innovative Thermal and Non-Thermal Processing, Bioaccessibility and Bioavailability of Nutrients and Bioactive Compounds. Woodhead Publishing, Cambridge

Benavides-Guevara, R. M., Quicazan, M. C., & Ramírez-Toro, C. (2017). Digestibility and availability of nutrients in bee pollen applying different pretreatments. *Ingeniería y competitividad*, *19*(1), 119-128.

Boyer, J., Liu, RH. (2004). Apple phytochemicals and their health benefits. Nutr J 3:5.

Cianciosi, D., Forbes-Hernández, T. Y., Afrin, S., Gasparrini, M., Quiles, J. L., Gil, E., Giampieri, F. (2020). The influence of in vitro gastrointestinal digestion on the anticancer activity of manuka honey. *Antioxidants*, 9(1), 64.

Çakar, G., Döner, Ö., Coşkun, P., İlkaya, M., Dinç, M., Karakaya, E., Güller, A., İnci, H. (2021). Covid-19 ile Enfekte Olan Bireylerde Propolis İçerikli Ürün Kullanımının Değerlendirilmesi. In book: Mühendislik & Mimarlık Üzerine: Multidisipliner Bir Yaklaşım. Publisher: LİTERATÜRK academia

Çakır, Y., Çobanoğlu, D. N., Dervişoğlu, G., Koçyiğit, S., Karahan, D., Yelkovan, S. (2020). Determination Antimicrobial Activity, Palynological Characteristics and Chemical Composition of Some Honey Samples from Turkey. *Mellifera*, 20(1), 41-60.

Dima, C., Assadpour, E., Dima, S., Jafari, S. M. (2020). Bioavailability and bioaccessibility of food bioactive compounds; overview and assessment by in vitro methods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(6), 2862-2884.

Erdogan, S., Ates, B., Durmaz, G., Yilmaz, I., Seckin, T. (2011). Pressurized liquid extraction of phenolic compounds from Anatolia propolis and their radical scavenging capacities. *Food and Chemical Toxicology*, *49*(7), 1592-1597.

Gardana, C., Simonettı, P., Berti, C., Pıetta, P. (2007). Evaluation of propolis polyphenols absorption in humans by liquid chromatography / tandem mass

spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 21: 3849–3854. http://dx.doi.org/10.1002/rcm.3285

Gönül S. (2016). *Impact Of Bee Pollen Fermentation On The Profile And Bioaccessibility Of Phenolic Compounds* (M.Sc. Thesis), Istanbul Technical University, Graduate School Of Science Engineering And Technology, İstanbul

Gregory, JF., Quinlivan, EP., Davis, SR. (2005). Integrated the issues of folate bioavailability, intake and metabolism in the era of fortification. *Trends Food Sci Tech* 16:229–40

Güller, A., Çakar, G., Kurt, Z. (2021). Organik Antimikrobiyal Ürün Olarak Propolis ve Nanopropolisin Kullanılabilirlik Potansiyeli. In book: Türkiye'de Organik Tarim ve Agro-Ekolojik Gelişmeler. Chapter: 15, Publisher: İKSAD Publishing House

Güller, A., Çakar, G. (2020). Propolis Ekstraklarinin Antibakteriyel ve Antiprotozoal Etkileri. In book: Tarımda Yenilikçi Yaklaşımlar; Sürdürülebilir Tarım ve Biyoçeşitlilik. Chapter: 22, Publisher: İKSAD Publishing House

İzol, E. (2021). Yenilikçi Arı Ürünleri ve Biyolojik Önemleri. Tarım Uygulamalarında Yenilikçi Yaklaşımlar, Iksad Publications, Ankara.

Kieliszek, M., Piwowarek, K., Kot, A.M., Błazejak, S., Chlebowska- Smigiel, A., Wolska, I. (2018). Pollen and bee bread as new health oriented products: A review. *Trends Food Sci. Technol*. 71, 170–180.

Li, C., Yu, W., Wu, P., Chen, X.D. (2020). Current in vitro digestion systems for understanding food digestion in human upper gastrointestinal tract. *Trends Food Sci. Technol.*, c. 96, sayı 2020, ss. 114–126, 2020, doi: 10.1016/j.tifs.2019.12.015

Liang, Z., Chen, X., Li, L., Li, B., Yang, Z. (2020). The fate of dietary advanced glycation end products in the body: From oral intake to excretion. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(20), 3475-3491.

McClements, D. J., Li, Y. (2010). Review of in vitro digestion models for rapid screening of emulsion-based systems. *Food Funct.* c. 1, sayı 1, ss. 32–59, doi: 10.1039/c0fo00111b.

Minekus, M., Alminger, M., Alvito, P., Ballance, S., Bohn, T. O. R. S. T. E. N., Bourlieu, C., Brodkorb, A. (2014). A standardised static in vitro digestion method suitable for food–an international consensus. *Food & function*, *5*(6), 1113-1124.

Özay Arancıoğlu, İ. (2021). Farklı kurutma yöntemlerinin nar tanelerinin biyoaktif bileşenleri, ın vıtro biyoerişilebilirliği, renk ve yapısal özelliklerine etkisi (Doktora Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Parada, J., Aguilera, J.M. (2007). Food microstructure affects the bioavailability of several nutrients. *Journal of Food Science,* 72(2), 21–32. https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00274.x

Pavel, C. I., Mărghitaş, L. A., Bobiş, O., Dezmirean, D. S., Şapcaliu, A., Radoi, I., Mădaş, M. N. (2011). Biological activities of royal jelly-review. *Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies*, *44*(2), 108-118.

Pohl, P., Stecka, H., Greda, K., Jamroz, P. (2012). Bioaccessibility of Ca, Cu, Fe, Mg, Mn and Zn from commercial bee honeys. *Food Chemistry* 134: 392–396. http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.065

Porrini, M., Riso, P. (2008). Factors influencing the bioavailability of antioxidants in foods: A critical appraisal. *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.*, c. 18, sayı 10, ss. 647–650, 2008, doi:10.1016/j.numecd.2008.08.004.

Porrini, M., Riso, P. (2008). Factors influencing the bioavailability of antioxidants in foods: A critical appraisal. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, *18*(10), 647-650.

Schulze, K. (2006). Imaging and modelling of digestion in the stomach and the duodenum. *Neurogastroenterol. Motil.*, c. 18, sayı 3, ss. 172–183, doi: 10.1111/j.1365-2982.2006.00759.x

Shi, J., Le Maguer, M. (2000). Lycopene in tomatoes: chemical and physical properties affected by food processing. *Crit Rev Biotechnol* 20:293–334.

Teng, H., Chen, L. (2018). Polyphenols and Bioavailability: an update. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 00–00. doi:10.1080/10408398.2018.1437023

Tomás, A., Falcão, S.I., Russo-Almeida, P., Vilas-Boas, M. (2017). Potentialities of beebread as a food supplement and source of nutraceuticals: Botanical origin, nutritional composition and antioxidant activity. *J. Apic. Res*. 56, 219–230.

Toydemir, G., Capanoglu, E., Kamiloglu, S., Boyacioglu, D., De Vos, R. C., Hall, R. D., Beekwilder, J. (2013). Changes in sour cherry (*Prunus cerasus L.*) antioxidants during nectar processing and in vitro gastrointestinal digestion. *Journal of Functional Foods*, 5(3), 1402-1413

Van der Lugt, T., Venema, K., van Leeuwen, S., Vrolijk, M. F., Opperhuizen, A., Bast, A. (2020). Gastrointestinal digestion of dietary advanced glycation endproducts using an in vitro model of the gastrointestinal tract (TIM-1). *Food & Function*, 11(7), 6297-6307.

Yesiltas, B., Capanoglu, E., Firatligil-Durmus, E., Sunay, A.E., Samanci, T., Boyacioglu, D. (2014). Investigating the in-vitro bioaccessibility of propolis and pollen using a simulated gastrointestinal digestion System. *J. Apic. Re.*, *53*, 101–108.

# BÖLÜM 12

## BAL ARILARINDA HASTALIK VE ZARARLILARIN GÖRÜLME SIKLIĞININ BESLENME İLE İLİŞKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Mehmet İLKAYA*

Abdurrahman ŞİMŞEK**

Zeynep AYAN***

Öğr. Gör. İbrahim ŞAHİN****

*Bingöl Üniversitesi Arı ve Arı Ürünleri ABD. Orcid: 0000-0002- 1797-144X, ordinaryus3.14@gmail.com

**Bingöl Üniversitesi Arı ve Arı Ürünleri ABD. Orcid:0000-0001-58448471, simsek33K@hotmail.com

***Bingöl Üniversitesi Arı ve Arı Ürünleri ABD. Orcid: 0000-0002- 1797-144X, zeynpyn@gmail.com.

****Arıcılık Araştırma Geliştirme ve Uygulama Merkezi / Rektörlük. Orcid: 0000-0002-6803-0121, isahin@bingol.edu.tr

## Giriş

Arılar hem tarımsal üretim hem de doğal habitatlarda tohumlu bitkilerin en önemli polinatörleridir. Koloniler halinde yaşayan bal arıları tarımsal alanlardan nektar ve polen toplamaya uyum sağlamış sosyal böceklerdir. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) direkt plinatörlere dayanan dünya çapındaki tarımsal mahsullerin fiyatının senelik tahmini 235 dolar ile 577 milyar dolar dolaylarında olduğu bildirmiştir (Da Silva, 2018). Ancak son dönemlerde dünyada arı gruplarının popülasyon yoğunluğunda bir azalma olduğu bildirilmiştir. Bilhassa bal arısı kolonilerine ait popülasyon yoğunluğundaki azalma; İngiltere'de 2010 yılından günümüze % 45, Avrupa'da 1985 yılından günümüze % 25, Amerika Birleşik Devletleri'nde 2006 yılından günümüze % 40 a yaklaşmıştır (Potts ve ark., 2010; Allsopp ve ark., 2014; Traynor ve ark., 2016; Karacoban, 2018). Küresel ısınma ve iklim değişiklikleri tabiat üzerinde etkili olan sıcaklık ve nem faktörlerinde iniş-çıkışlara neden olmakta, buna bağlı olarak bitki vejetasyonunda biyolojik faaliyetler olumsuz etkilenmekte, bunun sonucunda bal arısı kolonilerinde kayıplar görülmektedir (Winston, 1987; Thuiller ve ark., 2005; Oskay, 2017; Döner ve Inci, 2021). Küresel ısınma ve iklim değişikliğine bağlı değişen yağış ve güneş radyasyonu yoğunluğu arılarda uçuş hareketliliği, nektar taşıma, ana arının yumurtlama aktivitesi gibi fizyolojik faaliyetlerini etkilediği bildirilmiştir (Szabo, 1980; Burrill ve Dietz, 1981; Heard ve Hendrickz, 1993; Alhaddad ve Darchen, 1995; Vicens ve Bosch, 2000; Kasper ve ark., 2008; Switanek ve ark., 2017). Küresel ısınma ve iklim değişikliği etkenli, son zamanlarda koloni düzeyinde çöküşlerin yaşandığı,

çevresel faktörlerin bir stres kaynağı haline dönüştüğü, yem ve beslenme gereksinimi açığı yaşandığı ve tüm bunların parazit ve diğer hastalık etkenlerine zemin hazırladığı bildirilmektedir (Naug, 2009; Gumusova ve ark., 2010; VanEngelsdorp ve Meixner, 2010; Dolezal ve Toth, 2018; Morawetz ve ark., 2019). Besin yetersizliği arı kolonilerini etkileyen ve çevresel stres etkenlerini tetikleyen en önemli faktördür ve hastalık etkenlerinin patojenite yeteneğini maksimum seviyeye çıkartır (Huang, 2012).

Yapılan bir çalışmada arılarca toplanan polenin kalite ve çeşitliliği, arı sağlığına etkisi araştırılmıştır ve arı fizyolojisinin parazite karşı duyarlılığının polen kalitesinden etkilendiği tespit bildirilmiştir (Di Pasquale ve ark. 2013). Hastalık etmeni taşıyan arılar, polifloral polenle beslendiğinde, arıların monofloral polenlerden besin gereksinimini sağlayan arılara göre ömür uzunluğunun fazla olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar polenin çeşitliliği ve kalitesinin arı fizyolojisi üzerine büyük bir etki gösterdiğini rapor etmiştir (Di Pasquale ve ark. 2013).

Besin gereksinimindeki açık, arılarda hem bireysel hem de koloni seviyesinde immün sistemi zayıflatabildiği ve patojen faktörlerin etkilerini şiddetlendirdiği bildirilmiştir (Huang, 2012). Konuyla ilgili yapılan bir çalışmada seralarda sınırlı çiçek türlerinde tozlaşma için kullanılan bal arılarında uzun süreli kısıtlı beslenmeden dolayı etkilenen immun sisteme bağlı olarak ortaya çıkan reaktif oksijen türlerinin stres kaynağı oluşturduğu ve bu durumun arılarda gen ifadesini (protein vb) değiştirdiği ifade edilmiştir (Huang, 2012).

**Bakteriyel patojenlerin görülme sıklığı ve beslenme ile ilişkisi**

Etkeni gram pozitif bir bakteri olan (*Paenibacillus larvae*) önemli arı kayıplarına ile ekonomik kayıplara neden olan Amerikan yavru çürüklüğü (Genersch, 2010) ve yine etkeni gram pozitif bir bakteri olan (*Melisococcus plutonius*) Avrupa yavru çürüklüğü hastalıkları (Arai ve ark., 2012) bal arıları için önemli iki bakteriyel hastalıktır. Çevresel şartlara oldukça dirençli olan bu bakteriler, spor formunda bile hücre duvarlarının yapısını bozan ve geçirgenliğini değiştiren etmenlerdir (Ababouch ve ark., 1992; Kuzyšinová ve ark., 2016). Polende antimikrobiyal etki gösteren yağ asitleri bulunmakta ve bunlardan bilhassa; dodekanoik, linoleik ve linolenik asitlerin antimikrobiyal konsantrasyonlarının yüksek olduğu belirtilmiştir (Manning, 2001). Bu açıdan bakıldığında polen değerli bir yağ asiti kaynağıdır. Yapılan bir çalışmada arı poleninden 40 adet doymuş ve doymamış yağ asidi izole edilmiş, bu yağ asitlerinden 24 tanesi *P. larvae* etkeninin biyolojik aktivitesine etki ederek yayılmasını önlediği ve bunların içerisinde laurik, linoleik ve palmitoleik asitlerin yüksek antimikrobiyal gösterdiği bildirilmiştir (Feldlaufer ve ark., 1993). Yapılan diğer bir çalışmada, izole edilen 28 yağ asidinden bazılarının *P. larvae* etkenine karşı yüksek antimikrobiyal etki gösterdiği (undekanoik, laurik, kaproik, risinoleik, linoleik, linolenik, arakhidonik ve myristik asit), bazılarının (undekanoik, laurik, risinoleik ve myristik asit) ise *M. plutonius* etkenine karşı antibakteriyel etki gösterdiği bildirilmiştir. (Manning, 2001; Hornitzky, 2003). Arılarca peteklere doldurulan arı polenlerinin ihtiva ettiği yağ asitleri özellikle yavrulu gözlere sirayet etmesi ile antimikrobiyal etki göstererek mikroorganizmalarda büyüme

ve gelişmeyi engelleyerek yavrulu gözlerin steril hale getirdiği bildirilmiştir (Manning, 2001; Kuzyšinová ve ark., 2016). Monofloral bitki örtüsünün hakim olduğu bölgelerdeki arıcılık faaliyeti, yağ asidi çeşitliliği sınırlı olduğundan arıların hastalıklara karşı direncinin de düşük olacağı, bu nedenle polen çeşitliliğinin fazla olduğu ve buna bağlı olarak yağ asidi çeşitliliğinin de yüksek olduğu bölgelere kovanların taşınmasının mikrobiyal bir hastalık olan yavru çürüklüğünün üreme ve gelişmesinin baskılanabileceği bildirilmiştir (Manning, 2001).

**Varroa akarının görülme sıklığı ve beslenme ile ilişkisi**

Sağlık açısından bal arısını en fazla etkileyen etkenlerden birisi *Varroa destructor* akarıdır. Yapılan bir çalışmada varroa akarının bal arısının hemolenfinden beslenmediği, bağışıklık için önemli olan hormonal sistemde ve bilhassa pestisit detoksifikasyonunda rol üstlenen yağ dokusundan beslendiği bildirilmiştir (Arrese ve Soulages, 2010; Ramsey ve ark., 2019). Bu çalışmada üreme döneminde olan akarlar kontrol ve deney grubu olarak iki farklı grupta incelenmiş, deney grubuna hemolenf verilirken kontrol grubu aç bırakılmış ve sonuç olarak aç bırakılan kontrol grubunun hemolenf ile beslenen grubundan bir farkı olmadığını bildirilmiştir (Arrese ve Soulages, 2010; Ramsey ve ark., 2019). Bununla birlikte araştırmacılar yağ dokusu ile beslenen akarların ömür uzunluğunun diğer iki gruba göre daha fazla olduğunu ve öreme dönemlerinde olduğundan diğer iki grupta gözlenmeyen yumurta bırakma (ovülasyon) olayının gerçekleştiğini bildirmiştir. Sonuç olarak akarlar için yağ dokusunun primer besin kaynağı olduğu bildirilmiştir (Arrese ve Soulages, 2010; Ramsey ve ark., 2019). Bir hastalık etkenine veya bir parazite bağlı olarak zarar görmemiş ve

yeterli yağ dokusuna sahip arılar kış dönemini sağlıklı bir şekilde geçirebilirler. Özellikle zengin bir floraya sahip bölgelerde beslenen arıların protein kaynağı olarak depoladığı polenden sağladıkları yağ dokudan üretilen vitellogenin yaşam sürelerini uzatmakta önemli rol üstlenir ve serbest radikallerden koruyarak kışı az hasarla atlatmalarını sağlar (Amdan ve ark., 2003; 2004; Coskun ve Inci, 2020). Varroanın sebep olduğu kayıpların en aza indirgenmesi, yüksek besin ve çeşitli yağ asidi içeriğine sahip polen ihtiva eden takviye yemle sağlanabilir (Janmaat ve Winston, 2000; Huang, 2012; Piou ve ark., 2018).

**Viral patojenlerin görülme sıklığı ve beslenme ile ilişkisi**

Viral patojenler bal arısı sağlığını etkileyen ve koloni çökmesine yol açan parazitlerdir. Yapılan araştırmalarda bal arılarında 24'ten fazla viral etmen saptanmış ve yaygın olarak yaklaşık 5 virüsün varlığı rapor edilmiştir (Güller ve ark., 2021; Grozinger ve Flenniken, 2019; Kalaycı ve ark., 2019). Bazı coğrafik bölgelerde yakın dönemde arı popülasyonlarında yüksek oranda koloni kaybı yaşanması, bitki menşeli gıda ürünlerin varlığını, doğal bitki örtüsündeki türlerin çeşitliliğini ve elde edilen ürünlerde hem kalite hem de miktarını azaltmıştır. Bu kayıpların nedenleri birçok faktöre bağlanırken (hastalık yapıcı etkenlerin artışı, tarım ilaçları, iklim değişikliği, kuraklık, habitat yetersizliği, besin yetersizliği vb), bilhassa virüs menşeli hastalıklardaki artış, bal arısı kolonilerinde büyük kayıplara neden olmaktadır (McMenamin ve Flenniken, 2018).

Hastalık etkeni olan özel viral suşları tanımlamaya ve viral hastalıkların arı sağlığı üzerindeki etkilerini ortaya koymaya yönelik bir

çalışma yapılmıştır (McMenamin ve Flenniken, 2018). Bu çalışmada bal arılarında uygun şartlarda hastalık etkeni olabilecek olan 30'dan fazla virüs tespit edilirken, bu virüslerden bazılarının karıncalarda ve diğer arı türleri görüldüğü bildirilmiştir (McMenamin ve Flenniken, 2018).

Yapılan bir çalışmada arılara şeker şurubu ve düşük protein ihtiva eden polen verilmiş, arılar yaşlandıkça şurup ile beslenenlerde hipofarenksiyal bezlerde küçülme görülürken polenle beslenenlerde hipofarenksiyal bezlerinde bir değişim gözlenmemiş ve aynı zamanda şurup ile beslenenlerde virüs yükünün arttığı, beslenme şeklinin viral hastalıklara karşı arılarda direncin artmasını sağladığı bildirilmiştir (DeGrandi- Hoffman ve ark., 2010). Başka bir çalışmada İsrail akut felç virüsü (IAPV) enfeksiyonu ile enfekte olmuş kolonilerde içerik açısından kalitesi yüksek polenle beslendiklerinde, koloni ölümlerinde azalma olduğu bildirilmiştir. Aynı çalışmada düşük kaliteli polenle akut felç virüs enfeksiyonu ile enfekte olmuş kolonilerde stresin geliştiği ve davranışsal olarak arılarda kovan dışına çıkmada artış gözlendiği ifade edilmiş, doğru beslenme ile bal arılarında viral hastalıkların sebep olduğu olumsuz etkilerden korunabildiği bildirilmiştir (Dolezal ve ark. 2019).

**Nosema parazitinin görülme sıklığı ve beslenme ile ilişkisi**

*Nosema spp.*' Paraziti yaygın görülmekle birlikte, neden olduğu enfeksiyon bal arılarının davranışını, fizyolojisini ve hayatta kalma süresini olumsuz etkilemektedir (Paris ve ark., 2018). Orta bağırsak bütünlüğünü bozan *Nosema* enfeksiyonu, organizmada enerji ihtiyacını

da değiştirmektedir (Paris ve ark., 2018). Enfeksiyon immün sistem tepkisini bastırırken, kraliçe ve işçi arılarda feromon üretimini olumsuz etkilemektedir (Paris ve ark., 2018). Bu parazitin varlığı doğrudan koloniyi zayıflatmaz ve ölüme neden olmaz, fakat immün sistemi baskılayan diğer etkenlere (parazit veya konakçı genetiği, beslenme, iklim, çevresel kirleticiler veya diğer parazitler gibi stres faktörleri) bağlı olarak daha tahripkar olabilir (Paris ve ark., 2018). Protein oranı yüksek, vitamin ve karbonhidrat içeriği fazla olan kaliteli besinlerin modern arıcılık için önemli bir sorun teşkil eden *Nosema* paraziti gibi stres faktörleriyele mücadelede önemli ölçüde katkısı vardır (Naug ve Gibbs, 2009; Brodschneider ve Crailsheim, 2010; Fleming ve ark., 2015).

*Nosema* parazitini enfeksiyonunun değişimini izlemek amacıyla yapılan bir çalışmada in vitro ortamda bal arıları üç besin kaynağı (şurup - arı ekmeği - polen) ile beslenmiş, bu doğrultuda 3 gruba ayrılmış ve 7. günden sonra *Nosema* paraziti ile enfekte edilmişlerdir. *Nosema* tüm gruplarda varlığını sürdürmüş ve polen grubunda en hızlı gelişimin olduğu bildirilmiştir (Porrini ve ark., 2011). Arıların polen tüketimindeki artışın *Nosema* sporunun orta bağırsakta artması ile orantılı olduğu bildirilmiştir (Rinderer ve Elliott, 1977; Porrini ve ark., 2011).

Yapılan bir başka çalışmada, bal arılarına 4 farklı besin diyeti uygulanmış (*Nosema* paraziti içermeyen şeker solüsyonu (kontrol), *Nosema* paraziti ile enfekte edilmiş polensiz şeker solüsyonu, *Nosema* paraziti ile enfekte edilmiş polen ilaveli şeker solüsyonu, *Nosema*

paraziti ile enfekte edilmiş polen) ve arılar bu 4 farklı besinle ile beslenmiştir (Fleming ve ark. 2015). Çalışmada *Nosema* paraziti ile enfekte edilmiş polen ilaveli beslemede *Nosema* paraziti oranının belirgin bir şekilde diğer besleme gruplarına oranla daha fazla yükseldiği belirtilmiştir. Çalışmada, rasyonda bulunan besinlerin madde içeriğine göre arıların immün sistem tepkilerinin farklılık gösterdiği ve parazite karşı direnç seviyelerinin değiştiği bildirilmiştir (Giacomini ve ark. 2018).

Yapılan bir diğer çalışmada polen kalitesi gözetilerek *N. ceranae* parazitine karşı bal arılarının tolerans kabiliyeti araştırılmış, *N. ceranae* paraziti ile enfekte olmuş arıların protein seviyesi ve lipit içeriği yüksek olan polen ile beslenmesinin arı ömrünü uzattığı bildirilmiştir (Di Pasquale ve ark., 2013). Çalışmada ayrıca parazit taşıyan arılar, lipit içeriği yüksek ve vitellogenin oluşumunu destekleyen polenler kullanılarak beslenmiş ve sonuç olarak bal arılarının ömür uzunluğunun arttığı saptanmıştır (Seehuus ve ark., 2006; Di Pasquale ve ark., 2013).

**Sonuç**

Besin kıtlığı ve hastalık yapıcı etken arasındaki etkileşim kolonilerde ciddi stres faktörü oluşturabilir, koloni dinamiğini olumsuz etkileyebilir ve kolonide kayıplara neden olabilir (Dolezal ve Toth, 2018). Arı kolonilerinde kayıplara neden olan stres faktörlerini oluşturan bu etkileşim ile mücadele etmek kolonilerin sağlığı ve devamlılığı açısından önemlidir.

Arı yetiştiriciliği açısından bakıldığında tüm patojen etmenlerin yoğunluğunun besin miktarı ve kalitesiyle ters orantılı olduğu

bilinmektedir. Bilhassa güçlü kolonilerin devamlılığı kışlama öncesi kolonilerdeki besin durumuna bağlıdır. Patojenlerin aktivitesini en aza indirgemek için kışlama öncesi kolonilere yeterli miktarda ve kalitede besin bırakılması gerekmektedir. Kolonilerden elde edilen arı ürünleri kolonilerin devamlılığı için belli bir miktarda arıya bırakılmalıdır. Genç arılarla kışlamaya girilmesi de patojen etkenlerin aktivitesini sınırlayıcı ve kolonilerde kayıpları en aza indirgeyici bir başka faktördür. Kolonilerin bulunduğu bölgede özellikle arıların tercihi olan bitkilerin varlığı güçlü kolonilerin oluşumu ve patojen etkeninin bastırılması açısında önemlidir.

Sonuç olarak; sürdürülebilir arıcılık faaliyetlerinde besin miktarı ve kalitesi patojen etkenler ve zararlılarla etkin mücadelede ve zararı en aza indirgemek için önemli bir faktördür.

## KAYNAKLAR

Ababouch, L., A. Chaibi, and F. F. Busta. 1992. Inhibition of bacterial spore growth by fatty acids and their sodium salts. Journal of Food Protection 55 (12): 980-984.

Alhaddad, S., and B. Darchen. 1995. The influence of meteorological conditions on the feeding and egg laying of the queen honey bee [*Apis mellifera ligustica*]. Comptes Rendus de l'Academie des Sciences Serie 3 Sciences de la Vie (France) 318 (2): 245-248.

Allsopp, M., R. Tirado, P. Johnston, D. Santillo, and P. Lemmens. 2014. Plan bee-living without pesticides moving towards ecological farming. Greenpeace International, Amsterdam. Available at https://www.greenpeace.org/international/publication/7380 /plan-beeliving-without-pesticides/Erişim tarihi; 26.12.2019.

Amdam, G. V., K. Norberg, A. Hagen, and S. W. Omholt. 2003. Social exploitation of vitellogenin. Proceedings of the National Academy of Sciences 100 (4): 1799- 1802.

Arai, R., K. Tominaga, M. Wu, M. Okura, K. Ito, N. Okamura, H. Onishi, M. Osaki, Y. Sugimura, M. Yoshiyama, and D. Takamatsu. 2012. Diversity of *Melissococcus plutonius* from Honeybee Larvae in Japan and Experimental Reproduction of European Foulbrood with Cultured Atypical Isolates. PLoS ONE 7 (3): e33708. https://doi.org/10.1371/journal. pone.0033708.

Arrese, E. L., and J. L. Soulages. 2010. Insect fat body: energy, metabolism, and regulation. Annual Review of Entomology 55: 207-225.

Brodschneider, R., and K. Crailsheim. 2010. Nutrition and health in honey bees. Apidologie 41 (3): 278-294.

Burrill, R. M., and A. Dietz. 1981. The response of honey bees to variations in solar radiation and temperature. Apidologie 12 (4): 319-328.

Coskun P, Inci H, 2020. Propolisin Kimyasal Içerigi İle Antibakteriyel, Antiviralve Antioksidan Aktivitesi. ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi, 4(4), 1053-1070

Da silva, J. G. 2018. Food and Agriculture Organization of United Nations http://www.fao.org/pollination/en/..

DeGrandi-Hoffman, G., Y. Chen, E. Huang, and M. H. Huang. 2010. The effect of diet on protein concentration, hypopharyngeal gland development and virus load in worker honey bees (*Apis mellifera* L.). Journal of insect physiology 56 (9): 1184-1191.

Di Pasquale, G., M. Salignon, Y. Le Conte, L. P. Belzunces, A. Decourtye, A. Kretzschmar, C. Alaux. 2013. Influence of pollen nutrition on honey bee health: do pollen quality and diversity matter? PloS one 8 (8): e72016.

Dolezal, A. G., and A. L. Toth. 2018. Feedbacks between nutrition and disease in honey bee health. Current Opinion in Insect Science 26: 114-119.

Dolezal, A. G., J., Carrillo-Tripp, T. M. Judd, W. Allen Miller, B.C. Bonning, and A. L. Toth. 2019. Interacting stressors matter: diet quality and virus infection in honeybee health. Royal Society Open Science 6 (2): 181803. https://dx.doi.org/10. 6084/m9.figshare.

Döner, Ö, Incı H, 2021. Bingöl Ilinin Farklı Bölgelerinden Elde Edilen Propolislerin Protein Oranı Ve Kül Miktarı Açısından Karsılastırılması. Ispec Tarım Bilimleri Dergisi, 5(2), 372- 380.

Feldlaufer, M. F., D. A. Knox, W. R. Lusby, and H. Shimanuki. 1993. Antimicrobial activity of fatty acids against *Bacillus* larvae, the causative agent of American foulbrood disease. Apidologie 24 (2): 95- 99. https://doi.org/10.1051/apido:19930202.

Fleming, J. C., D. R. Schmehl, and J. D. Ellis. 2015. Characterizing the Impact of commercial pollen substitute diets on the level of *Nosema* spp. in honey bees (*Apis mellifera* L.). PLoS ONE 10(7): e0132014. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0132014

Genersch, E. 2010. American Foulbrood in honeybees and its causative agent, *Paenibacillus larvae*. Journal of invertebrate pathology 103: S10-S19.

Giacomini, J. J., J. Leslie, D. R. Tarpy, E. C. Palmer-Young, R. E. Irwin, and L. S. Adler. 2018. Medicinal value of sunflower pollen against bee pathogens. Scientific reports 8 (1): 14394.

Grozinger, C.M., & Flenniken, M.L. (2019). Bee viruses: Ecology, pathogenicity, and impacts. Annual Review of Entomology, 64, 205–226. https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011118-111942

Gumusova, S. O., H. Albayrak, M. Kurt, and Z. Yazici. 2010. Prevalence of three honey bee viruses in Turkey. Veterinarski Arhiv. 80 (6): 779-785.

Güller A., Usta M., Çakar G., Kurt Z. 2021. Molecular Characterization of *Deformed Wing Viruses* Identified in Honeybee (*Apis mellifera* L.) Colonies in Erzincan Province of Turkey. European Journal of Science and Technology. 27: 186-192.

Heard, T. A., and J. K. Hendrikz. 1993. Factors influencing flight activity of colonies of the stingless bee *Trigona carbonaria* (Hymenoptera, Apidae). Australian Journal of Zoology 41 (4): 343-353.

Hornitzky, M. A. Z. 2003. Fatty acids - An alternative control strategy for honey bee diseases, 23 pp. Barton, ACT: Rural Industries Research and Development Corporation, Australia.

Huang, Z. 2012. Pollen nutrition affects honey bee stress resistance. Terrestrial Arthropod Reviews 5 (2): 175189.

Janmaat, A. F., and M. L. Winston. 2000. The influe*nce* of pollen storage area and *Varroa jacobsoni* Oudemans parasitism on temporal caste structure in honey bees *(Apis mellifera* L.).Insectes Sociaux 47 (2): 177-182. https://doi.org/10.1007/PL00001698.

Kalaycı, G., Çağırgan, A.A., Pekmez, K., Özkan, B., Kaplan, M. (2019). Molecular Detection And Phylogenetic Analysis of The Honeybee (Apis mellifera) Sacbrood virus in Turkey. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 43, 551-554. https://doi.org/10.3906/vet-1811-5

Kasper, M. L., A. F. Reeson, D. A. Mackay, and A. D. Austin. 2008. Environmental factors influencing Daily foraging activity of

*Vespula germanica* (Hymenoptera, Vespidae) in Mediterranean Australia. Insectes Sociaux. 55 (3): 288-295.

Karacoban, T. 2018. Viral prevalence among social bees in different landscapes. MS thesis. University of Nebraska.

Kuzyšinová, K., D. Mudroňová, J. Toporčák, L. Molnár, and P. Javorský. 2016. The use of probiotics, essential oils and fatty acids in the control of American foulbrood and other bee diseases. Journal of Apicultural Research 55 (5): 386-395.

Manning, R. 2001. Fatty acids in pollen: a review of their importance for honey bees, Bee World 82 (2): 60-75. https://doi.org/10.1080/0005772X.2001.11099504.

McMenamin, A. J., and Flenniken, M. L. 2018. Recently identified bee viruses and their impact on bee pollinators. Current Opinion in Insect Science 26: 120- 129. https://doi.org/10.1016/j.cois.2018.02.009.

Morawetz, L., H. Köglberger, A. Griesbacher, I. Derakhshifar, K. Crailsheim, R. Brodschneider, and R. Moosbeckhofer. 2019. Health status of honey bee colonies (*Apis mellifera*) and disease-related risk factors for colony losses in Austria. PloS one 14 (7): e0219293.

Naug, D. 2009. Nutritional stress due to habitat loss may explain recent honeybee colony collapses. Biological Conservation 142 (10): 2369-2372.

Naug, D., and A. Gibbs. 2009. Behavioral changes mediated by hunger in honeybees infected with *Nosema ceranae*. Apidologie. 40 (6): 595-599.

Oskay, D. 2017. Bal arısı ek beslemesinde sorunlar ve çözüm önerileri. Arıcılık Araştırma Dergisi 9 (1): 1-8.

Paris, L., H. El Alaoui, F. Delbac, and M. Diogon. 2018. Effects of the gut parasite *Nosema ceranae* on honey bee physiology and behavior. Current Opinion in İnsect Science. 26: 149-154.

Piou, V., J. Tabart, J. L. Hemptinne, and A. Vétillard. 2018. Effect of pollen extract supplementation on the varroatosis tolerance of

honey bee (*Apis mellifera*) larvae reared in vitro. Experimental and Applied Acarology 74 (1): 25-41.

Porrini, M. P., E. G. Sarlo, S. K. Medici, P. M. Garrido, D. P. Porrini, N. Damiani, and M. J. Eguaras. 2011. *Nosema ceranae* development in *Apis mellifera*: influence of diet and infective inoculum. Journal of Apicultural Research 50 (1): 35-41.

Potts, S. G., J. C. Biesmeijer, C. Kremen, P. Neumann, O. Schweiger, and W. E. Kunin. 2010. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. Trends in Ecology & Amp; Eevolution 25 (6): 345-353.

Ramsey, S. D., R. Ochoa, G. Bauchan, C. Gulbronson, J. D. Mowery, A. Cohen, and D. Hawthorne. 2019. *Varroa destructor* feeds primarily on honey bee fat body tissue and not hemolymph. Proceedings of the National Academy of Sciences 116 (5): 1792-1801.

Rinderer, T. E., and K. Dell Elliott. 1977. Worker honey bee response to infection with *Nosema apis*: influence of diet. Journal of Economic Entomology 70 (4): 431- 433.

Seehuus, S. C., K. Norberg, U. Gimsa, T. Krekling, and G. V. Amdam. 2006. Reproductive protein protects functionally sterile honey bee workers from oxidative stress. Proc Natl Acad Sci U S A. 103: 962-967. https://doi.org/10.1073/pnas.0502681103.

Switanek, M., K. Crailsheim, H. Truhetz, and R. Brodschneider. 2017. Modelling seasonal effects of temperature and precipitation on honey bee winter mortality in a temperate climate. Science of the Total Environment 579: 1581-1587.

Szabo, T. I. 1980. Effect of weather factors on honeybee flight activity and colony weight gain. Journal of Apicultural Research 19 (3): 164-171.

Thuiller, W., S. Lavorel, M. B. Araujo, M. T. Sykes, and I. C. Prentice. 2005. Climate change threats to plant diversity in Europe. Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS) 102 (23): 8245-8250. https://doi.org/10.1073/pnas.0409902102.

Traynor, K. S., K. Rennich, E. Forsgren, R. Rose, J. Pettis, G. Kunkel, S. Madella, J. Evans, D. Lopez, and D. vanEngelsdorp. 2016. Multiyear survey targeting disease incidence in US honey bees. Apidologie 47: 325-347.

VanEngelsdorp, D., and M. D. Meixner. 2010. A historical review of managed honey bee populations in Europe and the United States and the factors that may affect them. Journal of Invertebrate Pathology 103: 80-95.

Vicens, N., and J. Bosch. 2000. Weather-dependent pollinator activity in an apple orchard, with special reference to *Osmia cornuta* and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Megachilidae and Apidae). Environmental Entomology 29 (3): 413-420.

Winston, M. L. 1987. The biology of the honey bee. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.

# BÖLÜM 13

## ARI ZEHRİNİN ANTİ-FİTOPATOJENİK VE ANTİ-ZOONOTİK İNHİBİSYON AKTİVİTESİ

Dr. Öğr. Üyesi Abdullah GÜLLER[1]

Zir. Yük. Müh. Gözdenur ÇAKAR[2]

[1] Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Bingöl, Türkiye, eposta: aguller@bingol.edu.tr, Orcid: 0000-0003-3887-4208

[2] Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, eposta: gozdenurcakar@gmail.com Orcid: 0000-0002-2359-1312

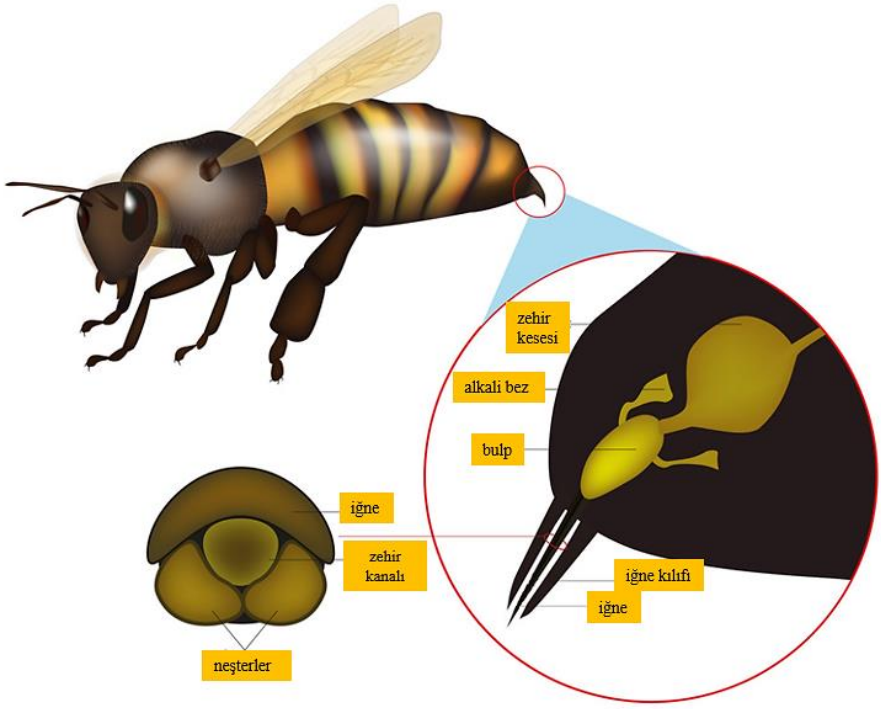
## Giriş

Arıcılık faaliyetleri yüksek polinasyon özelliği, fazla sermaye gerektirmemesi, yüksek kazanç potansiyeli ve spesifik bir yere ihtiyaç duymaması nedeniyle popüler bir tarımsal faaliyettir (Karakaya ve Kızıloğlu 2015; Söğüt ve ark., 2019a; Söğüt ve ark., 2019b). Arıcılık faaliyetleri başta bal olmak üzere oğul ve ana arı üretimi ile diğer arı ürünleri bakımından önemli bir yere sahiptir. Arı ürünlerinin alternatif tıpta kullanımının olumlu sonuçlar vermesi bu ürünlerin günlük yaşantımızda kullanım oranlarının fazlalaşmasını ve dolayısıyla arı ürünlerine olan ilgiyi gün geçtikçe artırmıştır (Popova ve ark. 2005; Güller ve Çakar 2021). Arı ürünlerinden birisi olan arı zehri üzerine çalışmalar 19. yüzyılın sonlarından itibaren içeriğinde bulunan biyomoleküllerin potansiyel terapötik etkisinden dolayı popülerlik kazanmıştır (Abd El-Wahed ve ark., 2018). Pupa dönemini müteakip oluşan ergin arının zehir bezleri 3 gün sonra aktif hale gelir ve zehir salgılamaya başlar. Bahar başı ve yaz sezonunda daha yoğun sentezlenen arı zehri salgılandığında kokusuz, sıvı ve açık renkli olup, hava ile temas ettiğinde (yaklaşık 20 dakika) ağılığı azalır ve sarılaşma eğilimi gösterir (Özbek, 1990; Sunay ve Samancı, 2016; Derebaşı ve Canbakal, 2009; Korkmaz ve Korkmaz, 2015; Bektaş ve ark., 2016).

