

TARIMSAL PERSPEKTİFTE BİYODİNAMİK YAKLAŞIMLAR

EDİTÖRLER

Prof. Dr. Bünyamin SÖĞÜT

Doç. Dr. Hakan İNCİ

TARIMSAL PERSPEKTİFTE BİYODİNAMİK YAKLAŞIMLAR

EDİTÖRLER

Prof. Dr. Bünyamin SÖĞÜT
Doç. Dr. Hakan İNCİ

YAZARLAR

Prof. Dr. Bünyamin SÖĞÜT
Prof. Dr. İhsan BAKIRCI
Doç. Dr. Hakan İNCİ
Dr. Öğr. Üyesi Bedriye BİLİR
Dr. Öğr. Üyesi Derya OKUYAN
Dr. Öğr. Üyesi Hava Şeyma İNCİ
Dr. Öğr. Üyesi Sevda İNAN
Dr. Fatma POYRAZLI
Öğr. Gör. Dr. Nurettin BARAN
Öğr. Gör. Ali BAYRAM
Öğr. Gör. Burcu KUTLU
Öğr. Gör. Davut KARAHAN
Öğr. Gör. Kürşat Can ATEŞ
Öğr. Gör. Mehmet Ali KUTLU
Öğr. Gör. Merve MACİT
Öğr. Gör. Nazlı AYBAR YALINKILIÇ
Arş. Gör. Murat Emre TERZİOĞLU
Dr. Öğr. Mehmet İLKAYA
Dr. Öğr. Ömer DÖNER
Dr. Öğr. Sinan ERDEM
Dr. Öğr. Zeynep AYAN
Hüsametdin TUNÇ



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: 978-625-8246-42-1

Cover Design: İbrahim KAYA

October / 2022

Ankara / Türkiye

Size = 16x24 cm

İÇİNDEKİLER

EDİTÖRDEN

ÖNSÖZ

Prof. Dr. Bünyamin SÖĞÜT

Doç. Dr. Hakan İNCİ.....1

BÖLÜM 1

BİNGÖL İLİ SABİT ARILIKLAR VE NEKTAR AKIM ÖNCESİ BİNGÖL İLİNE GELEN GEZGİN ARI KOLONİLERİNDE NOSEMA HASTALIK DÜZEYİNİN TESPİTİ

Öğr. Gör. Mehmet Ali KUTLU.....3

BÖLÜM 2

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE BAĞLI KÜRESEL ISINMANIN BAL ARISI EKOSİSTEMLERİ ÜZERİNDE ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Dr. Öğr. Zeynep AYAN

Dr. Öğr. Mehmet İLKAYA

Prof. Dr. Bünyamin SÖĞÜT.....15

BÖLÜM 3

BAL ARISI VE ANTİMİKROBİYAL PEPTİDLER

Öğr. Gör. Kürşat Can ATEŞ

Dr. Öğr. Üyesi Derya OKUYAN.....27

BÖLÜM 4

ARICILIK EĞİTİM ve EĞİTİMDE KARŞILAŞILAN SORUNLARA FARKLI BİR BAKIŞ AÇISI

Öğr. Gör. Mehmet Ali KUTLU

Öğr. Gör. Burcu KUTLU.....41

BÖLÜM 5

BALLARDA YAPILAN TAĞŞIŞ ve TAKLİDİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN GÜNCEL METOTLAR

Öğr. Gör. Davut KARAHAN.....55

BÖLÜM 6

APİTERAPİ VE KANSER

Dr. Öğr. Üyesi Derya OKUYAN.....69

BÖLÜM 7

APOPTOZA GENEL BAKIŞ

Dr. Fatma POYRAZLI.....95

BÖLÜM 8

APİLARNİL VE ANDROJENİK ETKİLERİ

Dr. Öğr.Sinan ERDEM

Dr. Öğr. Üyesi Sevda İNAN

Doç. Dr. Hakan İNCİ.....111

BÖLÜM 9

İPEK BÖCEKLERİNDE ÇEVRE KOŞULLARININ VOLTİNİZM, ÜREME VE GELİŞME ÜZERİNDE ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Dr. Öğr. Mehmet İLKAYA

Doç. Dr. Hakan İNCİ.....123

BÖLÜM 10

SÜT SİĞİRCİLİĞİNDA HASSAS SÜRÜ YÖNETİM UYGULAMALARI VE TEMEL YAKLAŞIMLARI

Dr. Öğr. Ömer DÖNER

Prof. Dr. Bünyamin SÖĞÜT.....135

BÖLÜM 11

İNEK SÜTÜ PROTEİN ALERJİSİ VE ALERJENLER

Arş. Gör. Murat Emre TERZİOĞLU

Hüsamettin TUNÇ

Prof. Dr. İhsan BAKIRCI.....149

BÖLÜM 12

BİTKİLERDE DEMİR (Fe) ALIM MEKANİZMALARI (STRATEJİ I VE STRATEJİ II)

Dr. Öğr. Üyesi Bedriye BİLİR

Dr. Öğr. Üyesi Hava Şeyma İNCİ.....173

BÖLÜM 13

SÜPERKRİTİK CO₂ EKSTRAKSİYON YÖNTEMİNİN YEŞİL TEKNOLOJİ OLARAK TIBBİ VE AROMATİK BİTKİLERDE UYGULANMASININ ÖNEMİ

Öğr. Gör. Merve MACİT.....189

BÖLÜM 14

PAMUKTA VERTİCİLLİUM (*Verticillium Dahliae* Kleb.) SOLGUNLUK ETMENİ BİYOLOJİSİ VE GENEL DURUMU

Öğr. Gör. Ali BAYRAM

Öğr. Gör. Dr. Nurettin BARAN

Öğr. Gör. Nazlı AYBAR YALINKILIÇ.....203

BÖLÜM 15

ŞEKER PANCARI (*Beta Vulgaris* L.) TARIMINDA BAZI ANA ZARARLILARIN TANIMLANMASI VE MÜCADELE YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ

Öğr. Gör. Ali BAYRAM.....221

ÖNSÖZ

Yüzyıllar boyunca tarım ve tarımsal bilgi nesilden nesile aktarılarak yeni yaklaşımlarla kendini sürekli geliştirmiştir. Bu yaklaşımlar arasında Biyodinamik tarım uygulamaları ve tarihi önemli bir yer edinmiştir. Biyadinamik tarım uygulamalarında, bitkisel ve hayvansal ürünlerin üretilmesi, bunların kalite ve verimlerinin yükseltilmesi, bu ürünlerin uygun koşullarda muhafazası, işlenip değerlendirilmesi ve pazarlanmasını gibi uygulamalar önem arz etmektedir. Diğer bir ifade ile de hızla artan insan nüfusuna bağlı olarak artan gıda talebini karşılayabilecek insan besini olabilecek ve ekonomik değeri olan her türlü bitkisel ve hayvansal ürünün bakım, besleme, yetiştirme, koruma ve mekanizasyon faaliyetlerinin tamamını kapsamaktadır.

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 biyadinamik tarım uygulamaları gibi 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 uygulamalarında potansiyelin en azami şekilde hayata geçirilebilmesi için Tarımsal Perspektifte Biyodinamik Yaklaşımlar ele alınmış ve bu yaklaşımları geliştirmeyi hedefleyen sürdürülebilirlik dinamikleri üzerine akademik çalışmalar bir araya getirilmiştir.

Prof. Dr. Bünyamin SÖĞÜT

Doç. Dr. Hakan İNCİ

BÖLÜM 1

BİNGÖL İLİ SABİT ARILIKLAR VE NEKTAR AKIM ÖNCESİ BİNGÖL İLİNE GELEN GEZGİN ARI KOLONİLERİNDE NOSEMA HASTALIK DÜZEYİNİN TESPİTİ

Öğr. Gör. Mehmet Ali KUTLU¹

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

GİRİŞ

Bal arısı *Apis mellifera* L., insanların gıda olarak tükettikleri besinlerin pollinasyonunda en önemli bileşen olup ekolojik tarımın vazgeçilmez bir parçasıdır (Ollerton ve ark. 2011, Kol ve ark. 2016). Bal arısı, yabani ve kültür bitkilerinin yaklaşık olarak % 85'inin tozlayıcısı konumundadır. Arıların pollinasyonla bitkisel üretim ve çeşitliliğe katkısı, kendi ürettikleri ürünlerin ekonomik değerinin yaklaşık 15 katı kadardır(Köseoğlu ve ark. 2008).

Arıcılık ülkemizin her bölgesinde yapılan tarımsal bir faaliyet olup, Türkiye kovan varlığı ve ürettiği total bal miktarı açısından arıcılıkta söz sahibi ülkeler arasında yer almaktadır (Kutlu 2020) 2021 yılı TÜİK verilerine göre Türkiye'de çiftçi kayıt sistemine üye 80.210 adet arıcılık işletmesi, 8,7 milyon arı kolonisi ve toplamda bu kolonilerden 114.471 ton bal üretilmiştir. Türkiye koloni ortalaması 14.32 kg olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2021). Bingöl ilinde 2021 verilerine göre 157 bin koloni ile arıcılık yapılmış, 1836 ton bal üretilmiş ve birim koloniden ortalama 11.69 kg bal elde edilmiştir. Bingöl ili 1836 ton bal üretimi ile Türkiye bal üretiminde yaklaşık %1,8'lik payı ile 14. sırada yer almaktadır. Bingöl de arıcılık ürünleri olarak balın dışında 1449 kg polen ve 41.791 kg da bal mumu üretimi gerçekleştirilmiştir (Bingöl Tarım İl Verileri, 2021).

Bingöl ili bulunduğu coğrafi konum itibariyle zengin ve çeşitli ballı bitki kaynaklarına sahip olduğu gibi, bu ekolojiye uyum sağlamış olan birçok arı ırkı ve ekotipini de barındırmaktadır. Bu yapılanma daha fazla ekonomik kazanç sağlamak adına gezgin arıcılık faaliyetlerinin yaygınlaşmasına sebep olmuştur. Gezgin arıcılıkta rakıma bağlı olarak bitki örtüsü gelişimi baz alınmakta ve koloniler aşama aşama bu alanlara taşınarak arı popülasyon geliştirilmekte ve buna bağlı olarak ta arıcılık ürünlerinde artış sağlanmaktadır (Çelik ve ark. 2014; İnci ve ark. 2022).Türkiye' de koloni varlığının % 70–80' ine sahip işletmeler kolonilerini gezdirerek üretim yaparken, toplam bal üretiminin, % 90'lık bölümünün bu işletmeler tarafından sağlandığı tahmin

edilmektedir (Köseoğlu ve ark. 2008; Döner ve Inci, 2021; Söğüt ve ark 2019a; Söğüt ve ark 2019b).

Avrupa'nın çok yerlerinde yoğun miktarda koloni kayıpları yaşanmaktadır (Bacandritson ve ark. 2010, Giray ve ark. 2007, VanEngelsdrop ve ark.2008). Türkiye'de de buna benzer kayıplar yıllara göre farklı miktarlarda görülmekte ve ekonomik zararlara neden olmaktadır (Giray ve ark. 2007, Giray ve ark. 2010). Bu kayıpların birçok sebebi bulunmaktadır. Bunlardan birisi de bal arısı hastalıklarından olan *Nosema apis.* ve *Nosema ceranae* mikroorganizmalardır (Muz ve ark. 2010). Nosemanın bu iki türü bal arılarında (*A. mellifera*) bulunmakta olup arının sindirim sistemi endotel hücrelerinde çoğalmakta, arının besin alınımını engelleyerek ömrünü azaltmakta ve nihai olarak ileriki aşamalarında koloni kayıplarına neden olmaktadır (Muz ve ark. 2010, Higes ve ark. 2008). Hastalık akut ya da kronik seyretmekte ve çevre koşullarına bağlı olarak koloni kayıpları % 10-100 arasında değişmektedir (Morse ve ark. 1997).

Bal arısı hastalık ve zararlıların yayılmasında ve kolonilere bulaşmasında en etkili faktörlerden birisi de gezgin arıcılığın büyük oranda yapıyor olmasıdır. Bingöl ili yaylaları ana nektar akımı sırasında yoğun miktarda gezgin arıcıların konakladığı alanlardan birisidir. Bu çalışma ile Bingöl ilinde sabit arıcılık yapanlar ve bal üretimi için Bingöl e gelen gezgin arıcıların kolonilerindeki *Nosema* bulaşıklık düzeyinin tespiti yapılmış ve *nosema* hastalığının yaygınlığında gezgin arıcılığın rolü belirlenmiştir.

MATERYAL METOD

Bu çalışmada, 2021 yılı ana nektar akımı öncesi Bingöl ilinde sabit olarak konaklayan bal arısı kolonileri ile bal üretim döneminde Bingöl iline gelen gezgin arıcıların kolonilerinde *nosema* düzeyinin tespiti yapılmıştır. Kışlama alanı olarak Karlıova, Genç ve Ilıcalar beldesi civarında bulunan sabit arılıklardan 15-30 Haziran, gezgin arıcılık

nedeni ile kışlama alanı olarak Adana ve Hatay illerinden Karlıova, Genç ilçesi ve arı konaklama alanlarına getirilen kolonilerden ise 1-15 Temmuz tarihleri arasında arı örnekleri toplanmıştır. Bu amaçla arıcılığın yoğun olarak yapıldığı Karlıova, Genç ilçesi ve Ilıcalar beldesinde 60 sabit arılıktan rastgele beşer koloni seçilmiş ve bu kolonilerin her birinden yaklaşık 10' ar adet işçi arı alınmıştır. 1-15 Temmuz arası Karlıova bölgesine gelen gezgin arıların kolonilerinden de 60 benzer şekilde örnekler alınmış ve böylece 120 arılıkta 600 koloni incelenmiş ve toplamda 60000 işçi arıda nosema taraması yapılmıştır.

Örnekler 1 litrelik cam kavanozlara alınmış ve laboratuvara taşınmıştır. Kavonozlar çalışma öncesi buzdolabının derin dondurucu kısmında 10 dakika bekletilerek içerisindeki arının hareket kabiliyeti engellenmiş ve sol elin baş ve işaret parmağı ile tutulan işçi arıların ventriculusu ince uçlu bir pens yardımı ile (Resim 1) abdomenin son segmentinden çekilerek çıkarılmıştır (Resim 2).



Resim 1: Mehmet Ali KUTLU



Resim 2: Mehmet Ali KUTLU

Çıkarılan ventriculuslar ezme kabına yerleştirilmiştir. Üzerine 2 ml su ilave edilerek ezme kabındaki ventriculuslar ezilerek homojenize edilmiştir. Homojenize edilen ventriculus süspansiyonundan 1 damla

lam lamel arasına yerleştirilmiş ve mikroskop 40x10 oranında büyütülerek *Nosema apis* sporlarının tespiti yapılmıştır (Resim 3-4).



Resim 3: Mehmet Ali KUTLU



Resim 4: Mehmet Nuri AÇIK

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Örneklerin alındığı 3 alanda nosema hastalığı tespiti yapılmıştır. Tablo 1’de görüldüğü gibi sabit aralıklardaki enfekte oranı ortalaması % 14.91’ olurken yoğunluk olarak sırasıyla Genç bölgesinde %11.11, Karlıova bölgesinde %13.63 ve Ilıcalar bölgesinde %20 olarak tespit edilmiştir. Aynı tablo gezgin arıcılık açısından incelendiğinde enfekte oranı ortalaması sabit arıcılığa oranla %108,24 daha fazla gerçekleşerek % 28.05’ bulunurken yoğunluk olarak sırasıyla Ilıcalar bölgesi %16.66, Karlıova bölgesi %30 ve Ilıcalar bölgesi %37.50 olarak saptanmıştır.

Tablo 1. Gezgin ve sabit aralıklardaki nosematosis enfekte oranları

Bölge	SABİT ARILIK			GEZGİN ARILIK			
	İncelenen aralık sayısı	Enfekte	Enfekte % oranı	İncelenen aralık sayısı	Enfekte	Enfekte % oranı	
Karlıova	22	3	13.63	20	6	30.00	
Genç	18	2	11.11	16	6	37.50	
Ilıcalar	20	4	20.00	24	4	16.66	
Ortalama			14.91	Ortalama			28.05
Genel Ortalama							21.48

Bal arılarında koloni gelişimi ve ürün verimliliği çeşitli faktörlerin etkisi altında ortaya çıkmaktadır. Bu faktörlerden biriside bal arısı hastalık ve zararlılarıdır. Koloni yaşamını ve sağlığını doğrudan ilgilendiren bal arısı hastalık, parazit ve zararlıları arıların sadece sağlığını olumsuz olarak etkilemekle kalmayıp; kolonilerde verimi düşürmekte, hatta önlem alınmadığı takdirde koloni yaşamını sonlandırabilmektedir (Bacandritsos ve ark. 2010, Genç ve ark. 2011). Türkiye’de bazı bölgelerde % 80’lere kadar varabilen koloni kayıplarını nedenlerinden birisi de nosema hastalığı olduğunu bildirilmiştir (Çakmak ve ark. 2016).

Bal arılarındaki nosema hastalığına neden olan iki etmen bulunmaktadır. Bunlar *Nosema apis* ve *Nosema ceranae* olup ayrı ayrı

veya birlikte enfeksiyon oluşturabilmektedir (Martin-Hernandez ve ark. 2007). *N. apis* ve *N. ceranae* sporlarının farklı ebatlara sahip olduğu *N. apis*'in *N. ceranae* sporlarından daha büyük olduğu belirtilmiştir (Tosun 2012).

N. apis ve *N. ceranae* da bal arısı kolonilerinde koloni kayıplarına neden olan önemli bal arısı hastalıkları arasında yer almakta olup yapılan çalışma sonucu toplamda incelenen 120 arılıkta ortalama % 21.48 olarak tespit edilmiştir. Yapılan laboratuvar teşhislerinde *N. apis* etmeninin dışında daha küçük yapıda *N. ceranae* sporlarına da her bölgede rastlanmıştır. Bu da göstermektedir ki Bingöl yöresinde her iki hastalık etmeni arı kolonilerinde enfeksiyon oluşturmaktadır.

Kutlu ve ark. (2020) Bingöl ilinde daha önceki yaptıkları bir çalışmada *N. apis*'in çalışmamızda elde edilen rakamdan daha düşük olarak % 18 oranı ile Bingöl ilinde tespiti yapılan bal arısı hastalıkları sıralamasında ikinci sırada olduğunu belirtmişlerdir (Kutlu ve ark. 2020). İki yıllık bir süreç içerisinde il genelinde enfekte arı kolonisi miktarı %1.48 artarak % 18 den % 21.48' çıkmıştır. Bu sonuç nosema hastalığının il genelinde artış gösterdiğini bununla gelecek için bir tehdit unsuru olduğunu göstermektedir.

Ordu yöresinde 2011 yılında yapılan çalışmalarda enfeksiyon oranı %25.43 ve 2014 yılında yapılan çalışmalarda enfeksiyon oranı % 40 olarak tespit edilmiştir. Ordu ilinde elde edilen her iki rakam da sabit arıcılık alanında yaptığımız çalışmalardan yüksek, 2011 yılı rakamının gezgin arıcılık nedeniyle Bingöl iline gelen arı kolonilerinden elde edilen rakamdan düşük olduğu görülmektedir (Kutlu ve ark. 2020).

Ordu Yöresinde yapılan bir çalışmada ortalama enfeksiyon oranı % 44 olarak belirlenmiştir (Yaman ve ark. 2015). Tosun (2012), Ordu yöresinde yaptığı çalışmada enfeksiyona neden olan sporun sadece *N. ceranae* olduğunu ve Ütük ve ark. (2010) ise Giresun ilinde bal arılarıyla yapılan bir çalışmada *N. ceranae* sporunu tespit etmişlerdir.

SONUÇ

Bingöl yöresinde yapılan Nosema ile ilgili çalışmalara bakıldığında bulaşıklığın önceki yıllara oranla küçüğe olsa arttığı görülmektedir. Özellikle Karlıova Yedisu ilçeleri arası gezgin arıcılığın konaklama alanlarından olup gezgin arıcılığın yoğun olarak yapıldığı bu alanlarda nosema bulaşıklığının % 37.50 oranlarda seyretmesi nosemanın yaygınlığında gezgin arıcılığın önemini de ortaya koymaktadır. Önemli bal üretim alanlarına sahip olan Bingöl ilinde hastalığın yaygınlığını azaltmanın en önemli yolu gezgin arıcılıkta kontrollü konaklamanın yapılması ve konaklama alanları arasındaki yeterli mesafenin bırakılmasını sağlamaktır.

KAYNAKLAR

- 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*, 105(3): 335-340.
- Çelik, Y., Turhan, İ. 2014. Konya İlinde Arıcılık İşletmelerinin Yapısal Özellikleri. *U. Arı Drg.* 14 (1): 15 -25.
- Çakmak İ, Çakmak. S.S. 2016. Türkiye’de arıcılık ve güncel koloni kayıplar. *Uludağ Bee Journal.* 16 (1): 31-48
- Genç F, Dodoloğlu A, 2011.Arıcılığın Temel Esasları. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Ders Yayınları No:341, 207-299 s, Erzurum
- Giray, T., Çakmak, I., Aydın L., Kandemir, I., Inci, A., Oskay, D., Doke, M.A., Kence, M., Kence, A. 2007. Preliminary survey results on 2006- 2007 colony losses in Turkey, *Uludag Bee Journal*, 7:101–107.
- Giray, T., Kence, M., Oskay, D., Döke, M.A., Kence, A. 2010. Scientific Note: Colony Losses Survey in Turkey and Causes of Bee Deaths. *Apidologie*, 41: 451-453.
- Döner, Ö., İnci, Hakan (2021). Bingöl İlinin Farklı Bölgelerinden Elde Edilen Propolislerin Protein Oranı Ve Kül Miktarı Açısından Karşılaştırılması. *Ispen Tarım Bilimleri Dergisi*, 5(2), 372- 380., Doi: 10.46291/Ispenjasvol5iss2pp 372-380
- Higes, M., Martín-Hernández, R., Botías, C., Garrido Bailón, E., González-Porto, A., Barrios, L., del Nozal, M., Bernal, JL, Jiménez, JJ, García Palencia, P., Meana, A. (2008). *Nosema ceranae*'nin neden olduğu doğal enfeksiyon bal arısı kolonisinin çökmesine neden olur. *Environ. Microbiol.* 10: 2659–2669. <https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2008.01687.x>
- İnci, H. , Karakaya, E. & Topluk, O. (2022). Bingöl İli Arıcılık İşletmelerinin Yapısal Özellikleri . *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* , 9 (4) , 996-1013
- Kutlu, M.A, 2020 Arıcılığa genel bir bakış. *Ekin Basım yayın Dağıtım S.* 1-13

- Kutlu. M.A, Gül. A. 2020. Bingöl İlinde Yaşanan Koloni Kayıpları (Arı Ölümleri), Nedenleri ve Öneriler. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 7(4): 867–873.
- Koh I, Lonsdorf EV, Williams NM, Brittain C, Isaacs R, Gibbs J, Ricketts TH. 2016. Modeling the status, trends, and impacts of wild bee abundance in the United States. Proc Natl Acad Sci U S A 113(1):140–145. <https://doi.org/10.1073/pnas.1517685113>
- Köseoğlu, M., Yücel, B., Saner, G., Doğaroğlu, M. 2008. Türkiye Arıcılığının Güncel Durum Analizi. Hasat Hayvancılık Dergisi, Sayı: 281. 52- 61
- Martin-Hernandez R, Meana A, Prieto L, Salvador AM, Garrido-BailónE, Higes M. 2007. Outcome of colonization of *Apis mellifera* by *Nosema ceranae*. Appl Environ Microbiol. 73: 6331-8.
- Morse, R. A. and Flottum, K. 1997. Honey Bee Pests, Predators and Diseases. Third Edition, Published by the A.I. Root Company, Medina, Ohio, USA
- Muz, M. N., Girişgin, A. O., Muz, D., Aydin, L. 2010. Molecular Detection of *N. ceranae* and *N. apis* in CCD apiaries of Turkey, J. Apicult. Res., 49 (4) 342-344
- Ollerton J, Winfree R, Tarrant S (2011) How many flowering plants are pollinated by animals? Oikos 120: 321–326. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18644>
- Söğüt B, Şeviş H.E, Karakaya E, İnci H. 2019a. Arıcılık işletmelerinde mevcut durum, temel sorunlar ve çözüm önerileri üzerine bir araştırma (Bingöl İli örneği). U Arı Drg; 19(1): 50-60.
- 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.
- Tarım İl Müdürlüğü (Bingöl ili) 2021 verileri
TÜİK 2021 verileri
- Tosun O. 2012 Bal Arılarında (*Apis mellifera* L., 1758) Nosemosis (Nosematosis)Hastalığının Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Bulunan

Arı Kolonilerindeki Varlığı, Dağılımı ve Hastalık Etkenlerinin Karakterizasyonu. Doktora Tezi: 2012.

Utuk, A. E., Piskin, F. C., & Kurt, M. (2010). First molecular detection of *Nosema ceranae* in Turkey. Ankara Universitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 57: 275–278

Van Engelsdorp, D., Hayes, J.Jr., Underwood, R.M., Pettis, J. 2008. A survey of honey bee colony losses in the U.S. Fall 2007 to Spring 2008. PLoS ONE, 3(12): 4071

Yaman. M, Yarılgaç. E.Ş, Güner. B.G, Ertürk.Ö. 2015. Ordu Yöresinde Nosemosis Varlığı Türkiye Parazitol Derg. 39: 47-51.

BÖLÜM 2

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE BAĞLI KÜRESEL ISINMANIN BAL ARISI EKOSİSTEMLERİ ÜZERİNDE ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Dr. Öğr. Zeynep AYAN¹ Dr. Öğr. Mehmet İLKAYA²

Prof. Dr. Bünyamin SÖĞÜT³

¹ Bingöl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Arı ve Arı Ürünleri Anabilim Dalı, Bingöl, Türkiye <https://orcid.org/0000-0002-5854-1040>

² Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Arı Arı ürünleri ABD, Bingöl, TÜRKİYE <https://orcid.org/0000-0002-1797-144X>

³ Bandırma Onyediy Eylül Üniversitesi Bandırma Meslek Yüksek Okulu, Bandırma, Türkiye <https://orcid.org/0000-0002-7644-7226>

GİRİŞ

Günümüzde teknoloji ve sanayinin gelişmesiyle beraber hava kirliliği artmakta, orman tahribatları ve orman yangınları oluşmakta bunların yanında insan nüfusunun da artması yaşamı tehdit eden unsurlar haline gelmektedir.

İklim değişikliğinin bitkiler ve polinatörlerin dâhil olduğu çok çeşitli ekosistemleri ve canlıların çoğalmasını ciddi şekilde etkilediği, hem küresel hem de çok yönlü bir etken olduğu bilinmektedir. Yüksek sıcaklıklar, hayatta kalma, yaşam döngüsü, doğurganlık ve doğaya dağılma üzerindeki etkilerle böcek türlerinin popülasyon hareketlerini doğrudan etkileyebilmektedir. Doğal şartların değişmesi, bal arıları için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Bu etkenlerin yanı sıra hastalıklar, parazitler, predatörler, parazitoitler, virüsler ve pestisit kullanımı gibi faktörler de arılara yönelik önemli ölçüde tehdit oluşturmaktadır (Le Conte, ve Navajas, 2008). Doğal şartların değişimiyle birlikte iklimsel değişiklikler böcek polinatörlerini, polinasyon aktivitelerini ve verimliliklerini etkilediği böylelikle arılar ve biyoçeşitlilikte önemli bir düşüş olduğu görülmektedir (Pachauri ve Reisinger, 2008). Ayrıca, bitki polinatörleri karşılıklı olarak küresel ısınmadan etkilenebilmekte ve birbirini takip eden zamansal uyumsuzluklar meydana gelebilmektedir (Mommott ve ark., 2007). Polinatörler arasında, arılar ekosistemde önde gelmekte ve bal arıları (*Apis mellifera* L.) bitki biyolojik çeşitliliğini koruyarak polinasyonu sağladığından kilit rol oynamaktadır (Larcher ve ark., 2021).

Bu tür konular bal arılarının davranışını, fizyolojisini, dağılımını ve dolaylı olarak koloninin hayatta kalması ve gelişmesi için gerekli beslenme kaynaklarının mevcudiyetini derinden etkilemektedir (Goulson ve ark., 2015). Bu bağlamda arıcılık uygulamaları, bal arısı kolonilerinin sağlığının korunması, kışlama başarısı ve verimlilik açısından büyük önem taşımaktadır (Vercelli ve ark., 2021).

Son yıllarda, bal arılarının sağlığı önemli ölçüde medya ve kamuoyunun dikkatini çekmektedir. İklim değişikliğinin meydana getirdiği etkiler, polinatörleri ve arıcılığı güçlü bir şekilde etkilediğinden, bu konu bilim adamları tarafından derinlemesine araştırılmakta ve ulusal ve uluslararası düzeylerde özel politika önlemleri uygulanmaktadır (Hein, 2009). Bugüne kadar, araştırmaların çoğu arıcılık çiftliklerini, arıcının yararını ve değer zincirini ayrı ayrı analiz etmeyi amaçlamıştır (Mancuso ve ark., 2020). Fakat araştırmaların çok azı iklim değişikliğinin arıcılık faaliyeti, arı kovanı ve çiftlik yönetimi üzerindeki etkileriyle ilgili olduğu tespit edilmiştir (Paraíso ve ark., 2012).

Günümüzde meydana gelen iklim değişikliği olayları, ekosistemler üzerinde sert bir etki oluşturmakta ve canlı organizmaların yaşanabilirliğini etkilemektedir. Akdeniz biyoiklim alanları, uzun süreli kuraklıklar veya sıcak hava dalgaları gibi aşırı hava olaylarına maruz kalması nedeniyle, hayvan ve bitkilerin etkilenme riskinin yüksek olduğu, Avrupa'da daha fazla etkilenen bölgelerden bazıları olarak belirtilmektedir (Giorgi ve Lionello, 2008). Bu noktada bal arısı (*Apis mellifera* L.) sayısız yabancı bitki türünü ve insan için hayati önem taşıyan çok sayıda ekini tozlaştırdığından çevrenin korunmasında çok önemli bir rol oynamaktadır.

1. KÜRESEL ISINMA KAVRAMI VE KÜRESEL ISINMANIN NEDENLERİ

Genel olarak küresel ısınma, ortalama küresel sıcaklıklardaki bir artışı ifade etmektedir. Dünya yüzeyinde ortalama küresel hava sıcaklığı son yüz yılda 0.74 ± 0.18 °C artmıştır. İklim değişikliği, yağış, sıcaklık ve rüzgâr modelleri dâhil olmak üzere uzun bir süre boyunca iklim ölçümlerinde artan değişiklikleri ifade etmektedir (IPCC). Küresel iklim değişikliği, insanların fosil yakıtları tüketmesi, endüstriyel ve tarımsal faaliyetleriyle birlikte atmosferdeki sera gazlarının miktar ve yoğunluğunun artmasıyla küresel ısınmanın neden olduğu iklim değişikliğidir. Bu iklim değişiklikleri arasında kuraklık, çölleşme, yağış

denge-sizlikleri, yağış sapmaları, seller, tayfunlar, fırtınalar, hortumlar ve daha fazlası yer almaktadır. Meteorolojik olayların artması gibi belirtilerle kendini göstermektedir (Akın, 2006). Atmosferde, gelen güneş radyasyonunun enerjisi, giden uzun dalga radyasyonu ile dengelenmektedir. Atmosferdeki su buharı (H₂O), karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), azot oksit (N₂O) gibi gazlar, dünya yüzeyinden uzun dalga radyasyonunun bir kısmını tutma potansiyeline sahiptir. Bu gazlar dünyayı sıcak tutar ve küresel ısınmaya veya sera etkisine neden olmaktadır.

Küresel ısınma, insan faaliyetleri kadar doğal faaliyetlerden de kaynaklanmaktadır. İklim değişikliğinden sorumlu birçok doğal faktör mevcuttur. En öne çıkanlardan bazıları volkanlar, okyanus akıntıları, orman yangınları gibi faktörlerdir. İnsan faaliyetleri arasında sera gazı emisyonları, sanayileşme, orman tahribatları, yakıt yakma vb. küresel ısınmaya katkıda bulunan en önemli faktörlerdir. Küresel ısınmanın ekinler, topraklar, hayvanlar ve zararlılar üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkileriyle tarımı etkilemesi eskiden süregelen ile birlikte değişen iklim koşulları, mevcut mahsul durumunu da değiştirmektedir (Sable ve Rana, 2016).

İnsan kaynaklı biyolojik istila, biyolojik çeşitlilik için klasik biyocoğrafik bölgelerin parçalanmasına neden olabilecek en ciddi tehditlerden biri olarak kabul edilmektedir (Dyer ve ark., 2017). Ayrıca istilacı türler, ekosistemleri değiştiren ve gıda güvenliğini tehlikeye atan önemli sosyal, ekonomik ve ekolojik hasara da neden olabilmektedir (Blackburn ve ark., 2011). İstilacı türlerin yayılması ve etkisi, çeşitli sonuçlara sahip biyotik ve abiyotik faktörler arasında karmaşık bir etkileşimdir. Değişen iklimler, yabancı türlerin mevcut durumunu etkileyebilmekte, genellikle yerleşik hale gelme veya şu anda çevresel olarak uygun olmayan alanlara yayılma olasılığının artmasına neden olabilmektedir. Bu, özellikle iklim koşullarına bağlı olarak hayatta kalma ve gelişmeye izin veren ektotermiler için geçerlidir. Ekosistem olumsuz etkilendiğinde, istilacı türlerin etkisi toplum için büyük bir endişe kaynağı olmaktadır (Tobin, 2015).

2. KÜRESEL ISINMANIN BAL ARILARI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Küresel iklimdeki değişikliklerin böcekler de dâhil olmak üzere birçok hayvanın davranış ve yaşam tarzını etkilemesi, kaçınılmaz bir durum olmaktadır. Böcekler için sıcaklık ve nemdeki artışlar, büyüme oranlarının, yer değiştirme oranlarının ve üreme kapasitesinin artması anlamına gelmektedir. Bu durumdaki değişiklikler doğada meydana gelen ekolojik süreçleri de etkilemektedir (Akbulut, 2000; Şahinler ve ark., 2008).

Biyçeşitlilik, olumsuz çevre koşullarına ve çevresel değişikliklere rağmen doğanın yapısını olumlu etkilemektedir. Yapılan bir çalışmada, dokuz arı türünde artan kış sıcaklıkları (1.5-9.5°C), bazı türlerde canlı ağırlık ve gelişmeyi olumsuz etkilemiştir. Buna ek olarak, kilo kaybı, artan enerji harcaması ve bazı türlerin yaşam döngülerinin ilkbaharda sona erdiği söylenebilir. Polinasyonda görev alan arı türleri içinden yaban arıları, iklim değişikliğine uyum sağlamaları ve artan önemi ile ön plana çıkmaktadır (Fründ ve ark., 2013). Biyçeşitliliğin önemi her geçen gün artmaktadır. Arılar bulunduğu ortama kolayca adapte olabilen canlılardır. Ancak dünyadaki gelişmekte olan ülkeler ve diğer ülkelerin kalkınma politikaları nedeniyle bölgenin yerli bal arılarının geleceği tehlike altında bulunmaktadır. Bunun için yerel genetik kaynaklar uygun genetik modeller ve üreme stratejileri ile kontrol edilebilmelidir (Zakour ve Bienefeld, 2014). Türlerin biyocoğrafik dağılımında iklimsel ve coğrafi faktörler önemli rol oynamaktadır. Örneğin, Karpat Dağları iki tür bal arısı (*Apis mellifera Carnica* ve *Apis mellifera Macedonica*) için fiziksel bir coğrafi alan olarak temsil edilmektedir. Ancak biyocoğrafyanın sınırlı bir etkisi bulunmaktadır. Alt tür farklılaşmasının Romanya'daki farklı sıcaklık bölgeleriyle ilişkili olduğu belirlenmiştir. Buna göre Karnika, ortalama sıcaklığın 9 °C'nin altında olduğu bölgelerde meydana gelirken, *A. mellifera* makedonya, sıcaklığın 9 °C'nin üzerinde olduğu bölgelerde meydana gelir. Bu nedenle, küresel iklim değişikliğinin gelecekteki biyocoğrafya

üzerinde fazla bir etkisi olabileceği vurgulanmıştır (Coroian ve ark., 2014).

Arıların ve arı dillerinin uzunluğu bitkinin çiçek tüpünün derinliği ile ilgili olduğu bilinmektedir. Derin tüplü çiçeklerin olduğu yerde, uzun dilli arılar bulunmaktadır. Küresel iklimin bu yapıyı etkileyebileceğini öne süren çalışmalar vardır. Alplerde 40 yılı aşkın bir süredir evrimleşen ve dillerinin uzunluğunu kısaltan iki yaban arı türü tespit edilmiştir. Kısa dilli arılar ve uzun tüplü bitkiler arasındaki uyumsuzluğun, sıcak yaz aylarında azalan nektar kaynakları nedeniyle ortaya çıktığı ve stres kaynağı oluşturduğu tespit edilmiştir. Arıların varlığı yanında diğer polinatörler de olmadan küresel gıda üretimi mümkün olmamaktadır. Bununla birlikte, son yıllarda, ölüm oranları arttıkça küresel arı popülasyonu bir endişe kaynağı olmuştur. Arılar için bu zorluklar, gelecekteki gıdayı temin etmekteki soruları gündeme getirmektedir. Ayrıca bulaşıcı hastalıklar arıları yok etme ölüm oranını artıran başlıca etkenlerden biridir (Switanek ve ark., 2015).

Batı bal arısı *Apis mellifera*, Linnaeus, küresel olarak polinasyonu sağlamak için oldukça önemli bir türdür (Calderone, 2012). Bununla birlikte, yetiştirilen bal arıları son yıllarda ciddi koloni kayıplarıyla karşı karşıya kalmıştır. Yetiştirilen bal arısı kolonilerinin sayısı küresel olarak artmasına rağmen, tozlaşma gereksinimi çok daha yüksek bir oranda artmaktadır (Brodschneider ve ark., 2018).

Bununla birlikte, iklim değişikliğinin bu türler üzerindeki potansiyel etkilerine ilişkin bilgi şu anda eksik durumdadır. Küçük kovan böceği, sosyal arı kolonileri *Apis cerana*'nın uzun zamandır bilinen bir parazitidir, bombus arıları: *Bombus impatiens*, iğnesiz arılar: Sahra altı Afrika'ya özgüdür ve aynı zamanda yalnız arıların yuvalarını da istila edebilmektedir (Gonthier ve ark., 2019). 1996'dan beri küçük kovan böceği istilacı bir tür haline gelmiştir ve Antarktika hariç her kıtada yerel popülasyonlar oluşturmuştur. Kapsamlı eliminasyon ve acil durum çabalarına rağmen, yayılmaya devam etmesi muhtemeldir.

Küçük kovan böceklerin istilacı arılıklardaki bal arısı kolonileri üzerindeki etkisi fazla olarak belgelenmiştir (Neumann ve ark., 2016).

SONUÇ

Küresel ısınma, uluslararası bir sorun olmakla birlikte her geçen gün yeryüzünü daha çok etkilemektedir. Tarım sektöründeki faaliyetlerin gelişmesi, zirai ilaçlamaların kullanılması, iklim değişikliği ve yeni ortaya çıkan etkenler nedeniyle uzun vadede kayıplara yol açmaktadır. Küresel ısınma ve iklim değişikliği, mevcut ve yeni geliştirilen haşere ve meydana çıkan zararlıların strateji ve teknik olarak riskini minimum seviyeye indirerek maksimum faydaya ulaşabilmek için analiz ve kapsamlı çalışmalar yapılması gerekmektedir. Ayrıca pestisit kullanımının azaltılması aynı zamanda karbon emisyonlarının azaltılmasına da yardımcı olmaktadır. İklim değişikliğinin biyolojik sistemler üzerindeki zararlı ve faydalı etkileriyle ilgili hala bilinmeyen birçok gerçek vardır. Buna bağlı olarak iklim değişikliğinin sonuçları araştırıldığında küresel olgunun arı aktivitesi üzerindeki etkisi ve bunların ekin bitkileri ile etkileşim halinde olduğu bariz şekilde anlaşılmaktadır.

Tozlaşmaya karışan arılar, bitkisel üretimde çok fazla yardımcı olmaktadır. Çiçeklenme sezonunda karşılaşılan olumsuz hava koşulları nedeniyle polinatörlerin görevlerini yerine getirememesi son yıllarda polinasyonu sekteye uğratmaktadır. Küresel ısınma, arıcılığın ihtiyaç duyduğu besin kaynaklarını doğrudan etkileyen stres faktörlerinden biridir. Bu nedenle, flora verimini en üst düzeye çıkarmak için Türkiye’de gezgin arıcılık yoğun bir şekilde yapılmaktadır. Hızlı iklim değişikliğine yönelik önleyici tedbirler alınmadığı takdirde; standartların altında ana arı üretimi, zayıf kolonilerin direncinin azalması, zararlılara ve hastalıklara yatkınlığı artacağından kolonilerin yok olmasına yol açacaktır.

Sonuç olarak arıcılık sektöründe hemfikir olunan konuların başında sektörün küresel ısınmadan etkilendiği bilinmektedir. Arıcılığa yönelik bu etki her geçen gün artmakta olup arıcılıkta ortak gelinen nokta da, küresel ısınmaya karşı yapılan faaliyetlerde floranı ve hava durumunu

iyi bir şekilde takip ederek gereken önlemlerin alınmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKÇA

- Akbulut, S. (2000). Küresel ısınmanın böcek popülasyonları üzerine muhtemel etkileri. *Ekoloji*, 9(36), 25-27.
- Blackburn, T. M., Pyšek, P., Bacher, S., Carlton, J. T., Duncan, R. P., Jarošík, V., Richardson, D. M. (2011). A proposed unified framework for biological invasions. *Trends in Ecology & Evolution*, 26(7), 333–339.
- Brodtschneider, R., Gray, A., Adjlane, N., Ballis, A., Brusbardis, V., Charrière, J. D., Danihlík, J. (2018). Multi-country loss rates of honey bee colonies during winter 2016/2017 from the COLOSS survey. *Journal of Apicultural Research*, 57(3), 452–457.
- Calderone, N. W., (2012). Insect pollinated crops, insect pollinators and US agriculture: Trend analysis of aggregate data for the period 1992–2009. *PLoS ONE*, 7(5), e37235.
- Change, Ipoc. (2007). Climate change 2007: the physical science basis. *Agenda*, 6(07), 333.
- Coroian C O, Muñoz I, Schlüns E A, Paniti-Teleky O R, Erler S, Furdui E M, Moritz R F. 2014. Climate rather than geography separates two European honeybee subspecies. *Molecular ecology*, 23(9), 2353-2361
- Fründ J, Zieger S L, Tschardt T. (2013). Response diversity of wild bees to overwintering temperatures. *Oecologia*, 173(4), 1639-1648.
- Galip, Akın. (2006). Küresel ısınma, nedenleri ve sonuçları. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 46(2), 29-43.
- Giorgi, F., and Lionello, P. (2008). Climate change projections for the Mediterranean region. *Global and planetary change*, 63(2-3), 90-104.
- Goulson, D., Nicholls, E., Botías, C., & Rotheray, E. L. (2015). Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, 347(6229), 1255-1257.
- Hein, L. (2009). The economic value of the pollination service, a review across scales. *The Open Ecology Journal*, 2(1).
- Larcher, F., Baldacchini, C., Ferracini, C., Vercelli, M., Ristorini, M., Battisti, L., & Calfapietra, C. (2021). Nature-Based Solutions as Tools for Monitoring the Abiotic and Biotic Factors in Urban Ecosystems. In *Urban Services to Ecosystems* (pp. 131-150). Springer, Cham.
- Le Conte, Y., & Navajas, M. (2008). Climate change: impact on honey bee populations and diseases. *Revue Scientifique et Technique-Office International des Epizooties*, 27(2), 499-510.
- Mancuso, T., Croce, L., & Vercelli, M. (2020). Total brood removal and other biotechniques for the sustainable control of Varroa mites in honey bee colonies: economic impact in beekeeping farm case studies in northwestern Italy. *Sustainability*, 12(6), 2302.

- Memmott, J., Craze, P. G., Waser, N. M., & Price, M. V. (2007). Global warming and the disruption of plant–pollinator interactions. *Ecology letters*, 10(8), 710-717.
- Neumann, P., Pettis, J. S., & Schäfer, M. O. (2016). *Quo vadis Aethina tumida?* Biology and control of small hive beetles.
- Pachauri, R. K., & Reisinger, A. (2008). Climate change 2007. Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fourth assessment report.
- Paraïso, A. A., Sossou, Anthonin., Iz-Haquou, Daouda., Yegbemey, N. H., & Sanni, Ambaliou. (2012). Perceptions and adaptations of beekeepers and honey hunters to climate change: the case of the communes of Natitingou and Tanguieta in Northwest of Benin. *African Crop Science Journal*, 20, 523-532.
- Sable, M. G., & Rana, D. K. (2016). Impact of global warming on insect behavior-A review. *Agricultural Reviews*, 37(1), 81-84.
- Switaneck M, Brodschneider R, Crailsheim K, Truhetz H. (2015). Impacts of Austrian Climate Variability on Honey Bee Mortality. In *EGU General Assembly Conference Abstracts* (Vol. 17, p. 9575).
- Şahinler N, Gül A. Akyol E, Yeninar H. (2008). The Effects Of Global Climatic Change On Beekeeping In Turkey. *Apimedica&Apiquality 2nd International Forum*.9-12 June Roma, ITALY. P:19
- Tobin, P. C. (2015). Ecological consequences of pathogen and insect invasions. *Current Forestry Reports*, 1(1), 25–32.
- Vercelli, M., Novelli, S., Ferrazzi, P., Lentini, G., & Ferracini, C. (2021). A qualitative analysis of beekeepers' perceptions and farm management adaptations to the impact of climate change on honey bees. *Insects*, 12(3), 228.
- Zakour, M. K., & Bienefeld, K. (2014). Basic considerations in the development of breeding plans for honey bees, illustrated by data on the native Syrian honey bee (*Apis mellifera syriaca*). *Journal of Apicultural Research*, 53(2), 314-326.

BÖLÜM 3

BAL ARISI VE ANTİMİKROBİYAL PEPTİDLER

Öğr. Gör. Kürşat Can ATEŞ¹, Dr. Öğr. Üyesi Derya OKUYAN²

¹ Bandırma Onyediy Eylül Üniversitesi, Susurluk Meslek Yüksekokulu Veterinerlik Bölümü, Susurluk/Balıkesir, Türkiye, 0000-0001-6758-8556

² Bandırma Onyediy Eylül Üniversitesi, Susurluk Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Susurluk/Balıkesir, Türkiye, 0000-0002-4434-8274
kates@bandirma.edu.tr

GİRİŞ

Böceklerin doğuştan gelen bağışıklığı sistemleri vardır. Böcek hümmoral faktörleri yağ hücreleri ve hemositler tarafından salgılanır (Rodrigues ve ark., 2010). Bu faktörlerin bazıları yapısal olarak üretilir ve her zaman hemolenfte bulunurlar. Cinsiyet ve yaşam evresine bağı olarak farklı seviyelerde üretilebilir, indüklenabilir ve mikrobiyal enfeksiyonlara veya septik yaralanmaya yanıt olarak kombine olarak salgılanabilirler. Patojenlere yanıt olarak evrimsel korunmuş üç direnç mekanizması mevcuttur: ilk savunma mekanizması, Antimikrobiyal peptidler (AMP)'dir ve birçok organizma türünde hümmoral bağışıklığın anahtar bileşenleri olarak kabul edilmektedir. Diğer iki temel etki mekanizması ise prokaryotik zarlara sızıntı oluşumu ve bakteriyel protein translasyonunun inhibisyonudur (Evans ve ark., 2006; Laughton ve ark., 2011; Turner, 1994).

AMP'ler sahip oldukları yapıları, biyolojik aktiviteleri ve klinik uygulamalara elverişliliği ile klasik antibiyotikler ve antifungal bileşiklere karşı potansiyel uygulama bileşiği olarak dikkat çekmektedir. Yapılan araştırmalar dahilinde böceklerde 200'den fazla AMP keşfedilmiştir. Birçok böcek genomlarında çok sayıda AMP kodlarken bal arılarında toplamda altı farklı AMP ailesi tanımlanmıştır; Apidaesinler, Abaesin, Himenoptaesin ve Defensinler (Giuliani ve ark., 2007).

1.1. AMP'lerin işlevi ve etki mekanizması

Arı hemolenfine salgılanan farklı AMP proteinleri mikrobiyal hücreleri hedef alarak immunité görevi gören işlevlere sahiptirler (Casteels ve Tempst, 1994; Casteels ve diğerleri, 1989, 1990, 1993; Fontana ve ark., 2004; Otvos, 2000b). Çoğunlukla sentezlenen bu AMP'ler bakteri, protozoa ve mantarlara karşı geniş spektrumlu bir önemli bir aktivite gösterirler. Bununla birlikte bazı AMP'lerin bakterilerdeki direnç mekanizmalarına göre etkinliği değişmektedir. Bazı AMP'ler gram pozitif bakterilere karşı daha etkinlik gösterirken bazıları gram negatif bakterilerde daha etkindir. Özellikle apidaesinle gram negatif

bakterilerde oldukça yüksek aktivite gösterirken, abaesin tam tersi etki gösterir (Casteels ve ark., 1989, 1990, 1993). İlginç bir şekilde defensin-1 ise hem gram pozitif hem de gram negatif bakterilere ve ayrıca mantarlara karşı oldukça etkilidir (Klaudy ve ark., 2005). Defensin ailesinin bir üyesi olan royalisin ise Amerikan yavru çürüklüğünün etken maddesi olan *Paenibacillus larvae* da dahil olmak üzere gram pozitif bakterilerine karşı daha etkilidir (Fujiwara ve ark., 1990).

Wimley ve Hristova (2011) tarafından yapılan çalışmalarda AMP'lerin negatif yüklü lipid membranlarla etkileşime girerek mikrobiyal membran yapılarını bozan katyonik veya amfipatik peptitler olduğu belirlenmiştir. Peptitlerin ve membran bileşenlerinin bu etkileşimi genellikle küçük iyonların ve esansiyel metabolitlerin hücre içine geçişini sağlayan kanalları işlevini baskılayarak mikroorganizmaların ölümüne neden olur (Hancock, 1997; Shen ve ark., 2010). Peptitler ayrıca mikrobiyal DNA ve RNA regülasyonu üzerinden yine mikrobiyal ölüme sebep olur (Maroti ve ark., 2011).

Bir AMP grubu olan prolinden zengin peptit (PRP'ler) üyeleri plazmatik membrandan geçerek ve spesifik olarak 70 kDa'lık bir ısı şoku proteini olan bakteriyel DnaK'ye bağlanır (Otvos ve ark., 2000a). PRP'lerin DnaK'ya bağlanması protein katlanması inhibe ederek antibakteriyel özellik göstermelerine neden olur (Benincasa ve ark., 2009; Kragol ve ark., 2001; Markossian ve ark., 2004; Otvos, 2000b; Scocchi ve ark., 2009).

1.2. Bal Arısı ve AMP'ler

1.1.1. Apidaesinler

Apidaesinler, 18 amino asitten oluşan küçük, prolinden zengin peptitlerdir. Arıda apidaesinin C ucu yüksek oranda korunmuşluk gösterirken N ucu değişkenlik göstermektedir (Dutta ve ark., 2008).

Apidaesinlerin üç izoformu bulunmaktadır; HbIa, HbIb ve HbII. Apidaesin ilk olarak bakterilerle enfekte olmuş bal arılarının (*Apis*

mellifera) lenf sıvısından izole edilmiştir. Apidaesinlerin izoformları bal arısının hümmoral savunmasının en belirgin bileşenleridir. HbIa, HbIb ve HbII çok benzer antibakteriyel aktivite göstermelerine rağmen arı lenfindeki konsantrasyonları büyük ölçüde farklılık gösterir. HbIa %5, HbIb %80-90 ve HbII %5-15 olabilir ve toplam konsantrasyon mililitrede 50 nmol'e (veya 10 mg) kadar olabilir. *Streptomyces sp.*, *E. coli* ve *Lactococcus lactis* dahil olmak üzere farklı konakçılarda apidaesinlerin heterolog ekspresyonunun bazı örnekleri vardır (Casteels ve ark., 1989).

Bakteriyel enfeksiyonlarına yanıt olarak yetişkin arılarda enfeksiyonel apidaesin ifadesi artmakta ve enfeksiyonun erken tespitine olanak tanımaktadır. Özellikle *E. Coli* enfeksiyonlarının ilk 36 saatinde maksimum doza ulaşarak en erken yanıt veren AMP proteindir (Casteels-Josson ve ark., 1993). Apidaesin izoformlarının ekspresyon seviyesleri arı kolonisinin sağlık ve beslenme durumu ile doğru orantılıdır (Casteels ve ark., 1989; Casteels-Josson ve ark., 1993). Apidaesin benzeri peptitler diğer böceklerde de bulunur, ancak arı apidaesinleri farklı antimikrobiyal özgüllük gösterirler (Casteels ve Tempst, 1994; Casteels ve ark., 1994; Li ve ark., 2006).

1.1.2. Abaesin

Abaesin, prolin açısından zengin peptit ailesine ait başka bir antimikrobiyal peptittir. 33-34 amino asitlik öncül Abaesin peptidi aktivasyondan sonra 19 amino asitlik sinyal peptidinin eklenmesi ile aktif hale gelir.

Abaesin, özellikle G pozitif bakterilerinin büyümesini engeller (Casteels ve ark., 1990). Ayrıca abaesin öncü peptidi hem yetişkin arılarda hem de arı kuluçka hemolenfinden bulunmaktadır (Casteels ark, 1990; Casteels-Josson ve ark., 1994). Abaesinin ekspresyonu ve miktarı, bakteriyel enfeksiyona yanıt olarak hızla yukarı regüle edilirken zamana bağlı olarak da ifadesi maksimum dozlara ulaşmaktadır (Casteels ve ark., 1993; Evans, 2004; Randolt ve ark., 2008). Ayrıca *Bombus* arısı hemolenfinden abaesin benzeri farklı peptit

gruplarında bulunmaktadır. Bu peptidler arı peptidinden farklı olarak O-glikosillenmiştir (Hara ve Yamakawa, 1995). Yine abaesin ekspresyonları üzerinde yapılan çalışmalar abaesin ekspresyon seviyesinin hastalığa dirençli arı kolonilerinin seçimi için yararlı bir belirteç olduğunu göstermektedir (Decanini ve ark., 2007).

1.1.3. Defensinler

Defensinler iki peptit ile temsil edilir: yanıt olarak moleküler kütle 5.5 ve 4.8 kDa olan defensin 1 ve defensin 2. Bu peptidler defensin 1 ve defensin 2 genleri tarafından kodlanırlar (Fujiwara ve ark., 1990; Klaudiny ve ark., 2005).

Defensin 1 ve defensin 2 geni, bölge uzunlukları, intron-ekson yapısı ve dizisi açısından önemli ölçüde farklılık gösterir. Özellikle C-terminal uçlarında ciddi anlamda farklılıklar gözlemlenmektedir. Böceklerde defensin geninin spesifiklik göstermesinin sebebi de C terminal uçlarından kaynaklanmaktadır. Ayrıca defensin 1 geninin ikinci intron bölgesi eklem bacaklılarda ilk intron olarak dikkat çekmektedir. (Casteels ve ark., 1989; Hanzawa ve ark., 2002). Bu farklılıkların peptit işlevindeki kesin rolü henüz nihai olarak açıklanmamıştır. (Long, 2001).

Bal arısının defensinleri oldukça geniş antibakteriyel aktivite spektrumuna sahiptir. Defensinlerin gram pozitif bakterilere ve bazı gram negatif bakteri türlerine karşı sitotoksik aktivitesi bilinmektedir (Arbia ve Babbay, 2011; Bulet ve Stocklin, 2005; Casteels-Josson ve ark., 1994). Sosyal bağışıklığın faktörlerinden biri, larvaların beslenmesi ve arıların bakterilerden korunmasıdır. Defensin ailesinin önemli bir üyesi olan royalysin arı sütü ile salgılanarak bu aktivitelere neden olur. Yapılan çalışmalarla royalysin gram-negatif ve özellikle gram-pozitif bakterilere karşı etkili olduğu gösterilmiştir (Klaudiny ve ark., 2005). Ayrıca, Amerikan yavru çürüklüğü *Paenibacillus larva* larvalarına karşı royalysine aktivitesi de bilinmektedir (Bachanova ve ark., 2002; Bilikova ve ark., 2001; Yoshiyama ve Kimura, 2010).

Bal arıları ile yapılan çalışmada, patojenik olmayan *Lactobacillus* bakterileri bal arılarına verildiğinde abesin ve defensinlerin ekspresyon seviyesinin arttığı, bunda arı bağışıklık sistemini güçlendirdiğini göstermiştir (Arbia ve Babbay, 2011). Benzer şekilde mikroorganizma enfeksiyonundan sonra bal arısında defensin gen ekspresyonunu uyarıldığı ve bağışıklık yanıtının oluşturulduğu gösterilmiştir (Saltyikova ve ark., 2010; Yoon ve ark., 2009).