## Arı Zehri Eldesi

Apitoksin olarak da adlandırılan bu madde, arının diğer canlılara karşı kullandığı bir savunma ve saldırıcı silahıdır. Zehir bezleri bal arısının yumurtlama organı olan ovipozitörün farklılaşmaya uğramış biçimidir. Erkek arılar arı zehri üretemez ve sokamazken, işçi ve kraliçe arılar

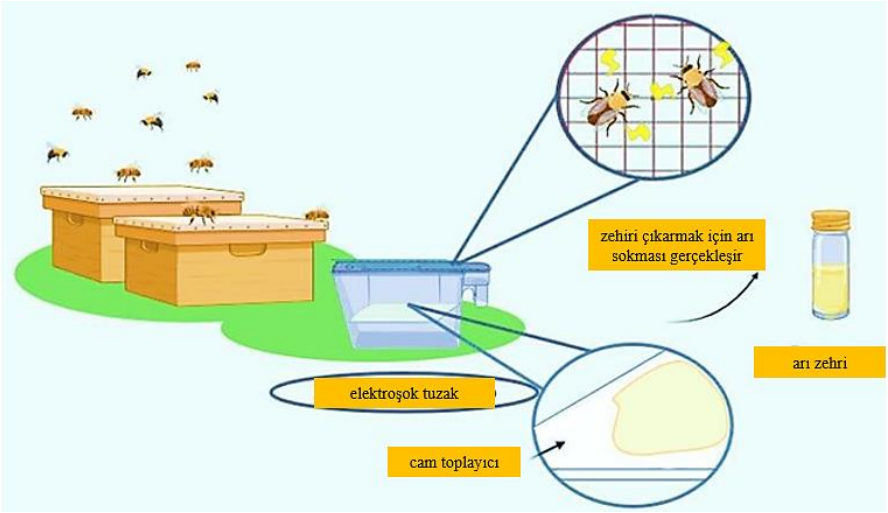
hayatlarının farklı evrelerinde farklı amaçlar için arı zeri üretir ve kullanılırlar. Kraliçeler, diğer kraliçelerle savaşmak için ortaya çıktıklarında zehirlerini kullanırlar. Beş yıla kadar yaşayabilen kraliçe arılar 1-2 yaşına geldiklerinde zehirleri etkisiz hale gelir. Buna karşılık, işçi arılar, yetişkin yaşamının 20. günü civarında başlayan kovan dışındaki görevleri yerine getirirken zehri kullanırlar (Schmidt 1995; Şahinler 2000; Kokuludağ 2015). Ortalama olarak ergin bir işçi arının zehir kesesinde 0,3 mg arı zehri depolanır (Selçuk ve ark. 2010).




**Şekil 1.** Arı Zehir Kesesi ve Arı İğnesi Anatomisini Gösteren Temsili Görsel

Tekrarlayan sokma davranışı dahi zehir kesesinin tamamının boşaltılmasını sağlamaz. Bu nedenle bir bal arısından yaklaşık 0,1 µg kadar kuru arı zehri elde edilebilir, daha fazla elde edilmek isteniyorsa

kesenin cerrahi olarak çıkarılması ve sıkılması gereklidir (Korkmaz ve Korkmaz 2015; Bektaş 2016). Laboratuvar deneyleri açısından da, arı zehri kullanımında elle sağım ile sağlanabilirken, daha fazla arı zehri gerektiğinde elektroşok tuzakları kullanılmaktadır. Önemli miktarda arı zehrinin toplanması zordur, çünkü tek bir arıda çok az miktarda zehir vardır ve zehiri elde etmek için arının sokması gerekmektedir. Bu sorunu çözmek için Markovic ve Molnar, (1954)'te elektroşoklar kullanmış ve arıların sokmasını sağlamak için arılara elektroşok vermişlerdir (Beton ve ark., 1963). Bu yöntemin kullanımının kovan ve arı sağlığı üzerindeki etkisi minimum düzeydedir (Bicudo de Almeida-Muradian ve ark., 2020). Bu metot günümüzde daha da geliştirilmiş ve arılara elektrik verilmesi yerine kovan girişine konulan telli cam ızgaralar aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Bu düzenekte ızgaraya çoğunlukla 20-30 dakikalık sürelerde akım verilir. Bal arısının ızgaraya konduğunda verilen elektirik arıyı sokma davranışına sevkeder ve zehri cam levhaya bırakır (Şekil 2). Ardında kuruyan zehir toplanır ve biriktirilir. Bu yaklaşımla ortalama 10.000 arıdan belirtilen sürede 1g kadar zehir biriktirilir ve - 20º C'de nemsiz karanlık ortamda birkaç yıl depolanır. Test yapılacağı esnada 1 L serum fizyolojik kullanılarak kullanılabilir (Mihaly, 1996; Kelle, 2007; Bektaş, 2016).




**Şekil 2.** Elektroşok Kapanı Kullanarak Tipik Olarak Arı Zehiri Toplama Aşamalarını Gösteren Şema

## Arı Zehrinin Kompozisyonu

Genellikle insanları sokma özelliği gösteren böcek zehirlerinin çoğunda peptitler, proteinler, enzimler ve diğer küçük moleküller bulunmaktadır (Ali 2012). Arı zehri de benzer moleküller tarafından oluşmakta olup bileşimi daha komplekstir. Bu kompleks karışımda amino asitler (aa), peptitler, proteinler, enzimler, şekerler, biyojenik aminler, uçucu bileşikler, fosfolipitler ve feromonlar yer almaktadır. Ayrıca, arı zehrinin %80'inden fazlası su olduğundan dolayı oldukça sulu bir yapıya sahiptir (Abd El-Wahed ve ark., 2018, Pucca ve ark., 2019). Tüm bu kompozitler içerisinde, 18'den fazla farmakolojik olarak aktif bileşik bulunmaktadır (Tablo 1.). Arı zehrinin içeriğindeki en bol iki bileşeni melittin ve fosfolipaz A2 (PLA2) (Abd El-Wahed vd 2018)' dır. Melittin arı zehri içeriğinde kuru ağırlığı daha fazladır (Pucca ve ark., 2019, Pacáková ve ark., 1995). %50-60'ını temsil eden bir peptittir.

Melittin, önemli klinik ve terapötik olarak biyolojik aktivitelere etkilere sahip moleküldür; ayrıca, arı zehrinin en toksik bileşiğidir (Raghuraman ve ark., 2007). Daha bol olan ikinci madde olan fosfolipaz A2 (PLA2) ise arı zehrinin yaklaşık %10-12'sini oluşturur ve yüksek miktarda biyolojik aktiviteye sahip ikinci bileşiktir (Abd El-Wahed ve ark., 2018). Bu enzim, alerjik reaksiyon gösteren insanların %57-97'sinde alerjenik duyarlılık üreten en alerjik faktördür (Jakob ve ark., 2017).

Diğer yandan bu iki bileşiğin dışında biyolojik aktiviteler sergileyen apamin, mast hücre degranülasyon peptidi (MCD), secapin, adolapin veya hiyalüronidaz gibi maddeler oluşturmaktadır. Apamin, Ca2+ aktive K+ kanalını bloke etme kapasitesine sahip 18 aa'nın nörotoksik bir peptididir (Mourre ve ark., 1997). Güçlü bir anti-inflamatuar aktiviteye sahip olan MCD, 22 amino asit içerir ve arı zehrinin yaklaşık %1-3'ünü oluşturur (Banks ve ark., 1990). Secapin anti-fibrinolitik, anti-elastolitik ve antimikrobiyal olmak üzere üç biyolojik aktivite sergilemektedir (Lee ve ark., 2016). Adolapin anti-inflamatuar aktiviteye ve analjezik etkilere sahip bir polipeptittir (Shkenderov ve ark., 1982). Son olarak, hiyalüronidaz, diğer arı zehri faktörlerinin hücreye nüfuz etmesine yardımcı olan bir yayılma faktörü olarak kabul edilmektedir (Schumacher, 1989).

**Tablo 1.** Bal Arısı Zehrinin İçeriğinde Yer Alan Bileşikler

| **Molekül tipleri** | **Bileşenler** | Kuru zehirde (%) oranı |
|---|---|---|
| **Enzimler** | Fosfolipaz A2<br>Hiyaluronidaz Asit<br>Fosfomonoesteraz<br>Lisofosfolipaz<br>a - glukosidaz | 10-12<br>1-3<br>1<br>1<br>0,6 |
| **Diğer proteinler ve peptidler** | Melitin<br>Apamin<br>Mast Hücresi degranülasyon Peptidi (MCD) Sekapin<br>Prokamin<br>Adolapin<br>Proteaz inhibitörü Tertiapin | 40-50<br>2-3<br>1-2<br>0,1<br>1,4<br>1<br>< 0,8<br>0,1 |
| **Fizyolojik aktif aminler** | Histamin<br>Dopamin<br>Norepinefrin | 0,6-1,6 0,13-1<br>0,1-0,7 |
| **Aminoasitler** | t- aminobutirik asit<br>a -aminoasitler | 1<br><0,5 |
| **Şekerler** | Glikoz & fruktoz | 2 |
| **Fosfolipitler** | 6-fosfolipidler | 4-5 |
| **Uçucu bileşikler** | - | - |
| **Mineraller** | P, Ca, Mg | 3-4 |

## Arı Zehrinin Antimikrobiyal Aktivitesi

### Bitki ve Hayvan Kökenli Fungal Patojenlerine Karşı İnhibisyon Etkisi

Funguslara bağlı hastalıklar, insanlar, hayvanlar ve bitkiler için önemli bir tehdit oluşturmasına rağmen, halk sağlığı yetkilileri tarafından sürekli olarak ihmal edilmiştir. Daha da endişe verici bir şekilde, şimdiye kadar fungal infeksiyonlarla mücadelede bazı fungusit ilaç

sınıfları geliştirilmiştir. Bu ilaçların ayrıca toksisite, etki spektrumu ve farmakokinetik özellikler açısından bazı dezavantajları vardır. Bu nedenle, yeni fungusitlerin keşfedilmesine ciddi bir ihtiyaç vardır. Diğer yandan, fungal patojenler dünya çapında bir milyardan fazla insanı etkilemekte ve yılda yaklaşık 1,5 milyon insanın ölümüyle sonuçlanmaktadır (Almeida ve ark., 2019). Bildirilen bu ölümlerin yaklaşık %90'ı *Candida, Aspergillus, Cryptococcus* ve *Pneumocystis* türlerine bağlanmaktadır (Bongomin ve ark., 2017). Avrupa bal arısı *Apis mellifera*'nın zehirindeki ana bileşen olan Melittin, potansiyel terapötik uygulamaları nedeniyle araştırmacılar arasında büyük ilgi görmüş ve bununla ilgili sayısız kaynak sunulmuştur (Moreno ve Giralt, 2015). Bu açıdan melittin *Aspergillus, Botrytis, Candida, Colletotrichum, Fusarium, Malassezia, Neurospora, Penicillium, Saccharomyces, Trichoderma, Trichophyton* ve *Trichosporon* dahil olmak üzere geniş bir fungus türü yelpazesini inhibe eder. Melittin bileşiği membran geçirgenliği, reaktif oksijen türlerinin aracılık ettiği mitokondri/kaspaz bağımlı yol ile apoptoz indüksiyonu, (1,3)-β-D-glukan sentazın inhibisyonu ve fungal gen ekspresyonundaki değişiklikler gibi çeşitli mekanizmalarla fungus gelişimini inhibe eder. Bu kapsamda, mevcut literatürler derlendiğinde arı zehrindeki melittinin çeşitli funguslara karşı olan etki mekanizmaları ve referans bilgileri aşağıdaki tabloda özetlenmiştir (Tablo 2).

**Tablo 2.** Arı Zehrindeki Etken Bileşik Melittinin Antifungal Etki Mekanizması (Memariani ve Memariani, (2020)'den modifiye edilmiştir)

| Fungus | Etki Mekanizması | Referans |
|---|---|---|
| ***Aspergillus flavus*** | Hücre morfolojisindeki değişikliklerin uyarılması<br>Fungal membranın geçirgenliği<br>Hücre içi ROS birikimi | Moore ve ark., 2019 |
| ***A. fumigatus*** | Fungus hücre duvarında β-glukan sentezinin inhibisyonu | Lee ve ark., 1996 |
| ***Candida albicans*** | Fungal membranın geçirgenliği<br>Fungus hücrelerinden K+ sızıntısının artması<br>Hücre morfolojisi, por oluşumu ve hücre büzülmesindeki değişikliklerin indüklenmesi<br>Hücre duvarı rejenerasyon frekansının azalması<br>Güçlü bir şekilde kitine bağlanma | Park ve ark., 2017<br>Hwang ve ark., 2010<br>Lee and Lee 2015<br>Park ve ark., 2018<br>Park ve ark., 2006 |
| ***Penicillium digitatum*** | Doza ve zamana bağlı tarzda fungusidal etki<br>Fungal membranın geçirgenliği | Muñoz ve ark., 2006 |
| ***Saccharomyces cerevisiae*** | Doza ve zamana bağlı tarzda fungusidal etki<br>Gen expresyonunda değişiklikler | López-García ve ark., 2010 |
| ***Trichosporon beigelii*** | Hücre duvarı rejenerasyon frekansının azalması<br>Fungus hücre zarının geçirgenliği | Lee ve ark., 1998<br>Lee ve ark., 2003 |

Arı zehri aynı zamanda aşağıdaki verilen fitopatojen ve zoonoz funguslara karşı da antifungal etkiye sahiptir (Tablo 3).

**Tablo 3.** Arı Zehrinin Çeşitli Fungal Etmenlere Karşı Fungusit Aktiviteleri (Memariani ve Memariani, (2020)'den modifiye edilmiştir)

| Fungal Etmen | Tanımlayıcı | MIC (µM) | Referans |
|---|---|---|---|
| ***Aspergillus parasiticus*** | KCTC 6598 | 2.5 | Lee ve ark., 2012 |
| ***Botrytis cinerea*** | CECT 2100 | 60 | López-García ve ark., 2002 |
| ***Candida glabrata*** | ATCC 2001 | 32 | Jia ve ark., 2018 |
| ***C. krusei*** | ATCC 6258 | 16 | Jia ve ark., 2018 |
| ***C. parapsilosis*** | ATCC 22019 | 2.5–10 | Choi ve ark., 2013a, b; Hwang ve ark., 2010 |
| ***C. tropicalis*** | ATCC 750 | 1 | Jia ve ark., 2018 |
| ***Colletotrichum gloeosporioides*** | KCTC 6169 | 16 | Park ve ark., 2018 |
| ***Fusarium culmorum*** | MUCL 30162 | 0.8 [$IC_{50}$] | Moerman ve ark., 2002 |
| ***F. graminearum*** | KCTC 16656 | 8 | Park ve ark., 2018 |
| ***F. moniliforme*** | KCTC 6149 | 8 | Park ve ark., 2018 |
| ***F. oxysporum*** | KCTC 6076 | 8 | Gopal ve ark., 2012 |
| ***F. solani*** | KCTC 6326 | 4–8 | Gopal ve ark., 2012; Park ve ark., 2018 |
| ***Malassezia pachydermatis*** | CBS 1879 | > 20 | Kim ve ark., 2019 |
| ***M. restricta*** | CBS 7877 | > 20 | Kim ve ark., 2019 |
| ***M. sympodialis*** | ATCC 42132 | > 50 | Holm ve ark., 2012 |
| ***M. slooffiae*** | KCTC 27517 | > 20 | Kim ve ark., 2019 |
| ***Neurospora crassa*** | FGSC 2489 | 0.8 [$IC_{50}$] | Moerman ve ark., 2002 |
| ***Penicillium italicum*** | PHI-1(CECT 20909) | 20 | López-García ve ark., 2002 |
| ***Trichoderma virens*** | KCTC 16924 | 32 | Park ve ark., 2018 |
| ***T. viride*** | KCTC 16992 | 4 | Park ve ark., 2018 |
| ***Trichophyton rubrum*** | KCTC 6345 | 2.25–6.3 | Choi ve Lee 2014; Park ve ark., 2011 |

$IC_{50}$: Fungus gelişiminin %50 inhibisyonunu sağlayan peptit konsantrasyonu

## Viral Etmenlere Karşı Antiviral Aktivite

Günümüzde anti-viral ilaçların geliştirilmesindeki muazzam ilerlemelere rağmen, viral enfeksiyonlar dünya çapında devam eden hastalık ve ölümlerden baş sorumlu olmaya devam etmektedir. Doğal ürünler, özellikle hayvan kaynaklı zehirler, sınırsız bir anti-enfektif ilaç kaynağı olabileceğini düşündüren gerçek bir terapötik bileşen kaynağıdırlar. Bu bağlamda, Avrupa bal arısı *A. mellifera*'nın zehirindeki ana bileşen olan melittinin kanser önleyici, iltihap önleyici, diyabet önleyici, enfeksiyon önleyici ve destekleyici özellikler gösterdiği çoğu kaynakta gösterilmiştir. Arı zehrinin ve özellikle melittin, hücre zarlarını bozma ve hücrelerin yüzeysel molekülleri ile etkileşime girme özelliği vardır. Bu özellik aynı zamanda antiviral tedavide kullanma potansiyelini de gündeme getirmiştir. Bazı hayvan ve bitki kaynaklı virüsler ile yapılan araştırmalar, arı zehrinin güçlü bir antiviral aktivitesinin olduğunu göstermiştir (Marcos ve ark., 1998, Wachinger ve ark., 1992). Arı zehri, Veziküler stomatit virüsüne (VSV-GFP) karşı değerlendirildiğinde virüsün replikasyonunu üç farklı şekilde inhibe ettiğini ve ilk uygulamadan itibaren etkili olduğunu yapılan deneyler göstermiştir. Ayrıca melittin, litik kapasitesi ile zarflanmış virüse karşı antiviral etkisi olduğu bilinmektedir. Melittin, influenza A virüsü (PR8), veziküler stomatit virüsü (VSV), solunum sinsityal virüsü (RSV) ve herpes simpleks virüsüne (HSV) karşı antiviral etkileri vardır (Uddin ve ark., 2016). Melittin ayrıca enterovirus-71 (EV-71) ve Coxsackie virüsü (H3) gibi viral membranı olmayan virüslere karşı antiviral etkiler sergiler. Arı zehrinin ile yapılan

ön uygulamalarda, virüs replikasyonunun daha düşük olduğu ve bu da büyük bir ı-IFN üretimine bağlı olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, melittin uygulamadan önce ölümcül bir virüs olan influenza A virüsüne karşı farelerde yapılan *in vivo* çalışmasında toksisite etki görülmemiştir (Uddin ve ark., 2016). Bununla birlikte, ilaç güvenliği, farklı uygulama yolları ve melittinin anti-viral aktivitesinin arkasındaki moleküler mekanizmalar, gelecekteki çalışmalarda dikkatli bir şekilde ele alınmalıdır. Arı zehrinin laboratuvar koşullarında çeşitli virüsler üzerine göstermiş olduğu inhibisyon etkisi aşağıdaki tabloda özetlenmiştir (Tablo 4).

**Tablo 4.** Arı Zehrinin (Melittin) Spesifik Virüs ve Strainlerine Karşı Göstermiş Olduğu Etki Mekanizması

| Virus (strain) | Etki | Referans |
|---|---|---|
| **TMV (U1)** (*tobacco mosaic virus*) | Melittin, TMV'nin enfektivitesini azalttı ve TMV RNA'sında uyarlanabilir değişikliklere neden oldu | Marcos ve ark., 1995 |
| **Junín virus ($IV_{4454}$)** | Vero hücrelerinde Junín virüsünün çoğalmasını engelledi. | Albino Matanic ve Castilla 2004 |
| **Bovine viral diarrhea virus (NADL)** | Melittin viral partikülleri azaltmada başarısız oldu | Picoli ve ark., 2018 |
| **HSV-1 (MP, syn20, FFV3, tsB5, ve amb 1511-7)** **(**herpes simplex virus 1) | Melittin (0.5 uM), glikoprotein K mutantlarında HSV-1 kaynaklı hücre füzyonunun engellenmesi HSV-1 adsorpsiyonunu ve penetrasyonunun inhibisyonu | Baghian ve ark., 1993 |

| | | |
|---|---|---|
| **HSV-1 M (ATCC VR-539) ve HSV-2 G (ATCC VR-734)** | Melittin, HSV-1 M ve HSV-2 G'yi tamamen inaktive etti. | Yasin ve ark., 2000 |
| **BoHV-1 (Los Angeles)** (bovine herpesvirus type 1) | Melittin (2 µg/mL), BoHV-1 üzerinde güçlü anti-viral etki sergiledi | Uddin ve ark., 2016 |
| **GFP-fused influenza A (PR8)** **(**green fluorescent protein fused influenza A (A/PuertoRico/8/34) (H1N1)) | Melittin (2 µg/mL), enfekteli hücrelerde hem viral titreyi hem de GFP ekspresyonunu azalttı | Uddin ve ark., 2016 |
| **EV-71** **(**enterovirus 71) | EV-71 enfektivitesini ve sitopatik etkilerine ek olarak VP1'in mRNA ekspresyonu 4 kat azalttı | Uddin ve ark., 2016 |
| **GFP-fused RSV** (green fluorescent protein fused respiratory syncytial virus) | Enfekte hücrelerde virüs titresinin yanısıra GFP ekspresyonunu da önemli ölçüde azalttı | Uddin ve ark., 2016 |
| **GFP-fused VSV** (green fluorescent protein fused vesicular stomatitis virus) | Melittin (2 µg/mL) hızla (5-30 dakika) VSV enfektivitesini baskıladı ve enfekte hücrelerde virüs titresi ve GFP ekspresyonunda önemli bir azalmaya neden oldu | Uddin ve ark., 2016 |
| **VHSV** | Melittin yüklü lipozomlar ve immünolipozomlar, VHSV ile | Falco ve ark., 2013 |

| | | |
|---|---|---|
| (fish viral hemorrhagic septicemia rhabdovirus) | enfekte hücre odaklarının oluşumunu inhibe etti ve hücre kültüründe yayılmasını azalttı | |
| **MuLV (ATS-124)** (Rauscher murine leukemia virus) | Melittin (50 µg), viral membranı parçaladı ve 20 °C'de 30 dakikalık inkübasyondan sonra ters transkriptazın tamamen serbest kalmasına neden oldu | Esser ve ark., 2013 |
| **RAV-2** (Rous associated virus-2) | Melittin viral zarfı geçirgen hale getirdi | Boone ve Skalka 1980 |
| **HIV-1 (IIIB)** (human immunodeficiency virus-1) | 0.5 ve 2.5 µg/mL'de melittin, KE37/1 T lenfoma hücrelerinin süpernatanlarında HIV enfektivitesini sırasıyla ≤ %40 ve %100 oranında azalttı Uygulama yapılmamış hücrelerle karşılaştırıldığında, melittin uygulanan hücre ekstraktlarında 31 kDa'lık bir protein expresyonu düşüşü gerçekleşti | Wachinger ve ark., 1992 |

## Arı Zehrinin Antibakteriyel Aktivitesi

Arı zehrinin antibakteriyel aktivitesi özellikle hayvansan patojen mikroorganizmalar üzerinde analiz edilmiştir. Genel antimikrobiyal etkinin yanı sıra bağışıklık sistemini kuvvetlendirmesi, merkezi ve çevresel nöronlar üzerine etkisi, hücre yenileyici özelliği sayesinde yara kapanmasını ve iyileşmesini hızlandırması, artrit gibi inflamatuvar

hastalıklara karşı olan pozitif etkisi, kanser ve kalp-damar sağlığı üzerine olan etkileri kapsamlı bir şekilde rapor edilmiştir (Bogdanov, 2015; Bektaş, 2016).

Bal arı zehrinin, antimikrobiyal özellikleri ile ilgili olan araştırmalar genellikle iki bileşen üzerinden devam etmiştir, fakat zamanla tüm bileşikler üzerinde çalışmalar geliştirilmiştir. Arı zehrinin antimikrobiyal aktivitesi esas olarak melittin peptidinden kaynaklanmaktadır. Melittin güçlü bir şekilde bakteriyel hücre membranının bütünlüğünü bozma yeteneğindedir. Öte yandan, Fosfolipaz A2 (PLA2)'de ayrıca antimikrobiyal özelliklere sahiptir (Abd El-Wahed vd 2018, Al-Ani ve ark., 2015). Arı zehrinin antimikrobiyal aktiviteye sahip diğer bileşenleri arasında olan vitellogenin de bakterilerin hücre zarlarında hasara neden olan bir antimikrobiyal peptidtir (Park ve ark., 2018). Tablo 4'de görüldüğü gibi, arı zehri geniş spektrumda Gram (+) ve Gram (-) bakterilere karşı antibakteriyel aktiviteye sahiptir. Yanı sıra arı zehrinin *Candida* sp. cinsine ait olan bazı maya türlerine karşı olan antifungal etkileri de rapor edilmiştir (Abd El-Wahed ve ark., 2018, Al-Ani ve ark., 2015). Özellikle Secapin gibi diğer bileşiklerin antibakteriyel ve antifungal etkileri kanıtlanmıştır (Lee ve ark., 2016).

**Tablo 4.** Biyolojik Bileşiklerin Antimikrobiyal Bileşenleri (Abd El-Wahed ve ark., 2018, Al-Ani ve ark., 2015)' den modifiye edilmiştir.

| Bileşen | Organizma | Etkili doz (μg/mL) | Bileşen | Organizma | Etkili doz (μg/mL) |
|---|---|---|---|---|---|
| Arı Zehri | *Acinetobacter baumannii* BAA | MIC 30 | Melittin | *A. baumannii* BAA | MIC 30 |
| Arı Zehri | *B. subtilis* | MIC 8 | Melittin | *C. krusei* | MIC 30 |
| Arı Zehri | *C. albicans* | MIC 60 | Melittin | *C. krusei* | MIC 30 |
| Arı Zehri | *C. krusei* | MIC 60 | Melittin | *E. coli* | MIC 30 |
| Arı Zehri | *C. parapsilosis* | MIC 60 | Melittin | *S. pyogenes* | MIC 10 |
| Arı Zehri | *Clindamycin-resistant P. acnes* | MIC 0.067 | Melittin | *S. aureus* Amme | MIC 6 |
| Arı Zehri | *Enterococcus casseliflavus* | MIC 10 | Melittin | *S. agalactiae* | MIC 30 |
| Arı Zehri | *Escherichia coli* | MIC 60 | Melittin | MRSA | MIC 10 |
| Arı Zehri | *Klebsiella pneumoniae* | MIC 30 | Melittin | *B. subtilis* | MIC 6 |
| Arı Zehri | *MRSA* | MIC 60 | Melittin | *Klebsiella oxytoca* | MIC 60 |
| Arı Zehri | *Propionibacterium acnes* | MIC 0.086 | Melittin | *S. aureus* BAA | MIC 8 |
| Arı Zehri | *Shigella flexneri* | MIC 60 | Melittin | *S. aureus* | MIC 10 |
| Arı Zehri | *Staphylococcus aureus* | MIC 10 | Melittin | *S. saprophyticus* | MIC 10 |
| Arı Zehri | *S. aureus* Amme | MIC 60 | Melittin | *S. aureus* Amme | MIC 6 |
| Arı Zehri | *S. aureus* BAA | MIC 30 | Melittin | *C. candida* | MIC 9.961 |
| Arı Zehri | *S. epidermidis* | MIC 0.104 | Melittin | *S. epidermidis* | MIC 10 |
| Arı Zehri | *S. epidermidis* | MIC 60 | Melittin | *Lactobacillus casei* | MIC 4 |
| Arı Zehri | *S. saprophyticus* | MIC 10 | Melittin | *Enterococcus faecalis* | MIC 6 |
| Arı Zehri | *Streptococcus agalactiae* | MIC 40 | Melittin | *C. krusei* | MIC 30 |
| Arı Zehri | *S. pyogenes* | MIC 0.121 | Melittin | *Listeria monocytogenes* | MIC 12.5 |
| Arı Zehri | *S. thermophilus* | MIC 30 | Melittin | *E. coli* | MIC 56.92 |
| PLA2 | *Citrobacter freundii* | MBC 1000 | Melittin | *S. aureus* | MIC 8.5 |
| PLA2 | *Enterobacter clocae* | MBC 10000 | Melittin | *Staphylococcus aureus amme* | MIC 6 |
| PLA2 | *E. coli* | MBC 10000 | Melittin | *Enterococcus casseliflavus* | MIC 8 |
| PLA2 | *Lactobacillus caser* | MBC 400 | Melittin | *E. faecalis* VanB | MIC 50 |
| PLA2 | *Trypanosoma brucei* | MBC 1 | Melittin | *E. faecalis* | MIC 30 |

Minimal inhibitor konsantrasyonu (MIC), minimal bakterisidal konsantrasyon (MBC), etki konsantrasyonu ($EC_{50}$), methicillin-direnci *Staphylococcus aureus* (MRSA), vancomycin-direnci enterococci (VRE)

## Gelecekte Arı Zehrine Bakış Açısı ve Yeni Yaklaşımlar

Apitoksin olarak da bilinen arı zehri birçok faydalı bileşik içeren iyileştirici ve geniş yelpazede antimikrobiyal etkiye sahiptir. Arı zehrinin, bileşenleri ve uygulamaları ile ilgili bilimsel raporların ve incelemelerin sayısına rağmen, bu alanda hala çok fazla çalışma yapılmalıdır. Arı zehrinin bileşenleri literatürde kapsamlı bir şekilde rapor edilmiş olsa da, etki mekanizmaları ve metabolik yolları neredeyse bilinmemektedir (Zhang ve ark., 2018).

Arı zehri, geleneksel tıpta kullanımı ve biyolojik özellikleri nedeniyle kapsamlı bir şekilde araştırılan maddeler karışımıdır. Bileşimi temel olarak proteinler ve peptitler tarafından oluşturulur, ancak düşük konsantrasyonda diğer moleküller de mevcuttur. Mellitin, arı zehrinin bileşenleri içerisinde en bol ve çalışılan bileşiğidir, bir diğeri ana alerjenik maddesi (histamin ile birlikte) olarak kabul edilen bir enzim olan PLA2'dir. Ayrıca, arı zehrinin küçük bileşenleri üzerinde özellikle daha fazla çalışma gereklidir. Biyolojik özellikleri ile ilgili olarak araştırmalar anti-inflamatuar ve immünomodülatör etkileri üzerinde odaklanmıştır. Bununla birlikte, hem *in vitro* hem de *in vivo* olarak daha fazla deney yaparak arı zehrinin etki mekanizmasını daha fazla incelemek gerekmektedir. Bu günlerde, çabalar, yan etkileri en aza indirgemek için yenilikçi dağıtım sistemleri gibi yeni eğilimlerle birlikte daha güvenli dozlar ve uygulamalar oluşturmaya yöneliktir.

Buna ek olarak, çalışmalar arı zehri bileşenlerinin yollarının tam olarak anlaşılmasını ve terapötik kullanımının değerlendirilmesini ilerletmektedir (Çelik ve Aşgun 2016).

## KAYNAKLAR

Abd El-Wahed, A.A.; Khalifa, S.A.M.; Sheikh, B.Y.; Farag, M.A.; Saeed, A.; Larik, F.A.; Koca-Caliskan, U.; AlAjmi, M.F.; Hassan, M.; Wahabi, H.A.; et al. Bee Venom Composition: From Chemistry to Biological Activity. *Stud. Nat. Prod. Chem.* 2018, *60*, 459–484.

Al-Ani, I.; Zimmermann, S.; Reichling, J.; Wink, M. Pharmacological synergism of bee venom and melittin with antibiotics and plant secondary metabolites against multi-drug resistant microbial pathogens. *Phytomedicine* 2015, *22*, 245–255.

Albiol Matanic VC, Castilla V (2004) Antiviral activity of antimicrobial cationic peptides against Junin virus and herpes simplex virus. Int J Antimicrob Agents 23(4):382–389. https://doi.org/10. 1016/j.ijantimicag.2003.07.022

Ali, M. Studies on Bee Venom and Its Medical Uses. *Int. J. Adv. Res.* 2012, *1*, 1–15.

Almeida F, Rodrigues ML, Coelho C (2019) The still underestimated problem of fungal diseases worldwide. Front Microbiol 10:214. https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00214

Almeida F, Rodrigues ML, Coelho C (2019) The still underestimated problem of fungal diseases worldwide. Front Microbiol 10:214. https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00214

Baghian A, Kousoulas KG (1993) Role of the Na+ ,K+ pump in herpes simplex type 1-induced cell fusion: melittin causes specific reversion of syncytial mutants with the syn1 mutation to syn+ (wildtype) phenotype. Virology 196(2):548–556. https://doi.org/10. 1006/viro.1993.1510

Banks, B.E.C.; Dempsey, C.E.; Vernon, C.A.; Warner, J.A.; Yamey, J. Anti-inflammatory activity of bee venom peptide 401 (mast cell degranulating peptide) and compound 48/80 results from mast cell degranulation in vivo. *Br. J. Pharmacol.* 1990, *99*, 350–354.

Bektaş, N. (2016). Apiterapide Arı Zehrinin Kullanımı. Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Semineri.

Bektaş, N., Altıntaş, L., Tutun, H., Sevin, S. (2016). Apiterapide Arı Zehrinin Kullanımı. 5. Uluslararası Muğla Arıcılık ve Çam Balı Kongresi, 01-05 Kasım 2016, Muğla, Türkiye. p.: 352-353.

Benton, A.W.; Morse, R.A.; Stewart, J.D. Venom collection from honey bees. *Science* 1963, *142*, 228–230.

Bicudo de Almeida-Muradian, L.; Monika Barth, O.; Dietemann, V.; Eyer, M.; Freitas, A.d.S.d.; Martel, A.C.; Marcazzan, G.L.; Marchese, C.M.; Mucignat-Caretta, C.; Pascual-Maté, A.; et al. Standard methods for *Apis mellifera* honey research. *J. Apic. Res.* 2020, *59*, 1–62.

Bogdanov, S. (2015). Bee venom: Composition, health, medicine: A review. Erişim adresi: http://www.bee-hexagon.net/venom/. Erişim tarihi: 20.10.2021.

Bongomin F, Gago S, Oladele RO, Denning DW (2017) Global and multi-national prevalence of fungal diseases–estimate precision. J Fungi (Basel) 3(4):57. https://doi.org/10.3390/jof3040057

Boone LR, Skalka A (1980) Two species of full-length cDNA are synthesized in high yield by melittin-treated avian retrovirus particles. Proc Natl Acad Sci U S A 77(2):847–851. https://doi.org/10. 1073/pnas.77.2.847

Choi H, Hwang JS, Kim H, Lee DG (2013a) Antifungal effect of CopA3 monomer peptide via membrane-active mechanism and stability to proteolysis of enantiomeric D-CopA3. Biochem Biophys Res Commun 440(1):94–98. https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2013.09.021

Choi H, Hwang JS, Lee DG (2013b) Antifungal effect and pore-forming action of lactoferricin B like peptide derived from centipede Scolopendra subspinipes mutilans. Biochim Biophys Acta 1828(11):2745–2750. https://doi.org/10.1016/j.bbamem.2013.07. 021

Choi H, Lee DG (2014) Antifungal activity and pore-forming mechanism of astacidin 1 against Candida albicans. Biochimie 105:58–63. https://doi.org/10.1016/j.biochi.2014.06.014

Çelik K, Aşgun F. (2017). Apiterapi el kitabı Arı Zehiri, Çanakkale Onsekiz Mart Universitesi, Çanakkale, Türkiye Dr. Barbara Kroll - WUELS, Wroclaw, Poland Maja Słupczyńska, ISBN: 978 - 605 - 7851 - 49 – 9 Syf:118

Çelik, K., Aşgun, H.F. (2016). Arılarla Gelen Sağlık "Apiterapi". Erişim Adresi: http://apitherapyproject.eu/pdf/20160920/apitherapyhandbook-tr.pdf. Erişim Tarihi: 01.11.2021.

Derebaşı, E., Canbakal, E. (2009). Arı zehrinin kimyasal yapısı ve tıbbi çalışmalarda kullanımı. Arıcılık Araştırma Dergisi. 1 (2): 32- 34.

Esser AF, Bartholomew RM, Jensen FC, Muller-Eberhard HJ (1979) Disassembly of viral membranes by complement independent of channel formation. Proc Natl Acad Sci U S A 76(11):5843– 5847. https://doi.org/10.1073/pnas.76.11.5843

Falco A, Barrajon-Catalan E, Menendez-Gutierrez MP, Coll J, Micol V, Estepa A (2013) Melittin-loaded immunoliposomes against viral surface proteins, a new approach to antiviral therapy. Antivir Res 97(2):218–221. https://doi.org/10.1016/j.antiviral. 2012.12.004

Gopal R, Na H, Seo CH, Park Y (2012) Antifungal activity of (KW)n or (RW)n peptide against Fusarium solani and Fusarium oxysporum. Int J Mol Sci 13(11):15042–15053. https://doi.org/10.3390/ ijms131115042

Güller A. Çakar G. 2021, Tarımda Yenilikçi Yaklaşımlar; Sürdürülebilir Tarım Ve Biyoçeşitlilik, s. 481

Holm T, Bruchmann J, Scheynius A, Langel U (2012) Cell-penetrating peptides as antifungals towards Malassezia sympodialis. Lett Appl Microbiol 54(1):39–44. https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2011. 03168.x

Hwang B, Hwang JS, Lee J, Lee DG (2010) Antifungal properties and mode of action of psacotheasin, a novel knottin-type peptide derived from Psacothea hilaris. Biochem Biophys Res Commun 400(3): 352–357. https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2010.08.063

Jakob, T.; Rafei-Shamsabadi, D.; Spillner, E.; Müller, S. Diagnostik der Hymenopteren-giftallergie: Aktuelle Konzepte und Entwicklungen mit besonderem Fokus auf die molekulare Allergiediagnostik. *Allergo J.* 2017, *26*, 33–48.

Jia F, Wang J, Peng J, Zhao P, Kong Z, Wang K, Yan W, Wang R (2018) The in vitro, in vivo antifungal activity and the action mode of Jelleine-I against Candida

species. Amino Acids 50(2):229–239. https://doi.org/10.1007/s00726-017-2507-1

Karakaya, E. & Kızıloğlu, S. (2015). Bingöl'de Bal Üretimi. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 5 (2), 25-31.

Kelle, I. (2007). Apiterapi. Dicle Tıp Dergisi, 34 (4): 311-315.

Kim JH, Park J, Park KK, An HJ, Lee YW (2019) Evaluation of antifungal activities of bee venom components against Malassezia strains. J Mycol Infect 24(4):91–95. https://doi.org/10.17966/JMI.2019.24.4. 91

Kokuludağ, A. (2015). Arı zehiri içeriği ve tıbbi özellikleri. Alınmıştır: Arı Ürünleri ve Sağlık (Apiterapi). Ed.: Akçiçek, E., Yücel, B. Sidas, İzmir. s: 147-151.

Korkmaz, A., Korkmaz, V. (2015). Arı zehri üretimi ve apiterapi. 1.Baskı. Samsun İli Arı Yetiştiricileri Birliği, Samsun.

Krell, R. Value-added products from beekeeping. In *FAO Agriculture Server Bulletin*; No. 124; Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy, 1996; ISBN 92-5-103819-8.

Lee DG, Kim HK, Kim SA, Park Y, Park SC, Jang SH (2003) Hahm KS (2003) Fungicidal effect of indolicidin and its interaction with phospholipid membranes. Biochem Biophys Res Commun 305(2):305– 310. https://doi.org/10.1016/s0006-291x(03)00755-1

Lee DG, Shin SY, Maeng CY, Hahm KS (1998) Cecropin A-melittin hybrid peptide exerts its antifungal effects by damaging on the plasma membranes of Trichosporon beigelii. Biotechnol Lett 20:211– 214. https://doi.org/10.1023/A:1005357314588

Lee MK, Lee DG, Shin SY, Lee SG, Kang JH, Hahm KS (1996) Antifungal activities of peptides with the sequence 10-17 of magainin 2 at the N-termini against Aspergillus fumigatus. J Microbiol 34(3):274–278

Lee W, Lee DG (2015) Fungicidal mechanisms of the antimicrobial peptide Bac8c. Biochim Biophys Acta 1848(2):673–679. https://doi. org/10.1016/j.bbamem.2014.11.024

Lee, K.S.; Kim, B.Y.; Yoon, H.J.; Choi, Y.S.; Jin, B.R. (2016). Secapin, a bee venom peptide, exhibits anti-fibrinolytic, anti-elastolytic, and anti-microbial activities. *Dev. Comp. Immunol. 63*, 27–35.

López-García B, Gandía M, Muñoz A, Carmona L, Marcos JF (2010) A genomic approach highlights common and diverse effects and determinants of susceptibility on the yeast Saccharomyces cerevisiae exposed to distinct antimicrobial peptides. BMC Microbiol 10:289. https://doi.org/10.1186/1471-2180-10-289

López-García B, Pérez-Payá E, Marcos JF (2002) Identification of novel hexapeptides bioactive against phytopathogenic fungi through screening of a synthetic peptide combinatorial library. Appl Environ Microbiol 68(5):2453–2460. https://doi.org/10.1128/aem. 68.5.2453-2460.2002

López-García B, Pérez-Payá E, Marcos JF (2002) Identification of novel hexapeptides bioactive against phytopathogenic fungi through screening of a synthetic peptide combinatorial library. Appl Environ Microbiol 68(5):2453–2460. https://doi.org/10.1128/aem. 68.5.2453-2460.2002

Marcos JF, Beachy RN, Houghten RA, Blondelle SE, Perez-Paya E (1995) Inhibition of a plant virus infection by analogs of melittin. Proc Natl Acad Sci U S A 92(26):12466–12469. https://doi.org/10. 1073/pnas.92.26.12466

Marcos, J.F.; Beachy, R.N.; Houghten, R.A.; Blondelle, S.E.; Pérez-Payá, E. (1995). Inhibition of a plant virus infection by analogs of melittin. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 92*, 12466–12469.

Memariani H, Memariani M, Moravvej H, Shahidi-Dadras M (2020) Melittin: a venom-derived peptide with promising anti-viral properties. Eur J Clin Microbiol Infect Dis 39(1):5–17. https://doi.org/10.1007/s10096-019-03674-0

Memariani, H., & Memariani, M. (2020). Anti-fungal properties and mechanisms of melittin. Applied Microbiology and Biotechnology. doi:10.1007/s00253-020-10701-0

Memariani, H.; Memariani, M. (2020).Anti-fungal properties and mechanisms of melittin. *Appl. Microbiol. Biotechnol. 104*, 6513–6526.

Mihaly, S. (1996). Bee venom: frequently asked questions. American Bee Journal. 136(2): 107-109.

Moerman L, Bosteels S, Noppe W, Willems J, Clynen E, Schoofs L, Thevissen K, Tytgat J, Van Eldere J, Van Der Walt J, Verdonck F (2002) Antibacterial and antifungal properties of alpha-helical, cationic peptides in the venom of scorpions from southern Africa. Eur J Biochem 269(19):4799–4810. https://doi.org/10.1046/j.1432-1033. 2002.03177.x

Moore J, Rajasekaran K, Cary JW, Chlan C (2019) Mode of action of the antimicrobial peptide D4E1 on Aspergillus flavus. Int J Pept Res Ther 25:1135–1145. https://doi.org/10.1007/s10989-018-9762-1

Moreno M, Giralt E (2015) Three valuable peptides from bee and wasp venoms for therapeutic and biotechnological use: melittin, apamin and mastoparan. Toxins (Basel) 7(4):1126–1150. https://doi.org/10.3390/toxins7041126

Mourre, C.; Fournier, C.; Soumireu-Mourat, B. (1997). Apamin, a blocker of the calcium-activated potassium channel, induces neurodegeneration of Purkinje cells exclusively. *Brain Res. 778*, 405–408.

Muñoz A, López-García B, Marcos JF (2006) Studies on the mode of action of the antifungal hexapeptide PAF26. Antimicrob Agents Chemother 50(11):3847–3855. https://doi.org/10.1128/AAC. 00650-06

Özbek, H. (1990). Bal arısı zehri. Atatürk Ü. Zir. Fak. Der. 21 (2): 84-100.

Pacáková, V.; Štulík, K.; Thi Hau, P.; Jelínek, I.; Vinš, I.; Sýkora, D. (1995). Comparison of high-performance liquid chromatography and capillary electrophoresis for the determination of some bee venom components. *J. Chromatogr. A. 700*, 187–193.

Park C, Cho J, Lee J, Lee DG (2011) Membranolytic antifungal activity of arenicin-1 requires the N-terminal tryptophan and the beta-turn arginine. Biotechnol Lett 33(1):185–189. https://doi.org/10.1007/ s10529-010-0402-x

Park SC, Cheong MS, Kim EJ, Kim JH, Chi YH, Jang MK (2017) Antifungal effect of Arabidopsis SGT1 proteins via mitochondrial reactive oxygen species. J Agric Food Chem 65(38):8340–8347. https://doi.org/10.1021/acs .jafc.7b02808

Park SC, Kim JY, Shin SO, Jeong CY, Kim MH, Shin SY, Cheong GW, Park Y, Hahm KS (2006) Investigation of toroidal pore and oligomerization by melittin using transmission electron microscopy. Biochem Biophys Res Commun 343(1):222–228. https://doi.org/ 10.1016/j.bbrc.2006.02.090

Park, HG, Lee, K.S.; Kim, B.Y.; Yoon, H.J.; Choi, Y.S.; Lee, K.Y.; Wan, H.; Li, J.; Jin, B.R. (2018). Honeybee (*Apis cerana*) vitellogenin acts as an antimicrobial and antioxidant agent in the body and venom. *Dev. Comp. Immunol. 85*, 51–60.

Picoli T, Peter CM, Vargas GD, Hübner SO, de Lima M, Fischer G (2018) Antiviral and virucidal potential of melittin and apamin against bovine herpesvirus type 1 and bovine viral diarrhea virus. Pesq Vet Bras 38(4):595–604. https://doi.org/10.1590/1678-5150- pvb-4758

Pucca, M.B.; Cerni, F.A.; Oliveira, I.S.; Jenkins, T.P.; Argemí, L.; Sørensen, C.V.; Ahmadi, S.; Barbosa, J.E.; Laustsen, A.H. (2019). Bee Updated: Current Knowledge on Bee Venom and Bee Envenoming Therapy. *Front. Immunol. 10*, 1–15.

Raghuraman, H.; Chattopadhyay, A. (2007). Melittin: A membrane-active peptide with diverse functions. *Biosci. Rep. 27*, 189–223.

Schmidt J.O. Toxinology of venoms from the honeybee genus. Apis. Toxicon. 1995;33:917–927. doi: 10.1016/0041-0101(95)00011-A.

Schumacher, M.J. (1989). Lethality of ‘killer’ bee stings. *Nature, 337*, 413.

Selçuk, M., Dinç, H., Karabağ, K. (2010). Bal arısı zehrinin biyokimyasal yapısı ve tıptaki yeri. MYO-ÖS 2010- Ulusal Meslek Yüksekokulları Öğrenci Sempozyumu.

Shkenderov, S.; Koburova, K. (1982). Adolapin—A newly isolated analgetic and anti-inflammatory polypeptide from bee venom. *Toxicon, 20*, 317–321.

Söğüt, B. , Şeviş, H. E. , Karakaya, E. , İnci, H. & Yılmaz, H. Ş. (2019b). Bingöl İlinde Arıcılık Faaliyetinin Mevcut Yapısı Üzerine Bir Araştırma. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 6 (2) , 168-177. DOI: 10.30910/turkjans.556596

Söğüt, B; Şeviş, H; Karakaya, E; İnci, H (2019). Arıcılık İşletmesinde Mevcut Durum, Temel Sorunlar ve Çözüm Önerileri Üzerine Bir Araştırma (Bingöl ili Örneği) Uludağ Arıcılık Dergisi. 19(1):50-60.

Sunay, A.E., Samancı, T. (2016). Arı ürünlerinin üretimi. Erişim adresi: http://www.ariplatformu.org /storage/ilgi_cekici_bilgiler.pdf. Erişim tarihi: 10.05.2016.

Sür, E. (2013). Arı zehirlemeleri ve arı venomunun analiz metotları. Erciyes Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Bitirme Ödevi.

Şahinler, N. (2000). Arı ürünleri ve insan sağlığı açısından önemi. MKÜ Ziraat Fakültesi Dergisi. 5 (1-2): 139-148.

Uddin MB, Lee BH, Nikapitiya C, Kim JH, Kim TH, Lee HC, Kim CG, Lee JS, Kim CJ (2016) Inhibitory effects of bee venom and its components against viruses in vitro and in vivo. J Microbiol 54(12): 853–866. https://doi.org/10.1007/ s12275-016-6376-1

Uddin, M.B.; Lee, B.H.; Nikapitiya, C.; Kim, J.H.; Kim, T.H.; Lee, H.C.; Kim, C.G.; Lee, J.S.; Kim, C.J. (2016). Inhibitory effects of bee venom and its components against viruses in vitro and in vivo. *J. Microbiol. 54*, 853–866.

Wachinger M, Saermark T, Erfle V (1992) Influence of amphipathic peptides on the HIV-1 production in persistently infected Tlymphoma cells. FEBS Lett 309(3):235–241. https://doi.org/10. 1016/0014-5793(92)80780-K

Wachinger, M.; Saermark, T.; Erfle, V. (1992). Influence of amphipathic peptides on the HIV-1 production in persistently infected T lymphoma cells. *FEBS Lett. 309*, 235–241.

Yasin B, Pang M, Turner JS, Cho Y, Dinh NN, Waring AJ, Lehrer RI, Wagar EA (2000). Evaluation of the inactivation of infectious Herpes simplex virus by host-defense peptides. Eur J Clin Microbiol Infect Dis 19(3):187–194. https://doi.org/10.1007/ s100960050457

Zhang, S.; Liu, Y.; Ye, Y.; Wang, X.R.; Lin, L.T.; Xiao, L.Y.; Zhou, P.; Shi, G.X.; Liu, C.Z. (2018). Bee venom therapy: Potential mechanisms and therapeutic applications. *Toxicon*, *148*, 64–73.

# BÖLÜM 14

## ARI ZEHİRİ VE BAZI BİLEŞENLERİNİN ÇEŞİTLİ KANSER TÜRLERİNİ HEDEFLEME POTANSİYELİ

Öğr. Gör. Enes KAYA *[1], Öğr. Gör. Davut KARAHAN[2],

Öğr. Gör. Ebubekir İZOL[3]

[1] Bingöl Üniversitesi, Arı ve Doğal ürünler Ar-Ge ve Ür-Ge Uygulama ve Araştırma Merkezi, Bingöl, Türkiye. Orcid: 0000-0003-3973-168X eneskaya@bingol.edu.tr

[2] Bingöl Üniversitesi, Arı ve Doğal ürünler Ar-Ge ve Ür-Ge Uygulama ve Araştırma Merkezi, Bingöl, Türkiye. Orcid: 0000-0003-4571-1095 dkarahan@bingol.edu.tr

[3] Bingöl Üniversitesi, Arı ve Doğal ürünler Ar-Ge ve Ür-Ge Uygulama ve Araştırma Merkezi, Bingöl, Türkiye. Orcid: 0000-0003-0788-4999 eizol@bingol.edu.tr

[*] Sorumlu yazar: eneskaya@bingol.edu.tr

## GİRİŞ

Kanser, insanlığı etkileyen en önemli hastalıklardan biridir ve dünya çapında önde gelen ölüm nedenlerinden biri olmaya devam etmektedir. Her yıl yaklaşık 10 milyondan fazla yeni hastaya hastalık teşhisi konduğunu ve dünya çapındaki ölümlerin kabaca %12'sini temsil eden 6 milyondan fazla ölümün bununla ilişkili olduğunu göstermektedir (Frankish, 2003). Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı'nın (IARC) tahminlerine göre, 2018'de dünya çapında 17 milyon yeni kanser vakası ve 9.5 milyon kanser ölümü yaşandı (American Cancer Society, 2018). ABD'de 2022'de 1.9 milyondan biraz fazla yeni kanser vakasının teşhis edilmesi bekleniyor (American Cancer Society, 2022). Nüfusun büyümesi ve yaşlanmasının 2030 yılına kadar yaklaşık 13 milyon kanser ölümü ile yeni kanser vakalarını 21.7 milyona çıkarabileceği de tahmin edilmektedir (Torre ve ark., 2015). 2040 yılına kadar, küresel yükün, yalnızca nüfusun büyümesi ve yaşlanması nedeniyle 27.5 milyon yeni kanser vakasına ve 16.3 milyon kanser ölümüne ulaşması bekleniyor. Sigara, sağlıksız beslenme, fiziksel hareketsizlik ve daha az doğum gibi riski artıran faktörlerin artan yaygınlığı nedeniyle gelecekteki yükün muhtemelen daha da büyük olacağı düşünülmektedir (American Cancer Society, 2018). Son zamanlarda, birçok çalışma, bazı doğal ürünlerin tümör hücresi büyümesini ve metastazı engellediğini ve apoptozu indüklediğini bildirerek, bu doğal bileşiklerin insan tümörlerinin alternatif bir ilaç tedavisi olarak giderek artan bir şekilde uygulanmasını önermektedir (Leuschner ve Hansel, 2005). Doğa,

insan hastalıklarını tedavi edebilen veya hafifletebilen birçok ilacı içinde barındıran bir eczane vazifesi görmektedir. Karasal bitkiler, böcekler, bakteriler, mantarlar ve arı ürünleri geleneksel tıpta önemli roller oynamıştır. Bal, polen, propolis, arı sütü ve arı zehiri gibi bir dizi arı ürününden elde edilen ikincil metabolitler, ya doğrudan doğadan ya da sentezlenmiş analoglar olarak yenilenebilir terapötik madde kaynakları sağlayan büyük bir kimyasal biyoçeşitlilik deposunu temsil ederler (Abd El-Wahed ve ark., 2019). Hiç kuşkusuz içeriğindeki zengin biyoaktif bileşenlerine (Tablo 1) ve kimyasal profiline bakıldığında arı zehirinin alternatif ilaç olarak kullanılmak üzere ya da ilaç tasarımı için potansiyel aday olduğu söylenebiliriz. Özellikle bu bölümde arı zehiri ve arı zehirinin en önemli içeriklerinden olan melittin (MEL), fosfolipaz A2 (PLA2) ve bu bileşenlerin beraber sinerjisinin kanser ilacı olma yolundaki potansiyelini tartışacağız.

## Arı Zehiri

Arı zehiri (BV, api-toksin), arıların genellikle tehtitlere karşı bir savunma aracı olarak kullandıkları, asidik, pH ‘ı 4.5 ila 5.5 arasında değişen kokusuz, şeffaf ve hidrolitik protein karışımı içeren bir sıvıdır. Arı zehiri, arıların (*Apis mellifera* L.) karın boşluğunda bulunan bir bez tarafından salgılanır. Bir damla arı zehirinde, %88 su ve 0.1 µg kuru zehir bulunur (Bellik, 2015; Wehbe ve ark., 2019). Bal arısı zehiri ticari olarak Apitox veya Apitoxin olarak bilinir ve farklı bileşiklerin bir kombinasyonudur (Wehbe ve ark., 2019). Peptitler, enzimler, biyolojik olarak aktif aminler ve peptit olmayan bileşenler

gibi çeşitli farmasötik özellikler içeren doğal ürünlerin çok karmaşık bir karışımıdır (Zhang ve ark., 2018). Özellikle melittin, apamin, adolapin ve MCD-peptid gibi peptidleri içeriğinde barındıran ve ayrıca enzimler, PLA2, biyoaktif aminler (histamin, epinefrin gibi) ve mineraller gibi düşük moleküler ağırlıklı bileşikleri de içeren kompleks bir karışımdır (Wehbe ve ark., 2019). Arı zehirinin ana bileşenlerini peptitler meydana getirirler. Küçük proteinlerin ve peptitlerin konsantrasyonu, kuru zehirde yaklaşık %48-50'dir (Han ve ark., 2013). Bu peptitler arasında özellikle 1970'lerde keşfedilen arı zehrinin ana toksini olan melittin bulunmaktadır (Habermann, 1972). MEL arı sokması ile ilişkili reaksiyonların indüklenmesinde önemli bir rol oynar. Melittin, 26 amino asitlik bir peptittir ve arı zehrindeki ana biyolojik aktif bileşeni oluşturur. Kuru arı zehrindeki yüzde içeriği yaklaşık %50'dir (Han ve ark., 2013). Melittin, Avrupa bal arısı *A. mellifera*'nın zehrindeki başlıca toksik bileşendir ve hemolitik, katyonik küçük bir lineer peptittir. Amino-terminal bölgesi baskın olarak hidrofobik, karboksi-terminal bölgesinin ise pozitif yüklü amino asitlerin varlığından dolayı hidrofiliktir. Amfifilik özelliğinden dolayı membranlardaki lipid-protein etkileşimlerini izlemek için uygun bir model peptit olarak kullanılmasına neden olmuştur (Raghuraman ve Chattopadhyay, 2007). Fosfolipazlar, fosfolipitleri yağ asitlerine ve diğer lipofilik maddelere hidrolize eden enzimlerdir. Kataliz ettikleri reaksiyonların türü ile ayırt edilirler ve esas olarak A, B, C ve D olmak üzere dört ana sınıfa ayrılırlar. PLA'nın iki türü vardır bunlar: PLA1 ve PLA2 (Murakami ve ark., 2015). Arı zehri fosfolipaz A2 (BV-PLA2) en öldürücü arı zehri peptididir. 128 amino

asitten, dört disülfit köprüsünden ve tek bir zincirden meydana gelir (Shipolini ve ark., 1974). Fosfolipaz A2, arı zehrindeki ana alerjendir (Palm ve ark., 2013). BV-PLA2, arı zehrinin kuru ağırlığının %12-15'ini oluşturur ve fosfolipidlerin sn-2 bağını spesifik olarak ayıran hidrolitik bir enzimdir (Dudler ve ark., 1992). Ayrıca PLA2 sağlıklı insan periferik kanındaki düzenleyici T hücresi (Treg) oranını arttırır (Jo ve ark., 2021). Apamin, 18 tane amino asit içeriği ile arı zehri içindeki en küçük nörotoksik peptid olarak bilinir, arı zehrinin kuru ağırlığının %2'sinden daha azına tekabül eder ve 2 disülfid köprüsü içeren küçük bir arı zehri polipeptididir (Hugues ve ark., 1982). Apaminin sitotoksik ve nosiseptif sinir etkileri bulunmaktadır. Bu etkilerin temel nedeni Ca2+ ile aktive olan K+ kanallarını güçlü bir şekilde bloke etme yeteneğinden kaynaklanmaktadır (Mourre ve ark., 1997; Banks ve ark., 1979). Ayrıca apamin arı zehirinde kan-beyin bariyerini (KBB) geçebilen ve hipereksitabiliteyi indükleyen tek nörotoksin polipeptittir (Habermann, 1972). 103 amino asitten ve %1 kuru arı zehiri içeren bazik bir polipeptit olan adolapin ise arı zehirinde bulunan diğer bir bileşiktir. Başlıca anti-inflamatuar, anti-nosiseptif ve antipiretik etkilere sahip olduğu gösterilen tek polipeptittir (Koburova ve ark., 1985). Arı zehirindeki bir diğer peptit Mast Hücre Degranülasyon Peptidi (MCD)'dir. Bu peptit, yüksek immünolojik ve farmakolojik aktivitelere sahiptir. Yüksek konsantrasyonlarda antiinflamatuar özelliklere sahiptir, ancak düşük konsantrasyonlarda mast hücre degranülasyonu ve histamin salınımının güçlü bir aracısı konumundadır (Ziai ve ark., 1990).

**Tablo 1:** Kurutulmuş arı zehirinin bileşimi (Son ve ark., 2007).

| Moleküler grup | Bileşen | Molekül Ağırlığı | Kuru zehirde (%) |
|---|---|---|---|
| **Enzimler** | Fosfolipaz A2 | 19.000 | 10–12 |
| | Fosfolipaz B | | 1 |
| | Hiyalüronidaz | 38.000 | 1.5-2 |
| | Asit fosfomonoesteraz | 55.000 | 1 |
| | α-Glukozidaz | 170.000 | 0,6 |
| | Fosfataz | | 1 |
| | Lizofosfolipaz | | 1 |
| **Peptitler** | Melittin | 2840 | 40-50 |
| | Apamin | 2036 | 2-3 |
| | Mast Hücre Degranülasyon Peptidi (MCD) | 2588 | 2-3 |
| | Sekapin | 3000 | 0,5–2 |
| | Pamin | | 1-3 |
| | Minimin | 6000 | 2-3 |
| | Adolapin | 11.500 | 1 |
| | Prokamin A, B | 600 | 1.4 |
| | Proteaz inhibitörü | 9000 | <0.8 |
| | Tertiapin | 2500 | 0.1 |
| | Kardiyopep | 2500 | <0.7 |
| | Melittin F | | 0.01 |
| **Fosfolipitler** | | 700 | 1-3 |
| **Aminler** | Histamin | 307.14 | 1.5 |
| | Dopamin | 189.64 | 0.13–1 |
| | Noradrenalin | 169.18 | 0.1-0.7 |
| | Nörotransmitterler | | 0.1–1 |
| **Amino asitler** | y-aminobütirik asit | 189.64 | 0.13–1 |
| | α-amino asitler | 169.18 | 0.1-0.7 |
| **Karbonhidratlar** | Glikoz | 180 | 2-4 |
| | Fruktoz | | |
| **Feromonlar** | İzo-pentil asetat; n-bütil asetat | 200 | 4-8 |
| | İzo-pentanol; n-heksil asetat | | |
| | *n* -oktil asetat; 2-nonanol | | |
| | *n* -desil asetat; benzil asetat | | |
| | Benzil alkol; (2)-11-eikosen-1-ol | | |

## Kansere Karşı Arı Zehiri

Havas (1950) arı zehrinin antikanser etkisini ilk olarak rapor etmiştir. McDonald ve ark. (1979) ise yaptıkları çalışmada ölüm ilanlarını incelediler ve çalışma hayatı boyunca profesyonel olarak arı zehrine maruz kalan arıcılarda kanserden ölüm insidansının genel popülasyondan biraz daha düşük olduğunu, akciğer kanserinden ölüm oranının ise maruz kalmayan popülasyona kıyasla önemli ölçüde düşük olduğunu bildirdiler. Bu sonuçlar, arı zehrinin olası antitümör etkisini gösteren ilk sonuçlar arasındaydı. Birçok raporda ve yayında, arı zehiri ve bileşenlerinin, anti-mikrobiyal, anti-protozoan, anti-kanser, anti-inflamatuar ve anti-artritik özellikler dahil olmak üzere birçok biyolojik aktiviteye sahip olduğunu belirtmiştir (Khalil ve ark., 2021).

Arı zehrinin kanser hücrelerinde çoğalmayı engellediği ve apoptozu indüklediği bilinmektedir (Moon ve ark., 2006). Arı zehrinin kansere yönelik çalışmaları arı zehrini apoptoz, nekroz, sitotoksisite ve prostat, meme, akciğer, karaciğer ve mesane dahil olmak üzere çeşitli kanser hücrelerinde proliferasyonun inhibisyonu dahil olmak üzere çeşitli kanser yönetimi etkileriyle ilişkilendirmiştir (Pan ve ark., 2011). Arı zehri, intrinsik apoptozu indükleyen mitokondriden ROS üretimini arttırmaktadır (Li ve ark., 2001). Arı zehri ve melittin, kaspazdan bağımsız apoptozu aktive eden mitokondriyal proteinler olan apoptoz kaynaklı faktör (AIF) ve endonükleaz G (EndoG) üretimini arttırdığı bildirilmiştir (Kroemer ve Martin, 2005). Apitoksin insan lösemik U937 hücrelerinde hücre proliferasyonunu inhibe eder ve apoptozu

indükler. U937 hücrelerinde arı zehri ile indüklenen apoptozun, Bcl-2'nin aşağı regülasyonu ve kaspaz-3'ün yukarı regülasyonu ile yakından ilişkilidir. Ayrıca, ERK ve Akt'nin aşağı regülasyonu, arı zehrinin neden olduğu apoptozda önemli bir role sahip olabilir (Moon ve ark., 2006). Zheng ve arkadaşlarının (2015) yaptıkları çalışmada arı zehrinin apoptoz indüklenmesi yoluyla kolon kanseri hücrelerinin büyümesini inhibe ettiğini bulmuşlardır. Ayrıca ölüm reseptörü (DR) 4, DR5, p53, p21, Bax, bölünmüş kaspaz-3, bölünmüş kaspaz-8 ve bölünmüş kaspaz-9 ekspresyonunun arı zehri tedavisi ile doza bağımlı bir şekilde arttığını ve kanser hücre büyüme inhibisyonu ile uyumlu, nükleer faktör kappa B'nin (NF-KB) DNA bağlama aktivitesi de arı zehri tedavisi ile inhibe olduğunu, arı zehrinin doğrudan NF-KB p50 alt birimine bağlanarak NF-KB aktivasyonunu bloke ettiğini bildirmişlerdir.

**Melittinin Antikanser İlaç Olma Potansiyeli**

Arı zehrinin 26 amino asitten meydana gelmiş önemli bir peptit bileşeni olan, biyolojik olarak aktif ana bileşenlerden olan melittin; PLA2 aktivitesinin arttırılması, kanser hücrelerine karşı sitotoksik etki, anti-inflamatuar ve anti-artritik etki, membran aktif, membranların yüzey gerilimi azaltma, çok küçük dozlarda anti-inflamatuar etki, düz kasları uyarma, kılcal geçirgenliği arttırma, kan dolaşımını arttırma, kan basıncını düşürme, kan pıhtılaşmasını azaltma, immün sistemi uyarma, immünosupresif etki, radyasyon koruyucu etki, merkezi sinir sistemini etkileme, antibakteriyel, antiviral, antifungal, antikanser daha yüksek dozlarda inflamatuar etki

ve hemolitik aktivite gibi bir çok özellikleri bulunmaktadır (Bogdanov, 2015). MEL fosfolipid çift katmanlarına girebilir ve yüzey aktif madde aktivitesi sergileyebilir. MEL ve hücre zarları arasındaki ilişki, fosfolipidlerin asil gruplarının bozulmasına, fosfolipaz tarafından fosfolipid hidrolizine duyarlılığın artmasına ve fosfolipidlerden salınan araşidonik asitten prostaglandin sentezinin artmasına neden olur (Mufson ve ark., 1979).

Melittin, kanser hücrelerinin fizyolojisi üzerinde farklı şekillerde etki eden apitoksinden izole edilen en büyük anti-kanser aktiviteye sahip olan peptittir (Gajski ve Garaj-Vrhovac, 2013). Kuru zehrin yaklaşık %50'sini oluşturan temel bir polipeptit olan melittinin potansiyel anti-kanser özelliklerine bakıldığında arı zehrinin antitümör etkisi, melittine atfedilir (Lim ve ark., 2019). Melittin, kanser tedavisi için çekici bir adaydır. Bu ajan, klinik öncesi hücre kültüründe ve hayvan modeli sistemlerinde çeşitli anti-tümör etkiler göstermiştir (Rady ve ark., 2017). MEL'in bir kanser kemoterapötik ajanı olarak potansiyel uygulanabilirliği uzun süredir bilinmesine rağmen, kandaki hızlı bozunması, hemolitik aktivitesi ve spesifik olmayan hücresel litik aktivitesi önemli zorluklar ortaya çıkarmaktadır (Heinen ve Gorini da Veiga, 2011). Kanser tedavisi için doğal ve sentetik amfipatik peptitlerden biri olan melittinin klinik uygulaması, kırmızı kan hücrelerini parçalayan kötü şöhretli yan etkileri nedeniyle engellenir (Cheng ve ark., 2014). Arı zehrinin, daha spesifik olarak melittinin çeşitli kanser türlerine karşı potansiyel kullanımına ilişkin birçok ikna edici sonuç olmasına rağmen, spesifik olmayan sitotoksisitesi

nedeniyle insanlara uygulanabilirliği çok zor olmaya devam etmektedir (Gülmez ve ark., 2017). Geniş bir tümör hücresi spektrumu için sitotoksik olmasına rağmen, peptit normal hücreler için de toksiktir. Bu nedenle, terapötik potansiyeli, önemli miktarda melittini intravenöz olarak güvenli bir şekilde iletme ve tümörleri hedef alma ve öldürme yeteneğine sahip MEL nanoparçacıkları tarafından üstesinden gelinebilecek uygun bir dağıtım aracı olmadan elde edilememektedir (Gajski ve Garaj-Vrhovac, 2013). Kanser tedavisi için MEL kullanımıyla ilgili bu sorunları aşmak adına nanoteknoloji, gen terapisi ve immünokonjugasyon, in vitro ve hayvan model sistemlerinde kanser tedavisinde MEL'in etkinliği, seçiciliği ve özgüllüğü arttırmak için nanoparçacık bazlı MEL dağıtımının kullanımını içeren çeşitli optimizasyon yaklaşımları kullanılmaya çalışılmaktadır (Rady ve ark., 2017). Bu optimizasyon yaklaşımlarının bir örneğinde melittin uygun vezikül taşıyıcılar olan niozomlara yüklenmiş ve melittinden daha fazla kanser önleyici etkiye sahip olduğu beyan edilmiştir. Niozomların, serbest forma kıyasla melittin için uygun vezikül taşıyıcılar olduğunu göstermişlerdir (Dabbagh Moghaddam ve ark., 2021). Adenovirüs aracılı melittinin insan hepatoselüler karsinom hücre dizisi (HCC) BEL-7402'nin gastrointestinal tümör hücreleri apoptozunu indükleyebildiği gösterilmiştir (Li ve ark., 2006). MG63 osteosarkom hücrelerinde yapılan başka bir çalışmada, melittin, protein kinaz-C ve fosfolipaz A2 aktivitesinden bağımsız bir şekilde L-tipi Ca2+ kanallarından Ca2+ girişine neden olarak Ca2+ artışına neden olmuş ve bu Ca2+ artışı daha sonra apoptoza neden olmuştur (Chu ve ark., 2007).

Melittinin apoptoz düzenlemesinin etkilerine ve meme, yumurtalık, prostat, akciğer gibi çeşitli kanser türlerinde apoptozu indükleyen faktörlere yönelik çok sayıda çalışma yapılmıştır. Yapılan son çalışmalar lösemi tedavisinde terapötik bir ajan olma potansiyelini göstermektedir (Ceremuga ve ark., 2020). Nitekim melittinin yüksek seviyelerde ras onkogeni eksprese eden hücrelere karşı spesifik olarak seçim yaptığı gösterilmiştir. Kültürde, onkoproteini eksprese eden hücreleri spesifik olarak ortadan kaldırabildiği belirtilmiştir (Sharma, 1992). Melittinin, akciğer kanseri hücreleri gibi tümör hücrelerinin çoğalmasını önleyen bir konsantrasyonda normal hücrelerin büyümesini engellemediğini gözlemledi. Hücre tepkisindeki bu farklılıklar, normal ve tümör hücreleri arasındaki sinyal yollarının farklı aktivasyonunu gösterir (Zhu ve ark., 1991).

Melittinin malign melanomu tedavi etmek için çekici bir aday olduğunu göstermek adına yapılan çalışmalarda melittinin, malign melanom hücrelerinde büyüme, göç, klonojeniklik, istila ve melanogenez dahil olmak üzere çoklu onkojenik süreçleri güçlü bir şekilde baskıladığı gösterilmiştir (Lim ve ark., 2019). Hait ve ark. (1985)'de yaptıkları çalışmada ilk olarak melittinin in vitro inhibitör etkisini gösterdiğini gözlemlediler. Bir kalmodulin inhibitörü olan melittinin insan ve murin lösemik hücrelerinin büyümesini ve klonojenikliğini inhibe ettiğini ve bunların potensinin kalmodulin inhibitörleri olarak aktivitelerini yansıttığını ayrıca fenotiyazin metaboliti olan klorpromazin sülfoksitten daha güçlü bir hücre büyümesi ve klonojenisite inhibitörü olduğunu bildirdiler.

Melittin, bazıları nihai apoptoz ile ilgili olan pek çok kanser hücresi türü ile etkileşime girme kapasitesine sahiptir. Bu aktivite, farklı hücre hatları üzerinde değerlendirilmiştir. Örneğin, melittin, ölüm reseptörlerinin (DR), DR3, DR4 ve DR6 ekspresyonunu artırarak ve STAT3 yolağının sinyal dönüştürücülerinin ve aktivatörlerinin inaktivasyonunu artırarak insan yumurtalık kanseri hücrelerinin hücre büyümesini inhibe edebilir ve en nihayetinde apoptoz meydana gelir (Jo ve ark., 2012). Lim ve ark. (2019)'da melittinin malign melanomun önlenmesi ve tedavisi için potansiyel olarak uygulanabileceğini gösterdikleri çalışmada, melittinin arı zehrinden daha güçlü antikanser etkiler gösterdiği arı zehiri ve melittinin kaspaz bağımlı bir şekilde apoptozu indüklediğini bulmuşlardır. Ayrıca, antimelanom etkinin, PI3K/AKT/mTOR ve MAPK sinyal yollarının down regülasyonu ile ilgili olduğunu ve melittinin kemoterapötik ajan Temozolomid (TMZ) ile kombinasyonunun, melanom hücrelerinin TMZ'ye karşı duyarlılığını ve melanom hücrelerinde istilanın yanı sıra büyümenin inhibisyonunu önemli ölçüde arttırdığı bildirmişlerdir.

**Fosfolipaz A2'nin Antikanser İlaç Olma Potansiyeli**

Yılanlar, arılar ve akrepler dahil olmak üzere çoğu zehirli hayvan, hem avın sindirimine hem de zehir toksisitesine katılan çeşitli zehir fosfolipazları A2 (vPLA2s) içerir. Şimdiye kadar 150'den fazla vPLA2s karakterize edilmiştir. Hepsinin birkaç disülfid köprüsü ile korunmuş bir kıvrımı vardır, katalitik olarak aktif olabilir veya olmayabilir ancak birçoğu nörotoksisite ve miyotoksisite dahil olmak üzere muazzam bir dizi toksik etki gösterebilir (Valentin ve Lambeau,

2000). Arı zehrinden gelen fosfolipaz A2, bir yağ asidi ve bir lizofosfolipid üretmek için gliserofosfolipidlerin sn-2 esterini hidrolize eden kalsiyum bağımlı bir enzimdir. Fosfolipidleri yok eder, lipid çift katmanlarının bütünlüğünü bozar, böylece hücreleri daha fazla bozulmaya duyarlı hale getirir (Gräler ve Goetzl, 2002). Fosfolipaz A2 enzimleri lipid metabolizmasında yer alır ve bu nedenle çeşitli hücresel süreçlerin merkezinde yer alır (Laye ve Gill, 2003). Fosfolipaz A2 enzimleri, genellikle sitozolik PLA2'ler (cPLA2'ler), kalsiyumdan bağımsız PLA2'ler (iPLA2'ler), salgılanan PLA2'ler (sPLA2'ler), lizozomal PLA2'ler, trombosit aktive edici faktör (PAF) asetilhidrolazlar ve yağa özgü PLA2'lerden oluşur. İlk üç PLA2 alt ailesi, iltihaplanma ile ilgili hastalıklar ve kanserde önemli roller oynamaktadır (Peng ve ark., 2021). İnsanlarda alerjik reaksiyonlara neden olabilen grup III salgı PLA2 (sPLA2) grubuna aittir. sPLA2 inflamatuar etkilerini esas olarak prostaglandin ve fosfolipidlerin sn-2 asil bağını tanıyarak ve katalitik olarak hidrolize ederek arşidonik ve lizofosfatidik asitler dahil diğer inflamatuar aracıların biyosentezini indükleyerek gösterir (Welker ve ark., 2011). Hücresel sinyalleşmedeki rollerine ek olarak, PLA2'ler, iltihaplanma, doku onarımı ve kanser dahil olmak üzere çeşitli patolojik koşullarla ilişkilendirilmiştir. Çeşitli tümör tiplerinde yüksek sPLA2 ve cPLA2 seviyeleri bildirilmiştir (Laye ve Gill, 2003).

PLA2'lerin kanser hücrelerinde lipid yeniden programlamaya ve gliserofosfolipid yeniden şekillenmesine aracılık ettiği mekanizmalar gösterilmektedir. Araşidonik asit kaskadının yukarı akış

düzenleyicileri olarak PLA2'ler genellikle çeşitli kanserlerde yüksek oranda eksprese edilir ve aktive edilir. Bu nedenle kanserde potansiyel farmakolojik hedefler ve biyobelirteçler olarak kabul edilebilirler (Peng ve ark., 2021). PLA2'nin inhibisyonu, kanser hücresi büyümesini ve in vitro ölümü değiştirir ve kontrol dokularına kıyasla meme, akciğer ve prostat kanserlerinde PLA2 ekspresyonu artar. Bu sebepten PLA2 kemoterapötikler için yeni hedefler olabilir (Cummings, 2007). Metastatik kanser için geliştirilmiş tedavilere acilen ihtiyaç duyulduğu için yapılan çalışmalarda ilk biyolojik ve bir antikanser nanotedavi olarak yanıt veren ve kısmen EGFR durumu ile korele, PLA2 içeren polimer terapötik Dekstrin-PLA2 konjugatı tasarlanmış, insan meme, kolon ve murin melanom kanser hücrelerine karşı önemli toksisite gösterdiği tesbit edilmiştir. Dekstrin-PLA2 konjugatları, yeni antikanser ajanları olarak ilerisi için in vivo değerlendirme potansiyeline sahip olduğu anlaşılmıştır. Epidermal büyüme faktörü reseptörleri (EGFR) ile etkileşerek etki gösteriyor gibi görünen bir antitümör proteini olan fosfolipaz A2, son zamanlarda faz I klinik deneylerinde meme kanserinde aktivite göstermiş olsa da, spesifik olmayan nörotoksisite de sergilemiştir. Enzimin hidrolitik aktivitesi α-amilaza maruz bırakılarak arttırılırken dekstrin-PLA2 konjugatının, α-amilaza maruz bırakılsa da doğal enzimden daha az hemolitik aktivite görüldüğü tespit edilmiştir (Ferguson ve Duncan, 2009). Prostat kanserinden ölüm, kanser hücrelerinin ilerlemesinin androjene dirençli ve metastatik hale gelmesinin bir sonucudur. Siklooksijenaz (COX) ve lipoksijenaz (LOX) enzimlerine ek olarak PLA2 enzimleri prostat kanseri tedavisi için önemli hedefleri temsil

ettiği belirtilmiştir. COX veya LOX ürünlerini bloke eden farmakolojik ajanlar, prostat kanseri boyutunu etkili bir şekilde azaltır. Son zamanlarda, hem COX hem de LOX türevli eikosanoidlere araşidonik asit sağlanmasını düzenleyen fosfolipaz A2 enzimlerinin, prostat kanseri hücrelerinin ve tümörlerinin büyümesini de düzenlediği bulunmuştur (Dong ve ark., 2006).

**Melittin ve Fosfolipaz A2'nin Sinerjit Antikanser Etkisi**

Melittin ve PLA2, *A. mellifera* türünün zehrindeki iki ana bileşendir ve birçok çalışma, bunların antitümöral etkilerini açıklamaktadır (Oršolić, 2012) Melittin ve fosfolipaz A2 'nin zarları bozmak için sinerjik olarak çalıştıkları gösterilmiştir (Damianoglou ve ark., 2010). Arı zehri, izole ve karakterize edilmiş iki madde olan melittin ve PLA2 nedeniyle anti-kanser aktivitelerine sahiptir (Oršolić, 2012). Melittinin fosfolipaz A2'yi aktive ettiği öne sürülmüştür (Fletcher ve ark., 1990). Melittinin, farklı hücre tiplerinde hücre ölümünü uyarabilen bir PLA2 aktivatörü ve Ca2+ giriş indükleyicisi olduğu bildirilmektedir (Chu ve ark., 2007). Birçok çalışmada oldukça seçici bir fosfolipaz A2 aktivatörü olarak kullanılmaktadır. Melittinin, fosfolipaz A2 aktivasyonu ile bir yol aracılığıyla osteosarkom hücrelerinde Ca2+ artışını indüklediği bildirilmektedir (Mix ve ark., 1984). Melittin, konsantrasyona bağlı bir şekilde Ca2+'ya bağlı sitotoksisiteye neden olabilir. Melittinin Ca2+ düzeylerini değiştirip değiştirmediğini ve Madin-Darby köpek böbrek (MDCK) hücrelerinde Ca2+'ya bağlı hücre ölümüne neden olup olmadığı incelenmiştir. 0,5 µM'nin üzerindeki konsantrasyonlarda melittin, konsantrasyona bağlı

bir şekilde Ca2+'yi artırmıştır. Melittin toplu olarak, MDCK hücrelerinde, endoplazmik retikulumdan Ca2+ salınımına ve hücre dışı boşluktan Ca2+ akışına neden olarak bir Ca2+ artışına neden olmuştur. Melittin ile indüklenen Ca2+ akışı, ayrıca melittinin neden olduğu Mn2+ akışıyla da ilişkilendirilmiştir. 0,5–20 μM konsantrasyonlarda melittin, konsantrasyona bağlı bir şekilde hücreleri öldürdüğü görülmüştür. 0,5–2 μM'deki melittin ise propidium iyodür boyamasının akış sitometrisi ile değerlendirilmesi üzere apoptoza neden olmuştur (Liu ve ark., 2008). Çalışmalar PLA2 hiperaktivasyonunun kapsamı ile Ca2+'nın mobilizasyonu arasında yakın bir ilişki olduğunu ortaya koyarak nedensel bir ilişki olduğunu düşündürmektedir. Melittin ras-dönüştürülmüş hücrelerde kalsiyum iyonlarının artan Ca2+ akışının aracılığı ile fosfolipaz A2'yi hiperaktive etme yeteneğini göstermektedir (Sharma, 1993). Melittin ras onkogeni ile dönüştürülmüş hücrelerde PLA2 aktivasyonunu arttırır, bu da bu hücrelerin seçici olarak yok edilmesiyle sonuçlanır. Bu sonuçlar, PLA2'nin melittin tarafından arttırılmış aktivasyonunun, tümör hücrelerine karşı melittin sitotoksisitesinin hedefi olabileceğini düşündürmektedir (Sharma, 1992).

Yine başka bir çalışmada, *A. mellifera syriaca* arılarından elde edilen *A. mellifera* zehirinin ve melittinin HCT116 hücrelerinin hücre ölümünü indüklediği gösterilmiştir. İnsan kolon kanseri hücreleri üzerinde hem melittin hem de PLA2 arasında sinerjik bir sitotoksik etkinin varlığı ilk kez gösterilmiştir. Melittinin, PLA2'nin sitotoksik etkisi için melittine olan ihtiyacı vurgulayan, insan kolon kanseri

hücrelerinde PLA2'nin aktivitesini önemli ölçüde arttırdığını açıkça göstermektedir. Aktivitenin özgüllüğü henüz ele alınmamış olsa da, bu bulgular kanser hücre dizilerini hedef alan yeni terapötiklerin geliştirilmesi için bir temel olarak hizmet edebilir (Yaacoub ve ark., 2021). Ölümsüz olarak tabir edilen N/TERT keratinosit hücreleri ile yapılan bir çalışmada hücrelere farklı konsantrasyonlarda sitotoksinlerle muamele edilmiş ve hücrelerin hayatta kalması analiz edilmiştir. Sonuçta melittin, arı zehiri PLA2 ile birlikte beş kat daha yüksek sitotoksik etkiyi göstermiştir (Pucca ve ark., 2020).

## SONUÇ

Kanser, vücudun herhangi bir bölümünü etkileyebilen geniş bir hastalık grubu için kullanılan genel bir terimdir. İnsanlığı etkileyen en önemli hastalıklardan biridir ve dünya çapında önde gelen ölüm nedenlerinden biri olmaya devam etmektedir. Doğal ürünler, tarih boyunca özellikle bitkiler insan hastalıklarının tedavisinde baskın bir rol oynamıştır, geniş bir hastalık yelpazesinin tedavisi için ilaçların sağlanması başta olmak üzere, insanların temel ihtiyaçlarını karşılamıştır, sofistike geleneksel tıp sistemlerinin geliştirilmesinde baskın bir rol oynamıştır. Son yıllarda, yeni keşfedilen doğal bileşiklerin sayısında dinamik bir artış olduğu bilinmektedir. Birçok çalışma, bazı doğal ürünlerinin tümör hücresi büyümesini ve metastazı engellediğini ve apoptozu indüklediğini bildirerek, bu doğal bileşiklerin insan tümörlerinin alternatif bir ilaç tedavisi olarak, giderek artan bir şekilde uygulanmasını önermektedir. Bu doğal ürünler arasında; bal, polen, propolis, arı sütü ve arı zehri gibi bir dizi

arı ürününden elde edilen ikincil metabolitler yer alırlar. Doğal bir arı ürünü olan arı zehri ve önemli içeriklerinden biri melittin, fosfolipaz A2 ve bu bileşenlerin beraber sinerjisinin antikanser etkilerini ve kanser ilacı olma yolundaki potansiyeli ile ilgili yaptığımız bu çalışma ile arı zehrinin kanser hücrelerinde çoğalmayı engellediğini ve apoptozu indüklediğini ve melittinin kanser tedavisinde terapötik bir ajan olma potansiyelini, fosfolipaz A2 enzimlerinin, bazı kanser hücrelerinin ve tümörlerinin büyümesini de düzenlediğini, melittin ve fosfolipaz A2 'nin zarları bozmak için sinerjik olarak çalıştıklarını ve melittinin ras onkogeni ile dönüştürülmüş hücrelerde PLA2 aktivasyonunu arttırması ile hücrelerin seçici olarak yok edilmesiyle sonuçlanacağını mevcut literatüre dayanarak rapor ettik. Arı zehri ile ilgili ileride yapılacak olan kanser çalışmalarında, ilaç tasarımların da, özellikle zengin içeriği göz önüne alınarak arı zehri bileşenlerinin sinerjit etki edebileceği unutulmamalıdır. Arı zehrindeki hemolitik etkiye sahip melittin ile fosfolipaz A2'nin sinerjit özelliği göz önünde bulundurularak kanser hücrelerini yok etmedeki başarı potansiyelinin anti-tümoral çalışmalarda yoğun olarak değerlendirilmesi önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

Abd El-Wahed, A.A., Khalifa, S.A.M., Sheikh, B.Y., et al. (2019). Bee Venom Composition: From Chemistry to Biological Activity. *Studies in Natural Products Chemistry* 60: 459–84

American Cancer Society (2022). 2022 Cancer Facts & Figures

American Cancer Society (2018). Global Cancer - Facts&Figures 4th Edition. *American Cancer Society* 12–15

Bogdanov, S. 2015. Bee venom: Composition, health, medicine: A review. Peptides, 1, 1–20.