Bal arısı defensinleri bazı mantarlara (*Ascosphaera apis*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*) ve mayalara (*Candida albicans* ve *Aurobasidium pullulans*) karşı sitotoksik aktiviteye sahiptir. Aronstein ve Saldivar'ın yaptığı çalışmalarda, *Ascosphaera apis* ile deneysel olarak enfekte edilen beş günlük *Apis mellifera* larvalarında defensin ekspresyon seviyesi profilinde dikkat çekici bir artış gözlemlenmiştir (Aronstein ve ark., 2010; Chernysh ve ark., 1999).

Mikrosporidyan parazitlerinden biri olan *Nosema*, bal arısı bağırsağında bulunan zorunlu bir parazittir. *Nosema ceranae*, yakın zamana kadar Çin balmumu bal arısı *A. cerana*'nın paraziti olarak biliniyordu. Ancak *Nosema apis* (Klee ve ark., 2007) ile karşılaştırıldığında bal arısı için daha patojen olan *N. Ceranae*'nin evrimsel süreçte defensin gen ekspresyonu da dahil olmak üzere belirli bağışıklık mekanizmalarının gelişimini teşvik etmiştir. *N. ceranae* genel arı bağışıklığını ve spesifik olarak defensin ekspresyonunu baskılayarak arı bağırsağında daha güçlü rahatsızlıklar sebep veren yeni bir arı parazitidir (Antunez ve ark., 2009; Higes ve ark., 2009).

Ektoparazitler tarafından bağışıklığın azalması, yalnızca parazitin kendisinden değil, aynı zamanda viral enfeksiyonların transferinden de kaynaklanmaktadır. Akarlar, bal arılarının en çok bilinen ektoparazitleridir. Birçok akar türü arasında bal arıları için en tehlikeli olan dört tür vardır: *Varroa destructor*, *V. jacobsoni*, *Acarapis woodi* ve *Tropilaelaps clareae*. *V. destructor* ile enfekte olan bal arılarının, *Esherichia coli* bakterisinin etkisi altında öldükleri bilinmektedir (Grobov Likhotin, 1989). Akar enfeksiyon düzeyinin artmasıyla

immünosupresör etkinin ve ciddi klinik belirtilerin arttığı gösterilmiştir (Williams ve ark., 2009). *V. destructor*, defensin gen transkripsiyon seviyesini azaltarak bal arısı hümorale bağışıklığı üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir (Genersch ve Aubert, 2010; Gregory ve ark., 2005; Yang ve ark., 2004).

1.1.4. Himenoptaesin

Himenoptaesin, glisin açısından zengin AMP ailesinin bir üyesidir. Himenoğtaesin gem G pozitif hem de G negatif bakterilerin büyümesini engelleyen 93 amino asitlik lineer bir peptittir (Casteels ve ark., 1993). Yetişkin arılarda ve kuluçkada enfeksiyona yanıt olarak hızla yukarı regüle edilir. Larvaların hemolenfindeki bazal himenoptaesin seviyesi, yetişkin işçi, erkek ve kraliçe arılara kıyasla daha düşüktür (Chan, Howes ve Foster, 2006). İlginç bir şekilde, propolis reçinesinin etanolik ekstraktlarına maruz kalman 7 günlük arılarda himenoptaesin ekspresyonunu azaldığı belirkenmiştir (Simone, Evans ve Spivak, 2009; Tian ve ark., 2010).

Himenoptaesinin N-terminal ucu seçici bakteriyel immünite etkisi için önemli bir bölgedir. Glisin açısından zengin C-terminal ucu ise biyolojik olarak aktif birimini temsil etmektedir (Gao ve Zhu, 2010; Xu ve ark., 2009).

KAYNAKÇA

- Antunez, K., Martin-Hernandez, R., Prieto, L., Meana, A., Zunino, P., ve Higes, M. (2009). Immune Suppression in the Honeybee (*Apis mellifera*) Following Infection by *Nosema ceranae* (Microsporidia). *Environ. Microbiol.*, 11: 9: 2284–2290.
- Arbia, K.A., ve Babbay, B. (2011). Management Strategies of Honeybee diseases, *J. Entomol.*, 8: 1: 1–15.
- Aronstein, K.A., ve Saldivar, E. (2005). Characterization of a Honeybee Toll Related Receptor Gene Am18w and its Potential Involvement in Antimicrobial Immune Defense, *Apidologie*, 36: 3–14.
- Aronstein, K.A., Murray, K.D., ve Saldivar, E. (2010). Transcriptional Responses in Honeybee Larvae Infected with Chalkbrood Fungus, *BMC Genom.*, 11: 1–12.
- Bachanova, K., Klaudiny, J., Kopernicky, J., ve Simuth, J. (2002). Identification of Honeybee Peptide Active against *Paenibacillus larvae* larvae through Bacterial Growth–Inhibition Assay on Polyacrylamide Gel, *Apidologie*, 33: 259–269.
- Benincasa, M., Pacor, S., Gennaro, R., ve Scocchi, M. (2009). Rapid and reliable detection of antimicrobial peptide penetration into gram-negative bacteria based on fluorescence quenching. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 53: 3501–3504. doi:10.1128/Aac.01620-08.
- Bilikova, K., Gusui, W., ve Simuth, J. (2001). Isolation of a Peptide Fraction from Honeybee Royal Jelly as a Potential Antifoulbrood Factor, *Apidologie*, 32: 275–283.
- Bulet, P. ve Stocklin, R. (2005). Insect Antimicrobial Peptides: Structure, Properties and Gene Regulation, *Prot. Peptide Lett.*, 12: 3–11.
- Casteels, P., ve Tempst, P. (1994). Apidaecin-type peptide antibiotics function through a nonporeforming mechanism involving stereospecificity. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 199: 339–345. doi:10.1006/bbrc.1994.1234
- Casteels, P., Ampe, C., Jacobs, F., Vaeck, M., ve Tempst, P. (1989). Apidaecins: antibacterial peptides from honeybees. *EMBO J*, 8:2387–91.
- Casteels, P., Ampe, C., Riviere, L., Vandamme, J., Elicone, C., Fleming, M., ve Tempst, P. (1990). Isolation and characterization of abaecin, a major antibacterial response peptide in the honeybee (*Apis mellifera*). *European Journal of Biochemistry*, 187: 381–386. doi:10.1111/j.1432-1033.1990.tb15315.x
- Casteels, P., Ampe, C., Jacobs, F., ve Tempst, P. (1993). Functional and chemical characterization of hymenoptaecin, an antibacterial polypeptide that is infection-inducible in the honey bee (*Apis mellifera*). *Journal of Biological Chemistry*, 268: 7044–7054.

- Casteels, P., Romagnolo, J., Castle, M., Casteels-Josson, K., Erdjument-Bromage, H., & Tempst, P. (1994). Biodiversity of apidaecin-type peptide antibiotics. Prospects of manipulating the antibacterial spectrum and combating acquired resistance. *Journal of Biological Chemistry*, 269: 26107–26115.
- Casteels-Josson K, Capaci T, Casteels P, Tempst P. (1993). Apidaecin multipetide precursor structure: a putative mechanism for amplification of the insect antibacterial response. *EMBO J*, 12:1569–78.
- Casteels-Josson, K., Zhang, W., Capaci, T., Casteels, P., ve Tempst, P. (1994). Acute transcriptional response of the honey bee peptide-antibiotics gene repertoire and required posttranslational conversion of the precursor structures. *Journal of Biological Chemistry*, 269: 28569–28575
- Chan, Q. W. T., Howes, C. G., & Foster, L. J. (2006). Quantitative comparison of caste differences in honey bee hemolymph. *Molecular & Cellular Proteomics*, 5: 2252–2262. doi:10.1074/mcp.M600197-MCP200
- Chernysh, S.I., Gordya, N.A., and Filatova, N.A. (1999). Protective Mechanisms of Insects: the Temps of Molecular and Phenotypic Evolution, *Issled. Genet.*, 12: 52–59.
- Decanini, L. I., Collins, A. M., ve Evans, J. D. (2007). Variation and heritability in immune gene expression by diseased honeybees. *Journal of Heredity*, 98: 195–201. doi:10.1093/jhered/esm008
- Dutta, R. C., Nagpal, S., & Salunke, D. M. (2008). Functional mapping of apidaecin through secondary structure correlation. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, 40: 1005–1015. doi:10.1016/j.biocel.2007.11.005
- Evans, J. D. (2004). Transcriptional immune responses by honey bee larvae during invasion by the bacterial pathogen, *Paenibacillus larvae*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 85: 105–111. doi:10.1016/j.jip.2004.02.004
- Evans, J. D., Aronstein, K., Chen, Y.-P., Hetru, C., Imler, J. L., Jiang, H., ve Hultmark, D. (2006). Immune pathways and defence mechanisms in honey bees *Apis mellifera*. *Insect Molecular Biology*, 15: 645–656. doi:10.1111/j.1365-2583.2006.00682.x
- Fontana, R., Mendes, M. A., Souza, B. M. D., Konno, K., Ce'sar, L. M. M., Malaspina, O., & Palma, M. S. (2004). Jelleines: A family of antimicrobial peptides from the royal jelly of honey bees (*Apis mellifera*). *Peptides*, 25: 919–928. doi:10.1016/j.peptides.2004.03.016
- Fujiwara, S., Imai, J., Fujiwara, M., Yaeshima, T., Kawashima, T., ve Kobayashi, K. (1990). A potent antibacterial protein in royal jelly. Purification and determination of the primary structure of royalisin. *Journal of Biological Chemistry*, 265: 11333–11337.

- Gao, B., ve Zhu, S. (2010). Characterization of a hymenoptaecin-like antimicrobial peptide in the parasitic wasp *Nasonia vitripennis*. *Process Biochemistry*, 45: 139–146. doi:10.1016/j.procbio.2009.08.017
- Genersch, E. ve Aubert, M. (2010). Emerging and ReEmerging Viruses of the Honeybee (*Apis mellifera* L.), *Vet. Res.*, 41: 6: 54–74.
- Giuliani, A., Pirri, G., ve Nicoletto, S. F. (2007). Antimicrobial peptides: An overview of a promising class of therapeutics. *Central European Journal of Biology*, 2: 1–33. doi:10.2478/s11535-007-0010-5
- Gregory, P., G., Evans, J.D., Rinderer, T., ve Guzman, L. (2005). Conditional Immune-Gene Suppression of Honeybees Parasitized by Varroa mites, *J. Insect Sci.*, 5: 1–5.
- Grobov, O., F. ve Likhotin, A., K. (1989). *Bolezni i vrediteli pchel (Diseases and Pests of Honeybees)*, Agropromizdat, Moscow, 239.
- Hancock, R., E., W. (1997). Peptide antibiotics. *The Lancet*, 349: 418–422. doi:10.1016/S0140-6736(97)80051-7
- Hanzawa, H., Shimada, I., Kuzuhara, T., Komano, H., Kohda, D., Inagaki, F., Natori, S., ve Arata, Y. (1990). 1H Nuclear Magnetic Resonance Study of the Solution Conformation of an Antibacterial Protein, Sapecin, *FEBS Lett.*, 269: 413–420.
- Hara, S., ve Yamakawa, M. (1995). A novel antibacterial peptide family isolated from the silkworm, *Bombyx mori*. *Biochemical Journal*, 310: 651–656.
- Higes, M., Martin-Hernandez, R., GonzalezPorto, A., V., Garcia-Palencia, P., Meana, A., ve del Nozal, M., J. (2009). Honeybee Colony Collapse Due to *Nosema cernae* in Professional Apiaries, *Environ. Microbiol. Rep.*, 1: 110–113.
- Klaudiny, J., Albert, T., Bachanova, K., Kopernicky, J., ve S`imu`th, J. (2005). Two structurally different defensin genes, one of them encoding a novel defensin isoform, are expressed in honey bee. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 35: 11–22. doi:10.1016/j.ibmb.2004.09.007
- Klee, J., Besana, A.M., Genersch, E., Gisder, S., Nanetti, A., ve Tam, D.Q. (2007). Widespread Dispersal of the Microsporidian *Nosema ceranae*, an Emergent Pathogen of the Western Honeybee, *Apis mellifera*, *J. Invertebr. Pathol.*, 96: 1–10.
- Kragol, G., Lovas, S., Varadi, G., Condie, B. A., Hoffmann, R., ve Otvos, L. (2001). The antibacterial peptide pyrrococin inhibits the ATPase actions of DnaK and prevents chaperone-assisted protein folding. *Biochemistry*, 40: 3016–3026. doi:10.1021/bi002656a
- Laughton, A., M., Boots, M., ve Siva-Jothy, M. T. (2011). The ontogeny of immunity in the honey bee, *Apis mellifera* L. following an immune challenge. *Journal of Insect Physiology*, 57: 1023–1032. doi:10.1016/j.jinsphys.2011.04.020

- Li, W. F., Ma, G. X., & Zhou, X. X. (2006). Apidaecin-type peptides: Biodiversity, structure-function relationships and mode of action. *Peptides*, 27: 2350–2359. doi:10.1016/j.peptides.2006.03.016
- Long, M. (2001). Evolution of Novel Genes, *Curr. Opinion Genet. Dev.*, 11: 673–680.
- Markossian, K. A., Zamyatnin, A. A., ve Kurganov, B. I. (2004). Antibacterial proline-rich oligopeptides and their target proteins. *Biochemistry (Moscow)*, 69: 1082–1091. doi:10.1023/B:BIRY.0000046881.29486.51
- Maro'ti, G., Kereszt, A., Kondorosi, E', ve Mergaert, P. (2011). Natural roles of antimicrobial peptides in microbes, plants and animals. *Research in Microbiology*, 162: 363–374. doi:10.1016/j.resmic.2011.02.005
- Otvos, L., Jr, Rogers, M. E., Consolvo, P. J., Condie, B. A., Lovas, S., Bulet, P., ve Blaszczyk-Thurin, M. (2000a). Interaction between heat shock proteins and antimicrobial peptides. *Biochemistry*, 39: 14150–14159. doi:10.1021/Bi0012843
- Otvos, L. (2000b). Antibacterial peptides isolated from insects. *Journal of Peptide Science*, 6: 497–511. doi:10.1002/1099-1387(200010)6:10<497:AID-PSC277>3.0.CO;2-W
- Raj, P.A. ve Dentino, A.R. (2002). Current Status of Defensins and Their Role in Innate and Adaptive Immunity, *FEMS Microbial. Lett.*, 206: 9–18.
- Randolt, K., Gimple, O., Geissendorfer, J., Reinders, J., Prusko, C., Mueller, M., ve Beier, H. (2008). Immune-related proteins induced in the hemolymph after aseptic and septic injury differ in honey bee worker larvae and adults. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 69: 155–167. doi:10.1002/arch.20269
- Rodrigues, J., Brayner, F. A., Alves, L. C., Dixit, R., ve BarillasMury, C. (2010). Hemocyte differentiation mediates innate immune memory in *Anopheles gambiae* mosquitoes. *Science*, 329: 1353–1355. doi:10.1126/science.1190689
- Saltykova, E.S., Ilyasov, R.A., Gaifullina, L.R., Poskryakov, A.V., Yamidanov, R.S., ve Nikolaenko, A.G. (2010) Change of the Level of Antibacterial Peptides in the Organism of Honeybee *Apis mellifera mellifera* L., *Sovremennoe pchelovodstvo. Problemy, opyt, novye tekhnologii* (Current Apiculture. Problems, Experience, New Technologies), Proc. Internat. Scient. Confer., Yaroslavl, 159–160.
- Scocchi, M., Lu'thy, C., Decarli, P., Mignogna, G., Christen, P., ve Gennaro, R. (2009). The proline-rich antibacterial peptide bac7 binds to and inhibits in vitro the molecular chaperone DnaK. *International Journal of Peptide Research and Therapeutics*, 15: 147–155. doi:10.1007/s10989-009-9182-3
- Shen, X., Ye, G., Cheng, X., Yu, C., Altosaar, I., ve Hu, C. (2010). Characterization of an abaecin-like antimicrobial peptide identified from a *Pteromalus puparum* cDNA clone. *Journal of Invertebrate Pathology*, 105: 24–29. doi:10.1016/j.jip.2010.05.006

- Simone, M., Evans, J. D., ve Spivak, M. (2009). Resin collection and social immunity in honey bees. *Evolution*, 63: 3016–3022. doi:10.1111/j.1558-5646.2009.00772.x
- Taguchi, S., Maeno, M., ve Momose, H. (1992). Extracellular production system of heterologous peptide driven by a secretory protease inhibitor of *Streptomyces*. *Appl Microbiol Biotechnol*, 36:749–53.
- Taguchi, S., Nakagawa, K., Maeno, M., ve Momose, H. (1994). In vivo monitoring system for structure–function relationship analysis of the antibacterial peptide apidaecin. *Appl Environ Microbiol* 60: 3566–72.
- Taguchi, S., Ozaki, A., Nakagawa, K., ve Momose, H. (1996). Functional mapping of amino acid residues responsible for the antibacterial action of apidaecin. *Appl Environ Microbiol*, 62:4652–5.
- Tian, C., Gao, B., Fang, Q., Ye, G., ve Zhu, S. (2010). Antimicrobial peptide-like genes in *Nasonia vitripennis*: A genomic perspective. *BMC Genomics*, 11: 187. doi:10.1186/1471-2164-11-187
- Turner, R., J. (1994). *Immunology – a comparative approach*. Chichester: Wiley. 236.
- Williams, G.R., Rogers, R.L., Kalkstein, A.L., Taylor, B.A., Shutler, D., and Ostiguy, N. (2009). Deformed Wing Virus in Western Honeybees (*Apis mellifera*) from Atlantic Canada, the First Description of an Overtlyinfected Emerging Queen, *J. Invertebr. Pathol.*, 101: 77–79.
- Xu, P., Shi, M., ve Chen, X. (2009). Antimicrobial peptide evolution in the asiatic honey bee *Apis cerana*. *PLoS One*, 4: e4239. doi:10.1371/journal.pone.0004239
- Yang, D., Biragyn, A., Hoover, D.M., Lubkowski, J., ve Oppenheim, J.J. (2004). Multiple Roles of Antimicrobial Defensins, Cathelicidins, and Eosinophil-Derived Neurotoxin in Host Defense II *Annu. Rev. Immunol.* 22: 181–215.
- Yoon, H.J., Sohn, M.R., Young, M.C., Jianhong, L., Hung, D.S., ve Byung, R.J. (2009). Defensin Gene Sequences of Three Different Bumblebees, *Bombus* spp., *J. Asia-Pacific Entomol.*, 12: 27–31.
- Yoshiyama, M. ve Kimura, K. (2010). Characterization of Antimicrobial Peptide Genes from Japanese Honeybee *Apis cerana japonica* (Hymenoptera: Apidae), *Appl. Entomol. Zool.*, 45: 4: 609–614.

BÖLÜM 4

ARICILIK EĞİTİM ve EĞİTİMDE KARŞILAŞILAN SORUNLARA

FARKLI BİR BAKIŞ AÇISI

Öğr. Gör. Mehmet Ali KUTLU^{1*}, Öğr. Gör. Burcu KUTLU²

¹ Bingöl Üniversitesi. Gıda Tarım ve Hayvancılık Meslek Yüksekokul, Arıcılık Programı. Bingöl /Türkiye ORCID:0000-0003-0862-9690

² Milli Savunma Üniversitesi, Kara Harp Okulu Dekanlığı, Yabancı Diller Bölümü,06654, Ankara/Türkiye. ORCID: 0000-0003-4541-9449

*Sorumlu Yazar/Correspondin Author: Mehmet Ali KUTLU
e-posta:kutlular@hotmail.com

GİRİŞ

Bal arısı (*Apis mellifera*), arıcılık ürünleri (bal, polen, arı sütü, propolis, perğa, arı zehiri, apilarnil, balmumu) üretiminde kullanılan bir böcektir (Atkins E.L. (1992)). Dünya çapında ekonomik öneme sahip olan bal arısı aynı zamanda tarımsal ürünlerin (badem, elma, kiraz, kabak, domates) üretilmesinde ve ekolojik açıdan önemli bir çok bitki türlerinin önemli tozayıcılarıdır. Amerika Birleşik Devletleri'nde bal arısı tozlaşma yıllık 14,6 milyar (Michener, C.D 2007), ve dünya çapında böcek tozlaşma yıllık 175 milyar dolar değerinde katkı sağlamaktadır (Calderone, N.W. 2003; Döner ve İnci, 2021).

Arıcılık faaliyeti çok uzun yıllara dayanmakta olup, yapılan arkeolojik çalışmalardan elde edilen verilere göre 6000-7000 yıl öncesinden günümüze arıcılık çalışmalarının yapıldığını göstermektedir. (Genç 1993, Akbay 1986). Anadolu da arıcılık çok uzun yıllardan beri yapılmakta olup, çok farklı şekillerde iptidai kovanın bulunması Anadolu arıcılığının çok eski tarihlere dayandığını göstermektedir. M.Ö.1300 yıllarına ait olduğu sanılan ve Boğazköy'de bulunan Hititler devrinden kalma bir taş yazıt üzerindeki yazılarda arıcılığa ait bazı yasalarda bulunmaktadır (Genç 1993, Sönmez. 1984). Yıllar öncesi Anadolu'da üretilen balın gıda olarak değil, hastalıkların tedavisinde şifa gibi kullanıldığı, Fatih Sultan Mehmet, Yavuz Sultan Selim ve Kanuni Sultan Süleyman dönemlerinde çıkartılan kanunnamelerde arıcılıkla ilgili hükümlerin bulunduğu görülmektedir (Genç.1993).

Ülkemizde uzun yıllar kadar iptidai kovanlarda arıcılık faaliyeti yapılmış ve eğitim bu kovanlarda gerçekleştirilmiştir. (Resim 1).

Resim1: Amerikalı misyonerlerin Gaziantep ilinde arıcılık eğitimi



Kaynak:<https://www.google.com/search?q=gaziantep+amerikan+hastanesi+misyoner>

Teknik düzeyde ilerlemenin başlangıcı tarım teşkilatının 1950’li yıllarda çerçeveli kovanlarla arıcılık yapılmasına yönelik ilk adımların atılmasıyla olmuştur. Tarımsal üretimin gelişmesine yönelik faaliyet gösteren Türkiye Zirai Donatım kurumunun 1955 yılında kurulmuş olup ilk icraatlarından biri ülkesel çapta langstron kovan kullanımı teşvik etmiş ve dağıtımını yapmıştır (Sönmez 1984). Ülkemiz yer aldığı ekolojik ve coğrafi konum itibarıyla çok çeşitli nektar salgılayan bitki kaynaklarına sahip olduğu gibi, bu ekolojiye uyum sağlamış olan çeşitli arı ırkı ve ekotipini bünyesinde bulundurmaktadır.

Yaygınlaşan çerçeveli kovanların ülke geneline yayılması ile gezgin arıcılıkta yaygınlaşmaya başlamış ve günümüze kadar gerek koloni sayısında gerekse koloni ortalaması bal veriminde bir ivme kazanmıştır. Türkiye’de koloni varlığının % 70–80’ine sahip işletmeler gezgin

arıcılık ile üretim yapmakta olup, toplam bal üretiminin, % 90'lık oranı bu işletmeler tarafından üretilmektedir (Kutlu 2020).

Tablo 1'de görüldüğü gibi Türkiye, kovan varlığı ve toplam üretilen bal miktarı açısından dünya sıralamasında Hindistan ve Çin'den sonra 8,179.085 adet kovanla üçüncü sırada yer almaktadır. Ancak gerek bal üretimi gerekse üretimi yapılan balların dış satımında istenilen performansı gösterememektedir. Dolayısıyla ülkemiz var olan büyük bir arıcılık potansiyelinden istenilen düzeyde yararlanamadığını göstermektedir (FAOSTAT, 2022; İnci ve ark. 2022).

Tablo 1: Dünya Kovan Varlığı ve Üretimdeki Oranlar

Sıra	Ülke	Kovan varlığı	Dünya koloni varlığındaki payı (%)
1	Hindistan	12.203.361	13,5
2	Çin	9.377.850	10,4
3	Türkiye	8,179.085	9
4	İran	7,140.561	7,9
5	Etiyopya	6,986.100	7,7
6	Tanzanya	3,003.126	3,3
7	Arjantin	2,983.247	3,2
8	Rusya	2,982.452	3,2
9	ABD	2,706.000	2,9
10	Kore	2,162.250	2,3

Kaynak: FAOSTAT, 2022

Tablo 2'de 2021 yılı Türkiye kovan varlığının ilk 10 ildeki dağılımı verilmiş olup toplam koloni miktarı 8,7 milyon civarındadır. Muğla 949 bin koloni miktarı ve %10,8'lik oran ile ilk sırada yer alırken, Ordu 604 bin koloni miktarı ve %6,9'luk oran ile ikinci sırada ve Adana 481 bin koloni miktarı ve %5,5'lik oran ile üçüncü sırada yer almaktadır.

Tablo 1: Türkiye’de son 5 Yıllık İllere Göre Kovan Varlığı (Adet)

İller	2017	2018	2019	2020	2021
Muğla	958.328	935.463	918.116	900.583	949.267
Ordu	562.299	568.547	573.358	573.375	604.213
Adana	454.768	461.987	469.938	481.557	481.878
Mersin	273.384	267.251	282.749	290.795	303.120
İzmir	215.743	232.009	244.519	273.949	276.918
Aydın	280.386	281.060	274.826	257.738	253.606
Sivas	215.878	239.575	243.673	256.374	269.709
Antalya	226.592	230.323	217.705	216.423	335.686
Mersin	159.104	156.764	158.770	172.470	303.120
Trabzon	167.361	172.881	170.432	168.952	178.696
Diğerleri	4.477.229	4.562.564	4.574.274	4.586.869	4.826.676
Türkiye	7.991.072	8.108.424	8.128.360	8.179.085	8.733.394

Kaynak: TÜİK, 2022

Dünyada birim koloniden elde edilen ortalama bal miktarı 24 kg/ koloni iken Türkiye’de bu miktar yıllara göre 13–17 kg/koloni olarak şekillenmektedir (Kekeçoğlu:2012). Türkiye bal veriminde etkile olan faktörlerin başında yeterli bilgi ve donanıma sahip olunmaması gelmektedir. Bunu sırasıyla kış kayıpları, bal arısı hastalık ve zararlılarının tanınmaması ve yeterli mücadelenin yapılamaması, yaşlı ana arı kullanımı, birim alanda olması gerekenden fazla koloni bulundurulması, uygun arı ırkları ile çalışılması, alet makinaya yetersizliği, üretilen ürünlerin pazar sorunu takip etmektedir.

Türkiye’de arıcılığın sorunları ve çözüm yollarına dair farklı bölgelerde birbirinden bağımsız olarak yapılmış çok sayıda akademik çalışması bulunmaktadır (Çağlar ve ark 2001, Kutlu, 2003, Gül ve ark. 2010;

Söğüt ve ark 2019a; Söğüt ve ark,2019b). Bu çalışmalar içerisinde eğitim bir başlık altında incelenmiş olup arıcıların eğitim durumunu belirlemeden öteye geçilmemiştir.

Bu çalışma ile arıcılık ürünlerinde üretimi arttırmaya yönelik eğitim politikalarının belirlenmesine yönelik bir bakış açısının sağlanması amaçlanmaktadır.

NEDEN EĞİTİM?

Her sektörün gelişiminde temel unsur olan bilgi faktörü arıcılık sektörü için de önemli ve sürekli olmalıdır. Türkiye’de farklı zamanlarda ve bölgelerde yapılan çalışmalarda eğitimin önemi ve yetersizliği arıcılığın en önemli sorunları arasında yer almaktadır. Bu çalışmalardan bazıları aşağıda özetlenmiştir

Arıcılıkta verimlilik ve kalite; organizasyondaki yapı yetersizliği, örgütlenme sorunları, yasalarla belirlenen mevzuat gibi birçok etmenden etkilenmekte olup en önemli etken eğitim eksikliği ve teknik bilgi yetersizliği olarak karşımıza çıkmaktadır. (Özbilgin ve ark 2003).

Yapılan birçok çalışmalarda eğitin ihtiyacı ve yetersizliği ilk sıralarda yer almaktadır. Bingöl de arıcıların % 15,5’i bilgi bakımından kendilerini yeterli gördüklerini, %84,5’i ise yeterli bilgiye sahip olmadıklarını belirtmişlerdir(Kutlu M.A 2020). Yetersiz hissettikleri en büyük alanın bal arısı hastalık ve zararlıları olduğu devamında koloni yönetimi konusunda bilgi ihtiyaçları tespit edilmiştir. Şırnak ili Uludere ilçesi arıcılarının arıcılık bilgi birikimlerinin incelendiği bir çalışmada ise arıcılık yapanların, %28’inin yeterli bilgiye sahip oldukları, %72 oranında ise bilgi eksiklikleri bulunduğu belirtilmiştir(Kutlu, M.A 2019). Kumova ve ark.1988), Adana yöresinde yaptıkları araştırmada yetiştiricilerin %16.87’sinin arıcılık eğitimi aldıklarını, fakat yapılan eğitim çalışmalarının yetersizliğini belirtmişlerdir.

Tuncelide yapılan bir çalışmada tek gelir kaynağı arıcılık faaliyeti olanların arıcılık bilgi düzey tespitinde yeterli bilgiye sahip olanların % 38, bilgi eksikliği veya yetersizliği olanların oranı ise %62 olarak

bulunmuştur (Kutlu ve ark. 2017). Ege yöresinde arıcılık faaliyetlerinde bulunan işletmelerin yapısal özellikleri ve üretime ilişkin yapılan araştırmada üreticilerin % 15.9' u bilgi birikimlerinin yetersiz olduğunu (Çevrimli ve ark.2018), Malatya'da ise olumsuz çevre koşullarının neden olduğu olumsuzluğun yanı sıra, yetiştiricilerin eğitim, bilgi ve teknik düzeylerinin yetersizliği de verim düşüklüğüne neden olduğu yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (Karlıdağ, ve ark. 2015).

Tunceli de yapılan çalışmada üreticilerin bilgiye gereksinimleri veya sorunlarının çözümünde, %61 oranında eski arıcılara, %18 oranında il ve ilçe tarım müdürlüklerine, %21 oranında ise arıcı yetiştiricileri birliklerine yönelmektedirler(Kutlu ve ark. 2017). 2001 yılında Bahcesaray ilçe sinde yapılan bir çalışmada Tarım teşkilatları tarafından arıcıları eğitmek amacıyla düzenlenen kursa katılan arıcıların %93.00'nün arıcılık konusundaki bilgi birikimlerinin yetersiz olduğunu, planlanan eğitimi arıcının ihtiyacı olan bilgiye yanıt vermeyip bir sertifika vermekten ileri gidemediği söylenebilmiştir (Erkan ve ark 2001).

Hizan ilçesinde yapılan bir araştırmada üreticilerin bilgiye olan gereksinimleri ve karşılaştıkları sorunların çözümünde %52 oranında deneyimli eski arıcılara yöneldiği, bu oranın tarım teşkilatlarında %32, arı yetiştiricileri birliklerinde ise % 16 olduğu görülmektedir. (Kutlu ve ark 2016). Tekirdağ'da yapılan benzer çalışmalarda (Soysal ve ark. 2005.) Tekirdağ ili bal veriminin arttırılmasında eğitimin önemli bir bileşen olduğu belirtilmektedir.

İzmir ilinde yapılan bir araştırmada, yetiştiricilerin bilgiye olan ihtiyacının temininde sırası ile arı yetiştiricileri birliği, üniversite ve tarım ilçe müdürlüğü olarak belirlenmiştir (Saner ve ark 2011). İzmir ve Muğla illerinde yapılan benzer bir araştırmada ise yetiştiricilerin bilgi ihtiyaçları arıcılıkla uğraşan arkadaş ve tarım müdürlüğü belirlenmiştir (Saner ve ark.2005). Türkiye arıcılık sektörünün mevcut durumu ve geleceği ile ilgili farklı bölgelerinde çeşitli çalışma yapılmış

olup yapılan bu çalışmalarda, eğitim başta olmak üzere hem kamunun hem de üreticilerin yeterince örgütlü ve bilinçli olmamaları nedeniyle arıcılıktan beklenen gelişme sağlanamamıştır (Soysal ve ark 2005, Çelik 1994, Ceylan 2004).

MEVCUT EĞİTİM

Sürdürülebilir arıcılık faaliyetlerinde en önemli engellerden birisi arıcılık sektörünün ihtiyacı olan teknik bilgi ve buna ulaşmadaki sıkıntılardır. Bu sorunların temelinde araştırma ve geliştirme birimi olan üniversitelerin eğitim politikaları bulunmaktadır. Ülkemizde bilimsel olarak arıcılık eğitimi akademik düzeyde Ziraat fakültelerinin Zootehni bölümlerinde verilmektedir. Ziraat Fakültelerinin genelinde yapılan inceleme sonucu en kapsamlı olarak Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootehni bölümünde lisans düzeyinde zorunlu ders olarak sadece Arı Yetiştirme dersi 2 kredi olarak verilmektedir. Aynı fakültenin zootehni müfredatına bakıldığında tek zorunlu dersin (Arı Yetiştirme dersi 2) yanı sıra seçmeli ders olarak, Bal Arısı Hastalık ve Zararlıları, Ana Arı Yetiştirme Teknikleri, Bal Arısı Davranışları ve Arı-bitki İlişkisi dersleri bulunmaktadır. Birçok Ziraat Fakültesi zootehni bölümlerinde ise sadece tek bir ders olarak arıcılık eğitimine yer verilmiştir geçirilmiştir.

Veteriner fakültelerinde ise son azmanlara kadar arıcılık ile ilgili derslerin bulunmadığı yeni yeni bazı veteriner fakültelerinde bal arısı hastalıkları veya zararlıları ile ilgili derslerin müfredata eklendiği görülmektedir. Arıcılık alanında öğretim elemanı yetersizliği de unutulmamalıdır. Bu söylemler Türkiye'deki tüm Ziraat fakülteleri ve Veteriner fakülteleri için geçerli olup spesifik olarak bazı üniversitelerde (Bingöl üniversitesi, Uludağ üniversitesi veteriner fakültesi) arıcılıkla ilgili araştırmalar ve faaliyetler ön plana çıkmaktadır. Fakat genelinde mevcut durum bundan ibarettir.

Bir alt basamak olarak ülkemizde Tarım Bakanlığına bağlı olarak faaliyet gösteren Ordu arıcılık araştırma enstitüsü ve Ardahan ilinde bulunan Kafkas arısı üretim, eğitim ve gen merkezinde ana arı üretimi, arı hastalıkları ve zararlıları başta olmak üzere teknik düzeyde teknik elemanlara ve arıcılara eğitimler vermektedir. Arıcıya yönelik olarak en kapsamlı eğitimler gerek uygulama alanının yeterliliği gerek kurumda bulunan uzman elamanların yeterliliğinin ile bu kuruluşlarda gerçekleştirilmektedir.

Bazı üniversiteler de ise benzer eğitimler alt yapısının ve elemanının olması nedeniyle teknik düzeyde verilmektedir. Özellikle bünyelerinde arıcılık araştırma, geliştirme ve uygulama merkezi bulunan üniversiteler bu üniversitelere öncülük ederek spesifik arıcılık eğitimine katkı sunmaktadırlar.

Bir alt basamak olarak Tarım il müdürlükleri ve Milli Eğitim Bakanlığı Halk Eğitim Müdürlükleri de arıcılık eğitimi vermektedir. 80 saatlik eğitim sonrası arıcılık sertifikasına yönelik bu eğitimlerin geneli arıyı görmeksizin dershane ortamında gerçekleşmektedir. Yeni arıcılığa yöneleni kapsamakta olup arı yetiştiriciler birliğine üyelikte ve resmi olarak arıcı olduğunu belirleyen sertifikaya yönelik eğitim bu kurumlarca verilmektedir.

ÖNERİLER

Zengin bitki florası, coğrafik yapısı, iklim koşulları ve insan kaynakları dikkate alındığında arıcılık sektörünün ülkemiz için önemli katma değerler üreten bir istihdam alanı olduğu görülmektedir. Arı ürünleri üretim eğitim başta olmak üzere birçok faktörün etkisi altında kontrolsüz olarak gerçekleşmektedir. Profesyonel olarak düşünülmeyip sıradan bir faaliyet gibi yapıldığı sürece arıcılık adına atılan adımlar yetersiz kalacaktır. Sürdürülebilir bir arıcılık için kontrollü üretim, arı genetik yapısı ve flora ne kadar önemli ise bunların nihai ürünlere dönüşümünü sağlayan arıcının da donanımlı ve bilgili olması bir o kadar önem arz etmektedir.

Her faaliyet dalında olduğu gibi arıcılıkta eğitim ve bilgi yetersizliği sektörde karlılık adına olumsuzlukları beraberinde getirmektedir. Ülke arıcılık sektörünün çok eski yıllara dayanan bir yapısı bulunmakta olup, mevcut kaynakların ve floranın rantabl kullanımı durumunda arıcılığının çok ileri seviyede olması gerekmektedir.

Bunun için öncelikle eğitim araştırma kurumu olan üniversitelerde arıcılığa önemi kavranarak müfredatlarında arıcılıkla ilgili değişikliklerin yapılması gerekmektedir. Özellikle istihdamda arıcılığın yoğun olduğu alanlarda bulunan bölge üniversitelerde mutlaka arıcılık araştırma geliştirme ve uygulama merkezleri kurulmalı arıcılık eğitimi ve araştırmaları çalışmaları sahaya yayılmalı ve arıcı odaklı olmalıdır. Bu merkezlerin saha çalışmalarına yönelik olarak uygulama arılıkları bulunmalı, eğitimler bu merkezlerde görsel ve uygulamalı olarak yapılmalıdır Merkez ilde tarım teşkilatları, arı yetiştiricileri birliği ve sektörde öne çıkan firmalar ve kuruluşlarla koordineli olarak bu faaliyetleri yürütmelidir. Merkez eğitim amaçlı teknik ihtiyaca yanıt verebilen bir uygulama alanını oluşturmalı ve eğitimler bu alanda gerçekleştirilmelidir.

Arıcılıkta istenilen seviyede bir gelişme için mutlaka her ilin tarım teşkilatında konuya hâkim uzman bir arıcının olması gerekmektedir. Arıcılık alanında faaliyet gösteren Ordu arıcılık araştırma enstitüsü ve Ardahan Kafkas arısı üretim, eğitim ve gen merkezinin alt yapı (saha ve eleman) yeterliliği göz önüne alınarak tarım teşkilatındaki teknik personelin eğitimi önceliği olmalıdır. Alınacak eğitimin sürdürülebilirliği için teknik elemanlar eğitim sonrası her yıl mutlaka bilgi tazeleme ve yeniliklere yönelik periyodik eğitimlere alınmalıdır. Çünkü arıcı sorununa çözümü tarım teşkilatında aramaktadır.

Arı yetiştiricileri birliği danışmanları eğitimin içerisinde olmaları gerekmektedir. Birçok birlikte danışmanlar teknik eleman gibi çalışmayıp iş tanımının dışında büro elemanı gibi görev yapmaktadırlar. Birlik tarım danışmalarının görev ve sorumluluklarını belirleyen iş tanımı revize edilerek işlevlik kazandırılmalıdır. Birlik

tarım danışmanları da ilde bulunan tarım teşkilatında görev yapacak olan uzman teknik elamanla koordineli olarak çalışmalıdır.

Türkiye'nin her ilinde üniversite, tarım teşkilatları ve arıcılar birliğini bulunmaktadır. Bu nedenle bu kurumların olduğu yerlerde eğitimlerin donanımsız olan halk eğitim merkezince verilmesi sektöre katkıdan çok zarar sağlayacağı unutulmamalıdır.

Her meslek grubunda olduğu gibi iyi bir arıcılık için, arıcılığı meslek edinmiş bireylerin de meslek yaşamı boyunca öğrenmeye ve eğitime ihtiyacı vardır. Sektörün gelişen teknolojiye uyum sağlamak, daha sürdürülebilir bir arıcılık için çağın gereği bilgiyi edinmek, edinilen bilgi ve deneyimleri uygulamak bir yaşam biçimi olmalıdır. Aksi bir yaşam biçimi yıllardır küçük adımlarla ilerlemeye gayret eden arıcılık sektörünün dünyadaki gelişmelerden yoksun kalması sonucunu doğuracağı tartışılmazdır.

KAYNAKLAR

- Atkins E.L. (1992) Injury to honey bee by poisoning J.E. Graham (Ed.), The Hive and the Honey Bee, Dadant and Sons, Hamilton pp. 1153-1208
- Akbay.R.1986 Arı ve İpekböceği yetiştirmeAnkara Üniversitesi Ziraat fakültesi Ders kitabı S152
- Ceylan DA, 2004. Konya ili ve ilçelerinde arı yetiştiriciliğinin teknik ve yapısal özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bil. Enst., Zootekni Bölümü, Antakya.
- Calderone, N.W. 2003 Insect pollinated crops, insect pollinators and us agriculture: Trend analysis of aggregate data for the period 1992–2009. PLoS ONE 2012, 7, e37235. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
- Çağlar, YS., Öner, L. (2001), TKV araştırması ülkemizde arıcılığın durumuna ışık tutuyor. Teknik Arıcılık, 74: 2-8
- Çelik H, 1994. Kalecik ilçesinde gezginci arıcıların sorunları ve arıcılıkta yararlanılan bilgi kaynakları üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Çevrimli, M.B., Sakarya, E.2018 Arıcılık işletmelerinin yapısal özellikleri ve sorunları; Ege Bölgesi örneği. Eurasian J Vet Sci, 2018, 34, 2, 83-91
- Döner, Ö, İnci H (2021). Bingöl İlinin Farklı Bölgelerinden Elde Edilen Propolislerin Protein Oranı Ve Kül Miktarı Açısından Karşılaştırılması. Ispen Tarım Bilimleri Dergisi, 5(2), 372- 380., Doi: 10.46291/Ispenjasvol5iss2pp 372-380
- Erkan, C., Aşkın 2001 Van İli Bahçesaray İlçesi'nde Arıcılığın Yapısı ve Arıcılık Faaliyetleri Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi (J. Agric. Sci.), 2001, 11(1):19-28
- FAOSTAT (2022). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/faostat/en/#home>
- <https://www.google.com/search?q=gaziantep+amerikan+hastanesi+misyonerlerinin+ar%C4%B1c%C4%B1k+e%C4%9Fitimi>
- Genç. F. (1993) Arıcılığın Temel Esasları. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:149, Erzurum
- Gül, A., Kutlu, MA. (2010). Bingöl ili ve ilçelerinde görülen bal arısı hastalık ve zararlılarının belirlenmesi üzerine bir çalışma. 3. Bingöl Sempozyumu, Bingöl Üniversitesi, Bingöl.
- İnci, H. , Karakaya, E. & Topluk, O. (2022). Bingöl İli Arıcılık İşletmelerinin Yapısal Özellikleri . Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi , 9 (4) , 996-1013
- Karlıdağ, S., Köseman,A. 2015 Türkiye ve Malatya'da Arıcılığın Yeri ve Önemi Arıcılık Araştırma Dergisi
- Kaynak: TÜİK, 2022

- Kekeçoğlu, M. 2012. Türkiye'de Arıcılık, Sorunları ve Çözüm Önerileri. Zeytinburnu Tıbbi Bitkiler Bahçesi Geleneksel Tıp Festivali. İstanbul.
- Kekeçoğlu, M., Gürcan, E.K., Soysal, M.İ. 2007. Türkiye Arı Yetiştiriciliğinin Bal Üretimi Bakımından Durumu, Tekirdağ Univ Zir Fak Derg 4(2)
- Kutlu, MA. (2003), Bingöl yöresi bal arıları (*Apis mellifera* L.) nösema hastalığının varlığı ve enfeksiyon oranı. Teknik Arıcılık, 79: 24-26
- Kutlu M.A 2020 Arıcılığa Genel Bir Bakış. Bingöl ili Arıcılarının Sosyal Durum Analizi 7.23
- Kutlu, M.A 2019 Uludere İlçesi Arıcılık İşletmelerinin Genel Yapısı ve Arıcılık Faaliyetleri Üzerine Bir Çalışma. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 6(3): 511-517, 2019
- Kutlu, M.A., Gül, A., Özdemir, F.A, Kılıç, Ö. 2017 Tunceli İli Arıcılık İşletmelerinin Genel Yapısı ve Arıcılık Faaliyetleri Üzerine Bir çalışma. 4.Uluslararası Kalkınma Konferansı.
- Kumova, U. ve K. Özkütük, 1988. Çukurova Bölgesinde Arı Yetiştiriciliğinin Yapısı. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 3 (1): 26-40, Adana
- Michener, C.D. The Bees of the World, 2nd ed.; John Hopkins University Press: Baltimore, MD, USA; London, UK, 2007. [Google Scholar]
- Özbilgin, N., Alataş, İ., Balkan, C., Öztürk, A.İ., Karaca Ü. 1999. Ege Bölgesi arıcılık Faaliyetlerinin Teknik ve Ekonomik Başlıca Karakterlerinin Belirlenmesi. Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi İzmir – TURKEY
- Saner, G., Yücel B., Yercan M., Karaturhan, B., Engindeniz, S., Çukur, F. ve Kösoğlu, M. (2011). Organik ve konvansiyonel bal üretiminin teknik ve ekonomik yönden geliştirilmesi ve alternatif pazar olanaklarının saptanması üzerine bir araştırma: İzmir ili Kemalpaşa ilçesi örneği. Ankara, Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü TEPGE
- Saner, G., Engindeniz, S., Çukur, F. ve Yücel, B. (2005). İzmir ve Muğla illerinde faaliyet gösteren arıcılık işletmelerinin teknik ve ekonomik yapısı ile sorunları üzerine bir araştırma. Ankara, T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü
- Soysal, M.İ., Gürcan, E.K. 2005. Tekirdağ İli Arı Yetiştiriciliği Üzerine Bir Araştırma, Tekirdağ Zir Fakültesi Dergisi 2005 2 (2), Tekirdağ
- Söğüt B, Şeviş H.E, Karakaya E, İnci H. 2019a. Arıcılık işletmelerinde mevcut durum, temel sorunlar ve çözüm önerileri üzerine bir araştırma (Bingöl İli örneği). U Arı Drg; 19(1): 50-60.
- 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.
- Sönmez. R.1984 Arıcılık. Ege Üniversitesi Ofset baskı Evi Bornova İzmir

BÖLÜM 5

BALLARDA YAPILAN TAĞŞIŞ ve TAKLİDİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN GÜNCEL METOTLAR

Öğr. Gör. Davut KARAHAN¹

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

GİRİŞ

Artan dünya nüfusuna bağlı olarak besin talebinin de artması, bazı üreticilerin ve/veya pazarlamacıların çeşitli yollara başvurmasına neden olmaktadır. Tağşiş; gıda maddelerinin ve gıdaya temas eden madde ve malzemelerin, kanuna veya müsaade edilen kriterlerine aykırı olarak üretilmesi olarak tanımlanmaktadır. Başka bir deyiş ile “Gıdaların temel öğelerinin ve besin değerlerinin tamamının ya da bir kısmının mevzuata uygun olmayan bir şekilde çıkarılması, miktarının değiştirilmesi veya aynı özellikleri içermeyen başka bir maddenin ikame olarak gibi katılması olarak da tanımlanabilmektedir (Anonim, 2022).

Tağşiş işlemi gören gıdalar, orijinal haline yabancı veya daha değersiz bir madde eklenmesi sonucunda içeriğindeki doğal bileşenin bir kısmının veya tamamının değiştirilmesi ile pazarda haksız bir şekilde yer almaları istenmeyen bir durumdur. Ne yazık ki kaliteli, doğal ve orijinal gıdalar maliyeti düşürülecek şekilde kalitesiz ürünler ve/veya yapay maddeler ile karıştırılıp satışa sunulmaktadır. Türk Gıda Kodeksi’ne göre gıdaların tağşiş işlemi görmesi yasaktır (Anonim, 2022; Arslan, 2021). Örneğin Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği’ne (Tebliğ No: 2020/7) göre, bala gıda katkı maddeleri de dâhil olmak üzere hiçbir gıda bileşeni veya dışarıdan hiçbir katkı maddesi katılmaz. Balın, doğal bileşiminde bulunmayan organik ve/veya inorganik maddeler bakımından katkısız olması gerekir (Anonim, 2020a).

Taklit; gıda maddesinin ve gıda ile temas eden maddelerin ve malzemelerin biçim, içerik ve kriter bakımından gerçekte kendisinde olmayan, ancak sahip gibi gösterilmesi olarak tanımlanmaktadır (Arslan, 2021). Tağşiş ile taklit arasındaki farkı şu şekilde özetleyebiliriz; tağşiş işleminde gıdanın kendisi yani doğal hali bulunuyor ancak içeriği değiştirilip pazarlanmakta, ancak taklit uygulamasında ise ortada doğal bir gıda yer almıyor, tamamen yapay diyebiliriz. Örneğin: doğal bala şurup eklenip miktarının artırılması

tağşiş işlemidir, ancak şeker şurubunun aroma ve diğer katkı maddeleri ile kendisi bala benzetilip pazarlanması taklittir.

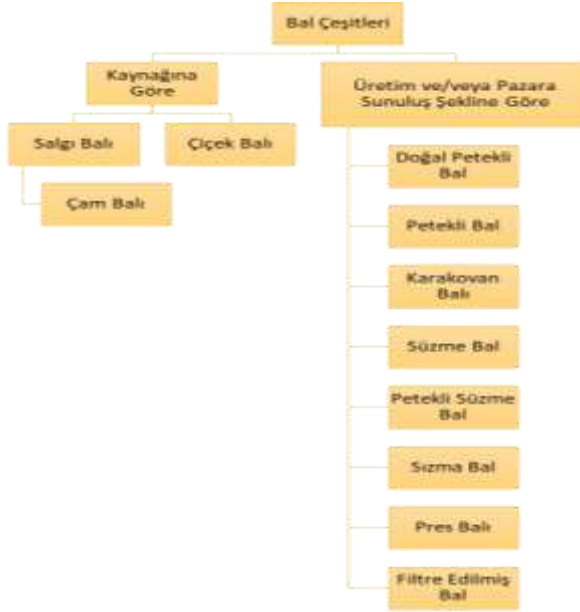
Gıda ürünlerine tağşiş ve/veya taklit işlemi uygulamak resmi ve ahlaki olarak uygun görünmemesi yanı sıra İslam dininde de uygun görülmemiştir. Bununla ilgili fazlaca Kur'an ayeti ve Hadis bulunmaktadır. Peygamber Efendimiz (s.a.v) bir hadisinde, "Bizi aldatan, bizden değildir." buyurmuştur (Anonim, 2018)

Son yıllarda artan hastalıklar, yüksek refah ve bilgi erişimine kolaylık sonucunda insanlar, sağlıkla direkt ilişkisi olan beslenmeye son derece önem vermektedir. Dolayısıyla tüketilen gıdanın kalitesi ve güvenliğine giderek artan bir önem söz konusudur. Gıdaların tağşişi ve taklidinin gıda güvenliği ve kalitesi üzerindeki etkisi göz önünde bulundurulduğunda hem bilim camiası hem de tüketiciler açısından kayda değer bir şekilde endişelenecek durum haline gelmiştir.

Bu kitap bölümünün, ballarda yapılan tağşiş ve taklidin belirlenmesinde kullanılan metotların derlenerek hazırlanması yazar tarafından uygun görülmüştür.

En çok tağşiş işlemi yapılan gıdalar arasında arı ürünleri (özellikle bal), et ve et ürünleri, süt ve süt ürünleri, yağlar, içecekler, şekerlemeler ve baharatlar olarak sıralanabilir.

Bal, zengin besin içeriği, fonksiyonel özellikleri, besleyiciliğinin yanında tedavi edici özelliklerinden dolayı asırlar boyu tüketiciler arasında yüksek popülerliğe sahip olmuştur (Chen ve ark., 2011; Kurt ve ark., 2020). Balın bileşimi nektar kaynağına bağlı olarak çok değişkenlik gösteren karmaşık bir yapıya sahiptir (Alvarez-Suarez ve ark., 2014). Codex Alimentarius'a göre bal, botanik kaynağına göre çiçek balı ve çam balı olmak üzere iki ana sınıfa ayrılır (Codex Alimentarius Commission, 2001). Ülkemizde her iki tip bal da mevcuttur. Türk Gıda Kodeksi (2020) Bal Tebliği'nde ballar "kaynağına göre" ve "üretim ve/veya pazara sunulmuş şekline göre" sınıflandırılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Balların Sınıflandırılması (Türk Gıda Kodeksi)

Günümüzde artan dünya nüfusuna bağlı olarak balın arz-talep ilişkisi arasında oldukça büyük fark bulunmaktadır. İnsanlar arasında değerli bir gıda ürünü olan balın, üretiminin yüksek maliyetli ve düşük oranda olması, dünya genelinde tüketiminin yaygınlığı ne yazık ki bu alanda tağşişi tetiklemektedir. Bu nedenle balın tağşişini önlemek birçok araştırmacının odak noktası olmuştur (Wang ve ark. 2015).

Özellikle bal tağşişinde kullanılan maddeler balın doğal sakaroz, glikoz ve fruktoz profilini taklit edecek şekilde seçilmektedir (Chen ve ark. 2011). Bal tağşişi için en yaygın yöntem, balın düşük maliyetli agav, akçaağaç, şeker kamışı, arpa, mısır ve pirinç şuruplarıdır şeker şurupları ile seyreltilmesi ve/veya karıştırılmasıdır (Siddiqui ve ark., 2017; Sobrino-Gregorio ve ark., 2017; Berk, 2020). Daha yüksek verimi ve kolay erişilebilirliği nedeniyle mısır şurubu aralarında en yaygın olarak kullanılanıdır (Berk, 2020).

Balın, çiftçiler tarafından tekniğine uygun olarak üretilmesi ve üreticiden tüketiciye varana kadar olan süreç içerisinde balın kendine

has kriterlerinin korunması, tağış ve taklidin önlenmesi amacıyla yayınlanan Türk Gıda Kodeksi'nin son Bal Tebliği 19/2/2020 tarihli ve 31044 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanmıştır. Yayınlanan son bal tebliğinin amacı; balın tekniğine uygun ve hijyenik bir şekilde üretilmesi, hazırlanması, işlenmesi, muhafaza edilmesi, taşınması ve piyasaya pazarlanması sürecinde taşınması ve bulundurması gereken özellikleri belirlemektir (Anonim, 2020a). Türk gıda Kodeksi bal tebliğine göre üretilen ve pazara sunulan balın taşınması gereken kriterler ve limit aralıkları Çizelge 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Balların taşınması gereken Özellikler (Türk gıda Kodeksi, 2020a)

Parametreler	Çiçek Balı	Salgı Balı	Çiçek ve Salgı Balı Karışımı
Nem (en fazla)	% 20	% 20	% 20
Sakkaroz (en fazla)	5 g/100 g	5 g/100 g	5 g/100 g
Fruktoz +Glukoz (en az)	100 g'da 60 g	100 g'da 45 g	100 g'da 45 g
Fruktoz / Glukoz	0,9 - 1,4	1,0-1,4	1,0-1,4
Maltoz (% , en fazla)	4	4	4
Suda çözünmeyen madde (en fazla)*	0,1 g/100 g	0,1 g/100 g	0,1 g/100 g
Serbest asitlik (en fazla)	50 meq/kg	50 meq/kg	50 meq/kg
Elektrik iletkenliği	En fazla 0,8 mS/cm	En az 0,8 mS/cm	En fazla 0,8 mS/cm
Diastaz sayısı (en az)	8	8	8
HMF (en fazla)**	40 mg/kg	40 mg/kg	40 mg/kg
Bal $\delta^{13}C$ değeri ($\delta^{13}C_{bal}$)	-23 ve daha negatif	- 23 ve daha negatif	-23 ve daha negatif
Balda protein ($\delta^{13}C_{protein}$) ve bal ($\delta^{13}C_{bal}$) $\delta^{13}C$ değerleri arasındaki fark	-1,0 veya daha pozitif	-1,0 veya daha pozitif	-1,0 veya daha pozitif
Balda protein ve bal $\delta^{13}C$ değerlerinden hesaplanan C4 şekerleri oranı (en fazla)	% 7	% 7	% 7
Prolin miktarı (en az)	300 mg/kg	300 mg/kg	300 mg/kg
Naftalin miktarı (en fazla)***	10 ppb	10 ppb	10 ppb

*Pres balında suda çözünmeyen madde miktarı 0,5 g/100 g'ı geçemez.

**Üretildiği bölge etiketinde belirtilmek koşulu ile tropikal ülke kaynaklı ballarda HMF miktarı en çok 80 mg/kg olur.

***Balmumunda naftalin miktarı 10 ppb'den fazla olamaz.

Balın çizelge 1’de verilen özellikleri taşıyıp taşımadığını belirlemek amacıyla belli başlı metotlarla analizler gerçekleştirilmektedir. Bu analizler:

1- Nem tayini

Kırılma indisi prensibine dayanmaktadır. Dijital veya mekanik refraktometre ile tayin edilebilmektedir.