Banks, B.E.C., Brown, C., Burgess, G.M., et al. (1979). Apamin blocks certain neurotransmitter-induced increases in potassium permeability. *Nature 1979 282:5737* 282: (5737) 415–17

Bellik, Y. (2015). Bee Venom: Its Potential Use in Alternative Medicine. *Anti-Infective Agents* 13: (1) 3–16

Ceremuga, M., Stela, M., Janik, E., et al. (2020). Melittin-A Natural Peptide from Bee Venom Which Induces Apoptosis in Human Leukaemia Cells. *Biomolecules* 10: (2)

Cheng, B., Thapa, B., K.C., R., et al. (2014). Dual secured nano-melittin for the safe and effective eradication of cancer cells. *Journal of Materials Chemistry B* 3: (1) 25–29

Chu, S.T., Cheng, H.H., Huang, C.J., et al. (2007). Phospholipase A2-independent Ca2+ entry and subsequent apoptosis induced by melittin in human MG63 osteosarcoma cells. *Life sciences* 80: (4) 364–69

Cummings, B.S. (2007). Phospholipase A2 as targets for anti-cancer drugs. *Biochemical Pharmacology* 74: (7) 949–59

Dabbagh Moghaddam, F., Akbarzadeh, I., Marzbankia, E., et al. (2021). Delivery of melittin-loaded niosomes for breast cancer treatment: an in vitro and in vivo evaluation of anti-cancer effect. *Cancer Nanotechnology* 12: (1) 1–35

Damianoglou, A., Rodger, A., Pridmore, C., et al. (2010). The synergistic action of melittin and phospholipase A2 with lipid membranes: development of linear

dichroism for membrane-insertion kinetics. *Protein and peptide letters* 17: (11) 1351–62

Dong, Q., Patel, M., Scott, K.F., et al. (2006). Oncogenic action of phospholipase A2 in prostate cancer. *Cancer Letters* 240: (1) 9–16

Dudler, T., Chen, W.Q., Wang, S., et al. (1992). High-level expression in Escherichia coli and rapid purification of enzymatically active honey bee venom phospholipase A2. *Biochimica et biophysica acta* 1165: (2) 201–10

Ferguson, E.L., Duncan, R. (2009). Dextrin-phospholipase A2: Synthesis and evaluation as a bioresponsive anticancer conjugate. *Biomacromolecules* 10: (6) 1358–64

Fletcher, J.E., Michaux, K., Jiang, M.S. (1990). Contribution of bee venom phospholipase A2 contamination in melittin fractions to presumed activation of tissue phospholipase A2. *Toxicon : official journal of the International Society on Toxinology* 28: (6) 647–56

Frankish, H. (2003). 15 million new cancer cases per year by 2020, says WHO. *Lancet (London, England)* 361: (9365) 1278

Gajski, G., Garaj-Vrhovac, V. (2013). Melittin: a lytic peptide with anticancer properties. *Environmental toxicology and pharmacology* 36: (2) 697–705

Gräler, M.H., Goetzl, E.J. (2002). Lysophospholipids and their G protein-coupled receptors in inflammation and immunity. *Biochimica et biophysica acta* 1582: (1–3) 168–74

Gülmez, Y., Aydın, A., Can, İ., et al. (2017). Cellular toxicity and biological activities of honey bee (Apis mellifera L.) venom. *Marmara Pharmaceutical Journal* 21: (2) 251–60

Habermann, E. (1972). Bee and wasp venoms. *Science (New York, N.Y.)* 177: (4046) 314–22

Hait, W.N., Grais, L., Benz, C., et al. (1985). Inhibition of growth of leukemic cells by inhibitors of calmodulin: phenothiazines and melittin. *Cancer chemotherapy and pharmacology* 14: (3) 202–5

Han, S., Park, K., Nicholls, Y., et al. (2013). Effects of honeybee (Apis mellifera) venom on keratinocyte migration in vitro. *Pharmacognosy Magazine* 9: (35)

220

Havas, L.J. (1950). Effect of Bee Venom on Colchicine-induced Tumours. *Nature 1950 166:4222* 166: (4222) 567–68

Heinen, T.E., Gorini da Veiga, A.B. (2011). Arthropod venoms and cancer. *Toxicon : official journal of the International Society on Toxinology* 57: (4) 497–511

Hugues, M., Romey, G., Duval, D., et al. (1982). Apamin as a selective blocker of the calcium-dependent potassium channel in neuroblastoma cells: voltage-clamp and biochemical characterization of the toxin receptor. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 79: (4) 1308–12

J A McDonald, F P Li, C.R.M. (1979). Cancer mortality among beekeepers. *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 21: (12) 811–13

Jo, H., Baek, H., Park, S.Y., et al. (2021). The Responsiveness of Bee Venom Phospholipase A2 on Regulatory T Cells Correlates with the CD11c+CD206+Population in Human Peripheral Blood Mononuclear Cells. *Toxins 2021, Vol. 13, Page 717* 13: (10) 717

Jo, M., Park, M.H., Kollipara, P.S., et al. (2012). Anti-cancer effect of bee venom toxin and melittin in ovarian cancer cells through induction of death receptors and inhibition of JAK2/STAT3 pathway. *Toxicology and Applied Pharmacology* 258: (1) 72–81

Koburova, K.L., Michailova, S.G., Shkenderov, S. V. (1985). Further investigation on the antiinflammatory properties of adolapin. Bee venom polypeptide. *Acta Physiologica et Pharmacologica Bulgarica* 11: (2) 50–55

Laye, J.P., Gill, J.H. (2003). Phospholipase A2 expression in tumours: A target for therapeutic intervention? *Drug Discovery Today* 8: (15) 710–16

Leuschner, C., Hansel, W. (2005). Membrane Disrupting Lytic Peptides for Cancer Treatments. *Current Pharmaceutical Design* 10: (19) 2299–2310

Li, B., Gu, W., Zhang, C., et al. (2006). Growth Arrest and Apoptosis of the Human Hepatocellular Carcinoma Cell Line Bel-7402 Induced by Melittin. *Oncology Research and Treatment* 29: (8–9) 367–71

Li, L.Y., Luo, X., Wang, X. (2001). Endonuclease G is an apoptotic DNase when released from mitochondria. *Nature* 412: (6842) 95–99

Lim, H.N., Baek, S.B., Jung, H.J. (2019). Bee Venom and Its Peptide Component Melittin Suppress Growth and Migration of Melanoma Cells via Inhibition of PI3K/AKT/mTOR and MAPK Pathways. *Molecules* 24: (5)

Liu, S.I., Cheng, H.H., Huang, C.J., et al. (2008). Melittin-induced [Ca2+]i increases and subsequent death in canine renal tubular cells. *Human and Experimental Toxicology* 27: (5) 417–24

Mix, L.L., Dinerstein, R.J., Villereal, M.L. (1984). Mitogens and melittin stimulate an increase in intracellular free calcium concentration in human fibroblasts. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 119: (1) 69–75

Moon, D.O., Park, S.Y., Heo, M.S., et al. (2006). Key regulators in bee venom-induced apoptosis are Bcl-2 and caspase-3 in human leukemic U937 cells through downregulation of ERK and Akt. *International Immunopharmacology* 6: (12) 1796–1807

Mourre, C., Fournier, C., Soumireu-Mourat, B. (1997). Apamin, a blocker of the calcium-activated potassium channel, induces neurodegeneration of Purkinje cells exclusively. *Brain Research* 778: (2) 405–8

Mufson, R.A., Laskin, J.D., Fisher, P.B., et al. (1979). Melittin shares certain cellular effects with phorbol ester tumour promoters. *Nature 1979 280:5717* 280: (5717) 72–74

Murakami, M., Sato, H., Miki, Y., et al. (2015). A new era of secreted phospholipase $A_2$. *Journal of lipid research* 56: (7) 1248–61

Oršolić, N. (2012). Bee venom in cancer therapy. *Cancer and Metastasis Reviews* 31: (1–2) 173–94

Palm, N.W., Rosenstein, R.K., Yu, S., et al. (2013). Bee venom phospholipase A2 induces a primary type 2 response that is dependent on the receptor ST2 and confers protective immunity. *Immunity* 39: (5) 976–85

Pan, H., Soman, N.R., Schlesinger, P.H., et al. (2011). Cytolytic peptide nanoparticles ('NanoBees') for cancer therapy. *Wiley interdisciplinary reviews. Nanomedicine and nanobiotechnology* 3: (3) 318–27

Peng, Z., Chang, Y., Fan, J., et al. (2021). Phospholipase A2 superfamily in cancer. *Cancer Letters* 497: 165–77

Pucca, M.B., Ahmadi, S., Cerni, F.A., et al. (2020). Unity Makes Strength: Exploring Intraspecies and Interspecies Toxin Synergism between Phospholipases A2 and Cytotoxins. *Frontiers in Pharmacology* 11: (May) 1–10

Raghuraman, H., Chattopadhyay, A. (2007). Melittin: a membrane-active peptide with diverse functions. *Bioscience reports* 27: (4–5) 189–223

Sharma, S. V. (1993). Melittin-induced hyperactivation of phospholipase A2 activity and calcium influx in ras-transformed cells. *Oncogene* 8: (4) 939–47

Sharma, S. V. (1992). Melittin resistance: a counterselection for ras transformation. *Oncogene* 7: (2) 193–201

Shipolini, R.A., Doonan, S., Vernon, C.A. (1974). The Disulphide Bridges of Phospholipase A2 from Bee Venom. *European Journal of Biochemistry* 48: (2) 477–83

Son, D.J., Lee, J.W., Lee, Y.H., et al. (2007). Therapeutic application of anti-arthritis, pain-releasing, and anti-cancer effects of bee venom and its constituent compounds. *Pharmacology & Therapeutics* 115: (2) 246–70

Torre, L.A., Bray, F., Siegel, R.L., et al. (2015). Global cancer statistics, 2012. *CA: a cancer journal for clinicians* 65: (2) 87–108

Valentin, E., Lambeau, G. (2000). What can venom phospholipases A2 tell us about the functional diversity of mammalian secreted phospholipases A2? *Biochimie* 82: (9–10) 815–31

Wehbe, R., Frangieh, J., Rima, M., et al. (2019). Bee Venom: Overview of Main Compounds and Bioactivities for Therapeutic Interests. *Molecules* 24: (16)

Welker, S., Markert, Y., Köditz, J., et al. (2011). Disulfide bonds of phospholipase A2 from bee venom yield discrete contributions to its conformational stability. *Biochimie* 93: (2) 195–201

Yaacoub, C., Rifi, M., El-Obeid, D., et al. (2021). The cytotoxic effect of apis mellifera venom with a synergistic potential of its two main components—melittin and pla2—on colon cancer hct116 cell lines. *Molecules* 26: (8)

Zhang, S., Liu, Y., Ye, Y., et al. (2018). Bee venom therapy: Potential mechanisms and therapeutic applications. *Toxicon : official journal of the International Society on Toxinology* 148: 64–73

Zheng, J., Lee, H.L., Ham, Y.W., et al. (2015). Anti-cancer effect of bee venom on colon cancer cell growth by activation of death receptors and inhibition of nuclear factor kappa B. *Oncotarget* 6: (42) 44437–51

Zhu, H.G., Tayeh, I., Israel, L., et al. (1991). Different susceptibility of lung cell lines to inhibitors of tumor promotion and inducers of differentiation. *Journal of Biological Regulators and Homeostatic Agents* 5: (2) 52–58

Ziai, M.R., Russek, S., Wang, H. -C, et al. (1990). Mast cell degranulating peptide: a multi-functional neurotoxin. *The Journal of pharmacy and pharmacology* 42: (7) 457–61

# BÖLÜM 15

## BALIN BİYOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNE ETKİLERİ

Dr. Havva AYBEK*

Dr. Öğr. Üyesi Mahinur KIRICI**

*Bingöl Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Eczane hizmetleri Programı, Bingöl, Türkiye, 0000-0002-5084-8945, haybek@bingol.edu.tr
**Bingöl Üniversitesi, Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu, İş Sağlığı ve Güvenliği Programı, Bingöl, Türkiye, 0000-0003-4642-7387, mahinurkirici@gmail.com

## Giriş

Bal, yüksek besin değerleri ve insan sağlığına faydalı etkileri nedeniyle yıllardır tüketilen tatlı ve lezzetli bir üründür (Khalil ve ark., 2012). Bal, bitkilerin nektar ve özsularından bal arıları (*Apis mellifera L.*) tarafından üretilir ve işlenir (Ciucure ve Geană, 2018). Bu nedenle bal, ağırlıklı olarak karmaşık bir karbonhidrat karışımı ve şekerler, proteinler, nem, vitaminler, mineraller, 5-hidroksimetilfurfural (HMF), enzimler, flavonoidler, fenolik asitler ve uçucu bileşikler dahil olmak üzere yaklaşık 181 madde içerir. Balın ana bileşenleri nem, glikoz, fruktoz, sakaroz, mineraller ve proteinlerdir (Khalil ve ark., 2012). Fenolik bileşikler, başlıca fenolik asitler ve flavonoidler antimikrobiyal, antienflamatuar, antimutajenik, antitümör, antiviral, antioksidatif aktivite ve insan sağlığı üzerindeki diğer birçok etki dahil olmak üzere balın sağlığı geliştirici özelliklerinden sorumlu ana bileşenler olarak kabul edilmiştir (Khan ve ark., 2017). Balın terapötik potansiyeli, serbest oksijen radikallerine karşı antioksidan kapasitesi ile ilişkilidir, bu nedenle bal, doğal bir diyet antioksidanı olarak iyi bilinir (Meo ve ark., 2017). Bol miktarda besin içeren doğal bir besin kaynağı olarak bal, antioksidan, antibakteriyel, esmerleşme önleyici, ACE-inhibitör ve anti-inflamatuar aktiviteler gibi çeşitli faydalı biyolojik aktivitelerini gösteren birçok çalışma nedeniyle yaygın olarak tüketilmektedir. Bununla birlikte, sakaroz ve diğer sakaroz çeşitleri ile aşırı beslenme, olgunlaşmadan önce hasat, sağlıksız saklama koşulları ve aşırı kullanılan veteriner ilaçları gibi diğer faktörler balın kalitesi ve bileşimini olumsuz yönde etkilemektedir. Kovanlardan daha fazla bal

elde etmek için arıların şeker ve diğer sakaroz türleri ile aşırı beslenmesi uygulanabilir. Ancak bu yaklaşımlar balın prolin içeriğini, şeker içeriğini ve mineral içeriğini olumsuz etkiler. Bir diğer önemli konu da işçi arıların disakkariti (sakarozu) monosakkarit (glikoz ve fruktoz) haline getirmesidir. Ancak işçi arılar tarafından ne kadar sakarozun monosakkarite dönüştürüldüğü bilinmemektedir. Bununla birlikte, şekerli katkılı bal ile saf bal arasında ayrım yapmak için balın bazı özellikleri değerlendirilebilir. Saf bal örneklerini diğerlerinden (sakaroz) ayırt etmek için balın prolin, potasyum ve sodyum içeriğinin kullanılabileceği, farklı bal örneklerini birbirinden ayırmada ise sakaroz, prolin ve mineral içeriklerinin değerli olduğu bildirilmiştir (Guler ve ark., 2007).

## Biyokimyasal Özellikleri

### Balın Bileşimi

Bal, %82 karbonhidrat (sakaroz, fruktoz, maltoz), %0.3 protein, %17 su ve %0.7 mineral, vitamin ve antioksidanlardan oluşan kompleks bir karışımdır (Wilczynska, 2010).

Bal, şekerlerin yanı sıra birçok mineral ile birlikte özellikle B kompleksi ve C vitamini gibi birçok vitamin içerir. Balda bulunan vitaminlerden bazıları askorbik asit, pantotenik asit, niasin ve riboflavindir; kalsiyum, bakır, demir, magnezyum, manganez, fosfor, potasyum ve çinko gibi mineraller de bulunur (Ajibola ve ark., 2012). Balın diğer bileşenleri amino asitler, antibiyotik açısından zengin inhibin, proteinler ve fenol antioksidanlarıdır (Wang ve Li, 2011).

Ayrıca fenolik bileşenler, flavonoidler, organik asitler, karotenoid türevli bileşikler, nitrik oksit (NO) metabolitleri, amino asitler ve proteinler gibi diğer biyoaktif maddeleri de içerir (Arriaga ve ark., 2011). Balda glukoz oksidaz, diastaz, invertaz, fosfataz, katalaz ve peroksidaz gibi enzimlerin varlığı da belgelenmiştir. Yüksek düzeyde askorbik asit, katalaz, peroksidaz, flavonoidler, fenolik asitler ve karotenoidler balda yüksek düzeyde antioksidan sağlar (Asaduzzaman ve ark., 2015). Bal benzersiz bir doymuş kompleks çözelti olmasına rağmen, tüm ballar aynı olmayıp; botanik kaynaklarına, coğrafi konumlarına, arı türlerine, depolama koşullarına, arıcılığa ve ayrıca yıl içindeki toplama yılı ve zamanına bağlı olarak değişiklik gösterdiğinden, tüm bu faktörler balın kimyasal profilini etkileyebilir (Manyi-Loh ve ark., 2011).

**Tablo 1. Balın içeriğini oluşturan başlıca bileşenler (%)** (Mutlu ve ark., 2017).

| Çiçek Balı | | | Salgı Balı | |
|---|---|---|---|---|
| Ortalama | En Küçük-En Büyük | | Ortalama | En Küçük-En Büyük |
| Su | 17.2 | 15-20 | 16.3 | 15-20 |
| Monosakkaritler | | | | |
| Fruktoz | 38.2 | 30-45 | 31.8 | 28-40 |
| Glikoz | 31.3 | 24-40 | 26.1 | 19-32 |
| Disakkaritler | | | | |
| Sakkaroz | 0.7 | 0.1-4.8 | 0.5 | 0.1-4.7 |
| Diğerleri | 5.0 | 2-8 | 4.0 | 1-6 |
| Trisakkaritler | | | | |
| Melezitoz | <0.1 | - | 4.0 | 0.3-22 |
| Erloz | 0.8 | 0.5-6 | 1.0 | 0.1-6 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Diğerleri | 0.5 | 0.5-1 | 3.0 | 0.1-6 |
| Oligosakkaritler | 3.1 | - | 10.1 | - |
| Mineraller | 0.2 | 0.1-0.5 | 0.9 | 0.6-2 |
| Aminoasitler 0.2- | 0.3 | 0.4 | 0.6 | 0.4-0.7 |
| Asitler | 0.5 | 0.2-0.8 | 1.1 | 0.8-1.5 |
| pH değeri | 3.9 | 3.5-4.5 | 5.2 | 4.5-6.5 |

## Proteinler ve aminoasitler

Bal normalde %0.1-0.5 arasında protein içerir (Won ve ark., 2009). Balda on sekiz amino asit bulunur; prolin, toplam amino asit profilinin %50-85'ini temsil eder. Arginin, triptofan ve sistin, bazı bal türlerinde bulunan karakteristik amino asitlerdir (Anklam, 1998). Enzimler bu proteinlerin küçük bir kısmını oluşturur. Balda bulunan hem nektardan hem de arılardan kaynaklanan enzimler yaygındır (Weston, 2000). Baskın enzimler, nişastayı daha küçük birimlere ayıran diastazdır (amilaz); glukozu fruktoza dönüştüren invertaz (glukosidaz) ve glukozun glukonolaktona tepkimesini katalize eden glukoz oksidaz, glukonik asit ve hidrojen peroksit üretimi ile sonuçlanır (Bucekova ve ark., 2014). Katalaz bazı polen tanelerinde doğal olarak bulunur ve hidrojen peroksiti nötralize eder (Assia ve Ali, 2015).

## Su içeriği

Balın su içeriği, balın fermantasyon nedeniyle bozulmasını önlemek için belirlenmesi gereken önemli bir kalite parametresidir. Balın nem içeriği, balın kalitesini ve raf ömrünü etkilediği için isteğe bağlı olarak kabul edilen diğer parametreler gibi değildir. Uluslararası Bal

Komisyonu (IHC), bal ticareti için kabul edilecek herhangi bir bal numunesi için maksimum 20g su/100g bal limiti belirlemiştir. Nem içeriği, balın glikoz kristalizasyonu ve viskozitesi gibi diğer bal özellikleri üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir (Bogdanov ve ark., 2004).

Balın nem içeriği, kırılma indeksi, gravimetrik teknik veya Karl Fischer titrasyonu ile değerlendirilir (Sanchez ve ark, 2010). Balın yüksek şeker içeriği nedeniyle, balın ozmotik basıncı genellikle yüksektir ve bu da düşük su aktivitesine (aw) yol açar, rapor edilen aralık = 0.562-0.62, bu da ozmolariteye seyreltilmemiş balların antimikrobiyal aktivitesinde önemli bir rol verir; çünkü, örneğin, (aw) 0.94 - 0.99 aralığında olduğunda birçok bakteri türünün büyümesi tamamen engellenir (Molan, 1992).

**Asitlik**

Asitlik, balın antimikrobiyal aktivitesine katkıda bulunan bir diğer faktördür. Büyük bir rolü olduğu düşünülse de, daha yakın tarihli çalışmalar, asitliğin balın antibakteriyel aktivitesinde aslında küçük bir rol oynadığını göstermiştir (Molan, 1992). Balda yaklaşık 30 organik asit vardır; ancak glikoz oksidaz enziminin aktivitesine bağlı olarak üretilen glukonik asit balda %0.23-0.98 aralığında bulunan ana organik asittir (White, 1975).

**Şeker içeriği (Karbonhidratlar)**

Bal, esas olarak iki bileşenli şeker ve sudan oluşan karmaşık doymuş veya aşırı doymuş bir çözeltidir. Şekerler veya karbonhidratlar balın toplam kuru maddesinin %90'ından fazlasını oluşturur. Balın 180'den fazla maddeden oluştuğu ve aslında bu rakamın 600'e daha yakın olduğunu tahmin ettiği bildirilmiştir (Bogdanov ve ark., 2004). Balların karbonhidrat içeriği, fruktoz (levuloz) monosakkaritler, glikoz (dekstroz), sakaroz ve maltoz gibi disakkaritler gibi çeşitli şekerleri ve balın çiçek kaynağına göre farklılık gösterdiği görülen oligosakkaritleri içerir. Şekerler (sakkaritler) balın büyük kısmını, toplam balın yaklaşık %85-95'ini (a/h) oluşturur. Bal, çoğunlukla monosakkaritler fruktoz ve glikozdan oluşur. Balda 25 kadar farklı oligosakkarit de (di, tri ve tetrasakkaritler) rapor edilmiştir. Aynı zamanda bal katkısı olarak invert şurubu (IS), geleneksel mısır şurubu (CCS) ve yüksek fruktozlu mısır şurubu (HFCS) da kullanılabilmektedir. Bal, şekerlerin ve diğer bileşenlerin değişken ve karmaşık bir karışımıdır. En temel seviyesinde bal, oldukça ozmotik bir ortam yaratan basit karbonhidratların bir karışımından oluşur. Düşük seviyelerde su (~%18) ve yüksek seviyelerde şeker (~%80) kombinasyonu, balın mikroorganizmalar tarafından bozulmasını önlemek için tek başına yeterlidir. Ozmotik etki nedeniyle bakteri hücre duvarının bozulması meydana gelir. Ozmotik etkinin *Helicobacter pylori'*yi öldürmek için önemli bir parametre olduğu gösterilmiştir, ancak balın ozmotik etkinin ötesinde başka antibakteriyel faktörleri de vardır. Yapılan bir çalışmada, şekerlerin

ozmotik etkileri ile antibakteriyel aktiviteyi ayırt etmek için yapay bir bal solüsyonu kullanılmıştır (Cooper ve ark., 2002)

**Vitaminler ve mineraller**

Balda eser miktarda B vitaminleri (riboflavin, niasin, folik asit, pantotenik asit ve B6 vitamini) ve C vitaminleri (askorbik asit) bulunur. İşlenmemiş balda birçok farklı mineral (kalsiyum, demir, çinko, potasyum, krom, fosfor, magnezyum ve manganez) bulunur.

**Uçucu bileşikler**

Balda 600'den fazla uçucu organik bileşik (VOC) tanımlanmıştır. Uçucu maddeler, standart oda sıcaklığında yüksek buhar basıncına sahip organik kimyasallardır. Balda daha önce aldehitler, ketonlar, asitler, alkoller, esterler, hidrokarbonlar ve siklik bileşikler olmak üzere yedi ana bileşik tanımlanmıştır (Kaskonienė ve Venskutonis, 2010). Bal, düşük konsantrasyonda çok sayıda VOC içerir, ancak VOC'ler balın duyusal özelliğini etkiler ve balın lezzet, aroma, renk ve dokusu arıların ziyaret ettiği bitki ve çiçek türünden etkilenir (Manyi-Loh ve ark., 2011). Bazı VOC'ler bitkilerden veya nektar kaynağından kaynaklanırken, diğerleri ise balın işlenmesi veya depolanması sırasında oluşturulur (Jerkoviç ve ark., 2006).

Maillard reaksiyonu adı verilen reaksiyon balın ısıl işlem görmesi sonucu meydana gelir. Bu tepkimede şekerler ve amino asitler arasında VOC'lerin üretimi veya dönüşümü ile sonuçlanan enzimatik olmayan

bir esmerleşme reaksiyonu meydana gelir (Castro-Vazquez ve ark., 2008).

**Hidroksimetilfurfuraldehit (HMF)**

Hidroksimetilfurfuraldehit (HMF) de küçük miktarlarda mevcuttur. Fruktozun parçalanması sonucu asit varlığında oluşabilen HMF balın tağşişine delil olarak kabul edilmiş; bununla birlikte, taze balların bile az miktarda HMF içerdiği kanıtlanmıştır. Fruktozun parçalanması sonucu asit varlığında oluşabilen HMF balın tağşişine delil olarak kabul edilmiş; bununla birlikte, taze balların bile, balın orta veya yüksek sıcaklıklarda saklanması durumunda kolaylıkla yükseltilebilecek küçük miktarlarda HMF içerdiği kanıtlanmıştır; bu nedenle HMF seviyelerini minimumda tutmak için balın buzdolabında veya serin bir yerde saklanması gerekir, çünkü HMF balın kalitesi ve pazarlanmasında göz önünde bulundurulan ana faktörlerden biridir (Zappala ve ark., 2005).

**Enzimler**

Bal, bal arılarından kaynaklandığı bilinen glikoz oksidaz, invertaz, diastaz ve amilaz gibi bir dizi enzim içerir. Glikoz oksidaz, balların antibakteriyel aktivitesinde ve glukonik asit oluşumunda önemli bir rol oynar (Molan, 1992). Glukoz oksidaz (EC. 1.1.3.4, β-D-glukoz: oksijen oksido-redüktaz), bir flavoprotein olup moleküler oksijen varlığında glukozun yükseltgenerek glukono-δ-lakton ve $H_2O_2$ oluşum reaksiyonunu katalizlemektedir. Sulu artamda glukono-δ-lakton hidroliz olarak glukonik asit oluşmaktadır. Glukoz oksidaz enziminin yapısında bulunan FAD, $FADH_2$‘ye indirgenir. Moleküler oksijen

varlığında indirgenen glukoz oksidaz, oksijeni $H_2O_2$' ye ve indirgenmiş $FADH_2$'yi de FAD'a dönüştürür. Oluşan bu hidrojen peroksit oksidoredüktaz ailesinden olan katalaz enziminin (EC 1.11.1.6) katalizlediği bir reaksiyon ile $H_2O$ ve $O_2$ ye dönüşür (Bankar ve ark., 2009, Vardar ve ark., 2018). İnvertaz enzimi, nektardan elde edilen sakarozun, glikoz ve fruktoz arasında 1.2:1 oranında monosakkarit fruktoz ve glikoza dönüşümünü katalize eder (Anklam, 1998). Bazı ballarda da bulunan katalaz ve asit fosfataz gibi başka enzimler de vardır, ancak bunların bitkilerin polenlerinden ve nektarlarından elde edilmesi muhtemeldir (White, 1975).

**Fenolik bileşikler**

Balda tanımlanan başlıca fenolikler quercetin, pinocembrin, pinobanksin, chrysin, galangin, kaempferol ve luteolindir (Pyrzynska ve Biesaga, 2009). Aromatik asitler, bir aromatik halka ve bir organik asit işlevi (C6-C1 iskeleti) içerir. Fenolik bileşikler, bir fenolik halka ve bir organik karboksilik asit işlevi içerdiklerinden aromatik asitlerin bir örneğidir. Fenolik asitler birçok bitki türünde bulunabilir (Lin ve Harnly, 2007). Flavonoidler, birçok işlevi yerine getiren ve bitki pigmentasyonu, UV filtrasyonu ve simbiyotik nitrojen fiksasyonu için önemli olan bitkiye özel metabolitlerdir (Dixon ve Pasinetti, 2010). Flavonoidler bitkilerde yaygın olarak bulunur ve temel moleküler yapıları 2-fenil-1,4-benzopirondur. Bitki türevli fenolik asitler arasında benzoik, ferulik, gallik, klorojenik, kafeik, p-kumarik, ellajik ve siringik asitler bulunur. Fenolik bileşiklerin antibakteriyel, antiinflamatuar ve antioksidan aktiviteleri vardır. Fitokimyasalların

bileşiminin balın biyoaktivitesi üzerinde etkisi vardır (Saranraj ve Sivasakthi, 2018).

**Hidrojen peroksit**

1960'larda hidrojen peroksit ($H_2O_2$) balda önemli bir antibakteriyel bileşik olarak tanımlandı. Hidrojen peroksit, ağartıcı gibi temizlik ürünlerinde yaygın olarak kullanılır, ancak balın glikoz oksidasyonu sırasında doğal olarak da üretilir. Hidrojen peroksit ayrıca balın asitliğine ve sterilitesine katkıda bulunan bir faktördür. Pro-oksidan aktiviteye sahip hidrojen peroksit ve bal fenolikleri, bakteriyel büyüme inhibisyonu ve DNA bozulması ile sonuçlanan oksidatif hasarda yer alır. Brudzynski ve ark. (2012) hidrojen peroksitin bakteriyel DNA bozulmasına ve büyüme inhibisyonuna neden olan oksidatif hasara dahil olduğu sonucuna varmıştır (Brudzynski ve ark., 2012). Daha ileri çalışmalar, bakteriyostatik etkinin, hidrojen peroksitten üretilen hidroksil radikallerinin üretimi ve dolayısıyla konsantrasyonu ile doğrudan ilişkili olduğunu ortaya çıkardı. Hidrojen peroksit etkilerinin diğer bal bileşenleri tarafından modüle edildiğine inanılmaktadır (Brudzynski ve ark., 2011).

**Balın Sağlık İçin Önemi**

Bal: bitki nektarlarının, bitkilerin canlı kısımlarının salgılarının veya bitkilerin canlı kısımları üzerinde yaşayan bitki emici böceklerin salgılarının balarısı *A. mellifera* tarafından toplandıktan sonra kendine özgü maddelerle birleştirerek değişikliğe uğrattığı, su içeriğini düşürdüğü ve petekte depolayarak olgunlaştırdığı doğal ürünü olarak

tanımlanmıştır (Alimentarius, 1989). Bal, nicel ve ekonomik açıdan arıcılığın en önemli temel ürünüdür. Tek konsantre şeker formu olan balın kullanımı insanlık tarihi ile paralel olup hemen hemen bütün insanlık aleminde besin kaynağı olarak kullanılmış olmasının yanı sıra tedavi edici özelliklerinden de faydalanılmıştır. Balın dini ve büyü törenlerinde sembol olarak kullanıldığına dair kanıtlar bulunmaktadır

(Cartland, 1970; Crane, 1980; Zwaenepoel, 1984). Apitherapi kelimesi, Latince apis'ten gelmekte olup apis ise "arı" anlamına gelmektedir. Apiterapi tedavi amacıyla bal arılarının ürünlerinin kullanımıdır. Uluslararası Arıcılar Birliği Başkanı Dr. Stefan Stangaciu ise apiterapiyi, "bal arısı ve ürünleri aracılığıyla insanlığın ve tüm hayvanların yararı için tedavi ve bütünsel şifa sanatı ve bilimi" olarak tanımlamaktadır. Apiterapinin tarihi 6000 yıl öncesindeki eski Mısır'a, Çin'e ve Yunanistan'a kadar uzanmaktadır. MÖ 2000- 2100 yılların arasında Sümerliler tarafından tıbbi amaçlı ilk reçete kil tabletler üzerine yazılmıştır. Eski Mısırlılar ve Hintlilerin yara tedavisinde bal kullandıkları belirtilmiştir. Hipokrat ise balın faydalarını ülseri temizlediği, dudaklardaki sert ülseri yumuşattığı, yaraları iyileştirdiği, bedeni ısıttığı vb. şeklinde sıralamıştır. Hipokrat (M.Ö. 460–370), Aristo (M.Ö. 384–332) ve Galen (130–200 MS) arı zehri ve balın kelliğin tedavisinde kullanılabileceğini bildirmişlerdir (Hellneret ve ark., 2008). Birçok dini kitapta baldan bahsedilmiştir. Hindistan Veda, balın birçok hastalık için çare olduğu, İsrail oğullarının kutsal kitabı olan Tevrat'da 54 yerden baldan bahsedilmiş olup, vaat edilen kutsal toprakların bal ve zeytinyağı ile dolu olduğu tasvir edilmiştir

(Breadbear ve ark., 2009). İncil, Matta 4'te ise "Yahya'nın deve tüyünden giysisi, belinde deriden kuşağı vardı. Tek yediği, çekirge ve yaban balıydı" diye yazılıdır. Kuran-ı Kerim'de Nahl suresi 68 ve 69. ayetlerde "Rabbin bal arısına: Dağlardan, ağaçlardan ve insanların yaptıkları çardaklardan kendine evler (kovanlar) edin. Sonra meyvelerin her birinden ye ve Rabbinin sana kolaylaştırdığı yaylım yollarına gir, diye ilham etti. Onların karınlarından renkleri çeşitli bir şerbet (bal) çıkar ki, onda insanlar için şifa vardır. Elbette bunda düşünen bir kavim için büyük bir ibret vardır" denilmektedir (Sorucu, 2017).

**Antimikrobiyal etki**

Balın sahip olduğu antimikrobiyal etki, hem yüksek konsantrasyon, düşük nem ve yüksek asidik karaktere sahip olması hemde yapısında bulunan hidrojen peroksit, flavonoid ve fenolikasit gibi bileşiklerin varlığından kaynaklandığı bildirilmektedir. Bal, sahip olduğu özellikleri sebebiyle, insan patojen bakterilerin gelişimini inhibe eden bir ortama sahiptir. Bal sadece bakterilere karşı değil aynı zamanda virüs, parazit ve mantarlara karşıda inhibe edici özelliğe sahip olduğu bildirilmekte olup %10'luk bal konsantrasyonu ile muamele edilen *Ecinococccus granulosus* Batsch parazitine karşı 3. dakikadan itibaren öldürücü etkiye sahip olduğu belirtilmiştir (Karadal ve Yıldırım, 2012). Antimikrobiyal etkiye sahip olan balın bu özelliği içeriğinde bulunan benzoik asit, sinamik asit ve flavonoidler tarafından sağlandığı ve bu maddelerin de antimikrobiyal etkiye sahip oldukları belirlenmiştir (Weston ve ark., 1999). Yapilan bir çalışmada Meticiline karşı

antibiyotik direnci kazanan *Staphylococcus aureus Rosenbach* karşı yüksek antibikrobiyal özelliğe sahip olduğu tespit edilmiştir. Bir diğer çalışmada ise içeriği % 80 fruktoz ve glukozdan oluşan balların içerisinde özellikle *Escherichia coli, Staphylococcus aureus, Klebsiellapneu moniae Trevisan* ve *Pseudomonasa eruginosa Migula* 'ya bakterilerinin bulunduğu 21 çeşit bakteriye karşı inhibe edici etkiye sahip olduğu bunun yanı sıra % 40'a kadar düşen fruktoz ve glukoz oranına sahip balların *Escherichia coli*, Salmonella gibi Gram pozitif ve Gram negatif birçok bakteriye karşı da inhibe edici etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Sonmez 2004). Mansour tarafından yapılmış olan bir çalışmada balın patojen bakterilerin hem vejetatif formlarına hemde spor formlarına etki ettiği ve bu sebeple özellikle *Clostridium botulinum* bakterisinin spor formlarını yok ettiği belirtilmiştir (Mansour 2002). Taormina ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada ise *Escherichia coli O157:H7, Salmonellaty sp himurium, S. sonnei, Listeriamono cytogenes, Staphylococcus aureus, Bacillus cereus* bakterileri üzerine katalaz enzimi ve balın etkileri araştırılmış ve balın bakteri gelişimini inhibe ettiği ve özellikle *Bacillus cereus*'un üremesini tamamıyla durdurduğu *Staphylococcus aureus, Listeriamono cytogenes* ve *Shigella sonne* bakterilerinin % 25 oranında üremelerini engellediği tespit edilmiştir (Taormina ve ark., 2001).

**Antioksidan özelliği**

Antioksidanlar oluşan serbest radikalleri temizleyen, bu maddelerin meydana getirdiği hasarları ortadan kaldıran, detoksifiye eden ve hücre hasarını oluşumunu engelleyen maddeler olup, canlıda serbest

radikaller tarafından oluşturulan oksidatif stresi ortadan kaldırmak için kullanılan en iyi araçlardır. Radikal süpürücü olarak görev yapan antioksidanlar vücudun savunma sisteminin etki düzeyini arttırarak özellikle kanser, kardiyovasküler hastalıklar ve diyabet gibi hastalıklara karşı koruduğu bilinmekte olup bir çok farklı hastalığın riskini de azaltırlar ve bu maddeler canlıda doğal olarak sentezlenebildiği gibi dışarıdan da vücuda alınabilmektedirler (Sönmez, 2004, Karabulut ve Gülay, 2016). Balın antioksidan özelliğe sahip olmasını sağlayan maddeler α-tokoferol, askorbik asit, flavonoidler ve fenolik asitler, enzim bileşenleri (glukozoksidaz, katalaz, peroksidaz), amino asitler ve proteinler olup bu maddelerin oranları nektarın toplandığı bitki florasına,çevresel ve mevsimsel faktörlere bağlı olarak değişmektedir (Nagai ve ark., 2001, Karadal ve Yıldırım, 2012). Balın sahip olduğu antioksidan özellik yapısında bulunan fenolik maddelerin miktarı ile ilgili olduğu ve toplam fenolik madde artması ile balın antioksidan etkisinin de artacağı bildirilmiştir (Alzahrani ve ark., 2012). Literatürde balın hiperglisemi ve oksidatif stresi azalttığına dair çalışmalar mevcuttur. Diyabet oluşturulmuş sıçanlarda yapılan bir çalışmada sıçana uygulanan bal besin takviyesinin sıçan böbrek hücrelerinde oluşan oksidatif stres üzerine dozdan bağımsız olumlu etki gösterdiği ve hipoglisemik etkininde doz bağımlı olduğu belirtilmiştir Oluşan bu hipoglisemik etkinin balın içeriğinde bulunan oligosakkarit ve fruktozun hipoglisemik etkisi ile ilişkili olabileceği ve buna ilaveten diyabette görülen yaygın metabolik düzensizlikleri düzeltebileceği açıklanmaktadır (Erejuwa, 2014). Sağlıklı ve hiperlipidemik bireylerde, balın kan lipidleri, homosistein ve C-reaktif protein (CRP) düzeylerini

düşürdüğü ve Tip 2 DM'li hastalarda kanda insülin sekresyonunu düzenlediği belirtilmiştir (Eteraf-Oskouei ve Najafi, 2013). Yapılan bir çalışmada hayvanlarda non-enzimatik glikasyona karşı flavonoidlerin koruyucu etkiye sahip olduğu ve hiperglisemiyi azaltabileceği bildirilmiştir. Oksidatif stres hiperglisemi yoluyla uyarılarak ileri glikasyon son ürünleri ve hücre içi sorbitol oranı artmaktadır. Hiperglisemi sonucu oksidatif stres azaltılarak ileri glikasyon son ürünleri ve sorbitol oranı da azaltılmaktadır (Batumalaie ve ark., 2013).

**Sindirim sistemi üzerine etkisi**

Balın barsak hareketlerini düzenlemesinin yanı sıra, yağ sindirimini kolaylaştırdığı, asidoza engel olduğu ve iştahı açtığı bildirilmiştir (Akpınar, 2002). Önceki çalışmalarda balın yapısında bulunan maddelerin özellikle mide ülserine sebep olan *Helicobacter pylori* gelişimini inhibe ederek hastalığın seyrinin gerilemesini ve birçok sindirim sistemi hastalıkları tedavisinde etkili olduğu belirtilmiştir (Çakmak, 2001). Fareler ile yapılan bir çalışmada günlük diyetlerine eklenen bal farelerde bulunan mide lezyonlarının azalmasını sağladığı belirtilmiştir (Zanini ve ark., 2014). Tavşanlarla yapılan bir çalışmada ise oral yoldan verilen balın sindirim sistemlerinde bulunan glisirizin ve gliseritik miktarını azalttığı bildirilmiştir (Ching ve ark., 2002). Ali ve Al-Swayeh yapmış oldukları bir çalışmada ise mide mukozasının korunmasında kullanılan sucralfat ve allopurinol ile balın benzer etkiye sahip oldukları belirtilmiştir (Ali ve Al-Swayeh, 1997). Soğuk bal midedeki asit salınımını uyarırken sıcak bal ise asit salınımını inhibe

ederek yüksek asit miktarı sebebiyle ortaya çıkan ülserleşmeye engel olduğu belirtilmiştir (Kasianenko ve ark., 2002).

**Antiinflamatuar etkisi**

Balın antibakteriyel özelliğinin yanı sıra, infekte yara tedavisinde lenfositik ve fagositik aktivitenin bal tarafından uyarılması yara iyileşmesini etkili kıldığı (Mohapatra ve ark., 2011) ve bazı balların, yara iyileşmesini indükleyen bir sitokin olan TNF-α'nın makrofajlardan salınımını uyardığı bildirilmiştir (Tonks ve ark., 2003). Dioscorides'in kayıtlarına göre en az 2000 yıldır çok çeşitli infekte yara tiplerinin tedavisinde kullanılan bal, günümüzde tedavi edici amaçla kullanımına olan ilgi giderek artmaktadır. Bu yara tipleri arasında yanıklar, diyabetik ayak ülserleri, apseler, çıbanlar alt ekstremite cerrahisinden enfekte yaralar ve venöz bacak ülserleri vb yer almakta olup bu yaraların çoğunluğunda geleneksel antibiyotikler ve antiseptiklerle tedaviye yanıt vermeyen yaraları iyileştirmek için bal kullanılmıştır (Molan, 2001). Sıçanlarla yapılan bir çalışmada pansuman esnasında bal kullanılmış ve bu sıçanlarda enfeksiyon oluşmadığı gözlenmiştir. Greft ve flep dokusuna yapılan ballı ve normal pansuman kıyaslanmış ve bal kullanılarak yapılan pansumanın iyileşme süresinin normal pansumana göre daha kısa olduğu belirlenmiştir (Gürdal ve ark., 2003).

**Kanser üzerine etkisi**

Doğal metabolitleri içeren bal yapısında bulunan fenolik asit ve flavonoidler gibi biyoaktif bileşenler aracılığı ile kansere sebep olan oksidatif stresi ve serbest radikal oluşumunu inhibe ederek kanser

hücresi ve tümör gelişimini yavaşlatıcı veya durdurucu etkiye sahip olduğu ve bu sayede mide, kolon ve karaciğer kanser tiplerinin tedavisinde bal tüketiminin pozitif etkilere sahip olduğu bildirilmiştir (Erejuwa ve ark., 2014, Othman, 2012, Abdel-Latif, 2015). Tümör oluşturulmuş fare ve ratlarda yapılan bir çalışmada inokulasyonundan önceki 10 gün oral yolla bal verilmiş ve bunun sonucunda balın immun sistemi aktive ettiği belirgin bir şekilde antimetastazik bir etki gösterdiği belirtilmiştir (Bogdanov ve ark., 2008). Fareler üzerine yapılan bir çalışmada balın içeriğinde bulunan 5-floracil ve siklofosfamid'in farelerde beyin tümör hücrelerinde antimetastatik etkiye sahip olduğu belirlenmiştir (Gribel ve Pashinskii, 1990).

**Ağız, diş ve deri hastalıklarına etkisi**

*Streptococcus mitis, Streptococcussa brinus* ve *Lactobacillus casii* diş çürüğünden sorumlu bakteriler olup bu bakterilerin üretmiş oldukları asitin bal tarafından büyük ölçüde azaltıldığı belirtilmiştir. Bunun sebebinin dental plaktaki dekstran üretiminin bal tarafından engellemesi ve antibakteriyel özelliğinden kaynaklandığı, balın bu sayede dişetinin enflamatuar enfeksiyonlarının tedavisinde kullanılabileceği bildirilmiştir. Balın içeriğinde bulunan anti-enflamatuar bileşenler şişlik ve ağrının azalmasını sağlamıştır (Özmen ve Alkın, 2006). Balın ağız ülseri, periodontal hastalıklar ve bir çok ağız probleminde etkili olduğu ayrıca bazı balların ise diş çürümesi sebeplerinden biri olan *Streptecoccus mutansa*'nın üremesini inhibe ettiği bildirilmiştir (Waili, 2001).

**Sinir sistemi rahatsızlıklarına etkisi**

Bal, antidepresan ve sakinleştirici özelliğinden dolayı sinir sistemi üzerinde büyük bir etkiye sahip olup insanı sakinleştirdiği ve depresyon, uyku bozukluğu ve baş ağrısına iyi geldiği belirlenmiştir (Güneş, 2003).

Sonuç olarak; bal sadece gıda maddesi değildir, aynı zamanda bitki veya bal arısından elde edilen tıbbi açıdan önemli birçok kimyasalın bir kombinasyonudur. Bal, halk hekimliğinde günümüze kadar kullanılmaya devam eden bilinen en eski ilaçlardan biridir. Kullanımı daha sonraki zamanlarda tıp mesleği tarafından, özellikle pansuman yaraları için "yeniden keşfedildi". Bu nedenle modern tıp şirketlerinde ilaç üretiminde bal kullanılmaktadır. Bal ve bitki özlerinin birleşik etkisi, tüberküloz, tetanoz, grip, hepatit ve insan bağışıklık yetersizliği sendromu gibi bulaşıcı hastalıklara karşı güvenli ve oldukça güçlü bir doğal ilaç geliştirmek için bir kapı açmıştır. Tüm bunların yanında, sentetik antimikrobiyal ilaçlara karşı ciddi mikrobiyal direnç sorununun da üstesinden gelecektir. Bu nedenle, araştırmacıların üzerinde çalışması ve bu prestijli ‘Allah’ vergisi ürünün bilimine katkıda bulunması hala açık bir penceredir (Khan ve ark., 2017).

## Kaynaklar

Ajibola, A., Chamunorwa, J. P., & Erlwanger, K. H. (2012). Nutraceutical values of natural honey and its contribution to human health and wealth. Nutrition & metabolism, 9(1), 1-12.

Akpınar, A. (2002). Bal Beslenme Dergisi, S: 5-10, UÜ ZiraatFakültesi Gıda Müh. Bölümü, Bursa

Ali, A. M., & Al-Swayeh, O. A. (1997). Natural honey prevents ethanol-induced increased vascular permeability changes in the rat stomach. Journal of ethnopharmacology, 55(3), 231-238.

Alimentarius, C. (1989). Codex standards for sugars (honey) (Supplement 2 to Volume III). Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy, 123(52), 26-35.

Al-Waili, N. S. (2001). Therapeutic and prophylactic effects of crude honey on chronic seborrheic dermatitis and dandruff. European journal of medical research, 6(7), 306-308.

Alzahrani, H. A., Alsabehi, R., Boukraâ, L., Abdellah, F., Bellik, Y., &Bakhotmah, B. A. (2012). Antibacterial and antioxidant potency of floral honeys from different botanical and geographical origins. Molecules, 17(9), 10540-10549.

Anklam, E. (1998). A review of the analytical methods to determine the geographical and botanical origin of honey. Food chemistry, 63(4), 549-562.

Asaduzzaman, M., Rahman, M. S., Munira, S., Rahman, M. M., Islam, M., Hasan, M., ... & Islam, M. A. (2015). Analysis of biochemical composition of honey and its anti-oxidant, Phytochemical and anti-bacterial properties. J Biomed Pharm Res, 4(4), 69-81.

Assia, A., & Ali, L. (2015). Enzymes activities, hydroxymethylfurfural content and pollen spectrum of some Algerian honey. African Journal of Agricultural Research, 10(7), 613-622.

Bankar, S. B., Bule, M. V., Singhal, R. S., & Ananthanarayan, L. (2009). Glucose oxidase—an overview. Biotechnology advances, 27(4), 489-501.

Batumalaie, K., Zaman Safi, S., MohdYusof, K., Shah Ismail, I., Devi Sekaran, S., &Qvist, R. (2013). Effect of gelam honey on the oxidative stress-induced signaling pathways in pancreatic hamster cells. International Journal of Endocrinology, 2013.

Bogdanov, S., Jurendic, T., Sieber, R., &Gallmann, P. (2008). Honey for nutrition and health: a review. Journal of the American college of Nutrition, 27(6), 677-689.

Bogdanov, S., Martin, P., & Lullmann, C. (2002). Harmonised methods of the international honey commission. Swiss Bee Research Centre, FAM, Liebefeld, 5, 1-62.

Bogdanov, S., Ruoff, K., & Oddo, L. P. (2004). Physico-chemical methods for the characterisation of unifloral honeys: a review. Apidologie, 35(Suppl. 1), S4-S17.

Bradbear, N. (2009). Bees and their role in forest livelihoods. Food and Agricultural Organization (FAO), Rome

Brudzynski, K., & Kim, L. (2011). Storage-induced chemical changes in active components of honey de-regulate its antibacterial activity. Food Chemistry, 126(3), 1155-1163.

Brudzynski, K., & Lannigan, R. (2012). Mechanism of honey bacteriostatic action against MRSA and VRE involves hydroxyl radicals generated from honey's hydrogen peroxide. Frontiers in microbiology, 3, 36.

Bucekova, M., Valachova, I., Kohutova, L., Prochazka, E., Klaudiny, J. and Majtan, J. (2014). Honeybee glucose oxidase- its expression in honeybee workers and comparative analyses of its content and $H_2O_2$ - mediated antibacterial activity in natural honeys. Nat. 101: 661-670.

Cartland, B. (1970). Magic of honey. Corgi books, London, UK, 160 pp.

Castro-Vázquez, L., Díaz-Maroto, M. C., González-Viñas, M. A., De La Fuente, E., & Pérez-Coello, M. S. (2008). Influence of storage conditions on chemical composition and sensory properties of citrus honey. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56(6), 1999-2006.

Ching, H., Hou, Y. C., Hsiu, S. L., Tsai, S. Y., & Chao, P. D. L. (2002). Influence of honey on the gastrointestinal metabolism and disposition of glycyrrhizin and glycyrrhetic acid in rabbits. Biological and Pharmaceutical Bulletin, 25(1), 87-91.

Cimpoiu, C., Hosu, A., Miclaus, V., & Puscas, A. (2013). Determination of the floral origin of some Romanian honeys on the basis of physical and biochemical properties. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 100, 149-154.

Ciucure, C. T., & Geană, E. I. (2019). Phenolic compounds profile and biochemical properties of honeys in relationship to the honey floral sources. Phytochemical Analysis, 30(4), 481-492.

Crane, E. (1980). A book of honey (No. 638.16 C891). Oxford University Press, Oxford, UK, 198 pp

Çakmak, İ. (2001), Apiterapi, Uludağ Arıcılık Dergisi. Bursa. 1 (3): S.38-39.

Dixon, R. A., & Pasinetti, G. M. (2010). Flavonoids and isoflavonoids: from plant biology to agriculture and neuroscience. Plant Physiology, 154(2), 453-457.

Erejuwa, O. O., Sulaiman, S. A., &Wahab, M. S. A. (2014). Effects of honey and its mechanisms of action on the development and progression of cancer. Molecules, 19(2), 2497-2522.

Eteraf-Oskouei, T., &Najafi, M. (2013). Traditional and modern uses of natural honey in human diseases: a review. Iranian journal of basic medical sciences, 16(6), 731.

Gribel, N. V., & Pashinskiĭ, V. G. (1990). The antitumor properties of honey. VoprosyOnkologii, 36(6), 704-709.

Güneş, N. (2003). Balınbilesimi ve kullanımalanları, 2. Marmara Arıcılık Kongresi Bildiri Kitabı. 225. Yalova

Gürdal, M., Kireçci, S., Pirinçci, N., SAKIZ, D., &Karaman, M. İ. (2003). Greft Ve Flep Tedavisinde Doğal Balın Yara İyileşmesindeki Etkisi. Türk Üroloji Dergisi: 29 (3): 245-249

Habib, H. M., Al Meqbali, F. T., Kamal, H., Souka, U. D., & Ibrahim, W. H. (2014). Physicochemical and biochemical properties of honeys from arid regions. Food Chemistry, 153, 35-43.

Hellner, M., Winter, D., von Georgi, R., &Münstedt, K. (2008). Apitherapy: Usage and experience in German beekeepers. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 5(4), 475-479.

Jerković, I., Mastelić, J., & Marijanović, Z. (2006). A variety of volatile compounds as markers in unifloral honey from Dalmatian sage (Salvia officinalis L.). Chemistry & biodiversity, 3(12), 1307-1316.

Karadal, F., & Yıldırım, Y. (2012). Balın kalite nitelikleri, beslenme ve sağlık açısından önemi. ErciyesÜniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 9(3).

Kaškonienė, V., & Venskutonis, P. R. (2010). Floral markers in honey of various botanical and geographic origins: a review. Comprehensive reviews in food science and food safety, 9(6), 620-634.

Khalil, M., Moniruzzaman, M., Boukraâ, L., Benhanifia, M., Islam, M., Sulaiman, S. A., & Gan, S. H. (2012). Physicochemical and antioxidant properties of Algerian honey. Molecules, 17(9), 11199-11215.

Khan, S. U., Anjum, S. I., Rahman, K., Ansari, M. J., Khan, W. U., Kamal, S., & Khan, H. U. (2018). Honey: Single food stuff comprises many drugs. Saudi journal of biological sciences, 25(2), 320-325.

Lin, L. Z., & Harnly, J. M. (2007). A screening method for the identification of glycosylated flavonoids and other phenolic compounds using a standard analytical approach for all plant materials. Journal of agricultural and food chemistry, 55(4), 1084-1096.

Mansour, A. M. (2002). Epithelial corneal oedema treated with honey. Clinical & experimental ophthalmology, 30(2), 149-150.

Manyi-Loh, C. E., Ndip, R. N., & Clarke, A. M. (2011). Volatile compounds in honey: a review on their involvement in aroma, botanical origin determination and potential biomedical activities. International Journal of Molecular Sciences, 12(12), 9514-9532.

Meo, S. A., Al-Asiri, S. A., Mahesar, A. L., & Ansari, M. J. (2017). Role of honey in modern medicine. Saudi journal of biological sciences, 24(5), 975-978.

Mohapatra, D. P., Thakur, V., &Brar, S. K. (2011). Antibacterial efficacy of raw and processed honey. Biotechnology research international, 2011.

Molan, P. C. (1992). The antibacterial activity of honey: 1. The nature of the antibacterial activity. Bee world, 73(1), 5-28.

Molan, P. C. (2001). Honey as a topical antibacterial agent for treatment of infected wounds. World Wide Wounds, 10.

Nagai, T., Sakai, M., Inoue, R., Inoue, H., & Suzuki, N. (2001). Antioxidative activities of some commercially honeys, royal jelly, and propolis. Food chemistry, 75(2), 237-240.

Othman, N. H. (2012). Honey and cancer: sustainable inverse relationship particularly for developing nations—a review. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2012.

ÖZMEN, N., & ALKIN, E. (2006). Balın antimikrobiyel özellikleri ve insan sağlığı üzerine etkileri. Uludağ Arıcılık Dergisi, 6(4), 155-160.

Pyrzynska, K., & Biesaga, M. (2009). Analysis of phenolic acids and flavonoids in honey. Trac trends in analytical chemistry, 28(7), 893-902.

Ramírez-Arriaga, E., Navarro-Calvo, L. A., & Diaz-Carbajal, E. (2011). Botanical characterisation of Mexican honeys from a subtropical region (Oaxaca) based on pollen analysis. Grana, 50(1), 40-54.

Sánchez, V., Baeza, R., Ciappini, C., Zamora, M. C., & Chirife, J. (2010). Comparison between Karl Fischer and refractometric method for determination of water content in honey. Food Control, 21(3), 339-341.

Saranraj, P., & Sivasakthi, S. (2018). Comprehensive review on honey: Biochemical and medicinal properties. J. Acad. Ind. Res, 6(10), 165-178.

Saranraj, P., Sivasakthi, S., & Feliciano, G. D. (2016). Pharmacology of honey: A review. Advances in Biological Research, 10(4), 271-289.

Sönmez, B. (2004). Balın insan sağlığındaki yeri ve önemi Uludag Bee Journal August 127-130.

Taormina, P. J., Niemira, B. A., &Beuchat, L. R. (2001). Inhibitory activity of honey against foodborne pathogens as influenced by the presence of hydrogen peroxide and level of antioxidant power. International journal of food microbiology, 69(3), 217-225.

Tonks, A. J., Cooper, R. A., Jones, K. P., Blair, S., Parton, J., & Tonks, A. (2003). Honey stimulates inflammatory cytokine production from monocytes. Cytokine, 21(5), 242-247.

Vardar, G., Altikatoglu, M., Basaran, Y., & Işıldak, İ. (2018). Synthesis of glucose oxidase-PEG aldehyde conjugates and improvement of enzymatic stability. Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology, 46(4), 788-794.

Wang, J., & Li, Q. X. (2011). Chemical composition, characterization, and differentiation of honey botanical and geographical origins. Advances in food and nutrition research, 62, 89-137.

Weston, R. J., Mitchell, K. R., & Allen, K. L. (1999). Antibacterial phenolic components of New Zealand manuka honey. Food chemistry, 64(3), 295-301.

White, J. W., & Crane, E. (1975). Honey a comprehensive survey. by Eva Crane, Morrison and Gibb Ltd, 194-206 pp.

Wilczynska, A. (2010). Phenolic content and antioxidant activity of different types of polish honey-a short report. Polish journal of food and nutrition sciences, 60(4).

Won, S. R., Li, C. Y., Kim, J. W., & Rhee, H. I. (2009). Immunological characterization of honey major protein and its application. Food Chemistry, 113(4), 1334-1338.

Zappala, M., Fallico, B., Arena, E., & Verzera, A. (2005). Methods for the determination of HMF in honey: a comparison. Food control, 16(3), 273-277.

Zwaenopoel, C. (1984). Honey: facts and folklore. Alberta Beekeepers Association, Edononton, Canada, 24 pp.

# BÖLÜM 16

## ORMAN GÜLÜ BALI

Dr. Öğr. Üyesi Münire TURHAN[1]

[1] Bingöl Üniversitesi Gıda Tarım ve Hayvancılık Meslek Yüksek Okulu Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü Arıcılık Programı, mturhan@bingol.edu.tr Orcid: 0000-0003-3373-1400

## GİRİŞ

Tedavi amaçlı olarak arı ürünlerinin kullanılmasıyla ilgili ilk bulgular eski Mısırlılar dönemine yani kronolojik olarak 6000 yıl öncesine dayanmaktadır. Bal arısından elde edilen arı ürünlerini Romalılar ve Yunanlılar da tedavi amaçlı kullanmışlardır (Molan, 2006 ). Öncelikle yara ve yanıkların iyileştirilmesi, bazı bulaşıcı hastalıklar, göğüs hastalığı, koroner yetmezlik gibi birçok rahatsızlığın tedavisinde arı ürünlerinin kullanıldığı bildirilmektedir. Bu yöntem geleneksel tedavi uygulamaları olarak kabul edilmektedir. Ayrıca, günümüzde önem kazandığı bilinen bu tıbbi uygulamaların bazı kanser hastalığı türlerinin de iyileştirilmesinde etkisi büyük olmuştur (Dustmann 1993; FAO 1996; Mundo ve ark., 2004). Apiterapi (Arı Ürünleri ile Tedavi), arı ürünlerinin hastalığa yakalanmadan bünyeyi güçlendirici olarak ve herhangi bir rahatsızlık olduğunda da hastalığı iyileştirici olarak kullanılmaktadır. Arı ürünleri sadece besin değeri yüksek besinler olmayıp aynı zamanda biyoaktif özelliğe de sahip iyileştiricilerdir. Onların biyoaktif özellikleri yapılarında bulunan fenol bileşiklerinden meydana geldiği bilinmektedir. Bu bileşiklerin arı ürünleri içerisinde bulunan oranları toplandıkları bitki florasına, coğrafi bölge özelliklerine, üretim şekline ve hasat edildiği zamana bağlı olarak farklılıklar gösterdiği bildirilmektedir(Tezcan ve ark., 2011). Özellikle bu biyo aktif bileşikler bitkilerin bünyesinde önemli miktarlarda üretilmekte olup, arıların tarlacılık faaliyetlerinde toplamış olduğu arı ürünlerinde sadece belirli miktarlarda bulunur.

Genel olarak bakıldığında bal proteinden oluşmaz. Ancak balın içeriğindeki aminoasitler, bal arıları tarafından nektarın toplandığı kaynak bakımından büyük önem arzeder. Prolin aminoasidi, bal içerisinde en yoğun olarak bulunan aminoasit olarak bilinir. Her bitkide farklı miktarlarda bulunan Prolin (Akasyada 222 mg/kg, kekikte956 mg/kg) balın değeri açısından önemlidir. Bu nedenle Prolin miktarı, ticari şeker verilen arıların ürettiği bal ile nektar toplanarak elde edilen balın ayırt edilmesinde bir kriter olarak kullanılmaktadır (Bogdanov ve ark., 2000; Güler ve ark., 2007). Yani bir balın içerisindeki prolin miktarı bir nevi onun kaliteli bal olduğunun bir göstergesidir.

Bu biyo aktif maddeler insan beslenmesinde ve dolayısıyla insan sağlığında kullanılan besinlerin antioksidan, antiinflamatuar ve antibakteriyel özellikleri gibi farklı yapılarıyla oldukça yakından ilgilidir. Bu gıdalar arı ürünleri olarak bilinir, bunları şu şekilde sıralayacak olursak; arı sütü, polen, propolis ve baldır. Özellikle bu arı ürünleri, arıların çiçeklerden topladıkları nektarlarda bulunan fenol bileşikleri ve flavonları içerirler (Marcucci ve ark.; Fiorani ve ark., 2006). Hastalıkların bazıları hücrelerde serbest radikallerin yol açtığı tahribat sonucunda meydana geldiğinden bu arı ürünlerinin tedavi edici özelliğinin içermiş olduğu antioksidan maddelerin yüksek kapasitesinden ileri geldiği belirtilmektedir (Buratti ve ark., 2007). Çin, Kore, Rusya, Doğu Avrupa ve Güney Amerika'da arı ürünlerinin Apiterapi özelliği, geçmişten günümüze çok etkin bir şekilde uygulandığı bildirilmektedir (Cristopher ve Kim, 1997).

Bal, flavonoidler (luteolin, kuarsetin, apigenin, galangin vd.), fenolik asitler (kafeik asit, ferulik asit vd.) gibi antioksidan aktiviteye sahip bileşikler içermektedir. Bu bileşikler balın fonksiyonel özellikleri ve görüntü kalitesi üzerinde de etkili olduğu bildirilmektedir. Balın fenol bileşikleri miktarı balın üretildiği nektarın kaynağına, coğrafi bölge ve çevresel şartların durumuna göre değişikenlik göstermektedir. Üretilen çoğu koyu renkli balların açık renkli ballara göre daha fazla fenol bileşikleri içeriğine ve antioksidan aktiviteye sahip olduğu bildirilmektedir (Karadal ve Yıldırım, 2012; Escuredo ve ark., 2012). Ballarda bulunan antioksidan aktivite ile total olarak fenolik içerik arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır. Antioksidan etki temel olarak fenolik bileşiklerden kaynaklanmaktadır. Koyu renkli balların içeriğinde çok fazla oranlarda var olan fenol bileşiklerinin, baldaki askorbik asit ve E vitamini etkisine göre daha güçlü antioksidan aktiviteye sahip olduğu bildirilmektedir. (Sarıkaya, 2009). Üretilen balların sınıflandırılma işlemi şu şekilde yapılmaktadır. Üretim ve pazarlama şekline göre, rengine göre yapılabildiği gibi elde edilen kaynağa göre de yapılmaktadır. Balın rengine göre sınıflandırılmasında 6 standart bulunmakta olup ballar açık su beyazından siyah ambere kadar sınıflandırma yapılmaktadır. Yararlanılan kaynağa göre ballar, çiçek ve salgı balları olarak sınıflandırılmaktadır.

Çiçek ballarına örnek verecek olursak; arıların yararlandıkları çiçek kaynağına göre ayçiçeği, yonca, pamuk, ıhlamur balı vs.şeklinde isimlendirilir. Salgı balları ise arıların bitkilerin salgılarından veya bazı böceklerin salgılarından elde ettikleri ballar olup, alındıkları kaynağa

göre çam balı veya yaprak balı olarak isimlendirilmektedir (Doğaroğlu, 2004).

Balın antioksidan özelliği arılar tarafından nektarın toplandığı bitki kaynağına, iklimsel ve çevresel faktörlere bağlı olarak değişmektedir (Bertocelj ve ark., 2007). Bala antioksidan özellik katan maddeler: flavanoidler, fenolik asitler, tiamin, riboflavin, α-tokoferol, askorbikasit gibi vitaminler, glukoz oksidaz, katalaz, peroksidaz gibi enzimler olduğu belirtilmektedir (Aljadi ve ark., 2004; Alvarez-Suarez ve ark., 2010; Bertocelj ve ark., 2007). Suni balların antioksidan aktivitesi doğal ballara göre daha düşüktür (Alvarez-Suarez ve ark., 2010).

Balın vitamin ve enzim içeriğine bağlı antioksidan aktivitesi taze ballarda daha yüksek olduğu çeşitli labaratuvar analiz sonuçlarında elde edilen bulgulara göre bildirilmiştir. Bu maddeler yüksek sıcaklığa, ışığa ve uygun olmayan depolama koşullarına göre oldukça duyarlı olmaktadır (Alvarez-Suarez ve ark., 2010; Nagai ve ark., 2001). Koyu renkli ballarda mineral madde içeriği açık renkli ballara göre daha fazla olduğu bildirilmiştir (Nombre ve ark., 2010). Bunula birlikte, Antioksidan ve antibakteriyel özelliklerinin de daha fazla olduğu analiz sonuçlarına göre önemle vurulanmıştır (Alvarez-Suarez ve ark., 2010: Bertocelj ve ark., 2007:Brundzynski ve ark., 2011). Fakat bu balların bünyesinde bulunan HMF miktarının da doğal olarak yüksek olması beklenmektedir. Balların HMF miktarı belirlenen limitlerin üzerinde olması çoğu zaman istenmeyen sonuçlara yol açabileceği belirtilmiştir (Fallico ve ark., 2004; Turhan ve ark., 2008).

Silici ve ark., (2010), Karadeniz bölgesinin farklı illerinden toplanan 50 adet orman gülü balının antioksidan özellikleri için farklı metotlar uygulanılarak analiz edilmiş ve orman gülü balının geniş çaplı bir araştırması yapılarak antioksidan ve antimikrobiyal özellikleri açıklanmaya çalışılmıştır. Polat (2007), farklı kaynaklara sahip 26 adet bal örneklerinin fizikokimyasal ve mineral madde içeriklerini incelemiş ve bal örneklerinde serbest asitlik, pH, HMF, iletkenlik ve mineral madde içeriklerini tespit ederek bal örneklerini karşılaştırmıştır.

## 1.İnsan Sağlığında Balın Kullanımı

### 1.1.Balın Antimikrobiyal Etkisi

Balın antimikrobiyal özelliği kimyasal içeriğinde bulunan $H_2O_2$, flavonoid ve fenolik asit gibi bileşiklerden akynaklanmaktadır. Bu özelliği nedeniyle bal, hastalık etkeni mikroorganizmaların gelişmesini ve çoğalmasını engelleyecek bir ortam oluşturmaktadır. Elde edilen son araştırma bulgularında balın sadece bakteriler üzerinde değil ve aynı zamanda virüs, mantar ve parazitler gibi patojen gruplar üzerinde de etkili olduğu bildirlmiştir. Hidatik kist oluşumuna sebebiyet veren bir parazit olan *Ecinococccus granulosus* üzerinde %10 oranında sulandırılmış bal ektraktının 3 dk. gibi kısa bir sürede parazitler üzerine inhibe edici etki göstermiştir (Karadal ve ark., 2012). Bingöl farklı bölgelerinden toplanan ballardan elde edilen ekstrakların mantar türlerinin(*Candida albicans* ve *Rhodotorula rubra* gibi) gelişmesini durdurduğu bildirilmiştir (Aksoy ve ark., 2006).

Doğal özellikli ballar patojen mikroorganizmalara karşı etkili olup, üremelerini sınırlandırmaktadır. Balın patojen bakterilerin üermesini durdurma özelliğine inhibin denmektedir. Bu özellik ısı ve ışığa hassasiyeti olan katalaz ile bozulmaktadır Balın inhibin özelliği glukoz oksidaz enzimi olup bu enzim arının yutaküstü bezlerinden salgılanmaktadır. Bu enzim sayesinde glikoz glukoak ve $H_2O_2$'ye ayrışır. 1.000 M ve üzerindeki rakımlarda toplanan ballarının daha düşük rakındakilerden diğerlerinden iki kat daha fazla inhibe etme özelliği vardır.

Patojen birçok mikroorganizma üzerinde balın inhibe edici özelliğinin olduğu bir çok araştırma ile kanıtlanmıştır Balın *E. coli, S. aureus ve S. Eenterica , S.. typhimurium* gibi patojen bakterilere karşı etkili olduğu bilinmektedir. Balın antimikrobiyal özelliğinden dolayı enfeksiyöz ve gıdaları bozucu mikroorganizmaların büyümesini yavaşlatıcı, durdurucu olabileceği çeşitli araştırmalarla belirlenmiştir.

### 1.2.Balın Antioksidan Etkisi

Balın içeriğindeki zengin bileşiklerden dolayı iyi bir antioksidan etkiye sahip besin maddesi olduğu bilinmektedir. İçeriğindeki antioksidan özellikli metabolitleri, bal arılarının toplamış olduğu nektarın kaynağına, bölgenin iklimi gibi birçok faktöre bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir (Spilioti ve ark., 2014). Bala antioksidan özellik kazandırıan yapısındaki enzim grupları (glikoz oksidaz, katalaz, peroksidaz gibi), sekonder metabolitlerdir (benzoik asit, ferulik asit, kumarik asit ve kafeik asit) (İsidorov ve ark., 2015). Aynı zamanda karotenoidler, tokoferoller ve tiamin, riboflavin ve askorbik asit gibi

vitaminlerin de balın antioksidan özellik göstermesinde etkili olduğu bildirilmiştir (Khalil ve ark., 2012). Ayrıca balın antiokisdan etkinliğinin fenolik madde içeriği ciddi ilişkili olduğu bildirilmiştir (Alzahrani ve ark., 2012). Ballardaki renk koyuluğunun içeriğindeki fenolik bileşik yoğunlu ile ilişkilidir (Ajibola ve ark., 2012). Balın aynı zamanda serbest radikallerin oluşumunu hızlandıran metal grupları da uzaklaştırma özelliğine sahip olduğu bildirilmiştir (Manyi-Loh veark., 2011).

Günümüzde gıdalaarın raf ömrünü uzatmak için doğal antioksidanlara olan ilgi artmıştır Çünkü sentetik antioksidanların uzun vadede canlılarda kanseri tetikledği bilinmektedir. Bu noktada iyi bir antioksidan kaynak olan bal sentetik antioksidanlar yerine koruyucu olarak gıdada kullanılabilir (Rice-Evans, 1997). Bal koruyucu özellikte bir çok bileşik içermektedir. Bunların başında E ve C vitamini krisin, pinosembrin, kuersetin, galangin, kampferol, hesperetin, mirsetin gibi flavonoidler ve kafeik, kumarik, ellagik, ferulik, klorojenik fenolik asitler gelmektedir ( White, 1979; Bertoncelj *et al*., 2007). Fenolik ve flavonoid bileşiklerce zengin olan bal aynı zamanda epidemiyolojik, i kardiyovasküler, ve kanser tedavilerinde de önemli rol oynamaktadır (Al-Habori *et al*., 2002; Pyrzynska and Biesaga, 2009; Miotto, 2010).

### 1.3.Balın Sindirim Sistemi Üzerine Etkisi

Balın mide ülserinin tedavisinde etkili olduğu bu hastalığın etkeni olan *Helicobacter pylori* bakterisinin gelişmesini durdurduğu bilinmektedir (Ajibola ve ark., 2012).

### 1.4.Balın Kanser Hücreleri Üzerine Etkisi

Fenolik asitler ve flavonoidler gibi biyoaktif bileşenlerce zengin olan bal, serbest radikaller ve oksidadif stresi engelleyerek kanser hücrelerinin çoğalmasını durdurduğu bildirilmiştir (Othman, 2012). Bu özellikleri göz önüne alınarak yapılan birçok çalışmada mide, kolon ve karaciğer kanserinin tedavisinde çok etkili olduğu, tüketilmesinin faydalı olduğu bildirilmiştir (Abdel-Latif, 2015).

## 2. RHODODENDRON (ORMAN GÜLÜ BALI)

### 2.1.Kimyasal Özellikleri

Rhododendron türlerinde 208 bileşik belirlenmiştir. Bu bileşikleri çoğu flavonoid ve diterpenlerden oluşmaktadır (Quiang ve ark.. 2011). Rhododendronun değişik türlerinde kaempferol, quercitrin, hyperoside, farrerol ve polystachoside gibi 65 ten fazla flavonoid tanımlanmıştır. Çiçeklerin cyanidin, peonidin, azaleatin gibi ntocyanidinleri ve fenolleri içerdiği belirlenmiştir. Bu cinste bulunan ikinci önemli kimyasal sınıfı diterpenoidlerdir, bunlarda 30 dan fazla diterpenoid tespit edilmiştir. Bunların büyük çoğunluğu grayane-type diterpenoidler olarak adlandırılır ve bitkinin toksitesinden sorumludurlar. Bu bitkilerin yaprak, çiçek ve meyvesinden elde edilen esansiyel yağlar şu bileşiklerden oluşmaktadır: alfa-pinene, beta-pinene, limonene, borneol, myrcene ve p-cymene'dir . Bunlardan izole edilen diğer bileşikler phenol türevleri, bir alkaloid ve lignin, hirsutine, pinoresinol, 4-O-beta-glucopyranoside ve bir beta carotene'dir. Bitkinin çiçek ve yaprak kısımlarında çeşitli karbonhidratların olduğu

da araştırmalar sonucunda bulunmuştur. Tasdemir vd. (2003), toksik etkiye sahip olan iki rhododendron türünün bitkinin 11 farklı kısmında HS-SPME bağlı GC-MS kullanarak uçucu bileşikler olduğu tespit edilmiştir (Tasdemir ve ark., 2005).*R. Ponticum*'un heksan ekstraktında % 42.8 oranında tricyclic diterpene 5,15-rosadiene, % 13.3 –ethyl hexanol) ve % 10.0 oranında styrene gibi temel bileşenlerden 14 farklı uçucu bileşik içerdiği bulunmuştur. Diklorometan ekstraktında temel bileşiğin 1-butanol olduğu temelde 8 bileşik izole edilmiştir. Mor pembe renkli arıları cezbedici çiçeklerinde uçıcu özellikteki 1-methyl-2-pyrolidon olmasına rağmen (%79.7), bu bileşiğe bitkinin yapraklarında rastlanmadığı bildirilmiştir. Başka bir türde ise (*R. Luteum)* n hexane ekstraktının uçucu miktarı *R. ponticum'*a benzerlik göstermiştir. Etilasetat ekstraktında ise majör bileşik olarak % 13.3 oran ile 6-methyl-5-hepten-2-one ve % 11.1 oran ile, 2-ethyl hexanol ve alpha terpineolun major bileşik olarak belirtilmiştir. Bitkinin diklorometan ekstraktında belirlenen 1-butanol, benzyl alcohol ve phenylethyl alcohol bitki içerisinde bulunan toplam uçucu maddelerin %82.5'i ni oluşturmuştur. Benzyl alcohol, limonene ve p-cymene major bileşikler ise çiçek kısmında tespit edilmiştir. Aynı zamanda bitkinin hidrokarbon bileşikleri, alkol, esterler ve keton gibi bileşikleri içerdiği de belirlenmiştir (Terai et al.1993).

### 2.2. Rhododendron Balının Farmakolojik Aktivitesi

Rhododendron(orman gülü) cinsi büyük bir çoğunluğu flavonoidler ve diterpenlerden oluşan 200 den fazla farklı kimyasal yapı içermektedir. Özellikle flavonoidler; antiinflamatuvar özellikte, analjezik etki,

antibakteriyel, antioksidan ve antidiyabetik aktivitesinden, triterpenler; immunomodülatör, antidiyabetik ve sitostatik özelliklerinden diterpenler; toksik, insektisidal ve sitotoksik aktivitelerinden, kumarinler; antibakteriyel, tirozinaz inhibitör ve sitotoksik aktivitesinden fenolik bileşikler ise; antiviral ve immunomodülatör aktivitesinden sorumlu olarak gösterilmişlerdir (Harborne et al. 1971).

Rhododendron cinsi çok sayıda flavonoid içermektedir. Flavonoidlerin biyolojik özellikleri ve etkileri oldukça iyi bilindiği için daha çok araştırmalar bu yönde yapılmıştır. Spesifik yapıda bazı bileşikler göz önünde bulundurulduğu zaman ise; flavonoidler içerisinde hyperoside anti-inflammatuvar etki ve analjezik aktiviteden, quercitrin, rutin ve isoquerctirin anti-inflammatuar ve analjezik aktiviteden sorumlu olduğu analiz sonuçlarında rapor edilerek belirtilmiştir. Esansiyel yağ bileşenleri ile daphnetin ve rhodonetin in vitro antimikrobiyel aktivite gösterdiği halde, daurichromenic asit ve rhododaurichromenic aasit ise güçlü antiviral aktivieye sahip olduğu belirtilmiştir. Bu cinsin türlerinde tespit edilen ursolic asit corosolic asit, 23-hydroxyursolic asit ve rhododendric asit *in vitro* antidiyabetik aktivite göstermiş ve arjulinik asidin tirozinaz aktivite inhibitörü olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca grayanotoxin, secorhodomolloide B ve ferruginene C ‘nin hepatom ve lösemi gibi kanser hücrelerinde selektivite ya da in vitro sitotoksite gösterdiği belirlenmiştir. Rhodojaponin III, rhodomolin A ve rhodomollein I ise insektisidal aktivite gösteren bileşikler olduğu bildirilmiştir(Popescu et al. 2013).

### 2.2.1. Anti İnflamatuvar Aktivitesi

Rhododendron türlerinin üçte ikisi geleneksel tıpta artirit, romatoidal hastalıklar ve bronşit ile ilgili inflamasyonların tedavisinde kullanıldığı bildirilmektedir. Bu konuda yapılan bir çok farklı araştırmanın çok önemli bir kısmı deli bal üretimine bitkisel kaynak oluşturan *R. ponticum* ve *R.luteum* ile ilgilidir. Bir araştırmada, *R. ponticum* yapraklarının etanolik ekstraktı farelerde, karagenan indüklü pençe ödemi modeli üzerinde çalışılmıştır (Erdemoğlu ve ark., 2003). Bu araştırmada özellikle Indometacin (10 mg/kg) referans olarak kullanılmış, bitki ekstraktı ise 500 mg/kg dozda farelere verilmiştir. Önerilen ekstraktın bu dozda kullanımı fareler üzerinde herhangi bir gastroülserojenik etkiye sahip olmadığını ve bilhassa güçlü antiinflamatuvar etki gösterdiği bildirilmiştir. Daha sonra araştırmacılar *R. Ponticum* bitkisninin yapraklarından elde edilen etil asetat ekstraklarının anti inflammatuar etkiden sorumlu olduğunu düşündükleri hyperoside, quercitrin, isoquerctirin gibi bileşikleri izole etmişlerdir. Bu bileşikler daha önceki araştımalarda kullanılann test modelinde % 26.8-30.7 oranında inhibisyon gösterirken, TPA indüklü kulak ödemi modelinde % 32.8-44.7 oranında inhibisyon göstermiştir. Bu bileşikler içerisinde flavonolün, glikozitlerin en güçlüsü olduğu rapor sonuçlarında bildirlmiştir(Rylski et al. 1979).

### 2.2.2. Anti-Nosiseptif Aktivitesi

*R. ponticum*'un (500 mg/kg) etanol ekstraktının farelerde benzoquinone indüklü abdominal konstriksiyon modelinde anti-nosiseptif etki gösterdiği araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Zhang, et al.2010).

Aynı Araştırmacılar bu bitkinin etil asetat ekstraktından izole ettikleri hyperoside 4, quercitrin ve isoquerctirin'in güçlü analzjezik bileşikler olduğunu analizler sonucunda tespit ederek raporda bildirmişlerdir. Bu bileşiklerden hyperoside ve isoquercitrin 97.31 mg/kg dozda % 25.8 inhibitör etkiye sahip olduğu halde, querctirinin 65.24 mg/kg dozda % 29.9 inhibisyon etkisine sahip olduğunu bildirmiştir. Nitekim *R. ponticum*'dan hyperoside bileşiğinin izole edildiği, antinflamatuvar ve analjezik etki gösterdiği daha önceden yapılan birçok araştırma sonuçlarında da bildirilmiştir (Rylski et al, 1979). Bu bileşiğin aynı zamanda nöron kültürlerinde nöroprotektif ve antiaapoptotik etki gösterdiği de rapor edilmiştir (Zhang, et al.2010, Hu et al. 2009).

### 2.2.3. Anti-Mikrobiyel Aktivitesi

*R. luteum* bitkisinin çiçeklerinin toplanarak çeşitli işlemlerden geçirilerek elde edilen esansiyel yağ özellikle *Serratia marcescens*, *Enterococcus feacalis* ve *Staphylococcus aureus* bakterilerinin üzerine moderate etki gösterdiği bildirilmiştir (Usta ve ark. 2012).

### 2.2.4. Antiprotozoal ve Anti-Viral Aktivitesi

Rhododendron türlerinin antiprotozoal etkilerini *Leishmania donovani* ve *Plasmodium falciparum*'a karşı gösterdiği belirlenmiştir (Tasdemir, ve ark. 2004). Miltefosine (IC50:0.103 ug/mL)' nin standart olarak *Rhododendron x sochadzea* Charadze & Davlianidze bitkisi yapraklarının kullanıldığı bir araştırmada, *R. luteum* ile endemik bir tür olan kloroform ekstraktı IC50 değeri 2.3 ve 4.5 ug/mL konsantrasyonda Alamar Blue testinde leişmenisidal etki göstermiştir.