2- pH ve serbest asitlik tayini

pH ölçümü pH metre ile yapılmakta iken, serbest asitlik ise titrasyon prensibine dayanmaktadır. Bu metotta harcanan NaOH çözeltisinin miktarı mL cinsinden kaydedilerek ilgili formül ile hesaplanmaktadır.

3- Diastaz sayısı tayini

Spektrofotometrik veya özel kitler ile analiz yapılabilmektedir.

4- Hidroksimetilfurfural (HMF) tayini

HMF tayini spektrofotometre ile yapılabilse de yaygın olarak Yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) metodu kullanılmaktadır.

5- Şeker profili analizi

TGK’da yer alan fruktoz, glukoz, sakaroz ve maltoz şekerlerinin nicel ve nitel analizi HPLC ile gerçekleştirilmektedir. Burada hem fruktoz, glikoz, sakaroz ve maltoz şekerlerinin % olarak miktarlarını hem de çizelge 1’de yer alan Fruktoz/Glukoz oranının ve Fruktoz+Glukoz kriterlerinin hesaplamak mümkün olmaktadır.

6- Prolin tayini

Baldaki prolin içeriği spektrofotometrik yöntemle analiz edilmektedir. Bu yöntem ile bal numunesinin okunan absorbans değeri ile prolin standartının ortalama absorbans değeri kıyaslanarak bir kalibrasyon grafiği ve denklemi ile hesaplanmaktadır.

7- Elektrik iletkenliği tayini

Balların elektrik iletkenliği tayini bir iletkenlik ölçer cihaz ile gerçekleştirilmektedir. Hazırlanan bal numunesi cihaz ile okunarak iletkenlik değeri μS olarak hesaplanmaktadır.

8- Karbon izotop ($\delta^{13}\text{C}$) analizi ve $\%C_4$ şeker oranı tayini

Balların bir diğer kalite parametresi olan 8- Karbon izotop ($\delta^{13}\text{C}$) analizi ve $\%C_4$ şeker oranı tayini, elemental Analiz İzotop Oranı Kütle Spektrometresi (EA-IRMS) ile gerçekleştirilmektedir (Anonim, 2020b).

Yukarıda sıralanan bilindik ve sık kullanılan yöntemlerin dışında araştırmacılar, balın tağşiş ve taklidinin belirlenmesinde yeni güncel metotlar denemişlerdir.

Kurt ve ark. (2020)'nin yaptığı çalışmada bal tağşişini belirlemek için yeni bir yöntem denemişlerdir. Doğal ayçiçeği balı, katkılı bal, arı kolonilerinin şeker şurubu ile beslenmesi ile elde edilen dolaylı katkılı bal ve bunların karışımlarından oluşan bal numunelerinin fiziko-kimyasal özellik, FT-IR spektrumları, termodinamik özellik (T_p ve ΔH), akış davranışı [(G') ve (G'')] ve mikroyapısal değişikliklerini incelemiştir. Yaptıkları bu çalışmanın sonucuna göre, özellikle bal tağşişinin bal kristalizasyon davranışları incelenerek belirlenebileceğini ileri sürmüşlerdir. Ayrıca, bal tağşişinin belirlenmesinde kullanılan zaman alıcı, pahalı ve karmaşık yöntemler yerine bu kolay ve basit yöntemin yaygınlaşması gerektiği sonucuna varmışlardır.

Mısır ve yüksek fruktozlu mısır şurupları ile yapılan bal tağşişini tespit etmek amacıyla, aktif kömür ile parçalanmış oligosakkaritler üzerinde yapılan bir çalışmada yüksek performanslı anyon değişim kromatografi darbeleri amperometrik tespit (HPAEC-PAD) tekniği kullanılmıştır. Morales ve ark. (2008), bu yöntem ile ballara katılan mısır şurubu oranının yaklaşık %5'ini tespit edebilmişlerdir. Ayrıca; çeşitli izomerizasyon derecelerinde (yaklaşık %20 ve %40) yüksek fruktozlu mısır şurupları ile tağşiş de tanımlanmıştır.

Ribeiro ve ark. (2014), balda yüksek fruktozlu mısır şurup tağşişini incelemek amacıyla düşük alan nükleer manyetik rezonans spektroskopisi (LF¹HNMR) yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada saf baldaki tağşiş konsantrasyonunun artmasıyla gevşeme süreleri önemli ölçüde azaldığından dolayı, yüksek fruktozlu mısır şurup katkılı balın LF¹HNMR kullanılarak saf çiçek balından doğru bir şekilde ayırt edilebileceği sonucuna varmışlardır (Siddiqui ve ark., 2017).

Yapılan başka çalışmalarda, balın yüksek fruktozlu mısır şurubu ve maltoz şurubu ile tağşişinin belirlenmesinde Raman spektroskopisi kullanılmıştır (Zakaria ve ark., 2011;Li ve ark., 2012).

Toplam 57 bal örneği ile yapılan bir çalışmada, çok değişkenli veri analizi ile birleştirilmiş 1D¹H NMR ve 2D heteronükleer tek kuantum korelasyon spektroskopisi kullanılarak baldaki tağşiş başarılı bir şekilde tespit edilmiştir (Consonni ve ark., 2013; Hong ve ark., 2017).

Bertelli ve ark. (2010), baldaki tağşiş Nükleer Manyetik Rezonans (NMR) tabanlı tespiti üzerine çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışmada, katkısız bal örneklerini tespit etmek için faktör analizi ve genelleştirilmiş diskriminant analizi dâhil olmak üzere çok değişkenli istatistiksel analiz ile birleştirilmiş tek boyutlu NMR kullanılmıştır. Çalışmada, tek boyutlu NMR spektrumlarından elde edilen en iyi ayırt edici modelin şeker katkısının tespiti için %95.2 doğru tahmin oranı gösterdiğini bulmuşlardır (Wang ve ark., 2021).

Yapılan başka bir çalışmada, balın 14°C'de kristalleşmesini incelemek için TD-NMR puls sekansı kullanılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar, TD-NMR'ın balda kristalleşmeyi takip etmek, tağşiş tespiti yapmak ve bal numunelerinin erimesini izlemek için güçlü bir teknik olduğunu göstermiştir (Berk, 2020).

Spiteri ve ark. (2015), proton-NMR profillemeye kullanarak balın orijinalliği, tağşiş ve şeker katkısının olup olmaması üzerine dünya çapında 35'ten fazla ülke ve 800'den fazla bal ile bir araştırma gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda glukoz, fruktoz, sakaroz ve

HMF miktar tayini yapılabilmektedir. Bu parametrelere ilaveten, fermentasyonun başlangıcını gösteren ipuçlarını da tespit edebilmişlerdir.

2009 yılında Meksika’da gerçekleştirilen bir çalışmada, dört farklı bölgenin balları çalışılmıştır. Ballardaki mısır şurubu (CS), yüksek fruktozlu mısır şurubu (HFCS) ve invert şeker (IS) miktarını belirlemek için Fourier transform kızılötesi (FTIR) spektroskopisi kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan bu yöntemin balda bulunan katkı maddelerinin kolayca tespit edilebileceği, ölçülebileceği ve yöntemin neredeyse %100 seçicilik verdiği sonucuna varılmıştır (Gallardo-Velázquez ve ark., 2009).

SONUÇ

Tarih boyunca beslenme ve şifa amaçlı kullanılan, piyasadaki tağşişli ve/veya taklitli gıdalar arasında önemli bir orana sahip balın üreticiden tüketicilere ulaşıncaya kadar tekniğine uygun, hijyenik bir şekilde üretilmesi, hazırlanması, işlenmesi, muhafaza edilmesi, taşınması ve piyasaya pazarlanması sürecinde kalitesini takip etmek son derece önemli bir konudur. Fonksiyonel bir gıda (özellikle bal gibi hassas ürünler) her ne kadar doğal üretilse de, tüketiciye ulaşana kadar bilinçli veya bilinçsiz bir şekilde yapılan hata veya tağşiş, gıdanın fonksiyonelliği aksine tam tersi etki yapabilmektedir. Örneğin; şifa amaçlı kullanılmak istenen bal eğer doğal değilse yani tağşiş edilmiş veya işlenmesi sürecinde yanlış uygulama yapılmışsa, şifa etkisinin aksine çok zararlı bir ürüne dönüşebilmektedir. Bunun için belli başlı metotlar bilinse ve uygulansa da, araştırmacılar daha güvenilir, seçiciliği yüksek, daha az maliyet ve zaman gerektiren, güncel metotlar üzerinde çalışmaktadır. Bu çalışmada, literatürde yer alan güncel bal analiz metotlarının derlenmesi planlanmıştır.

KAYNAKLAR

- Alvarez-Suarez J, Gasparrini M, Forbes-Hernández T, Mazzoni L, Giampieri F (2014) The composition and biological activity of honey: a focus on Manuka honey. *Foods* 3:420–432
- Anonim (2001). Codex Alimentarius Commission, Codex Alimentarius Commission Standards. Codex Stan 12-1981.
- Anonim (2018). T.C. Diyanet işleri Başkanlığı <https://www.diyamet.gov.tr/tr-TR/Content/PrintDetail/11338> (Erişim tarihi: 20.09.2022)
- Anonim (2020a). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği T.C. Tarım Ve Orman Bakanlığı <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2020/04/20200422-13.htm> (Erişim tarihi: 20.09.2022)
- Anonim (2020b). Türk Standartları Enstitüsü <https://www.tse.org.tr/> (Erişim Tarihi: 28.09.2022)
- Anonim (2022). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Ulusal Gıda Referans Laboratuvar Müdürlüğü , <https://gidalab.tarimorman.gov.tr/gidareferans/Menu/73/Katki-Orijin-Tespiti-Taklit-Ve-Tagsis> (Erişim tarihi: 20.09.2022)
- Arslan T. (2021). Ballarda buğday nişastası kökenli şekerlerle yapılan taklit/tağşişin araştırılması (Doktora Tezi) İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya
- Berk B. (2020). Determination of honey crystallization and adulteration by using time domain NMR relaxometry (Master's Thesis), Middle East Technical University, Ankara
- Bertelli, D., Lollo, M., Papotti, G., Bortolotti, L., Serra, G., Plessi, M. (2010). Detection of honey adulteration by sugar syrups using one-dimensional and two-dimensional high-resolution nuclear magnetic resonance. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58(15), 8495-8501.
- Chen L, Xue X, Ye Z, Zhou J, Chen F, Zhao J (2011) Determination of Chinese honey adulterated with high fructose corn syrup by near infrared spectroscopy. *Food Chem* 128:1110–1114
- Consonni, R., Cagliani, L. R., Cogliati, C. (2013). Geographical discrimination of honeys by saccharides analysis. *Food Control*, 32(2), 543-548.
- Cortés, M. E., Vigil, P., Montenegro, G. (2011). The medicinal value of honey: a review on its benefits to human health, with a special focus on its effects on glycemic regulation. *Ciencia e investigación agraria: revista latinoamericana de ciencias de la agricultura*, 38(2), 303-317.
- Gallardo-Velázquez, T., Osorio-Revilla, G., Zuñiga-de Loa, M., Rivera-Espinoza, Y. (2009). Application of FTIR-HATR spectroscopy and multivariate analysis to the quantification of adulterants in Mexican honeys. *Food Research International*, 42(3), 313-318.

- Hong, E., Lee, S. Y., Jeong, J. Y., Park, J. M., Kim, B. H., Kwon, K., Chun, H. S. (2017). Modern analytical methods for the detection of food fraud and adulteration by food category. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(12), 3877-3896.
- Kurt, A., Palabiyik, I., Gunes, R., Konar, N., & Toker, O. S. (2020). Determining Honey Adulteration by Seeding Method: an Initial Study with Sunflower Honey. *Food Analytical Methods*, 13(4), 952-961.
- Li, S., Shan, Y., Zhu, X., Zhang, X., Ling, G. (2012). Detection of honey adulteration by high fructose corn syrup and maltose syrup using Raman spectroscopy. *Journal of Food Composition and Analysis*, 28(1), 69-74.
- Morales, V., Corzo, N., Sanz, M. L. (2008). HPAEC-PAD oligosaccharide analysis to detect adulterations of honey with sugar syrups. *Food Chemistry*, 107(2), 922-928.
- Ribeiro, R. D. O. R., Mársico, E. T., da Silva Carneiro, C., Monteiro, M. L. G., Júnior, C. C., de Jesus, E. F. O. (2014). Detection of honey adulteration of high fructose corn syrup by Low Field Nuclear Magnetic Resonance (LF 1H NMR). *Journal of Food Engineering*, 135, 39-43.
- Siddiqui, A. J., Musharraf, S. G., Choudhary, M. I. (2017). Application of analytical methods in authentication and adulteration of honey. *Food chemistry*, 217, 687-698.
- Siddiqui, A. J., Musharraf, S. G., Choudhary, M.I., Rahman, A. (2017). Application of analytical methods in authentication and adulteration of honey. *Food Chem* 217:687–698
- Sobrinho-Gregorio, L., Vargas, M., Chiralt, A., Escriche, I. (2017). Thermal properties of honey as affected by the addition of sugar syrup. *J Food Eng* 23:69–754
- Spiteri, M., Jamin, E., Thomas, F., Rebours, A., Lees, M., Rogers, K. M., & Rutledge, D. N. (2015). Fast and global authenticity screening of honey using 1H-NMR profiling. *Food Chemistry*, 189, 60-66.
- Wang S, Guo Q, Wang L, Lin L, Shi H, Cao H, Cao B (2015) Detection of honey adulteration with starch syrup by high performance liquid chromatography. *Food Chem* 172:669–674
- Wang, Z., Ren, P., Wu, Y., He, Q. (2021). Recent advances in analytical techniques for the detection of adulteration and authenticity of bee products—A review. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 38(4), 533-549.
- Zakaria, A., Shakaff, A. Y. M., Masnan, M. J., Ahmad, M. N., Adom, A. H., Jaafar, M. N., Fikri, N. A. (2011). A biomimetic sensor for the classification of

honeys of different floral origin and the detection of adulteration. *Sensors*, 11(8), 7799-7822.

BÖLÜM 6

APİTERAPİ VE KANSER

Dr. Öğr. Üyesi Derya OKUYAN¹

¹ Bandırma Onyediy Eylül Üniversitesi, Susurluk Meslek Yüksekokulu Veterinerlik Bölümü, Susurluk/Balıkesir, Türkiye, 0000-0001-6758-8556, dokuyan@bandirma.edu.tr

1. Giriş

Küresel bir sorun olan kanser, DNA hasarları sebebiyle kontrolsüz ve anormal hücre büyümesi ve çoğalmasıyla gelişen bir hastalıktır. Erken teşhis ve gelişen tedavi yöntemlerine rağmen önde gelen ölüm nedenleri sıralamasında dünyada ve ülkemizde ilk sırada yer almaktadır. Her yıl yaklaşık 12 milyon kişiye kanser teşhisi konulmakta, 7 milyon hasta kanserden ölmekte ve şu anda dünya çapında 25 milyon kişinin kanser teşhisi ile yaşadığı bilinmektedir (Popat ve ark., 2013; Roser ve Ritchie, 2015).

Genel nüfusun yaş ortalamasının artması nedeniyle küresel kanser yükü artmaktadır. Gelişen tedavi yöntemleri ve yenilikçi tedavi yaklaşımlarıyla kanser ölüm oranları küresel olarak azalmış ve prostat, meme, kolon, mesane ve serviks uteri ve mide kanserlerinde dikkat çekici azalan oranlar elde edilmiştir (Falzone ve ark., 2018). Özellikle yenilikçi tedavi adı altında tamamlayıcı ve alternatif tıbbın (CAM) etkisiyle kanser tedavisinde oldukça önemli gelişmeler izlenmiştir. Yapılan araştırmalara göre, kanser hastalarının ortalama %51'i alternatif tıp kullanmaktadır (Keene ve ark., 2019).

Çevresel faktörler, mikrobiyal etkiler, radyasyon, genetik, beslenme alışkanlıkları ve kimyasal kirleticiler gibi birçok faktör kanser oluşumu ve gelişimini etkilemektedir. Kanser tedavilerinde bilinen tedavilerin yanı sıra alternatif tedaviler kombine ya da yalın bir şekilde hem Dünya'da hem de Türkiye'de tercih edilmektedir (Blumenthal, 1999; Gruenwald ve ark., 2000; Thomas ve ark., 2001).

Alternatif tedavi yöntemlerinden biri olan Apiterapi, binlerce yıldır kullanılan yöntemlerden birisidir. Arılardan elde edilen polen, propolis, arı sütü, bal ve arı zehrinin alternatif bir tıp dalı olan apiterapide kullanılması son yıllarda daha da dikkat çekici hale gelmiştir (Kokuludağ, 2015; Şahinler, 2000).

1.1. Apiterapi

Apiterapi; arı ve arı ürünlerinin bazı hastalıkların tedavisinde, sağlığı korumak ve geliştirmek ve immün sistemi güçlendirmek amacıyla destekleyici ve tamamlayıcı uygulama yöntemi olarak kullanılması yöntemidir (Bektaş ve ark., 2016; Selçuk ve ark., 2010; Yeşilada, 2015). Apiterapi, 27 Ekim 2014 tarih ve 29158 sayılı Resmi Gazete'de yürürlüğe giren Geleneksel ve Tamamlayıcı Tıp Uygulamaları Yönetmeliği'ne göre tanımlanan 15 terapiden biridir. Ancak apiterapide uygulanacak olan arı ürünlerinin doz ve uygulama yolları istenmeyen alerjik reaksiyonlara ve yan etkilere neden olmaması amacıyla dikkatli incelenmelidir. Bu nedenle Apiterapi uygulamaları, Sağlık Bakanlığı tarafından onaylı bir Apiterapi Ünitesi veya Apiterapi Uygulama Merkezinde sertifikalı Apiterapi Uzmanı tarafından gerçekleştirilir. Uygulama öncesi alerji olup olmadığı tespit edilmelidir. Alerjisi ve aşırı duyarlılığı olanlara kişilere uygulanmamalıdır (Atayoğlu ve Atayoğlu, 2015; Korkmaz ve Korkmaz, 2015). Apiterapi uygulaması için belirli bir hastalığı olan kişiye seçilen arı ürün veya ürünleri çok küçük dozlarda verilerek hastalığın semptomları ve kişideki etkileri izlenmelidir. Tedavi programı dâhilinde; 4-5 günlük periyotlar halinde uygulanan apiterapinin her seansından sonra 2-3 günlük dinlenme periyodu uygulanmaktadır. Tedavi hastalığın çeşit, şiddet ve seyrine göre birkaç seans sürebilmektedir (Bektaş, 2016; Kelle, 2007).

Apiterapinin alternatif tedavi yöntemi olarak kullanılması çok eskilere dayanmaktadır. Günümüzde ise doğal tedavi yöntemlerinin popülerite kazanmasıyla arı ürünlerinin tedavi amaçlı kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Tedavi amaçlı kullanılan arı ürünleri olarak bal, polen, propolis, arı sütü, balmumu ve arı zehri en çok tercih edilenleridir (Atayoğlu ve Atayoğlu, 2015; Bektaş ve ark., 2016; Çelik ve Aşgun, 2016; Tanyüksel, 2015; Yeşilada, 2015). Bu ürünlerin yanında ise arı ekmeği (perga), arı havası (apiair), apilarnil ve arı sesi gibi alternatif tedavi uygulamalarda kullanım alanı bulmaktadır (Yücel ve Ceylan, 2015).

1.1.1. Bal

Bal, bal arıları (*Apis mellifera*) tarafından çiçeklerin nektarlarından veya bitki özsularından toplanarak midelerinde enzimatik değişime uğratıldıktan sonra kovanda depolanmasıyla oluşur (Crane, 1983, Molan, 1992; Özdemir ve ark., 2008). Doğal bir ürün olan bal, çok önemli bir gıda maddesidir. İçeriği arının topladığı bitki içeriğine bağlı değişiklik gösterse de %95'i şekerlerden oluşur (%70'i monosakkaritler ve %10-15'i disakkaritler). Diğer yandan geri kalan kısmını ise fenolik bileşikler, proteinler ve mineraller oluşturmaktadır (Bogdanov ve ark., 2004; Crane, 1983; Molan, 1992; Ouchemoukh ve ark., 2010; Özdemir ve ark., 2008). Balın antikanser, antimikrobiyal, antioksidan ve antiinflanmantuvar özelliklerini fenolik bileşikler kazandırmaktadır (Mohammed ve Bash, 1997; Molan, 1992; Molan, 2001; Molan, 2002; White ve ark., 1963;).

Birçok kültür tarafından tedavi amaçlı kullanılan balın tarihi antik çağlara kadar dayanmaktadır. Dioscorides'in kayıtlarında enfekte yaraların tedavisinde balın kullanıldığı belirtilmektedir. Günümüzde özellikle ülserlerin, yara ve yanık sonucu oluşan deri enfeksiyonlarının, mide-bağırsak hastalıkları ve göğüs hastalıklarında ve yatak yaralarının tedavisinde kullanıldığı bilinmektedir (Malika ve ark., 2004; Mohapatra ve ark., 2011; Toussoun ve ark., 1997). Klinik araştırmalar balın katarakt hastalığı, konjiktivit ve çeşitli kornea rahatsızlıklarına karşı olumlu sonuçlar verdiğini göstermektedir (Krell, 1996). Ayrıca Khadr ve ark. (2007) balın karaciğeri toksik ajanlara karşı koruyucu etki gösterdiğini kanıtlamışlardır (Khadr ve ark., 2007).

Bunun yanı sıra balın bakteri, virüs, mantar ve parazitlere karşı olan inhibe edici özellik gösterdiği bildirilmiştir (Kılıçoğlu ve ark., 2006; Zeina ve ark., 1996). Balın antibakteriyel etki gösterdiği bakteriler arasında *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterobacter cloaca*, *Micrococcus luteus*, *Klebsiella pneumoniae* ve *Helicobacter pylori* 'nin; funguslar arasında ise *Candida xerosis*, *C. albicans*, *C. tropicalis* ve *Rhodotorula*

rubrum'nın yer aldığı bildirilmiştir (Bogdanov ve ark., 2008; Cooper ve ark., 1999; Koç ve ark., 2005; 2009; Küçük ve ark., 2007; Malika ve ark., 2004; Rios ve ark., 2001).

Balın immun sistemi indüklediği, kanser ve metastaza karşı antikanser ve antioksidan aktivite gösterdiği yapılan çalışmalarla gösterilmiştir (Bogdanov ve ark., 2008; Lachman ve ark., 2010).

Balın hücre döngüsünün durdurulmasında ve tümör proliferasyonunun baskılanmasında etkin rol oynadığı belirtilmiştir. Baldaki fenolik ve flavanoid bileşiklerin G1/G0 aşamasında melanom, glioma, akciğer ve kolon kanseri hücrelerinde hücre döngüsünü inhibe ederek tümör büyümesini engellediği rapor edilmiştir. Balın önemli bir bileşeni olan krisinin bu inhibisyonda aktif rol oynadığı aynı zamanda antiproliferatif etki gösterdiği de kanıtlanmıştır (Afroz ve ark., 2016; Gogvadze ve ark., 2006; Yang ve ark., 2013). Yapılan çalışmalar balın kolorektal, göğüsler, endometriyal, prostat, böbrek, ağız ve rahim ağzı kanseri karşı antikanser etki gösterdiğini kanıtlamıştır (Afrin ve ark., 2017; Fauzi ve ark., 2011; Othman, 2012; Porcza ve ark., 2016; Samarghandian ve ark., 2011). Siklofosamid ve 5-florourasil gibi kemoterapötik tedavilerle birlikte kullanılan ham balın ilaç etkinliğini daha arttırdığı yapılan çalışmalarla gösterilmiştir. Ayrıca DPPH (Difenil-1-pikrillhidrazil), FRAP (Ferrik İndirgeyici Antioksidan Gücü), ORAC (Oksijen Radikal Absorbans Kapasitesi), ABTS [2, 2-azinobis (3ehtilbenzotiazolin-6-sülfonik asit) diamonyum tuzu], TEAC [6-hidroksi-2, 5, 7, 8-tetrametilkroman-2-karboksilik asit (Trolox) gibi önemli antioksidanlara eşdeğer antioksidan kapasitesi bulunduğu bildirilmiştir (Moniruzzaman ve ark., 2012).

Samarghandian ve ark. (2017) Wistar sıçan tümör hücrelerine bal uygulandıktan sonra hücre çoğalmasının dikkat çekici bir şekilde baskılandığını göstermişlerdir.

Bal, mitokondriyal membran depolarizasyonu yoluyla çeşitli tümör hücrelerinde apoptozu regüle eder. Doğal bal, kaspaz 3'ü ve çeşitli proapoptotik proteinlerin ifadesini artırırken, antiapoptotik protein Bcl-

2'nin ifadesini baskılamaktadır. Benzer şekilde başka bir çalışma, balda bulunan önemli bileşenlerden biri olan kersetin'in, Bax'ın ifadesini arttırarak Bcl-2'nin ise ifadesini baskılayarak meme ve pankreas kanserinin inhibisyonunun yanı sıra apoptozu indüklediğini göstermiştir (Yaacob ve ark., 2013). Balın bu apoptotik aktivitesi onu potansiyel bir doğal antikanser ajanı yapar, üstelik kemoterapinin neden olduğu agresif yollardan da daha güvenli olması da önemlidir (Bhagat ve ark., 2011).

1.1.2. Polen

Polen; çiçeklerin üreme organlarının üst bölümünde yer alan erkek üreme hücresidir (Doğaroğlu, 2008). Arılar, bitkilerden bitki özlerini toplarken polenleri de toplayarak ağızlarındaki özel enzimler tarafından yapısının değişmesine ve yapışkan bir pellet halini almasını sağlarlar. Oluşan bu yeni ürüne “arı poleni” adı verilmektedir. Polen arıların büyüyüp gelişmelerini sağlayan ayrıca koloninin yavru yetiştirip yaşam döngüsünü devam ettirmesini sağlayan başlıca protein kaynağıdır (Schmidt, 1997).

Zengin bir protein kaynağı olan polen, insan diyetlerinde oldukça önemlidir. Protein içeriğinin yanı sıra karbonhidrat, lipit, zengin mineral ve vitamin kaynağıdır (Campos ve ark., 2003; Sahinler, 2000). Baldaki fenolik bileşiklerin zenginliği polende de dikkat çekmekte, polene antifungal ve antioksidan özellikler kazandırmaktadır (Bonvehi ve ark., 2001; Garcia ve ark., 2001; Leja ve ark., 2007; Proestos ve ark., 2005; Saric ve ark., 2009; Yamaguchi ve Tsui, 2002). Yapılan çalışmalarla polenin, karaciğer hasarlarında doku iyileştirici bir etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Habib ve ark., 1995; Yıldız, 2011). Ancak polenin alerjik yapısı da bilinmekte ve bazı insanlarda kaşıntı, bulantı, baş ağrısı gibi alerjik semptomlara sebep verirken, bazen durumlarda da ölümcül olabilen anafilaktik şoka neden olmaktadır (Schmidt, 1997).

Yapılan çalışmalarla polenin antioksidan özellik gösterdiği, lipid peroksidasyonunu önlediği ve serbest radikallerin temizlenmesini sağladığı bunun yanı sıra antibakteriyel özellik gösterdiği belirtilmiştir

(Basım ve ark., 2006; Saric ve ark., 2009; Silva ve ark., 2006; Silici ve Gökçeoğlu, 2007; Valencia-Barrera ve ark., 2000). Polenlerin *Escherichia coli*, *Proteus*, *Salmonella* ve diğer koliform türlerine karşı etkili oldukları gösterilmiştir. Polenin antimikrobiyal özelliği yapısında bulunan kersetin, mirsetin, kampferol gibi fenolik bileşiklerden kaynaklanmaktadır (Liebelt ve ark., 1994; Snowdon ve Clier, 1996).

Polenin kanser hücreleri üzerindeki sitotoksik etkisi araştırıldığında doz ve zaman bağımlı toksik etki gösterdiği belirlenmiştir. Meme kanseri (MCF-7) ile yapılan çalışmalarda polenin antiproliferatif etki gösterdiği aynı zamanda apoptoz mekanizması ile hücrelerin çoğalmasını engellediği gösterilmiştir (Amalia ve ark., 2020). Ayrıca prostat kanserinde de kullanıldığı bilinmektedir (Ask-Upmark, 1967).

1.1.3. Propolis

Propolis, bal arılarının iğne yapraklı ağaçlardan, bitkilerin tomurcuk, yaprak, gövde ve salgılarından topladığı maddeleri başlarında bulunan salgı bezlerinden salgıladıkları enzimlerle işleyerek ürettiği reçine benzeri bir üründür. Antibakteriyel, antiviral, antifungal, antienflamatuar, anestezik ve antioksidan aktivitelere ek olarak kanser hücreleri üzerinde sitotoksik etkiye sahiptir (Burdock, 1998). Antioksidan ve antimikrobiyal özelliği bulunan propolisi arılar, *Paenibacillus larvae* gibi bakteri ve mantar enfeksiyonlarına karşı kovanlarını korumak, peteklerin hijyenini sağlamak, diğer böcek ve hayvanların kovana girişini engellemek için kullanır. Ayrıca kovan içinde yer alan bal peteklerini güçlendirmek ve çatlakları onarmak için de kullanılan propolis sayesinde arılar, kovana koruyucu bir kanaldan girip çıkarlar. Böylece hem kovanın hem de kendilerinin hijyeni sağlanmış olur (Bankova ve ark., 2002; Burdock, 1998; Chemid, 1996; Ghisalberty, 1979; Hegazi, 1998). Ana bileşeni flavonoidler ve fenolik asitlerden oluşan antioksidan özellik gösteren propolisin içeriği %50 reçine, %30 bal mumu, %10 uçucu yağ, %5 polen ve %5 diğer organik bileşiklerden oluşmaktadır (Basnet ve ark., 1997; Burdock, 1998; Gomez-Caravaca ve ark., 2006; Ivanovska ve ark., 1995).

İlk olarak Mısırlılar tarafından kullanılan propolis insanlığın ilkel çağlarından bu yana geleneksel tıpta popüler olarak kullanılmaktadır (Abd El Hady ve Hegazi, 2002). Propolisin antibakteriyel, antiviral, antifungal, antiinflamatuvar, anestezi ve antitümöral etkileri daha da popülerite kazanmasına neden olmuştur (Amoros ve ark., 1994; Kimoto ve ark., 2001; Kujumgiev ve ark., 1999; Matsuno, 1995; Wang ve ark., 1993).

Propolisin ilaç olarak kullanımı ilk olarak Mısırlıların mumyalama işlemleriyle başlamıştır. Yunanlı ve Romalı doktorların yara iyileşmesi ve antiseptik ürün olarak propolisi kullandıkları da bilinmekte, 17. yüzyılda ise Londra'da antipiretik ilaç olarak kullanmıştır (Sforcin ve ark., 2011). Günümüzde propolisli kremler, diş macunları, öksürük şurupları, tabletleri ve gıda katkı maddeleri olarak kozmetik, ilaç ve gıda endüstrisinde de yaygın bir kullanımı vardır (Bankova ve ark., 2005; Greenaway ve ark., 1991; Iwasaki, 1990; Krell, 1996; Mohammadzadeh ve ark., 2007; Popova ve ark., 2005).

Yapılan çalışmalar günde 1000 mg propolis (2 × 500 mg kapsül) kullanan kişilerde tedavi sonrası 13. günde TNF-alpha, IL-6 IL-8, IL-1beta sitokinlerin zamana bağlı olarak arttığı ve herhangi bir yan etkininde görülmediği kaydedilmiştir (Bratter ve ark., 1999). Yapılan bir başka araştırmada ise propolis içeren gargara, ağızdaki bakteriler üzerinde kloleksidin içeren gargaraya oranla daha az sitotoksik etki gösterdiği belirtilmiştir (Özen ve ark., 2010). Jasprica ve ark. (2007)'lerinin ürettiği toz haline getirilmiş propolis ekstresinin bir ay süre ile günlük kullanımıyla antioksidan parametrelerin ve total kolesterol, LDL ve HDL kolesterol, trigliserit, glikoz, ürik asit, ferritin, transferrin ve rutin kırmızı kan hücreleri parametrelerinde olumlu değişimler görüldüğü ve özellikle erkeklerde etkisinin daha dikkat çekici olduğu belirlenmiştir (Jasprica ve ark., 2007).

Yapılan çalışmalarla propolisin tümör öldürücü olduğu ve tümör büyümesini önlediği bulunmuştur (Carvalho ve ark., 2011; Orsolić ve ark., 2005). Propolisin antibakteriyel, antifungal ve antiviral etkisi ve

ayrıca protozoal parazitlere (*Plasmodium falciparum*, *Trypanosoma brucei*, *T. cruzi* ve *Leishmania infantum*) karşı da antiparaziter etkisi vardır. Bu özelliklerinden dolayı propolis doğal antibiyotik olarak kabul edilir (Kujumgiev ve ark., 1999; Monzote ve ark., 2012; Çakar ve Güller, 2020; Çakar ve ark., 2022). Akut servisit, parazitik vajinal enfeksiyonlar, dental plak, yüz septik yaralanma, giardiasis, baş ve boyun kanserlerinde radyoterapi sonrası oral mukozit ve kandidiyazın önlenmesi gibi bulaşıcı hastalıklara karşı başka çalışmalar yapılmıştır (Gispert ve ark., 2000; Miyares ve ark., 1998; Quintana ve ark., 1996; Quintana ve ark., 1997; Santana ve ark., 2005).

Hayvan modellerinde ve hücre kültürlerinde yapılan çalışmalar gösteriyor ki, propolisin antitümör aktivitesi, tümör hücrelerinde DNA sentezini inhibe etme yeteneğinden, apoptozu indükleme kapasitesinden ve B, T ve NK hücrelerin regüle etme yeteneğinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca kemoterapinin lökosit, karaciğer ve böbrek üzerindeki yan etkilerini bastırmakta ve kemoterapinin etkinliğini arttırmaktadır (Orsolíć, 2010).

1.1.4. Arı Sütü

Arı sütü; işçi arı tarafından salgılanan ve kraliçe arının beslenmesinde ve gelişmesinde önemli rol oynayan oldukça besleyici bir arı ürünüdür (Schmidt, 1996; Tamura ve ark., 2009). Protein bakımından oldukça zengin olan arı sütünün geri kalan zengin içeriğini ise vitamin, mineral ve serbest amino asitler oluşturmaktadır (Nagai ve Inoue, 2004; Tamura ve ark., 2009). Arı sütünün bu zengin içeriği arı sütüne antioksidan, antiinflamatuvar, antitümör ve antibiyotik etki kazandırmaktadır (Blum ve ark., 1959; Kohno ve ark., 2004; Melliou ve Chinou, 2005; Nakaya ve ark., 2007; Townsend ve ark., 1960; ViudaMorteks ve ark., 2008). Ayrıca kolesterol düzenleyici, damar genişletici ve tansiyon düşürücü etkiye de sahip olan arı sütü kalp damar rahatsızlıklarında olumlu etki gösterdiği, büyüme hormonunu regüle ettiği, karaciğer hasarlarını giderdiği ve de dezenfektan etki gösterdiği yapılan çalışmalarla

belirlenmiştir (Kanbur ve ark., 2009; Kawamura, 1961; Nakajin ve ark., 1982; Shinoda ve ark., 1978; Yatsunami ve Echigo, 1985).

Arı sütü sahip olduğu bazı özelliklerden dolayı dikkat çekici önem kazanmıştır: Arı sütü, hem larva hem de yetişkin evrelerinde kraliçe bal arısı için özel bir besindir. Sonuç olarak, arı balı arısının işçi bal arılarına göre kraliçe bal arısının ömrünü uzattığı tahmin edilmiştir (Fratini ve ark., 1996). Arı sütü, inflamasyonu, oksidatif stresi ve vazodilatör aktiviteyi regüle eder (Kolaylı ve ark., 2016; Liu ve ark., 2008; Nakajima ve ark., 2009; Okamoto ve ark., 2003; Yang ve ark., 2018). Arı sütü ile indüklenen aktivitelerin, homeostazı korumak ve patolojik koşullardan kurtulmak için yaygın olarak faydalı olduğu düşünülmektedir; bu nedenle kozmetik, sağlık ve gıda sektöründe kullanılmaktadır (Cornara ve ark., 2017; Yoneshiro ve ark., 2018). Arı sütü, maligniteler de dahil olmak üzere çeşitli fizyolojik ve patolojik koşullar altında bağışıklık sistemini etkiler ve hem immünokompetan hücreleri hem de antikor üretimini indükler (Oka ve ark., 2001; Sver ve ark., 1996). Arı sütü proteinler, karbonhidratlar ve lipitler gibi ana besin maddelerinden bol miktarda bulunur ve diğer arı ürünlerine kıyasla bazı daha güçlü ve spesifik biyolojik aktivitelere sahiptir (Izuta ve ark., 2009; Kocot ve ark., 2018; Yuksel ve ark., 2016).

Endojen hormonlar meme, yumurtalık ve prostat kanseri gibi çeşitli kanserlerde karsinogenez, tümör büyümesi ve ilerlemesi ile yakından ilişkilidir (Samavat ve ark., 2015). Yapılan çalışmalar arı sütünün meme kanseri hücrelerinin estradiol kaynaklı hücre proliferasyonunu engellediği göstermiştir. Üstelik bu etkiyi, hücre proliferasyonunda östradiol ile ilgili sinyal yollarını baskılayarak sağlamaktadır (Nakaya ve ark., 2005).

1.1.5. Arı Zehri

Arı zehiri, arıları diğer eklembacaklılardan omurgalılara kadar çok çeşitli yırtıcı hayvanlara karşı korumak için tasarlanmış eşsiz bir silahtır. Karın boşluğunda bulunan zehir bezinden gelen arı zehiri; melittin (ana bileşeni), apamin, adolapin, mast hücre degranülasyonu

peptidi, fosfolipaz A2 ve hiyalüronidaz enzimleri, histamin, dopamin ve norepinefrin gibi önemli moleküllerden oluşmaktadır (Chattopadhyay, 2007; Habermann, 1992).

Arı zehri eski çağlardan beri tedavi amacıyla kullanılmakta, son zamanlarda ise ağrı kesici, tümör tedavisi, romatoid artrit ve multipl skleroz gibi kronik inflamatuvar hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır (Kwon ve ark., 2001; Liu ve ark., 2002; Moon ve ark., 2006; Oršolić ve ark., 2003; Park ve ark., 2004; Russell ve ark., 2004). Ayrıca yapılan çalışmalarla arı zehrinin radyoprotektif, antimutajenik, antiinflamatuvar, antinosiseptif ve antikanser aktiviteleri olduğu belirlenmiştir (Kim ve ark., 2003; Nam ve ark., 2003; Son ve ark., 2007; Varanda ve Tavares, 1998; Varanda ve ark., 1999;). Özellikle arı zehrinin ana bileşeni olan melittinin kanser ile ilişkisini belirlemek için yapılan çalışmalarla apoptoz ve nekrozun indüklenmesi ve farklı kanser hücrelerinin çoğalması, sitotoksitesisi ve büyüme inhibisyonu gibi birçok önemli kanser regülasyon mekanizmasında aktif görev aldığı belirlenmiştir (Moon ve ark., 2006; Oršolić ve ark., 2003; Russell ve ark., 2004).

Melittin reaktif oksijen türlerinin üretimini indükleyerek, sitoplazmik Ca^{2+} seviyesinin artışına, sitokrom c salınımına yol açan mitokondriyal membran potansiyelinin azalışına ve apoptozu indükleyen Fas, p53, p21 ve Bax'u arttırdığı, Bcl-2'yi azalttığı, kaspaz-3'ü aktive ederek DNA parçalanmasını indüklediği gösterilmiştir (Moon ve ark., 2006). Akciğer kanser hücrelerinde yapılan çalışmalar ise arı zehrinin siklooksijenaz-2 (COX-2) genini inhibe ederek apoptozu indüklediğini bildirmiştir (Jang ve ark., 2003).

Anjiyogenez, kanserin büyümesinde, damar içine girmesinde ve metastatik yayılımında hayati bir rol oynar. Melittin, Akt ve p42/44 MAPK yolları üzerinden vasküler endotelial büyüme faktörünü (VEGF) baskılayarak anjiyogenez ve metastazı inhibe etmektedir (Hanahan ve Weinberg, 2011; Tongyoo, 2010).

Ayrıca melittin hücre membranında por oluşumu, füzyon ve vezikülasyon gibi yapısal değişiklikleri düzenler (Dempsey, 1990; Katsu, 1998). Meydana gelen bu yapısal değişimler hormon salgılanmasının indüklenmesine, zar proteinlerinin toplanmasına ve zar potansiyelinin değişmesine aracılık eder. Ayrıca melittin, G-protein, protein kinaz C, adenilat siklaz, fosfolipaz C (PLC) ve fosfolipaz D (PLD) dahil olmak üzere çeşitli enzimleri uyararak hücre içi sinyal yollarını da düzenlemektedir (Carrasquer ve ark., 1998; Hui ve ark., 1990; Kiesel ve ark., 1987; Mahady ve ark., 1998; Mau ve Vilhardt, 1997).

Kaynakça

- Abd El Hady, F. K., Hegazi, A.G. (2002). Egyptian Propolis: 2. Chemical Composition, Antiviral and Antimicrobial Activities of East Nile Delta propolis, *Z Naturforsch*, 57: 386–394.
- Afrin, S., Forbes-Hernandez, T. Y., Gasparri, M., Bompadre, S., Quiles, J. L., Sanna, G. (2017). Strawberry-tree honey induces growth inhibition of human colon cancer cells and increases ROS generation: a comparison with manuka honey. *Int J Mol Sci*, 18: 613.
- Afroz, R., Tanvir, E., Zheng, W., Little, P. (2016). Molecular pharmacology of honey. *Clin Exp Pharmacol*. 6: 1-13.
- Aljadi, A. M. ve Kamaruddin, M. (2004). Evaluation of the phenolic contents and antioxidant capacities of two Malaysian floral honeys. *Food Chem*. 85: 513–518.
- Alvarez-Suarez, J. M., Tulipani, S., Diaz, D., Estevez, Y., Romadini, 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.
- Amoros, M., Lurton, E., Boustie, J., Girre, L., Sauvager, F. ve Cormier, M. (1994). Comparison of The Anti-Herpes Simplex Virus Activities of Propolis and 3-methylbut-2-enyl caffeate, *Journal of Natural Products*, 64: 235–240.
- Anonim, (2019). (<https://www.aricilik.com.tr/ari-havasi-apiair/>)
- Ask-Upmark, E. (1967). Prostatitis and Its Treatment, *Acta Med. Scand.*, 181: 355-357.
- Atayoğlu, A.T., Atayoğlu, A.G. (2015). Dünyada ve Türkiye’de apiterapi. Alınmıştır: Arı Ürünleri ve Sağlık (Apiterapi). Ed.: Akçiçek, E., Yücel, B. Sidas, İzmir, s: 24-28
- Bankova, V., Popova, M., Bodganov, S. ve Sabatini, A.G. (2002). Chemical Composition of European Propolis: Expected and Unexpected Results, *Verlag der Zeitschrift fur Naturforschung*, 57: 530–533.
- Basım, E., Basım, H., Özcan, M. (2006). Antibacterial activities of Turkish pollen and propolis extracts against plant bacterial pathogens. *J Food Engin*. 77: 992–996.
- Basnet, P., Matsuno, T. ve Neidlein, R., (1997). Potent Free Radical Scavenging Activity of Propol Isolated from Brazilian Propolis, *Z Naturforsch*. 52: 828.
- Bektaş, N. (2016). Apiterapide Arı Zehrinin Kullanımı. Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Semineri.
- Beratta, G., Granata, P., Ferrero, M., Orioli, M. ve Facino, R.M. (2005). Standardization of Antioxidant Properties of Honey by A Combination of Spectrophotometric/Fluorimetric Assays and Chemometrics, *Anal. Chim. Acta*, 533: 185-191.

- Bertoncelj, J., Dobersek, U., Jamnik, M., Golob, T. (2007). Evaluation of The Phenolic Content, Antioxidant Activity and Colour of Slovenian Honey, *Food Chemistry*, 105 (2): 822–828.
- Bhagat, S.S., Ghone, R.A., Suryakar, A.N., Hundekar, P.S. (2011). Lipid peroxidation and antioxidant vitamin status in colorectal cancer patients. *Indian J Physiol Pharmacol.* 55: 72-6.
- Blum, M.S., Novak, A.F. ve Taber, S. (1959). 10-Hydroxy-decenoic Acid, An Antibiotic Found in Royal Jelly, *Science*, 130: 452–453.
- Blumenthal, M. (1999). Herb Market Levels After Five years of Boom: 1999 Sales in Mainstream Market. *Herbal Gram.* 47: 64-65
- Bogdanov, S., Ruoff, K. ve Persano Oddo, L. (2004). Physico-chemical Methods for the Characterisation of Unifloral Honeys: A Review, *Apidologie*, 35: 4–17.
- Bogdanov, S., Jurendic, T., Sieber, R., Gallmann, P. (2008). Honey for nutrition and health: A review. *J Am Coll Nutr.* 27(6): 677–689.
- Bonvehi, S.J., Torrento, S.M. ve Lorente, C.E. (2001). Evaluation of Polyphenolic And Flavonoid Compounds in Honeybee-Collected Pollen Produced in Spain, *J Agric Food Chem.* 49: 1848-1853.
- Bratter, C., Tregel, M., Liebenthal, C., Volk, H.D. (1999). Prophylactic effectiveness of propolis for immunostimulation a clinical pilot study. *Forschende Komplementarmedizin* 6 (5): 256-60.
- Burdock, G. A. (1998). Review of the Biological Properties And Toxicity of Bee Propolis (Propolis), *Food Chemistry and Toxicology.* 36: 347–363.
- Campos, M.G., Webby, R.F., Markham, K.R., Mitchell, K.A. ve Da Cunha, A.P. (2003). Ageinduced Diminution of Free Radical Scavenging Capacity in Bee Pollens and The Contribution of Constituent Flavonoids, *J. Agric. Food. Chem.* 51: 742–745.
- Carrasquer, G., Li, M., Yang, S., Schwartz, M. (1998). Effect of melittin on PD, resistance and short-circuit current in the frog gastric mucosa. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1369: 346–354.
- Carvalho, A.A., Finger, D., Machado, C.S., Schnieder, C., Schmidt, E.M., Costa, P.M. (2011). In vivo antitumoral activity and composition of an oil extract of Brazilian propolis. *Food Chemistry.* 126: 1239-1245.
- Chemid, (1996). A Chemical Database Sponsored by The National Library of Medicine, Bethesda, ND.
- Cooper, R.A., Molan, P.C., Harding, K. G. (1999). Antibacterial activity of honey against strains of *Staphylococcus aureus* from infected wounds. *J Royal Soc Med.* 92: 283-285.
- Cornara, L., Biagi, M., Xiao, J., Burlando, B. (2017). Therapeutic Properties of Bioactive Compounds from Different Honeybee Products. *Front. Pharmacol.* 8: 412

- Crane, E. (1983). *The Archaeology of Beekeeping*, Gerald Duckworth & Co, London.
- Çakar, G., Saraç Sivrikaya I., Karakaya E., Güller A. 2022. Inhibition Effect of Different Propolis Extracts against *Fusarium solani in vitro*. *European Journal of Science and Technology*. 35: 82-88.
- Çelik, K., Aşgun, H.F. (2016). Arılarla Gelen Sağlık “Apiterapi”. Erişim Adresi: <http://apitherapyproject.eu/pdf/20160920/apitherapyhandbook-tr.pdf>. Erişim Tarihi: 01.10.2018.
- Çelik, K. (2017). Arılarla Gelen Sağlık “Apiterapi”. <http://apitherapyproject.eu/pdf/20160920/apitherapy-handbook-tr.pdf> , 97-100-(Erişim tarihi: 24.04.2017
- Dempsey, C. E. (1990). The actions of melittin on membranes. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1031: 143–161.
- Doğaroğlu, M., (2008). *Modern Arıcılık Teknikleri*, Doğa Arıcılık Tic. Ltd. Şti., Tekirdağ.
- Falzone, L., Salomone, S., Libra, M. (2018). Evolution of cancer pharmacological treatments at the turn of the third millennium. *Front Pharmacol*. 9: 1300. <https://doi.org/10.3389/fphar.2018.01300>.
- Fauzi, A.N., Norazmi, M.N., Yaacob, N.S. (2011). Tualang honey induces apoptosis and disrupts the mitochondrial membrane potential of human breast and cervical cancer cell lines. *Food Chem Toxicol*. 49: 871-8.
- Fratini, F., Cilia, G., Mancini, S., Felicioli, A. (2016). Royal Jelly: An ancient remedy with remarkable antibacterial properties. *Microbiol. Res*. 192: 130–141.
- Gardana, C., Scaglianti, M., Pietta, P., Simonetti, P. (2007). Analysis of the polyphenolic fraction of propolis from different sources by liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *J Pharm Biomed Anal*. 4: 390–399.
- Garcia, M., Perez-arquillue, C., Juan, T., Juan, M.I. ve Herrera, A., (2001). Pollen Analysis and Antibacterial Activity of Spanish Honeys, *Food Science and Technology International*. 7: 155-158.
- Genç, F. (1993). *Arıcılığın Temel Esasları*, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, Yayın No:149, Erzurum, 286 s.
- Ghisalberti, E. L., (1979). Propolis: a review, *Bee World*, 60: 59 – 84.
- Gispert, E., Cantillo, E., Rivero, A., Padrón, M. (2003). Actividad anticaries de una crema dental con propóleos. *Revista Cubana de Estomatología*. 37: 166-170.
- Gogvadze, V., Orrenius, S., Zhivotovsky, B. (2006). Multiple pathways of cytochrome c release from mitochondria in apoptosis. *1757 Biochim Biophys Acta Bioenerg*, 639-647
- Gonzalez-Miret, M.L., Terrab, A., Hernanz, D., Fernandez-Recamales, M.A. ve Heredia, F.J. (2005). Multivariate Correlation Between Color and Mineral Composition of Honeys and by Their Botanical Origin, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53 (7): 2574–2580.

- Greenaway, W., May, J., Scaysbrook, T., Whatley, F.R. (1991). Identification by gas chromatography mass spectrometry of 150 compounds in propolis. *Z. Naturforsch.* 46: 111-121.
- Gruenwald, J, Brendler T, Jaeniche C, Fleming T. (2000). PDR For Herbal Medicines. 2. Baskı. Montvale: Thomsan Medical.
- Güller A., Çakar G. 2020. Propolis Ekstraktlarının Antibakteriyel ve Antiprotozoal Etkileri. In Book: Tarımda Yenilikçi Yaklaşımlar; Sürdürülebilir Tarım ve Bıyoçeşitlilik. İKSAD Publishing House. Chapter: 22. Ankara / Turkey
- Habermann, E. (1972). Bee and wasp venoms. The biochemistry and pharmacology of their peptides and enzymes are reviewed. *Science*, 177: 314–322.
- Habib, F.K., Ross, M., Lewenstein, A., Zhang, X. ve Jatou, J.C., (1995). Identification of Prostate Inhibitory Substance in A Pollen Extract, *Prostate*, 26 (3): 133-139.
- Hanahan, D., ve Weinberg, R. A. (2011). Hallmarks of cancer: the next generation. *Cell*, 144(5): 646–674. Review.
- Hegazi, A.G. (1998). Propolis An Overview, *J. Bee In-formed*, 5: 22-23
- Hui, S. W., Stewart, C. M., ve Cherry, R. J. (1990). *Biochimica et Biophysica Acta*. 1023: 335–340.
- Ivanovska, N.D., Dimov, V.B., Bankova, V.S. ve Popov, S.S., (1995). Immunomodulatory Action of Propolis. VI. Influence of A Water Soluble Derivative on Complement Activity in vivo, *J. Ethnopharmacol.*, 47 (3): 145-147.
- Izuta, H., Shimazawa, M., Tsuruma, K., Araki, Y., Mishima, S., Hara, H. (2009). Bee products prevent VEGF-induced angiogenesis in human umbilical vein endothelial cells. *BMC Complement. Altern. Med.* 9: 45.
- Jang, M. H., Shin, M. C., Lim, S., Han, S. M., Park, H. J., Shin, I. (2003). Bee venom induces apoptosis and inhibits expression of cyclooxygenase-2 mRNA in human lung cancer cell line NCI-H1299. *Journal of Pharmacology Science*, 91(2): 95–104.
- Jasprica, I., Mornar, A., Debeljak, Z., Smolic-Bubalo, A., MedicSaric, M., Mayer, L., Romic, Z., Bucan, K., Balog, T., Sobocanec, S., Sverko, V. (2007). In vivo study of propolis supplementation effects on anti-oxidative status and red blood cells. *J Ethnopharmacol.* 110: 548-554.
- Kanbur, M., Eraslan, G., Beyaz, L., Silici, S., Liman, B.C., Altinordulu, S., Atasever, A., (2009). The Effects of Royal Jelly on Liver Damage Induced by Paracetamol in Mice, *Exp. Toxicol. Pathol.*, 61: 123–132.
- Katsu, T., Kuroko, M., Morikawa, T., Sanchika, K., Fujita, Y., Yamamura, H., Uda, M. (1989). Mechanism of membrane damage induced by the amphipathic peptides gramicidin S and melittin. *Biochimica et Biophysica Acta*, 983: 135–141.

- Kawamura, J., (1961). Influence of Gelee Royale on Embryos, Journal of Show a Medical Association, 20: 1465–1471.
- Keene, M. R., Heslop, I. M., Sabesan, S. S. ve Glass, B. D. (2019). Complementary and alternative medicine use in cancer: A systematic review. Complement Ther Clin Pract. 35: 33–47. <https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2019.01.004>.
- Kelle, I. (2007). Apiterapi. Dicle Tıp Dergisi, 34 (4): 311-315.
- Khadr, M.E., Mahdy, K.A., El-Shamy, K.A., Morsy, F.A., El-Zayat, S.R., Abd-Allah, A.A., (2007). Antioxidant Activity and Hepatoprotective Potential of Black Seed, Honey and Silymarin on Experimental Liver Injuries Induced by CCl4 in Rats, J. Appl. Sci., 7 (24): 3909 – 3917.
- Kılıçoğlu, B., Kısmet, K., Koru, O., Tanyuksel, M., Oruç, M.T., Sorkun, K., Akkus, M.A. (2006). The scolical effects of honey. Adv Therapy 23: 1077-1083.
- Kiesel, L., Rabe, T., Hauser, G., Przylipek, A., Jadali, F., Runnebaum, B. (1987). Stimulation of luteinizing hormone release by melittin and phospholipase A2 in rat pituitary cells. Molecular and Cellular Endocrinology, 51: 1–6.
- Kim, H. W., Kwon, Y. B., Ham, T. W., Roh, D. H., Yoon, S. Y., Lee, H. J., Han, H. J., Yang, I. S., Beitz, A. J., Lee, J. H. (2003). Acupoint stimulation using bee venom attenuates formalin-induced pain behavior and spinal cord fos expression in rats. Journal of Veterinary and Medicine Science, 65(3): 349–355.
- Kimoto, T., Aga, M., Hino, K., Koya-Miyata, S., Yamamoto, Y., Micallef, M.J., Hanaya, T., Arai, S., Ikeda, M. ve Kurimoto, M., (2001). Apoptosis of Human Leukemia Cells Induced by Artepillin C, An Active Ingredient of Brazilian Propolis, Anticancer Research. 21: 221–228.
- Kocot, J., Kielczykowska, M., Luchowska-Kocot, D., Kurzepa, J., Musik, I. (2018). Antioxidant Potential of Propolis, Bee Pollen and Royal Jelly: Possible Medical Application. Oxid. Med. Cell Longev. 7074209.
- Koç, A. N., Silici, S., Ayangil, D., Ferahbaş, A. ve Çankaya, S. (2005). Comparison of in vitro activities of antifungal drugs and ethanolic extract of propolis against *Trichophyton rubrum* and *T. mentagrophytes* by using a microdilution assay. Mycoses. 48: 205-210.
- Koç, A. N., Silici, S., Mutlu-Sarıgüzel, F. ve Sagdic, O. (2007). Antifungal activity of propolis in four different fruit juices. Food Technol Biotechnol. 45 (1): 57-61.
- Koç, A.N., Silici, S., Ercal, B.D., Kasap, F., Hörmet-Öz, H.T., MavusBuldu, H. (2009). Antifungal activity of Turkish honey against *Candida* spp. and *Trichosporon* spp: an *in vitro* evaluation. J Med Mycol. 47(7): 707-712.
- Kohno, K., Okamoto, I., Sano, O., Arai, N., Iwaki, K., Ikeda, M., Kurimoto, M., (2004). Royal Jelly Inhibits the Production of Proinflammatory Cytokines by Activated Macrophages, Biosci. Biotechnol. Biochem. 68 (1): 138–145.