Artemisin(IC50:0.0027 ug/mL) bir başka araştırmada,*R.luteum, R.ponticum, R.smirnowii Trautv., Rhododendron x sochadzae* Charadze & Davlianidze, *R. ungernii* Trautv. ekstraklarını standart değerlerde olarak kullanıldığı ve bu araştırmada antiplasmodiyal aktivite gösterdiği labaratuvar sonuçlarına göre tespit edilmiştir (Tasdemir, ve ark. 2004).

### 2.2.5. Asetilkolinesterazın İnhibitör Aktivitesi

Beyindeki nörotransmitter acethylcoline seviyesindeki yoksunluk, Alzheimer hastalığının patogenezi, olarak bilinmektedir. Asetilkolin yıkımını Asetilkolin eseraz inhibitörleri önlemekte bu nedenle Alzheimer tedavisinde kullanımı büyük önem arzetmektedir. *R. ponticum* ve *R. luteum* 1 mg/mL lık miktarlardaki ekstraktı, % 93 ve 76 oranında AChE aktivitesini inhibe etmiştir (Orhan ve ark. 2004)

## 2.3. Rhododendronların Geleneksel Tıp Uygulamalarında Kullanılması

Geleneksel Çin tıbbında Etnomedikal Rhododendron türlerinin çoğu; akut ve kronik bronşit, artirit, ve astım tedavisinde kullanılmaktadır (Zhao et al. 2012). Çin farmakopesinde migren, soğuk algınlığı, düşme kaynaklı yaralanmalarda gelişen ağrı ve şişlik ile “inatçı stubborn tinea”’da *R. dauricum* ve *R. molle* daimi bir şekilde kullanıma girmiş ve halen devam ettiği etkili sonuçlar alındığı bildirilmiştir (Pharmacopoeia of the Peoples Republic of China (PPRC). 2010). Hindistan’da ayurvedik tedavide kullanılan Rhododendron türleri *R. arboretum, R. anthopogon, R. campanulatum ve R. lepidotum* olarak

bilinmektedir(Bhattacharyya, 2011). *R. arboretum* çiçekleri dizanteri, dyspepsia, diyare, burun kanaması için bu bölgede özellikle tavsiye edilmektedir (Uniyal, et al. 2006). Rhododendron cinsine ait türler Japonya'nın kuzeyinde dismenorea ve kolit tedavisinde kullanılırken, Sibirya'da eksternal olarak diş tedavisinde, eklem ağrısında kullanılırken bir çok bölgede böcek kovucu olarak da kullanıldığı bildirilmektedir(Popescu et al. 2013). *R. brachycarpium* en çok araştırılan Rhododendron türü olup, Kore'de baş ağrısı, hipotansiyon, diyabet ve artirit, tedavisinde kullanılmıştır (Choi et al. 2002). Kore ve Uzak Doğu ile Rusya'da erupsiyon, romatoid artirit, kusma, diyare tadavisi ile diüretik olarak *R. Aureum* bitkisinin yaprakları kullanılmıştır (Kim et al.2008). Phyoterapide *R. anthopogon* ve *R. anthopogonoides'in* yaprak ve çiçekleri inflamasyon, akciğer ve cilt hastalıklarında Tibet'te geleneksel tıp uygulamalarında kullanılmaktadır (Guleria et al. 2011). Kafkaslarda narkotik ve diaforetik olarak *R. caucasicum* yaprakları kullanılmaktadır (Sreevidya et al 2003). Bu cinsin türleri Kuzey Amerika'da yaygın olarak tedavi amaçlı kullanılmaktadır. romatik ve kadın hastalıkları tedavisinde *R. Calendulaceum* türü, analjezik ve antiromatik tedavisinde *R. Maximum* türü, soğuk algınlığında *R. Albiforum*, gastrointestinal hastalıklar, cilt problemleri boğaz ağrısı için *R. viscosum* narkotik olarak ve *R. Tomentosum'*un çayı tonik olarak kullanılmaktadır. *R. groenlandicum* antidiyabetik ajan olarak Kanada'da kullanılmaktadır (Jhonson et al 1999, Tam, et al. 2009). *R. Ferrugineum* yaprakları romatizma, hipertansiyon, kas ağrısı ve metabolik hastalıkların tedavisinde Avrupa'da, özellikle de Almanya'da kullanılmaktadır (Louis et al.

2010). Ayrıca diüretik, üriner antiseptik, antidiyaretik, yara iyileştirici ve ekspektoran olarak bu bitkinin yaprak, çiçek ve galleri, önerilmektedir (Sreevidya et al 2003). Romatik ve akciğer hastalıkları, öksürük tedavisi için Romanya'da *R. Kotschyi* kullanılırken, *R. luteum* ve *R. ponticum* yaprakları Türkiye'de fitoterapide kullanılmaktadır. Diüretik, analjezik, romatizmal ağrıların tedavisinde, *R. luteum* Sweet'in özellikle yaprakları kullanılır. Ödem, soğuk algınlığı, diş ağrısı, romatizmal ağrılar, diüretik, fungal ayak enfeksiyonları ve narkotik amaçlı olarak *R. ponticum* L. yaprakları kullanılmaktadır (Louis et al. 2010).

Rhododendron türlerinin kullanımı Avusturya halk tıbbı tedavi uygulamalarında oldukça yaygındır. Bitkiden solunum sistemi, kardiyovasküler, gastrointestinal ve üriner sistem rahatsızlıklarında faydalanılmakta, *R. Ferrugineum* yaprakları mesane rahatsızlıkları, gut ve romatizmaya karşı çay olarak önerilmektedir (Erdemoğlu ve ark. 2008).

### 2.4. Orman Gülü (Rhododendron Balı, Deli Bal, Kumar Balı, Acı Bal, Tutan Bal) Balı

İlk bilinen biyolojik savaş olarak kaynaklara geçmiştir. Romalı askerlerin perslerden kaçarken tarihi kaynaklarda belirtildiğine göre; (M.Ö. 434-354) anlatıcının ifadesiyle Doğu Karadeniz bölgesinde yedikleri bal şu şekilde etki etmiştir: " az yiyenler mideleri bulandı ve sersemleştiler, sarhoş gibiydiler, çok yiyenler ise bir çılgın gibiydiler. Bir güne kalmadan askerlerin bir kısmı uyanamadı bir kısmı ise hiçbir iz bırakmaksızın ayağa kalktılar. Yine de bu bizim bozguna uğramış

görüntümüzü değiştirmedi" şeklinde Xenophon tarafından hikaye edilmektedir (Lampe,1988). Araştırmacılar bu balın GTX içeriği ve medikal faydalı özellikleri üzerine yoğunlaşırken deli bal ile ilgili olarak araştırmaların bir kısmı da balın kimyasal yapısı ve başka bir kısmı da zehirlenme üzerine vaka bildirimleri ile ilgili olarak geniş çapta sürdürlmüştür.

## 3.Deli bal zehirlenmesi ile ilgili vaka bildirimleri

Silici ve Atayoğlu'nun 2015 yılında Food and Chemical Toxicology dergisinde yayımlanan araştırmalarında 1989 yılından 2015 yılına kadar yapılan deli bal zehirlenmesi ile ilgili vaka bildirimleri derlenmiş 1003 vaka bulgusu değerlendirilmiştir (Silici ve Atayoğlu 2015). Yaklaşık 26 yıllık vaka bildirimleri değerlendirildiğinde, zehirlenmenin daha çok erkeklerde (%73.98) ve 15-64 yaşlarda olduğu, en çok zehirlenme vakalarının 1989-2014 tarihleri arasında rapor edildiği belirlenmiştir. Bildirimi yapılan 1009 vakanın 746 'sı erkek (% 74.13) ve 261'I kadındır (25.87). Yaş aralıkları ise % 0.78'i 0-14 yaş grubunda, % 96.70'i 14-65 yaş grubunda ve % 2.52' si ise 65 yaş üzerinde olduğu bildirilmiştir. Hastaların hikâyesi sorgulandığında, tüketilen bal miktarı değişkendir, bir çay kaşığından 10 yemek kaşığına kadar değişebilmektedir. Bu değer en az 5 g en çok 300 g şeklinde rapor edilmiştir.

Bal zehirlenmesi ile oluşan yaygın şikâyetlerin baş dönmesi (% 21.39), bulantı (% 17.47), kusma (% 12.95), halsizlik (% 10.04), bulanık görme (% 8.03), sinkop (%5.32) olduğu, EKG sonuçlarının SB: 155 (% 67.10), CAVB:16 (% 6.93), NR: 14 (% 6.06), AVB: 15 (% 6.49) şeklinde

olduğu tespit edilmiştir. 1003 vakanın değerlendirilmesi sonucu zehirlenme sonucu ölüm vakası görülmediği ve hastaların yaygın olarak 0.5 (% 24.49) ve 1 mg (% 25.51) atropine ile salin (iv fluid) 29 (% 29.59) ile tedavi edildiği ve genelde 24 saatte iyileşmenin görülerek taburcu edildiği belirlenmiştir. Hem etkin ve erken tedavi için hem de gereksiz tedavi masraflarının yapılmaması için bal zehirlenmesinin teşhis ve tedavisinin iyi anlaşılması önem kazanmaktadır.

## KAYNAKLAR

Akgün N. 2017. Ordu İlinde Üretilen Kestane Balı, Akasya Balı, Orman Gülü Ve Yayla Ballarının Fiziksel Ve Kimyasal Aktiviteleri İle AntioksidanAktivitelerinin İncelenmesi. Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Aljadi, A.M., Kamaruddin, M.Y. 2004. Evaluation of the phenolic contents and antioxidant capacities of two Malaysian floral honeys. Food Chemistry, 85: 513-518.

Alvarez-Suarez J.M., Tulipani S., Diaz D., Estevez Y., Romandini S., Giampieri F, Damiani E., Astolfi P., Bompadre S., Battino M. 2010. Antioxidant and antimicrobial capacity of several monofloral Cuban honeys and their correlation with color, polyphenol content and other chemical compounds. Food Chem. Toxicol. 48: 2490-2499.

Bhattacharyya, D. 2011. *Rhododendron* Species and Their Uses with Special Reference to Himalayas – a Review.Assam University Journal of Science & Technology,7(1), 161-167.

Bertocelj, J., Dobersek, U., Jamnik, M. 2007 Golob T. Evaluation of the phenolic content, antioxidant activity and colour of Slovenian honey. Food Chemistry, 105:822‑828.

Bogdanov, S., Lullmann, C., Martin, P., Russmann, H., Vorwohl, G. 2000. Honey quality, methods of analysis and international r egulatory standards: Review of the work of the international honey commission, Swiss Bee Research Centre, FAM, Liebefeld, Switzerland. www.agroscope.admin.ch; Erişim Tarihi: (8 Haziran 2016).

Buratti, S., Benedetti, S., Cosia, M.S. 2007. Evaluation of the antioxidant power of honey, propolis and royal jelly by amperometric flow injection analysis, Talanta, 71, 1387-1392.

Choi, Y.S., Jang, I.S., Kim, B.H., Kwon, N.Y., Kim, J.D., Lee, M.Y., et al. 2002. A case of severe bradyarrhythmia after ingestion of *Rhododendron brachycarpum*. Korean Circulation Journal, 32: 268–270.

Christopher, M.H., Kim, M.D. 1997. Potentiating health and crisis of the ımmune system. Plenum pres. New York, chapter. 24, 243-270.

De Loose, R. Nieuwe cultivar op kompost van Azalea indica L.: een bonte sport van cv. De waele's favorite bekommen door bestraling. Verbondsnieuws Belg. Sierteelt, 18 (4): 125-129.

Doğaroğlu, M. 2004. Modern arıcılık teknikleri 2.baskı. Doğa Arıcılık Tic. Ltd. Şti. Tekirdağ.

Dustman, J.H. 1993. Honey quality and ıts control. American Bee Journal. 133(9):648-651.

Erdemoğlu, N., Akkol, E.A., Yeşilada, E., Çalış, I. 2008. Bioassay-guided evaluation of anti inflammatory andantinociceptive activities of Rhododendron ponticum L. leaves.Journal of Ethnopharmacology, 119: 172–178.

Erdemoğlu, N., Küplei, E., Yeşilada, E. 2003.Anti-inflammatory and antinociceptive activity assessment of plants used as remedy in Turkish folk medicine. Journal of Ethnopharmacology, 89(1):123-129.

Escuredo, O., Dobre, I., Fernández-González, M., Seijo, M.C. 2014. Contribution of botanical origin and sugar composition of honeys on the crystallization phenomenon. Food Chemistry, 149: 84-90.

Fallico, B., Zappala, M., Arena, E., Verzera, A. 2004. Effects of conditioning on HMF content in unifloral honeys. Food Chemistry, 85: 305-313.

Fiorani, M., Accorsi, A., Blasa, M., Diamantini, G., Piatti, E. 2006. Flavonoids from İtalian multfloral honeys reduce the extracellular ferricyanide in human red blood cells, J. Agric. Food Chemistry, 54, 8328-34.

Guleria, S., Tiku, A.K., Singh, G., Vyas, D., Bhardwaj, A. 2011. Antioxidant activity and protective effect against plasmid DNA strand scission of leaf, bark, and heartwood extracts from *Acacia catechu*. Journal of Food Science, 76: C959–C964.

Guler, A., Bakan, A., Nisbet, C., Yavuz, O. 2007. Determination of important biochemical properties of honey to discriminate pure and adulterated honey with sucrose (Saccharum officinarum L.) syrup. Food Chemistry, 105: 1119-1125.

Harborne, J.B., Williams, C.A. 1971. Leaf survey of flavonoids and simple phenols in the genus *Rhododendron Phytochemistry, 10(11): 2727-2744.*

Hu, J., Wang, Z., Guo, Y. Y., Zhang, X. N., Xu, Z.H., Liu, S. B., Zhao, M. G. 2009. A role of periaqueductal grey NR2B-containing

NMDA receptor in mediating persistent inflammatory pain. Molecular pain, 5(1), 71.22.

Jhonson, B.J., Miller, G.H., Fogel, M.L., Magee,J.W., Gagan, M.K., Chivas, A.R. 1999. 65,000 Years of Vegetation Change in Central Australia and the Australian Summer Monsoon. Science, 284, 1150-1152.

Karadal, F., Yıldırım, Y. 2012. Balın kalite nitelikleri, beslenme ve sağlık açısından önemi. Erciyes Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi, 9(3): 197-209.

Kim, C., Kim, D.S., Lee, H.W., Ahn, Y.M., Uhm, J.H. 2008. A case of grayanotoxin intoxication presenting with mental changes and vomiting. Korean Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition, 11: 223–225.

Lampe, K.F. 1988. Rhododendrons, Mountain laurel,and mad honey. JAMA, 259(13): 2009.

Louis, A., Petereit, F., Lechtenberg, M., Deters A.,Hensel, A. 2010. Phytochemical characterization of Rhododendronferrugineum and in vitro assessment of an aqueousextract on cell toxicity. Planta Medica, 76 (14); 1550.

Louis, A., Petereit, F., Canigoeral, S., Hensel, A. 2009. Phytochemical characterisation of the leaves of Rhododendron ferrugineum. Planta Medica, 75 (09): 1550-1557.

Molan, P.C. 2006. The evidence supporting the use honey as a wound dressing, Int. J. Low Extrem Wounds, 5, 40-54.

Nagai, T., Sakai, M., Inoue, R., Inoue, H., Suzuki, N. 2001. Antioxidative activities of some commercially honeys, royal jelly, and propolis. Food Chemistry, 75:237‑240.

Nombre, I., Schweitzer, P., Boussim, J.I, Rasolodimby, J.M. 2010. Impacts of storage conditions on physicochemical characteristics of honey samples from Burkina Faso. Afr. J. Food Sci. 4(7): 458 ‑463.

Orhan, I., Şener, B., Choudhary, M.I., Khalid,A. 2004. Acetylcholinesterase and butyrlcholineesterase inhibitoryactivity of some Turkish medicinal plants" J. Ethnopharm, 91: 57-60.

Pharmacopoeia of the Peoples Republic of China (PPRC). 2010. 3 volumes China.

Polat, G. 2007. Farklı lokasyon ve orijinlere sahip balların reolojik, fizikokimyasal karakteristikleri ve mineral içeriklerinin

belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi,SelçukÜniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.

Popescu, R., Kopp, B. 2013. The genus Rhododendron:an ethnopharmacologic

Rylski, M., Duriasz-Rowinska, H., Rewerski, W.1979. The analgesic action of some flavonoids in the hot platetest. Acta Physiol Pol, 30: 385–388.

Silici, S. 2019. Orman Gülü Balı (Deli Bal) Toksikasyonu, Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi E-ISSN: 2146-0132, 12 (2): 35-44, 2019

Silici, S., Atayoğlu, A.T. 2015. Mad honey intoxication:A systematic review on the 1199 cases.Food ChemToxicol, 86: 282-90.

Silici, S., Sagdıc, O., Ekıcı, L. 2010. Total phenolic content, antiradical, antioxidant and antimicrobial activities of Rhododendron honeys. Food Chemistry, 121, 238-243

Sreevidya, N., Mehrotra, S. 2003. Spectrophotometric method for estimation of alkoloids precitable with Dragendorff's reagent in plant materials. J AOAC, 86(6):1124-27.

Tam, T.W., Liu, R., Arnason, J.T., Krantis, A., Staines, W.A., Haddad, P.S., Foster, B.C. 2009. Actions of ethnobotanically selected Cree anti-diabetic plants on human cytochrome P450 isoforms and flavin-containing monooxygenase 3. J Ethnopharmacol, 29;126(1): 119-26.

Tasdemir, D., Brun, R., Perozoo, R., Dönmez, A.A. 2005. Evaluation of antiprotozoal and plasmodial enoyl-ACP reductase inhibition potential of turkish medicinal plants, 19(2): 162-166.

Tasdemir, D., Dönmez, A.A., Çalıs, I., Rüedi,P. 2004. Evaluation of biological activity of Turkish plants. Rapid screening for the antimicrobial, antioxidant, and acetylcholinesterase inhibitory potential by TLC bioautographic methods" J.Pharm Biol, 42 ( 4-5), 374-383.

Terai, T., Tanaka, S. 1993. Gas chromatographic determination on grayaotoxins. Chem Express, 8: 381-384.

Tezcan , F., Kolaylı , S., Şahin, H., Ulusoy, E. 2011. Evaluation of organic asid, saccharide composition an antioxidant properties of some authentic Turkish honey, J. Food Nutr. Res. 50, 33-40.

Turhan, I., Tetik, N., Karhan, M., Gurel, F., Tavukcuoglu, H.R. 2008. Quality of honeys influenced by thermal treatment. Lebensm Wiss Technol. 41:1396‑ 1399.

Uniyal, S.K., Singh, K.N., Jamwal, P., Lal, B.2006. Traditional use of medicinal plants among the tribal communities of Chhota Bhangal, Western Himalaya. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine, 2: 14.

Usta, A., Yaylı, B., Kahrınman, N., Karaoğlu, S.A., Yaylı, N. 2012. Composition and Antimicrobial Activity of Essential Oil from the Flower of *Rhododendron luteum* Sweet. Asian Journal of Chemistry, Vol. 24, No. 5.

Zhao, B., Yin, Z.F., Xu, M., Wang, Q.C. 2012. AFLP analysis of genetic variation in wild populations of five *Rhododendron* species in Qinling Mountain in China. Biochem. Syst. Ecol, 45: 198-20.

Zhang, S.., Chen, F., Peng, S., Ma, W., Korpelainen, H., Li, C. 2010. Comparative physiological, ultrastructural and proteomic analyses reveal sexual differences in the responses of *Populus cathayana* under drought stress. Proteomics, 10, 2661–2677.

# BÖLÜM 17

## HAM VE LİYOFİLİZE APİLARNİLİN BAZI KİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Sinan ERDEM[1]

Doç. Dr. Hakan İNCİ[2]

[1] Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Bingöl, TÜRKİYE.
https://orcid.org/0000-0001-5342-6302 sinanerdem012@gmail.com
[2] Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Bingöl, TÜRKİYE.
https://orcid.org/0000-0002-9791-0435 hinci@bingol.edu.tr

## 1. GİRİŞ

Değişen yaşam koşulları nedeniyle meydana gelen yetersiz beslenme, protein azlığı ve hastalıklarda artış gibi başlıca sorunların çözülmesi için yeni besin kaynakları konusunda çeşitli araştırmalar yapılmaktadır. Bu araştırmalar bal arılarının sadece bal üretmediği bunun yanında propolis, arı ekmeği, arı sütü, arı zehri ve apilarnil gibi besin değeri yüksek ürünlerden faydalanma fikrini ön plana çıkarmıştır. Sağlık yönünden faydalı etkileri de göz önüne alındığında, doğal olan arı ürünleri uzun zamandan beri insanların ilgi odağı olmuştur (Margaoan ve ark., 2017). Bal arısı ürünlerinin yeterli miktarda ve doğru zamanda kullanımının, insan sağlığı üzerinde pozitif etkileri olduğu yapılan birçok bilimsel araştırmalarla ortaya koyulmuştur (Mateescu 2011; Topal ve ark., 2018; İlkaya ve İnci 2020). Son zamanlarda bilimin popüler araştırma konularından biri ise apilarnildir.

Apilarnil, bal arılarında döllenmemiş yumurtanın (haploid, n) ana arı tarafından veya anasız kalmış kovanlarda diğer dişi/işçi arılarca erkek arı gözü denilen ve genellikle peteklerin kenarlarında, nadiren ortalarında veya anasız kovanlarda peteğin neredeyse tümüne dağılmış, diğer petek gözlerine oranla sırlandığında biraz daha kubbeli ve büyük gözüken petek gözlerine atılan haploid yumurtadan gelişen, petek sırlanmadan önce, 3-7 günlük larvaların bu zaman aralığında toplanmasıyla elde edilen larval formlara verilen addır. Apilarnil, biyolojik açıdan etkin/aktif bir arı ürünüdür ve elde edilen ürün amaca göre filtre veya liyofilize şekilde kullanılır (Akçiçek ve Yücel 2015). Apilarnilinin uzun süreli muhafaza edilmesinde uygulanan en iyi işlem

bir koruma ve kurutma tekniği olan liyofilizasyondur. Ayrıca, taze apilarnil hasat sonrasında -15 ºC'de uzun süreli saklanabilmektedir (Bruneau 2015). Yapılan bilimsel araştırmalar apilarnilin besin değerinin yüksek olduğunu göstermiş ve bu nedenle hem tıbbi hem de besin takviyesi olarak kullanılma potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir.

Yaptığımız bu çalışmanın amacı, Bingöl iline ait Genç, Solhan ve Merkez bölgelerinden elde edilen ham ve liyofize apilarnilin biyoaktif özelliklerini belirlemektir. Ayrıca zengin besin değeri taşıyan böyle bir ürünün daha sonra yürütülecek olan akademik çalışmalara referans olması hedeflenmiştir.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1. Apilarnil Kimyasal İçeriği İle İlgili Yapılan Çalışmaları

Stângaciu (1999), Bărnuţiu (2013), Balkanska ve ark., (2014), Mărgăoan ve ark., (2017), biyokimyasal içeriğine, hasat dönemi, koloninin bulunduğu flora ve larvanın yaşı gibi birçok faktörün etkisi olduğunu bildirmişlerir. Yapılan çalışmalarda, protein miktarını %6,61-12, toplam toplam yağ %3,44-8,38 ve nem içeriği %65-70,97 değerleri saptanmıştır. Toplam şeker %6-10, pH 6,49, kül %2 ve asitlik %0,88-3,18 olarak rapor edilmiştir. Şeker profillerinden sukroz %0,00- 0,14, fruktoz; %0,11-0,60, glukoz %3,40-6,74 aralığında tespit edilmiştir.

Isıdorov ve ark., (2016), apilarnilin kimyasal analizinde ham örneklerin %12,2 karbonhidrat, %73,6 su, %3,5 yağ, %10 protein, %0,7 kül

içermiş enerji değeri 120,3 kcal/100 g barındırdığını tespit etmiştir. Aynı araştırmada liyofilize örneklerin %24,2 lipid, %32 protein, %3 su, %2,7 kül, %38,9 karbonhidrat içermiş enerji değeri ise 501,4 kcal/100g olarak rapor edilmiştir. Bu araştırmada en önemli komponent gruplarından biri serbest amino asitler bulunmuş, 9 esansiyel amino asit içerdiği belirlenmiştir. Non-proteinojenik amino asitler arasında 4-hydroxyproline, aminobutirik, beta-alanine, sarcosine, homoserine ve pyroglutamik asitler bulunmaktadır. Araştırmada genel olarak aminoasitlerin, P-içeren ve N-içeren bileşikler, karbonhidratlara, lifatik asitler ve ilgili bileşikler ile gliseridlerin ve sterol temel bileşenler olduğu rapor edilmiştir.

## 3. MATERYAL VE YÖNTEM

### 3.1. Materyal

#### 3.1.1. Apilarnil Örnekleri ve Arılıkların Belirlenmesi

Bu tez çalışmasında *Apis mellifera caucasica* (Kafkas arısı) ve hibrit arı kullanılmıştır. Doğu Anadolu Bölgesine adaptasyon sağlamış, yaşama gücü fazla olması ve yumurta verimi fazla olmasından dolayı bu arı ırkı seçilmiştir.

Tez çalışmasının ana materyalini Bingöl ili sınırlarından yer alan Genç, Solhan, Adaklı ilçelerinde ve merkezde toplanılan apilarniller oluşturmuştur. Tez çalışmasında kullanılan apilarniller Bingöl Arıcılar birliğine bağlı olan ve aktif arıcılık yapan üreticilerden elde edilmiştir.

### 3.1.2. Çalışma Alanlarının Belirlenmesi

Örnekleme metodu ile arılık sayısı belirlenmiş ve daha sonra, bir işçi arının dört-beş km'lik bir mesafeyi gezinebileceği göz önünde bulundurulmuş ve gezgin arıcı olmaması kriterleri dikkate alınmıştır. Çalışma, her alanda toplam 5 adet 20 çerçeveli güçlü arı kolonisinde gerçekleşmiştir. Bu amaçla çalışma süresi boyunca larvaların besleme görevi gören genç işçi arıların beslenmesi şerbet ve kek desteği verilerek gelişimleri sağlanmıştır. Bu tez çalışmasında çalışma alanlarını belirlerken Bingöl ilinin farklı bölgelerinden alanlar belirlenmiştir. Kuzeyinde Adaklı ilçesi, doğusunda Solhan ilçesi, güneyinde bulunan Genç ilçesi ve Bingöl merkezinde iki nokta olmak üzere toplamda beş farklı alan belirlenmiştir (Tablo 3.1.).

**Tablo 3.1.** Apilarnil Örneklerinin Toplandığı Bölgeler ve Rakımları

| İl İlçe | Köy | Rakım |
|---|---|---|
| Adaklı | Sefkar | 2044 m |
| Genç | Çotla Yaylası | 2346 m |
| Solhan | Şerafettin Yaylası | 2544 m |
| Merkez 1 | Meğmir | 2100 m |
| Merkez 2 | Metan | 2028 m |

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Apilarnil Örneklerinin Toplanması ve Örneklerin Muhafaza Edilmesi

Apilarnil örnekleri toplanmadan önce Bingöl ilinde belirlenen 5 farklı noktada ki arıcılar ile irtibata geçilmiş, bölgelerde hava sicaklığına bağlı olarak apilarnil örnekleri farklı zamanlarda toplanmıştır. Bal arılarında apilarnilin en yoğun olduğu Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında yani kolonilerin oğul verme hazırlığı, polen ve nektar akımının fazla oldugu bu aylarda apilarnil toplanmıştır. Apilarnilde hasat işlemi 3-7 günlük larval yaşta iken yapılmıştır. Hasat yapılırken larva kaç günlük olduğuna dikkat edilip işlem arılıkta gölge bir yerde yapılmıştır ve güneş görmemiştir. Hasat edilen apilarnilin soğuk zincir muhafazası sağlanmıştır (Şekil 3.1.).

Bu yöntemle toplanılan apilarnil önce dondurulmuş, daha sonra içeriğindeki su buz haline getirilmiştir. En son olarak buz uygun şartlarda süblime edilmiştir. Apilarnil dondurma ve kurutma olmak üzere iki aşamadan oluşmuştur çoğunlukla -30° ve -50 °C ye kadar dondurulmuştur. Dondurulmuş ve soğutulmuş apilarnil dondurarak soğutma cihazında vakum altında kurutulmuştur. Hasat edilen apilarnil gerekli etiketlemeler yapılıp kimyasal analizler aşamasına kadar -80 $^{0}$C dondurucuda muhafaza edilmiştir (Şekil 3.1).

**Şekil 3.1.** Apilarnil örneklerine ait görseller. Soldaki ham Apilarnilin görünümü, sağdaki liyofilize edilmiş apilarnilin görünümü

### 3.2.2. Apilarnil Örneklerinin Kimyasal Analizleri

Apilarnil örnekleri kimyasal analiz aşamasına geçilmeden önce her bölgeden toplanılan apilarniller bir kısmı liyofilize edilerek hem ham hemde liyofilize apilarnilin kimyasal bileşenlerine bakılmıştır.

#### 3.2.2.1. Su İçeriği ve Kuru Madde Tayini

Sabit ölçüme getirilen kurutma kaplarının içerisine 4 g 1 mm'lik elekten geçecek şekilde öğütülmüş apilarnil numunesinden tartılarak alınmıştır (A1). Kurutma kabı etüve yerleştirilmiştir. Etüvün sıcaklığı yavaş yavaş 110±2 °C'a getirilir. 4-5 saat sonunda kurutma kapları desikatöre alınmış, soğuması beklenmiş ve tartıma alınmıştır. (A2)

**Hesaplamalar;**

**% Nem = [ (A1-A2) / m] x 100**

A1 = Alınan apilarnil ağırlığı + sabit tartıma getirilen kurutma kabının ağırlığı (g)

A2 = Kurutulmuş apilarnil + sabit tartıma getirilen kurutma kabının ağırlığı (g)

m = Alınan apilarnil ağırlığı (g)

%Kuru madde = 100 - %Nem

%Nem = 100 - %Kuru madde bağıntısı vardır

#### 3.2.2.2. Kül İçeriği

Kroze kül fırınına yerleştirimiş ve 500 derecede 30 dakika kadar bekletilmiştir. Desikatöre alınıp soğutulmuş, krozenin darası alınmış ve kütlesi kaydedilmiştir. Yaklaşık 1 gram numune 0,0001 hassasiyetle tartılmış ve kaydedilmiştir. Numune kül fırınına konularak fırın sıcaklığı 600 dereceye ayarlanmış, fırın sıcaklığı 600 dereceye ulaştıktan 5 saat sonra numuneler çıkarılarak desikatörde soğumaya alınmıştır. Tartım yapılan değerler kaydedimiştir. Aşağıda verilen denkleme göre sonuç hesaplanmıştır. Analizler, 3 tekerrürlü yapılarak ortalama değer sonuç olarak alınmıştır.

$$\%Kül = \frac{\text{Kabın ve külün kütlesi} - \text{Boş kabın kütlesi}}{\text{Kabın ve tartılan numunenin kütlesi} - \text{Boş kabın kütlesi}} \times 100$$

#### 3.2.2.3. Asit Tayini

Liyofilize örnekler toz haline getirilerek, ham örnekler homojenizatör ile homojenize edilmiş ve ham ve liyofilize apinaril örneklerinden 1'er gram tartıldı. Her birine 50 mL ultra safsu (18,2 MΩ) üzerlerine ilave edilerek 1 saat manyetik karıştırıcı ile karıştırıldıktan sonra 25 °C'de pH metre ile (Thermo) pH'sı belirlenmiştir.

#### 3.2.2.4. Toplam Protein Tayini

Dumas metodu ile protein analizinde Gerhardt marka Dumaterm model (Germany) cihaz kullanılmıştır. Dumas yöntemi ekstraksiyon yapmaya

gerek duyulmadan, çok az miktarda örnek miktarı ile hızlı ve güvenilir bir protein analizine imkân verdiği için gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Bu yöntemde apilarnil örnekleri homojenize edildikten sonra ince elekten geçirildi ve yaklaşık 30- 50 mg tartıldı. Tin foil içerisine alınarak cihazın yakma ünitesine atıldı ve burada $O_2$ ile 1200 $^0$C de yakıldı. Gaz fazına geçen bileşikler çeşitli filtrelerde tutulur, He tarafından taşınan $N_2$ termal iletkenlik dedektörü tarafından ölçülür. Tespit edilen %$N_2$ miktarı, protein faktörü ile çarpılarak örnekteki % protein kantitatif olarak tespit edilmiştir. Analiz için Gerhardt Dumatherm Cihazı kullanılmıştır.

**Numune Hazırlama**

- 30-50 mg arasında numune tartılıp tin foile eklenir.
- Her bir numunenin analiz süresi 4 dk'dır. Analiz bitiminde cihaz sonuçları "% nitrojen" olarak verir. Cihazın verdiği değer, örneğin durumuna göre belirlenmiş olan protein faktörü ile çarpılarak "%Ham Protein" oranı hesaplanır.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Nem ve Kuru Madde Tayini

Liyofilize edilmiş olan numuneler ve yaş numunelerde nem değerlerine bakılmıştır. Elde edilen sonuçlarda, liyofilize edilen numunelerde nem değeri %0,01-0,04 arasında bulunmuştur. Yaş numunelerde ise bulunan değerler şu şekildedir;

**Tablo 4.1.** Nem ve Kuru Madde Tayini Sonuçları

| | | n | ORTALAMA | STANDART SAPMA | Önem (P) |
|---|---|---|---|---|---|
| NEM | ADAKLI | 3 | 64,10±0,17b | 0,3000 | * |
| | GENÇ | 3 | 81,00±0,80d | 1,4000 | * |
| | SOLHAN | 3 | 78,00±1,03c | 1,8000 | * |
| | MERKEZ (MEĞMİR) | 3 | 52,8±1,21a | 2,1000 | * |
| | MERKEZ (METAN) | 3 | 80,2±0,05cd | 0,1000 | * |
| | Toplam | | 71,22±2,97 | 11,5145 | |
| KURU MADDE | ADAKLI | 3 | 35,90±1,15b | 2,0000 | * |
| | GENÇ | 3 | 19,00±1,27a | 2,2000 | * |
| | SOLHAN | 3 | 22,00±0,69a | 1,2000 | * |
| | MERKEZ (MEĞMİR) | 3 | 47,20±0,05c | 0,1000 | * |
| | MERKEZ (METAN) | 3 | 19,80±1,15a | 2,0000 | * |
| | Toplam | | 28,78±2,98 | 11,5429 | |

**Tablo 4.1.** Nem ve Kuru Madde Tayini Sonuçları (Devamı)

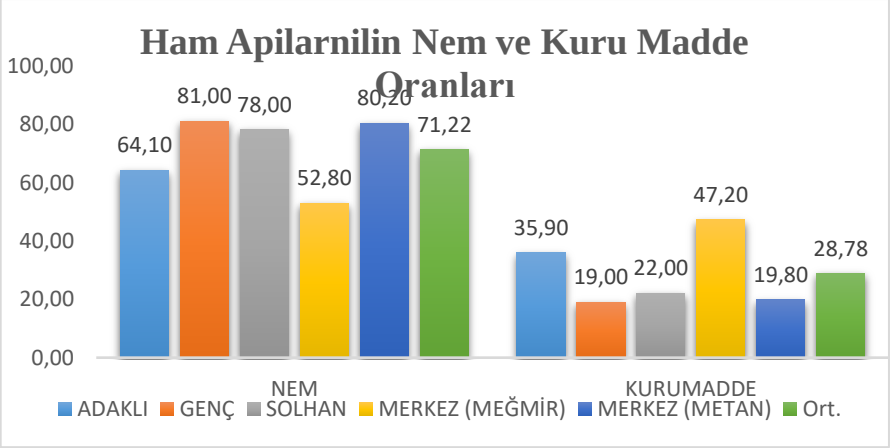
| | | Kare Ortalaması | df | Ortalama | F | Sig. | Önem (P) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NEM | Gruplar arası | 1836,744 | 4 | 459,186 | 236,450 | 0,000 | |
| | Gruplar içerisinde | 19,420 | 10 | 1,942 | | | * |
| | Toplam | 1856,164 | 14 | | | | |
| KURUMADDE | Gruplar arası | 1836,744 | 4 | 459,186 | 160,667 | 0,000 | |
| | Gruplar içerisinde | 28,580 | 10 | 2,858 | | | * |
| | Toplam | 1865,324 | 14 | | | | |

a, b, c,d, cd: Aynı satırdaki farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir. n: Tekerrür P:Önem düzeyi, ÖNZ: Önemsiz, *: P<0,05.

Yaptığımız çalışmada nem oranları sırasıyla; Adaklı: 64,10±0,17b, Genç: 81,00±0,80d, Solhan: 78,00±1,03c, Merkez (meğmir): 52,8±1,21a, Merkez (metan): 80,2±0,05cd olarak tespit edilmiştir. Nem oranlarına ait elde edilen sonuçlar incelendiğinde Genç, Solhan ve

Merkez (metan) arasında istatiksel olarak benzerlik bulunup ayrı gruplanmış ve bu bölgeler ile diğer bölgeler arasındaki fark istatistiki olarak önemli (P< 0,05) bulunmuştur. Kuru madde oranları ise sırasıyla; Adaklı: 35,90±1,15b, Genç: 19,00±1,27a, Solhan: 22,00±0,69a, Merkez (meğmir): 47,20±0,05c, Merkez (metan): 19,80±1,15a olarak tespit edilmiştir. Kuru madde oranlarına ait elde edilen sonuçlar incelendiğinde Genç, Solhan ve Merkez (metan) arasında istatiksel olarak benzerlik bulunmuş istatiki olarak önemsiz olup bu üç bölge ile Adaklı ve Merkez (meğmir) arasındaki fark istatistiki olarak önemli (P< 0,05) bulunmuştur.

**Grafik 4.1.1.** Ham Apilarnilin Nem ve Kuru Madde Oranları




Daha önce yapılan çalışmalarda; Stângaciu (1999), Bărnuţiu (2013), Balkanska ve ark., (2014), Mărgăoan ve ark., (2017), yaptıkları farklı çalışmalarda apilarnilin nem oranını %65-70,97 aralığında saptamışlardır. Isıdorov ve ark., (2016), erkek arı larvasının kimyasal analizi ile ilgili bir araştırmada bal arısı erkek larvasının kimyasal

analizinde ham örneklerin nem oranını %73,6 liyofilize apilarnilin nem oranını ise %3 olarak saptamıştır. Yapılan ayrı bir çalışmada ise Aoşan (2016), apilarnilin nem içeriğini %65-70,97 olarak bulmuştur. Yaptığımız bu çalışmada Bingöl apilarnilinin nem ve kuru madde içeriğinin daha önce yapılan çalışmalar ile paralellik gösterdiği tespit edilmiştir.

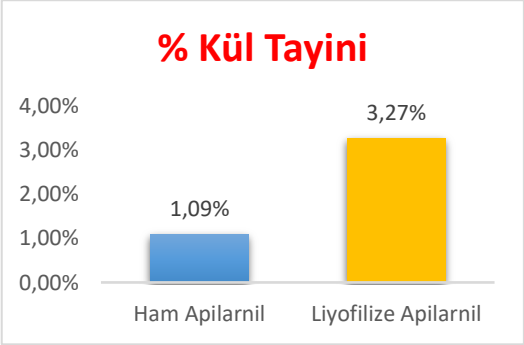
## 4.2. Kül ve pH Tayini

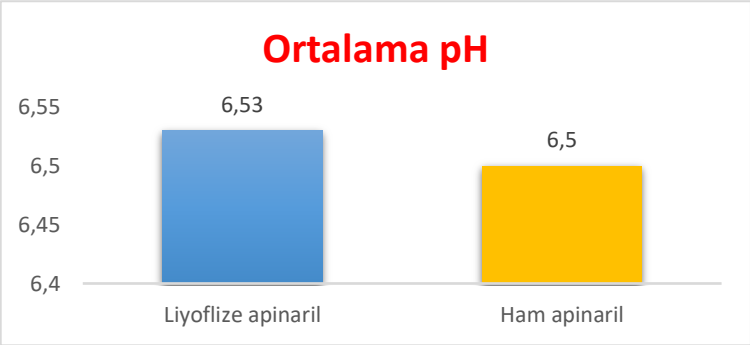
**Tablo 4.2.** Çalışma kapsamında gerçekleştirilen apilarnil örneklerindeki kül tayini ve pH ölçümü sonuçları

| % Kül Tayini | Tekerrür Sayısı | % Ortalama | pH |
|---|---|---|---|
| Ham Apilarnil | 3 | %1,09 | 6,53 |
| Liyofilize Apilarnil | 3 | %3,27 | 6,50 |

Yaptığımız bu çalışmada Bingöl iline ait ham apilarnillin kül oranı ortalaması %1,09 olarak, liyofilize apilarnilin ise kül oranı ortalaması %3,27 olarak tespit edilmiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda; Stângaciu (1999), Bărnuţiu (2013), Balkanska ve ark., (2014), Mărgăoan ve ark., (2017), yaptıkları farklı çalışmalarda apilarnilin kül %2 olarak belirlemişlerdir. Isıdorov ve ark., (2016), erkek arı larvasının kimyasal analizi ile ilgili bir araştırmada bal arısı erkek larvasının kimyasal analizinde ham örneklerin %0,7 kül içerdiğini liyofilize apilarnilin ise %2,7 kül içerdiği rapor edilmiştir. Yapılan ayrı bir çalışmada ise Aoşan (2016), apilarnilin kül içeriğini %2,0 olarak bulmuştur. Yaptığımız bu çalışmada, Bingöl apilarnilinin kül tayini içeriğinin daha önce yapılan çalışmalar ile paralellik gösterdiği tespit edilmiştir.

**Grafik 4.3.** Kül tayini ve pH sonuçlarını gösteren grafik




Bu çalışmada Bingöl iline ait ham apilarnillin pH ortalaması 6,53 olarak, liyofilize apilarnilin ise pH ortalaması 6,50 olarak tespit edilmiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda; Stângaciu (1999), Bărnuţiu (2013), Balkanska ve ark., (2014), Mărgăoan ve ark., (2017), apilarnil ile yaptıkları çalışmada ham apilarnilin pH değerini pH 6,49 olarak bulmuşlardır. Aoşan (2016), apilarnil ile yaptıkları çalışmada ham apilarnilin pH değerini pH 6,49 olarak bulmuşlardır. Yaptığımız bu çalışmada Bingöl apilarnilinin pH tayinin daha önce yapılan çalışmalar ile paralellik gösterdiği tespit edilmiştir.