- Kokuludağ, A. (2015). Arı zehiri içeriği ve tıbbi özellikleri. Ed: Akçiçek E, Yücel B. Sidas, Arı Ürünleri ve Sağlık (Apiterapi). İzmir. 147-51.
- Kolaylı, S., Sahin, H., Can, Z., Yıldız, O., Malkoc, M., Asadov, A. (2016). A member of complementary medicinal food: Anatolian royal jellies, their chemical compositions and antioxidant properties. *J Evid Based Complement. Altern. Med.* 21: 43–48.
- Konar, V., Özdemir, F. A., Karataş, F. (2010). Ticari arı polenlerinde b vitamini miktarlarının araştırılması. *Fırat Univ J Sci.* 22: 61-64.
- Korkmaz, A., Korkmaz, V. (2015). Arı zehri üretimi ve apiterapi. 1.Baskı. Samsun İli Arı Yetiştiricileri Birliği, Samsun.
- Krell, R. (1996). Value-Added Products From Beekeeping. *FAO Agricultural Services Bulletin No. 124.* Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Kujumgiev, A., Tsvetkova, I., Serkedjieva, Y., Bankova, V., Christov, R. ve Popov, S., (1999). Antibacterial, Antifungal and Antiviral Activity of Propolis of Different Geographic Origin, *Journal of Ethnopharmacology*, 64, 235–240.
- Kutluca, S., Genç, F., Korkmaz, A., (2008). Propolis, Samsun İl Tarım Müdürlüğü Çiftçi Eğitimi ve Yayım Şubesi Yayını, Samsun, 52.
- Küçük, M., Kolaylı, S., Karaoglu, S., Ulusoy, E., Baltacı, C., Candan, F. (2007). Biological activities and chemical composition of three honeys of different types from Anatolia. *Food Chem.* 100: 526–534.
- Kwon, Y. B., Lee, J. D., Lee, H. J., Han, H. J., Mar, W. C., Kang, S. K., Beitz, A. J., & Lee, J. H. (2001). Bee venom injection into an acupuncture point reduces arthritis associated edema and nociceptive responses. *Pain.* 90: 271–280.
- Lachman, J., Orsak, M., Hejtmankova, A., Kovarova, E. (2010). Evaluation of antioxidant activity and total phenolics of selected Czech honeys. *Leben Wissen Technol.* 43: 52–58.
- Leja, M., Mareczek, A., Wyzgolik, G., Klepacz-Baniak, J., Czekonska, K., (2007). Antioxidative Properties of Bee Pollen in Selected Plant Species, *Food Chemistry.* 100: 237–240.
- Lercker, G., Caboni, M.F., Vecchi, M.A., Sabatini, A.G., Nanetti, A. (1992). Caratterizzazione dei Principali costituenti della Gelatina Reale, *Apicoltura.* 8: 11-21.
- Liebelt, R. A., Lyle, D., Walker, J. (1994). Effects of a bee polen diet on su and growth of mbred strains of mice. *Am Bee J.* 134: 615-620.
- Linskens HF, Jorde W. 1997. Pollen as food and medicine – A review. *Economic Botany* 51: 78-86.
- Liu, X., Chen, D., Xie, L., Zhang, R. (2002). Effect of honey bee venom on proliferation of K1735M2 mouse melanoma cells in-vitro and growth of

- murine B16 melanomas in-vivo. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*. 54(8): 1083–1089.
- Liu, J.R., Yang, Y.C., Shi, L.S., Peng, C.C. (2008). Antioxidant properties of royal jelly associated with larval age and time of harvest. *J. Agric. Food Chem.* 56: 11447–11452.
- Mahady, G.B., Liu, C., Beecher, C.W. (1998). Involvement of protein kinase and G proteins in the signal transduction of benzophenanthridine alkaloid biosynthesis. *Phytochemistry*. 48: 93–102.
- Mahan, L.K. (1990). Nutrition and the allergic athlete. *Japan J Pharmacol* 53: 157-64.
- Malika, N., Mohamed, F., Chakib, E.A. (2004). Antimicrobial activities of natural honey from aromatic and medicinal plants on antibio-resistant strains of bacteria. *Int J Agric Biol.* 6(2): 289-293.
- Mandal, M.D., Mandal, S. (2011). Honey: its medicinal property and antibacterial activity. *Asian Pacific J Tropic Biomed.* 1(2): 154-160.
- Matsuno, T., (1995). A New Clerodane Diterpenoid Isolated From Propolis, *Zeitschrift für Naturforschung*. 50: 93–97.
- Mau, S. E., Vilhardt, H. (1997). Cross talk between substance P and melittin-activated cellular signaling pathways in rat lactotroph-enriched cell cultures. *Journal of Neurochemistry*. 69: 762–772
- Melliou, E., ve Chinou, I., (2005). Chemistry and Bioactivity of Royal Jelly from Greece, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53: 8987–8992.
- Miyares, C., Hollands, I., Castañeda, C., González, T., Fragosó, T., Currás, R. (1998). Ensayo terapéutico con un preparado a base de propóleos “propolisina” en la giardiasis del humano. *Acta Gastroenterologica Latinoamericana*. 18: 195-201. Spanish.
- Mizrahi, A., Lensky, Y. (1997). *Bee products: Properties, Applications And Apitherapy*, London, UK, Kluwer Academic Publishers, 269.
- Mohammed, A., Bash, M. (1997). *International Symposium on Apitherapy*, Cairo, Egypt. 8- 9th March.
- Mohammadzadeh, S., Shariatpanahi, M., Hamed, M., Ahmadkhaniha, R., Samadi, N., Ostad, S.N. (2007). Chemical Composition, Oral Toxicity and Antimicrobial Activity of Iranian Propolis, *Food Chemistry*. 103: 1097–1103.
- Mohapatra, D. P., Thakur, V., Brar, S. K. (2011). Antibacterial efficacy of raw and processed honey. *Biotechnol Res Int.* 917505.
- Molan, P.C. (1992). The Antimicrobial Activity of Honey, 1.The Nature of Antibacterial Activity, *Bee World*, 73, 5–28.
- Molan, P.C. (2001). Potential of Honey in the Treatment of Wounds And Burns, *Am J Clin Dermatol.* 2: 9–13.
- Molan, P.C. (2002). Re-introducing Honey in the Management of Wounds and Ulcers – Theory and Practice, *Ostomy/Wound Management*. 48(11): 28-40.

- Moniruzzaman, M., Khalil, M., Sulaiman, S., Gan, S. (2012). Advances in the analytical methods for determining the antioxidant properties of honey: a review. *Afr J Tradit, Complementary Altern Med.* 9: 36-42.
- Monzote, L., Cuesta-Rubio, O., Campo, M., Márquez, I., Fraga, J., Pérez, K. (2012). *In vitro* antimicrobial assessment of Cuban propolis extracts. *Memorias Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro.* 107: 978-984.
- Moon, D. O., Park, S. Y., Heo, M. S., Kim, K. C., Park, C., Ko, W. S. (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.
- Nagai, T., Inoue, R., Inoue, H., Suzuki, N. (2003). Preparation and Antioxidant Properties of Water Extract of Propolis, *Food Chemistry.* 80: 29-33.
- Nagai, T., Inoue, R., (2004). Preparation and Functional Properties of Water Extract and Alkaline Extract of Royal Jelly, *Food Chem.* 84: 181–186.
- Nakajima, Y., Tsuruma, K., Shimazawa, M., Mishima, S., Hara, H. (2009). Comparison of bee products based on assays of antioxidant capacities. *BMC Complement. Altern. Med.* 9: 4.
- Nakajin, S., Okiyama, K., Yamashita, S., Akiyama, Y., Shinoda, M., (1982). Effect of Royal Jelly on Experimental Hyper Cholesterol Emia in Rabbits, *Yakugaku Zasshi.* 36: 65–69.
- Nakaya, M., Onda, H., Sasaki, K., Yukiyooshi, A., Toshihana, H., Yamada, K., (2007). Effect of Royal Jelly on Bisphenol A-Induced Proliferation of Human Breast Cancer Cells, *Biosciences, Biotechnology and Biochemistry.* 71: 253–255.
- Nam, K. W., Je, K. H., Lee, J. H., Han, H. J., Lee, H. J., Kang, S. K., Mar, W. (2003). Inhibition of COX-2 activity and proinflammatory cytokines (TNF-alpha and IL-1beta) production by water-soluble sub-fractionated parts from bee (*Apis mellifera*) venom. *Archives of Pharmacal Research.* 26(5): 383–388.
- Oka, H., Emori, Y., Kobayashi, N., Hayashi, Y., Nomoto, K. (2001). Suppression of allergic reactions by royal jelly in association with the restoration of macrophage function and the improvement of Th1/Th2 cell responses. *Int. Immunopharmacol.* 1: 521–532.
- Okamoto, I., Taniguchi, Y., Kunikata, T., Kohno, K., Iwaki, K., Ikeda, M., Kurimoto, M. (2003). Major royal jelly protein 3 modulates immune responses in vitro and in vivo. *Life Sci.* 73: 2029–2045.
- Oršolić, N., Knežević, A., Šver, L., Terzić, S., Hackenberger, B. K., ve Bašić, I. (2003). Influence of honey bee products on transplantable murine tumors. *Veterinary and Comparative Oncology.* 1(4): 216–226.
- Orsolić, N., Basic, I. (2005). Water-soluble derivative propolis and its polyphenolic compounds enhance tumoricidal activity of macrophages. *Journal of Ethnopharmacology.* 102: 37-45.

- Orsolić, N. (2010). A review of propolis antitumour action in vivo and in vitro. *Journal of ApiProduct and ApiMedical Science*. 2: 1-20
- Othman, N. (2012). Honey and cancer: sustainable inverse relationship particularly for developing nations-A review. *Evid Based Complement Alter Med*. 1-10.
- Ouchemoukh, S., Schweitzer, P., Bey, M.B., Djoudad-Kadji, H. ve Louaileche, H. (2010). HPLC Sugar Profiles of Algerian Honeys, *Food Chemistry*. 121: 561–568.
- Quintana, T. J., Lugones, M. A., González, E., Rodríguez, T. (1996). Comparación de dos tratamientos: propóleos y lugol, en pacientes con cervicitis aguda. *Revista Cubana de Medicina General e Integral*. 2: 255-263. Spanish.
- Quintana, J. C., Alonso, O., Díaz, M., López, M. (1997). Empleo de la tintura de propóleos al 5% en la cura de heridas sépticas faciales. *Revista Cubana de Estomatología*. 34: 25-27. Spanish.
- Özen, T., Kılıç, A., Bedir, O., Koru, Ö., Sorkun, K., Tanyüksel, M., Kılıç, S., Gencay, Ö., Yıldız, O., Baysallar, M. (2010). In vitro activity of Turkish propolis samples against anaerobic bacteria causing oral cavity infections. *Kafkas Uni Vet Fak Der*. 16(2): 293-298.
- Özdemir, C., Dağdemir, E., Özdemir, S., Sağdic, O. (2008). The Effects of Using Alternative Sweeteners to Sucrose on Ice Cream Quality, *Journal of Food Quality*. 31(4): 415–428.
- Park, H.J., Lee, S.H., Son, D.J., Oh, K.W., Kim, K.H., Song, H.S., Kim, G.J., Oh, G.T., Yoon, D.Y., Hong, J.T. (2004). Antiarthritic effect of bee venom: inhibition of inflammation mediator generation by suppression of NF-kappaB through interaction with the p50 subunit. *Arthritis and Rheumatism*. 50(11): 3504–3515.
- Popat, K., McQueen, K., Feeley, T.W., (2013). The global burden of cancer. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*. 27: 399–408. <https://doi.org/10.1016/j.bpa.2013.10.010>.
- Popova, M., Silici, S., Kaftanoglu, O., Bankova, V. (2005). Antibacterial activity of Turkish propolis and its qualitative and quantitative chemical composition. *Phytomed*. 12(3): 221-228.
- Porcza, L., Simms, C., Chopra, M. (2016). Honey and cancer: current status and future directions. *Diseases*. 4: 1-26.
- Proestos, C., Chorianopoulos, N., Nychas, G.J., Komaitis, M., (2005). RP-HPLC Analysis of The Phenolic Compounds of Plant Extracts. Investigation of Their Antioxidant Capacity And Antimicrobial Activity, *J. Agr. Food Chem*. 23 (53): 1190–1195.
- Raghuraman, H., Chattopadhyay, A. (2007). Melittin: a membrane-active peptide with diverse functions. *Bioscience Reports*, 27(4–5): 189–223.

- Rios, A. M., Novoa, M. L., Vit, P. (2001). Effects of extraction, storage conditions and heating treatment on antibacterial activity of *Zanthoxylum fagara* honey from, Cojedes, Venezuela. *Revolução Científica*. 11(5): 397-402.
- Roser, M., Ritchie, H. (2015). Cancer. <https://ourworldindata.org/cancer>
- Russell, P. J., Hewish, D., Carter, T., Sterling-Levis, K., Ow, K., Hattarki, M., Doughty, L., Guthrie, R., Shapira, D., Molloy, P. L., Werkmeister, J. A., Kortt, A. A. (2004). Cytotoxic properties of immunoconjugates containing melittin-like peptide 101 against prostate cancer: in vitro and in vivo studies. *Cancer Immunology, Immunotherapy*. 53(5): 411–421.
- Samarghandian, S., Afshari, J., Davoodi, S. (2011). Honey induces apoptosis in renal cell carcinoma. *Phcog Mag*. 7: 46-52.
- Samarghandian, S., Farkhondeh, T., Samini, F. (2017). Honey and health: a review of recent clinical research. *Pharmacogn Res*. 9: 121-7.
- Samavat, H., Kurzer, M.S., Sakuramoto, A., Hasegawa, Y., Sugahara, K., Komoda, Y., Hasegawa, K., Hikasa, S., Kurashita, M., Sakai, J. (2015). Estrogen metabolism and breast cancer. *Cancer Lett*. 356: 231–243.
- Santana Pérez, E., Lugones Botell, M., Pérez Stuart, O., Castillo Brito, B. (2005). Parasitismo vaginal y cervicitis aguda. Tratamiento local con propóleos. Informe preliminar. *Revista Cubana de Enfermería*. 11: 51-56. Spanish.
- Saric, A., Balog, T., Sobocanec, S., Kusic, B., Sverko, V., Rusak, G., Likic, S., Bubalo, D., Pinto, B., Reali, D. Marotti, T., (2009). Antioxidant Effects Of flavonoid From Croatian *Cystus İncanus* L. Rich Bee Polen, *Food and Chemical Toxicology*. 47: 547–554.
- Schmidt, J.O., Buchmann, S.L. (1992). Other products of the hive. In: *The Hive and the Honeybee*. J.M. Graham, ed. Dadant & Sons, p: 927-988. Hamilton, Illinois, USA.
- Schmidt, J.O. (1996). Bee products: chemical composition and application, Ed., Mizrahi, H., Lensky, Y., *Bee Products: Properties, Applications and Apitherapy*, Plenum, New York, 15–26.
- Schmidt, J.O. (1997). Bee Product Chemical Composition and Application. International Conference on: Bee Product: Properties, Applications and Apitherapy, Israel, 15.
- Selçuk, M., Dinç, H., Karabağ, K. (2010). Bal arısı zehrinin biyokimyasal yapısı ve tıptaki yeri. *MYO-ÖS 2010- Ulusal Meslek Yüksekokulları Öğrenci Sempozyumu*.
- Shinoda, M., Nakajin, S., Oikawa, T., Sato, K., Kamogawa, A. ve Akiyama, Y., (1978). Biochemical Studies on Vasodilative Factor in Royal Jelly, *Yakugaku Zasshi*. 98: 139–145.
- Silici, S., Gokceoğlu, M. (2007). Polen analysis of honeys from Mediteranean region of Anatolia. *Grana* 46: 57-64.

- Silva, T.M.S., Camara, C.A., Silva Lins, A.C., Barbosa-Filho, J.M., Silva, E.M.S., Freitas, B.M., Santos, F. (2006). Chemical composition and free radical scavenging activity of pollen loads from stingless bee *Melipona subnitida* Ducke. *J Food Comp Anal.* 19: 507-511.
- Snowdon, J.A., Clier, D.O. (1996). Microorganisms in honey. *Int J Food Microbiol.* 31: 1-26.
- Socha, R., Juszczak, L., Pietrzyk, S., Fortuna, T., (2009). Antioxidant Activity and Phenolic Composition of Herbhoney, *Food Chemistry.* 113(2): 568–574.
- Son, D.J., Lee, J.W., Lee, Y.H., Song, H.S., Lee, C.K., Hong, J.T. (2007). Therapeutic application of anti-arthritis, painreleasing, and anti-cancer effects of bee venom and its constituent compounds. *Pharmacology & Therapeutics.* 115(2): 246–270.
- Sver, L., Orsolić, N., Tadić, Z., Njari, B., Valpotić, I., Basić, I. (1996). A royal jelly as a new potential immunomodulator in rats and mice. *Comp. Immunol. Microbiol. Infect. Dis.* 19: 31–38.
- Sönmez, R., Altan Ö. (1992). Teknik Arıcılık, Ege Üniversitesi Basimevi, Bornova, İzmir.
- Şahinler, N., (2000). Arı Ürünleri Yapısı ve İnsan Sağlığı Açısından Önemi, M.K.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi. 5: 139-148.
- Şahinler, N. (2005). Arı ürünleri ve insan sağlığı açısından önemi. MKÜ Ziraat Fakültesi Dergisi. 5(1-2):139-48.
- Takenaka, T., Yatsunami, K., Echigo, T., (1986). Changes in Quality of Royal Jelly During Storage, *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi.* 33(1): 1-7.
- Tamura, S., Kono, T., Harada, C., Yamaguchi, K., Moriyama, T. (2009). Estimation and Characterisation of Major Royal Jelly Proteins Obtained From The Honeybee *Apis mellifera*, *Food Chem.* 114: 1491–1497.
- Tanyüksel, M. (2015). Tıp açısından apiterapi. Alınmıştır: Arı Ürünleri ve Sağlık (Apiterapi). Ed.: Akççek, E., Yücel, B. Sidas, İzmir, s: 29-35.
- Thomas, K.J., Nicholl, J.P., Coleman, P. (2001). Use and expenditure on complementary medicine in England; a population-based survey. *Complementary Therapies in Medicine.* 9: 2-11.
- Tongyoo, A. (2010). Targeted therapy: novel agents against cancer. *Journal of the Medical Association of Thailand.* 93(Suppl 7), 311–323. Review.
- Toussoun, Z., Rashed, A., Hegazi, A.G. (1997). Honey and Propolis As Management of Some Chronic Skin Ulcers, *International Symposium on Apitherapy Cairo, Egypt.*
- Townsend, G.F., Morgan, J.F., Tolnai, S., Hazlett, B., Morton, H.J., Shuel, R.W. (1960). Studies on The in vitro Antitumor Activity of Fatty Acids. I. 10-Hydroxy-2decenoic Acid From Royal Jelly, *Cancer Research.* 20: 503–510.

- Valencia-Barrera, R. M., Herrero, B., Molnar, T. (2000). Pollen and organoleptic analysis of honeys in Leon province (Spain). *Grana* 39: 133- 140.
- Varanda, E.A., Tavares, D.C. (1998). Radioprotection: mechanism and radioprotective agents including honey bee venom. *Venom Anim Toxins*. 4(1): 5–21.
- Varanda, E.A., Monti, R., Tavares, D.C. (1999). Inhibitory effect of propolis and bee venom on the mutagenicity of some direct- and indirect-acting mutagens. *Teratogenesis Carcinogenesis and Mutagenesis*. 19(6): 403–413.
- Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Fernandez-Lopez, J., Perez-Alvarez, J.A. (2008). Functional Properties of Honey, Propolis, and Royal Jelly, *J. Food Sci*. 73: 117– 124.
- Wang, L., Mineshita, S., Ga, I., Shigematsu, T., Matsuno, T. (1993). Antiinflammatory Effect of Propolis, *Japanese Journal of Pharmacological Therapeutics*. 24: 223– 224.
- White, J.W., Subers, M.H., Schepartz, A.I. (1963). The Identification of Inhibine the Antibacterial Factor in Honey, as Hydrogen Peroxide and Its Origin in A Honey Glucose-oxidase System, *Biochim. Biophys. Acta*. 73: 57–70.
- White Jr., J.W., (1984). *Honey, The Hive and Honey Bee* (7 th ed) Dadant and Sons, Hamilton, IL, USA, 491-530.
- Woo, K.S., Park, J.S. (1997). Eucalyptus Propolis Beverages With Their Composition And Effects. In *Bee Products Properties, Applications and Apitherapy*. Ed. Mizrahi, A. Ve Lensky, Y., New York Plenum Pres, 125-128.
- Yaacob, N., Nengsih, A., Norazmi, M. (2013). Tualang honey promotes apoptotic cell death induced by tamoxifen in breast cancer cell lines. *Evid Based Complement Alternat Med*, 1-10.
- Yamaguchi, I., Tsuji, T., (2002). The Detection Of Bioactive Components of The Powder of Bee Polen, *Bulletin of Tokyo Kasei University*. 42: 111-114.
- Yang, Y., Karakhanova, S., Werner, J., Bazhin, A. (2013). Reactive oxygen species in cancer biology and anticancer therapy. *Curr Med Chem*. 20: 3677-3692.
- Yang, Y.C., Chou, W.M., Widowati, D.A., Lin, I.P., Peng, C.C. (2018). 10-hydroxy-2-decenoic acid of royal jelly exhibits bactericide and anti-inflammatory activity in human colon cancer cells. *BMC Complement. Altern. Med*. 18: 202.
- Yatsunami, K., Echigo, T. (1985). Antibacterial Action of Royal Jelly, *Bulletin of the Faculty of Agriculture of The Tamagawa University*. 25: 13–22.
- Yeşilada, E. (2015). *Apiterapi arıyla gelen şifa*. 1.baskı. Hayykitap, İstanbul.
- Yıldız, O., (2011). *Bir Gıda Maddesi Olarak Kestane Poleninin Kimyasal Bileşimi, Biyoaktif Özellikleri ve Karaciğer Hasarını Önlemedeki Rolü*, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yoneshiro, T., Kaede, R., Nagaya, K., Aoyama, J., Saito, M., Okamatsu-Ogura, Y., Kimura, K., Terao, A. (2018). Royal jelly ameliorates diet-induced obesity and

- glucose intolerance by promoting brown adipose tissue thermogenesis in mice. *Obes. Res. Clin. Pract.* 12: 127–137.
- Yuksel, S., Akyol, S. (2016). The consumption of propolis and royal jelly in preventing upper respiratory tract infections and as dietary supplementation in children. *J. Intercult. Ethnopharmacol.* 5: 308–311.
- Yücel, B., Ceylan, H. (2015). Arı (kovan) havası ve sesinin apiterapi’de kullanımı. *Alınmıştır: Arı Ürünleri ve Sağlık (Apiterapi)*. Ed.: Akçiçek, E., Yücel, B. Sidas, İzmir, s: 177-182
- Zeina, B., Othman, O., Al-Assad, S. (1996). Effect of honey versus thyme on Rubella virus in survival vitro. *J Alter Comp Med.* 2: 345-348.

BÖLÜM 7

APOPTOZA GENEL BAKIŞ

Dr. Fatma POYRAZLI¹

¹ Balıkesir Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik bölümü, Çağış Kampüsü/Balıkesir, Türkiye, 0000-0001-8069-6447
fatmabiyoloji1@hotmail.com

Giriş

1972’ de Kerr ve arkadaşları tarafından, morfolojik olarak benzer hücre ölümlerinin normal dokuda olduğu kadar birçok patolojik durumda da bulunduğu önemli bir şekilde tanınmasından sonra bu hücre ölümleri, apoptoz olarak isimlendirilmiştir (Hockenbery 1995; Kerr ve ark., 1972). 1980’ li yıllarda, programlanmış hücre ölümünün (apoptoz) uyarılması sonucu, timositlerde, ardından sitotoksik ajanlara veya radyasyona maruz kalan kültürlenmiş lösemi hücrelerinde, DNA’ nın bu hücre sel süreci yöneten ve apoptozun aktivasyonu ve yürütülmesindeki kilit adımları analiz etmek için moleküler bir dayanak sağlayan birkaç genin tanımlanması izledi. Anti-apoptotik onkogenler olan B-hücresi lösemi/lenfoma 2 (Bcl-2) ve B-hücresi lösemi/lenfoma 2 benzeri protein 1 (Bcl-2L1) genlerinin keşfi ile tümör büyümesinde önemli olan hücre sağkalımı ve ilaç direnci hakkında bilgiler edinmemizi sağladı. Bu genlerin bazı ürünleri ise terapötik hedefler haline geldi ve bu proteinleri hedefleyen ajanlar daha sonra geliştirilerek bu ajanlara karşı kazanılmış direnç mekanizmaları bu keşifleri izledi (Carneiro ve El-Deiry, 2020; Hockenbery, 1995).

Elektron mikroskobu analizleriyle yapılan incelemelerde, apoptoz sırasında hücrelerde morfolojik olarak kromatin yoğunlaşması, sitoplazmik büzülme ve plazma zarı kabarmasını içeren değişiklikler tanımlanmıştır. Bu çalışmalar ayrıca apoptozun erken evrelerinde mitokondride, endoplazmik retikulumda veya golgi aygıtında gözle görülür bir değişiklik olmadığını da gösterdi. Bununla birlikte yapılan araştırmalarda, dış mitokondriyal membranın şiştiği ve mitokondriyal intermembran boşluktan sitokrom c ve oksidoredüktazla ilişkili bir flavoprotein olan apoptoz indükleyici faktörün salındığı bildirilmiştir (Strasser ve ark., 2000).

Apoptoz, fetal gelişim sırasında ve yetişkin dokularında çok çeşitli fizyolojik süreçlerde de kritik roller oynar. Çoğu durumda, fizyolojik hücre ölümü nekrozun aksine apoptoz yoluyla gerçekleşir. Apoptotik hücre ölümü düzenlenmesindeki kusurlar hücre birikiminin meydana

geldiği (kanser, restenoz) veya hücre kaybının meydana geldiği (inme, kalp yetmezliği, nörodejenerasyon, AIDS) bozukluklar da dahil olmak üzere birçok hastalığa katkıda bulunur (Reed 2000).

1. Kanserde Apoptoz ve Moleküler Mekanizması

Son yıllarda kanser araştırmalarının ilerlemesiyle, apoptozun ve onu kontrol eden genlerin malign fenotip üzerinde derin bir etkiye sahip olduğu anlaşılmıştır. Örneğin, bazı onkojenik mutasyonların apoptozu bozarak tümörün başlamasına, ilerlemesine veya metastaza yol açtığı artık açıktır. Tersine, diğer onkojenik değişikliklerin apoptozu teşvik ettiğini ve böylece çok aşamalı karsinogenez sırasında apoptozu geçersiz hale getirmek için seçici baskı ürettiğini göstermektedir. Sitotoksik antikanser ajanlarının çoğunun ise apoptozu indüklediği ve apoptotik programlardaki kusurların tedavisinin başarısızlığına katkıda bulunmaktadır. Tümör gelişimi sırasında apoptozu baskılayan aynı mutasyonlar aynı zamanda tedavi duyarlılığını da azalttığından, apoptoz kanser genetiğini kanser tedavisi ile ilişkilendirmek için kavramsal bir çerçeve sağlar (Lowe ve Lin, 2000).

Apoptotik süreci tetikleyen ve etkileyen moleküllerin dört ana fonksiyonel grubu tanımlanmıştır. Bunlar kaspazlar, başlatıcı kaspazların aktivasyonunu kontrol eden adaptör proteinler, tümör nekroz faktörü (TNF) reseptörü (TNF-R) süper ailesinin üyeleri ve Bcl-2 protein ailesinin üyeleridir (Strasser ve ark., 2000).

Kaspazlar olarak adlandırılan sistein proteaz ailesi, çeşitli türlerde programlanmış hücre ölümü için gereklidir. Sistein proteaz aktivitesi, kökenlerine veya ölüm uyarısına bakılmaksızın apoptozu giren tüm hücrelerde tespit edilebilmektedir. Memelilerde en az 14 kaspaz tanımlanmıştır. Bilinen ana işlevlerine göre kaspazlar, proapoptotik ve proinflamatuvar alt aileler olmak üzere iki alt aileye ayrılır. Proapoptotik kaspazların (kaspaz-2, -3, -6, -7, -8, -9, -10) esas olarak hücre ölümü sinyal iletimine aracılık ettiği bilinirken, proinflamatuvar kaspazların (kaspaz-1, -4, -5, -11, -12), inflamasyon sırasında sitokin olgunlaşmasını düzenler. Alternatif bir sınıflandırma ise kaspazları

prodomenlerinin uzunluklarına göre bölmektir, bu da apoptotik sinyalleşme kaskadındaki konumlarına karşılık gelir. Bu sınıflandırmaya göre kaspazlar başlatıcı kaspazlar (kaspaz-1, -2, -4, -5, -8, -9, -10, -11, -12) ve efektör kaspazlar (kaspaz-3, -6, -7) olarak sınıflandırılmıştır. Kaspazlar, çok düşük içsel enzimatik aktiviteye sahip olan zimojenler olarak sentezlenir. Tamamen aktif enzimler, ~20 kDa'lık ve ~10 kDa'lık iki özdeş alt birimden oluşan heterotetramerlerdir. Bu alt birimler, kaspaz aracılı bölünme ile üretilebilir. Başlatıcı kaspazlar (örneğin kaspaz-8 ve kaspaz-9), efektör kaspazları işleyerek ve aktive ederek artan kaspaz aktivitesini başlatır (Li ve Yuan, 2008; Salvesen, 2002; Strasser ve ark., 2000).

Apoptoz, ya dışsal ölüm reseptörlerinin aracılık ettiği yol ya da içsel mitokondriyal yol yoluyla indüklenebilir. İçsel yol, büyüme faktörü yoksunluğu, kemoterapötik ajanlar, radyasyon, hipoksi ve onkojen aktivasyonu gibi hücrel stres tarafından tetiklenir. Bu yol, Bcl-2 homoloji (BH) alanları adı verilen spesifik homoloji bölgelerinin varlığı ile karakterize edilen Bcl-2 ailesi proteinlerinin üyeleri tarafından düzenlenir. Bcl-2 ailesi proteinlerinin proapoptotik işlevi esastır. Bunlar, anti- ve pro-apoptotik aile üyelerine bölünebilirler ve bu anti- ve pro-apoptotik Bcl-2 ailesi proteinleri arasındaki denge, bir hücrenin apoptoza uğraması mı yoksa apoptoza direnmesi mi gerektiğine karar verir. (Basu, 2021). Bcl-2 ailesi proteinleri, hücre ölümü düzenlemesinde merkezi roller oynar ve apoptoz, nekroz ve otofajiyi kapsayan çeşitli hücre ölümü mekanizmalarını düzenleme yeteneğine sahiptir. Bugüne kadar, memeli hücrelerinde, apoptozu teşvik eden ve apoptozu önleyen proteinler dahil olmak üzere en az 15 Bcl-2 ailesi üyesi proteini tanımlanmıştır. Gen ailesi kurucu üyesi olan Bcl-2 geni, ilk önce bir insan lösemi hattında, t(14;18) kromozomal translokasyonlarda keşfedildi. İnsan malignitelerinde Bcl-2 geninin aktivasyonu kromozomal translokasyonlara ek olarak, Hodgkin olmayan lenfomalarda (NHL) ve küçük hücreli akciğer kanserlerinde de bulunur. Bcl-2 ailesinin proapoptotik üyelerinin ekspresyonundaki kusurlar da kanserde ortaya çıkar ve bu öldürücü genlerin tümör

baskılayıcı fonksiyonunun kaybıyla sonuçlanır. Bcl-2 onkogeninin klonlanması ve karakterizasyonu, tümör gelişiminde apoptozun önemini ortaya koymaktadır. Şu anda, onkogenler, kemirgen hücre transformasyon deneylerindeki özelliklerine göre ya "dönüştürücü" ya da "ölümsüzleştirici" onkogenler olarak sınıflandırılmaktadır. Bununla birlikte, Bcl-2 tipik bir onkogen gibi davranmayıp: normal proliferasyon kontrollerini bozmak yerine, programlanmış hücre ölümünü bloke ederek hücrelerin hayatta kalmasını desteklemektedir. Ayrıca, transgenik fareler ile yapılan çalışmalarda, Bcl-2' nin aşırı ekspresyonu, lenfoproliferasyonu destekler ve c-Myc ile indüklenen lenfogenezi hızlandırır. (Lowe ve Lin, 2000; Yip ve Reed, 2008).

Normalde apoptozu tetiklemeye yardımcı olan belirli mekanizmaları devre dışı bırakarak, kanser hücreleri apoptozu indükleyen genomik değişiklikleri edinmelerine rağmen hayatta kalabilir ve çoğalabilir. DNA hasarı tespiti ve apoptozun başlaması arasında hücrede anahtar bir kanal görevi gören p53 tümör baskılayıcı gen, kanserdeki mutasyonlar tarafından sıklıkla etkisiz hale getirilir. p53' ün inaktivasyonu, kanser hücrelerinin sadece altta yatan genomik anormalliklere karşı içsel apoptotik tepkileri atlmasına değil, aynı zamanda geleneksel tedavilere maruz kaldıklarında, maruz kaldıkları DNA hasarına tepki olarak apoptoz başlatmasına da olanak tanır. Bu nedenle, kanser hücrelerinde apoptozu aktive edebilen ajanlar, tedavi için umut vaat ediyor ve birçok klinik öncesi ilaç keşfi, çalışmaların odak noktası olmuştur (Ashkenazi, 2008; Aydoğan ve ark, 2013). p53 nakavt farelerden alınan ve timositlerin kullanıldığı çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre endojen p53' ün apoptozu kontrol edebileceğine dair kanıtlar elde edilmiştir. Bu çalışmada p53' ün radyasyonla indüklenen apoptoz için gerekli olduğunu, ancak birkaç başka uyaran tarafından indüklenen hücre ölümü için gerekli olmadığını göstermiştir. Yapılan bu çalışma, apoptoz kaybının p53 -null transgenik farelerde tümör ilerlemesi ile ilişkili olduğu gözlemiyle birlikte, apoptozun p53' ün tümör baskılayıcı aktivitesine katkıda bulunduğunu göstermiştir (Fridman ve Lowe, 2003).

Apoptotik hücre ölümüne yol açan iki anahtar moleküler sinyal yolu vardır. Birincisi, Bcl-2 protein ailesinin üyeleri ve mitokondriyal sinyaller tarafından hücrenin içinden aktive edilen içsel yoldur. İkincisi, özel hücre yüzeyi ölüm reseptörleri (DR' ler) ile etkileşime giren proapoptotik ligandlar tarafından hücre dışından aktive edilen dışsal yoldur. Her iki yol da, apoptotik hücre ölümü programına aracılık eden çok sayıda proteolitik olayı gerçekleştiren enzimatik kaspaz kaskadı aktive eder (Ashkenazi, 2008).

Moleküler düzeyde, farklı hücre ölümü türleri genellikle morfolojik kriterlerle tanımlanır ve apoptotik, nekrotik, otofajik veya mitotik olaylarla ilişkili olarak sınıflandırılır. En iyi anlaşılan hücre ölümü yolları, Fas/CD95, TNFR1, DR3, DR4 ve DR5 dahil olmak üzere "ölüm reseptörleri" tarafından başlatılan yolları içerir. Ligandın bağlanması sonucu, tümör nekroz faktörü- α (TNF- α) ligandı TNFR1' i trimerize eder ve 'ölüm alanları' olarak isimlendirilen korunmuş protein etkileşim bölgeleri yoluyla sinyal ileten moleküller TRADD' nin aktive olmasıyla sonuçlanır. TNFR ile ilişkili ölüm alanı (TRADD), reseptör etkileşimli serin/treonin-protein kinaz 1 (RIP) ve TNF reseptörü ile ilişkili faktör-2' yi (TRAF-2) aktive ederek, TNF- α ile indüklenen apoptozu baskılayan nükleer faktör κ B' nin (NF- κ B) aktivasyonuna yol açar. FADD' nin TRADD tarafından alınması, bir hücre ölümü proteazı olan kaspaz-8' in aktivasyonu yoluyla apoptoz ile sonuçlanırken, aktive edilmiş kaspaz-8, hücresel hedefleri parçalayan ve apoptotik hücre ölümüyle sonuçlanan bir proteaz kaskadı başlatır. Bu nedenle, FADD' nin bozulması , kaspaz-8' in aktivasyonunu önleyebilir, böylece reseptör aracılı hücre ölümünde kusurlar üretebilir (Duprez ve ark., 2009; Lowe ve Lin, 2000.).

2. Bal Bileşenlerinin Kansere Karşı Koruyucu Etkileri ve Apoptoz Üzerindeki Şaşırtıcı Etkisi

Yıllardır bal gibi doğal bileşiklerin ve antioksidan bakımından zengin besinlerin antikanser özelliklerine, koroner hastalık, inflamatuvar bozukluklar ve nörolojik dejenerasyon gibi farklı hastalıklara karşı

çeşitli önleyici etkilerine büyük ilgi duyulmuştur, çünkü bunların nispeten toksik olmadığına inanılmaktadır ve antik çağlardan beri hem doğal ilaç olarak hem de besin kaynağı olarak kullanılmaktadır. Son 20 yılda kullanılan ilaçların %25' inden fazlası doğrudan bitkilerden elde edilirken, %25' i kimyasal olarak değiştirilmiş doğal ürünlerdir. (Samarghandian ve ark., 2011; Vuorela ve ark., 2004). Apoptoz indüksiyonu, antikanser ajanların anahtar mekanizmalarından biridir. Apoptozun düzenlenememesi, kanser ve otoimmün bozukluklar gibi patolojilere yol açmaktadır (Reed, 2000). Balın yapısında bulunan flavonoidler şunları içerir; krisin, quersetin rutin, apigenin, kateşin, galangin, genistein, luteolin, kaempferol, isorhamnetin, myricetin , pinobanksin ve pinocembrin Ayrıca fenolik asit olarak; hidroksisinnamik asit, kafeik asit, absisik asit, klorojenik asit, ellagik asit, gallik asit, sinnamik asit, ferulik asit, kumarik asit, hidroksibenzoik asit, protokateşik asit, vanilik asit, siringik asit ve sinaptik asit gibi bileşenler bulundurulur. Yapısında bulunan bu bileşenler sayesinde birçok kanser türünde ve apoptozda görev alır (Talebi ve ark., 2020; Wee ve ark. 2015).

Kanser, dünya çapında en yaygın ölüm nedenidir. Ancak günümüzde kemoterapötik ajanlar olarak kullanılan ilaçların çoğu çok etkili değildir ve ilaç direncinin gelişmesi nedeniyle etkinliklerini kaybedebilir. İlacın neden olduğu apoptoza karşı etkinliği ve duyarlılığı artırmak için araştırmacılar, kansere karşı yeni tedaviler için doğal ve sentetik bileşiklerin potansiyel kullanımına odaklandılar. Bal, birçok farklı çiçek kaynağından üretilir ve biyokimyasal ve farmakolojik aktiviteleri, kökenine ve işlenmesine bağlı olarak değişir. Balın ana bileşenleri fruktoz ve glikozdur ayrıca karbonhidratlar, proteinler, amino asitler, vitaminler, su, mineraller, flavonoidler, antioksidanlar ve ayrıca hidrojen peroksitler (H_2O_2) gibi çeşitli biyolojik olarak aktif bileşikler içerir. Seyreltilmiş balda bakteriyostatik etkileri olan ve başlangıçta 'inhibine' olarak adlandırılan bir madde tanımlanmıştır. Bu daha sonra balda bulunan glikoz oksidaz tarafından üretilen hidrojen peroksit olarak tanımlandı. H_2O_2 ' nin kültürlenmiş hücrelerde serbest radikaller

olarak birikmesi, oksidatif strese ve ardından hücre zarında lipid peroksidasyonuna neden olur. Bu durum hücre hasara yol açar ve peroksit kaynaklı hücre ölümünü teşvik edebilir (Fauzi ve ark., 2011, Nikhat ve Fazil, 2022; Samarghandian ve ark., 2011).

Tümör taşıyan Wistar sıçanları ile yapılan *in vivo* bir çalışmada, sıçanlara günlük 670 µL/kg bal solüsyonu gavaj ile verilerek WA grubu oluşturulur ve sadece %0.9 NaCl solüsyonu uygulanan tümör taşıyan sıçanlar ile de CW grubu oluşturularak apoptoz üzerine araştırmalar yapılmıştır. CW grubuna kıyasla WA grubundaki tümörlerde nispi ağırlıkta (%) bir azalma gözlenmiştir. WA grubunda, Bax/Bcl-2 oranı, test edilen tüm zaman dilimlerinde ise artış görülmüştür. Bu veriler, balın hücre proliferasyonunu azaltarak ve apoptoz duyarlılığını artırarak tümör büyümesini modüle edebileceğini göstermektedir (Tomasin ve Cintra Gomes-Marcondes, 2011).

1.1. Kolorektal Kanser

Kolorektal kanserde kolon ve rektum hücreleri anormal ve kontrolsüz bir oranda çoğalır. Kolorektal kanser (CRC), evrensel olarak iki cinsiyette en sık görülen üçüncü kanserdir. Balın apoptoz üzerindeki etkisini ve bunun kolon kanseri hücre büyümesinin inhibisyonundaki moleküler mekanizmasını değerlendirmek amacıyla yapılan bir çalışmada HCT-15 ve HT-29 kolon kanseri hücrelerinde MTT testi sonucu balın antiproliferatif etki gösterdiği belirlendi. Akış sitometrik analizi ile, hücre döngüsünün alt G1 fazında apoptozu gösteren hipodiploid çekirdeklerin artan birikimini gözlenmiştir. Bal, hücre içi protein olmayan tiyollerin tükenmesi yoluyla apoptotik sinyali dönüştürdüğü, sonuç olarak mitokondriyal membran potansiyelini (MMP) azaltıp, reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşumunu arttırdığı gözlenmiştir. Sonuçlar, balın kolon kanseri hücrelerinde ROS ve mitokondriye bağlı mekanizmalar yoluyla apoptoz indüklenmesi için makul bir aday olduğu ve bu balı kolon kanserine karşı potansiyel bir kemoterapötik ajan olarak teşvik edeceği bildirilmiştir (Jaganathan ve Mandal, 2010, Wee ve ark., 2015; Aydoğan ve ark, 2019).

Hint ballarının anti-proliferatif etkisini araştırmak ve kolon kanserinde etki mekanizmalarını analiz etmek için yapılan bir çalışmada öncelikle bileşim-aktivite ilişkisini kurmak için seçilen bal örneklerinde bulunan biyoaktif bileşenler GC-MS ve HPLC analizi ile değerlendirilmiştir. Hint bal örnekleri, hücre proliferasyonunu kısıtlayarak, apoptoza neden olmuştur ve özellikle kolon kanseri hücreleri için G2/M fazında hücre döngüsünü durdurup hücre büyümesi üzerinde önemli bir inhibitör etki gösterdiği sonucuna varılmıştır. Bal numunelerinin verdiği apoptotik aktiviteleri, Annexin V/PI boyama, gerçek zamanlı PZR ve immüno blot analizleri ile belirlemişlerdir. Muamele edilen hücreler, artan p53 ve kaspaz 3, 8 ve 9 ekspresyonları göstererek, hem dışsal hem de içsel apoptotik yolların dahil olduğunu göstermiştir. Bu çalışmada ayrıca bal örneklerinin β -katenin/Wnt yolunu da engellediği gösterilmiştir. Genel olarak, bu bulgular, seçilen Hint ballarının kolon kanserinin önlenmesi ve tedavisi için etkili olabileceğini göstermiştir (Das ve ark., 2022).

1.2. Meme kanseri

Meme kanseri, gelişmiş ülkelerde yüksek ölüm oranıyla dünya çapında kadın cinsiyet arasında en yaygın kanserdir ve meme kanserine bağlı ölümlerin yaklaşık olarak %90' ı metastaz ile ilişkilidir. Meme kanseri metastazına neden olan mekanizmaların daha iyi anlaşılması, yeni biyobelirteçlerin ve terapötik hedeflerin belirlenmesi bu yüzden önemlidir (Medeiros ve Allan, 2019). Malezya Akasya balının apoptoz yoluyla meme kanseri hücre (MCF-7) büyümesini inhibe etmedeki etkilerini gözlemek amacıyla yapılan bir çalışmada öncelikle balın antioksidan özellikleri, toplam fenolik içerik (TPC) ve toplam flavonoid içeriği (TFC) kullanılarak ölçülüp balın antiproliferatif aktivitesi MTT tahlili kullanılarak gözlenmiştir. Bal, %5.5 (h/h) konsantrasyonunda IC50 sergilemiş ve TUNEL ve canlı hücre görüntüsünün kullanıldığı daha ileri çalışmalar, 6 saatlik tedaviden sonra Akasya balının apoptozu indüklediğini ortaya çıkarmıştır. Apoptotik özelliklerden biri olan hücre büzülmesi 2 saat gibi erken bir sürede gözlenip, bal muamelesinden sonraki 6 saat içinde apoptotik cisimlerin oluşumu belirlenmiştir (Salleh ve ark., 2017).

Balın yapısında bulunan galangin tarafından MCF-7 insan meme kanseri hücrelerine karşı proliferasyon ve apoptoz indüksiyonunun ve inhibisyonunun moleküler mekanizmasını araştırmayı amaçlayan bir çalışmada; hücre canlılığını testi ve hücre apoptozunu saptamak için akış sitometrisi kullanılmıştır. Apoptozla ilişkili proteinlerin (bölünmüş-kaspaz-9, bölünmüş-kaspaz-8, bölünmüş-kaspaz-3, Bad, bölünmüş-Bid, Bcl-2, Bax, p-fosfatidilinositol 3-kinaz [PI3K] ve p-Akt) ve hücre döngüsü ile ilgili proteinler (siklin D3, siklin B1, sikline bağımlı kinazlar CDK1, CDK2, CDK4, p21, p27, p53) Western blot tekniği ile değerlendirilmiştir. Yapılan bu testler sonucunda, galanginin, Bax ekspresyonunu arttırdığı ve konsantrasyona bağlı bir şekilde Bcl-2 ekspresyonunu azalttığı, hücre canlılığını inhibe ettiği ve apoptozu indüklediği bulunmuştur. Bu arada, kaspaz-9, kaspaz-8, kaspaz-3, Bid ve Bad' in bölünme ifadesi önemli ölçüde artarken p-PI3K ve p-Akt proteinlerinin ifadesinin azaldığı gözlenmiştir. Ek olarak, siklin D3, siklin B1, CDK1, CDK2 ve CDK4' ün protein seviyeleri ise azalırken, p21, p27 ve p53' ün ifade seviyeleri önemli ölçüde arttığı tespit edilmiştir. Yani balın yapısında bulunan galangin, MCF-7 hücrelerinin canlılığını baskılayabilir ve hücre döngüsünü durdurmasının yanı sıra mitokondriyal yol ve PI3K/Akt inhibisyonu yoluyla hücre apoptozunu indükleyebileceği tespit edilmiştir (Liu ve ark., 2018).

1.3. Karaciğer kanseri

Hünnap (*Ziziphusjuba* Mill.) Çin' e özgüdür ve Çinliler için en önemli temel gıda haline gelmiş ve dünyaya yayılmıştır. Hünnap balı, özel aroması ve tercih edilen tadı nedeniyle Çin' de en popüler bal olan hünnap nektarından *Apis mellifera* arıları tarafından üretilir. Avrupa Birliği Komisyonu ve Codex Alimentarius Komisyonu tarafından belirlenen standartlara göre daha koyu amber rengine, daha yüksek Ph' a (6,71), bol minerallere, iyi kaliteye, antioksidan ve antibakteriyel özelliklere sahiptir. Hünnap balının neden olduğu apoptozu ve karaciğer kanseri hücrelerindeki (HepG2) moleküler mekanizmasını değerlendirmek için yapılan araştırmalarda;. ilk olarak hünnap balının,

G0/G1 fazında hücre döngüsü ilerlemesini bloke ettiği, mitokondriyal membran potansiyelini azalttığı, DNA hasarını indüklediği ve p53 ekspresyonunu yükselttiği gözlenmiştir. İkinci olarak, pro-apoptotik proteinler Bax ve Bad' ın ifadesinin arttığı ve antiapoptotik proteinler olan Bcl-2 ve Bcl-xL' nin ise ifadesinin azaldığı görülmüştür. Son olarak, HepG2 hücrelerinde kaspaz aktivasyonu ve apoptotik ölüm meydana gelmiştir. Sonuç olarak, bu çalışmada hünnap balının DNA hasarı yoluyla HepG2 hücre apoptozunu indüklediği gösterilmiştir (Cheng ve ark., 2019).

1.4. Böbrek kanseri

Böbrek kanseri, dünyadaki tüm kanserlerin yaklaşık %2' sini oluşturmaktadır. Amerikan Böbrek kanserlerinin %80' den fazlası böbrek hücreli karsinomlardır (RCC), geri kalanı esas olarak böbrek pelvis kanserleridir. RCC' nin ölüm/insidans oranı diğer ürolojik malignitelere göre daha yüksektir. Neoplazma yıllarca stabil kaldığı ve daha sonra uzak yerlere metastaz yapabileceğinden, metastatik böbrek kanseri için etkili bir tedavi olmadığı için hastaların büyük bir kısmında ilk tanı anında metastaz olur ve tedavi edilemez Chae ve ark., 2005). RCC' ye yönelik radyoterapi, kemoterapi veya hormon tedavisi gibi geleneksel terapötik yaklaşımlar, bu hastalık üzerinde çok az etkiye sahiptir veya hiç etkisi yoktur, ancak bağışıklık düzenleyici ajanlar, sitokinler veya retinoidler gibi farklılaştırıcı ajanlar, RCC' metastatik böbrek kanseri olan hastaların küçük bir kısmında antitümör aktivite göstermiştir (Motzer ve ark., 1996). Bu yöntemler metastazları ele almaz ve bağışıklık sistemini bozarak tümörün ilerlemesini teşvik edebilir. RCC' yi etkin bir şekilde kontrol etmek için tümör proliferasyonunun düzenlenmesine odaklanan tedavi yöntemleri gerekliliği açıktır.

İnsan böbrek kanseri hücre dizileri (ACHN) kullanarak, balın antiproliferatif aktivitesini, apoptozu ve antitümör aktivitesinin araştırıldığı bir çalışmada, öncelikle hücreler, arka arkaya 3 gün boyunca farklı konsantrasyonlarda bal ile muamele edilmiştir ve %10

fetal sığır serumu ile Dulbecco'nun modifiye edilmiş Eagle ortamında kültürlenmiştir. Hücre canlılığı, MTT testi ile belirlenmiştir. Apoptotik hücreler ise, akış sitometrisi ile Annexin-V-floresein izotiyosiyanat (FITC) kullanılarak belirlenmiştir. Yapılan bu araştırmalar sonucunda bal, konsantrasyona ve zamana bağlı bir şekilde malign hücrelerde hücre canlılığını azalttığı görülmüştür. ACHN hücre hatlarına karşı IC50 değerleri 48 ve 72 saat sonra sırasıyla $1.7 \pm 0.04\%$ ve $2.1 \pm 0.03\%$ $\mu\text{g/mL}$ olarak belirlenmiş ve sonuç olarak apoptozun önemli bir rol oynadığı ACHN hücrelerinde balın hücre ölümüne neden olabileceği sonucuna varılmıştır. Kanser tedavisinde kullanılan ilaçların çoğu apoptotik indükleyicilerdir, bu nedenle balın apoptotik doğası hayati olarak kabul edilir. Dolayısıyla, böbrek kanseri tedavisi için bal potansiyel bir aday olarak gösterilebilir (Samarghandian ve ark., 2011).

KAYNAKÇA

- Ashkenazi, A. (2008). Targeting the extrinsic apoptosis pathway in cancer. *Cytokine & growth factor reviews*, 19(3-4), 325-331.
- Aydogan T. S., Karaağaç Ö., Köçkar F., Köçkar H., Okuyan A. D (2013). Immobilization of Carbonic anhydrase II CAII enzyme on superparamagnetic iron oxide nanoparticles. *FEBS Journal*, 280(1), 616
- Aydogan T. S. ,Okuyan A. D., Köçkar F (2019). TGF- β downregulates CAIII expression via MAPK and PI3K signaling pathways in colon carcinoma and osteosarcoma cells. *Archives of Biological Sciences*, 71(3), 393-401.
- Carneiro, B. A. ve El-Deiry, W. S. (2020). Targeting apoptosis in cancer therapy. *Nature reviews Clinical oncology*, 17(7), 395-417.
- Chae E.J., Kim J.K., Kim S.H., Bae S.J. ve Cho KS. (2005). Renal cell carcinoma: analysis of post-operative recurrence patterns. *Radiology*, 234:189-96.
- Cheng, N., Zhao, H., Chen, S., He, Q., ve Cao, W. (2019). Jujube honey induces apoptosis in human hepatocellular carcinoma HepG2 cell via DNA damage, p53 expression, and caspase activation. *Journal of food biochemistry*, 43(11), e12998.
- Das, N., Ray, N., Patil, A. R., Saini, S. S., Waghmode, B., Ghosh, C., ... ve Roy, P. (2022). Inhibitory effect of selected Indian honey on colon cancer cell growth by inducing apoptosis and targeting the β -catenin/Wnt pathway. *Food & Function*, 13(15), 8283-8303.
- Duprez, L., Wirawan, E., Berghe, TV ve Vandenabeele, P. (2009). Bir bakışta ana hücre ölüm yolları. *Mikroplar ve enfeksiyon*, 11(13), 1050-1062.
- Fauzi, A. N., Norazmi, M. N. ve Yaacob, N. S. (2011). Tualang honey induces apoptosis and disrupts the mitochondrial membrane potential of human breast and cervical cancer cell lines. *Food and Chemical Toxicology*, 49(4), 871-878.
- Fridman, J. S. ve Lowe, S. W. (2003). Control of apoptosis by p53. *Oncogene*, 22(56), 9030-9040.
- Hockenbery, D. (1995). Defining apoptosis. *The American journal of pathology*, 146(1), 16.
- Jaganathan, S. K. ve Mandal, M. (2010). Involvement of non-protein thiols, mitochondrial dysfunction, reactive oxygen species and p53 in honey-induced apoptosis. *Investigational New Drugs*, 28(5), 624-633.
- Kerr J.F., Wyllie A.H., Currie A.R. (1972). Apoptosis: a basic biological phenomenon with wide-ranging implications in tissue kinetics. *Br. J. Cancer*, 26: 239-257.
- Li, J. ve Yuan, J. (2008). Caspases in apoptosis and beyond. *Oncogene*, 27(48), 6194-6206.
- Liu, D., You, P., Luo, Y., Yang, M. ve Liu, Y. (2018). Galangin induces apoptosis in MCF-7 human breast cancer cells through mitochondrial pathway and phosphatidylinositol 3-kinase/Akt inhibition. *Pharmacology*, 102(1-2), 58-66.

- Lowe, S. W. Ve Lin, A. W. (2000). Apoptosis in cancer. *Carcinogenesis*, 21(3), 485-495.
- Medeiros, B. Ve Allan, A. L. (2019). Molecular mechanisms of breast cancer metastasis to the lung: clinical and experimental perspectives. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(9), 2272.
- Motzer, R. J., Bander, N. H. ve Nanus, D. M. (1996). Renal-cell carcinoma. *New England Journal of Medicine*, 335(12), 865-875.
- Nikhat, S. ve Fazil, M. (2022). History, phytochemistry, experimental pharmacology and clinical uses of honey: A comprehensive review with special reference to Unani medicine. *Journal of Ethnopharmacology*, 282, 114614.
- Reed, J. C. (2000). Mechanisms of apoptosis. *The American journal of pathology*, 157(5), 1415-1430.
- Salleh, M. A. M., Eshak, Z. ve Ismail, W. I. W. (2017). Acacia honey induces apoptosis in human breast adenocarcinoma cell lines (MCF-7). *Jurnal Teknologi*, 79(4).
- Salvesen, G. S. (2002). Caspases and apoptosis. *Essays in biochemistry*, 38, 9-19.
- Samarghandian, S., Afshari, J. T. ve Davoodi, S. (2011). Honey induces apoptosis in renal cell carcinoma. *Pharmacognosy magazine*, 7(25), 46.
- Samarghandian, S., Afshari, J. T. ve Davoodi, S. (2011). Honey induces apoptosis in renal cell carcinoma. *Pharmacognosy magazine*, 7(25), 46.
- Strasser, A., O'Connor, L. ve Dixit, V. M. (2000). Apoptosis signaling. *Annual review of biochemistry*, 69(1), 217-245.
- Talebi, M., Talebi, M., Farkhondeh, T. ve Samarghandian, S. (2020). Molecular mechanism-based therapeutic properties of honey. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 130, 110590.
- Tomasin, R. ve Cintra Gomes-Marcondes, M. C. (2011). Oral administration of Aloe vera and honey reduces walker tumour growth by decreasing cell proliferation and increasing apoptosis in tumour tissue. *Phytotherapy Research*, 25(4), 619-623.
- Vuorela, P., Leinonen, M., Saikku, P., Tammela, P., Rauha, J. P., Wennberg, T. ve Vuorela, H. (2004). Natural products in the process of finding new drug candidates. *Current medicinal chemistry*, 11(11), 1375-1389.
- Wee, L. H., Morad, N. A., Aan, G. J., Makpol, S., Ngah, W. Z. W. ve Yusof, Y. A. M. (2015). Mechanism of chemoprevention against colon cancer cells using combined Gelam honey and Ginger extract via mTOR and Wnt/ β -catenin pathways. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 16(15), 6549-6556.
- Yip, K. W. ve Reed, J. C. (2008). Bcl-2 family proteins and cancer. *Oncogene*, 27(50), 6398-6406.