## 4.4. Protein Analizi Tayini

**Tablo 4.4.** Protein Analiz Sonuçları

| Lokasyon/ proten değeri | | n | Sonuç | Standart sapma |
|---|---|---|---|---|
| **Liyofilize değer** | ADAKLI | 3 | 35,62±0,60b | 1,04500 |
| | GENÇ | 3 | 35,10±0,73b | 1,27610 |
| | SOLHAN | 3 | 33,98±0,81b | 1,41859 |
| | MERKEZ (MEĞMİR) | 3 | 34,49±0,75b | 1,31127 |
| | MERKEZ (METAN) | 3 | 30,87±0,71a | 1,23306 |
| | Toplam | | 34,01±0,52 | 2,02693 |
| **Ham değer** | ADAKLI | 3 | 15,18±0,65 | 1,130021 |
| | GENÇ | 3 | 14,00±0,95 | 1,646117 |
| | SOLHAN | 3 | 13,69±0,45 | 0,790080 |
| | MERKEZ (MEĞMİR) | 3 | 13,86±0,83 | 1,453903 |
| | MERKEZ (METAN) | 3 | 11,95±0,96 | 1,668558 |
| | Toplam | | 13,74±0,40 | 1,583408 |

**Tablo 4. 5. Protein Analiz Sonuçları (Devamı)**

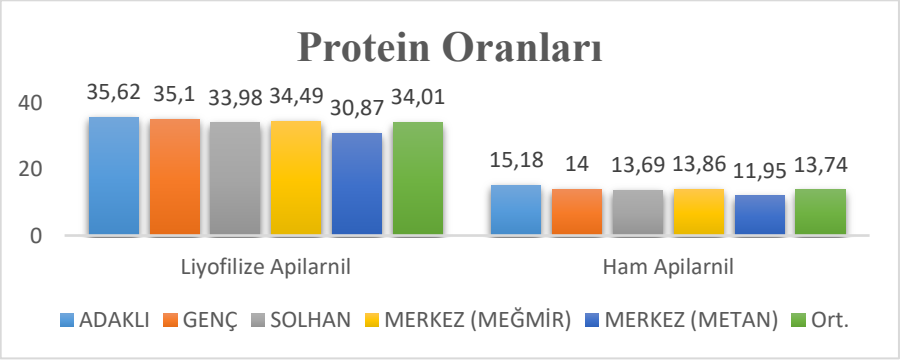
| | | Kare Ortalaması | Df | Ortalama | F | Sig. | Önem derecesi (P) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Liyofilize değer** | Gruplar arası | 41,573 | 4 | 10,393 | 6,518 | 0,008 | |
| | Gruplar içerisinde | 15,945 | 10 | 1,595 | | | * |
| | Toplam | 57,518 | 14 | | | | |
| **Ham değer** | Gruplar arası | 16,083 | 4 | 4,021 | 2,114 | 0,154 | |
| | Gruplar içerisinde | 19,018 | 10 | 1,902 | | | ÖNZ |
| | Toplam | 35,101 | 14 | | | | |

a, b, c,d, cd: Aynı satırdaki farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir. n: tekerrür sayısı P:Önem düzeyi, ÖNZ: Önemsiz, *: P<0,05.

Yaptığımız bu tez çalışmasında Bingöl iline ait ham apilarnillernin yüzdelik protein değerleri sırasıyla; Adaklı: 15,18±0,65, Genç: 14,00±0,95, Solhan: 13,69±0,45, Merkez (meğmir): 13,86±0,83, Merkez (metan): 11,95±0,96 olarak belirlenmiştir. Protein oranlarına

ait elde edilen sonuçlar incelendiğinde bölgelere ait ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Bingöl iline ait apilanillere ile ilgili yaptığımız bu çalışmada liyofilize apilarnillerin yüzdelik protein değerlerinin yüzdelik olarak sırasıyla; Adaklı: 35,62±0,60b, Genç: 35,10±0,73b, Solhan: 33,98±0,81b, Merkez (meğmir): 34,49±0,75b, Merkez (metan): 30,87±0,71a olarak bulunmuştur. Liyofilize apilarnilin protein oranlarına ait elde edilen sonuçlar incelendiğinde Merkez (metan) diğer bölgelerden istatiksel olarak ayrı gruplanmış ve bu bölgelere ait ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemli (P< 0,05) bulunmuştur.

**Grafik 4.5.1. Protein Oranları**




Daha önce yapılan çalışmalarda; Stângaciu (1999), Bărnuţiu (2013), Balkanska ve ark., (2014), Mărgăoan ve ark., (2017), apilarnil ile yaptıkları çalışmalarda ham apilarnilde % protein oranını %6,61-12 düzeyleri arasında saptanmışlardır. Isıdorov ve ark., (2016), apilarnil ile yaptıkları çalışmalarda ham apilarnilde protein %10 olarak bulmuştur. Liyofilize apilarnil ile yaptığı çalışmada protein oranını %32 olarak bulunmuştur. Aoşan (2016), apilarnilin yağ oranını %6,61-12 düzeyleri

arasında bulmuştur. Silici (2019), ham apilarnil değerlerini %9,4 olarak bulmuştur. Yaptığımız bu çalışmada Bingöl liyofilize apilarnilinin protein tayinin daha önce yapılan çalışmalar ile paralellik gösterdiği tespit edilmiştir fakat ham apilarnillerin ise ortalama 13,74±0,40 olup daha önceki çalışmalara göre daha yüksek çıkmıştır.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bitki örtüsü bakımından zengin olan ülkemiz, arı ve arı ürünlerinin üretimi açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Bu potansiyel, arı ürünlerinin kimyasal içeriğini ve biyolojik aktifliğini de etkilemektedir. Yapılan çalışmalar, bir arı ürünü olan apilarnilin bilimsel çalışmalara ışık tutabilecek potansiyele sahip olduğunu ortaya koymuştur. Apilarnil üzerinde çalışmalara yakın tarihte başlanmasından dolayı literatür kaynaklarının kısıtlı olması apilarnilin kimyasal içeriğinin tespiti daha önemli kılmış ve bu çalışmamızın Bingöl iline ait apilarnil için kaynak teşkil etmesi amaçlanmıştır. Günümüz teknolojisi, bilimsel araştırmaları daha kolay kılmakta ve sonuca ulaşma zamanını asgariye indirmektedir. Bu açıdan bakıldığında, günümüz teknolojisinden yararlanılmalı ve biyoaktif özelliğe sahip bir arı ürünü olan apilarnilin sadece kimyasal içerik araştırmalarla sınırlı kalınmamalı, insan sağlığı açısından kullanılabilecek besin/ilaç eldesi vb nedenler için bilimsel araştırmalar devam etmelidir. Yaptığımız bu çalışmada Bingöl Merkez, Solhan, Adaklı ve Genç bölgelerinden elde edilen ham ve liyofilize e apilarnil örneklerinin biyoaktif özellikleri belirlenmiştir.

Bu özelliklere göre Bingöl iline ait ham apilarnilin; Protein değerleri min. 11,95±0,96 ile max. 15,18±0,65 aralığında değişmekteedir.

Liyofilize apilarnil ise min. 30,87±0,71 ile max. 35,62±0,60 aralığında değişmektedir. Bingöl iline ait apilarnilin protein değerleri, diğer bilimsel araştırmalar ile paralellik göstermektedir. Yaptığımız çalışmada Bingöl ham apilarnilinin pH 6,50, kül tayini %1,09, nem %71,22 ve kuru madde %28,78 olarak hesaplanmış ve çıkan sonuçlar daha önce yapılan bilimsel araştırmalar ile uyumlu olduğu gözlenmiş ve bundan sonra yapılacak olan bilimel çalışmalara kaynaklık etmesi istenmiştir.

Toplanılan apilarnillerin liyofilize edilip uzun süre saklanılabileceği görülmüştür. Apilarnilin kimyasal bileşiminin çok karmaşık olduğu ve toplanıldığı bölgenin florasına bağlı olduğu gözlenmiştir. Sonuç olarak apilarnil biyoaktif özellikleri bakımından yüksek değerlere sahip olduğu bu araştırmanın sonuçlarına dayanılarak söylenilebilir. Bu çalışmanın apilarnil ile ilgili yapılacak standardizasyon çalışmalarına katkı sağlayacağı ve literatür çalışmalarına kaynak olabileceği düşünülmektedir.

***Açıklama:* Bu çalışma "Bingöl İlinde Elde Edilen Ham Ve Liyofilize Apilarnilin Biyoaktif Özelliklerinin Belirlenmesi" isimli Yüksek Lisans Tez çalışmasından özetlenmiştir. Bingöl Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projeleri (BAP) kapsamında desteklenmiştir. Proje No: BAP-FBE.2020.00.002**

## KAYNAKLAR

Akçiçek, E., Yücel, B. (2015). Apiterapi'de Apilarnil. Arı Ürünleri ve Sağlık (Apiterapi). Sidas Yayınevi, İzmir, s. 183-190

Aoşan C., 2016. Apitherapy in the daily practice clinical applications. Apimedica and Apiquality Forum Rome, 42: 22- 24

Balkanska, R., Karadjova, I., Ignatova, M. (2014). Comparative analyses of chemical composition of royal jelly and drone brood. Bulgarian Chemical Communication 46(2): 412-416

Bruneau, E. (2015). First steps for good beekeping practices-guide for apitherapy products. Apitherapy Symposium Book of Abstracts, p. 40

İlkaya, M., İnci, H. (2020). The effect of apıllarnıl (male bee larva) on human nutrıtıon, health sıte and medıcal treatment of some dıseases. New approaches and applıcatıons ın agrıculture. Iksad Publications 6: 121-135

Isıdorov, VA., Bakier, S., Stocki, M. (2016). GC-MS investigation of the chemical composition of hoeybee drone and queen larva homogenate. Journal of Apicultural Research 60(1): 111-120

Mărgăoan, R., Mărghıtaş, LA., Dezmırean, D S., Bobış, O., Bonta, V., Cătană, C., Mureşan, CI., Margin, M G. (2017). Comparative Study on Quality Parameters of Royal Jelly, Apilarnil and Queen Bee Larvae Triturate. Bulletin of the University of Agricultural Sciences & Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Animal Science & Biotechnologies 74(1): 51-58

Mateescu, C. (2011). Apiterapia sau Cum Sa Folosim Produsele. Biomedical Analysis 30; 1403-1410

Stângaciu, S., Bucuresti. (1999). Apiterapy course notes. Constanţa Apiterapy Research p. 13

# BÖLÜM 18

## COVİD-19 PANDEMİSİ SÜRECİNDE BAZI POTANSİYEL VİRAL ZOONOZLAR

Dr. Öğr. Üyesi Hakan KEÇECİ[1]

[1] Bingöl Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Klinik Bilimler Bölümü İç Hastalıkları Anabilim Dalı, Dr. Öğr. Üyesi, (ORCİD No: 0000-0001-8236-100X), hkececi@bingol.edu.tr.

## GİRİŞ

Latincede "zoo" kelimesi hayvan "nosos" ise hastalık anlamındadır. İkisinin birleşmesiyle meydana gelen "Zoonosis" ise, hayvanlardan insanlara bulaşabilen hastalıkları ifade eder. 2019 yılında ortaya çıkan ve hala etkisi devam eden Koronavirüs Hastalığı (COVID-19) da bir zoonozdur. Malum hastalık, öncelikle şiddetli *Akut Coronavirüs-2 Solunum Sendromu*'nun (SARS-CoV-2), doğal veya hayvansal ara konakçılar vasıtasıyla mutasyona uğrayarak, özellikle insanlarda solunum sisteminin dışında birçok organa zarar verebilen bir enfeksiyon şeklinde karşımıza çıkmıştır. Devam eden COVID-19 salgını, önümüzdeki günlerde ortaya çıkabilecek başka salgınların habercisi olarak değerlendirilmekte ve başka etkenler aracılığıyla farklı salgınlar oluşabileceği endişesini de doğurmaktadır. Böylece salgınlarla mücadelede neredeyse bütün bilim insanları birlik olup geleceğe dair hazırlık planları yapmaya başladılar. Bütün dünyada ortak araştırma projelerine ağırlık verilerek "*COVID-19 pandemisine benzer senaryolar ortaya çıkarsa, nasıl ortak tavır alınabilir*?" sorusunun cevabı aranmaktadır. Koronavirüs pandemisinde ara konakçı olarak gündeme gelen yarasaların haricinde, pangolinler ve palmiye misk kedisi gibi bazı vahşi hayvanlar da incelenmektedir. Bu hastalığa ait virüsle ilgili genetik değişikliklerin ortaya çıkmasında özellikle bu canlıların öncülük ettiği iddiaları da yoğun olarak araştırılmaktadır. Her gün yeni bir bilgiye rastlanmakta, pandeminin ortadan kaldırılması için çalışmalar hızla yürütülmektedir (Yashpal, 2020; WHO, 2020, 2007).

Böylesi salgınlar meydana geldiğinde ucuz ve güvenilir aynı zamanda koruyucu ve de tedavi edici ilaçları bulmak ihtiyacı doğmuştur. Zaten viral hastalıklarda kullanılabilecek ilaçlar kısıtlı düzeydedir. Bu nedenle toplum içinde ortaya çıkan viral zoonozların bulaşmasını sınırlamak, onları kontrol edip önleyici tedbirlere başvurmak hastalıkla mücadelenin çatısını oluşturmaktadır. Ayrıca pandemilerde hızla yol alınması gerektiği görülmüştür. Zira, patojenin tespiti ve ayrımının yapılması (izolasyon) zaman almaktadır. İzolasyon için de hassas ve son derece hızlı, uygun maliyetli testlere ve kimyasal kitlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bunların geliştirilmesi, klinikte çabuk ve doğru konulan teşhislerle birçok hayat kurtarılması söz konusudur. Mücadelede halkla araştırmacılar tam bir işbirliği içinde davranmalıdır. İnsanların, ortaya çıkan zoonozlar hakkında da tam ve doğru bilgiyi birbiriyle paylaşması, güncel kaynaklara çok çabuk ulaşılması, hastalığı yenmek için atılacak en önemli adımlardandır (CDC, 2021).

Gündemi her gün meşgul eden korona virüs pandemisi dışında, Rotavirüs, domuz gribi (H1N1), kuş gribi (H5N1), Nipah virüs, poxvirüsler, hayvansal calicivirüs, Japanese Encephalitis Virüs gibi pek çok viral hastalığın da halk sağlığı açısından dünyanın farklı bölgelerinde tehditler oluşturduğu Dünya Sağlık Örgütü tarafından bildirilmektedir (WHO, 2007; Smith, 1998). Bu sayılan hastalıkların bir kısmı hala ciddi tehlikeler oluştururken, bunlara eklenen yeni virüsler de gündemimizi meşgul etmektedir. Bu nedenle halk sağlığını ilgilendiren güncel benzer viral hastalıkların ilerde başka pandemilere yol açabileceği, başka etkenlerin de risk oluşturacağı kaçınılmaz bir

gerçektir. Dolayısıyla bu risklerin ele alınması, birçok açıdan önemlidir. İşte sizlere bu bölümde bazı önemli viral zoonozlardan bahsedilecektir. Derlenen bilgiler veteriner hekimler, halk sağlığı uzmanları, klinisyenler, araştırmacılar, öğretim üyeleri, öğrenciler, hayvan üreticileri ve konuyla ilgilenen pek çok birey için faydalı olacaktır (WHO, 2007).

## 1. Rotavirüsler

Bu virüslere dünya çapında hemen her yerde rastlanır ve özellikle genç hayvanlar, kanatlılar ve insanlarda (bebekler) akut viral gastroenteritislere sebep olur. Rotavirüsler tek başına enfeksiyona yol açabildiği gibi koronavirüsler ya da diğer patogenlerle birlikte enfeksiyon meydana getirebilmektedir. Yine bu virüsler bağırsak mukoza hücrelerinin kendini yenilemesini engelleyerek villus atrofisine sebep olur ve bu etkisi yalnız ince bağırsaklarda görülür. Halbuki koronavirüsler hem ince hem de kalın bağırsaklarda atrofiler oluşturur. Meydana gelen villöz atrofi sonucu da gıda maddelerinin sindirimi zorlaşır veya hatta tamamen ortadan kalkabilir (Bilal, 2007).

Genellikle hastalığa, kalabalık ve yoğun yetiştiricilik yapılan barınaklarda rastlanmakta, iştahsızlık ve ishal ile karakterizedir. İnkubasyon süresi de 14-22 saat sürebilir. Enfeksiyon sonrası konakçının bağışıklık sistemi ve immunizasyon durumu önemlidir. İmmün sistemi güçlü olan bireyler hastalığa karşı daha dirençlidir. Ayrıca farklı türlerdeki rotavirüs suşları (A, B, C, E, H, I, J) değişik memeli türlerinde farklı düzeylerde (sporadik, endemik veya epidemik)

enfeksiyonlar meydana getirebilmektedir. Bunun yanı sıra D, F ve G suşları sadece tavuk civcivlerinde ve hindi yavrularında hastalık yapabilme kabiliyetindedir. Ayrıca I ve J suşlarına bazı ülkelerde köpek ve yarasalarda da rastlanmıştır (Yashpal, 2020). Virüsün izolasyonu, hücre kültürü, elektron mikroskobu ve çeşitli serolojik testlerle yapılmaktadır. Etkenin teşhisi ve suşların belirlenmesi RT-PCR testleri ve moleküler yolla genomik dizilimi ve hibridizasyon teknikleri kullanılarak olmaktadır. Bu virüslerin birçok hayvan türünü etkilemesi ve sık mutasyon geçirebilme yetenekleri koronavirüs gibi bir potansiyel tehlike olma ihtimalini göz önüne getirmektedir. Farklı mutasyonlar aşırı genetik çeşitlilik oluşturduğundan, patojenin kontrolü ya da yok edilmesinde kullanılan aşıların etkisini azaltabilmekte, hatta ortadan kaldırmaktadır. Bu özelliği sayesinde ciddi bir risk taşımakta ve dikkat edilmesi gereken hastalıklar sınıfındadır (WHO, 2020a, CDC, 2021b, NCDC, 2021).

## 2. Poksvirüsler

### 2.1. Maymun Çiçeği Enfeksiyonu (Monkeypoks Virus)

Etken Poksvirüsler içinde yer alan Orthopoksvirüs cinsine ait bir virüstür. Monkeypoks virüsüne başta maymunlar, daha sonra kemirgenler ve birçok hayvan türünde rastlanır (Yashpal, 2020).

Hastalığın hayvandan insana bulaşması, ısırma, tırmalamayla ya da enfekte vücut sıvılarıyla doğrudan temasla gerçekleşebilir. İnsandan insana bulaşma mümkündür. Genellikle solunum yoluyla damlacık enfeksiyonu tarzında oluştuğu düşünülmektedir. Ayrıca insandan

insana vücut sıvıları, kontamine giysiler, çarşaflar veya farklı bulaşık materyallerle temas edilerek de olmaktadır (CDC, 2021a, WHO, 2020a).

Hastalık en sık Afrika kıtası ülkelerinde görülmektedir. Ayrıca Sudan, Singapur, İsrail, ABD ve İngiltere gibi ülkelerde de ortaya çıkmıştır (WHO, 2017a; 2017b; 2018; 2019a; 2019b). Maymun çiçeğinin klinik belirtileri, insanlarda görülen ve dünyada tamamen eradike edilmiş olan çiçek hastalığının (variola) formasyonuna çok benzer. Ateşle başlayan ilk evrenin ardından yaklaşık 4-10 gün sonra, bütün vücutta kabarcıklı üstü kabukla örtülü döküntüler şeklinde görülür. Halsizlik yorgunluk, ateş, lenf yumrularında şişme, baş ağrısı, kas ağrısı gibi semptomlar da izlenebilir. Ancak hastalığın en tipik belirtisi lenfadenopatidir. Hastalık ölümcül olabilir ve mortalite oranı yaklaşık %10 civarındadır (Yang,2005; McCollum, 2014; WHO, 2020b).

Hastalığın teşhisi polimeraz zincir reaksiyonu ile lezyonlardan alınan örneklerden gerçekleştirilir. Ortopoksvirüsün serolojik çapraz reaktivitesi göz önüne alındığında, yapılan serolojik testler ve antijen tespiti kesin tanı sağlamada yeterli değildir. Maymun çiçeği enfeksiyonunun spesifik bir tedavisi olmadığından, ABD'de yüksek enfeksiyon riski taşıyan bireylerin korunması amacıyla modifiye edilmiş Ankara aşısı kullanılmaktadır (Hutin, 2001; Kantele, 2016; Yashpal, 2020).

## 2.2. Buffalopoks Virus

Bufalo çiçeği, Orthopoxvirus genusunun Chordopoxvirinae ailesindendir ve vaccinia virüs ile yakın ilişkilidir. Son derece bulaşıcı, manda, sığır ve insanları etkileyen bir hastalıktır. Enfekte hayvana yakın temasla bulaşma olur ve insandan insana hastalık geçişi henüz bildirilmemiştir. Yeni tip zoonozlar arasındadır. İlk olarak 1934'te Hindistan'da kayda geçmiştir (Singh, 2007, Goyal, 2013). Güney Asya da Hindistan' la sınırı olan bazı Bangladeş, Nepal gibi bazı ülkelerde de görülmüştür. Enfekte hayvanlarda daha çok memelerle meme başı çevresinde tipik çiçek lezyonları ve kabuklanmalar vardır. Ayrıca mastitise de yol açabilir. İnsanlarda da el, yüz, göz, bacak ve inguinal bölgede generalize çok sayıda kutanöz nekrotik vezikülopüstüler lezyonlar ve eritemlerle kendini gösterir (Gurav, 2011; Goyal, 2013). Epidemiyolojik olarak hastalık genellikle sağımcılar vasıtasıyla yayılır. Morbiditesi yüksektir ve enfekte hayvanlarda mastitis nedeniyle büyük verim kayıplarına neden olur. Çiçek hastalığı eradike edildikten sonra 1980'de aşılama programının sona ermesinden dolayı günümüz insanları, Buffalo çiçeği gibi ortopoksvirüs enfeksiyonlarına karşı yeterli antikora sahip değildir. Bu nedenle risk altındadır. Hindistan'da yapılan bir araştırmada manda, inek ve insanlardan alınan numuneler eşzamanlı değerlendirilmiş ve hem tabipler ve hem de veteriner hekimlerin işbirliğinde yapılan araştırmada insan ve hayvanlarda Buffalopox Virüse rastlanmıştır (Bhanuprakash, 2010; Gurav, 2011). Zoonozlarla mücadelede Tek Tıp olarak isimlendirilen böylesi

mücadele ve ortak çabaların ne kadar önemli olduğu COVİD-19 pandemisinde de gösterilmiştir.

## 3. Nipah Virüs

Nipah virüs, ilk olarak 1999 yılında Malezya ve Singapur'daki domuz ve insanlarda görülmüştür (Paton,1999; Chua, 1999). Sonrasında Bangladeş ve Hindistan'da da ortaya çıkmıştır (Chua, 2001; Sim, 2002). Paramiksovirüslerin yol açtığı bu hastalığın ana rezervuarı uçan tilki denen meyve yarasalarıdır. Bulaşma bahsedilen enfekte yarasaların salya veya idrar gibi vücut sıvılarıyla temas edilerek olur. Etken ensefalit yaparak etkisini gösterir ve dünyada "*ölümcül virüs*" olarak bilinir (CDC-Indian, 2018; CDC-USA, 2020). Dünyada meydana gelen ilk salgında yaklaşık 283 kişiyi etkileyen hastalık 109 kişinin de ölümüne sebep olmuştur (Spiropoulou, 2019). Dünya Sağlık Örgütü tarafından tanımlanan ve gelecek salgınlar içinde en yüksek potansiyele sahip ilk 10 hastalık içinde en başta yer alır. Virüs vücuda alındıktan sonraki 4-14 günde hastalık belirtileri gün yüzüne çıkar (CDC, 2020). En dikkat çeken belirtiler; boğaz ağrısı, öksürük, nefes almada güçlük gibi solunum sistemi semptomlardır. Ayrıca 3-14 gün süren ateş ve baş ağrısı vardır. Daha sonra uyuşukluk, zihinsel karışıklık, uyum bozukluğu, kasılmaların ardından 1-2 gün içinde beyin ödemi ve koma sonucu ölüm meydana gelir. Mortalite oranı %40-70 arasındadır (Hegde, 2019). Hastalığın kesin tanısı ancak laboratuvarda konulabilir. Enfeksiyonun yeni başladığı evrede boğazdan veya burundan alınacak sıvaplarla serebrospinal sıvı, idrar ve kan örneklerinde de gerçek

zamanlı polimeraz zincir reaksiyonu (RT-PCR) ile test yapılabilir. Hastalığı atlatan vakalarda ise ELISA yöntemiyle antikor saptanarak teşhis konulabilir (CDC-Indian, 2018). Henüz hastalığı tedavi edecek ilaç ya da korunma amaçlı herhangi bir aşısı bulunmamaktadır. Fakat son yapılan çalışmalarda bazı antiviral ilaçlarla (ribavirin, favipiravir, GS-5734, klorokin) monoklonal antikorların tedavide etkili olduğu bildirilmiştir (CDC-USA, 2020).

## 4. İnfluenza Virüsleri

### 4.1. Pandemik İnfluenza A Virüsü- Domuz Gribi (pH1N1)

İnfluenza segmentli, zarflı ve küre şeklinde RNA'lı Orthomyxoviridae ailesi virüslerindendir. Nükleus protein ve kapsid proteinlerine göre A, B ve C olmak üzere üç tipi vardır. Ayrıca hemaglutinin (H) ve neuraminidase (N) proteinlerine göre de subtipleri bulunmaktadır. H proteini 18, N ise 11 kombinasyona sahiptir. İnfluenza A tipi; insan, kanatlı - kuş, domuz, köpek ve at gribi olarak tanımlanan enfeksiyonların tamamını barındırır. B tipi sadece insanı enfekte eder ve Victoria ve Yamgata adlı iki soyu vardır. İnfluenza C'nin hiçbir subtipi yoktur ve insan ile domuzlar üzerinde etkindir (NCDC-Feb.2021; Cox, 2000).

Pandemik İnfluenza A virüsü esasen (H1N1) olarak bilinir. Dünyada farklı tarihlerde salgınlara neden olmuştur. Bunlar: 1918-19'da İspanyol Gribi (H1N1); 1957-59'da Asya Gribi (H2N2); 1968-69'da Hong Kong Gribi (H3N2); 2009-10'da Domuz Gribi (H1N1). Çok kolay mutasyona uğrayabilir. Bu nedenle normal nezle-gripten daha

hızlı yayılır. Bulaşma daha çok damlacık enfeksiyonu şeklinde veya bulaşık materyallere temasla olmaktadır. Virüs solunum yollarını tutarak etki eder. İnkubasyon süresi 1-2 gündür. Virüsün vücuda girmesinden 7 gün sonra kanda antikorlara rastlanmaktadır. İnsandaki klinik belirtiler domuzlardakine benzediği için domuz gribi olarak tanımlanmıştır. Hastalığın semptomları: Ateş, iştahsızlık, baş ve boğaz ağrısı, burun akıntısı, şiddetli öksürüktür. Kesin teşhis için hematolojik, biyokimyasal, radiyolojik ve mikrobiyel testlerle birlikte laboratuvarda kullanılan viral tanı yöntemlerinden (RT-PCR, Virüsün kültürle izolasyonu) yararlanılır. Kesin tedavisi yoktur. Fakat tedavi için bazı antiviral (oseltamivir, zanamivir) ilaçlardan yararlanılmaktadır. Bunlar hastalara semptomların başlamasından sonraki 48 saat içinde verilir. Ancak en iyisi koruyucu amaçla aşı yaptırılmasıdır. Aşılar bir yıl önce görülen virüse ait suşlardan elde edilmektedir (NCDC-Feb.2021).

### 4.2. Avian Influenza Virüsü - Kuş Gribi (H5N1)

Avian influenza (kuş gribi) de, virüsün A tipinin neden olduğu bir enfeksiyondur. Aslında virüs evcil kanatlıları etkilemektedir. Fakat kanatlılardan insanlara ya da diğer memelilere doğrudan bulaşması da mümkündür. Bu sebeple çok önemli bir zoonozdur ve ciddi bir tehdit unsurudur. Esas olarak H5 ve H7 alt tiplerinden kaynaklanan “Yüksek Patojeniteli Kuş Gribi” (HPAI) büyük ölçüde ölümlere yol açabilirken, bir de “Düşük Patojeniteli Kuş Gribi” (LPAI) çeşidi vardır. Çok yüksek üretim kayıplarına sebep olmaktadır. Enfeksiyonun doğal ortamdaki rezervuarı yabani su kuşlarıdır (CDC, 2015, Cox, 2000). Hastalık ilk

olarak İtalya'da 1878 yılında rapor edilmiştir. Bu güne kadar insanlar arasında 3 kez pandemiye neden olmuştur. Düşük patojeniteli kuş gribi virüsleri kümes hayvanları arasında damlacık yoluyla veya solunarak bulaşır. Ancak HPAI virüslerde aerosal bulaşmanın yanı sıra fekal olarak da bulaşma mümkündür. Avian influenzanın teşhisi klinik bakımdan zordur. Genellikle kanatlıların diğer solunum yolu enfeksiyonlarına benzemektedir ve böylece kolayca karıştırılabilir. Bu sebeple kesin teşhis amacıyla virüsün izolasyonuna başvurulur. Sahada kullanılan hızlı tanı test kitleri vardır. Fakat diğer viral analizlerde olduğu gibi RT-PCR ve gerçek zamanlı RT-PCR'dan da yararlanılmaktadır. Bunlar bizi daha sağlıklı sonuca iletmektedir. Henüz geliştirilmiş etkin bir kuş gribi aşısı yoktur. Virüsün çok hızlı mutasyonu bunu elde etmeyi güçleştirmektedir. Bu nedenle hastalığı önlemek için çok sıkı hijyenik tedbirlerin alınması son derece faydalı olmaktadır (Li, 2004; NCDC, 2021).

## 5. Calicivirüsler

Etken Caliciviridae ailesi içinde yer alan, zarfsız ve tek sarmallı RNA yapısında bir virüstür. Bu aile içinde en az beş cins virüs ( Norovirüs, Nebovirüs, Lagovirüs, Sapovirüs ve Vesivirüs) tanımlanmıştır. Calicivirüsler, çok çeşitli kara ve deniz canlılarında tespit edilmiştir. İnsanlarda en sık kusma, ishale yol açar. İnsan calicivirüsleri *in vitro* kültüre dirençlidir. Hastalık enfekte insanlar ya da lağım karışmış su ve yiyeceklerin yenmesiyle bulaşmaktadır. Direkt fekal-oral yol dışında başka bulaşma yolları tam olarak bilinmemektedir. Çeşitli hayvan

konakçı türlerinde önemli mortalite ve morbiditeye neden olurlar (Smith, 1998; Yashpal, 2020).

İnsanlarda gastroenterit salgını yapan norovirüsler hakkında dünyada kapsamlı çalışmalar yapıldığı halde, kalisivirüsler üzerindeki araştırmalar sınırlı sayıda kalmıştır. Fakat kalisivirüslerin potansiyel birer zoonoz olduğuna dair kanıtlar vardır (CDC, 2018).

## 6. Hepatit E Virüsü

Hepatit E virüsü (HEV), Orthohepevirüsler içinde Hepeviridae ailesi arasında yer alır. Asya, Avrupa, Amerika, Afrika ve Okyanusya'da birçok ülkede yaygındır. Virüsün 4 farklı türünden genotip HEV-1 ve HEV-2 sadece insanlarda görülür. HEV-3 ve HEV-4 tipler ise geyikler, evcil domuzlarla yaban domuzları dahil pek çok hayvanda hastalık belirtisi olmadan bulunabilir (WHO, 2021). Virüsle kontamine suların tüketilmesi, hastalıklı hayvanlarla doğrudan temas ya da bulaşık yiyeceklerin yenmesiyle bulaşabilir. Özellikle evcil domuzların virüs taşıyıcısı olması münasebetiyle tam pişirilmeden yenilen etlerle de insana rahatlıkla geçebileceği bilinmelidir. Domuzdan domuza bulaşma genellikle fekal-oral yolla olur. Ancak domuzlar hastalığı çoğu zaman belirti vermeden geçirir. İnsanlarda inkubasyon süresi 2-10 haftadır. Başlangıçta hafif ateş, iştahsızlık ve kusma vardır. Sonrasında koyu renkte idrar yapma açık renkli dışkılamaya ek olarak, eklem ve karın ağrıları, kaşıntı, deri döküntüleri ve sarılık başlıca semptomlar arasındadır. Zaman zaman insanları da etkisi altına alabilir. Akut

karaciğer yetmezliğine bağlı ölüm meydana getirebilir (CDC, 2018; WHO, 2021) .

Domuz ağıllarında enfeksiyonla mücadele için hijyenik tedbirlerin çok üst seviyelere taşınması, aşılamaların da sıkı sıkıya uygulanması gerekir.

**7. Pikobirnavirüsler**

Pikobirnavirüsler yeni tip fırsatçı enterik virüsler grubunda çift sarmallı RNA genomuna sahip zarfsız virüslerdir. Çoğu konakçı türün gaitasında var olduğu bilinmektedir. Genellikle çocuklarda viral ishallere sebep olur. (Ponomareva, 2010; Smits, 2011). Bu virüslere ayrıca domuzların solunum sisteminde ve at plazmasında da rastlanmıştır. Pikobirnavirüslerin belirsiz bir klinik anlamı olsa da, potansiyel bir halk sağlığı sorunu oluşturabilirler. Uygun hayvan modeli/hücre dizilerinin olmaması nedeniyle, bu virüslerin patogenezi, kalıcılığı ve evrimi konusunda tam bir bilinmezlik vardır. İnsan sağlığı için hayvan rezervuarlarından gelen potansiyel patojenik tehditler hakkında yeni ve çeşitli epidemiyolojik araştırmalara ihtiyaç vardır(Malik 2020, Smits 2014).

**SONUÇ**

Sonuç olarak, tüm dünyada zoonoz hastalıklar kabaca viral, bakteriyel, paraziter olarak sıralanırken. Antibiyotiklerle antiparaziter ilaçların keşfedilip geliştirilerek çoğaltılması bu sınıftaki hastalıklarla mücadelede tam olmasa da bir derece yol alınmasına katkı sağlamıştır.

Ancak viral hastalıklarla mücadele o kadar rahat olmamaktadır. Çünkü bunların oldukça küçük boyutta olmaları, kolay bulaşabilmeleri ve maalesef çoğunun ölümcül olmaları insanları yeterince korkutmaktadır. Ayrıca antiviral ilaçların bulunması hastalıkla mücadele için yeterli gelmemektedir. Bu sebeple bulaşıcı hastalıklarla mücadele edip onları yenebilmek için, potansiyel zoonoz oluşturabilecek virüslerle ilgili çok daha detaylı çalışmaların yapılmasına, onlarla ilgili bilinmeyenlerin tespit edilerek toplumun doğru bilgilerle aydınlatılmasına ihtiyaç vardır. Yine bilimsel olarak çalışanların da yeni, pratik ve ucuz yöntemlerin geliştirilmesine acilen katkı sağlamaları son derece faydalı olacaktır.

## KAYNAKLAR

Bhanuprakash, V., Venkatesan, G., Balamurugan, V., Hosamani, M., Yogisharadhya, R., Gandhale, P., Reddy, K.V., Damle, A.S.; Kher, H.N. (2010). "Zoonotic Infections of Buffalopox in India". Zoonoses and Public Health. 57 (7–8): e149–55. doi:10.1111/j.1863-2378.2009.01314.x.

Bilal T. (2007). Yenidoğan Hastalıkları.İstanbul Üniversitesi Yayınları. İSTANBUL

CDC (2015) Transmission of Influenza Viruses from Animals to People. https://www.cdc.gov/flu/avianflu/virus-transmission.htm Reviewed. February 2015

CDC (2018) Centers for Disease Control and Prevention Bioterrorism agents. Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta. https://fas.org/biosecurity/resource/documents/CDC_Bioterrorism_Agents.pdf

CDC (2021). Travel-Associated Monkeypox virus infection confirmed in Maryland resident. https://www.cdc.gov/poxvirus/monkeypox/outbreak/us-outbreaks.html Accessed 17 November 2021

CDC (European Centre for Disease Prevention and Control) (2021). Communicable disease threats report, Week 26, 27 June – 3 July 2021.Retrieved 3 July 2021.

CDC-USA Centers for Diseases Control and Prevention, (2020). Nipah Virus (NiV). https://www.cdc.gov/vhf/nipah/about/index.html (reviewed: October 6, 2020)

Centers for Disease Control and Prevention CDC (2018) Bioterrorism agents. Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta. https://fas.org/biosecurity/resource/documents/CDC_Bioterrorism_Agents.pdf

Chua KB, Goh KJ, Wong KT, et al. 1999. Fatal encephalitis due to Nipah virus among pig-farmers in Malaysia. Lancet,354(9186):1257-9.

Chua KB, Lam SK, Goh KJ, et al. 2001. The presence of Nipah virus in respiratory secretions and urine of patients during an outbreak of Nipah virus encephalitis in Malaysia. Journal of Infection, 42(1):40-3.

Cox, N. J., Subbarao, K. (2000). Global epidemiology of influenza: past and present. Annu. Rev. Med. 51, 407–-421.

Goyal T, Varshney A, Bakshi SK, Barua S, Bera BC, Singh RK (2013). "Buffalo pox outbreak with atypical features: a word of caution and need for early intervention!". Int J Dermatol. 52 (10): 1224–1230 doi:10.1111/ijd.12120.

Gurav, Yogesh K.; Raut, Chandrashekhar G., Yadav, Pragya D., Tandale, Babasaheb V., Sivaram, Aruna; Pore, Milind D., Basu, Atanu; Mourya, Devendra T.; Mishra, Akhilesh C. (2011). "Buffalopox outbreak in humans and animals in Western Maharashtra, India". Preventive Veterinary Medicine. 100 (3–4): 242–7. doi:10.1016/j.prevetmed.2011.03.008.

Hegde ST, Salje H, Sazzad HMS, et al. Using healthcare-seeking behaviour to estimate the number of Nipah outbreaks missed by hospital-based surveillance in Bangladeshexternal icon. Int J Epidemiol. 2019 Aug 1;48(4):1219-1227.

Hutin YJ, Williams RJ, Malfait P, Pebody R, Loparev VN, Ropp SL, et al. (2001). "Outbreak of human monkeypox, Democratic Republic of Congo, 1996 to 1997". Emerging Infectious Diseases. 7 (3): 434-38. doi:10.3201/eid0703. 010311. PMC 2631782. PMID 11384521.

Li K S., Guan Y., Wang J., Smith G. J. D., Xu K. M., Duan L., Rahardjo A. P., Puthavathana P., Buranathai C., Nguyen T. D., Estoepangestie A. T. S., Chaisingh A., Auewarakul P., Long H. T., Hanh N. T. H., Webby R. J., Poon L. L. M., Chen H., Shortridge K. F., Yuen K. Y., Webster R. G. and Peiris J. S. M. (2004) Genesis of a highly pathogenic and potentially pandemic H5N1 influenza virus in eastern Asia. Nature. 430, p.209–213.

Kantele A, Chickering K, Vapalahti O, Rimoin AW (2016). "Emerging diseases-the monkeypox epidemic in the Democratic Republic of the Congo". Clinical Microbiology and Infection. 22 (8): 658–59. doi:10.1016/j.cmi.2016.07.004. PMID 27404372.

Malik, YS ve Ghosh, S. (2020). Etimoloji: Pikobirnavirüs. Gelişen Bulaşıcı Hastalıklar , 26 (1), 89. https://doi.org/10.3201/eid2601.et2601.

McCollum AM, Damon IK (2014). "Human monkeypox". Clinical Infectious Diseases. 58 (2): 260–67. doi:10.1093/cid/cit703

N.v. Ponomareva, o.v. Parfenova, D.V. Novikov, M.A. Volkova and N.A. Novikova (2010). Etiological nature of viral intestinal infections in children in Nizhny Novgorod. Health and Medicine. UDC 616.34-616.988-02-053.2(470.341-25)

NCDC-(Feb.2021) Official page of National Centre for Dissease Control of India.https://ncdc.gov.in/index1.php?lang=1&level=1&sublinkid=409&lid=359 .

Paton NI, Leo YS, Zaki SR, et al. 1999. Outbreak of Nipah-virus infection among abattoir workers in Singapore. Lancet, 354(9186):1253-6.

Ponomareva N.v., Parfenova O.V., Novikov D.V., Volkova M.A. and Novikova N.A. (2010). Etiological nature of viral intestinal infections in children in Nizhny Novgorod. Health and Medicine. UDC 616.34-616.988-02-053.2(470.341-25).

Sim BF, Jusoh MR, Chang CC, Khalid R. Nipah. 2002. Encephalitis: A report of 18 patients from Kuala Lumpur Hospital. Neurology Journal Southeast Asia, 7:13-8

Singh, R. K.; Hosamani, M.; Balamurugan, V.; Bhanuprakash, V.; Rasool, T. J.; Yadav, M. P. (2007). "Buffalopox: An emerging and re-emerging zoonosis". Animal Health Research Reviews. 8 (1): 105–14 doi:10.1017/S1466252307001259.

Smith AW, Skilling DE, Cherry N, Mead JH, Matson DO (1998) Calicivirus emergence from ocean reservoirs: zoonotic and interspecies movements. Emerg Infect Dis. Jan-Mar 1998;4(1):13-20. doi: 10.3201/eid0401.980103

Smits, S.L., Poon, L.L., van Leeuwen, M., Lau, P., Perera, H.K., Peiris, J. S....Osterhaus, A. (2011). Genogroup I and II Picobirnaviruses in Respiratory Tracts of Pigs. Emerging Infectious Diseases, 17(12), 2328-2330. https://doi.org/10.3201/eid1712.110934.

Smits, S. L., Schapendonk, C., van Beek, J., Vennema, H., Schürch, A. C., Schipper, D....Koopmans, M. P. (2014). New Viruses in Idiopathic Human Diarrhea Cases, the Netherlands. Emerging Infectious Diseases, 20(7), 1218-1222. https://doi.org/10.3201/eid2007.140190.