BÖLÜM 8

APİLARNİL VE ANDROJENİK ETKİLERİ

Dr. Öğr. Sinan ERDEM¹ Dr. Öğr. Üyesi Sevda İNAN²

Doç. Dr. Hakan İNCİ³

¹ Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootečni ABD, Bingöl, TÜRKİYE
<https://orcid.org/0000-0002-9621-2678>

² Tekirdağ Namik Kemal Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Patoloji Bölümü,
Tekirdağ, Türkiye
<https://orcid.org/0000-0001-8138-5851>

³ Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü, Bingöl, TÜRKİYE
<https://orcid.org/0000-0002-9791-0435>

GİRİŞ

Apilarnil (erkek arı larvası), bal arılarında kraliçe arı tarafından haploid (n) yani döllenmemiş yumurtadan gelişen, 3-7 günlük larvaların toplanmasıyla elde edilen grisi rengi ve ekşi tadı olan homojen formlara verilen addır. Apilarnil, biyolojik yönlerden aktif olan zengin bir arı ürünüdür ve içerik olarak protein oranı %6,61-12, nem içeriği %65-70,97 ve yağlar %3,44-8,38 seviyeleri arasında ölçülmüştür. Toplamda da asitlik %0,87-3,17, pH 6,48, şeker %6-10 ve kül %2 olarak saptanmış ve bunun yanında da apilarnilde kalsiyum, A vitamini, PP vitamini, B1 vitamini, B2 vitamini, B6 vitamini, demir, sodyum, fosfor, bakır, potasyum, çinko, magnezyum, beta-karoten, ksantofil ve kolin olduğunu saptanmıştır. Şeker içeriği olarak da glukoz %3,40-6,73, sukroz %0,00- 0,140 ve fruktoz; %0,11-0,61 aralığında hesaplanmıştır. (Aoşan 2016; Doğanıyğit vd. 2020; Kutlu 2008; Barnutiü 2013; Silici 2019; Topal vd. 2018; Hamamcı et al. 2020).

Apilarnilin kullanılabilirliğini gösteren ilk bilim insanı Romanyalı bilim insanı Nicolae İliesiu olmuştur. Apilarnili dondurarak kurutma tekniği sayesinde daha uzun muhafaza edilen bu ürünün Romanya'da kullanımı yaygındır (Stângaciu 1999; Bärnuşiu 2013; İlkaya and İnci, 2020; Balkanska et al. 2014).

Apilarnil, erkek arı larvalarının 3-7 günlük iken pupa dönemine geçmeden hemen önceki larval dönemdir. Krem rengi olan erkek arı larvası, viskoz yapıda olup kokusu da kendine özgü bir yumurta kokusu taşımaktadır. Hem larva gövdesinde hem de yumurtada bulunan bileşiklerinden dolayı biyolojik olarak da yüksek bir aktiviteye sahiptir (İliesiu, 1991; İlkaya and İnci, 2020).

Dünyanın birçok kültüründe böceklerin yenilebilir yani gıda olarak tüketildiği herkesce bilinmektedir. Yenilebilir böcekler, Latin Amerika, Asya ve Afrika gibi dünyanın farklı bölgelerinde insan beslenmesinde önemli bir gıda olarak rol almaktadırlar (Aletor, 1995). Ekonomik

yönden de önemli olan ve yenilebilir böceklerin büyük kısmının da mevcut tarım sistemlerindeki üretimle kolaylıkla elde edilmektedir (Van Itterbeeck ve Payne, 2017). Son zamanlarda üretilen bu böceklerin üretim-tüketim ve yeni ürün çeşitliliğinin geliştirilmesine yönelik çok fazla faaliyet yürütülmektedir (Thammapat ve Siriamornpun, 2008).

Dünyada böceklerin, birçok insan kültüründeki beslenme düzenlerinde bu böceklerin protein kaynağı olarak tüketildiği bilinmektedir. 2015 sonrasında 1900'den daha fazla böcek türünün tüketilebilir halde olduğu ortaya koyulmuştur. Gıda, tekstil, kozmetik, ilaç ve sağlık sektörü gibi birçok farklı alanlarda bu böceklerin insan hayatında vazgeçilmez olduğu görülmektedir.

Erkek arı larvasının yapısında esansiyel aminoasitleri barındırdığı için “tam gıda” olarak da değerlendirilebilmektedir. Apilarnilin hasat sonrası soğukta tutulmasına dikkat edilmesi şartıyla taze tüketimi gerektiğinden, daha sonraki kullanımlarda filtrasyon, homojenleştirme, liyofilizasyon ve öğütme gibi işlemlere tabi tutulmalıdır. Tabi tutulduğu işlemler düzgün şekilde yapıldığında apilarnilin besin değerinde azalma olmaksızın, soğuk ortamlarda saklanmasına gerek kalmadan kullanılmasına imkân tanımaktadır (Yücel ve ark., 2011; Mateescu, 2011; Topal et. al., 2018; İlkaya and İnci, 2020; Bruneau, 2015; Bruneau 2015).

Erkek bal arısı larvaları (apilarnil) ülkemizde az bilinen bal arısı ürünlerinden biridir. Apilarnil, 3-7 günlük larvalar sütlü, homojen, sarımsı gri bir renge ve acımtırak bir tadı vardır. Larva yuvaları mumlandıktan sonra, pupa evresinde iken larvanın besin içeriği değişime uğrar. Bu sebepten dolayı apilarnilin en yüksek ve zengin besin formunun korunduğu larva döneminde hasat edilmesi en uygundur. Apilarnil hasat sırasında öleceğinden yapısındaki protein bozulma ihtimaline karşı larvalar hızlı toplanmalı veya işlenmelidir. (Yücel, B; Kösoğlu, M 2015).

Apilarnilin uzun süreli saklanmasında uygulanan en iyi yöntem liyofilizasyondur. Liyofilizasyon, maddenin kurutularak toz haline

getirilmesi ve korunmasında önemli bir aşamadır. Taze(ham) larva hasat sonrası (15) ° C’de 1 yıl kolaylıkla, bozulmadan depolanıp saklanabilmektedir (Bruneau, 2015).

Apilarnilin besin içeriğinin kalitesi hasatı, üretim, toplanması, pazarlama, depolama ve hijyen şartlarının önemli seviyede etkisi altındadır(Höffel, 1983; Hasegawa ve ark., 1983).

Apilarnil Kullanımı ve Etkileri

Apilarnil, ilk keşfedildiği yıllardan beri Romanya’da özellikle sağlık merkezlerinde vücudu yenileme, enerji verme, dinçleştirme ve psiko-tonik etkisinden dolayı çok fazla kullanılmaktadır. Kompleks halde apilarnil içeriği (mineraller, vitaminler ve aminoasitler) folik asidin, gliserofosfat ile kalsiyum normal metabolizmasını devam ettirmesinde yardımcı olur. Protein fonksiyonlarını tetiklemekte, metabolizmada glikozun etkinliğini ve insüline bağımlı diyabeti dengelemektedir. Antiviral, antimikrobiyal özellikte olmasından dolayı gonadların hormonal etkisini düzenlemektedir. Spermlerin kalitesine, hareketliliğine ve sayısına olumlu katkı sağlamaktadır. Konsantrasyon dayanıklılığı ve kapasitesini artırmakta, çocukların ve gençlerin fiziksel ve ruhsal gelişimine olumlu yönde etki etmektedir (Gavrilă ve Gavrilă, 2010; Aoşan, 2016; Aydoğan ve ark, 2013)

Ameliyat yarasız ve kolay iyileşmede, nekahet dönemlerinde de önemli destek sağlamaktadır. Hafıza bozuklukları, nöroloji, depresyon, epilepsi, somatojenik nevrasteni, nevroz, enürezis, melankoli, asteni, yorgunluk ve psikolojik hastalıklarda etkilidir. Gözde göz iltihabı, kornea ülseri, konjonktivit, katarakt tedavisi, keratit, romatizmal hastalıklar bunların yanında glokomda gözün iç basıncını azaltmada olumlu etkileri vardır. Ayrıca erkeklere has psişik veya astenospermi, organik sterilite, libido bozukluklarında, azospermi, andropoz ve hipospermi gibi cinsel sıkıntılarda, bayanlarda ise primer dismenore, adet öncesi sendrom, gecikmiş ergenlik psikojenik amenore, anksiyete, nörovejetatif instabilite, menstrüel fonksiyon bozukluğu olan global

hipo-ovaryum, menopozla bağlantılı nöroendokrin bozukluklarda etkilidir (Erdem ve Özkök, 2018; Strant ve ark., 2016)

Araştırmada apilarnillerde ortaya çıkan toplam 31 aminoasitten insan vücudu için esansiyel olanlarda dokuzunun olduğu belirlenmiştir. Bulunan bu önemli aminoasitlerden tirozin sağlıklı sinir sisteminin gelişmesi olan önemli temel aminoasittir. Vücudun stresle mücadelesinde önemli rolü var, bilişsel fonksiyonlar ile hafızayı güçlendirir. Kasların gelişmesinde, muhafazasında, yaraların iyileşmesinde, alkol bağımlılığını ve tatlı düşkünlüğünü azaltmada, bitkinlik, bunamada, depresyonda, zekanın gelişmesinde, iktidarsızlıkta, bağışıklık sisteminin artmasında ve glikojen depolarını arttırmada vb. durumlarda önemli derecede faydalı olan glutamik asit apilarnillerde çok yüksek bulunmuştur (Mărgăoan ve ark., 2017).

Erkek arı larvalarının yeni yeni farkındalık kazanması ve hayvancılık sektöründe yeni kullanılan ürün olması nedeniyle diğer bal arısı ürünlerine karşın yeterince bilimsel çalışma yapılamaması büyük bir eksikliktir. Apilarnil (erkek arı larvası) androjenik ve anabolik etkilerinin belirlendiği bir bilimsel araştırmada, 22 ila 42/günlük yaşlarda etlik piliçlerden elde edilen çalışma grubuna günde 4 g/gün apilarnil verilmiş ve kontrol grubuna da ağızdan aynı miktarda su verilmiştir. Apilarnil grubunda, araştırmanın 29 ile 35. günleri aralığında yem tüketiminde ve canlı ağırlıkta önemli oranda azalma olduğu saptanmış ancak 36 ile 42. günler aralığındakiler ise canlı ağırlıkta anlamlı bir artma olduğu saptanmıştır. Apilarnil ile beslenen etlik piliçlerin 22- 42. günlerinde, yemlerden yararlanma oranlarının kontrol grubuna karşın daha iyi olduğu saptanmıştır. Apilarnil takviyesi erkek etlik piliçlerde sakal genişliğini ve ibik uzunluğu tetiklemektedir. Sonuçlar olarak apilarnilin androjenik etkiye sahip olduğu saptanmıştır (Yücel ve ark., 2011).

Yapılan başka bilimsel araştırmada ise 28 ile 55/gün aralığındaki, dişi etlik ve erkek piliçlere yüksek (7.5 g/broiler) ve düşük (2.5 g/broiler) doz apilarnil uygulaması yapılmış, yüksek doz apilarnil grubunda

kolesterol ve kan şekeri seviyelerinin daha az olduğu, hayvanların çok daha az stres ve korku yaşadığı saptanmıştır (Altan ve ark., 2013).

Apilarnil ile yapılan farklı çalışmada, seksüel gelişimi ve büyümeyi uyardığı için doğal biyoaktif madde olarak kullanılmıştır (Yücel ve ark, 2019).

Bir başka bilimsel araştırmada ise apilarnil ekstraktının yaban domuzlarının cinsel işlev rahatsızlıklarını düzenlediği saptanmıştır. Ekstraktın domuzlara uygulanması, domuzlardaki damızlıkların sperma üretkenliğinin nitel ve nicel verilerinin artırdığı, spermatozoada hasarlı olan akrozom miktarının 2.1 kat azalttığı ve domuzlarda doğurganlığı %76.4 gibi yüksek oranda arttırdığı sonucuna varılmıştır (Bolotovna ve ark., 2015).

Androjen eksikliğinin az olması olarak bilinen düşük androjenik aktivite, erken yaşlarda penis uç testislerin büyüyememesi, jinekomasti, yüz, vücut veya kasık kıllarının zayıf gelişmesine, normal ergenliğe girememe ve erken ergenlik zamanında da sesin derinleşmemesine, kas gücünün azalmasına, ruh hali değişikliklerine, vücut artışına sebep olur. Büyüklerde ise azalmış libido, yağ, ereksiyonda zorluk ya da ereksiyon olmama, düşük semen hacmi ve jinekomasti gibi sağlıksal sorunlara neden olur (Allan, 2007; McLaclan, 2015).

Apilarnil ile yapılan domuz çalışmasında, seminal bezlerin ve epididimisin ağırlığında, ejakulat hacminde, germ hücre densesinde olumlu değişiklikler ile spermatozoonda hasar görmüş akrozom sayısında azalma gözlenmiştir (Bolotovna ve ark, 2015)

Adrienn Seres tarafından 2014 yılında daha kapsamlı bir araştırma, Apilarnil'in hem östrojenik hem de androjenik etkisi araştırmak için sıcanlar üstünde çalışmalar yürütür ve sıcanlarda apilarnilin, plazma testosteron seviyesini, penis başının ağırlığını ve seminal vezikül ağırlığını önemli ölçüde artırdığını saptamıştır (Seres, 2014).

Sonuç

Araştırmaların, Apilarnil'in androjenik etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca bilimsel deneyler, apilarnilin androjenik etkiden sorumlu olan etken maddelerini önemli ölçüde barındırdığını belirlemektedir.

Apilarnil, andropoz ile hafif derecede rahatsız olan kişiler, azalmış libido, ereksiyonda zorluk ya da ereksiyon olmama, sperma kalitesinde düşüklük yaşayan, sporcular veya erkeklerde testosteron artırıcı ve güçlendirici besin kaynağı olarak hala kullanılabilir ve bunun yanında bugüne kadar yapılan bilimsel çalışmalarda apilarnilin bilinen bir yan etkisine ulaşılmamıştır bu da apilarnilin kullanımını için avantajdır.

Sonuç olarak, testosteron replasman tedavisi yerine Apilarnil bazlı ilaç kullanımına bilimsel açıklamalar yeterli olamamaktadır. Apilarnil ile androjenik aktivite hakkında daha ileri çalışmalar yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Aletor V A. 1995. Compositional studies on edible tropical species of mushrooms. Food Chem. 54, 265-268.
- Allan C, McLachlan R, (2007) Body composition, metabolic syndrome and testosterone in ageing men . Bugün Tıp, 8 47-54.
- Altan Ö, B Yücel, Z Açıkgöz, Ç Şeremet, M Kösoğlu, N Turgan, A M Özgönül. 2013. Apilarnil reduces fear and advances sexual development in male broilers but has no effect on growth. British Poultry Science, 54(3), 355-361.
- Aoşan C (2016) Apitherapy in the daily practice clinical applications. Apimedita and Apiquality Forum Rome, 42: 22- 24
- Aydogan T. S., Karaağaç Ö.,Köçkar F.,Köçkar H., Okuyan A. D (2013). Immobilization of Carbonic anhydrase II CAII enzyme on superparamagnetic iron oxide nanoparticles. FEBS Journal, 280(1), 616
- 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.
- Barnutu LI, Marghițaș LA, Dezmiorean D, Bobiș O, Miha C, Pavel C (2013) Physico-chemical composition of Apilarnil (Bee drone larvae). Seria Zootehnie 59: 199-202
- Bolatovna K S, A Rustenov, N Eleuqalieva, T Omirzak, U K Akhanov. 2015. Improving Reproductive Qualities of Pigs Using the Drone Brood Homogenate. Biol Med (Aligarh) 7(2): BM-091-15, 3 pages.
- Bruneau E (2015) First steps for good beekeeping practices-guide for apitherapy products. Apitherapy Symposium Book of Abstracts, p. 40
- Doğanyığıt, Z. Okan, A. Kaymak, E. Pandır, D. Silici, S. 2020. Investigation of protective effects of apilarnil against lipopolysaccharide induced liver injury in rats via TLR 4/ HMGB-1/NF-κB pathway Biomedicine and Pharmacotherapy; 125, 109967, www.elsevier.com/locate/bioph.
- Gavrila-Ardelean M, M D Olga. 2014. The Use Of Apilarnil Product In The Treatment of Stress and Overworking to Students. Bothalia Journal, Pretoria, Africa de Sud, <http://www.bthla-journal.org/search.html>, <http://www.bthla-journal.org/beheer/index.php/archive/part/44/4/1>.
- Hamamcı M, Doğanyığıt Z, Silici S, Okan A, Kaymak E, Yılmaz S, Tokpınar A, Inan L (2020) Apilarnil: A Novel Neuroprotective Candidate. Acta Neurol Taiwan 29: 33-45

- Hasegawa M, Y Saeki, Y Sato. 1983. Artificial rearing of some beneficial insects on drone powder and the possibility of their application. *Honeybee Science*, 4:153-156.
- Höffel I. 1983. Residues of heavy metals in bee colonies, 29th Apimondia Congress, Budapest - Hungary. P.233
- Ilieşiu N V. Apilarnil, 1991; Editura Apimondia, Bucuresti.
- İlkaya M, İnci H, (2020) The effect of apilarnil (male bee larva) on human nutrition, health site and medical treatment of some diseases. *New approaches and applications in agriculture*. Iksad Publications 6: 121-135
- Kutlu HR (2008) Yem Değerlendirme ve Analiz Yöntemleri Ders Notu. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Adana s. 20
- Margaoan R, Mărghițaș LA, Dezmirean D S, Bobiș O, Bonta V, Cătană C, Mureșan 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
- McLaclan R, Androjen (testosteron) eksikliği. *Andrology Avustralya Bilgi Notu*. (2015) 1-2, www.andrologyaustralia.org/your-health/testosteron
- Mateescu C (2011) Apiterapia sau Cum. Sa Folosim Produsele. *Biomedical Analysis* 30; 1403-1410
- Payne C L, J Van Itterbeeck. 2017. Ecosystem Services from Edible Insects in Agricultural Systems: A Review. *Insects*, 8(1), 24 Rumpold B A, O K Schluter. 2013. Nutritional composition and safety aspects of edible insects, *Mol Nutr Food Res*, 57(5), 802- 823
- Seres A, Ducza E, Bathori M, Hunyadi A, Beni Z, Dekany M, Hajagos- Tóth J, Verli J, Gaspar R, (2014) Kastre edilmiş sıçanlarda bal arısı drone sütünün androjenik etkisi: Roles of methyl palmitat ve methyl oleate, *J Etnofarmakoloji*, 153 (2014) 446–453.
- Silici S (2019) Chemical Content and Bioactive Properties of Drone Larvae (Apilarnil). *Mellifera* 19(2)14-22
- Siriamornpun S, P Thammapat. 2008. Insects as a delicacy and a nutritious food in Thailand. *Using Food Science and Technology to Improve Nutrition and Promote National Development*. Canada: International Union of Food Science and Technology, 1-11.
- Stângaciu S. Apiterapy course notes. Constanța Apiterapy Research Hospital, Bucuresti, 1999.
- Strant M. 2015. L'Apilarnil un produit exceptionnel. Page; 14-16. Erişim Yeri: http://www.cari.be/medias/abcie_articles/164_produit.pdf

- Topal E, Strant M, Yücel B, Kösoğlu M, Mărgăoan R, Dayıoğlu M (2018) Biochemical Properties and Apitherapeutic Usage of Queen Bee and Drone Larvae. *Journal of Animal Production* 59(2): 77-82
- Yücel B, Açıkgöz Z, Bayraktar H, Seremet C. The effects of Apilarnil (Dronebeelarvae) administration on growth performance and secondary sex characteristics of male broilers. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 2011; 10(17): 2263-2266.
- Yucel B, Sahin H, Yıldız O, Kolaylı S. Bioactive components and Effect Mechanism of Apilarnil. *J. Anim. Prod.* 2019, 60(2): 125-130.

BÖLÜM 9

İPEK BÖCEKLERİNDE ÇEVRE KOŞULLARININ VOLTİNİZM, ÜREME VE GELİŞME ÜZERİNDE ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Dr. Öğr. Mehmet İLKAYA¹ Doç. Dr. Hakan İNCİ²

¹ Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Arı Arı ürünleri ABD, Bingöl, TÜRKİYE <https://orcid.org/0000-0002-1797-144X>

² Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü, Bingöl, TÜRKİYE <https://orcid.org/0000-0002-9791-0435>

1.GİRİŞ

İpek böcekçiliği, dünyada tekstil sanayinin en pahalı ve en değerli hammaddesi olan doğal ipeği insanlığın hizmetine sunması ile değerini bu güne kadar muhafaza eden bir hayvancılık koludur. Türkiye’de ipek böceği yetiştiriciliğinde tarihsel süreçteki tecrübesi 1500 yıla uzanır. İpek böcekçiliğinde tarihi ve kültürel gelişim sürecinde ülkemiz kendine has bir yöntem sahiptir. Geçmişten günümüze ülkemizde ipek üretiminde dalgalanmalar yaşansa da mevcut durumda bilhassa kırsal bölgelerdeki üretim değerini hala muhafaza etmektedir (Şahan 2011).

Global çapta üretilen hayvansal tekstil ürünleri içinde ipeğin oranı düşük olmasına karşın, ipekten elde edilen ürünler milyarlarca dolar ticari değere sahiptir. Yaş kozada, satışa hazır materyal haline gelinceye kadar takriben 14 kat katma değer artışı görülür. İpek böceğinin (*Bombxy mori*. L.) takriben beş bin yıl önce Çinde, *Bombyx mandarina*’dan evcilleştirildiği tahmin edilmektedir (Ganesh ve ark. 2012). İpek böceğinin, kalitesi yüksek ipek üretmesi, ipeğin kozasından çekildiğinde kopmama özelliğinde olması, dünyada üretilen ipeğin %95’ni sağlaması ve bunu aldığı besine bağlı olarak yapması dut yaprağını ipek böceği için önemli besin materyali kılar (Chinnaswamy ve ark. 2012).

Yakın tarihteki ipekböceği yetiştirme faaliyetlerinin tekstil ürünleri odaklı olduğu bilinmektedir (Marella 2013). Günümüzde ipek böceği yetiştirme odağı değişmiş; farklı biyolojik çalışmalarda kullanımı artmış olup, bu çalışmalar için morfolojik, fizyolojik, kalitatif ve kantitatif özellikleri göz önünde bulundurulup, derin ve detaylı çalışmalar sürdürülmektedir (Neshagaran ve ark. 2016). Böylelikle ipekböceği gelişim evresi formlarından (larva, koza ve pupa) elde edilen çoğu ürünün özellikle Uzakdoğu ülkeleri ilk sırada olmak üzere dünyada sağlık, gıda, kozmetik gibi alanlarda kullanım artışı söz konusudur (Wang ve ark. 2016). Son yıllarda gelişen teknoloji ile birlikte ipekböceği kozasından, bilhassa kozasının serisin tabakasından eldesi sağlanan aminoasitler baz alınarak, sağlıkta ve bilhassa yaşlılık

bilimi ile alakalı bilimsel çalışmalarda, rekombinant proteinlerin üretiminde ve mikrobiyoloji, fizyoloji ve genetik gibi temel alanlarda kullanımı ile alakalı araştırmalar hız kazanmıştır (Tamura ve ark. 2007). Bununla birlikte, yapay kan damarlarının üretilmesinde ve ipek tellerle dişlere yeniden biçim kazandırılması gibi birçok farklı konuda kullanımı söz konusu olmuştur (Ishfaq ve Akram 1999).

1.1.İpek Nedir?

İpek, metamorfoz evresine giren ipek böceği larvalarının kendi etraflarını saran, koza denilen yapıyı oluşturmak için salgıladıkları açık renkli ve çok ince ipek tellerinin bir araya getirilerek fonksiyonel bir yapı kazandırılmasıyla elde edilir. Bu yumuşak ve dayanıklı iplik kolayca boyanabilir ve eski çağlardan beri çok değerli bir dokuma hammaddesi olduğu bilinmektedir (Anonim 1991). Kozadan elde edilen ipek; elbise, ev eşyaları, tıbbi malzeme, çelik yelek imalatı ve benzeri eşyalarda amaca veya ihtiyaca göre farklı malzemelerin yapımında kullanılır (Başkaya 2019).

1.2. İpek Böceklerinin Voltinizme göre sınıflandırılması

Voltinizm, ipek böceğinin gösterdiği farklılıkların başında gelir. Böceklerin, doğal şartlar altında bir yıl zaman aralığında ürettikleri döl veya verdikleri nesil sayısına voltinizm denir. Bir yıllık zaman zarfında ipekböceği ırklarının fertilitite sayısına bağlı olarak univoltin, bivoltin ve multivoltin olmak üzere 3 ayrı gruba ayrılır (Akday, 1986; Anonymous, 1983).

1.3. Univoltin İrklar

İlkbahar döneminde yalnızca bir fertilizasyon evresi geçirirler ve ikinci fertilitite dönemi için yumurtalar bir sonraki ilkbahara kadar dinlenme devresinde diyapoz (diapause) veya kışlama evresine girerler. Bu takson ilkbaharda ılık lokalitelerde beslenir, ipek verimi yüksek, kalitesi iyidir. Kuluçka evresi 11 ile 14 gün aralığında, ikinci metamorfoz evre olan larval form evreleri 24 ile 28 gün aralığında, krizalit evresi 12 ile 15 gün aralığında ve ergin evresi de 6 ile 10 gün

aralığındadır. Türkiye’de yetiştirilen ipekböceği ırkları univoltin özelliindedir(Bizhannia v.d 2006; Boyko v.d 2004; Buhro v.d 2016; Buhro v.d 2017; Chandrashekaraiiah ve Ramesh 2003).

1.4. Bivoltin Irklar

Bir yıllık zaman zarfında 2 fertilizasyon evresi geçirirler, dinlenme evresine girmezler, bivoltin ırklarda 2. fertilizasyon için yumurta diyapoz evresine girmez ve 11-12 günlük süre zarfında larva yumurtadan çıkar ve yaz mevsiminde ikinci generasyon meydana gelir. Ancak ikinci fertilite sonucunda yumurta diyapoza girer ve bir sonraki ilkbaharda larva çıkışı gözlenir. Besleme süreleri univoltin böceklere göre genellikle kısa, kozaları küçük ve larva formunda iken yüksek sıcağa karşı dayanıklıdır(Bizhannia v.d 2006; Boyko v.d 2004; Buhro v.d 2016; Buhro v.d 2017; Chandrashekaraiiah ve Ramesh 2003).

1.5. Polivoltin Irklar

Diyapoz evresine sahip ve diyapoz evresine sahip olmayan ırklar olarak iki farklı gruba ayrılırlar. Diyapoz evresine sahip olmayan ırklar kışı geçiremeyen yumurta verirken, diyapoz evresine sahip ırklar farklı çevre şartlarına bağlı olarak kışlayabilen veya kışlayamayan yumurta üretebilme kabiliyeti taşırlar. Polivoltin özelliğe sahip ipek böceği ırklarının yaşamak için ihtiyaç duyduğu ekolojik şartların sıcak olması gerekliliğinden yaşam evreleri kısadır (Ryu, 1978; Anonymous, 1983; Akbay, 1986; Bizhannia v.d 2006; Boyko v.d 2004; Buhro v.d 2016; Buhro v.d 2017; Chandrashekaraiiah ve Ramesh 2003).

1.6. Çevre Koşullarının Üreme, Gelişme ve Voltinizme Etkisi

Aktif duruma geçen ipekböceği yumurtası, normal embriyonik gelişim ve yumurtaların düzenli bir şekilde çatlamaları için uygun sıcaklık ve çevre şartlarına ihtiyaç duyar. Bu ortamın oluşturulmasına kuluçka denir. İpekböceği yumurtası uçta hafifçe daralan ve yanlara doğru düzelen, kısa eliptik bir görünüme sahiptir. Açık sarı yumurta beyaz koza oluşturan ırklarda, yeşil yumurta ise sarı koza oluşturan ırklarda görülür(Bizhannia v.d 2006; Boyko v.d 2004; Buhro v.d 2016; Buhro

v.d 2017; Chandrashekaraiyah ve Ramesh 2003). Kışlayan yumurtalarda, embriyo sadece bir miktar geliştikten sonra diyapoz dönemine girer ve bir sonraki ilkbaharda, uygun çevre koşulları oluştuğunda çatlar. Kuluçka evresi bir yıldır ancak bu tip yumurtalara farklı suni çatlatma yöntemleriyle müdahale edildiğinde yumurtalar aktif duruma getirilebilir. Kışlamayan ipek böceği yumurtalarında ise kuluçka evresi takribi 9-12 gündür. Kuluçka evresinde tatbik edilen farklı çevre şartları etkisiyle kışlayan veya kışlamayan yumurta elde edilebilir (Anonymous, 1988; Akbay, 1986; Nguku v.d 2009; Nirmala v.d 2001; Nirupama v.d 2008; Nisar v.d 2013; Pakhale v.d 2014; Pal ve Moorthy 2011).

1.7. Sıcaklık

Yılda iki nesil veren (bivoltin) ipek böceği ırklarında, yumurtalar kuluçka döneminde 25°C'lik yüksek bir sıcaklığa maruz bırakılan yumurtalardan çıkan kelebek formundan kışlayan, 15°C'lik sıcaklığa maruz bırakılan yumurtalardan çıkan kelebeklerden ise kışlamayan tipte yumurta elde edilir (Pakhale v.d 2014; Pal ve Moorthy 2011; Bizhannia v.d 2006; Boyko v.d 2004; Buhro v.d 2016; Buhro v.d 2017; Chandrashekaraiyah ve Ramesh 2003). Sıcaklık, embriyonik dönemin ilk evresinden yumurtaların renginin kapalı tonlara doğru kaydığı son evreye kadar 17-20 °C arasında tutulursa bu tip yumurtalardan çıkan kelebekler az sayıda kışlamayan, çok sayıda kışlayan yumurta vereceklerdir. Yılda iki defa nesil veren (bivoltin) ipekböceklerinde pupa evresi ve larva evresindeki çevre şartlarına bakılmaksızın, kuluçka devresindeki sıcaklık, kışlayabilen veya kışlayamayan yumurtaların elde edilmesinde doğrudan rol oynayan kesin etkidir (Anonymous, 1983; Nguku v.d 2009; Nirmala v.d 2001; Nirupama v.d 2008; Nisar v.d 2013; Pakhale v.d 2014; Pal ve Moorthy 2011).

1.8. Nem

Kuluçka döneminde nem sıcaklığa göre gelişime etki eden başlıca faktördür. Sıcaklık 15°C'den düşük, 25°C'den yüksekse nemin yıllık nesil verme sayısı üzerinde etkisi yoktur. Fakat sıcaklık sınırları 17-

20°C dolaylarında ise nemin yüksek olması kışlayan tipte yumurta sayısını artırır. Standart sıcaklık sınırlarında tektip bir çıkış için yaklaşık % 75-85 nem yeterlidir (Anonymous, 1983; 1985; Aruga 1994; Basavaraja v.d 2005; Bhat v.d 2017; Begum v.d 2000).

1.9. Işık

Kuluçka döneminde sıcaklık 17-20°C dolaylarında olması, kuluçka ortamının ise bir ışık kaynağı tarafından aydınlatılması durumunda, bu tip yumurtalardan çıkan kelebek formları daha çok kışlayan tipte yumurta verme eğiliminde olacaktır. Ancak, karanlık bir ortam kışlamayan tipte yumurta sayısını artıracaklardır (Anonymous, 1983; 1985; Aruga 1994; Basavaraja v.d 2005; Bhat v.d 2017; Begum v.d 2000).

1.10. Havalandırma Etkisi

Kuluçka dönemi boyunca yumurtalarda embriyolar gelişirken, solunum ihtiyacı da doğru orantılı olarak artar. Önceleri karbondioksit karşı fazla olan embriyo dayanıklılığı son dönemde azalır. Kuluçka ortamının sürekli havalandırılması bu açıdan önemlidir (Ishfaq ve Akram 1999; Bizhannia v.d 2006; Boyko v.d 2004; Buhro v.d 2016; Buhro v.d 2017; Chandrashekaraiiah ve Ramesh 2003)

1.11. Yemlemenin Etkisi

Yemlemede özellikle yaprak kalitesi de neslin verimini ve devamlılığını etkileyen faktörlerden biridir. Besince zengin maddeleri ihtiva eden olgunlaşmış yapraklar, kışlayabilen yumurta üretimini sağlarken, besin açısından yetersiz olan cılız, olgunlaşmamış yapraklarla beslenen ipekböcekleri kışlayamayan yumurta üretimine daha çok meyillidirler (Ishfaq ve Akram 1999; Bizhannia v.d 2006; Boyko v.d 2004; Buhro v.d 2016; Buhro v.d 2017; Chandrashekaraiiah ve Ramesh 2003).

SONUÇ

Tohumluk ipekböceği yetiştiriciliğinde dişi kelebeğin kışlayamayan veya kışlayabilen yumurta veriminin bir kısmı çevre şartlarına, bir kısmı ise kromozomlarda, belli lokuslarda yer edinmiş bulunan genetik farklılıklara bağlıdır. Çevre şartları yıllık nesil verme sayısı kışlayan veya kışlamayan yumurta verimi olmak üzere iki durum üzerinde etkili olması, pupa evresindeki, beyinde bulunan bir sinir yumağı (gangliyon) noktasının fonksiyonelliği ile diyapoz etmeninin ortaya çıkmasında rol oynamasına bağlıdır. Bu durum ipek böceklerinin kışlayabilen veya kışlayamayan yumurta verimine neden olmaktadır. Yılda iki nesil verebilen ipekböceği yetiştiriciliğinde verim ve kalite üzerinde en önemli etken kuluçka dönemindeki sıcaklık, nem ve ışık faktörleridir. Türkiye’de ipek üretiminin tamamında yılda bir nesil veren univoltin ırklar kullanılmaktadır. Univoltin ırkların diğer (bivoltin, polivoltin) ırklara göre ipek verimi ve kalitesi yüksektir. Ülkemizde tek nesil veren univoltin tipteki ırklarla bir yılda birden fazla verim elde edebilmek için uygun yaşam koşullar oluşturulduktan sonra suni yumurta çatlatma yöntemleri kullanılmaktadır. Ülkemiz için ipek böcekçiliği, özellikle floral potansiyel göz önünde bulundurulduğunda bölgesel kalkınma hamlelerinde kullanılabilir bir hayvancılık çeşididir.

KAYNAKLAR LİSTESİ

- Aruga, H. 1994. Principles of sericulture. Oxford and IBH Publishing Co. Pvt. Ltd., New Delhi.
- Akbay, R. 1986. Arı ve İpekböceği Yetiştirme. Ankara Üniv. Zir. Fak. Yayınları: 956, Ankara.
- Anonymous, 1983. Silkworm Egg Production. Regional Sericulture Training Centre Guangzhou, China.
- Anonymous, 1985. Silkworm Rearing. Regina! Sericulture Training Center, 11-30. China.
- Anonim, 1991. A success story of silk and milk. Indian Silk, 30(6): 3.
- Basavaraja, H. K., Ashwath, S. K., Suresh Kumar, N., Mal Reddy, N. , Kalpana, G. V. 2005. Breeding for disease resistance. In: Silkworm Breeding & Genetics. Central Silk Board, (Ministry of Textiles) Govt. of India Bangalore India, Pp. 523.
- Başkaya, Z. 2019. Gelişimi ve dağılışı bakımından türkiye ipekböcekçiliğinde bilecik ilinin yeri, sorunları ve çözüm önerileri. Doğu Coğrafya Dergisi, 257-286.
- Bhat, S.A., Farooq, M.I.L., Khan, Sahaf, K.A. 2017. Studies on the performance of some silkworm, Bombyx mori L, hybrids during summer season in Kashmir. Journal of Entomology and Zoology Studies, 5(5): 1346-1348.
- Begum, N., Basavaraja, A., Sudhakara Rao H.K., Rekha, P., M., Ahsan, M.M. 2000. Identification of bivoltine hybrids suitable for tropical climate. Indian Journal of Sericulture, 39:24-290.
- Bizhannia, A.R., Seidavi, A.R., Mirhosseini, S.Z., Ghanipoor, M. 2006. Resistance reaction of three Chinese, Japanese and hybrids groups of silkworm Bombyx mori (Lep.:Bombycidae) against phenotypical selection. Proceedings of the Australian and New Zealand Entomological Societies' Conference; Adelaide (SA): University of Adelaide; pp.60.
- Boyko, Y.A., Sukhanov, S.V., Shakhbazov, V.G. 2004. The effect of heterosis and inheritance of quantitative traits in silkworm exposed to electromagnetic irradiation. Russian Journal of Genetics, 40(9): 990-994.
- Buhroo, Z.I., Malik, M.A., Ganai, N.A., Kamili, A.S., Bhat, B.A. 2016. Comparative performance of cocoon and associated traits in bivoltine silkworm (Bombyx mori L.) Genotypes during different seasons. International Journal of Current Research, 8:10.
- Buhroo, Z.I., Malik, M.A., Ganai, N.A., Kamili A.S., Mir, S.A. 2017. Rearing Performance of Some Popular Bivoltine Silkworm (Bombyx mori L.) Breeds during Spring Season. Advances in Research, 9(1): 1-11.
- Chandrashekaraiyah, M., Ramesh, B. 2003. Breeding in India during the Last Five Decades and What Next? Proceeding of Mulberry Silkworm Breeders Summit; Hindupur, India. pp. 6-13. Comparative performance of some bivoltine

- silkworm (*Bombyx mori* L.) genotypes during different seasons. *Scientific Research and Essays*, 10(12): 407- 410.
- Chinnaswamy, R., Lakshmi, H., Kumari, S.S., Anuradha, C.M., Kumar, C.S. 2012. Nutrigenetic screening strains of the mulberry silkworm, *Bombyx mori*, for nutritional efficiency. *Journal of Insect Science*, 12(3): 1-18.
- Ganesh, P.P., Selvisabhanayakam, Balasundaram, D., Pradhap, M., Vivekananthan, R., Mathivanan, V. 2012. Effect of Food Supplementation with Silver Nanoparticles (AgNps) on Feed Efficacy of Silkworm, *Bombyx mori* (L.) (Lepidoptera: Bombycidae). *International Journal of Research in Biological Sciences*, 2(2): 60-67.
- Ishfaq, M., Akram, W. 1999. *Reshum Kay Kerhun Key Parwarish*. 1st Edition. Pak Book Empire Publishing, Lahore. pp. 11-12.
- Marella, S. 2013. Scenario of sericulture in countries across the world. *Journal of Biological and Chemical research, and International Journal of Life Science and Chemistry*, 30(2): 959-990.
- Neshagaran, R., Seidavi, A., and Gharahveysi, S. 2016. A review on correlation, heritability and selection in silkworm breeding. *Journal of Applied Animal Research*, 44(1): 9-23.
- Nguku, E.K., Adolkar, V.V., Raina, S.K., Mburugu, K.G., Mugenda, O.M and Kimbu, D.M. 2009. Performance of six Bivoltine *Bombyx mori*. (Lepidoptera Bombycidae) silkworm strains in Kenya. *The Open Entomology Journal*, 3:1-6.
- Nirmala, X., Kodrík, D., Žurovec, M., Sehnal, F. 2001. Insect silk contains a Kunitztype and a unique Kazal-type proteinase inhibitor. *European Journal of Biochemistry*, 268: 2064–2073.
- Nirupama, R., Singh, R. & Kamble, C. K. 2008. Identification of silkworm breeds and hybrids through evaluation indices and cocoon size variation. *Indian Journal of Sericulture*, 47 (2): 48-52.
- Nisar, M., Chisti, M.Z. and Khan, M.A. 2013. Studies on the identification of summer specific silkworm *Bombyx mori* L. hybrids under temperate climatic conditions of Jammu and Kashmir, India. *Journal of International Academic Research for Multidisciplinary*, 1(3): 1-14.
- Ishfaq, M., Akram, W. 1999. *Reshum Kay Kerhun Key Parwarish*. 1st Edition. PakBook Empire Publishing, Lahore. pp. 11-12.
- Pakhale, S.G., Bothikar, P.A., Lande, U.L., Shendage, S.A. 2014. Evaluation of some mulberry varieties for rearing performance and economic traits of silkworm (*Bombyx Mori* L.). *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 8: 63-65.

- Pal, N.B., Moorthy, S.M. 2011. Assessment of variability in larval and cocoon traits in some genotypes of bivoltine silkworm, *Bombyx mori* L. *International Journal of Biological Sciences*, 1:59–65.
- Ryu, K.S. 1978. İpekböceği Bakımı, Beslenme ve Hastalıkları. İpekböcekçiliği Araştırma Enstitüsü Yayınları No: 70, Bursa.
- Şahan Ü, 2011. İpekböcekçiliği, İpekböceği Yetiştirme ve Islahı, Koza Üretimi, Ham İpek, Yumurta Üretimi, Hastalıklar ve Dut Yetiştirme, vol.1, 69, Dora Yayınları, Bursa.
- Tamura, T., Kuwabara, N., Uchino, K., Kobayashi, I., Kanda, T. 2007. An improved DNA injection method for silkworm eggs drastically increases the efficiency of producing transgenic silkworms. *Journal of Insect Biotechnology and Sericulture*, 76: 155–159.
- Wang, X., Zhang, J., Li, Y., Liangyu, P., Tang, T. 2016. The status of quantitative analysis and utilization of various components in silkworm excrement. *Science of Sericulture*, 42: 918-925.

BÖLÜM 10

SÜT SIĞIRCILIĞINDA HASSAS SÜRÜ YÖNETİM UYGULAMALARI VE TEMEL YAKLAŞIMLARI

Dr. Öğr. Ömer DÖNER¹ Prof. Dr. Bünyamin SÖĞÜT²

¹ Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Arı Arı ürünleri ABD, Bingöl, Türkiye. <https://orcid.org/0000-0001-6809-8989>

² Bandırma Onyediy Eylül Üniversitesi Bandırma Meslek Yüksek Okulu, Bandırma, Türkiye. <https://orcid.org/0000-0002-7644-7226>

1- GİRİŞ

Dünya nüfusu son zamanlarda Asya Kıtası ~~Hindistan~~ ve Amerika Kıtasının güneyi başta olmak üzere artan eğilimli bir yükseliş göstermektedir. Bu kıtalarda yer alan ülkelerde yaşayan, insanların büyük bir kısmı hayvansal gıdaların temin edilmesinde sorunlar yaşamaktadır. Hayvansal kökenli protein gereksiniminin karşılanması amacıyla daha fazla finansal kaynak ayırmak gerekmektedir. Bu gerçekliklerden yola çıkarak insanların beslenme alışkanlıklarının değişmesi ile birleşince, dünya çapında hayvansal ürünlere (et, yumurta ve süt) olan talebin önümüzdeki yıllarda artması beklenmektedir.

Son yıllarda tüm dünyada tarımsal üretici sayısı azalmasına rağmen modern hayvancılık sistemlerinin yaygınlaşmasıyla birlikte çiftlik hayvanları varlığı önemli ölçüde artmış ve buna bağlı olarak dünya çapında hayvancılık üretimi dört kat artmıştır (FAO, 2012). Bu artış, yoğun manejan uygulamalarının yapıldığı, kontrollü çevre şartlarının uygulandığı, otlatmanın sıklıkla yapılmadığı yüksek kapasiteli modern ve özel üretim sistemlerinin gelişmesiyle gerçekleşmiştir (Windhorst, 2006). Çiftlik başına düşen hayvan sayısının artmasıyla birlikte, büyük sürü varlığına sahip çiftliklerde tüm bireylerin güvenli bir şekilde izlenmeleri ve takip edilmeleri zorlaşmıştır. Bu tür büyük gruplarda mikrobiyal bulaşma riskinin fazla olması ve bundan kaynaklı antibiyotik kullanımının artması olasıdır. Avrupa'da 25.000'den fazla insan antibiyotik tedavisine artık yanıt veremediği için yaşamını yitirmiş ve yaklaşık tedavi maliyetleri 1,5 milyar Euro civarındadır (Liu et al., 2003).

Hayvancılık sektörü, bazı çevresel problemlere neden olmaktadır. Atmosferdeki NH₃'ün %90'ından fazlası, CH₄'ün %37'sinden ve N₂O'nun %65'inden fazlası hayvancılık sektörünün etkilerinden kaynaklanmaktadır. Tüm dünyada tarımsal arazilerin yaklaşık 30%'u ve tüketilebilir su kaynaklarının 8-15%'i hayvancılık sektörü tarafından kullanılmaktadır. Belçika/Flanders, Kuzey İtalya veya Fransa/ Britany gibi bölgelerde, yüksek hayvan yoğunluğunun çevre üzerinde ciddi bir

etkisi olduğundan mevcut çiftlik hayvanları varlıklarını arttırmama kararı alınmışlardır (Windhorst, 2006).

Hayvancılık sektöründeki gelişmeler ve dünyada giderek artan bilinçsiz pestisit ve kimyasal gübre kullanımı gibi uygulamalar; insan sağlığı, gıda güvenliği, hayvan sağlığı ve çevre sağlığını olumsuz etkilemektedir. Tüm dünyada çiftlik hayvanları varlığının ve hayvansal üretim miktarlarının artması yukarıda da bahsedilen bazı ciddi sorunlarla karşı karşıya kalmamıza neden olmuştur. Tarımsal üretimden kaynaklanan sorunlara çözüm aramak amacıyla farklı üretim sistemleri ve yaklaşımları geliştirilmiştir. Hassas tarım uygulamaları son yıllarda kabul görmeye başlamış ve yaygınlaşmıştır.

Hassas Tarım kavramı İlk olarak 1980'li yıllarda gündeme gelmiş ve konvansiyonel tarıma paralel bir yaklaşım olarak kabul görmüştür. Bu yaklaşımlar hem bitkisel üretimde hem de hayvansal üretimde kullanılmaya başlanmıştır. Son dönemlerdeki teknolojik gelişmeler ve mekanizasyonla birlikte Hassas sürü yönetim sistemleri süt sığırcılığında yoğun kullanım alanı bulmuştur. (Liu et al., 2003). Söz konusu sistemde; hayvanların genotipik özelliklerinden en yüksek oranda faydalanmak gerekir. Aynı zamanda, hayvan sağlığı ve refahının gözetilmesi, çevresel etkilerin azaltılması ve sürecin verimliliğinin güvence altına alınması gibi birçok sorunun çözülmesi gerekmektedir (Klon et al., 2001).

2-HASSAS HAYVANCILIK UYGULAMALARI

Hassas hayvancılık uygulamaları hem ekonomik hem de ekolojik açıdan sürdürülebilir üretim sistemi olmakla birlikte tüketici, hayvan ve çevre sağlığını gözeten, yüksek korunma ve yüksek kalite standartları sağlayan bir sistemdir (Doluschitz, 2003).

Hassas hayvancılık uygulamaları, işletmelerin yönetim stratejilerini ve çiftlik performansını iyileştirmek için hayvanların bireysel fizyolojik, davranışsal ve üretim göstergelerini ölçmek için teknolojilerin kullanılmasıdır. (Van Asseldonk et al. 1993) Hassas Hayvancılık,

hayvanların üretim sürecini gerçek zamanlı olarak izleyen ve gerektiğinde anlık uyarılar ile çiftçileri bilgilendirerek hayvan sağlığı, refahını ön planda tutan daha kontrollü bir çiftlik yönetim anlayışı sunmaktadır. Hassas hayvancılık uygulamaları, hayvanlar üzerinde ekstra strese yol açmadan sürekli ve tam otomatik takip edilmesini sağlayan bir sistemdir (Berckmans, 2004, 2013).

Bu teknolojiler, üreticilerin bilinçli ve zamanında kararlar almalarını sağlayarak daha iyi üretkenlik ve kar sağlar (Van Asseldonk et al. 1993). Gerçek zamanlı veriler, hayvanları izlemek ve anlamlı sapmaları belirleyerek raporlar oluşturmak için kullanılabilir. Çoğu durumda, çiftlik yönetimi ve kontrol faaliyetleri otomatikleştirilebilir (Delorenzo and Thomas, 1996).

Alternatif olarak, sistemden elde edilen veriler, yöneticinin yorumlaması için bir tavsiye sağlayabilir (Pietersma et al. 1998). Hassas yönetim teknolojilerinden elde edilen bilgiler, ancak karar verme aşamasında, etkin bir şekilde yorumlanması ve kullanılması durumunda faydalıdır. Hassas Süt Çiftçiliği teknolojilerinden elde edilen büyük miktardaki verilerin yorumlanması için entegre, bilgisayarlı bilgi sistemleri gereklidir.

Hassas Süt Çiftçiliği kapsamındaki teknolojiler, günlük süt verimi kaydı, her sağımda süt içindeki belirli özelliklerin (ör. yağ içeriği veya progesteron) ölçümüne kadar geniş bir yelpazeye sahiptir. Hassas hayvancılık uygulamalarının ana hedefleri, bireysel hayvan potansiyelini en üst düzeye çıkarmak, hastalığın erken tespiti ve koruyucu sağlık önlemleri yoluyla ilaç kullanımını en aza indirmektir. Hassas Süt Hayvancılığı, doğası gereği bilişim, biyoistatistik, etoloji, ekonomi, hayvancılık, hayvan besleme ve mühendislik kavramlarını içeren disiplinler arası bir alandır (Spilke ve Fahr, 2003).

Hassas hayvancılık uygulamaları, teknolojik altyapıyla uyumlu bir halde 7/24 (gün/saat) kontroller ve gerekli analizler ile incelenir. PLF sistemi bir şeyler ters gittiğinde çiftçilere anlık uyarılar göndererek o anda ilgilenmesi gereken hayvanlar durumunu bildirir. Kamera, gerçek

zamanlı görüntü analizleri, mikrofon, gerçek zamanlı ses analizleri, hayvanın etrafındaki veya üzerindeki sensörler yardımı ile hayvanlar bireysel olarak izlenir. Gerçek zamanlı süreç yönetimleri ve diğer alanlarına (uzay uygulamaları, askeri sistemler, uçaklar, endüstriyel süreçler vb.) bakıldığında, model tabanlı kontrol kavramının süreç yönetiminde hemen hemen tüm problemlerin tespitinde uygulanabileceği açıktır (Berckmans, 2004, 2013).

Hassas Sürü yönetim sistemlerinin amacı; hayvanların bireysel performanslarını tespit etmek ve genetik potansiyelinden en yüksek oranda faydalanabilmek, erken tanı-teşhis ve diğer koruyucu önlemleri alıp uygulamaktır. Sürü yönetim yazılımlarıyla işletmede bulunan hayvanların sağım, yemleme, kızgınlık, tohumlama, buzağılama, verim bilgilerinin düzenli toplanması sağlanmaktadır. Elde edilen bilgiler analiz edilerek sürü performansı ve sağlık durumları izlenebilir ve bilgiler rapor edilerek gerekli önlemler zamanında alınabilir (Tarhan vd., 2015).

Hassas Süt Hayvancılığı teknolojilerinin faydaları arasında artan verimlilik, azalan maliyetler, iyileştirilmiş ürün kalitesi, en aza indirilmiş olumsuz çevresel etkiler, iyileştirilmiş hayvan sağlığı ve refahı yer alır. Bu teknolojilerin sağlık, üreme ve kalite kontrol alanlarında büyük etkiye sahip olması muhtemeldir (De Mol, 2000).

Veri özetleme ve istisnai durumların raporlaması işletmeler açısından önemli faydalar sağlamaktadır. Bu da bireysel hayvan gözleminin daha zor olduğu ve meydana gelen aksi durumların tespit edilme olasılığının daha düşük olduğu büyük sürülere sahip işletmeler için daha yüksek fayda sağlaması beklenmektedir (Lazarus ve diğerleri, 1990).

Sürü popülasyonlarının artması dolaylı olarak hayvan işletimlerinde nitelikli işgücüne duyulan ihtiyacın oluşmasına ve daha fazla girdiye neden olacaktır. Ekonomik ve sürdürülebilir bir üretim yapmak isteyen işletmeler için Hassas Süt Çiftçiliği teknolojileri daha uygulanabilir hale gelmektedir. Hassas sürü yönetim sistemlerinde başlıca ileri

teknolojik uygulamalar şu şekildedir (Kaya vd.,1994; Frost vd., 1997; Doluschitz, 2003)

2.1- Elektronik Hayvan Tanıma Sistemleri

Birçok otomasyon uygulaması için kilit bir teknoloji görevi Elektronik Hayvan Tanıma Sistemleri (EHTS) son yıllarda yoğun olarak süt sığırcılığında kullanılmaya başlanmıştır (Artmann, 1999). Hayvanlarda tanımlama ilevi gören plastik küpe, mikroçip, elektronik kulak küpesi, bolus ya da bileklik gibi vasıtalar kullanılmaktadır. Elektronik tartı ile ağırlık ölçümü ve dinamik okuma gibi çiftlik şartlarında yönetsel faaliyet ile birlikte transponder nakil aracı olarak yapılmış işkembe boluslarının ve kulak küpelerinin modern hayvancılıkta kullanımını mümkün kılar (Nääs et al., 2006) Kulak küpesine basılan kulak numarası, RFID transfer yongalarıyla ilişkisiyle hayvanlara ait data oluşturulmaktadır. Oluşturulan data da hayvanların yaşı, cinsiyeti, ebeveynlerin kulak numarası, hastalık hikâyesi gibi bilgiler bulunabilmektedir (Tuna, 2005).

Çiftliklerde ve diğer hayvan habitatlarına uygun çeşitli hayvan tanımlama sistemleri geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Radyo frekansı tanımlama (RFID) teknolojisi de dâhil birçok sistem uygulanmıştır. 1900 yıllardan itibaren küresel bir trend haline gelmiştir. RFID, radyo frekansı ile elektromanyetik alan oluşturan bir okuyucu aygıttan ve transponder olarak nitelendirilen aktif olmayan bir verici künyeden oluşmaktadır. Verici künye (transponder), okuyucu cihaz sayesinde meydana gelen elektromanyetik alan kapsamına girerek burada oluşan enerjiyi kullanır ve önceden programlanmış elektronik kodları ileterek hayvanların tanımlanmasında kullanılır (Erasmus et al. 1999; Balch et al., 2004). Hali hazırda geliştirilen tanımlama sistemleri, görsel tanımlamaya dayalı geleneksel sistemler yerine otomasyona izin veren elektronik teknolojilere dayanmaktadır. Standardizasyon Örgütü (ISO), radyo frekanslı hayvan tanımlama cihazları için üreticilerin sistemleri arasında uyumluluğu sağlayan bir standart tanımlanmıştır (Artmann,

1999; Eradus et al., 1999; Klindtworth et al., 1999; Ntafis et al., 2008; O'Connor, 2009; Samada et al., 2010; Balch et al., 2004).

Bireysel hayvan tanımlama teknolojileri;

- (i) Her bir hayvanın kökenini tanımlamalı;
- (ii) Konumdan konuma her bir hayvanın yolunu izlemeli
- (iii) Hastalığa maruz kalan her hayvanın izini sürmeli
- (iv) Hayvan sağlığı tehdidini ortadan kaldırmalı veya kontrol altına almalı
- (v) Bir salgından saatler sonra bilgi almalı ve müdahale stratejilerini uygulanmalı
- (vi) Tüketici güvenini arttırılmalı
- (vii) Hayvanın yaşam öyküsü hakkında alıcılara güven sağlamalı ve her hayvanı kusursuz şekilde tanımlamalıdır. (McKean, 2001; USDA, 2009).

2.2 Süt Sağım Üniteleri

Bu ölçüm sistemleri ile ineklere ait süt verimi, süt akış hızı, süt sıcaklığı, sağım zamanı, sağım süresi, sütün elektrik iletkenliğine dair datalar ölçülerek otonom bir şekilde bilgisayara kaydedilmektedir. Süt sığırcılığı alanında kullanılan Elektronik süt ölçüm sistemleri en önemli hassas teknoloji uygulamalarından biridir (Balch et al., 2004). Dünya genelinde bu amaca uygun geliştirilmiş bir çok farklı süt sağım ve ölçüm cihazları mevcuttur. ICAR (Uluslararası Hayvan Kayıt Komitesi) tarafından onaylanmış otomatik süt ölçüm cihazlarının bazıları sadece süt miktarını ölçerken bazı cihazlar da sağım ve sağılan sütle ilgili kapsayıcı ölçümler yapabilmektedir. (Frost et al., 1997). Böyle sistemlerin bazı önemli avantajları ve olanakları şöyledir.