Spiropoulou CF. Nipah Virus Outbreaks: Still Small but Extremely Lethalexternal icon. J Infect Dis. 2019 May 24;219(12):1855-1857.

Vaughan A, Aarons E, Astbury J, Balasegaram S, Beadsworth M, Beck CR, Wilburn J (2018) Two cases of monkeypox imported to the United Kingdom, September 2018. Euro Surveill 23(38):1800509. https://doi.org/10.2807/1560-7917.Es.2018.23.38.1800509CrossRefPubMedCentralGoogle Scholar

WHO (2017a) Operational framework for deployment of the World Health Organization smallpox vaccine emergency stockpile in response to a smallpox event. http://www.who.int/csr/disease/icg/smallpox-vaccine-emergency-stockpile. Accessed 21 Aug 2019

WHO (2017b) Weekly bulletin on outbreaks and other emergencies, week 28 2017. http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/255895/1/OEW28-81472017. Accessed 22 Mar 2018

WHO (2018) Weekly bulletin on outbreaks and other emergencies, week 8 2018. http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/260335/1/OEW8-1723022018.pdf. Accessed 22 Mar 2018

WHO (2019a) Monkeypox—Singapore. https://www.who.int/csr/don/16-may-2019-monkeypox-singapore/en/. Accessed 20 Aug 2019

WHO (2019b) Weekly bulletin on outbreaks and other emergencies, week 20 2019. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/324819/OEW20-1319052019.pdf. Accessed 28 Aug 2019

WHO (2020a). World Health Organization- Global Early Warning System for Major Animal Diseases, including Zoonoses. Zoonoses Vet Pub Health. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/zoonoses

WHO (2020b). Monkeypox – Nigeria. 5 October 2018. Archived from the original on October 8, 2018. Retrieved 26 July 2020.

WHO (2021). Hepatitis E. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/hepatitis-e.27 July 2021.

Yang G, Pevear DC, Davies MH, Collett MS, Bailey T, Rippen S, Jordan R (2005) An orally bioavailable antipoxvirus compound (ST-246) inhibits extracellular

virus formation and protects mice from lethal orthopoxvirus challenge. J Virol 79(20):13139–13149. https://doi.org/10.1128/jvi.79.20.13139-13149.2005

Yashpal S.M., Raj K. S. and Kuldeep D. (Editors)( 2020). Animal-Origin Viral Zoonoses- December 2020 ISSN 2662-4346, ISSN 2662-4354 (electronic) Livestock Diseases and Management ISBN 978-981-15-2650-3 ISBN 978-981-15-2651-0 (eBook) https://doi.org/10.1007/978-981-15-2651-0 © Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2020

Yu J, Raj SM (2019) Efficacy of three key antiviral drugs used to treat orthopoxvirus infections: a systematic review. Global Biosecur 1(1):28–73

# BÖLÜM 19

## ÇİÇEKLENME DÖNEMİ PESTİSİT KULLANIMINDA TURUNÇGİL (*Citrus* spp.) ÇİFTÇİSİNİN BAL ARILARINA (*Apis mellifera* L.) KARŞI DUYARLILIK ANALİZİ

Öğr. Gör. Zafer TABUR[1*], Dr. Öğr. Üyesi Figen CERİTOĞLU[2], Arş. Gör. Mustafa GÜNEŞDOĞDU[3], Doç. Dr. Aziz GÜL[4], Prof. Dr. Ahmet ŞEKEROĞLU[5]

[1*]Kayseri Üniversitesi, Yeşilhisar Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, 38800 Kayseri, Türkiye. zafertabur@kayseri.edu.tr, Orcid: https://orcid.org/0000-0002-0823-8641
[2]Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, 56000 Siirt, Türkiye. figenyildiz@siirt.edu.tr, Orcid: https://orcid.org/0000-0003-4016-0394
[3]Muş Alparslan Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Hayvansal Üretim ve Teknolojileri Bölümü, 49250 Muş, Türkiye. m.gunesdogdu@alparslan.edu.tr, Orcid: https://orcid.org/0000-0003-2786-520X
[4]Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, 31060 Hatay, Türkiye. agul@mku.edu.tr, Orcid: https://orcid.org/0000-0003-1158-5019
[5]Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Hayvansal Üretim ve Teknolojileri Bölümü, 51240 Niğde, Türkiye. ahmet.sekeroglu@ohu.edu.tr, Orcid: https://orcid.org/0000-0002-1896-2449
*Corresponding Author: zafertabur@kayseri.edu.tr

## 1. Giriş

Polinatör böcekler, küresel bitki çeşitliliğinin korunması ve sürdürülebilirliği bakımından ekosisteme paha biçilmez katkı sağlamaktadırlar (Keams ve ark., 1998; Klein ve ark., 2007). Bununla birlikte, habitat kaybı, iklim değişikliği, çiçek kaynaklarının azalması ve yoğun pestisit kullanımı, bu böcek popülasyonun azalmasına yol açmaktadır (Klein ve ark., 2007; Potts ve ark., Main ve ark., 2020).
Yeryüzünde, yaklaşık yirmi bin arı türü tanımlanmış olup, bal arıları koloniler halinde insan elinde en yoğun yetiştiriciliği yapılan polinatör böcekleri oluşturmaktadırlar (Gösterit ve Gürel, 2005; Buluş ve ark., 2020). Arıcılığın ülke ekonomisine katkısı, hem bitkisel üretimdeki polinasyon ile hem de elde edilen ürünle ile olmaktadır. Yabani ve kültür bitkilerinin %85'inin polinasyonuna katkıda bulunmaktadırlar (Güneşdoğdu ve Akyol, 2019; Köseoğlu ve ark., 2008). Arıcılığın tozlaşma yoluyla ekonomiye olan katkısının bal ve balmumu ile sağlanan katkısından 10-15 katı daha fazla olduğu dikkate alınmalıdır (Güneşdoğdu ve Akyol, 2019; Yaşar ve ark., 2000). Geçtiğimiz on yılda, dünya çapında polinatör böcekler üzerine pestisitlerin etkileri araştırmacıların odağı olmuştur (Goulson ve ark., 2008; Blacquière ve ark., 2012; Woodcock ve ark., 2017). Polinatörlerin korunması, günümüzde bitkisel üretimde yoğun pestisit kullanımı ve küresel iklim değişikliğinin etkilerinden dolayı dünya çapında alarm oluşturmaktadır. Bitki koruma ürünleri içerisinde arılara en çok zararı insektisitler vermektedir. Neonikotinoidler, yarı-sistematik, nörotoksik ve uzun süre etkili tarım ilaçları içerisinde insektisitler grubunda yer almaktadırlar

(Laurino ve ark., 2011; Buluş ve ark., 2020). Neonikotinoidler, bitkilere ve ürünlerine zarar veren böceklere karşı yoğun olarak kullanılmakta ve zararlı böcekler kadar faydalı böceklere (arılar, kelebekler ve diğ.) de zarar vermektedirler (El Hassani ve ark., 2008; Elbert ve ark., 2008). Neonikotinoidlere subletal dozlarda bile maruz kalan bal arılarının tarlacılık, hareket ve öğrenme kabiliyetlerinin azalması gibi yan etkilerinin olduğu bilinmektedir (Decourtye ve ark., 2003; El Hassani ve ark., 2008). Bal arıları ve bazı yerli arı türleri üzerinde neonikotinoid pestisitlerin etkileri yoğun olarak araştırılmaktadır. Polinatör böcek örneklerini inceleyen Main ve ark. (2020)'a göre, metolachlor (24%), tebuconazole (22%), atrazine (18%), imidacloprid desnitro (13%), bifenthrin (9%), flumetralin (9%), p, p′-DDD (6%), tebupirimfos (4%), fludioxonil (4%), flutriafol (3%), cyproconazole (2%) ve oxadiazon (2%) etken maddelerini böceklerin vücudunda tespit etmişlerdir. Ballarda yapılan birçok araştırmada pestisit kalıntılarına rastlanmaktadır. Adana ve çevresinde yoğun olarak üretimi yapılan turunçgil ballarında karbendazim, klorpirifos, imazalil, metalaksil ve tiabendazol pestisit etken maddelerinin kalıntıları belirlenmiştir (Toptancı ve Bayrak, 2012). Zirai mücadele yöntemleri içerisinde en fazla kullanılan kimyevi mücadeledir. Çünkü yüksek etkinliği ve hızlı sonuç vermesi çiftçiler için çekici olmaktadır. Kimyevî mücadele modern bitki korumada uygulanması gerekli bir yöntem olma özelliğini günümüzde de sürdürmektedir (Ertürk ve ark., 2012). Pestisit kullanımı Dünyada 2.57 (kg/da), Türkiyede 2.11 (kg/da) ve Amerika da 3.39 (kg/da) olduğu belirlenmiştir (Anonim, 2016). Adana'daki arı ölümlerinin temel sebebi tarımsal ilaç uygulaması olduğu bildirilmiştir

(Karahan ve Karaca, 2016). Arıcılık, insanlar tarafından yıllardır besin ve farmakolojik özellikleri nedeniyle kullanılan bal, polen, arı sütü, arı sütü, propolis gibi ürünlerin üretildiği önemli bir tarımsal faaliyettir (Şahin ve ark., 2021). İklim şartlarının ve bitki örtüsünün uygun olması arı yetiştiriciliği ve arı ürünleri üretimi açısından oldukça önemlidir ve bu açıdan Türkiye avantajlı bir konuma sahiptir (Uysal, 2021). Adana ili genel olarak zengin turunçgil alanları, kültür bitkilerinin çeşitliliği ve dağlık bölgelerdeki doğal kaynakların elverişliliği ile arı yetiştiriciliğine son derece uygun bir ortam oluşturmaktadır. Bölgede tarımın yoğun olarak yapıldığı ovalık alanlarda yüksek düzeyde tarımsal ilaç kullanımı arı yetiştiriciliğini olumsuz yönde etkilemekte, arıcıları göçer arıcılık yapmaya zorlamaktadır (Güneşdoğdu ve Akyol, 2019). İlde, 2279 arıcılık işletmesinde 469938 arılı kolonide 11077 ton bal üretilmektedir (Anonim, 2019). Adana, kış mevsiminin ılıman geçmesi, ilkbaharda zengin bitki örtüsüne sahip olmasından dolayı arıcılık potansiyeli büyük olan bir ildir. Bu sebeplerle yörede yapılacak çalışmalar sosyo-ekonomik açıdan önem arz etmektedir (Ören ve ark., 2010). Bu çalışma ile gerek turunçgil üreticisi gerekse diğer bitkisel üretim yapan üreticilerin başta arılar olmak üzere diğer polinatörlere duyarlılık kazanması amaçlanmaktadır.

## 2. Materyal ve Metod

Bu araştırma, Adana ili Seyhan (36°54'45"N 35°12'45"E) ilçesinde Turunçgil (*Citrus* spp.) üretimi yapan çiftçilerle (50 kişi) yapılan anket çalışmasından elde edilen verilerden oluşturmaktadır. Anket, Kasım-Aralık 2021 ayları arasında çiftçiler ile yüz yüze yapılan toplamda 20

adet sorudan oluşmaktadır. Anketi oluşturan bazı sorular; yetiştiricinin yaşı, cinsiyeti, eğitim düzeyi, tecrübe süresi, arazi miktarıyla ilgilidir Ayrıca, çiftçilere bahçe ilaçlama saati, arıların tarımsal üretimde önemi, arıcıya bakış açıları gibi sorular yöneltilmiş ve çiftçilerin konuyla ilgili görüşleri alınmıştır. Cevaplar arası ilişkilerde ki-kare analizi, Pearson korelasyon testi kullanılmış ve cevapların tanımlayıcı istatistikleri hesaplanmıştır. Tüm sonuçlar SPSS 25V istatistik hesaplama programı kullanılarak elde edilmiştir.

## 3. Bulgular ve Tartışma

### 3.1. Çiftçilerin Cinsiyet ve Yaş Dağılımı

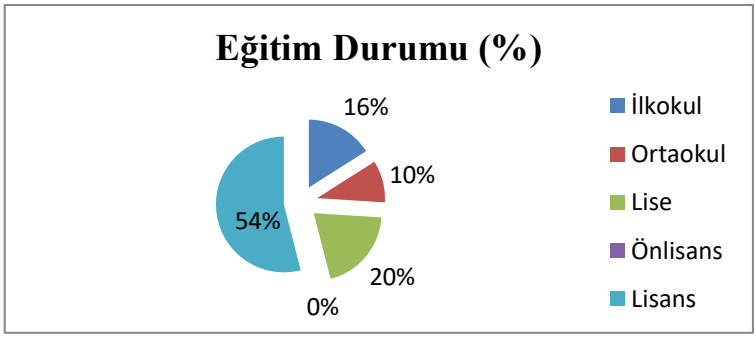
Araştırmada, ankete katılım sağlayan üreticilerin 39'u erkek ve 11'i kadın olduğu belirlenmiştir. Kadın ve erkeklerin yaş ortalaması sırasıyla; 44,2 ve 45,5'dir (Çizelge 1). Çalışmamız, Nguyen ve ark. (2018)'ın çalışması ile benzerlik göstermektedir. Gözener ve ark. (2017), Erdoğan ve Gökdoğan (2017) tarafından yapılan çalışmalar ile benzer olmadığı belirlenmiştir.

**Çizelge 1.** Çiftçilerin Cinsiyeti ve Yaş Ortalamaları

| | Kişi | Kişi (%) | Yaş Ortalaması |
|---|---|---|---|
| Kadın | 11 | 22 | 44,2 |
| Erkek | 39 | 78 | 45,5 |
| Toplam | 50 | 100 | |

### 3.2. Üreticilerin Öğrenim Durumu

Ankete katılan katılımcıların yüksek oranda lisans (%54) ve lise (%20) mezunu olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, okur-yazar olmayan hiç kimse olmaması üreticilerin eğitimli kişiler olduğu anlamına gelmektedir (Şekil 1). Üreticilerin eğitim durumu, Karataş ve Alaoğlu (2011), Gözener ve ark. (2017), Erdoğan ve Gökdoğan (2017), Peker (2012) tarafından yapılan çalışmalar ile benzerlik göstermemekte olup, Akbaba (2010)'nın çalışması ile benzerlik göstermektedir.




**Şekil 1.** Çiftçilerin Eğitim Durumları (%)

### 3.3. Turunçgil Üreticisinin Arazi Büyüklüğü (dekar)

Üreticilere sorduğumuz "Kaç dönüm (dekar) turunçgil bahçeniz var?" sorusuna 10 – 1800 dekar arasında farklı yanıtlar vermişlerdir. Üreticilerin çoğunluğu 300 (%68) dönüm altında araziye sahip oldukları belirlenmiştir (Çizelge 2).

**Çizelge 2.** Arazi Büyüklüğüne Göre Çiftçilerin Dağılımı (%)

| Arazi Büyüklüğü (dekar (da)) | Üretici (adet) | Üretici (%) |
|---|---|---|
| ≤100 | 21 | 42 |
| 101 – 300 | 13 | 26 |
| 301 – 600 | 6 | 12 |
| 601 – 1000 | 5 | 10 |
| ≥1001 | 5 | 10 |

### 3.4. Çiftçilerin Deneyim Süresi ve Yaşları Arasındaki İlişki

Turunçgil üreticisinin uğraş süreleri ile yaşları arasında yüksek pozitif korelasyon (r=0.77) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3). Çiftçilerin yaşları 28-75 (yıl) arasında olması, genel olarak küçük yaşlardan itibaren tarımla uğraştıklarının göstergesidir (Köklü ve ark., 2006). Çalışmamız, Gözener ve ark. (2017)'nın çalışması ile uyum sağlamadığı, Akbaba (2010) çalışması ile uyumlu olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 3.** Çiftçilerin Deneyim Süresi ile Yaşları Arasındaki İlişki

| | | Deneyim_Süresi | Yaş |
|---|---|---|---|
| Deneyim_Süresi | Pearson Correlation | 1 | .770** |
| | Sig. (2-tailed) | | .000 |
| | N | 50 | 50 |
| Yaş | Pearson Correlation | .770** | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | .000 | |
| | N | 50 | 50 |

** Korelasyon 0.01 düzeyinde önemlidir.

### 3.5. Çiftçilerin Eğitim Seviyesine Göre Bitkilere Pestisit Uygulama Saatleri Arasındaki İlişki

Çiftçilerin eğitim durumuna göre pestisit uygulama saatlerinin farklılık gösterip göstermediğine ilişkin ki-kare testi sonuçları Çizelge 4'te verilmiştir. Çizelge 4'e göre sabahtan öğleye kadar (06:00-12:00) ilaçlama yapan çiftçilerden %47.4'ü ortaöğretim ve lise eğitimi alırken, %52.6'sı lisans eğitimi almış kişiler olduğu görülmektedir. Öğleden akşama kadar (12:00-18:00) ilaçlama yapan çiftçilerden %44.4'ü ortaöğretim ve lise düzeyi eğitim almışken, %55.6'sı lisans düzeyi eğitimi almıştır. Gece süresince (18:00-06:00) arı sağlığını gözeterek pestisit uygulaması yapan çiftçilerden %53.8'i ortaöğretim ve lise, %46.2'si lisans düzeyi eğitim almış kişiler olduğu belirlenmiştir. Sonuca göre, eğitim düzeyi ve gece ilaçlama (18:00-06:00) arasında anlamlı bir istatistiki farklılık ($\chi^2$=0.272; P=0.873) bulunamamıştır

(Çizelge 4). Peker (2012)'in yaptığı çalışma ile benzerlik göstermektedir.

**Çizelge 4.** Eğitim Durumuna Göre İlaç Saatleri Ki-Kare Testi Sonuçları

| | | | Ortaöğretim ve Lise | Lisans | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| Ilac_Saati | 06:00-12:00 | Count | 9 | 10 | 19 |
| | | Expected Count | 9.1 | 9.9 | 19.0 |
| | | % within ilac_saati | 47.4% | 52.6% | 100.0% |
| | 12:00-18:00 | Count | 8 | 10 | 18 |
| | | Expected Count | 8.6 | 9.4 | 18.0 |
| | | % within ilac_saati | 44.4% | 55.6% | 100.0% |
| | 18:00-06:00 | Count | 7 | 6 | 13 |
| | | Expected Count | 6.2 | 6.8 | 13.0 |
| | | % within ilac_saati | 53.8% | 46.2% | 100.0% |
| Total | | Count | 24 | 26 | 50 |
| | | Expected Count | 24.0 | 26.0 | 50.0 |
| | | % within ilac_saati | 48.0% | 52.0% | 100.0% |

**($\chi^2$=0.272; P=0.873)

### 3.6. Üreticilerin Yaşları ile Bitkiler Üzerine Pestisit Uygulama Saati Arasındaki İlişki

Üreticilerin bitkilere pestisit uygulama saati ile yaşları arasındaki ilişki ki-kare testi sonuçları ile gösterilmiştir. Sonuca göre. üreticilerin yaşları ve gece pestisit uygulama saatleri (18:00-06:00) arasında anlamlı bir istatistiki farklılık ($\chi^2$=0.032; P=0.984) bulunamamıştır (Çizelge 5).

**Çizelge 5.** Bitkiler Üzerine Pestisit Uygulama Saati İle Yaş Arasında Ki-Kare Testi Sonuçları

| | | | Yaş | | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 28-44 | 45-75 | |
| İlaç_Saati | 06:00-12:00 | Count | 10 | 9 | 19 |
| | | Expected Count | 10.3 | 8.7 | 19.0 |
| | | % within ilac_saati | 52.6% | 47.4% | 100.0% |
| | 12:00-18:00 | Count | 10 | 8 | 18 |
| | | Expected Count | 9.7 | 8.3 | 18.0 |
| | | % within ilac_saati | 55.6% | 44.4% | 100.0% |
| | 18:00-06:00 | Count | 7 | 6 | 13 |
| | | Expected Count | 7.0 | 6.0 | 13.0 |
| | | % within ilac_saati | 53.8% | 46.2% | 100.0% |
| Total | | Count | 27 | 23 | 50 |
| | | Expected Count | 27.0 | 23.0 | 50.0 |
| | | % within ilac_saati | 54.0% | 46.0% | 100.0% |

**($\chi^2$=0.032; P=0.984)

## 3.7. Üreticilerin Kullandıkları Pestisit Etken Maddeleri

Üreticilerin çoğunluğu. zirai ilaç bayilerinin önerdiği ilaçları kullandığını ancak isimlerini bilmediklerini söylemiştir. Bazı üreticilerin kullandıkları pestisitlerin etken maddeleri Çizelge 6'da verilmiştir. Yabani arı dokularında pestisit kalıntısı inceleyen Main ve ark. (2020) cyproconazole etken maddesine arı dokularında rastlamıştır. Bölgede Karahan ve Karaca (2016)'nın belirttiği arı ölümlerinde etkili pestisitler, çalışmamızdaki üreticilerin belirttikleri ile ispatlanmaktadır. Bommuraj ve ark. (2019), Kumar ve ark. (2018), Karise ve ark. (2017), Chiesa (2016), Chauzat ve ark. (2009), Calatayud-Vernich (2016), Darko ve ark. (2017), El-Nahhal (2020), Seçilmiş Canbay ve ark. (2012) tarafından balda ve arılarda kalıntı

bıraktığı bildirilen pestisit etken maddeleri (cypermethrin, çaptan, taufluvalinate) üreticiler tarafından yaygın olarak kullanıldığı belirlenmiştir. Akbaba (2010) çalışmasında. Adana ilinde turunçgil üreticisinin en yoğun pyriproxyfen (%44.7) etken maddeli insektisit kullandığını ve üreticilerin ¼'inin kullandıkları ilaçların isimlerini bilmediklerini bildirmiştir.

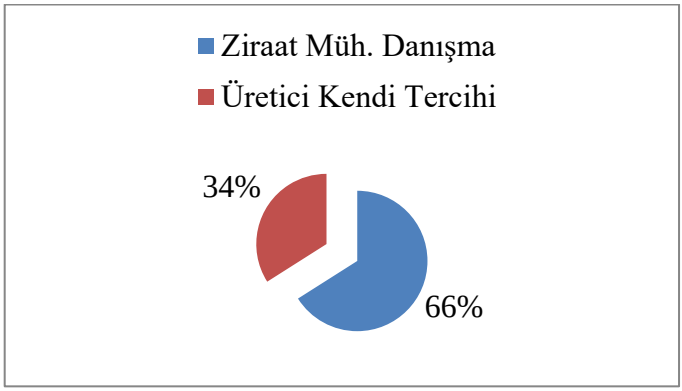
**Çizelge 6.** Çiftçilerin Yoğun Olarak Kullandıkları Pestisit Etken Maddeleri

| | İlaç Grubu | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Herbisit | İnsektisit | Fungusit | Akarisit |
| İlaç Etken Maddesi | Mesotrione | Pyriproxyfen | Sulphur | Spirodiclofen |
| | Imazamox | Sulfoxaflor | Picoxystrobin | Etoxazole |
| | Nicosulfuron | Pirimicarb | Cyproconazole | Pyridaben |
| | Isoxaflutole | Spirotetramat | Captan | Amitraz |
| | Cyprosulfamide | Cypermethrin | Azoxystrobin | Abamectin |
| | | TauFluvalinate | Copper Sulphate | Fenazaquin |
| | | Deltametrin | | |
| | | Acetamiprid | | |
| | | Lambda-Cyhalothrin | | |

### 3.8. Çiftçilerin Pestisit Uygulama Zamanına Karar Verme Kriteri

Anket katılımcılarının %66'sı bitkilerine pestisit uygulama konusunda Ziraat Mühendisine danıştığı ve %34'ü kendi tecrübelerine göre uygulama yaptığını bildirmiştir (Şekil 2). Benzer çalışmalarda. Bayraktar ve Akbay (2016) % 13.1; Demircan ve Yılmaz (2005) %25.69; Gözener ve ark. (2017) %70.83; Peker (2012) %30; Ay ve ark. (2006) %10; Erdoğan ve ark. (2017) %19.4; Emeli (2006) %64.2 oranında üreticilerin ziraat mühendisi danışmanlığında pestisit

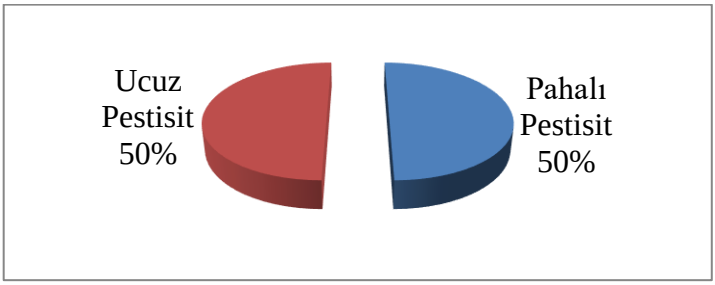
uyguladığı ve Tücer ve ark. (2004) %16; Özkan ve ark. (2003) %49.7 oranında kendi tecrübesi ile pestisit uygulaması yaptıklarını bildirmişlerdir.




**Şekil 2.** Çiftçilerin Pestisit Uygulama Zamanına Karar Verme Kriteri

### 3.9. Çiftçilerin Pestisit Satın Almadaki Kriteri

Üreticilere yönelttiğimiz "aynı etken maddeli farklı pestisitlerden pahalı olanı mı ucuz olanı mı?" tercih edersiniz sorusuna %50'sinin pahalı pestisiti tercih ettiği tespit edilmiştir (Şekil 3). Bayraktar ve Akbay (2016). üreticilerin %2.3'ünün ucuz ilaç kullandığını. %43.1'inin ise fiyatı önemsemediğini bildirmişlerdir. İnan ve Boyraz (2002). üreticilerin %15.7'sinin; Boyraz ve ark. (2005) %11'inin; Akbaba (2010) %9.3'ünün ucuz pestisit tercih ettiklerini bildirmişlerdir.




**Şekil 3.** Pestisit Tercihindeki Fiyatın Etkisi

### 3.10. Çiftçilerin Bal Arılarına (*Apis mellifera* L.) Karşı Duyarlılığı

Üreticilere yöneltilen "bitkisel üretimin sürdürülebilirliği açısından bal arıları sizce önemli veya önemsiz mi?" sorusuna 33 (%66) kişi "evet önemli ve tozlaşmayı sağlıyor" demesine rağmen 17 (%34) kişi "arılar önemsizdir" yanıtını vermiştir. "Arazinizin uygun yerlerinde arıcıları misafir eder misiniz?" sorusuna üreticilerin %74'ü "evet misafir ediyoruz" yanıtını vermiştir. Ayrıca, Çizelge 5'e göre. 13 kişinin (%26) gece ilaçlama yaptığı ve 37 kişinin (%74) gündüz ilaçlama yaptığı belirlenmiştir. Buradan, halen birçok çiftçimizin bitkisel üretimin sürdürülebilirliği açısından bal arılarının öneminin farkında olmasına rağmen, arıların korunması ve bitkilerin gece ilaçlanması konusunda gerekli duyarlılığı göstermedikleri sonucuna varılmaktadır. Akbaba (2010) yaptığı çalışmada. %81.5 oranında üreticilerin ilaçların arılara zararlı olduğunu bildiklerini belirtmiştir. Güneşdoğdu ve Akyol (2019) tarafından yapılan çalışmada arıcıların turunçgil yetiştiriciliği yapılan alanlarda yer bulmakta problem yaşadıklarını ve zirai ilaçlamalardan şikâyetçi olduklarını bildirmişlerdir.

## 4. Sonuç

Bu anket çalışması, Adana ili Seyhan ilçesinde turunçgil üretimi yapan okumuş çiftçiler üzerinde yapılmıştır. Ankete katılan üreticilerin büyük çoğunluğu lise ve lisans eğitimini tamamlayanlardan oluşmaktadır. Çalışma üreticilerin bahçe ilaçlama saatleri incelenerek bal arısı sağlığını gözetmedeki hassasiyetlerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Çalışma sonucunda üreticiler bal arıların (*A.mellifera* L.) tarımdaki öneminin farkında olmalarına rağmen, bahçelerde hastalık ve zararlılar ile mücadelede pestisit kullanımında büyük oranda dikkatsiz oldukları ve gündüz saatlerinde ilaçlama yaptıkları belirlenmiştir. Üreticilerin çoğunluğu pestisit kullanım zamanı ve ilaç temini konusunda ziraat mühendisinden danışmanlık aldığını bildirse de kullandıkları ilaçların arılar üzerindeki yan etkilerinden haberdar olmadıkları belirlenmiştir. Bu sebepten dolayı, özellikle ilkbahar aylarında Akdeniz bölgesinde turunçgil ve diğer bitkilere uygulanan pestisitlerin arı ölümlerinin temel sebebi olduğu görülmektedir. Günümüzde, insan nüfusunun artması ile gıdaya olan ihtiyacın arttığı şüphesizdir. Dolayısıyla bitkisel gıda üretiminde hastalık ve zararlıların etkisinin azaltılması ve problemsiz ürün eldesi için pestisit kullanımı kaçınılmazdır.

Bal arıları (*A. mellifera* L.) ve diğer polinatör böceklerin korunması ve çiftçiler tarafından farkındalığın artırılması konusunda önerilerimiz şunlardır;

- Pestisitlerin kullanımında, çevreye ve çevredeki canlılara olan zararları konusunda çiftçiler eğitilmelidir.
- Pestisit uygulamasının gece yapılması konusunda yasal düzenlemeler getirilmeli ve uymayanlara ağır maddi yaptırımlar uygulanmalıdır.
- Arılar için doğal su kaynağı olan akarsular, su kanalı gibi yerlere tarımsal, evsel ve sanayi atıklarının boşaltılmaması konusunda yasal düzenlemeler getirilmeli ve uymayanlara ağır maddi yaptırımlar uygulanmalıdır.
- Çevreye ve polinatör böceklere zararsız doğal mücadele yöntemleri geliştirilerek çiftçilerin bu ürünleri kullanması teşvik edilmelidir.
- Pestisitlerin uygun kullanım zamanı, dozunun ayarlanması ve arılar için doğal su kaynaklarına karıştırılması konusunda çiftçiler bilinçlendirilmedir.
- Çevreye ve buradaki yaşayan canlılara karşı duyarlılığın artırılması küçük yaşlardan itibaren her bireye eğitim-öğretim hayatının her alanında anlatılmalıdır.
- Doğaya karşı farkındalık konusunda, devlet kurumlarının tamamı kurslar vermelidir.
- Televizyon, radyo, sosyal medya gibi teknolojik unsurlarda duyarlılık için kısa reklamlar verilmelidir.
- Aksi takdirde, gelecek yıllarda bal arıları dâhil diğer polinatör böceklerin popülasyonundaki azalmalar ile bitkisel üretimin sürdürülebilirliği tehlike altına girmesi kaçınılmazdır.

## 5. KAYNAKÇA

Akbaba, B.Z. (2010). *Adana İli Turunçgil Yetiştiriciliği ve İnsektisit Kullanımının Değerlendirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana/Türkiye.

Anonim, (2016). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT). http://www. fao.org/ Faostat / pesticides data.html. (accessed: 2022/01/20).

Anonim, (2019). Turkish Statistical Institute (TUİK). Access adress: https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=101&lo cale=tr (accessed: 2022/01/20)

Ay, R., Yalçın, Ş., Sökeli, E., Karaca, İ. (2006). Antalya ili korkuteli ilçesi sert çekirdekli meyve üretici profilinin bitki koruma uygulamaları yönünden incelenmesi. *SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(1):52-55.

Bayraktar, M.S., Akbay, C. (2016). Farmers Behaviors. Knowledge and Attıtudes Regarding Agricultural Pesticide Usage in Harran Plain. *XII. National Agriculture Congress*. 25-27 May. Isparta. Turkey.

Blacquière, T., Smagghe, G., van Gestel, C.A.M., Mommaerts, V. (2012). Neonicotinoids in bees: a review on concentrations. side-effects and risk assessment. *Ecotoxicology*, 21: 973–992. https://doi.org/10.1007/s10646-012-0863-x.

Bommuraj, V., Chen, Y., Klein, H., Sperling, R., Barel, S., Shimshoni, J.A. (2019). Pesticide and trace element residues in honey and beeswax combs from Israel in association with human risk assessment and honey adulteration. *Food Chem.*, 299. 125123.

Boyraz, N., Kaymak, S., Yiğit, F. (2005). Eğirdir ilçesi elma üreticilerinin kimyasal savaşım uygulamalarının genel değerlendirilmesi. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(36): 37-51.

Buluş, İ.Y., Uzun, A., Demirözer, O., Gösterit, A. (2020). Effects of Acetamiprid on Brood Development in Bumblebees. *Bombus terrestris*. *journal of the faculty Agriculture*, 15(1): 91-99.

Calatayud-Vernich, P., Calatayud, F., Simó, E., Suarez-Verela, M.M., Picó, Y. (2016). Influence of pesticide use in fruit orchards during blooming on Honeybee mortality in 4 experimental apiaries. *Science of the Total Environment*, 541: 33-41.

Chauzat, M.P., Carpentier, P.. Martel, A.C., Bougeard, S., Cougoule, N. (2009). Influence of Pesticide Residues on Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Colony Health in France. *Environm. Entomol*., 38. 514–523.

Chiesa, L.M., Labella, G.F., Giorgi, A., Panseri, S., Pavlovic, R., Bonacci, S., Arioli, F. (2016). The occurrence of pesticides and persistent organic pollutants in Italian organic honeys from different productive areas in relation to potential environmental pollution. *Chemosphere*, 154: 482–490.

Darko, G., Tabi, J.A., Adjaloo, M.K., Borquaye, L.S. (2017). Pesticide Residues in Honey from the Major Honey Producing Forest Belts in Ghana. *Journal of Environmental and Puclic Health*. Article ID 7957431. 6 pages. https://doi.org/10.1155/2017/7957431

Decourtye, A., Lacassie, E., Pham- Delegue, M.H. (2003). Learning Performances of Honeybees (*Apis mellifera* L.) Are Differentially Affected by Imidacloprid According to the Season. *Pest Management Science*, 3: 269–278.

Demircan, V., Yılmaz, H. (2005). The Analysis of Pesticide Use in Apple Production in Isparta Province in terms of Economy and Environmental Sensitivity Perspective. *Ecology*, 14(57): 15-25.

El Hassani, A.K., Dacher, M., Gary, V., Lambin, M., Gauthier, M., Armengaud, C. (2008). Effects of Sublethal Doses of Acetamiprid and Thiamethoxam on the Behavior of the Honeybee (*Apis mellifera*). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 4: 653–661.

Elbert, A., Haas, M., Springer, B., Thielert, W., Nauen, R. (2008). Applied Aspects of Neonicotinoid Uses in Crop Protection. *Pest Management Science*, 11: 1099– 1105.

El-Nahhal, Y. (2020). Pesticide residues in honey and their potential reproduction toxicity. *Science of the Total Environment*, 741: 193353.

Emeli, M. (2006). *Seyhan ve Yüregir Havzasında Bitki Koruma Yöntemlerinin Uygulamadaki Sorunları Üzerine Bir Araştırma* (Yüksek Lisans Tezi). Fen Bilimleri Enstitüsü. Çukurova Üniversitesi, Adana/Türkiye.

Erdoğan, O., Gökdoğan, O. (2017). Plant Protection Practies pf the Patato Farmers in Nevşehir Province. *Derim*, 34(1): 51-60.

Erdoğan, O., Tohumcu, E., Baran, M.F., Gökdoğan, O. (2017). Evaluation of Pest Management Practices of Almond Growers in Adıyaman Province. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 5(11): 1414-1421.

Ertürk, Y.E., Bulak, Y., Uludağ, A. (2012). Environmental Awareness of Agricultural Enterprises in the Igdir Province of Turkey at Implementation of Plant Protection. *Journal of History Culture and Art Research*., 1(4): 393-401.

Goulson, D., Lye, G.C., Darvill, B. (2008). Decline and Conservation of Bumble Bees. *Annual Review of Entomology*, 53: 191–208.

Gösterit, A., Gürel, F. (2005). *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae) Arılarının Yayılmasının Ekosistem Üzerine Etkileri. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 5(3): 115–121.

Gözener, B., Sayılı, M., Çağlar, A. (2017). Agricultural Chemical Use in Tomato Farming in Kazova of Tokat Province. *Turkish Journal Of Agriculture - Food Science And Technology*, 5(5): 451-458.

Güneşdoğdu, M,. Akyol, E. (2019). A Survey Study to Determine the Structure of Beekeeping in Adana Province. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 7(12): 2030-2037. DOI: https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i12.2030-2037.2328.

Güneşdoğdu, M., Akyol, E. (2019). Investigation of Beekeeping Structure in Mersin Province and Determination to Infestation Level of *Varroa Destructor* in Bee Colonies. *4th International Anatolian Agriculture, Food, Environment and Biology Congress*. (TARGID), 20 – 22 April, P. 302-303. Afyonkarahisar, Turkey.

İnan, H., Boyraz, N. (2002). Konya çiftçisinin tarım ilacı kullanımının genel olarak değerlendirilmesi. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi,* 16(30): 88-101.

Karahan, A., Karaca, İ. (2016). Beekeeping Activities and Honey Bee Colony Loses in Adana and Konya Provinces. *Süleyman Demirel University Journal of Natural and Applied Sciences*, 20(2): 226-235. DOI: 10.19113/sdufbed.07632.

Karataş, E., Alaoğlu, Ö. (2011). Research on the problems about plant protection practices in Manisa Province. *Ege university faculty of agriculture journal*, 48(3): 183-189.

Karise, R., Raimets, R., Bartkevics, V., Pugajeva, I., Pihlik, P., Keres, I., et al. (2017). Are pesticide residues in honey related to oilseed rape treatments? *Chemosphere*, 188: 389–396.

Kearns, C.A., Inouye, D.W., Waser, N.M. (1998). Endangered Mutualisms: The Conservation of Plant-Pollinator Interactions. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1: 83–112.

Klein, A.M., Vaissière, B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C., Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for World. *Crops. Proc. R. Soc. B Biol. Sci.*, 274: 303–313. https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721.

Köklü, N., Büyüköztürk, Ş., Coklu, Ö. (2006). Statistics for the Social Sciences. Pegem A Publications. Ankara. Turkey.

Köseoğlu, M., Yücel, B., Saner, G., Doğaroğlu, M. (2008). Türkiye Arıcılığının Güncel Durum Analizi. *Hasat Hayvancılık Dergisi*, 281: 52-61.

Kumar, A., Gill, J.P.S., Bedi, J.S., Kumar, A. (2018). Pesticide residues in Indian rawhoneys. an indicator of environmental pollution. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* https://doi.org/ 10.1007/s11356-018-3312-4.

Laurino, D., Porporato, M., Patetta, A., Manino, A. (2011). Toxicity of Neonicotinoid Insecticides to Honey Bees: Laboratory Tests. *Bulletin of Insectology*. 64(1): 107–113.

Main, A.R., Hladik, M.L., Webb, E.B., Goyne, K.W., Mengel, D. (2020). Beyond Neonicotinoids – Wild Pollinators are Exposed to a range of Pesticides while Foraging in Agroecosystems. *Science of the Total Environment*, 742: 140436.

Nguyen, T.M., Le, N.T.T., Havukainen, J., Hannaway D.B. (2018). Pesticide use in vegetable production: A survey of Vietnamese farmers' knowledge. *Plant Protect. Sci*., 54: 203‑214.

Ören, M.N., Alemdar, T., Parlakay, O., Yılmaz, H., Seçer, A., Güngör, C., Yaşar, B., Gürer, B. (2010). Adana İlinde Arıcılık Faaliyetinin Ekonomik Analizi. TEAE yayın No: 178.

Özkan, B., Vuruş, Akçaöz, H., Karadeniz, C.F. (2003). Antalya ilinde turunçgil üretiminde tarımsal ilaç kullanımına yönelik üretici tutum ve davranışları. *Anadolu. J. of AARI*. 13(2): 103-116.

Peker, A.E., (2012). The Analysis of Pesticide Use in Tomato Production in Konya Province in terms of Environmental Sensitivity Perspective. *Iğdır University of the Institute of Science and Technology*, 2(1): 47-54.

Potts, S.G., Imperatriz-Fonseca, V., Ngo, H.T., Aizen, M.A., Biesmeijer, J.C., Breeze, T.D., Dicks, L.V., Garibaldi, L.A., Hill, R., Settele, J., Vanbergen, A.J. (2016). Safeguarding pollinators and their values to human well-being. *Nature*, 540: 220–229. https://doi.org/10.1038/nature20588.

Seçilmiş Canbay, H., Öğüt, S., Yılmazer, M., Küçüköner, E. (2012). Analysis of Selected Some Pesticides in Honey Samples. *Journal of Suleyman Demirel University Institute of Science and Technology*, 16(1): 1-5.

Şahin, A.E., Akdeniz, G., Şahin, P., Alparslan, S. (2021). An Online Survey to Determine Breeding Activities and Main Issues in Turkey's Beekeeping Enterprises. *Bee Studies*, 13(2): 63-72. http://doi.org/10.51458 /BSTD.2021.20.

Toptancı, İ., Bayrak, A. (2012). Determination of Pesticide Residue Levels in Citrus Honeys. *Academic Food Journal*, 10(3): 22-25.

Tücer, A., Polat, İ., Küçüker, M., Özercan, A. (2004). Manisa Saruhanlı Bağlarının Tarımsal İlaç Uygulamalarındaki Sorunların Tespiti. *Anadolu, Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 14(1): 128:141.

Uysal, O. (2021). Energy Use in Honey Production: Case of Mersin Province. *Alatarım*, 20 (2): 130 -137.

Woodcock, B.A., Bullock, J.M., Shore, R.F., Heard, M.S., Pereira, M.G., Redhead, J., Ridding, L., Dean, H., Sleep, D., Henrys, P., Peyton, J., Hulmes, S., Hulmes, L., Sárospataki, M., Saure, C., Edwards, M., Genersch, E., Knäbe, S., Pywell, R.F. (2017). Country-specific effects of neonicotinoid pesticides on honey bees and wild bees. *Science*, 356: 1393-1395.

Yaşar, N., Güler, A., Yeşiltaş, H.B., Bulut, G., Gökçe, M., (2000). *Karadeniz Bölgesinde Arıcılığın Genel Yapısının Belirlenmesi.* T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü. Ordu Arıcılık Araştırma Enstitüsü. Proje Kod No: Tagem-Haysüd-98-14-01-001:2-18. Ordu.

İKSAD
Publishing House

ISBN: 978-625-8405-33-0