- Doğru kayıt tutulmasını ve süt verimi ölçümlerinde daha hızlı ve gerçekçi sonuçlar alınmasını sağlar.

- Hata payı, manuel ölçümlere göre çok daha azdır. -Her sağımda hayvanların verim miktarı devamlı olarak izlenebilmektedir.
- Günlük olarak süt verimine göre hassas beslenme programları ayarlanabilmektedir. Süt miktarındaki ani değişimler zamanında tespit edilerek bireylerin fizyolojik durumu hakkında (kızgınlık veya hastalık) değerlendirmeler yapılabilmektedir.
- Sağım süresine bakılarak, ortalama süt akış hızı belirlenebilmektedir.
- Hayvanlar sağım sürelerine göre gruplandırılarak, yakın sağım süresine sahip bireyler aynı anda sağıma sokularak ortalama sağım süresini düşürme imkânı olabilmektedir.
- Süt sıcaklığı hayvanlarda anormal fizyolojik halleri belirlemek amacıyla kullanılmaktadır.
- Sağım sırasında sütün elektrik iletkenliği de ölçülebilmektedir. Sağım esnasında subklinik mastitislerin dolaylı yoldan teşhisinde elektrik iletkenlik ölçümü kullanılabilir (Uzmay, 2010).

2.3 Hayvan Tartım Sistemi

Bir hayvanın canlı ağırlığı, hayvanın sağlık bilgisi ve ekonomik değeri ile alakalı önemli bir göstergedir. Tartım yapılırken işgücünün fazla olması ve uygun ağırlık ölçüm cihazlarının bulunmaması bağlı sebeplerle az sayıda yetiştirici düzenli olarak tartım yapmaktadır. (Frost et al., 1997). Sağım ünitesi dışında bir geçiş ünitesine kurulur ve elektronik ağırlık algılayıcılarından oluşan tartım sistemiyle hayvanların platformdan geçişleri esnasında ölçümler gerçekleştirilerek bilgisayarlı sürü yönetim sistemine kaydedilir. Sistem üzerinden elde edilen canlı ağırlık değerlerine bakılarak özellikle hayvanların bireysel olarak tükettiği günlük yem miktarı belirlenebilir. Haftalık ağırlık verilerindeki sapmalar ise hayvanın fizyolojik durumu ile ilgili bilgiler vermektedir (Uzmay, 2010).

2.4Aktivite Ölçüm Sistemleri

Otomatik aktivite ölçümü öncelikli olarak kızgınlığın belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Hayvanlarda hareketlilik kızgınlık döneminde artmaktadır. Belli bir zaman dilimindeki hareket düzeyinde önemli miktarlarda değişim göstermesi üreticiler için önemli bir kızgınlık belirtisidir. Bu belirti, kızgınlık durumundan yararlanmak amacıyla pedometre olarak bilinen otomatik hareket sayıcı elektronik cihazlar geliştirilmiştir. Pedometreler temel olarak ani hayvan hareketleriyle kapanan bir aktivite sayımı yapan elektronik ölçüm cihazlarıdır. Pedometreler hayvanın boynuna veya ayağına tasma ile takılır ve elektronik tanıma künyelerine entegre olabilmektedir. Pedometreler kızgınlık döneminde bulunan hayvanların %70-80'ini saptayabilmektedir. (Kastelic, 2001).

2.5. Yem Üniteleri

Bilgisayarlı sürü yönetim sistemlerine bağlı bu üniteler hayvanların bireysel düzeyde otomatik olarak yemlenmesine olanak sağlar. Kullanıcı tarafından belirlenen kriterler doğrultusunda hayvanların günlük yoğun yem tüketim miktarı ayarlanabilmektedir. Bir öğünde verilecek yem miktarı ve besleme sıklığını kontrol edilebilir bunun yanı sıra hayvan başına tüketilen günlük toplam yem miktarı ve tüketilmeyen yem miktarları hesaplanabilmektedir (Artmann, 1999; Eradus et al., 1999; Klindtworth et al., 1999)

3. SONUÇ

Tarihsel olarak, hayvan sahipleri ve üreticiler, hayvanları tanımlamak için deneyim ve yargı kullanmışlardır. Bu beceri paha biçilemez ve asla otomatik teknolojilerle değiştirilemez olsa da, bir hayvanın fizyolojik durumunu algılamak hayvan sahipleri açısından zordur. Çoğu zaman, bir hayvan klinik stres veya hastalık belirtileri gösterdiğinde, müdahale etmek için çok geçtir. Bu kolayca gözlemlenebilir klinik semptomlardan önce tipik olarak insan gözünden kaçan fizyolojik tepkiler (Örneğin, sıcaklık veya kalp hızındaki değişiklikler) gelir.

Hassas sürü yönetim sistemleri, hayvanları tanımlayarak fizyolojik parametrelerinde değişiklik olması durumunda daha erken müdahale imkânı sağlar. Süt ineklerinin fizyolojik olarak izlenmesine yönelik teknolojiler ile birlikte işletmelerin gelecekte daha fazla hayvan varlığına sahip olacağı ve emek yoğunluğu daha az işgücü ile yönetileceği değerlendirilmektedir. Günümüzde süt ürünleri işletmeleri, büyük ölçüde tarımsal fiyatlarının düzenlenmesine, desteklemelerin yetersiz olmasına aynı zamanda hayvancılığa katılımının azalması nedeniyle hayvansal üretimin azalmasına neden olmaktadır. (Kastelic, 2001).

Sonuç olarak, üretim veya verimlilikteki küçük değişiklikler karlılık üzerinde büyük bir etkiye sahip olabilir. Ortaya çıkan rekabet artışı, verimlilik dürtüsünü yoğunlaştırdı ve iş ve finansal yönetime verilen önemin artmasına neden oldu. Ayrıca, üreticiler için karar verme ortamı, tüketicinin korunması, sürekli kalite güvencesi, doğal gıdalar, patojen içermeyen gıdalar, zoonotik hastalık bulaşması, tıbbi tedavilerin kullanımının azaltılması ve bakım için artan endişe bu teknolojik uygulamalar sayesinde önemli ölçüde değişmiştir. Bu değişen demografi, süt işletmelerinin yönetilme biçiminde devam eden bir değişikliği yansıtıyor. Büyük ölçüde, bu değişikliklerin çoğu, genetik, beslenme, üreme, hastalık kontrolü ve süt hayvancılığı dahil olmak üzere süt hayvancılığının tüm yönlerindeki muazzam teknolojik ilerlemeye atfedilebilir (W. Nelson Philpot (2003)

Hassas üretim teknolojilerini saha uygulamasına taşımak ve güvenilir çözümler üretmek için çiftliklerde PLF teknolojilerinin daha fazla geliştirilmesi ve test edilmesi gerekmektedir (Schulze ve diğerleri, 2007).

KAYNAKLAR

- Artmann, R. 1999. Electronic identification systems: state of the art and their further development. *Computers and Electronics in Agriculture* 24: 5–26
- Balch, T.; Feldman, A.; Wilson, W.P. 2004. Assessment of an RFID System for Animal Tracking. Georgia Institute of Technology, CC Technical Report; GIT-CC-04-10. Available at: [http:// smartech.gatech.edu/handle/1853/6495](http://smartech.gatech.edu/handle/1853/6495) [Accessed Jan. 30, 2011]
- Berckmans, 2004. “Automatic on line monitoring of animals by precision livestock farming”. In: *Animal production in Europe: The way forward in a changing world*. ISAH. Saint Malo, France.
- Berckmans, 2013. “Precision Livestock Farming as a Tool to Improve the Welfare and Health of Farm Animals”. In: *ISAH-China*.
- De Mol, R. M. 2000. Automated detection of oestrus and mastitis in dairy cows. Page 177. Vol. PhD Thesis. Wageningen University, Wageningen, the Netherlands.
- Delorenzo, M. A. and C. V. Thomas. 1996. Dairy records and models for economic and financial planning. *J. Dairy Sci.* 79(2):337-345
- Doluschitz, R. 2003. Precision agriculture—Applications, economic considerations, experiences and perspectives. EFITA 2003 Conference, 5-9 July 2003, Debrecen, Hungary. p. 541-546.
- Eradus, W.; Janssen, B. 1999. Animal identification and monitoring. *Computers and Electronics in Agriculture* 24: 91–98
- FAO. 2012. Impact of animal nutrition on animal welfare—Expert Consultation 26–30 September 2011. *Animal Production and Health Report*, No. 1. Rome, Italy.
- Frost, A.R., Schofield, C.P., Beulah, S.A., Mottram, T.T., Lines, J.A., Wathes, C.M. 1997. A review of
- Kastelic, J.P. 2001. Computerized heat detection. *Advances in Dairy Technology* 13: 393-402.
- Kaya, İ., Uzmay, C., Kaya, A. 1994. Süt sığırcılığında bilgisayara dayalı sürü yönetimi. *Tarımda Bilgisayar Uygulamaları Sempozyumu*, 5-7 Ekim 1994, İzmir. S.156-161.
- Klindtworth, M.; Wendl, G.; Klindtworth, K.; Pirkelmann, H. 1999. Electronic identification of cattle with injectable transponders. *Computers and Electronics in Agriculture* 24: 65–79.
- Klon, W. and Windhorst, H.W., 2001. *Das agrarische Intensivgebiet Süddoldenburg. Entwicklungen. Strukturen. Probleme. Perspektiven.* Vechtaer Materialien zum Geographieunterricht (VMG), issue 2. 3rd new edition. Vechta, Germany

- Lazarus, W. F., D. Streeter, and E. Jofre-Giraud. 1990. Management information systems: impact on dairy farm profitability. *North Cent. J. Agric. Econ.* 12(2):267-277.
- Liu, J., Sun, S., Ninomiya, S., Cai, H. 2003. Three precision agriculture patterns based on technology and resources in China. EFITA 2003 Conference, 5- 9 July 2003, Debrecen, Hungary. p. 552-558.
- livestock monitoring and the need for integrated systems. *Comput. Electron. Agric.* 17: 139-159.
- McKean, J. 2001. The importance of traceability for public health and consumer protection. *Revue Scientifique et Technique* 20: 363–371.
- Nääs, I.A, Victor C.C., Daniella J.M. and Mario M., 2006. Section 5.9 Precision Livestock Production, pp.313-325 of Chapter 5 Precision Agriculture. CIGR Handbook of Agricultural Engineering Volume VI Information Technology
- Ntafis, V.; Patrikakis, C.; Xylouri, E.; Frangiadaki, I. 2008. RFID Application in animal monitoring. p. 165–184. In: Yan, L.; Zhang, Y.; Yang, L.T.; Ning, H., eds. *The internet of things: from RFID to pervasive networked systems*. Auerbach Publications, Boca Raton, FL, USA
- O'Connor, M.C. 2009. Danish dairies adopt RFID to improve yield. Available at: <http://rfidjournal.com/article/view/5083> [Accessed Jan. 30, 2011]
- Philpot, W. N. 2003. Role of technology in an evolving dairy industry. Pages 6-14 in 2003 Southeast Dairy Herd Management Conference, Macon, Georgia.
- Pietersma, D., R. Lacroix, and K. M. Wade. 1998. A framework for the development of computerized management and control systems for use in dairy farming. *J. Dairy Sci.* 81(11):2962-2972.
- Samada, A.; Murdeshwarb, P.; Hameed, Z. 2010. High-credibility RFID-based animal data recording system suitable for smallholding rural dairy farmers. *Computers and Electronics in Agriculture* 73: 213–218
- Schulze, C., J. Spilke, and W. Lehner. 2007. Data modeling for Precision Dairy Farming within the competitive field of operational and analytical tasks. *Comput. Electron. Agric.* 59(1- 2):39-55.
- Spilke, J. and R. Fahr. 2003. Decision support under the conditions of automatic milking systems using mixed linear models as part of a precision dairy farming concept. Pages 780-785 in EFITA 2003 Conference, Debrecen, Hungary.
- Tarhan, S., Özgüven, M. M. ve Ertuğrul, M., 2015. Süt Sığırcı İşletmelerindeki Bilgi Teknolojileri Uygulamaları. GAP VII Tarım Kongresi, 28-30 Nisan, Şanlıurfa.
- Tuna H., 2005. Büyükbaş Hayvanların Zeki RF Kartlarla İnternet Üzerinden Kimliklendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üni., Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

- United States Department of Agriculture [USDA]. 2009. A focus on animal electronic identification Available at: http://healthymeals.nal.usda.gov/fsrio/document_fsheet.php?product_id=61 [Accessed Aug. 28, 2009]
- Uzmay, C., Kaya, İ. ve Tömek, B., 2010. Süt Sığırcılığında Hassas Sürü Yönetim Uygulamaları. Hayvansal Üretim, 2(51), 50-58.
- Van Asseldonk, M. A. P. M., R. B. M. Huirne, A. A. Dijkhuizen, and A. J. M. Beulens. 1999a. Dynamic programming to determine optimum investments in information technology on dairy farms. Agric. Syst. 62(1):17-28.
- Windhorst, H.W. 2006. Changes in poultry production and trade worldwide. Worlds Poult. Sci. J. 62:585–602

BÖLÜM 11

İNEK SÜTÜ PROTEİN ALERJİSİ VE ALERJENLER

Arş. Gör. Murat Emre TERZİOĞLU^{1*}, Hüsamettin TUNÇ²,

Prof. Dr. İhsan BAKIRCI³

¹ Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 25240, Erzurum, Türkiye <https://orcid.org/0000-0001-6370-0694>

*Sorumlu yazar: murat.terzioglu@atauni.edu.tr

² Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 25240, Erzurum, Türkiye <https://orcid.org/0000-0002-9903-9217>

³ Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 25240, Erzurum, Türkiye <https://orcid.org/0000-0002-3744-3863>

1. Giriş

İnsanoğlunun yaşamını devam ettirebilmesi için zaruri bir ihtiyaç olan beslenme, hücrelerin gelişimi, onarımı ve işlevlerinde önemli rol oynayan majör ve minör besin öğelerinin gıdalar vasıtasıyla vücuda alınması olarak tanımlanmaktadır. Süt, içermiş olduğu laktoz, yağ ve protein gibi majör bileşenlerin yanı sıra vitamin ve mineral maddeler gibi minör bileşenler açısından eşsiz bir temel gıda maddesidir. Ayrıca doğada laktozu ve kazeini bünyesinde barındıran tek gıda olan süt, yeni doğan canlıların beslenmesinde kullanılan ilk gıda maddesidir. İçme sütü olarak direkt tüketilebildiği gibi çeşitli süt ürünlerinin üretiminde hammadde olarak kullanılan inek sütü; ortalama %4,7 oranında laktoz, %3,7 oranında yağ, %3,4 oranında protein ve %0,7 oranında mineral madde içermektedir (Çetinkaya, 1998; Metin, 2014). Diğer taraftan inek sütü zengin bileşimiyle sağladığı birçok faydaya rağmen vücutta toksik olmayan laktoz intoleransı veya süt alerjisi gibi istenmeyen reaksiyonlara da yol açabilmektedir (Maryniak ve ark., 2022).

Vücutta immünolojik mekanizmalarla gelişen ve istenmeyen reaksiyonlar olarak nitelendirilen alerji; toksik veya toksik olmayan reaksiyonlar olarak iki gruba ayrılmaktadır (Polidori ve Vincenzetti, 2013; Koca ve Akçam, 2015; Guler ve ark., 2020). İnsan vücudunda gıdaya karşı gelişen ilk tepki 2000 yıl kadar önce Hipokrat tarafından tanımlanmış olup bu reaksiyonun inek sütünden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Ardından yapılan çalışmalar neticesinde inek sütü tüketimiyle meydana gelen alerjinin vücutta süt proteinlerine (α_{s1} -, α_{s2} -, β - ve κ -kazein, α -laktalbümin (α -LA) ve β -laktoglobulin (β -LB)) karşı gösterilen immünolojik reaksiyonlardan kaynaklandığı belirlenmiştir (Tiemessen ve ark., 2004; Crittenden ve Bennett, 2005; Polat, 2022).

Geçmişten günümüze kadar tanı ve tedavi yöntemlerinin kesinleşmemesi, kişiden kişiye farklı semptomlar seyretmesi ve alternatif kaynakların tam olarak sunulamaması gibi nedenlerden dolayı en sık görülen gıda kaynaklı sağlık sorunlarından biri olan alerji dünya

genelinde büyük bir halk sağlığı sorunu haline dönüşmüştür. Bu nedenle mevcut çalışmada, gıda alerjisi, inek sütü protein alerjisi ve inek sütü alerjenleri detaylı bir şekilde ele alınmıştır.

1.1. Gıda alerjisine genel bakış

Genel olarak, gıdanın kendisinin veya gıdayla birlikte alınabilecek diğer unsurların immünolojik veya immünolojik olmayan mekanizmaların neden olabileceği rahatsızlıkları gıda reaksiyonları başlığı altında toplamak daha doğru olacaktır. Gıda intoleransı, gıda alerjisi ile aynı belirti ve semptomların bazılarını üretebilmekte ve bu yüzden bu terimler genellikle birbirleriyle karıştırılmaktadır. Gıda alerjisinde vücutta birçok organ etkilenmekte ve bağışıklık sisteminde meydana gelen reaksiyonlar sonucu çeşitli semptomlar görülmektedir. Bu reaksiyonların şiddeti ölümcül boyutlara dahi ulaşabilirken gıda intoleransının semptomları ise genellikle daha az belirgin ve sindirim problemleriyle sınırlı kalmaktadır (Besler ve Öztürk, 2008). Yaşam kalitesini olumsuz etkileyen semptomlarla ilerleyen gıda alerjisi; genel olarak vücutta alınan proteinlere immün toleransın bir tepkisi olarak nitelendirilmekte olup vücudun verdiği tepki hafif semptomlarla seyredebileceği gibi anafilaksiye kadar ilerleyebilmektedir. İnsan vücuduna giren ve kanda antikor oluşturan yabancı madde "antijen", oluşturulan zıt madde ise "antikor" olarak tanımlanmakta ve antijenler alerjiye neden olduğunda ise "alerjen" olarak adlandırılmaktadır. Günümüzde gıda alerji vakalarına gelişmiş ülkelerde daha sık rastlanılmakta olup çocukların daha hassas olduğu vurgulanmaktadır (Çetinkaya, 1998; Tercanlı ve Atasever, 2021). Yaygın olarak görülen gıda alerji vakalarına inek sütü, yumurta, yer fıstığı, balık, bakliyatlar, kuruyemişler, çeşitli kabuklu su ürünleri, buğday, soya ve susam gibi ürünlerin neden olduğu bildirilmiştir (García ve Lizaso, 2011; WHO, 2022).

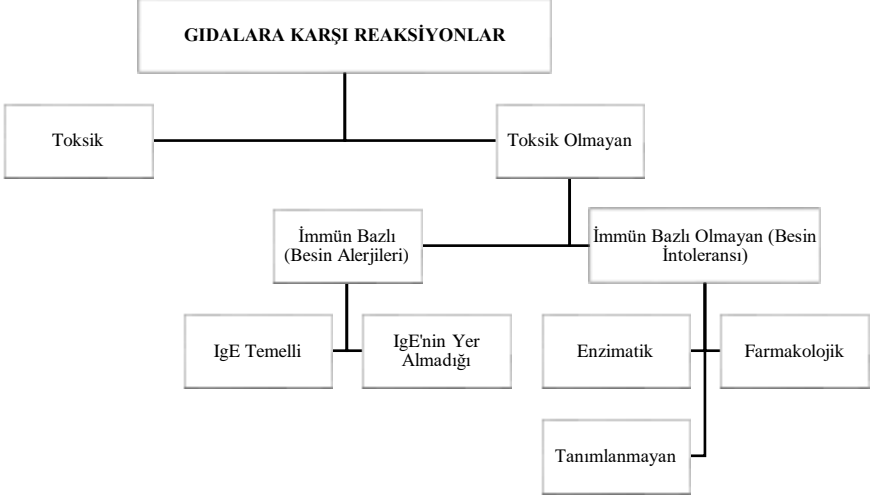
1.2. Gıda alerjilerinde alerjenler ve antikorlar

Genellikle bağışıklık sistemi ile ilgili olan gıda alerjisi tüketilen gıdanın; sindirim sistemi, beyaz kan hücreleri ve gıdaya özgü antikorlar ile arasındaki etkileşim neticesinde meydana gelmektedir. Gıda reaksiyonları, bağışıklık sisteminin karşılaştığı zorlu bir antijenik meydan okumadır. Bağışıklık sistemi gıda antijenleri tarafından aktive edildiğinde, beyaz kan hücreleri ve antikorlarla birlikte çalışarak bazı yan etkileri meydana getirebilmektedir (Robertson ve Wright, 1987). Antikorlar Gamma A immünoglobulin (IgA), Gamma D immünoglobulin (IgD), Gamma M immünoglobulin (IgM), immünoglobulin E (IgE) ve immünoglobulin G (IgG) olmak üzere beş ana başlıkta toplanabilmektedir. Bunlar arasında IgE erken reaksiyonlarda yer alırken diğer antikorlar gıda alerjilerinde geç reaksiyonlarda rol oynamaktadır (Robertson ve Wright, 1987). Gıda alerjileri bebeklik döneminden ve hatta anne karnından itibaren insan yaşamını etkilemektedir. Akut veya subakut inflamasyona neden olan gıdaya özgü IgE antikorları, mast hücreleri yüzeyinde tepkimeye girerek gıda alerjisine yol açmaktadır. IgE'nin neden olduğu gıda alerjisi yetişkinlere kıyasla çocuklarda daha yaygın görülmektedir. Gıda alerji yaygınlığının çocuklarda %2-8 oranında, yetişkinlerde yaklaşık %1 oranında ve genel popülasyonda ise %2 oranında olduğu bildirilmiştir (Chipps, 2000; NIAID, 2021). Bu tip alerjilerin çocuklarda daha yaygın olmasına karşın yetişkinlerde daha az görülmesi, gıdalara karşı gelişen alerjilerin zaman içerisinde düzelme eğiliminde olmasıyla açıklanmaktadır. İnek sütü ve yumurta gibi gıdalara bağlı alerjiler yaşa bağlı olarak azalabilirken yer fıstığı, balık, kabuklu deniz ürünleri ve kuruyemiş kaynaklı alerjilerin çok uzun yıllar hatta yaşam boyu devam edebildiği bildirilmektedir (Anonim, 2022).

1.3. Gıda alerjilerinin sınıflandırılması

Toksik olmayan gıda reaksiyonları; alerjen veya bağışıklık sistemi reaksiyonu olmayan gıda intoleransı ve bağışıklık sistemi tarafından

gıdaya karşı aşırı duyarlılık reaksiyonları olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (Besler ve Öztürk, 2008).



Şekil 1. Gıdalara Karşı Gelişen Reaksiyonlar

Gıda alerjisi gıdaya özgü İgE antikorlarının üretimine artmasına neden olmaktadır. İgE dışındaki bağışıklık mekanizmalarının daha yaygın olduğu durumlar, İgE'nin aracılık etmediği (non-İgE) gıda alerjisi olarak tanımlanmaktadır. Mix alerjenlerde her iki mekanizma da rol oynamaktadır (Ortolani ve ark., 2001; Giannetti ve ark., 2021).

Bağışıklık sisteminin aracı olduğu, gıdaların alınmasından sonra ortaya çıkan farklı alerjik reaksiyon tipleri;

- A. İgE aracılı gıda reaksiyonları (Tip I reaksiyon)
- B. İgE aracılı olmayan gıda reaksiyonları
 - a. Tip II sitotoksik reaksiyonlar
 - b. Tip III immün kompleks reaksiyonları
 - c. Tip IV geç aşırı duyarlılık reaksiyonları
- C. Mix Tip Reaksiyonlar olmak üzere sınıflandırılmaktadır (Başpınar ve ark., 1998).

1.3.1. IgE aracılı gıda reaksiyonları (Tip I reaksiyon)

Gıda alerjisinin en sık görülen formu (%85) olup ani tip reaksiyon olarak ifade edilmektedir. İlk maruziyetten sonra, kişi duyarlı hale gelmekte ve mast hücreleriyle bazofillerin yüzeyinde açığa çıkan genellikle E sınıfı immünoglobulinler olan spesifik antikorların sentezini uyarmaktadır. İkinci bir maruziyetten sonra antijen, mast hücrelerinin ve bazofillerin degranülasyonuna ve ardından kimyasal aracılardan salınmasına yol açan IgE'ye bağlanmaktadır (Creus, 2004).

1.3.2. IgE aracılı olmayan gıda reaksiyonları

1.3.2.1. Tip II sitotoksik reaksiyonlar

Tip II aşırı duyarlılık reaksiyonu, antikorların (IgG veya IgM) hücrenel veya hücre dışı matris antijenlerine karşı yönlendirildiği ve sonuçta hücrenel yıkım, fonksiyonel kayıp veya doku hasarı ile sonuçlanan antikor aracılı bir bağışıklık reaksiyonunu ifade etmektedir (Marshall ve ark., 2018). Gıda alerjisinin en az %75'inde, hücre yıkımı olduğu düşünülmektedir. Bağışıklık sistemi gıda alerjenleriyle karşılaştığında yıkıma uğramaktadır. Tip II aşırı duyarlılığın gıda kaynaklı alerjik reaksiyonlarda önemli bir rol oynadığını gösteren birkaç raporda, antikora bağımlı trombositopenin süt tüketimiyle geliştiği bildirilmiştir (Trevino, 1981).

1.3.2.2. Tip III immün kompleks reaksiyonları

Tip III reaksiyonları, antijenin dolaşımdaki IgG veya IgM antikorları ile etkileşimi neticesinde meydana gelmektedir. Genellikle gıdanın alınmasının akabinde 8-12 saat içinde ortaya çıkan yarı gecikmeli bir reaksiyon türüdür. Semptomlar genellikle sindirim sistemiyle kısıtlı kalmaktadır (Creus, 2004).

1.3.2.3. Tip IV geç aşırı duyarlılık reaksiyonları

Tip IV reaksiyonları, antijenin sitokinleri serbest bırakan duyarlı T lenfosit hücreleriyle etkileşiminden kaynaklanmaktadır. Genellikle gıda alımından 24-48 saat sonra ortaya çıkan gecikmiş etkili bir alerji türüdür. Semptomlar genellikle sadece sindirime yönelik ve kronik olarak ortaya çıkmaktadır (Creus, 2004).

1.3.3. Mix tip gıda alerjileri

Mix tipi gıda alerji reaksiyonlarında IgE ve non-IgE aracılı immünolojik mekanizmalar birlikte rol almaktadır. Semptomlar inek sütü alımını takiben saatler veya günler içinde ortaya çıkabilmektedir (Ko ve Mayer, 2005).

2. İnek Sütü Proteini Alerjisi

2.1. İnek sütü proteini alerjisinin tanımı

İnek sütü alerjisi; inek sütü proteinlerine karşı bağışıklık sisteminin olumsuz bir tepkisidir (Benhamou ve ark., 2009). Dünya Sağlık Örgütü (WHO) inek sütü alerjisini immünolojik mekanizmalar tarafından tetiklenen aşırı duyarlılık reaksiyonu olarak tanımlamaktadır (Fiocchi ve ark., 2010). İnek sütü alerjisi çocukların çoğunda, rahatsızlıklara IgE'nin aracılık etmesi ile seyretmektedir. İnek sütü proteini alerjisi görülen çocuklarda ürtiker, anafilaksi, atopik dermatit, alerjik rinit ve astım gibi sağlık sorunları eş zamanlı olarak görülebilmektedir. Bazı hastalarda ise rahatsızlıklara IgE neden olmamakta ve alerji genellikle gastrointestinal bulgulara dönüşmektedir (Fiocchi ve ark., 2010; Giannetti ve ark., 2021).

2.2. İnek sütündeki alerjenler ve kimyasal karakterleri

Süt, nispeten protein açısından zengin olup bu proteinlere duyarlı kişilerde alerjik reaksiyonlara neden olmaktadır (Lieberman ve Sicherer, 2011). Sütte alerjik reaksiyona neden olabilecek en az 20

protein bileşeni olduğu düşünülmektedir (Wal, 1998). Tablo 1’de süt alerjenleri ve dağılımları gösterilmektedir. Sütte bulunan alerjik proteinler, peyniraltı suyu (PAS) proteinleri ve kazein olarak iki gruba ayrılmaktadır. Süte görünümünü veren misel kompleksinden oluşan kazein sütteki proteinin %80’ini temsil etmekte olup ve kazeinin de %70’i α -s₁ ve β -kazeinden oluşmaktadır. PAS proteini ise daha az miktarlarda bulunmakta ve %50’sini β -LG oluşturmaktadır. Anne sütünde bulunmayan β -LG, daha önceleri sütteki en önemli alerjen olarak kabul edilmekteyken yapılan çalışmalar neticesinde birden fazla proteinin inek sütü protein alerjisinden sorumlu olduğu ortaya konulmuştur (Fiocchi ve ark., 2010). Nitekim sütteki en önemli alerjenlerin kazein, β -LG ve α -LA olduğu bildirilmektedir. Diğer taraftan ise sütte düşük miktarlarda bulunan sığır serum albümini, sığır immüoglobulini ve laktoferrinin hastaların %35-50’sinde duyarlılığa neden olan diğer bileşenler olduğu rapor edilmiştir (Aydemir, 2019).

Tablo 1. İnek Sütünde Yer Alan Alerjenler (Aydemir, 2019)

Fraksiyonlar	Proteinler	Alerjen	g/L	Total Protein %
Kazein		Bos d 8	~30	80
	α _{s1}		12-15	29
	α _{s2}		3-4	8
	β		9-11	27
	κ		3-4	10
PAS Proteinleri			~5,0	20
	α -LA	Bos d 4	1-1,5	5
	β -LG	Bos d 5	3-4	10
	İmmüoglobulin	Bos d 7	0,6-1,0	3
	Sığır Serum Albümin	Bos d 6	0,1-0,4	1
Diğer Fraksiyon	Laktoferrin	-	0,09	Eser

PAS: Peyniraltı suyu, α -LA: Alfa-laktalbümin, β -LG: Beta-laktoglobulin

2.2.1. Alfa-laktalbümin (α -LA) (Bos d 4)

Asidik karakterde olan α -LA, 123 amino asitten ve 14,2 kDa molekül ağırlığına sahip zincirden oluşmakta ve PAS’ın ikinci en baskın kalsiyum bağlayıcı proteini olarak nitelendirilmektedir (Villa ve ark.,

2018). Dört disülfid köprüsünden oluşan α -LA, yüksek afiniteli bir kalsiyum bağlama konumu aracılığıyla sekonder yapısında stabilite sağlamaktadır. α -LA'nın kalsiyuma bağlanması, tersiyer yapısında belirgin değişikliklere neden olmaktadır. Kalsiyum, iyi düzenlenmiş sekonder ve kompakt tersiyer küresel yapının stabilitesinin korunmasında çok önemli bir rol oynarken alerjen konformasyonundaki herhangi bir değişiklik, proteinin termal stabilitesini azaltmaktadır (Goff, 2016). Yapılan bir çalışmada süte duyarlı bireylerde α -LA'ya özgü IgE insidansı %27,6-62,8 arasında değişmektedir (Matsuo ve ark., 2015).

2.2.2. Beta-laktoglobulin (β -LG) (Bos d 5)

İnek sütündeki toplam PAS'ın %50-60'ını oluşturan β -LG, biyolojik değeri tam protein olarak kabul edilen yumurta proteininden (100) daha yüksektir (104). β -LG provitamin A'yı bağlamakta ve protein için bir taşıyıcı olarak vazife görmektedir (Liang ve ark., 2016). 18,3 kDa moleküler ağırlığına sahip lipokalin ailesine ait β -LG, 162 amino asitten meydana gelmektedir. İzoelektrik noktası yaklaşık 5,2 olan β -LG suda çözünür bir proteindir (Yadav ve ark., 2015). Doymuş/doymamış yağ asitleri ve D₂ vitamini gibi birçok moleküle bağlanmakta ve kolesterolün yanı sıra antioksidan aktivitede önemli rol oynamaktadır (Adams ve ark., 2006). β -LG ile ilişkili alerjiler, popülasyonun yaklaşık %80'inde rapor edilmiştir (Miciński ve ark., 2013). Bu protein türü anne sütünde bulunmazken inek sütünde bulunmaktadır (Krunic ve ark., 2018). β -LG, β -laktoglobulin A (β -LGA) ve β -laktoglobulin B (β -LGB) olmak üzere iki genetik varyantta sınıflandırılmaktadır (Wal, 2004). β -LG, laktoglobulin dimerizasyonunu indükleyebilen iki disülfid köprüsüne sahip bir serbest sisteinden oluşmaktadır. Disülfid köprüleri, molekülde yüksek proteolitik bölünme stabilitesi ile bağlantılıdır. Bu disülfid bağları, asidik hidroliz ve proteolitik enzimlere karşı yüksek stabilitenin korunmasından sorumludur. Düşük iyonik kuvvet ve pH'da β -LG, sürekli ısıtma altında sert uzun lifler oluşturmaktadır. Bu koşullar altında bir β -LG çözeltisinden destabilize edilmiş bir jel oluşturulmaktadır. β -LG'in bu özelliği, sindirimden sonra stabilitesinin

korunmasına, emilmesine ve bağırsak mukozası yoluyla yüksek alerjenik aktiviteye sahip immünokompetan hücrelere daha fazla maruz kalmasına izin vermektedir (Hochwallner ve ark., 2014).

2.2.3. Sığır serum albümini (Bos d 6)

Toplam PAS'ın yaklaşık %5'ini oluşturan serum albümini, 582 amino asit ile 66,3 kDa moleküler ağırlığına sahip kararlı tersiyer yapıdan oluşan serum protein fraksiyonudur. Serum albümini hormonlar ve iyonlar gibi bir dizi elementin dağılımı ve taşınması gibi çeşitli sahip olduğu biyolojik işlevlerin yanı sıra serbest radikallerin inhibisyonunda hayati bir rol oynamaktadır. Amino asit bileşimi insan kan serumu albüminine oldukça benzer özellik göstermektedir (Villa ve ark., 2018). Serum albümini, doğal antijenik özellikleri koruyan disülfid bağlarının katılımı nedeniyle aşırı duyarlıdır. Süt ve sığır etinde bulunan bu özel protein türü, her iki durumda da alerjiye neden olabilmektedir (Sánchez ve ark., 2020).

2.2.4. İmmüoglobulinler (Bos d 7)

Yaygın olarak antikorlar olarak bilinen immüoglobulinler, plazma hücreleri tarafından üretilen glikoprotein yapıda bileşenlerdir. Bu proteinin biyolojik işlevi, belirli antijenlere karşı bağışıklık koruması sağlamaktır. 64 kDa'lık bir moleküler ağırlığı ile PAS'ın yaklaşık %6'sını ve toplam süt proteininin %3'ünü temsil etmektedir (Mehra ve ark., 2006). Literatürde sığır immüoglobulinlerinin alerjenik potansiyeli hakkında sınırlı data mevcuttur (D'Urbano ve ark., 2010).

2.2.5 Laktoferrin

Laktotransferrin olarak da adlandırılan laktoferrin, moleküler ağırlığı 80 kDa olan bir glikoproteindir. Transferrin ailesinin çok işlevli bir proteini olan laktoferrin çoğu sütte sınırlı olarak bulunmaktadır (Van ve ark., 2012). İki küresel lob halinde katlanan bu protein, her biri güçlü bir demir bağlama afinitesine sahip olan tek bir polipeptit zincirine

sahiptir. Demir iyonlarını bağlama ve taşıma gibi temel biyolojik işlevlerine ek olarak, antibakteriyel, antiviral, antikanserojenik, antiparaziter ve antialerjik özellikleri bulunmaktadır. Laktoferrinin alerjeniteyi tetiklemedeki rolü, bazı süt alerjisi olan bireylerin laktoferrine özgü IgE'ye sahip olmasına karşın bu bireylerin aynı zamanda diğer temel süt alerjenlerine karşı IgE'ye de sahip olması nedeniyle hala net değildir (Negaoui ve ark., 2016).

2.2.6. Kazeinler (Bos d 8)

Kazein, inek sütündeki proteinin %80'ini oluşturmakta olup α_{s1} -, α_{s2} -, β - ve κ -kazein olmak üzere 4 farklı fraksiyondan meydana gelmektedir. Kazein fraksiyonlarının oranları ise sırasıyla %40, %12,5, %35 ve %12,5 olarak verilmektedir. Sütte çok düşük miktarda bulunan γ -kazein, doğal süt enzimi olan plazmin tarafından β -kazein proteininin hidrolizinin bir yan ürünü olarak meydana gelmektedir. Kazeinin, etkili sindirim için kalsiyum ve fosfat taşınması gibi biyolojik işlevleri bulunmaktadır. Fosfat gruplarının serin ile birleşmesiyle meydana gelen ve konjuge bir protein olan kazein, pH 4,6'da düşük çözünürlüğe sahiptir (Fiocchi ve ark., 2010). Ayrıca kazein, yapısında disülfid bağları barındırmamaktadır. Sütte kolloidal yapıda bulunan kazeinin misel yapısında kalsiyum, fosfor, magnezyum, sodyum, potasyum ve sitrat bulunmaktadır (Kavas, 2008). Kazein fraksiyonları arasında α_{s1} -kazein en önemli alerjendir (Monaci ve ark., 2006). Çoğu alerjik hastanın kazeinin tüm fraksiyonlarına duyarlı olduğu bildirilmiş olup kazein kısımlarının farklı oranları nedeniyle hastaların kanındaki kazeine karşı IgE reaksiyonlarının çoğunlukla farklı olduğu rapor edilmiştir (Bernard ve ark., 1998). Chatchatee ve ark. (2001), kalıcı alerji semptomları olan alerjik çocukların kanındaki α_{s1} -kazein ve β -kazeine karşı tüm spesifik IgE antikorlarının seviyesinin önemli ölçüde yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Järvinen ve ark. (2002) yapmış oldukları çalışmada kalıcı inek sütü protein alerjisi olan hastaların kanında 5 IgE bağlayıcı epitop bulmuş ve bunlardan ikisinin α_{s1} -kazein

üzerinde, birinin α_{s2} -kazein üzerinde ve birinin de κ -kazeinin üzerinde olduğunu saptamışlardır (Spuergin ve ark., 1996).

2.3. Farklı sütlerin alerjenik özellikleri

İnek sütüne duyarlılık döneminde, yüksek atopi riski olan veya inek sütü protein alerjisi teşhisi konulan çocuklara bazen gıda ikameleri alternatif olarak sunulabilmektedir. Alternatif kaynaklar keçi sütü, soya sütü içeren formüller, inek sütü hidrolizatları veya amino asit bazlı formüller gibi diğer süt kaynağı proteinlerini içerebilmektedir (Botey ve ark., 1993). Bu bağlamda verilen alternatif kaynaklarda bulunan bileşenlerin biyofiziksel ve alerjenik özelliklerini inek sütüyle karşılaştırarak bu alternatiflerin yeterliliklerini değerlendirmek zaruri hale dönüşmüştür.

Tablo 2. Farklı Süt Türlerindeki Protein Dağılımı (Jandal, 1996)

Protein	Protein (%)		
	İnek	Keçi	Koyun
Toplam Protein	3,1-3,9	2,9-3,1	5,5-6,2
Toplam Kazein	2,3-3,3	2,1-3,3	3,8-5,2
α-s1	37,6-39,5	0-1,9	35
α-s2	7,8-12,1	14-19,3	8
β	33,4-44,6	58,5-60	38
κ	33,4-44,6	14,9-20	17
PAS Proteinleri	0,6	0,4	0,8

PAS: Peyniraltı suyu

Süt proteinlerinin genetik olarak belirlenmiş polimorfizmi, sütün kökeninin belirlenmesinde ve hayvancılıkta büyük önem taşımaktadır. İnek, koyun ve keçi sütünün genel bileşimi benzer olmasına rağmen yağ, yağsız kuru madde ve protein fraksiyonlarındaki küçük farklılıklar biyolojik ve fizikokimyasal özelliklerde değişikliklere neden olmaktadır. Tablo 2’de, farklı süt türlerinin protein içeriği verilmiştir. Koyun sütü, inek sütünden neredeyse iki kat daha fazla kazein ve yağ içeriğine sahiptir. Keçi sütü proteinleri ise diğer memeli türlerinin süt proteinlerine kıyasla amino asit bileşimlerinde birçok önemli

farklılıklara sahip olmakla beraber buna ek olarak keçi ve inek sütünde çeşitli süt proteinlerinin nispi oranları farklılık göstermektedir (Jandal, 1996). Keçi sütü, yalnızca eser miktarda alerjik kazein proteini olan α_{s1} -kazein içerirken, β -kazein ise en çok bulunan proteini temsil etmektedir. İnek sütü ve keçi sütü kıyaslandığında benzer seviyelerde diğer alerjenik proteinleri içermelerine rağmen, keçi sütü kazeini anne sütüne daha benzer özellikler sergilemektedir. Keçi sütünün düşük pH'ı gerilimi, fiziksel bileşimi ve özellikle yağın farklı kimyasal bileşimi, bebeklerde keçi sütünün sindirilebilirliğini desteklemektedir. Keçi sütü, özellikle ebeveynler tarafından atopik dermatitli çocuklara uygulanan diyetlerde inek sütünün yerine ikame olarak kullanılabilir. Yapılan çalışmalarda birçok inek sütü proteini alerjisi olan çocukların keçi sütünü tolere edebildiği görülmüştür (Ellis ve ark., 1991). Farklı türler arasında kazein fraksiyonlarının çapraz reaktivitesi üzerine yapılan bir çalışmada ise aslında koyun ve keçi sütüne verilen IgE yanıtının, inek ve manda sütüne göre daha zayıf olduğu bildirilmiştir (Besler ve Öztürk, 2008).

Öte yandan, keçi ve koyun sütü alerjisinin gerçek prevalansı tam olarak bilinmemekle birlikte tartışmaları da beraberinde getirmektedir. IgE aracılı inek sütü proteini alerjisi olan çocuklarda koyun ve keçi sütü kazeinine karşı IgE duyarlılığının %93-98'e kadar yükseldiği belirlenmiştir. Bu durum inek sütü proteinine alerjisi olan çocukların koyun ve keçi sütüne de alerjik reaksiyonlar gösterebileceğini düşündürmektedir. Sonuç olarak inek sütü alerjisinin önlenmesi için inek sütü dışındaki süt türlerinin kullanılmasının yeterli bir ikame olmadığı ortaya konulmuştur (Besler ve Öztürk, 2008).

2.4. İnek sütü protein alerjisi olan kişilerin dikkat etmesi gereken hususlar

Gıda alerjisinin kanıtlanmış bir tedavisi olmamakla birlikte reaksiyonlar ancak hastanın alerjisi olduğu gıda ve ürünlerden kaçınılarak önlenmektedir. Duyarlılığı fazla olan kişilerde ise çok az miktarda yiyecek bile ciddi reaksiyonlar meydana

gelebileceğinden, kaçınmak oldukça önem arz etmektedir. Diğer taraftan önemli bir gıda bileşeni diyetten çıkarıldığında, yetersiz beslenmeyi önlemek için diyetin düzenlenmesi gerekmektedir. Gıda alerjisi olan kişilerde meydana gelen hafif reaksiyonlar için antihistaminikler ve kortikosteroidler kullanılabilir. Anafilaksi öyküsü ve yüksek riskli gıda alerjisi olan hastalara uzman kişiler tarafından kontrollü bir şekilde otomatik adrenalın şırıngaları ile tedavi önerilmektedir (Anonim, 2022).

İnek sütü protein alerjisi olan hastaların;

- Sütün her formu: taze, çiğ, pastörize süt, süt tozu, süt kaymağı, her çeşit bebek maması (anti-alerjik mamalar dışında), diğer hayvanların sütleri (keçi dahil),
- Tereyağı, margarin, hayvansal yağlar,
- Yoğurt, puding, krema, sütlü tatlılar,
- Peynir, peyniraltı suyu,
- Kazein, kazeinat (ticari gıdalar),
- Laktalbümin, laktalbümin fosfat, laktoglobulin, laktuloz (ticari gıdalar),
- Kefir, ekşi krema, kesilmiş süt gibi bahsi geçen gıdalar ve gıda içeriklerinden kaçınması gerektiği bildirilmektedir (Anonim, 2022).

2.5. Gıda alerjisi bakımından gıda sektöründeki gelişmeler

Gıda alerjisi için kanıtlanmış bir tedavi olmamasına karşın duyarlılığı nispeten az olan kişiler için alerjenliğin azaltılması çeşitli işleme teknolojileri ve bunların kombine kullanımıyla mümkün olabilmektedir. Farklı gıda işleme yöntemleriyle, gıdaların alerjenliği azaltılabilmekte olup bu işlemlerin kapsamı, işleme yöntemi (termal veya termal olmayan) ve süre gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Gıda işleme; agregasyon, denatürasyon, oksidasyon ve çapraz bağlanma gibi bir dizi protein yapısal modifikasyonuna yol açarak IgE/IgG bağlama kabiliyetini

etkileyebilmekte ve dolayısıyla proteinlerin alerjenitesini önemli ölçüde azaltabilmektedir (Ahmed ve ark., 2018). Ancak, termal ve termal olmayan uygulamalar süt proteinlerinin alerji yapma özelliğini azaltırken, ürünün besin değerinde azalmalar, protein denatürasyonu, agregasyon ve Maillard reaksiyonları gibi önemli yapısal ve kimyasal değişikliklerle beraber duyuşal özelliklerinde (renk, görünüş, tat, koku vb.) de istenmeyen değişmelere neden olabilmektedir. Bununla birlikte, yeni antijenik özelliklere sahip ürünlerin oluşma ihtimali de göz ardı edilmemelidir (Erkaya ve Şengül, 2012). Endüstriyel ve bilimsel araştırmalarda, gıdalar üzerindeki zararlı termal etkileri azaltmak amacıyla yeni ısıl olmayan işleme teknolojileri geliştirmek için önemli girişimlerde bulunmaktadır (Khan ve ark., 2021). Isıl olmayan işleme tekniğı, ısıl işlem dışında bir mekanizmaya sahip yeni bir teknolojidir (Ezeh ve ark., 2018). En çok araştırılan termal olmayan gıda işleme teknikleri yüksek basınçlı işleme, vurgulu elektrik alanı, mikrodalga ışınması, ultrasonikasyon, soğuk plazma, enzimatik hidroliz ve fermantasyon olarak sıralanabilmekte olup bazıları halihazırda sanayileşmiştir (Shao ve ark., 2020). Her tekniğın altında yatan mekanizma, gıda sistemleri üzerinde çok önemli bir rol oynamaktadır. Yürütölen mekanizmalar; protein denatürasyonu, yapısal modifikasyonlar, alerjenlerin ekstraksiyonunu kolaylaştırma, enzimatik hidroliz ve sonuçta gıda proteinlerini değıştirmeyi içermektedir. Gıda işlemede bu tür tekniklerden herhangi biri kullanıldığında, temel ilke gıda kalitesini arttırmayı ve tüketim için güvenliğini sağlamayı amaçlamaktadır. Gıda kalitesi, duyuşal özelliklerden stabilite ve besin değerine kadar çok çeşitli parametreleri içermektedir. Bu nitelikler, işlenmiş gıda formülasyonlarında bulunan kendi kendine birleşen yapıları içeren karmaşık bir sistem olan gıda mikro yapısı ile yakından bağlantılıdır (Ezeh ve ark., 2018). Alerjenik protein üzerindeki termal olmayan işlemlerin etkisi temel olarak gıdaya, konformasyonel düzene ve alerjenik epitoplara bağılı olarak değışkenlik göstermektedir (Dong ve ark., 2021). Birkaç gıda alerjeni, bu bağlamda belirli türdeki gıda işleme yöntemlerine karşı kararsız olarak tanımlanmıştır (Cabanillas ve Novak, 2019).

Gıdaların duyuşal özelliklerini korumayı amaçlayan termal olmayan teknikler, tüketicilerin sağlığını ve çevreyi koruyarak 21. yüzyılın taleplerine cevap verirken, daha yenilikçi ve ekonomik olmak için endüstriyel sektördeki rekabeti de arttırmaktadır. Sonuç olarak, yeni termal olmayan işleme teknikleri yaklaşımlarının çoğu, alerjenik proteinlerin immüno reaktivitesini azaltmada önemli bir etki göstermektedir (Chemat ve ark., 2019). İnek sütü protein alerjisi olan bebeklerin beslenmesi için de gıda sektöründeki gelişmeler halihazırda devam etmektedir. Doğumdan sonra ilk 6 ay için anne sütü, bebeğin ihtiyacı olan besin öğelerini bünyesinde barındırmakta ve bebeğin beslenmesi için yeterli olmaktadır. Anne sütü yetersizse ve bebekte inek sütü protein alerjisi mevcutsa, normal büyüme ve gelişmeyi sürdürebilme özelliğinin yanı sıra süt alerjenleri içermeyen bir formül kullanılması gerekmektedir (Anonim, 2022).

3. Sonuç

Günlük olarak tükettiğimiz gıdalara karşı gelişen tüm reaksiyonlar gıda reaksiyonları olarak ifade edilmektedir. Rahatsızlıklardan kaynaklanan semptomların benzer olması gıda intoleransı ve gıda alerjisi terimlerinin çoğu zaman birbiriyle karıştırılmasına neden olmaktadır. Ayrıntılı olarak incelendiğinde temelde her ikisinin farklı mekanizmalardan kaynaklandığı ortaya çıkmaktadır. İnek sütü protein alerjisi en sık karşılaşılan besin alerjilerinden biri olup, yaşam kalitesini olumsuz yönde etkileyen bir rahatsızlıktır. İnek sütündeki kazein ve PAS proteinlerinin bazı alt fraksiyonları alerjiye neden olabilmektedir. Gıdaların alımını takiben gelişen reaksiyonlarda en sık karşılaşılanın IgE aracılı Tip I reaksiyonlar olmasıyla birlikte IgE'nin aracı olduğu veya olmadığı toplam 4 tip reaksiyon bulunmaktadır. Reaksiyonlar sonucunda gelişen semptomlar kişiden kişiye değişiklik gösteren şiddetlerde seyrebilmektedir. Farklı süt türlerinin protein içeriklerinde farklılıkların görölmesi, inek sütü protein alerjisi olan kişilerin ikame olarak koyun ve keçi sütlerini tüketilebileceği anlamına gelmemektedir. Yapılan çalışmalar neticesinde inek sütü protein alerjisi

olan kişilerin çoğunun koyun ve keçi sütüne de yüksek oranda duyarlı olduğu bildirilmektedir.

İnek sütü protein alerjisi olan kişilerin duyarlılığının fazla olması halinde eliminasyon diyeti uygulamaları tavsiye edilmektedir. Bunun yanı sıra tüketicilerin gıda içerisinde süt ve/veya süt proteinlerinin kullanılıp kullanılmadığını kontrol etmeleri ve etiketleri dikkatle incelemeleri gerekmektedir. Diğer taraftan gıda alerjisi olan bireylere, gıda sektöründeki yeni gelişmelerle beraber bazı ısıt ve ısıt olmayan işlemler kullanılarak alerjenliği azaltılmış gıdaların üretilmesi umut vaat etmektedir. İnek sütü protein alerjisinin çoğunlukla görüldüğü bebeklerde ise özel formüllü mamalar kullanılabilir. Gıda alerjilerinin tanı ve tedavi yöntemlerinin geliştirilmesi üzerine yapılan çalışmalar devam etmekte olup, yakın gelecekte olumlu rasyonel sonuçların elde edileceği ümit edilmektedir.

Kaynaklar

- Adams, J.J., Anderson, B.F., Norris, G.E., Creamer, L.K., Jameson, G.B. (2006). Structure of bovine β -lactoglobulin (variant A) at very low ionic strength. *Journal of Structural Biology* 154 (3): 246-254.
- Ahmed, I., Lv, L., Lin, H., Li, Z., Ma, J., Guanzhi, C., Sun, L., Xu, L. (2018). Effect of tyrosinase-aided crosslinking on the IgE binding potential and conformational structure of shrimp (*Metapenaeus ensis*) tropomyosin. *Food Chemistry* 248: 287-295.
- Anonim (2022). Türkiye Ulusal Alerji ve Klinik İmmünoloji Derneği, <https://www.aid.org.tr/hastaliklar/alerji-ve-bagisiklik-sistemi-hastaliklari/besin-alerjisi>, (Erişim tarihi: 10.04.2022).
- Aydemir D. (2019). *IgE aracılı inek sütü alerjisi olan çocukların klinik özellikleri ve diğer memeli (keçi, koyun, manda ve deve) sütlerine duyarlılıklarının değerlendirilmesi* (Uzmanlık Tezi) Karadeniz Teknik Üniversitesi Tıp Fakültesi, Trabzon.
- Başpınar, İ., Yazıcıoğlu, M., Öneş, Ü., Pala, Ö., Kızıler, U. (1998). Çocukların astım etyolojisinde ev tozu akar ve besin alerjilerinin rolü. *İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Dergisi* 61 (3): 345-351.
- Benhamou, A.H., Schäppi Tempia, M.G., Belli, D.C., Eigenmann, P.A. (2009). An overview of cow's milk allergy in children. *Swiss Medical Weekly* 139 (21-22): 300-307.
- Bernard, H., Créminon, C., Yvon, M., Wal, J.M. (1998). Specificity of the human IgE response to the different purified caseins in allergy to cow's milk proteins. *International Archives of Allergy and Immunology* 115 (3): 235-244.
- Besler, T., Öztürk, M. (2008). Besin Alerjileri. Klasmat Matbaacılık, Ankara.
- Botey, J., Eseverri, J.L., Dordal, M.T., Andreu, J., Marin, A. (1993). Alternative milk formulas in allergies to proteins in cow's milk. *Journal of Investigational Allergology & Clinical Immunology* 3 (2): 100-102.
- Cabanillas, B., Novak, N. (2019). Effects of daily food processing on allergenicity. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 59 (1): 31-42.
- Chatchatee, P., Järvinen, K.M., Bardina, L., Vila, L., Beyer, K., Sampson, H.A. (2001). Identification of IgE and IgG binding epitopes on β - and κ -casein in cow's milk allergic patients. *Clinical & Experimental Allergy* 31 (8): 1256-1262.
- Chemat, F., Abert-Vian, M., Fabiano-Tixier, A.S., Strube, J., Uhlenbrock, L., Gunjevic, V., Cravotto, G. (2019). Green extraction of natural products. Origins, current status, and future challenges. *TrAC Trends in Analytical Chemistry* 118: 248-263.

- Chipps, B.E. (2000). Food Allergy: New Insights and Management Strategies. American Academy of Allergy, Asthma and Immunology 56. In *th Annual Meeting*.
- Creus, E.G. (2004). Alergias Alimentarias. *Offarm* 23 (9): 88-94.
- Crittenden, R.G., Bennett, L.E. (2005). Cow's milk allergy: a complex disorder. *Journal of the American College of Nutrition* 24 (6): 582-591.
- Çetinkaya, F. (1998). *Çocuk ve Allerji*. İstanbul Yayınları, İstanbul.
- D'Urbano, L.E., Pellegrino, K., Artesani, M.C., Donnanno, S., Luciano, R., Riccardi, C., Tozzi, A. E., Ravà, L. De Benedetti, F., Cavagni, G. (2010). Performance of a component-based allergen-microarray in the diagnosis of cow's milk and hen's egg allergy. *Clinical & Experimental Allergy* 40 (10): 1561-1570.
- Dong, X., Wang, J., Raghavan, V. (2021). Critical reviews and recent advances of novel non-thermal processing techniques on the modification of food allergens. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 61 (2): 196-210.
- Ellis, M.H., Short, J.A., Heiner, D.C. (1991). Anaphylaxis after ingestion of a recently introduced hydrolyzed whey protein formula. *The Journal of Pediatrics*, 118 (1): 74-77.
- Erkaya, T., Şengül, M. (2012). İnek Sütü Alerjenleri ve Kontrol Yöntemleri. *Akademik Gıda* 10 (1): 114-124.
- Ezeh, O., Yusoff, M.M., Niranjan, K. (2018). Nonthermal processing technologies for fabrication of microstructures to enhance food quality and stability. *Food microstructure and its relationship with quality and stability* (pp. 239-274), Woodhead Publishing.
- Fiocchi, A., Brozek, J., Schünemann, H., Bahna, S. L., von Berg, A., Beyer, K., Bozzola, M., Bradsher, J., Compalati, E., Ebisawa, M., Guzman, M.A., Li, H., Heine, R. G., Keith, P., Lack, G., Landi, M., Martelli, A., Rancé, F., Sampson, H., Stein, A., Terracciano, L., Vieths, S. (2010). World Allergy Organization (WAO) Diagnosis and Rationale for Action against Cow's Milk Allergy (DRACMA) Guidelines. *Pediatric allergy and immunology: official publication of the European Society of Pediatric Allergy and Immunology* 21 (Suppl 21): 1-125.
- García, B.E., Lizaso, M.T. (2011). Cross-reactivity syndromes in food allergy. *Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology* 21 (3): 162-170.
- Giannetti, A., Vespasiani, G.T., Ricci, G., Miniaci, A., di Palmo, E., Pession, A. (2021). Cow's milk protein allergy as a model of food allergies. *Nutrients* 13 (5): 1525.
- Goff, H.D. (2016). Introduction to Dairy Science and Technology: Milk History, Consumption, Production, and Composition. *Dairy Science and Technology*

- Education Series*. University of Guelph, Canada: The Dairy Science and Technology eBook.
- Guler, N., Cokugras, F.C., Sapan, N., Selimoglu, A., Turktas, I., Cokugras, H., Aydoğan, M., Beser, O. F. (2020). Diagnosis and management of cow's milk protein allergy in Turkey: Region-specific recommendations by an expert-panel. *Allergologia et Immunopathologia* 48 (2): 202-210.
- Hochwallner, H., Schulmeister, U., Swoboda, I., Spitzauer, S., Valenta, R. (2014). Cow's milk allergy: From allergens to new forms of diagnosis, therapy and prevention. *Methods* 66 (1): 22-33.
- Jandal, J.M. (1996). Comparative aspects of goat and sheep milk. *Small ruminant research* 22 (2): 177-185.
- Järvinen, K.M., Beyer, K., Vila, L., Chatchatee, P., Busse, P.J., Sampson, H.A. (2002). B-cell epitopes as a screening instrument for persistent cow's milk allergy. *Journal of allergy and clinical immunology* 110 (2): 293-297.
- Kavas, G. (2008). İnek sütü proteinlerine bağlı alerji olgusu. *Hasad Gıda* 24 (278): 26-31.
- Khan, M.U., Lin, H., Ahmed, I., Chen, Y., Zhao, J., Hang, T., Dasanayaka, B.P., Li, Z. (2021). Whey allergens: Influence of nonthermal processing treatments and their detection methods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 20 (5): 4480-4510.
- Ko, J., Mayer, L. (2005). Oral tolerance: lessons on treatment of food allergy. *European Journal of Gastroenterology & Hepatology* 17 (12): 1299-1303.
- Koca, T., Akçam, M. (2015). İnek sütü protein alerjisi. *Dicle Tıp Dergisi* 42 (2): 268-273.
- Kronic, T., Rakin, M., Bulatovic, M., Zaric, D. (2018). The contribution of bioactive peptides of whey to quality of food products. *Food Processing for Increased Quality and Consumption* (pp. 251-285), Academic Press.
- Liang, J., Yan, H., Yang, H.J., Kim, H.W., Wan, X., Lee, J., Ko, S. (2016). Synthesis and controlled-release properties of chitosan/ β -Lactoglobulin nanoparticles as carriers for oral administration of epigallocatechin gallate. *Food Science and Biotechnology* 25 (6): 1583-1590.
- Lieberman, J.A., Sicherer, S.H. (2011). Diagnosis of food allergy: epicutaneous skin tests, in vitro tests, and oral food challenge. *Current Allergy and Asthma Reports* 11 (1): 58-64.
- Marshall, J. S., Warrington, R., Watson, W., Kim, H.L. (2018). An introduction to immunology and immunopathology. *Allergy, Asthma & Clinical Immunology* 14 (2): 49.
- Maryniak, N.Z., Sancho, A.I., Hansen, E.B., Bøgh, K.L. (2022). Alternatives to cow's milk-based Infant formulas in the prevention and management of cow's milk allergy. *Foods* 11 (7): 926.

- Matsuo, H., Yokooji, T., Taogoshi, T. (2015). Common food allergens and their IgE-binding epitopes. *Allergology International* 64 (4): 332-343.
- Mehra, R., Marnila, P., Korhonen, H. (2006). Milk immunoglobulins for health promotion. *International Dairy Journal* 16 (11): 1262-1271.
- Metin, M. (2014). Süt Teknolojisi-Sütün Bileşimi ve İşlenmesi (13. Baskı). Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.
- Miciński, J., Kowalski, I.M., Zwierzchowski, G., Szarek, J., Pierożyński, B., Zabłocka, E. (2013). Characteristics of cow's milk proteins including allergenic properties and methods for its reduction. *Polish Annals of Medicine* 20 (1): 69-76.
- Monaci, L., Tregoeat, V., van Hengel, A.J., Anklam, E. (2006). Milk allergens, their characteristics and their detection in food: A review. *European Food Research and Technology* 223 (2): 149-179.
- Negaoui, H., El Mecherfi, K.E., Tadjer, S.A., Grar, H., Kheroua, O., Saidi, D. (2016). Bovine lactoferrin allergenicity as studied in murine model of allergy. *Food and Agricultural Immunology* 27 (5): 711-723.
- NIAID (2021). (National Institute of Allergy and Infectious Diseases). Identifying Causes of Food Allergy & Assessing Strategies for Prevention, <https://www.niaid.nih.gov/diseases-conditions/food-allergy-causes-prevention>, (Erişim tarihi 02.03.2021).
- Ortolani, C., Spano, M., Scibilia, J., Pastorello, E. A. (2001). Introducing chemists to food allergy. *Allergy* 56: 5-8.
- Polat S (2022). Besin Alerjisi Olan Çocuğa Yaklaşım, <https://docplayer.biz.tr/3139533-Besin-alerjisi-olan-cocuga-yaklasim-doc-dr-sevinc-polat-bozok-universitesi-saglik-yuksekokulu.html>, (Erişim Tarihi: 10.04.2022).
- Polidori, P., Vincenzetti, S. (2013). Use of donkey milk in children with cow's milk protein allergy. *Foods* 2 (2): 151-159.
- Robertson, D., Wright, R. (1987). Food Allergy and intolerance. *Baillière's Clinical Gastroenterology* 1 (3): 473-85.
- Sánchez, L., Pérez, M.D., Parrón, J.A. (2020). HPP in Dairy Products: Impact on Quality and Applications. Present and Future of High Pressure Processing (pp. 245-272), Elsevier.
- Shao, Y.H., Zhang, Y., Zhu, M.F., Liu, J., Tu, Z.C. (2020). Glycation of β -lactoglobulin combined by sonication pretreatment reduce its allergenic potential. *International Journal of Biological Macromolecules* 164: 1527-1535.
- Spuergin, P., Mueller, H., Walter, M., Schiltz, E., Forster, J. (1996). Allergenic epitopes of bovine α s1-casein recognized by human IgE and IiG. *Allergy* 51 (5): 306-312.

- Tercanlı, E., Atasever, M. (2021). Besin Alerjileri. *Academic Platform Journal of Halal Lifestyle* 3 (1): 31-53.
- Tiemessen, M. M., Dijk, A.G.V.I.V., Bruijnzeel-Koomen, C.A.F.M., Garssen, J., Knol, E. F., Hoffen, E.V. (2004). Cow's milk-specific T-cell reactivity of children with and without persistent cow's milk allergy: Key role for IL-10. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology* 113 (5): 932-939.
- Trevino, R.J. (1981). İmmunologic mechanisms in the production of food sensitivities. *Laryngoscope* 91 (11): 1913-1936.
- Van Neerven, R.J.J., Knol, E.F., Heck, J.M.L., Savelkoul, H.F.J. (2012). Which factors in raw cow's milk contribute to protection against allergies?. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 130 (4): 853-858.
- Villa, C., Costa, J., Oliveira, M.B.P.P., Mafra, I. (2018). Bovine milk allergens: A comprehensive review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 17 (1): 137-164.
- Wal, J.M. (1998). Cow's milk allergens. *Allergy* 53 (11): 1013-1022.
- Wal, J.M. (2004). Bovine milk allergenicity. *Annals of Allergy, Asthma & Immunology* 93 (5): 2-11.
- WHO 2022. (World Health Organisation). Nutrition. WHO Global Data Bank on Infant and Young Child Feeding, <https://apps.who.int/nutrition/databases/infantfeeding/en/index.html>, (Erişim tarihi: 10.04.2022).
- Yadav, J.S.S., Yan, S., Pilli, S., Kumar, L., Tyagi, R.D., Surampalli, R.Y. (2015). Cheese whey: A potential resource to transform into bioprotein, functional/nutritional proteins and bioactive peptides. *Biotechnology Advances* 33 (6): 756-774.

BÖLÜM 12

BİTKİLERDE DEMİR (Fe) ALIM MEKANİZMALARI (STRATEJİ I VE STRATEJİ II)

Dr. Öğr. Üyesi Bedriye BİLİR¹, Dr. Öğr. Üyesi Hava Şeyma İNCİ²

¹ Şırnak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Şırnak, Türkiye, 0000-0002-0038-9509, bbilir@sirnak.edu.tr

² Bingöl Üniversitesi, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Meslek Yüksek Okulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Bingöl, Türkiye, 0000-0002-2670-401X, hsyilmaz@bingol.edu.tr

GİRİŞ

Toprakta Demir (Fe)

Demir, litosferin ana bileşenlerinden olup yer kabuğunun %5'ini oluşturan önemli bir metaldir. Fe topraklarda %1-5 oranında bulunmaktadır (Schulte, 2004). Demirin (Fe) fizikokimyasal koşullarda oksidasyon ile formunun değişimi kolay olduğu için jeokimyası oldukça karışıktır. Fe kimyasal olarak çok reaktiftir ve davranış olarak özellikle Co ve Ni ile çok benzerdir. Yerkabuğunun yüzeyine yakın oluşan çoğu mineralde Fe, ferrik iyonu formunda (Fe^{+3}) bulunurken daha derin kayalarda Fe^{+2} iyonu baskındır (Kabata-Pendias, 2011). Topraklarda yaygın olarak bulunan Fe mineralleri esas olarak ferrik oksitler (örn. hematit), hidratlı ferrik oksitler (örn. goetit) (Schlesinger ve Bernhardt, 2020) ve çeşitli dimorf mineralleri olarak bulunmaktadır. Topraklarda en çok bulunan ve toprağa kırmızı renk veren Fe formu ferrik oksit (Fe_2O_3) olan hematittir (Hochmuth, 2011).

Topraklarda demirin mevcudiyeti toprak redoks potansiyeli ve pH tarafından belirlenir (Morrissey ve Guerinot, 2009). Toprakların pH'sı demirin ayrışma sürecinde demirin davranışını iki şekilde yönetmektedir; (i) oksidasyon ve alkali koşullar demirin çökmesine neden olurken, (ii) indirgeyici ve asit koşullar Fe bileşiklerinin mobilizasyonunu teşvik etmektedir (Kabata-Pendias, 2011). Bununla birlikte mikroorganizmalarda Fe döngüsünde önemli bir rol oynar. Çünkü Fe eksikliğinde ortama salınan sideroforlar; toprak bakterileri, toprak mantarları ve bazı bitki türleri tarafından üretilmektedir (Mengel ve Kosegarten, 2005).

Bitkiler, demiri yetiştikleri topraklardan alırlar fakat Fe çözünürlüğü özellikle yüksek pH aralığında ve aerobik koşullar altında son derece düşüktür. Özellikle, Fe^{+3} biyoyararlanımı, pH'nın 4 ile 9 arasındaki her bir birim artışı ile 1000 kat azalır (Lindsay, 1997). Dünyanın ekili alanlarının yaklaşık üçte biri kireçlidir (Mori, 1999) bu yüzden meydana gelen Fe eksikliği ürün verimi ve kalitesi için sınırlayıcı bir faktördür. Ülkemizdeki toprakların %75'i kireçli olduğu için

yetiştirilen tarımsal öneme sahip bitkiler sürekli demir eksikliği semptomları göstermektedirler (Aksoy ve ark., 2018). CaCO_2 içeriğinin %20'den daha fazla olduğu topraklarda yetişen kültür bitkilerinin en belirgin beslenme bozukluğu demir eksikliği veya kireç kaynaklı klorozdur (Schinas ve Rowell, 1977). Hindistan'ın farklı bölgelerinde Fe eksikliği kaynaklı klorozun özellikle kireçli ve pH 8'in üzerinde olduğu topraklarda yetiştirilen şeker kamışı, sorgum, yerfıstığı ve baklagillerde meydana geldiği belirlenmiştir (Kannan, 2008).

Çözünür Fe seviyesi, alkali pH aralığında minimuma ulaşır. Asitli topraklarda bu nedenle çözünür inorganik Fe, nötr ve kireçli topraklardan daha yüksektir. Böylece Fe^{+2} kanyonları, asit anaerobik topraklarda toksik hale gelebilmekte, ancak alkali iyi havalandırılmış topraklarda çözünür Fe formlarının düşük konsantrasyonu, bitki gereksinimlerini karşılayamayacak düzeyde noksan olabilmektedir. Topraklar suya doygun hale geldiğinde, Fe^{+3} formunun, Fe^{+2} formuna indirgenmesi gerçekleşir ve çözünür demirde artış meydana gelir. Bu Fe indirgeme süreci, bakteri metabolizması ile güçlü bir şekilde ilişkilidir ve bazı su altındaki topraklarda (örneğin; çeltik toprakları) yüksek Fe^{+2} konsantrasyonuna neden olabilir (Kabata-Pendias, 2011).

Bitki- Demir (Fe) İlişkileri

Bitkiler aleminde iletim demetli tohumlu bitkiler, açık tohumlu bitkiler ve kapalı tohumlu bitkiler olarak ikiye ayrılmaktadır. Kapalı tohumlu bitkiler (Angiospermae) ise tek çenekliler (Monocotyledoneae) ve çift çenekliler (Dicotyledoneae) olarak ayrılmaktadır (Küçükler, 2015). Monokotiledonlar içerisinde Gramineae (Poaceae), Liliaceae ve Alliaceae gibi birçok familya yer alırken, dikotiledonlar içerisinde Brassicaceae, Solanaceae, Fabaceae ve Cucurbitaceae gibi önemli familyalar yer almaktadır (APGIII, 2009; Simpson, 2012).

Demir, bitkilerde solunumdan fotosenteze kadar olan bütün yaşamsal süreçlerde rol oynayan önemli bir elementtir. Bununla birlikte çok sayıda fizyolojik ve biyokimyasal reaksiyona bir kofaktör olarak katıldığı için bitkilerin büyümesini ve gelişimini etkileyen temel mikro

besin elementlerinden biridir (Liang, 2022). Fotosentez, solunum ve klorofil biyosentezi dahil olmak üzere çeşitli önemli süreçlerde yer almaktadır. Demirin redoks reaksiyonları için uygun olmasını sağlayan kimyasal özellikleri, aynı zamanda serbest halde ve büyük miktarlarda bulunduğu, reaktif oksijen türleri üretmeye meyilli hale getirmektedir (Marschner, 1995).

Demir, toprak özelliklerinden (pH, redoks potansiyeli, CaCO_3 varlığı gibi) en çok etkilenen elementler arasında yer almaktadır. Yeşil bitkilerde, Fe yaşlı yapraklardan genç yapraklara aktarılmadığından büyüme sırasında sürekli olarak demiri (Fe^{+2}) absorbe etmesi gereklidir (Bergmann, 1992; Brataševic, 2013).

Topraklarda ferrik demir (Fe^{+3}) formu baskındır ve silikat yapılara ve hidroksitlere bağlanır (Naranco- Arcos ve Bauer, 2016). Demirin Fe^{+2} formu daha fazla çözünür olmasına rağmen, havalandırılmış topraklarda kolaylıkla demire (Fe^{+3}) oksitlenir. Demir çökelmeye eğilimli ve fazla iyonik demir sitotoksik olduğundan (Kobayashi ve ark., 2019) bitkiler demirin mobilizasyonu ve alımı için ikiden fazla strateji geliştirilmiştir. Fe eksikliğine verilen yanıtlar, kök morfolojisindeki değişikliklere (Marschner, 1995) ve demir alımında rol oynayan genlere (Dinney ve ark., 2008; Colangelo ve Guerinot 2004) göre değişmektedir. Fe seviyelerinin algılanması ve Fe eksikliği yanıtının kontrolü vaskülaritede meydana gelirken, kökteki Fe seviyelerinin düzenlenmesi, epidermisteki alımın modüle edilmesi ile sağlanmaktadır (Morrissey ve Guerinot, 2009).

Bitkilerin alabileceği iyonik formlardaki Fe konsantrasyonlarının son derece düşük olmasından dolayı bitkiler belirli Fe alım mekanizmaları geliştirmişlerdir. Bu mekanizmaların; stratejisi I, strateji II ve diğer spesifik olmayan mekanizmalar (organik asitlerin kök tarafından eksüdasyonu, kök kaynaklı pH düşüşü) olarak demir mevcudiyetini iyileştirdiği kabul edilmektedir. “Strateji I” olan bitkilerin (dikotiledonlar ve Gramineae/buğdaygil bitkileri dışındaki monokotiledonlar) kökleri daha fazla kök tüyü geliştirir ve bu kök

tüyleri daha fazla proton (H^+ iyonları), fenolik bileşikler ve bazıları şelatlama özelliklerine sahip organik asitler salgılar. Öte yandan, Gramineae bitkileri (strateji II), rizosferde Fe^{+3} ile şelatlar oluşturan ve bu şekilde demir alımını kolaylaştıran 'fitosideroforlar' olarak bilinen demir şelatlayıcı maddeleri artan miktarlarda salgırlar (Bergmann, 1992; Brataševic, 2013).

Bitkilerde Demir (Fe) Alım Mekanizmaları (Strateji I ve Strateji II)

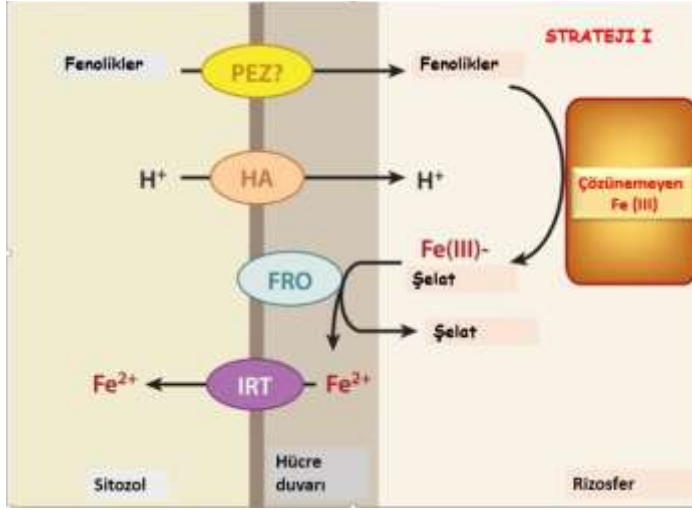
Fe toprakta bol miktarda bulunmasına rağmen, aerobik koşullar altında, özellikle yüksek pH ve kireçli topraklarda çok az çözünmektedir (Marschner, 1995). 1970'lerde Takagi (1976) demirin eksik olduğu topraklarda buğdaygil bitkilerinden salgılanan mugineik asit ailesi fitosideroforlarını (MAs) keşfetmiştir. Römheld ve Marschner (1986) çeşitli bitki türlerinde Fe alım mekanizmalarını yeniden incelemiş ve bunları: Gramineae olmayan bitkileri Strateji I ve Gramineae bitkilerini ise Strateji II olarak iki kategoriye ayırmıştır. 1990'ların sonundan bu yana, bu stratejilere dahil olan genlerin, Römheld ve Marschner (1986) tarafından önerilen model şemasına neredeyse mükemmel şekilde uyum sağladığı tespit edilmiştir (Kobayashi ve Nishizawa, 2012).

İndirgenme Stratejisi: Strateji I

Strateji I, Gramineae familyası dışındaki tüm yüksek bitkiler tarafından kullanılan, kök yüzeyindeki demirli şelatların indirgenmesi ve üretilen demir iyonlarının kök plazma zarı boyunca emilmesi süreçlerinden oluşan bir yoldur. Bu işlemlerden sorumlu baskın genler (ferrik-şelat redüktaz oksidaz (FRO2) (Robinson, 1992) ve iron-regulated transporter (IRT1) dir (Eide, 1996) ve ilk olarak 1990'larda *Arabidopsis*'ten klonlanmıştır. Strateji I'de yer alan diğer süreçler, demir iyonlarının çözünürlüğünü artırmaya yardımcı olduğu veya kök yüzeyindeki demirin indirgeme kapasitesini arttırdığı düşünülen, köklerden rizosfere proton ve fenolik bileşiklerin salınımını içermektedir. Strateji-I bitkilerinin (dikotiledonlar ve Gramineae bitkileri dışındaki monokotiledonlar) demir noksanlığına karşı vermiş oldukları yanıtları belirlemede özellikle *Arabidopsis thaliana*

(AtFRO2) homologları kullanılmış olmakla birlikte, domates (Li ve ark., 2004), bezelye (Waters ve ark., 2002) ve salatalık (Waters ve ark., 2007) gibi dikotiledonların köklerinde bulunan FRO2-proteininin karakterizasyonu yapılmıştır.

Strateji I bitkileri için, Fe alım süreçleri Şekil 1'de Kobayashi ve Nishizawa (2012)'den uyarlanarak gösterilmiştir.



Şekil 1. Strateji I Bitkilerinin Fe Alımı (Kobayashi ve Nishizawa (2012)'den uyarlanmıştır. PEZ, PHENOLICS EFFLUX ZERO; HA, H⁺-ATPase; FRO, ferric-chelate reductase oxidase; IRT, iron-regulated transporter)

Bitkiler kökleri ile rizosfer bölgesine proton salgılayarak (bitkideki Fe eksikliğine karşılık epidermis hücrelerinde bulunan H⁺-ATPaz tarafından rizosfere proton salınmaktadır (Schmidt ve ark., 2003; Santi ve ark., 2005)), rizosferi asitleştirirler ve demiri (Fe³⁺) çözünürlüğü daha fazla olan demire (Fe²⁺) dönüştürmektedirler (Eide ve ark., 1996; Vert ve ark., 2002). pH'nın her bir birim düşüşü ile ferrik demirin çözünürlüğü 1000 kat artırmaktadır (Olsen ve ark., 1981). Salınan protonlar toprakların pH'sını düşürür ve ferrik demiri daha çözünür hale getirir. AHA (Arabidopsis H⁺ATPaz) familyasından; AHA1, AHA2 ve AHA7, Fe eksikliğine yanıt olarak kök epidermis hücrelerinde bulunan H⁺-ATPaz izoformlarıdır (Dinneny ve ark., 2008; Colangelo

ve Guerinot, 2004). Bu izoformlar proton salgılanma sürecine dahil olmaktadır. Örneğin; AHA7, Fe eksikliğinde FIT1'e (Fe eksiliği kaynaklı transkripsiyon faktörü 1) bağlanarak yukarı regülasyonu düzenlemektedir (Kim ve Guerinot, 2007). Salatalıkta ise Fe eksikliğine yanıt olarak CsHA1 köklerde indüklenmiştir (Santi ve ark., 2005). Rizosferdeki Fe eksikliğine karşı proton taşınmasında AHA2 diğer izoformlara göre daha aktiftir. Yapılan çalışmalarda Fe eksikliği sırasında yalnızca AHA2 kaybı ile rizosferin asitleşmesinin azaldığı görülmüştür (Santi ve Schmidt, 2009).

Bitkiler demiri, ferrik demirin daha çözünür olan Fe^{+2} formuna dönüşmesi ile kullanabilir. Arabidopsis mutantlarında, ferrikşelat redüktaz eksikliği 1 (frd1) ve Fe (III) şelat redüktaz aktivitesini indükleyecek kökleri bulunmadığı için demirin eksik olduğu koşullarda şiddetli kloroz geliştirmektedir (Yi ve Guerinot, 1996). Strateji I bitkilerindeki FRO (ferric-chelate reductase oxidase), demir alımı için çok önemli bir adım olan Fe^{+3} formunun, Fe^{+2} formuna indirgenmesinden sorumlu gendir (Robinson ve ark., 1999; Connolly ve ark., 2003; Li ve ark., 2004). FRO2, Fe eksikliğinin olduğu köklerin epidermis hücrelerinde salgılanmaktadır. Düşük Fe içeren büyüme koşullarında bitkiler FRO2 aşırı şekilde üretmektedir (Connolly ve ark., 2003).

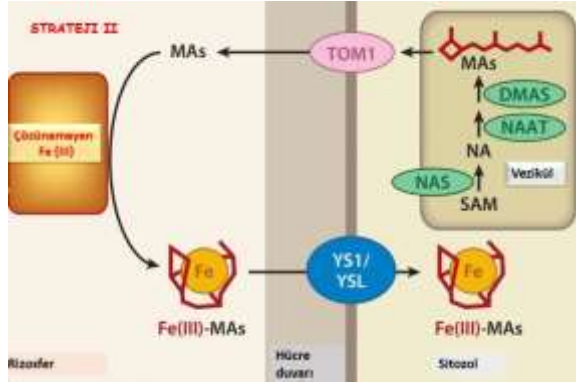
FRO2 tarafından indirgenen Fe^{+2} formunun köke taşınımı ZIP (ZRT, IRT-benzeri proteinler) metal taşıyıcı familyasından olan IRT1 (Iron-Regulated Transporter1) tarafından sağlanmaktadır. IRT1, Fe eksiliğinde epidermis hücrelerinden salınır ve plazma zarına yerleşmektedir (Kim ve Guerinot, 2007). Yapılan çalışmalar IRT1'in topraktan Fe alımında ana taşıyıcı olduğunu göstermektedir (Vert ve ark., 2002).

Aksoy ve ark. (2018) strateji I bitkilerinin Fe alım aşamalarını kısaca şu şekilde ifade etmişlerdir: İlk olarak, hücre zarında yer alan H^+ -ATPaz ile taşınan protonlar vasıtasıyla rizosfer bölgesinin asidifikasyonu gerçekleştirilir. Daha sonra Fe^{+3} , FRO aracılığı ile

çözülebilir Fe^{+2} formuna indirgenir. En sonunda ise Fe^{+2} , IRT1 adlı metal taşıyıcı yardımı ile kökte hücre içine taşınmaktadır.

Şelatlama stratejisi: Strateji II

Strateji II bitkileri örneğin mısır, buğday, pirinç Fe eksikliğine karşı şelasyon bazlı bir strateji geliştirmişlerdir (Kim ve Guerinot, 2007). Fe eksikliğinde Gramineae familyasındaki bitkilerin stratejisi mugineik asit (MA) familyasındaki fitosideroforların (PS) biyosentezine ve salgılanmasına dayanmaktadır. Fitosideroforlar ferrik demire karşı yüksek afiniteye sahiplerdir ve kök rizosfer bölgesinde bulunan ferrik demire etkili bir şekilde bağlanırlar. Daha sonra Fe^{+3} -PS kompleksleri belirli bir taşıma mekanizması ile bitki köklerine taşınmaktadır (Kim ve Guerinot, 2007). Şelasyon stratejisi, indirgeme stratejisinden daha etkilidir. Bu yüzden Strateji II bitkileri daha şiddetli Fe eksikliği koşullarında da hayatta kalabilmektedir (Mori, 1999). Bununla birlikte strateji II bitkilerinin topraklarda mevcut bulunan yüksek pH ve HCO_3^- içeriklerine dayanımlarının daha fazla olduğu bildirilmiştir (Römheld ve Marschner, 1986). Strateji II bitkileri için, Fe alım süreçleri Şekil 1'de Kobayashi ve Nishizawa (2012)'den uyarlanarak gösterilmiştir.



Şekil 2. Strateji II Bitkilerinin Fe Alımı (Kobayashi ve Nishizawa (2012)'den uyarlanmıştır. MAs, mugineic acid family phytosiderophores; YS1/YSL, YELLOW STRIPE 1/YELLOW STRIPE 1-like; TOM1, transporter of mugineic acid family phytosiderophores 1; DMAS, deoxymugineic acid synthase; NAAT, nicotianamine aminotransferase; NA, nicotianamine; NAS, nicotianamine synthase; SAM, S adenosyl-L-methionine

Fitosideroforların sentezinde rol oynayan mugineik asit ailesi (MA); 2'-deoksimugineik asit (DMA), 3-epihidroksimugineik asit (epi-HMA) ve 3-epihidroksi 2'-deoksimugineik asitlerini (epi-HDMA) içermektedir (Kim ve Guerinot, 2007). MAs'lar nikotianamin (NA) aracılığıyla S-adenosil-L-metiyoninden sentezlenmektedir (Nishizawa ve Mori, 1987; Shojima ve ark., 1990; Bashir ve ark., 2006). NA, strateji-I dahil tüm bitkilerde sentezlenen proteini olmayan bir amino asittir (Shojima ve ark., 1989). NA, metal olan bir kaç mikro besin elementlerinin bir şelatörüdür ve bitki boyunca mikro besinlerin harekete dahil olduğu öne sürülmüştür (Takahashi ve ark., 2003). Fe eksikliğinde ardışık bir şekilde MAs üretimi için tedarik edilmesi gereken metiyonin için metiyonin döngüsü veya Yang döngüsü kullanılmaktadır (Ma ve ark., 1995). Her bir strateji II bitkisi kendi MAs'larını kendisi üretir ve Fe eksikliğinde MAs salgılamayı ve üretimini artırır. Bu yüzden bitkilerin Fe eksikliğine karşı toleransı salgılanan PS türü ve miktarına bağlıdır (Marschner, 1985). Örneğin; pirinç, buğday ve mısır yalnızca DMA(2'-deoksimugineik asit) salgıladığı için nispeten düşük miktardadırlar ve bu yüzden Fe eksikliğine karşı daha hassaslardır. Fakat, arpa MA, HMA ve epi-HMA türünden büyük miktarlarda salgıladığı için Fe eksikliğine karşı daha toleranslıdır (Bashir ve ark., 2006). Singh ve ark. (1993) yaptıkları çalışmada Fe eksiliği kaynaklı fitosiderofor salınımını buğday>arpa>çavdar,yulaf>mısır>sorgum olarak sıralamışlardır. Fitosiderofor salgıları su altında yetiştirilen pirinçte oldukça düşük bulunmuştur (Mori ve ark., 1991). MAs salgılanması, sabah saatlerinde dik bir pik noktası olan bir günlük süreci takip etmektedir (Takagi ve ark., 1984). Fe eksikliği olan kök hücrelerinde gözlenen bazı veziküller sabahın erken saatlerinde şişmekte, ancak akşama doğru küçülme göstermektedir (Nishizawa ve ark., 1987; Negishi ve ark., 2002). Fe eksikliğinde salgılanan DMA, pirinçte TOM 1 (Transporter of Mugineic Acid) ve arpada HvTOM1 olarak tanımlanan taşıyıcılar ile rizosfer bölgesine transfer edilmektedir (Nozoye ve ark., 2011).

PS'ların sentezlenmesinden sonra Fe⁺³ şelasyonu ile birlikte oluşan Fe⁺³-PS kompleksleri Fe eksikliği durumunda köklerden, epidermis

hücrelerine taşınmaktadır (Kim ve Guerinot, 2007). Fe^{+3} -PS kompleksleri Yellow-stripe 1 taşıyıcıları tarafından kök hücrelerine alınır. İlk YS1 taşıyıcıları mısırdaki tespit edilmiş (Curie ve ark., 2001; Schaaf ve ark., 2004) daha sonrada arpada bir YS1 taşıyıcısı belirlenmiştir (Murata ve ark., 2006). YS1/YSR taşıyıcıları hem Fe alımında hem de demirin bitki gövdesinde taşınımında görev almaktadır (Kobayashi ve ark., 2018). ZmYS1, ilk karakterize edilen YSL taşıyıcılarından ve plazma zarına lokalizedir. ZmYSR1, yaprak veya köklerdeki Fe eksikliğinde hem rizosfer bölgesinden Fe alımını hem de bitki gövdesinde demirin yukarı taşınımını düzenlenmektedir (Curie ve ark., 2001; Roberts ve ark., 2004; Ueno ve ark., 2009; Schaaf ve ark., 2004).

Aksoy ve ark. (2018) strateji II bitkilerinin Fe alım aşamalarını şu şekilde özetlemişlerdir: Gramineae/buğdaygiller köklerinden rizosfer bölgesine fitosideroforlar (PSs)/MAs salgırlar ve bu fitosideroforlar toprakta çözünmeyen demire (Fe^{+3}) bağlanırlar bir yapı oluştururlar (şelasyon stratejisi). Fitosideroforlarda mugineik asitler (MAs) gibi enzimatik reaksiyonlar ile L-metiyoninden sentezlenmektedirler. L-metiyonin, S-adenozil-L-metionin (SAM)'e, SAM'da nikotinamine dönüştürülür, daha sonra 3'-keto aside ve ardından 2'-deoksimugineik aside (DMA) dönüştürülmektedir. DMA şimdiye kadar karakterize olmuş 9 MA türünün öncüsü olarak kullanılmaktadır. DMA, TOM1 isimli taşıyıcı vasıtasıyla rizosfer bölgesine taşınır. Fe^{+3} 'ye bağlanmış olan DMA ardından Yellow Stripe-Like (YSL) taşıyıcıları ile epidermis içine alınmaktadır (Aksoy ve ark., 2018).

Strateji I ve Strateji II bitkilerinin Fe eksikliğine karşı geliştirdikleri mekanizma şöyle özetlenebilir. Strateji I bitkileri yani dikotiledonlar ve Gramineae dışındaki monikotiledonlar köklerden H^+ salgılanması ile kök bölgesinin pH'sını düşürerek Fe alımına teşvik etmektedir. Strateji II bitki türleri ise kökler tarafından fitosideroforların salımı ile Fe alımını sağlamaktadır. Monokotiledon türlerinde bitkinin çeşit ve genotipine göre fitosiderofor salgıları ve salgılanan miktarı farklılık göstermektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda Strateji II bitkilerinin Fe

eksikliğine karşı dayanımını daha yüksek olduğu söylenebilir. En çok noksanlığı görülen elementlerden biri demirin bitkiler tarafından Fe^{+3} formunda kullanılamaması ve bitkilerin hücre içine demiri (Fe^{+3}) almak için farklı stratejiler geliştirmiş olmaları; bu stratejilerden hangileri ile demir alımını yaptığının bilinmesi yapılacak gübreleme ve ıslah programlarında yön gösterici olabilecektir.

KAYNAKÇA

- Aksoy, E., Yerlikaya, B. A., Ayten, S., & Abudureyimu, B. (2018). Bitkilerde Rizosferden Demir Alım Mekanizmaları. *Turkish Journal of Agriculture: Food Science and Technology*.
- Angiosperm Phylogeny Group. (2009). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical journal of the Linnean Society*, 161(2), 105-121.
- Bashir, K., Inoue, H., Nagasaka, S., Takahashi, M., Nakanishi, H., Mori, S. & Nishizawa, N.K. (2006). Cloning and characterization of deoxymugineic acid synthase genes from graminaceous plants. *J. Biol. Chem.* 281, 32395–32402.
- Bergmann, W. (1992). In G Fisher, ed, nutritional disorders of plants development, visual and analytical diagnosis. *Jena, Stuttgart, Germany*.
- Brataševac, K. (2013). *Determination of the actual uptake of essential nutrients by different parts of Vitis vinifera L. cv. Rebula* (Doctoral dissertation, Univerza v Novi Gorici, Fakulteta za podiplomski študij).
- Colangelo, E.P., Guerinot, M.L. (2004). The essential basic helix-loop-helix protein FIT1 is required for the iron deficiency response. *Plant Cell*, 16 (12):3400-3412.
- Connolly, E.L., Campbell, N.H., Grotz, N., Prichard, C.L., Guerinot, M.L.(2003). Overexpression of the FRO2 ferric chelate reductase confers tolerance to growth on low iron and uncovers posttranscriptional control. *Plant Physiology*. 2003;133(3):1102–1010.
- Curie, C., Panaviene, Z., Loulergue, C., Dellaporta, S.L., Briat, J.-F., & Walker, E.L. (2001). Maize yellow stripe1 encodes a membrane protein directly involved in Fe(III) uptake. *Nature* 409, 346–349.
- Dinnyen, J.R., Long, T.A., Wang, J.Y., Jung, J.W., Mace, D., Pointer, S., Barron, C., Brady, S.M., Schiefelbein, J., Benfey, P.N.(2008). Cell identity mediates the response of Arabidopsis roots to abiotic stress, *Science*, 320(5878):942-945.
- Eide, D., Broderius, M., Fett, J., & Guerinot, M. L. (1996). A novel iron-regulated metal transporter from plants identified by functional expression in yeast. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 93(11), 5624-5628.
- Hochmuth, G. (2011). *Iron (Fe) Nutrition of Plants*, Published by University of Florida George A Smathers Libraries, 8s.
- Kabata-Pendias, A. (2011). Elements of Group 8, Iron. *Trace Elements in Soils and Plants*, 215-223.
- Kannan, S. (2008). Problems of iron deficiency in different crop plants in India: Causative factors and control measures, *Journal of Plant Nutrition*, 7, 1-5.
- Kim, S.A., Guerinot, M.L. (2007). Mining iron: Iron uptake and transport in plants. *FEBS Letters*, 581, 2273-2280.

- Kobayashi, T., & Nishizawa, N. K. (2012). Iron uptake, translocation, and regulation in higher plants. *Annu Rev Plant Biol*, 63(1), 131-152.
- Kobayashi, T., Nozoye, T., Nishiwaza, N. K. (2018). Iron transport and its regulation in plants. *Free Radical Biology and Medicine*, 133:11-20.
- Küçüker, O. (2015). Bitki Morfolojisi: Sporlu Ve Tohumlu Bitkilerin Evrimi İle Temel Morfolojik Konular, Nobel Kitabevleri
- Li, L., Cheng, X., Ling, H-Q. (2004). Isolation and characterization of Fe (III)-chelate reductase gene LeFRO1 in tomato. *Plant Molecular Biology*. 54(1):125–36.
- Liang, G. (2022). Iron uptake, signaling, and sensing in plants. *Plant Communications*, 3, 13s.
- Lindsay, W.L. (1997). *Chemical Equilibria in Soils*, Colorado State University, Fort Collins, USA, 78–104, 449s.
- Ma, J. F., Shinada, T., Matsuda, C., & Nomoto, K. (1995). Biosynthesis of phytosiderophores, mugineic acids, associated with methionine cycling. *Journal of Biological Chemistry*, 270(28), 16549-16554.
- Marschner, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants 2nd edn. *Institute of Plant Nutrition University of Hohenheim: Germany*.
- Mengel, K., Kosegarten, H. (2005). Iron Nutrition. *Encyclopedia of Soils in the Environment*, 260-267.
- Mori, S., Nishizawa, N., Hayashi, H., Chino, M., Yoshimura, E. and Ishihara, J. (1991). Why are young rice plants highly susceptible to iron deficiency? *Plant Soil* 130, 143-156.
- Mori, S. (1999). Iron acquisition by plants. *Current Opinion in Plant Biology*, 2(3):250–253.
- Morrissey, J., Guerinot, M.L. (2009). Iron uptake and transport in plants: The good, the bad, and the ionome, *NIH Public Access*, 109(10): 4553–4567.
- Murata, Y., Ma, J.F., Yamaji, N., Ueno, D., Nomoto, K., & Iwashita, T. (2006). A specific transporter for iron(III)-phytosiderophore in barley roots. *Plant J*. 46, 563–572.
- Naranco-Across, M.A., Bauer, P. (2016). Iron Nutrition, Oxidative Stress, and Pathogen Defense, *INTECH*, 63-98.
- Negishi, T., Nakanishi, H., Yazaki, J., Kishimoto, N., Fujii, F., Shimbo, K., ... & Nishizawa, N. K. (2002). cDNA microarray analysis of gene expression during Fe-deficiency stress in barley suggests that polar transport of vesicles is implicated in phytosiderophore secretion in Fe-deficient barley roots. *The Plant Journal*, 30(1), 83-94.
- Nishizawa, N., & Mori, S. (1987). The particular vesicle appearing in barley root cells and its relation to mugineic acid secretion. *Journal of plant nutrition*, 10(9-16), 1013-1020.

- Nozoye, T., Nagasaka, S., Kobayashi, T., Takahashi, M., Sato, Y. ve ark. (2011). Phytosiderophore efflux transporters are crucial for iron acquisition in graminaceous plants. *J. Biol. Chem.* 286:5446–54
- Olsen, R.A, Clark, R.B., & Bennett, J.H. (1981) The enhancement of soil fertility by plant roots. *Am. Scientist* 69, 378–384.
- Roberts, L.A., Pierson, A.J., Panaviene, Z., E.L. Walker, E.L. (2004): Yellowstripe1. Expanded roles for the maize iron-phytosiderophore transporter, *Plant Physiol.* 135 (1), 112–120.
- Robinson, N. J., Procter, C. M., Connolly, E. L., Guerinot, M.L.(1999). A ferric-chelate reductase for iron uptake from soils. *Nature*, 397, 694–697.
- Römheld, V., Marschner, H. (1986). Evidence for a specific uptake system for iron phytosiderophores in roots of grasses, *Plant Physiology*, 80 (1), 175–180.
- Santi, S., & Schmidt, W. (2009). Dissecting iron deficiency-induced proton extrusion in *Arabidopsis* roots. *New Phytologist*, 183(4), 1072-1084.
- Santi, S., Cesco, S., Varanini, Z., & Pinton, R. (2005). Two plasma membrane H⁺-ATPase genes are differentially expressed in iron-deficient cucumber plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 43(3), 287-292.
- Schlesinger, W.H., Bernhardt, E.S. (2020). The Lithosphere, *Biogeochemistry* (Fourth Edition). An Analysis of Global Change, 99-139.
- Schmidt, W., Michalke, W., Schikora, A. (2003). Proton pumping by tomato roots. Effect of Fe deficiency and hormones on the activity and distribution of plasma membrane H⁺-ATPase in rhizodermal cells. *Plant, Cell and Environment*, 26:361-370.
- Schulte, E.E. (2004). Soil and Applied Iron. *Nursery Crop Science, Understanding Plant Nutrients*, 2.
- Schinas, S., Rowell, D.L. (1977). Lime-induced chlorosis. *Journal of Soil Science*, 28, 351-368.
- Schaaf, G., Ludewig, U., Erenoglu, B.E., Mori, S., Kitahara, T., & von Wiren, N. (2004). ZmYS1 functions as a proton-coupled symporter for phytosiderophore- and nicotianamine-chelated metals. *J. Biol. Chem.* 279, 9091–9096.
- Shojima, S., Nishizawa, N.K., Fushiya, S., Nozoe, S., Irifune, T., Mori, S. (1990). Biosynthesis of phytosiderophores: in vitro biosynthesis of 2'-deoxymugineic acid from L-methionine and nicotianamine, *Plant Physiol.* 93 (4), 1497–1503.
- Singh, K., Chino, M., Nishizawa, N. K., Ohata, T., & Mori, S. (1993). Genotypic variation among Indian graminaceous species with respect to phytosiderophore secretion. *In 'Genetic Aspects of Plant Mineral Nutrition'* (P. J. Randall, E. Delhaize, R. A. Richards and R. Munns, eds.), 335-339. Kluwer Academic, Dordrecht.
- Simpson, M. G., Aytaç, Z., & İğci, B. K. (2012). *Bitki sistematiği*. Nobel Yayın.

- Takagi, S. I. (1976). Naturally occurring iron-chelating compounds in oat-and rice-root washings: I. Activity measurement and preliminary characterization. *Soil science and plant nutrition*, 22(4), 423-433.
- Takagi, S. I., Nomoto, K., & Takemoto, T. (1984). Physiological aspect of mugenic acid, a possible phytosiderophore of graminaceous plants. *Journal of Plant Nutrition*, 7(1-5), 469-477.
- Takahashi, M., Yamaguchi, H., Nakanishi, H., Shioiri, T., Nishizawa, N. K., & Mori, S. (1999). Cloning two genes for nicotianamine aminotransferase, a critical enzyme in iron acquisition (Strategy II) in graminaceous plants. *Plant Physiology*, 121(3), 947-956.
- Takahashi, M., Terada, Y., Nakai, I., Nakanishi, H., Yoshimura, E., Mori, S., Nishizawa, N.K. (2003). Role of nicotianamine in the intracellular delivery of metals and plant reproductive development, *Plant Cell* 15 (6), 1263–1280.
- Ueno, D., Yamaji, N., Ma, J.F. (2009). Further characterization of ferric-phytosiderophore transporters ZmYS1 and HvYS1 in maize and barley, *J. Exp. Bot.* 60 (12), 3513–3520.
- Vert, G., Grotz, N., Dédaldéchamp, F., Gaymard, F., Guerinot, M. L., Briat, J. F., & Curie, C. (2002). IRT1, an Arabidopsis transporter essential for iron uptake from the soil and for plant growth. *The plant cell*, 14(6), 1223-1233.
- Waters, B. M., Blevins, D. G., & Eide, D. J. (2002). Characterization of FRO1, a pea ferric-chelate reductase involved in root iron acquisition. *Plant Physiology*, 129(1), 85-94.
- Waters, B. M., Lucena, C., Romera, F. J., Jester, G. G., Wynn, A. N., Rojas, C. L., ... & Pérez-Vicente, R. (2007). Ethylene involvement in the regulation of the H⁺-ATPase CsHA1 gene and of the new isolated ferric reductase CsFRO1 and iron transporter CsIRT1 genes in cucumber plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 45(5), 293-301.
- Yi, Y., Guerinot, M.L. (1996). Genetic evidence that induction of root Fe(III) chelate reductase activity is necessary for iron uptake under iron deficiency. *Plant J.* 10, 835–844.

BÖLÜM 13

SÜPERKRİTİK CO₂ EKSTRAKSİYON YÖNTEMİNİN YEŞİL TEKNOLOJİ OLARAK TIBBİ VE AROMATİK BİTKİLERDE UYGULANMASININ ÖNEMİ

Öğr. Gör. Merve MACİT¹

¹ Bingöl Üniversitesi, Gıda Tarım ve Hayvancılık Meslek Yüksekokulu,
Bingöl, Türkiye. ORCID: 0000-0001-9648-4799
mmacit@bingol.edu.tr

1.GİRİŞ

Bitkiler dünya yüzeyinde çok önemli bir yere sahiptirler. Başta besin zincirinin üreticiler basamağında yer alarak canlılar için yaşam kaynağı olan O₂ ve besin sentezleme görevi üstlenmektedirler. Bunun yanı sıra keşfedilmeyi bekleyen birçok özelliğe sahiptirler. Hem birincil metabolit (karbonhidrat, protein, lipit gibi) hem de ikincil yani sekonder (uçucu yağlar, fenolik bileşikler, alkaloidler gibi) metabolitler bakımından zengin içerikleri bünyelerinde barındırırlar. Bu içeriklerin elde edilme yöntemleri çok farklılık göstermektedir. Geleneksel ekstraksiyon yöntemlerinin yanı sıra teknolojinin gelişmesiyle beraber daha sürdürülebilir teknolojilerle beraber yeşil teknoloji olarak adlandırılan ekstraksiyon yöntemleri geliştirilmektedir. Bunların içerisinde süperkritik CO₂ ekstraksiyon yöntemi yeşil teknoloji olarak çok fazla göz önünde olan bir tekniktir. Özellikle tıbbi ve aromatik bitkilerin değerlendirilmesi bakımından, elde edilen ekstraksiyonlardaki birçok bileşiğin verim oranları bu yöntem sayesinde artış göstermektedir. Aynı zamanda geleceğimiz için de çevreye bırakılan zarar en aza indirilmektedir. Bu bölümde süperkritik CO₂ ekstraksiyon yönteminin özellikleri ve bu yöntemin tıbbi ve aromatik bitkiler açısından nasıl bir öneme sahip olduğu üzerinde durulmaktadır.

Yeşil teknoloji, yeşil çözücü

Sanayide kimyasal çözücülerin artan kullanımı, kamu sektörü ve çevre kuruluşlarında büyük bir endişe konusu olmuştur. Çözücüler genellikle yüksek çözünürlük ve uçuculuk gibi sayısız özelliğe sahip uçucu organik bileşiklerdir. Çoğunlukla yağda çözünür oldukları için gıda, kimya ve ilaç endüstrilerinde yaygın olarak kullanılır (De Jesus ve ark., 2019). Organik çözücüler yüksek uçuculukları nedeniyle insan ve çevre sağlığı için ciddi bir sorun oluşturmaktadır. Bu organik çözücülerin kullanımı sonucunda; insanların havayı soluması veya deri yoluyla emilimi, cilt ve göz tahrişi, mide bulantısı ve baş dönmesi gibi ani

olumsuz etkilere neden olabilirken, uzun vadede karaciğer, böbrek ve merkezi sinir sisteminde hasar oluşturabilirler (Crinnion, 2010).

1991'de kimyager P.T. Anastas, "yeşil kimya" adı verilen özel bir program aracılığıyla zararlı çözücülerin azaltılması ihtiyacını ele almıştır. Bugün bu kavram, endüstride tehlikeli çözücülerin azaltılması gerektiğini vurgulamaktadır (EEA, 2013). Bir çözücünün yeşil olarak kabul edilebilmesi için, yeşil kimyanın 12 temel ilkesinin çoğunu karşılaması gerekir. Bu ilkeler, yenilenebilir veya çevreye zarar vermeyecek ham maddelerin tercih edilerek rasyonel ve metodolojik kullanımını özetlemektedir. Yardımcı maddelerin (çözücüler, ayırma ajanları vb.) kullanımından ve tehlikeli ürün oluşumundan tercihen kaçınılmalıdır (Anastas ve Kirchhoff, 2002; De Jesus ve Maciel Filho, 2020). Çözücü içermeyen ekstraksiyon yöntemlerinin uygulanması en uygunu olacaktır fakat bununla birlikte, katıların çözülmesinde, kütle ve ısı transferinde, viskoziteyi etkilemede, ayırma ve saflaştırma adımlarında önemli rolleri nedeniyle çözücüler neredeyse kaçınılmazdır. Buna göre, yeşil çözücü gelişimi için iki ana strateji önerilmiştir; bunlardan ilki petrolden türetilen çözücülerin yenilenebilir kaynaklardan elde edilen çözücülerle değiştirilmesi ikincisi ise tehlikeli çözücülerin daha iyi çevresel, sağlık ve güvenlik özellikleri gösterenlerle değiştirilmesi (Cvjetko ve ark., 2015).

"Yeşil" çözücüler kavramı, kimyasal üretimde çözücü kullanımından kaynaklanan çevresel etkiyi en aza indirme hedefini ifade eder (Capello ve ark., 2007). Bir çözücünün yeşil olarak değerlendirilmesi için yenilenemeyen kaynakların tükenmesinin önüne geçilmesi, potansiyel çözücü geri dönüşümünün sağlanması, sağlık ve güvenlik sorunlarının azalması gibi dolaylı etkilerinin olması gerekmektedir (Galuszka ve ark., 2013; Plotka-Wasyłka ve ark., 2017).

Günümüzde yaygın olarak parfüm, kozmetik, ilaç, biyoyakıt, gıda, malzeme veya ince kimya endüstrilerinde ekstraksiyon işlemlerinde çeşitli çözücüler kullanılmaktadır. Bitkilerden saf özütlerin çıkarılması, ağır kimya endüstrileriyle karşılaştırıldığında "temiz" olarak kabul

edilir, ancak araştırmacılar ve profesyonel uzmanlar, çevresel etkisinin görüldüğünden çok daha büyük olduğunu belirtmektedir. Bitkilerden çıkarılan bu saf özütlerin içerisindeki uçucu yağlar, sadece fiziksel yollarla izole edilmesi gereken ham bitki materyallerinden elde edilen ürünler olarak tanımlanır. Bunun için kullanılan fiziksel yöntemler alembik damıtma (buhar, buhar/su ve su) veya doğal malzemeler kullanılan, soğuk presleme olarak da bilinen kuru damıtmadır. Bu işlemler için zaman, enerji, çözücü ve su tüketilmesi gerekmektedir. Bu fiziksel yöntemlerin kullanımıyla elde edilen lipitler, aromalar, renkler ve antioksidanlar petrol kaynaklı çözücüler kullanılarak ekstraksiyon elde edilir (Chemat ve ark.,2020).

Biyoaktif bileşiklerin doğal kaynaklardan ekstraksiyonu ve izolasyonu, köklü prosedürlere göre ilerlemektedir. Bunlardan prosedürlerin birincisi; kapsamlı ekstraksiyon (maserasyon, buhar veya hidrodamıtma, presleme, kaynatma, infüzyon, perkolasyon ve Soxhlet ekstraksiyonu) ikincisi ise; hedef bileşikleri saf formda izole etmek için ekstraktlara ek kimyasal işlem uygulamaktır (Chemat ve ark., 2012). Konvansiyonel ekstraksiyon işlemleri hidrokarbonlar, alkoller ve kloroalkanlar gibi büyük miktarlarda çözücüler içerir, oldukça zahmetli ve zaman alıcı yöntemlerdir. Çünkü biyoaktif bileşiklerin çoğu suda çözünür değildir ve nihayetinde bazı hedef molekül bozulmasına ve uçucu maddelerin kısmi kaybına neden olabilirler (Cravotto ve ark., 2008; Bubalo ve ark., 2018).

Farklı türde ekstraksiyon tekniklerinin uygulama alanı sürekli artmaktadır. Bu alanda çalışan bilim insanları, analitik kimyada ayırmalar, hidrometalurjide endüstriyel işlemler, gıda mühendisliği, farmasötik ve atık arıtma gibi çeşitli uygulamalarda yaygın olarak kullanılan sıvı sıvı ekstraksiyonu, Soxhlet ekstraksiyonu, hızlandırılmış çözücü ekstraksiyonu ve katı faz ekstraksiyonu gibi alanlardan bahsetmektedir (Li ve ark., 2016).

Süperkritik CO₂ ekstraksiyon

Süperkritik sıvı ekstraksiyon kavramı, kritik noktanın üzerinde belirli bir sıcaklık ve basınçta bir sıvı ile ekstraksiyon için kullanılır (Reverchon ve De Marco, 2006; Diaz-Reinoso ve ark., 2006; Silva ve ark., 2008). Bu kritik bölgede çözücü, fizikokimyasal ile süperkritik hale gelir. Bu çözücüler, çözünmeyen bileşikleri ayrı bir gaz veya sıvı halde çözebilir. Düzenli basınçlarda yüksek uçuculukları nedeniyle, bu çözücüler çözünenden çok az kalıntı ile veya hiç kalıntı bırakmadan ayrılabilir, bu da ekstraksiyon verimliliğini ve güvenliğini artırır (Varshosaz ve ark., 2018). Genel olarak, bitki ekstraktlarının verimleri, kimyasal profilleri ve biyoaktiviteleri numunenin kendisinden (çeşitlilik, morfoloji, coğrafi bölge, iklim koşulları, stres ve diğer faktörler), ekstraksiyon tekniğinden ve operasyonel parametrelerden etkilenir. Süperkritik CO₂ ekstraksiyon, endüstriyel olarak uygulanan etkili ve seçici bir ekstraksiyon tekniği olarak önerilmiştir (Bubalo ve ark., 2018; Atif ve ark., 2020). Bu yöntemde en sık kullanılan çözücü olan karbondioksit gazı dekompresyon ile uzaklaştırılabilir ve elde edilen ekstraktta hiçbir kimyasal kalıntı kalmaz (Budisa ve Schulze-Makuch, 2014; Li ve ark., 2022). CO₂'nin ortam basıncında gaz halinde olması özütleyicinin kolayca geri kazanılmasını sağlar. Ayrıca, sera etkisine ilişkin endişelerden kaçınmak için CO₂ geri dönüştürülebilir. Süperkritik CO₂ ekstraksiyon, gıda, ilaç ve kozmetik endüstrileri tarafından örneğin kahve ve çay bitkilerinin kafeinsizleştirilmesi gibi gıda ürünlerinden doğal bileşiklerin ekstraksiyonu süreçlerinde geniş çapta araştırılmış ve kullanılmıştır. Ayrıca doğal matrislerden uçucu yağların ve ilaçların ekstraksiyonunda, lipid ekstraksiyonunda ve ayrıca biyodizel elde etmek için transesterifikasyon reaksiyonlarında uygulanmıştır (Sahena ve ark., 2009; Yen ve ark., 2015; Płotka-Wasyłka ve ark., 2017; Mouahid ve ark., 2018).

Süperkritik CO₂ ekstraksiyon yönteminde, süperkritik bölgede, akışkan belirli özellikler gösterir ve sıvı ile gaz arasında bir ara davranış özelliği vardır. Özellikle süperkritik akışkanlar, gaz benzeri viskozitelere, sıvı benzeri yoğunluklara ve bir sıvı ile gazın ara formuna yayılan

difüzyonlara sahiptir (Çolak ve Tülek, 2003). Süperkritik akışkanların yüzey gerilimi bulunmamaktadır. Çünkü bu akışkanlar buhar-sıvı sınırına maruz kalmamaktadır. Bundan yola çıkılarak hiçbir molekülün sıvının iç kısmına çekimi yoktur. Süperkritik bir akışkanın viskozitesi ve yoğunluğu, sıcaklık veya basınç değişimi ile değişebilir. Karbondioksit en yaygın kullanılan süper kritik akışkandır. Bunun sebebi, CO₂'nin kimyasal olarak inert, ucuz ve yüksek saflıkta olması zehir etkisi göstermemesi, yanıcı olmaması ve düşük maliyetlerde yaygın olarak bulunmasıdır (Anonim, 2022). Süperkritik CO₂'i bu kadar tercih edilir olmasını sağlayan sebepler; basıncın düşürülmesi veya reaksiyon ortamının soğutulması esnasında meydana gelen hal değişimidir. CO₂ kritik noktaların üzerinde akışkan, altında ise gaz halindedir ve reaksiyon sonunda gazın sistemden uzaklaştırılması, çözücünün tamamen çıkarılmasına imkan sağlamasıdır (Anastas ve Eghbali, 2010; Söğüt ve Çelebi, 2020)

Tıbbi ve aromatik bitkiler

Bitkiler potansiyel ilaçlar açısından zengin bir kaynaktır ve son yıllarda şifalı bitkilerin değeri konusunda artan bir anlayış vardır. Bitkilerde bulunan birçok biyoaktif bileşik, kan basıncını düşürme, kardiyovasküler hastalıkları önleme, kanser riskini azaltma veya kan şekerini düşürme gibi çeşitli faydalara katkıda bulunur. Bu biyoaktif bileşikler, tohum (üzüm, kivi, *Swietenia macrophylla*), kökler (*Eurycoma longifolia*), yapraklar (*Moringa oleifera*, *Psidium guajava*), ve rizomlar (*Curcuma longa*) gibi tıbbi bitkilerin farklı kısımlarında bulunabilir. Tıbbi bitkiler, antioksidanların varlığı ve antimikrobiyal aktivitenin neden olduğu koruyucu etkileri nedeniyle gıda ve kozmetik endüstrisi için katkı maddesi olarak da oldukça değerlidir (Daud ve ark., 2022).

Farklı tıbbi ve aromatik bitkilerden elde edilen doğal bileşikler, farklı uygulamalar için hammadde olmanın yanı sıra alternatif tedavilerde kullanım açısından da saygınlık kazanmıştır. Şifalı bitkiler, geleneksel tedavilerde ilaç görevi gören biyoaktif bileşiklerin kaynağıdır (Fierascu

ve ark., 2020). Aromatik bitkiler, aromaları ve lezzetleri için kullanılabilir zengin bir uçucu yağ kaynağını temsil eder (Manousi ve ark., 2019). Tıbbi ve aromatik bitkiler aynı zamanda kozmetik, fonksiyonel gıda veya doğal boya üretiminde de kullanılmaktadır (Saha ve Basak, 2020). Tüm dünyada binlerce tür araştırılmakta ve kullanılmaktadır (Zengin ve ark., 2018; Fierascu ve ark., 2021).

Bazı tıbbi ve aromatik bitkilerde geleneksel ve süperkritik CO₂ ekstraksiyonların karşılaştırılması

Ekstraksiyon işlemi; biyoaktif bileşiklerin bitki materyalinden elde edilebildiği temel işlem olarak tanımlanmaktadır. Ekstraksiyon işlemini gerçekleştirmekteki temel amaç, elde edilmeye çalışılan bileşiği en yüksek biyolojik aktivitede ve miktarda elde edebilmektir (Truong ve ark., 2019). İkincil metabolitler (sekonder metabolitler) bitki materyaline ve bileşenlerine bağlı olarak bitki dokusundan; ekspresyon (soğuk presleme), sıvılaştırılmış gazlar, damıtma işlemi maserasyon, anfloraj (soğuk yağ ile ekstraksiyon) veya çözücüler ile ekstraksiyon yöntemiyle elde edilir (Mamedov ve Craker, 2012; Ou ve ark., 2015). Aromatik bitkilerden uçucu yağlar geleneksel bir yöntem olan hidrodistilasyon yöntemiyle elde edilmektedir. Uçucu bileşenlerin/uçucu yağların bu klasik ekstraksiyon yöntemleri çeşitli problemlere sahiptir (Reverchon ve Marco, 2006). Süperkritik CO₂ ekstraksiyon yöntemi sayesinde antioksidanlar, tokoferoller, karotenoidler, doymamış yağ asitleri vb. gibi çeşitli biyoaktif bileşiklerin izolasyonu sağlanır. Bu bileşikler, gıda teknolojisi ve insan sağlığında, bazı modern hastalıkların önlenmesinde önemli bir rol oynayabilir (Elgndi ve ark., 2017). Süperkritik CO₂ Ekstraksiyon yönteminin sağladığı avantajlar; kısa sürede, düşük sıcaklıkta ve yüksek verimlilikte gerçekleşmesi, kolaylığı ve çevre kirliliği oluşturmamasıdır. Ayrıca çözücüsü tamamen uzaklaştırılmış, oksidasyona maruz kalmayan, seçiciliği yüksek bir ekstrakt elde edebilme kapasitesine sahiptir. Süperkritik sıvı akışkan sisteminde kullanılan karbondioksit en yaygın süperkritik sıvıdır ve etanol, hekzan, metanol gibi yardımcı çözücülerle birlikte kullanıldığında çözücü

etkinliği artış göstermektedir (Karale Chandrakant ve ark., 2011; Vijayan ve ark., 2019). Tıbbi ve aromatik bitki ürünlerinin ekstraksiyonu, doğru ve tekrarlanabilir veriler elde etmek için kontrollü koşullar altında uygun şekilde gerçekleştirilmelidir. Ayrıca, *in vivo* ve *in vitro* deneysel ve farmakolojik çalışmalar, aromatik bitkileri ve bunların ekstraksiyonlarını alternatif tıbbi ürünlere dönüştürmeyi hedeflemektedir. Etki mekanizmalarının daha iyi anlaşılması ve bunların kapsamlı bir şekilde kullanılması için; yem , gıda ve diğer ilaçlarla olası etkileşimlerinin değerlendirilmesi gerekmektedir (Doğan ve Avcı, 2018; Giannenas ve ark., 2020; Arslan ve ark., 2021).

Çok önemli bir tıbbi ve aromatik bitki olan *Salvia officinalis* L. ile yapılan çeşitli ekstraksiyon yöntemlerinin kıyaslandığı çalışmalarda hidrodistilasyon yöntemiyle terpenler ve fenolik bileşenlerin %2-2,1 (Miguel ve ark., 2011) ve süperkritik CO₂ ekstraksiyon yöntemiyle terpenler ve fenoliklerin %5,477-0,659 (Jokic ve ark., 2018) olduğu tespit edilmiştir (Fierascu ve ark., 2021).

Fransız kadife çiçeğinin (*Tagetes patula* L.) liyofilize tüy köklerinden kükürt içeren bileşiklerin elde edilmeye çalışıldığı bir çalışmada süperkritik CO₂ ekstraksiyon ile 60 dakikalık dinamik sürede dört karakteristik tiyofen metaboliti elde edilmiştir. Yardımcı çözücü olarak metanol uygulamasının seçiciliği artırmadığı kanıtlanmıştır (Szarkave ark., 2010). Daha sonra kuersetin ve (+)-kateşinin *Phyllanthus niruri* L. kallus kültürlerinden geri kazanılması için süperkritik CO₂ ekstraksiyonu klasik çözücü ekstraksiyonu ile karşılaştırıldığı çalışmada Kuersetin ve (+)-kateşin içeriği, süperkritik CO₂ ekstraksiyonu geleneksel ekstraksiyona göre sırasıyla 2,1 ve 11,7 kata kadar daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir (Anuar ve ark., Fierascu ve ark., 2020).

Origanum vulgare L. üzerinden yapılan çalışmalarda hidrodistilasyon yöntemiyle terpenlerin %0,75 (Binello ve ark., 2014) süperkritik CO₂ ekstraksiyon yöntemiyle yapılan çalışmada terpenler grubundan

karnosik asit $3,18 \pm 0,40$ (Fornari ve ark., 2012) olarak belirlenmiştir (Fierascu ve ark., 2021).

Carum carvi tohumlarında yapılan bir araştırmada geleneksel yöntemlerde hekzanla ekstraksiyonun yanında süperkritik CO₂ ekstraksiyon yöntemi de karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Buna göre toplam fenolik içerik hekzanlı ekstraksiyonda $5,95 \pm 0,32$ mg GAE/g iken süperkritik CO₂ ekstraksiyon yönteminde $7,25 \pm 0,18$ mg GAE/g olarak tespit edilmiştir. Yeşil teknolojinin kullanıldığı yağların, gelişmiş antioksidan ve anti-inflamatuar etki gösteren, steroller ve fenolikler dahil olmak üzere biyoaktif bileşiklerde geleneksel özütlenmiş yağlardan daha zengin bir içeriğe sahip olduğu gözlemlenmiştir (Bourgou ve ark., 2020).

2.SONUÇ

Yapılan çalışmalara bakıldığı zaman yeşil teknoloji kullanımı giderek yaygın hale gelmektedir. Yeşil teknoloji kullanıldığında geleneksel ekstraksiyon yöntemlerine göre bitkilerin içerisindeki yağ asitleri, uçucu yağlar, fenolik bileşikler, flavonoidler, alkaloidler, karotenoidler vs. gibi bileşiklerden daha yüksek verim alınmaktadır. Yeşil teknolojinin içerisinde yer alan süperkritik CO₂ ekstraksiyon yöntemi tıbbi ve aromatik bitkilerden saf özütler elde edebilmek için uygulanabilir bir yöntemdir. Süperkritik CO₂ ekstraksiyon yönteminde özellikle CO₂ gazının değerlendirilmesi bakımından çevre dostu olması bu yöntemlerin sürdürülebilir yöntemler olduğunu bize göstermektedir.

3.KAYNAKLAR

- Anastas, P.T., Kirchhoff, M.M. (2002). Origins, current status, and future challenges of green chemistry. *Acc Chem Res*;35:686–94.
- Anastas, P., Eghbali, N. (2010). Green chemistry principles and practice, *Chem. Soc. Rev.*, vol. 39, pp. 301-312.
- Anonim (2022). Supercriticalfluid. org, "Explore, use, make the most of supercritical fluids." <http://www.supercriticalfluid.org/Supercritical-fluids.146.0.html> (Erişim, 30.09.2022).
- Anuar, N., Markom, M., Khairudin, S., Johari, N.A. (2012) Production and Extraction of Quercetin and (+)-Catechin from *Phyllanthus niruri* Callus Culture. *Int. J. Biotechnol. Bioeng.*
- Arslan, D., Aydın, M., Türker, S. (2021). Extraction Methods of Medicinal and Aromatic Plants, Its Use in Foods and Evaluation in Food Supplement Field. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(5), 926-936.
- Atif, M. J., Amin, B., Ghani, M. I., Ali, M., Cheng, Z. (2020). Variation in morphological and quality parameters in garlic (*Allium sativum* L.) bulb influenced by different photoperiod, temperature, sowing and harvesting time. *Plants*, 9(2), 155..
- Binello, A., Orio, L., Pignata, G., Nicola, S., Chemat, F., Cravotto, G. (2014). Effect of microwaves on the in situ hydrodistillation of four different Lamiaceae. *Compt. Rendus Chim*, 17, 181–186.
- Bourgou, S., Bettaieb Rebey, I., Dakhlaoui, S., Msaada, K., Saidani Tounsi, M., Ksouri, R., ... & Hamrouni-Sellami, I. (2020). Green extraction of oil from *Carum carvi* seeds using bio-based solvent and supercritical fluid: Evaluation of its antioxidant and anti-inflammatory activities. *Phytochemical analysis*, 31(1), 37-45.
- Bubalo, M. C., Vidović, S., Redovniković, I. R., Jokić, S. (2018). New perspective in extraction of plant biologically active compounds by green solvents. *Food and Bioproducts Processing*, 109, 52-73.
- Budisa, N., Schulze-Makuch, D. (2014). Supercritical carbon dioxide and its potential as a life-sustaining solvent in a planetary environment. *Life*, 4(3), 331-340.
- Capello, C., Fischer, U., Hungerbühler, K. (2007) What is a green solvent A comprehensive framework for the environmental assessment of solvents, *Green Chem.* 9 927e934.
- Chemat, F., Vian, M.A., Cravotto, G. (2012). Green extraction of natural products: concept and principles. *Int. J. Mol. Sci.* 13, 8615–8627.
- Chemat, F., Vian, M. A., Fabiano-Tixier, A. S., Nutrizio, M., Jembrak, A. R., Munekata, P. E., ... Cravotto, G. (2020). A review of sustainable and

- intensified techniques for extraction of food and natural products. *Green Chemistry*, 22(8), 2325-2353.
- Çolak, N., Tülek, Y. (2003) Süperkritik akışkan ekstraksiyonu, *Gıda*, c. 28, s. 3, ss. 313-320.
- Cravotto, G., Boffa, L., Mantegna, S., Perego, P., Avogadro, M., Cintas, P. (2008). Improved extraction of vegetable oils under high-intensity ultrasound and/or microwaves. *Ultrason. Sonochem*, 5, 898–902.
- Crinnion, W.J. (2010). The CDC fourth national report on human exposure to environmental chemicals: what it tells us about our toxic burden and how it assist environmental medicine physicians. *Alternative Med Rev*;15:101–9.
- Cvjetko Bubalo, M., Vidović, S., Radojčić Redovniković, I., & Jokić, S. (2015). Green solvents for green technologies. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 90(9), 1631-1639.
- Daud, N. M., Putra, N. R., Jamaludin, R., Norodin, N. S. M., Sarkawi, N. S., Hamzah, M. H. S., ... Salleh, L. M. (2022). Valorisation of plant seed as natural bioactive compounds by various extraction methods: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 119, 201-214.
- Diaz-Reinoso, B., Moure, A., Dominguez, H., Parajo, J. C. (2006). *J. Agr. Food Chem*, 54, 2441.
- De Jesus, S.S., Ferreira, G.F., Moreira, L.S., Wolf Maciel, M.R. (2019). Maciel Filho R. Comparison of several methods for effective lipid extraction from wet microalgae using green solvents. *Renew Energy*;143:130–41.
- De Jesus, S. S., Maciel Filho, R. (2020). Recent advances in lipid extraction using green solvents. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 133, 110289.
- Doğan, Ö., Avcı, A. (2018). Bitkilerle tedavi ve ilaç etkileşimleri. *Türkiye Klinikleri Journal of Public Health-Special Topic*, 4(1): 49-54.
- Elgndi, M. A., Filip, S., Pavlić, B., Vladić, J., Stanojković, T., Žižak, Ž., Zeković, Z. (2017). Antioxidative and cytotoxic activity of essential oils and extracts of *Satureja montana* L., *Coriandrum sativum* L. and *Ocimum basilicum* L. obtained by supercritical fluid extraction. *The Journal of Supercritical Fluids*, 128, 128-137.
- EEA. (2013). Towards a green economy in Europe. EU environmental policy targets and objectives 2010–2050. EEA Report No 8/2013.
- Fierascu, R.C., Fierascu, I., Ortan, A., Georgiev, M.I., Sieniawska, E. (2020). Innovative approaches for recovery of phytoconstituents from medicinal/aromatic plants and biotechnological production. *Molecules*, 25, 309.
- Fierascu, R. C., Fierascu, I., Baroi, A. M., Ortan, A. (2021). Selected aspects related to medicinal and aromatic plants as alternative sources of bioactive compounds. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(4), 1521.

- Fornari, T., Ruiz-Rodriguez, A., Vicente, G., Vázquez, E., García-Risco, M.R., Reglero, G. (2012). Kinetic study of the supercritical CO₂ extraction of different plants from Lamiaceae family. *J. Supercrit. Fluids*, 64, 1–8.
- Gałuszka, A., Migaszewski, Z., Namiesnik, J. (2013). The 12 principles of green analytical chemistry and the significance mnemonic of green analytical practices, *TrAC* 50, 78e84.
- Giannenas I, Sidiropoulou E, Bonos E, Christaki E, Florou-Paneri P. (2020). The history of herbs, medicinal and aromatic plants, and their extracts: Past, current situation and future perspectives. *Feed Additives* (1-18). doi: 10.1016/B978-0-12-814700-9.00001-7.
- Jokic, S., Molnar, M., Jakovljevic, M., Aladic, K., Jerkovi'c, I. (2018). Optimization of supercritical CO₂ extraction of *Salvia officinalis* L. leaves targeted on oxygenated monoterpenes, α -humulene, viridiflorol and Manool. *J. Supercrit. Fluids*, 133, 253–262.
- Karale Chandrakant, K., Dere Pravin, J., Dhonde, S., Honde Bharat, S., Kote Amol, P. (2011). An overview on supercritical fluid extraction for herbal drugs. *Pharmacologyonline*, 2: 575-596
- Li, Z., Smith, K.H., Stevens, G.W. (2016). The use of environmentally sustainable bioderived solvents in solvent extraction applicationsda review, *Chin. J. Chem. Eng.* 24, 215e220.
- Li, L., Chen, M., Zeng, Y., Liu, G. (2022). Application and Perspectives of Supercritical Fluid Technology in the Nutraceutical Industry. *Advanced Sustainable Systems*, 2200055.
- Mamedov, N.A., Craker, L.E. (2012). Man and medicinal plants: A short review. *Acta Horticulturae*, 964: 181–190. doi: 10.17660/ActaHortic, 964, 22.
- Manousi, N., Sarakatsianos, I., Samanidou, V. (2019). Extraction techniques of phenolic compounds and other bioactive compounds from medicinal and aromatic plants. In *Engineering Tools in the Beverage Industry. Volume 3: The Science of Beverages*; Grumezescu, A.M., Holban, A.M., Eds.; Woodhead Publishing: Duxford, UK; pp. 283–314.
- Miguel, G., Cruz, C., Faleiro, M.L., Simões, M.T.F., Figueiredo, A.C., Barroso, J.G., Pedro, L.G. (2011). *Salvia officinalis* L. essential oils: Effect of hydrodistillation time on the chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities. *Nat. Prod. Res.* 25, 526–541.
- Mouahid, A., Bouanga, H., Crampon, C., Badens, E. (2018). Supercritical CO₂ extraction of oil from *Jatropha curcas*: an experimental and modelling study. *J Supercrit Fluids*;141:2–11.
- Ou, M.C., Liu, Y.H., Sun, Y.W., Chan, C.F. (2015). The composition, antioxidant and antibacterial activities of cold-pressed and distilled essential oils of *Citrus*

- paradisi and Citrus grandis (L.) Osbeck. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine: 1-9. doi: 10.1155/2015/804091.
- Plotka-Wasyłka, J., Rutkowska, M., Owczarek, K., Tobiszewski, M., Namieśnik, J. (2017). Extraction with environmentally friendly solvents. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 91, 12-25.
- Reverchon, E., De Marco, I. (2006). Supercritical fluid extraction and fractionation of natural matter, *J. Supercrit. Fluids* 38, 146–166.
- Plotka-Wasyłka, J., Rutkowska, M., Owczarek, K., Tobiszewski, M., Namieśnik, J. (2017). Extraction with environmentally friendly solvents. *TrAC Trends Anal Chem (Reference Ed)*;91:12–25.
- Saha, A. ve Basak, B.B., 2020, Scope of value addition and utilization of residual biomass from medicinal and aromatic plants. *Ind. Crops Prod.*, 145, 111979.
- Sahena, F., Zaidul, I.S.M., Jinap, S., Karim, A.A., Abbas, K.A. (2009). Norulaini NAN, Omar AKM. Application of supercritical CO₂ in lipid extraction – a review. *J Food Eng*; 95:240–53.
- Silva, G. F., Gamarra, F. M. C., Oliveira, A. L., Cabral, F. A., Braz. J. (2008). *Chem. Eng.* 25, 419.
- Sogut, O. ve Çelebi, B. (2020). Daha temiz analizler: yeşil kimya. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8(1), 160-175.
- Szarka, S., Gyurjan, I., Laszlo, M., Hethelyi, E., Kuzovkina, I.N., Lemberkovics, E., Szoke, E. (2010). GC-MS Studies of thiophenes in the supercritical fluid CO₂ and solvent extracts of *Tagetes patula* L. *Chromatographia*, 71, 1039–1047.
- Truong, D.H., Nguyen, D.H., Anh Ta, N.T., Bui, A.V., Ha Do, T., Nguyen, H.C. (2019). Evaluation of the use of different solvents for phytochemical constituents, antioxidants, and in vitro antiinflammatory activities of *Severinia buxifolia*. *Journal of Food Quality*, 1-9. doi: 10.1155/2019/8178294.
- Varshosaz, J., Ghassami, E., & Ahmadipour, S. (2018). Crystal engineering for enhanced solubility and bioavailability of poorly soluble drugs. *Current Pharmaceutical Design*, 24(21), 2473-2496..
- Vijayan, U.K., Varakumar, S., Singhal, R.S. (2019). A comparative account of extraction of oleoresin from *Curcuma aromatica* Salisb by solvent and supercritical carbon dioxide: Characterization and Bioactivities. *LWT-Food Science and Technology*, 116: 108564. doi: 10.1016/j.lwt.2019.108564.
- Yen, H.W., Yang, S.C., Chen, C.H.J., Chang, J.S. (2015). Supercritical fluid extraction of valuable compounds from microalgal biomass. *Bioresour Technol*;184: 291–6.
- Zengin, G., Mollica, A., Aumeeruddy, M.Z., Rengasamy, K.R., Mahomoodally, M.F. (2018). Phenolic profile and pharmacological propensities of *Gynandris sisyrinchium* through in vitro and in silico perspectives. *Ind. Crops Prod.*, 121, 328–337.

BÖLÜM 14

PAMUKTA VERTİCİLLİUM (*Verticillium dahliae* Kleb.) SOLGUNLUK ETMENİ BİYOLOJİSİ VE GENEL DURUMU

Öğr. Gör. Ali BAYRAM¹ Öğr. Gör. Dr. Nurettin BARAN²

Öğr. Gör. Nazlı AYBAR YALINKILIÇ³

¹ Muş Alparslan Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Fakültesi Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü Muş/TÜRKİYE ali.bayram@alparslan.edu.tr, ORCID: 000-0002-4562-2861

² Muş Alparslan Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Fakültesi Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü Muş/TÜRKİYE n.baran@alparslan.edu.tr, ORCID:0000-0003-2212-3274

³ Muş Alparslan Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Fakültesi Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü Muş/TÜRKİYE na.yalinkilic@alparslan.edu.tr, ORCID:0000-0002-7462-775X

Pamuğun Önemi

Pamuk, tekstil ve hazır giyim sanayisinde yaygın olarak kullanılan önemli bir endüstri bitkisidir. Pamuk liflerinin işlenmesinin yanı sıra tohumundan da yağ elde edilmekte olup yağı çıkarıldıktan sonra geriye kalan küspesi ise hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir. Dünya üzerinde birçok coğrafi bölgede yetiştirilen pamuğun en büyük ekim alanını yaklaşık olarak %63 ile Asya kıtası oluşturmakta olup bunu sırasıyla %20 ile Amerika ve %14 ile Afrika izlemektedir. Dünya genelinde birçok ülkenin vazgeçilemez tarım ürünleri arasında olan pamuk üretiminin %84' ü başta Hindistan ve Çin olmak üzere Amerika, Pakistan, Brezilya, Türkiye ve Özbekistan gibi ülkeler tarafından yoğun olarak yapılmaktadır (Özüdoğru, 2021).

Üretiminin yoğun olarak yapıldığı ülkeler aynı zamanda tüketimde de ön plandadırlar. Dünya genelinde pamuk üretim ve tüketimindeki bu oran bitkiye küresel bağlamda bir ivme kazandırmış ve tekstil başta olmak üzere pek çok sektörde söz konusu bitkinin önemini artırmıştır.

Dünya nüfusunun artması ve sürekli olarak değişen yaşam standartları yıllar itibarı ile tekstil sektörünü de etkilemiş ve bu durum tekstil sektörünün hammaddesi olan pamuğun hem üretimini hem de tüketimini büyük ölçüde arttırmıştır.

Çizelge. 1. Pamuk ekim alanlarında önde gelen ülkeler (bin ha)

	2016/2017	2017/2018	2018/2019	2019/2020
Hindistan	10.845	12.235	12.600	13.300
ABD	3.848	4.492	4.130	4.700
Çin	3.100	3.350	3.367	3.450
Pakistan	2.496	2.665	2.325	2.450
Brezilya	939	1.175	1.618	1.670
Özbekistan	1.250	1.208	1.100	1.010
Mali	656	704	730	740
Benin	418	530	656	670
Türkiye	420	462	520	570
Türkmenistan	545	545	534	550

Anonim, 2020.

2019-2020 yılı pamuk durum verilerine göre Dünya genelinde 34,2 milyon ha alanda 26 milyon ton pamuk üretimi yapılmış olup verim ise 761 kg/ha olarak gerçekleşmiştir (ICAC, 2021). Pamuk üretiminde öne çıkan bu ülkeler tüketimde de dünya genelinde lider konumdadır. Çin, Hindistan, Türkiye, Pakistan, Bangladeş ve Vietnam gibi tekstil ve hazır giyim sanayisi gelişmiş olan ülkeler dünya genelinde üretilen pamuğun yaklaşık olarak %80'ini kullanmaktadır. Bangladeş ve Vietnam' da pamuk üretimi çok az olmasına rağmen gelişmiş tekstil sektörlerine hammadde sağlamak amacıyla pamuk ithalatında öne çıkmaktadır.

Küresel bağlamda birçok ülkenin ekonomisini yakından ilgilendiren yarattığı katma değer ve istihdam olanakları ile değerli bir tarım ürünü olan pamuk, yaygın ve çeşitli kullanım alanları ile birçok sektörün etkileşim içerisinde olmasını sağlayan stratejik bir endüstri bitkisidir.

Tekstil sektörünün en önemli hammaddesini oluşturan pamuğun dünya genelinde üretimini olumsuz yönde etkileyen birçok biyotik ve abiyotik stres faktörü vardır. Çevresel etmenlerden özellikle düşük sıcaklıklar bitkinin büyüme ve gelişmesini olumsuz etkileyerek ürün verim ve kalitesi üzerinde ciddi düşüöşlere neden olmaktadır (Odabaşioğlu ve ark.,2021).

Biyotik stres faktörleri arasında pamuk üretimini etkileyen en önemli sınırlayıcılardan biri hastalıklardır. Spesifik olarak bulaşıcı bitki hastalıklarının üçte ikisinin nedeni funguslardır. Toprak kökenli bir mantar hastalığı olan *Verticillium solgunluğu*, dünyada pamuk tarımının yapıldığı hemen hemen bütün alanlarda etkili olan en yıkıcı pamuk hastalıklarından biridir (Shaban et al., 2018).

Pamukta *Verticillium Solgunluğu*

Verticillium dahliae fungal etmenin neden olduğu *Verticillium solgunluğu* dünyada pamuk tarımının yapıldığı çeşitli bölgelerde bitkinin verim ve kalitesini olumsuz etkileyen en yıkıcı hastalıklardan biri olarak bilinmektedir. Hastalığın bitki üzerindeki olumsuz etkisi

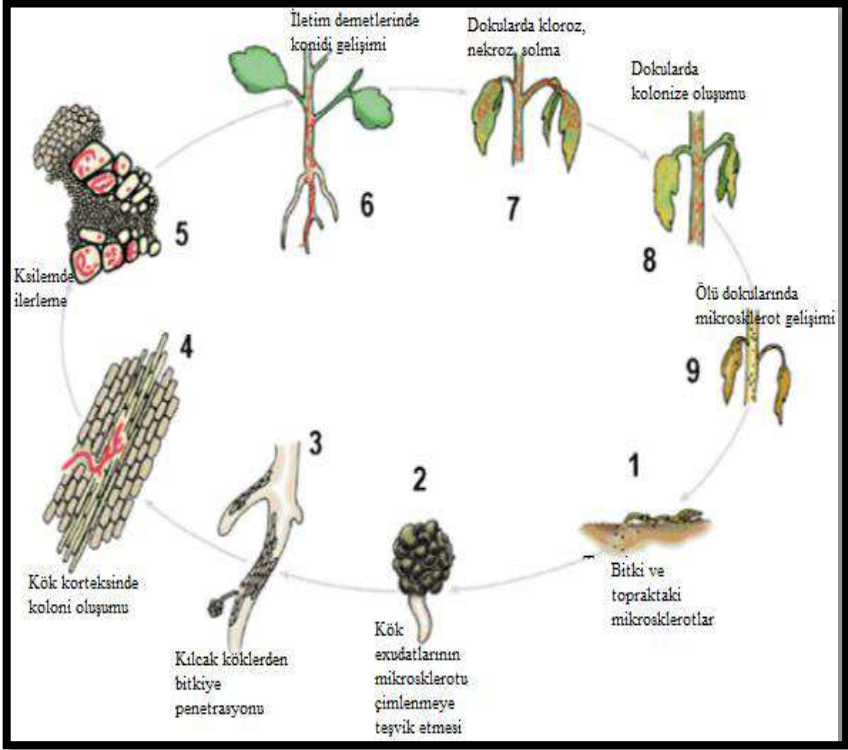
sonucu her yıl büyük ölçüde verim kayıpları meydana gelmektedir. *Verticillium solgunluğu* hastalığı ilk olarak 1914 yılında Virjinya’ da tanımlanmış ve ilerleyen dönemlerde dünyada pamuk tarımı yapılan birçok alana yayılmıştır (Shaban et al, 2018).

Pamukta büyüme ve gelişmeyi etkileyerek üründe verim ve kalite kayıplarına neden olan çok sayıda fungal hastalık etmeni vardır. Koza çürüklüğü, Yaprak lekesi, Külleme, *Fusarium* ve *Verticillium solgunluğu* bu fungal hastalıklardan bazılarıdır. Bu hastalıklar arasında *Verticillium* ve *Fusarium solgunluğu* pamuk üretim bölgelerinde ciddi verim ve kalite kayıplarına neden olmakta ve pamuğun en önemli hastalıkları olarak bilinmektedir (Li ve ark., 2017).

Pamukta *Verticillium solgunluğu* hastalığının *Verticillium dahliae* ve *Verticillium alboatrum* adı verilen iki ana patojenik türü vardır (Yao et al., 1982). Toprak kökenli bir fungus olan *Verticillium* bitkide sistemik enfeksiyona neden olmakta ve fungus mikroskleretialar oluşturarak toprakta uzun süre canlılığını sürdürebilmektedir. Fungus sporları rüzgar, sıcaklık, nem gibi iklim faktörlerinin etkisiyle yayılmakta ve bitki yüzeyine temas etmektedir. *Verticillium dahliae* hastalık etmeni bitkiye kökler aracılığıyla enfekte olarak bitkinin iletim demetlerinden yukarıya doğru ilerlemektedir. Bu funguslar yaklaşık olarak 22-25 °C sıcaklıklarda iyi gelişir. *Gossypium hirsutum* pamuk türlerini *Gossypium barbadense*’ye göre daha fazla etkilediği bilinen bu funguslar ile ilgili yapılan çalışmalar *Gossypium barbadense* pamuk türünün söz konusu hastalığa karşı daha dayanıklı genler taşıdığını bildirmiştir (Ma et al., 1999).

Toprakta mikroskleroit halinde bulunan *Verticillium* patojenleri bitki köklerinin ürettiği salgıların etkisiyle aktif hale gelmekte ve bitki kök uçlarından bitki bünyesine nüfuz etmektedir. Bitki iletim demetlerinden ksilem borularına yerleşen fungus burada koloniler oluşturarak boruların tıkanmasına neden olmaktadır. Hastalığın ilk belirtileri bitki yapraklarında meydana gelen solgunluk ve sonrasında nekroz şeklinde lekelerin oluşumudur.

Hastalığın belirtileri genellikle dışardan gözle görülebilen ve mikroskobik olarak iletim demetlerinde meydana gelen bulgular olarak ikiye ayrılır (Mace, 2012).



Şekil 1. *Verticillium* hastalığının yaşam döngüsü a: Toprak ya da bitki artıklarındaki mikrosklerotlar, b: Kök exudatlarının mikrosklerotların çimlenmesini teşvik etmesi, c: Kılcal köklerden bitkiye penetrasyon, d: Kök korteksinde kolonizasyon, e: Ksillem dokularında ilerleme, f: İletim dokularında konidilerin gelişimi, g: Bitki dokularında kloroz, nekroz ve solma, h: Bitki iletim dokularında kolonize, i: Bitkinin ölü dokularında mikrosklerotların gelişimi

Bitki yapraklarında gelişim geriliği, solma, bitkide büyüme geriliği gibi semptomlar bitkide dışardan gözlenebilen belirtilerin başında gelmektedir. Hastalığın şiddeti arttıkça bitki yapraklarında nekrozlar çoğalmakta zamanla bitkinin dal ve yapraklarında kuruma meydana gelmektedir. Bitkinin kendi bünyesinde fizyolojik olarak meydana gelen semptomların başında patojenin iletim demetlerini tıkmamasıdır.

Bitki kökleri aracılığıyla bitkiye bulaşan fungus ksilem iletim borularında tıkanıklığa neden olarak bitkinin su ve besin madde alımını engelleyerek erken yaşlanmasına ve verim kayıplarının meydana gelmesine neden olmaktadır (Bowden et al., 1990).

Verticillium fungusunun sporları; boyutu ve türü gibi morfolojik özelliklerine göre taksonomik olarak yaklaşık 50'den fazla türü tanımlanmıştır (Isaac, 1967). Bunların içinden *Verticillium alboatrum* ve *Verticillium dahliae* dünya genelinde önemli verim ve kalite kayıplarına neden olmaktadır (Paredes-Lopez, 1999). Bu türlerden *Verticillium alboatrum* canlılığını 20-25 °C' de sürdürebilirken *Verticillium dahliae* ise 25-28 °C sıcaklıklarda en iyi şekilde yaşamını sürdürmektedir (Agrios, 2005). *Verticillium* fungusunun 28°C ve üzeri sıcaklıklarda spor canlılığında ve büyüme hızında ciddi bir azalma olduğu bildirilmiştir (Trigiano,2013).

Günümüzde Dünyanın pamuk yetiştirilen alanlarının çoğunda *Verticillium solgunluğu* hastalığı görülmektedir (Wang ve ark., 2004). Söz konusu hastalığın tüm Dünyada yıllık yaklaşık olarak 1.5 milyon balya verim kaybına neden olduğu bildirilmektedir (Cai ve ark. 2009).

Polifag bir patojen *Verticillium dahliae*'nin 400'den fazla konukçu bitkisi vardır. (Berlanger ve Powelson, 2000). Fungus konukçu bitki olmaksızın toprakta ve çürümüş bitki artıkları üzerinde yaklaşık 15 yıl mikrosklereoit, hif misel veya konidi oluşturarak canlılığını sürdürebilmektedir (Garber ve ark., 1996; Agrios, 2005; Vallad ve ark., 2006).

Verticillium dahliae'nin bitkide meydana getirdiği semptomlar ve bitkinin patojenden etkilenme derecesi genotipe, bitkinin büyüme dönemine, patojenin yapısına, hastalığın bulaşma yoğunluğuna ve çevresel faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir (Robb, 2007).



Şekil 2. Solgunluk hastalığının, pamuk yapraklarında hastalık belirtileri

Verticillium patojeninin dormansi hali, parazit ve saprofit olmak üzere üç farklı yaşam döngüsü vardır (Fradin et al., 2006). Patojen dormansi evresini toprakta mikrosklereoit formunda geçirmektedir. Dormansi döneminde patojenin uzun yıllar boyunca toprakta canlı kalabileceği bilinmektedir (Tjamos et al., 1995). Patojen parazit formunda olduğu evrede bitki köklerine bulaşmakta ve korteks tabakasında koloniler oluşturmaktadır. İlerleyen evrelerde endodermis tabakasına hareket etmekte ve sonrasında ksilem iletim borularına hareket ederek boruların tıkanmasına neden olmaktadır. Saprofit aşaması ise fungusun bitkinin ölü dokularında yaşamaya devam ettiği dönemdir (Schnathorst, 1981).

Verticillium solgunluğu hastalığının yayılmasını etkileyen çeşitli faktörler vardır. Patojenin diğer patojenlerle etkileşimi, toprak sıcaklığı, topraktaki su durumu, sulama suyunun kalitesi, yabancı otlar çevre faktörlerinden rüzgar, nem ve sıcaklık gibi faktörler hastalığın şiddetini

etkileyen etmenlerden bazılarıdır (Mace, 2012). Sıcaklık ve nem *Verticillium dahliae*'nin yayılmasına ve çoğalmasına neden olan önemli çevresel etmenlerin başında gelmektedir (Arbogast et al., 1999). Aşırı sulamadan kaynaklanan nemli topraklar da hastalığın çoğalmasına neden olmaktadır. Sulamadan dolayı serin kalan topraklarda patojenin hayatta kaldığı ve enfeksiyon şiddetinin arttığı bildirilmiştir (Karaca et al., 1971). Tarla toprağının periyodik olarak sulanması ve nemli kalması toprakta mikrosklereoit formunda bulunan patojenin aktif hale geçmesini sağlamaktadır (Farley et al., 1971).

Verticillium dahliae enfekte olduğu bitkilerin ksilem borularında koloniler oluşturarak boruların tıkanmasına neden olmaktadır. Enfekte olan bitkilerin iletim demetlerinde su akışını engelleyen fungusun varlığı bitkileri su stresine karşı daha duyarlı hale getirmektedir (Xio ve Subarro, 2000). Yapılan araştırmalar sürekli olarak sulanan pamuk ekim alanlarında hastalığın enfeksiyon şiddetinin kuraklık stresine maruz kalan yerlere oranla daha fazla olduğunu göstermektedir (Kadolph ve Langfold, 1998). Hastalığın bitkiye zarar verdiği kritik dönem toprak sıcaklıklarının nispeten düştüğü ve bitkinin olgunlaşmaya başladığı üretim sezonunun son dönemleridir (Bell, 1992). *Verticillium dahliae* kışı toprakta geçirdiği için toprak sıcaklığı ve neminin patojenin gelişimi üzerinde önemli bir etkisi olduğu bilinmektedir.



Şekil 3. Pamuk bitkisinin iletim dokularında solgunluk hastalığının oluşturduğu hastalık semptomlarının enine kesiti

Verticillium spp. türleri arasında mücadelesi en zor olan türün *Verticillium dahliae* olduğu bilinmektedir. Fungus bitkinin farklı dokularında veya toprakta uzun yıllar boyunca yaşamını devam ettirebilmektedir (Wildon et al.,1935). Ekim nöbeti, çapalama, toprak solarizasyonu gibi yöntemler *verticillium* solgunluğu hastalığının şiddetini azaltmak için uygulanan yöntemlerdir. Hastalıkla mücadelede en etkili yöntemlerden biri enfekte olmuş bitkilerin tarladan uzaklaştırılmasıdır.

Verticillium solgunluğu hastalığı ile mücadelenin en etkili yolu hastalığa dirençli çeşitlerin geliştirilerek üretim desenine alınmasıdır. Bu bağlamda hastalıktan kaynaklanan verim ve kalite kayıpları azaltılmış olacaktır (Zhang et al., 2014).

Verticillium solgunluğu hastalığı bitkilerin iletim demetlerini işgal ederek konukçu bitkide çeşitli enfeksiyonlar meydana getirir. Solgunluk patojeni bitki bünyesine nüfuz ettiğinde bitki söz konusu hastalığa direnç göstermek için enzim, tanen, antimikrobiyal peptitler gibi çeşitli antitoksin veya fitoaleksiner salgılamaktadır (Amil-Ruiz et al., 2011). Pamukta bulunan fitoaleksinerden biri de gossypollerdir. Yapılan çalışmalar pamuk bitkisinin kökleri hariç hemen hemen her bölgesinde bulunan Gossypollerin *Verticillium* solgunluğuna neden olan fungusu karşı toksik etki gösterdiği ve sporlaşmayı engelleyerek bitkinin savunma mekanizmasında önemli bir rol oynadığını bildirmektedir (Wagner et al., 2015).

Bitkilerde *Verticillium* solgunluğu hastalığına karşı iki tür direnç mekanizması mevcuttur. Bunlardan biri bitkinin kendi bünyesinde gerçekleştirdiği birtakım fizyolojik olayların meydana geldiği doğal direnç mekanizmasıdır. Patojen bitkiye enfekte olduğunda bitki hücreleri bu patojenlerin yayılmasını ve istilasını engellemek amacıyla çeşitli yapısal değişiklikler meydana getirir ve sonuçta bitki hastalığa karşı direnç kazanmış olur (Song et al., 2018). *Verticillium* solgunluğu hastalığına karşı dayanıklı ve hassas pamuk genotiplerinde lignin ve lignin benzeri polimerlerin birikim oranı ve boyutlarında farklılıkların olduğu belirtilmiştir (Xu et al., 2011).

Hastalık bulaşan bitkideki ilk belirtiler yapraklarda meydana gelen sararma, solma ve damar aralarındaki renk değişikliği ile meydana gelen nekrotik lekelerdir. Yaprak damar aralarında görülen sararmalar hastalığın ilk belirtisidir. Enfekte olmuş bitkide solgunluk belirtileri ilk önce alt yapraklardan başlamakta ve bitkide yer yer kurumalar meydana gelmektedir. Bitki yetiştirme sezonunun başlarında yani büyümenin erken evrelerinde hastalığa yakalandığında bitki boyu kısa kalmakta ve koza sayısında sağlıklı bitkilere oranla düşüş gerçekleşmektedir. Hastalığın ilerleyen aşamalarında bitkide kozalar zarar görmekte ve zarar gören kütlüde lif kalitesi yaklaşık olarak %50 oranında azalmaktadır (Zhang et al., 2012). Çevre şartlarının etkisiyle özellikle nemin yüksek olduğu alanlarda hastalığın şiddeti artmakta ve bu durum bitkilerin ölümüne

neden olmaktadır. Hastalığın şiddeti topraktaki nem seviyesi, sıcaklık ve ışıklandırma süresi gibi çevresel faktörlerin yanında; sulama, çapalama gibi kültürel uygulamalardan da etkilenebilmektedir. Tarımsal üretimin başlıca hedeflerinden bir tanesi de birim alandan yüksek verimli ve kaliteli ürün elde ederek üretimde sürekliliği sağlamaktır (İşlek ve ark., 2021). Çoğu bitkide olduğu gibi pamukta da önemli kalite ve verim kayıplarına neden olan *verticillium* solgunluğu hastalığına karşı mücadelede; ekim nöbeti, bilinçli sulama ve gübreleme, yabancı ot mücadelesi, çapalama ve temiz tohum kullanma gibi kültürel önlemler uygulanmalıdır.

Dünya genelinde *verticillium* hastalığının yıkıcı etkilerini azaltmak için çeşitli çalışmalar ve mücadele yöntemleri geliştirilse de hastalık yaklaşık 20 yıldır pamukta önemli verim ve kalite kayıplarının yaşanmasına neden olmaktadır (Zhang et al., 2011).

Sonuç ve Öneriler

Pamukta önemli verim ve kalite kaybına yol açan solgunluk etmeni *Verticillium dahliae* kontrolünde bilinen ekonomik bir kimyasal mücadele yöntemi mevcut değildir. Çeşitli fumigantlar ile topraktaki patojenin etkisi azaltılabilmekte ancak bu işlemlerin maliyetli olmasının yanında çevre ve insan sağlığına olan olumsuz etkilerinden dolayı geniş tarım alanlarında uygulanamamaktadır.

En etkili yöntemlerden biri *Verticillium* solgunluğuna karşı dayanıklı çeşitlerin kullanılmasıdır. Bu yüzden pamuk yetiştiriciliğinde bölgeye adaptasyonu iyi, verim ve lif kalitesi yüksek olan çeşitlerle birlikte solgunluk etmenlerine karşı dayanıklı pamuk çeşitlerin geliştirilmesi ve tercih edilmesi oldukça önemlidir.

Ancak mevcut ticari çeşitler genel olarak istenen dayanıklılık seviyesinde değildir. Hastalığı önlemede ekim zamanı, erkenci çeşit sınıfı ve pamuk tarlalarındaki bulaşık kalıntı ve sapların alandan uzaklaştırılıp yok edilmesi önemlidir. Aşırı ve bilinçsiz sulamadan

kaçınılması, münavebe ve toprak solarizasyonu hastalığı kontrol altında tutmayı sağlayacak önemli kültürel mücadele yöntemleridir.

Kaynaklar

- Agrios, G. N. (2005). Plant pathology 5th edition. Department of Plant Pathology, University of Florida, Elsevier Academic Pres. Page: 526-528. USA
- Amil-Ruiz, F. (2011). Molecular Mechanisms of Strawberry Plant Defence. Molecular Mechanisms of Strawberry Plant Defence against *Colletotrichum acutatum*, 1.
- Anonim. (2020). T.C Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü Pamuk durum ve Tahmin Raporu. Yayın no: 312. S: 2-11. Ankara/Çankaya.
- Arbogast, M., Powelson, M. L., Cappaert, M. R., & Watrud, L. S. (1999). Response of six potato cultivars to amount of applied water and *Verticillium dahliae*. *Phytopathology*, 89(9), 782-788.
- Bell, A. A. (1992). *Verticillium wilt*. Cotton diseases., 87-126.
- Berlanger, I. and M.L. Powelson. (2000). *Verticillium wilt*. The Plant Health Instructor. DOI: 10.1094/PHI-I-2000-0801-01
- Bowden, R. L., Rouse, D. I., & Sharkey, T. D. (1990). Mechanism of Photosynthesis Decrease by *Verticillium dahliae* in Potato . *Plant Physiology*, 94(3), 1048–1055. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1077340/>
- Cai, Y., Xiaohong, H., Mo, J., Sun, Q., Yang, J., Liu, J. (2009). Molecular research and genetic engineering of resistance to *Verticillium wilt* in cotton. *Afrikan Journal of Biotechnology*, vol: 8, page: 25.
- Farley, J. D., Wilhelm, S., & Snyder, W. C. (1971). Repeated germination and sporulation of microsclerotia of *Verticillium albo-atrum* in soil. *Phytopathology*.
- Fradin, E.F., Thomma, B.P. (2009). Physiology and molecular aspects of *Verticillium wilt* diseases caused by *V. dahliae* and *V. albo-atrum*. *Mol. Plant Pathol.* 7, 71–86.
- Garber, R.H., and Houston, B.R. (1966). Penetration and development of *Verticillium albo-atrum* in the cotton plant. *Phytopathology*, vol:56, pages: 1121-1126.

- ICAC, (2021). International Cotton Advisory Committee, Cotton This Month, 1 April 2021, Washington DC – USA.
- Isaac, I. (1967). Speciation in *Verticillium*. Annual Review of Phytopathology, 5(1), 201–222. <http://doi.org/10.1146/annurev.py.05.090167.001221>
- İşlek, F., Odabaşoğlu, M. İ. & Çakır, A. (2021). Meyve ve Sebzelerde Hasat Sonrası Yenilebilir Film ve Kapmalama Uygulamaları. Kökten, K. ve İnci, H. (Ed.), Tarım Uygulamalarında Yenilikçi Yaklaşımlar (İksad Publishing House), Bölüm 1, s.1-24. Ankara/Türkiye.
- Kadolph, S.J.; Langford, A.L. (1998). Textiles.: Ed. Prentice Hall. New Jersey.
- Karaca, İ., Karcilioglu, A., & Ceylan, S. (1971). Wilt disease of cotton in the Ege region of Turkey. Journal of Turkish Phytopathology, 1(1), 4-11.
- Li, X., Zhang, Y., Ding, C., Xu, W., Wang, X. (2017). Temporal patterns of cotton *Fusarium* and *Verticillium* wilt in Jiangsu coastal areas of China. Sci. Rep. 7, 12581.
- Ma, Z., Wang, X., Zhang, G., Liu, S., Sun, J., Liu, J. (1999). Genetic studies of *Verticillium* wilt resistance among different types of sea island cottons. Zuo wu xue bao 26, 315–321.
- Mace, M. (2012). Fungal Wilt Diseases of Plants. Elsevier Science. Retrieved from <https://books.google.com/books?id=S0Djy-X2GTcC>
- Odabaşoğlu, M. İ., İşlek, F. & Çakır, A. (2021). Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye Bağcılığının Geleceğine Muhtemel Etkileri. Kökten, K. ve İnci, H. (Ed.), Tarım Uygulamalarında Yenilikçi Yaklaşımlar (İksad Publishing House), Bölüm 11, s.257-294. Ankara/Türkiye.
- Özudođru, T. (2021). Dünya ve Türkiye’de Pamuk Üretim Ekonomisi. Tekstil ve Mühendis, 28(122), 149-161.
- Paredes-Lopez, O. (1999). Molecular Biotechnology for Plant Food Production. Taylor & Francis. Retrieved from <https://books.google.com/books?id=46ymyCa1wxUC>
- Robb, J. (2007). *Verticillium* tolerance: resistance, susceptibility, or mutualism? Canadian Journal of Botany, Vol:85(10) pp. 903-910 <https://doi.org/10.1139/B07-093>

- Schnathorst, W. C. (1981). Life cycle and epidemiology of *Verticillium*. Fungal Wilt Diseases of Plants, 82.
- Shaban, M., Miao, Y., Ullah, A., Khan, A. Q., Menghwar, H., Khan, A. H. & Zhu, L. (2018). Physiological and molecular mechanism of defense in cotton against *Verticillium dahliae*. Plant physiology and biochemistry, 125, 193-204.
- Song, Y., Liu, L., Wang, Y., Valkenburg, D.J., Zhang, X., Zhu, L., Thomma, B. (2018). Transfer of tomato immune receptor Ve1 confers Ave1-dependent *Verticillium* resistance in tobacco and cotton. Plant Biotechnol. J 16, 638–648.
- Tjamos, E. C., & Fravel, D. R. (1995). Detrimental effects of sublethal heating and *Talaromyces flavus* on microsclerotia of *Verticillium dahliae*. Phytopathology, 85(4), 388–392.
- Trigiano, R. N. (2013). Plant Pathology Concepts and Laboratory Exercises, Second Edition. CRC Press. Retrieved from <https://books.google.com/books?id=04nSBQAAQBAJ>
- Wagner, T.A., Liu, J., Puckhaber, L.S., Bell, A.A., Williams, H., Stipanovic, R.D. (2015). RNAi construct of a cytochrome P450 gene CYP82D109 blocks an early step in the biosynthesis of hemigossypolone and gossypol in transgenic cotton plants. Phytochemistry 115, 59–69.
- Wang, C., Isodaand, A., Wang, P. (2004). Growth and yield performance of some cotton cultivars in Xinjiang, China, an arid area with short growing period. J. Agron. Crop Sci., vol:190, pages: 177-183.
- Wildon, C. E., McDaniel, E. I., & Nelson, R. (1935). Dahlias: Their History,
- Xiao, C. L., Subbarao, K. V., Schulbach, K. F., & Koike, S. T. (1998). Effects of crop rotation and irrigation on *Verticillium dahliae* microsclerotia in soil and wilt in cauliflower. *Phytopathology*, 88(10), 1046-1055.
- Xu, L., Zhu, L.F., Tu, L.L., Liu, L.L., Yuan, D.J., Jin, L., Long, L., Zhang, X.L. (2011). Lignin metabolism has a central role in the resistance of cotton to the wilt fungus *Verticillium dahliae* as revealed by RNA-Seq-dependent transcriptional analysis and histochemistry. J. Exp. Bot. 62, 5607–5621.
- Yao, Y.W., Fu, C.Z., Wang, W.L., Li, Q.J., Zhang, Y.N., Chen, B., Zhang, Z.Y., Muhammed, A.E., Deng, X.M., Zhang, S.Q. (1982). Preliminary studies on

physiological forms of cotton *Verticillium wilt* fungus. *Acta Phytophylacica Sin.* 9, 145–148.

Zhang, X., Yuan, Y., Wei, Z., Guo, X., Guo, Y., Zhang, S., Sun, X. (2014). Molecular mapping and validation of a major QTL conferring resistance to a defoliating isolate of *Verticillium wilt* in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *PloS One*, 9(4), e96226. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0096226>

Zhang, Y., Wang, X., Yang, S., Chi, J., Zhang, G., Ma, Z. (2011). Cloning and characterization of a *Verticillium wilt* resistance gene from *Gossypium barbadense* and functional analysis in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Cell Rep.* 30, 2085–2096.

BÖLÜM 15

ŞEKER PANCARI (*Beta Vulgaris* L.) TARIMINDA BAZI ANA ZARARLILARIN TANIMLANMASI VE MÜCADELE YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ

Öğr. Gör. Ali BAYRAM¹

¹ Muş Alparslan Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü, Muş, TÜRKİYE, Orcid: 000-0002-4562-2861
ali.bayram@alparslan.edu.tr

1. GİRİŞ

İnsan beslenmesi açısından önemli bir enerji kaynağı olarak değerlendirilen bitkisel kaynaklı şeker, dünyada genel olarak şeker kamışı ve şeker pancarından elde edilmektedir. Dünya şeker üretiminin büyük bir kısmı şeker kamışından elde edilirken ikinci sırada ise şeker pancarı yer almaktadır (Anonim, 2019a). Şeker kamışı dünya genelinde tropik alanlarda yetiştirilirken şeker kamışının ekonomik olarak yetiştirilmediği alanlarda şeker üretimi şeker pancarından yapılmaktadır. Şeker pancarından ana ürün olan şeker üretiminin yanında yan ürünlerinden hayvan yemi, ispirto üretimi gibi alanlarda yararlanılması gibi faktörler söz konusu bitkinin önemini artırmaktadır. İçerdiği yüksek enerji içeriği ile insan beslenmesinde önemli bir yeri olan şeker pancarı yaygın ve çeşitli kullanım alanları ile son derece önemli bir endüstri bitkisidir. Şeker pancarı tarımının yapıldığı alanlarda modern tarım tekniklerinin ve ileri düzey mekanizasyonun kullanılabildiği şeker pancarı, üretimi yapılan alanlarda geniş bir istihdam yelpazesi oluşturan stratejik bir bitkidir (Aybar Yalınkılıç ve ark.,2022). İklim faktörlerinin ekonomik bağlamda şeker pancarı üretimine elverişli olması ve buna bağlı olarak bölgede şeker fabrikasının bulunması gibi faktörler Muş ili tarım potansiyeli içerisinde şeker pancarını ekonomik önemi olan değerli bitkilerden biri yapmaktadır. Ülkemizde 2019 yılında 18,05 bin ton olan şeker pancarı üretimi 2020 yılında artarak 23,02 bin tona ulaşmıştır. 2019 yılında 3 milyon 13 bin da olan şeker pancarı ekim alanı 2020 yılında 3 milyon 38 bin da alana yükselmiş olup ekim alanındaki artış üretim ve verimi de olumlu etkilemiştir. Dekara verim ise yıllara göre değişmekle birlikte 2020 yılında 6,84 ton/da olarak elde edilmiştir (Anonim, 2020b). Şeker pancarı tarımı ülkemizde, üreticiler ve fabrikalar arasında belirli sözleşmeler ile kota düzenlemesi yoluyla sürdürülmektedir (Anonim, 2017c). Şeker pancarı yetiştiriciliğinin yoğun olarak gerçekleştirildiği iller; %31,2'si Konya, %9,1'i Eskişehir ve %8,5 ile de Yozgat'tır (Anonim, 2020d). Diğer kültür bitkilerinde

olduğu gibi şeker pancarı tarımında da verim ve kaliteyi etkileyen pek çok etmen vardır.

Şeker pancarı tarımını etkileyen ve pancarda stres faktörlerine sebep olan birçok abiyotik ve biyotik etmen vardır. Bitkisel üretimde özellikle düşük sıcaklıklar bitkinin gelişmesini etkileyerek verim ve kalitede ciddi azalmalara sebep olmaktadır (Odabaşıoğlu ve ark.,2021). Nispi nemin yüksek olması pancarda şeker miktarının azalmasına, yüksek nemden kaynaklı fungal hastalık etmenlerinin ve zararlıların popülasyonlarının artmasına sebep olmaktadır (Er, 1988 ve Anonim, 1997e). Bitkinin gelişimini olumsuz etkileyerek verim ve kalite kayıplarına neden olan zararlılar şeker pancarı tarımında büyük ekonomik kayıplara neden olan başlıca biyotik etmenlerdir. Bu çalışma ile şeker pancarı tarımında rol alan üreticiler ve teknik personellerine şeker pancarında büyük ekonomik kayıplara sebep olan bazı önemli zararlıların biyolojisi, tanımlanması, konukçuları, doğal düşmanlarının mücadelesi ile ilgili değerlendirmeler ele alınmıştır.

Muş ilinde şeker pancarında üretimi olumsuz etkileyen önemli etmenlerden biri olan zararlı böceklere ilişkin kapsamlı çalışmalar bulunmamaktadır. Buna karşın şeker pancarı tarlalarındaki zararlılarla mücadele neredeyse tamamen kimyasal pestisitler kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Kimyasal mücadele yöntemi ile ortaya çıkan pek çok sorunla ekosistemdeki çeşitliliği büyük oranda olumsuz etkilemekte ve doğal dengenin bozulmasına yol açmaktadır. Ayrıca artan kimyasal girdileri üretimde ekonomik kayıplar olarak da üreticiyi etkilemektedir. Bu sebeplerle pestisitlerin olumsuz etkilerini en aza indirecek alternatif mücadele yöntemlerine, özellikle zararlıları tamamen ortadan kaldırmayıp, popülasyonlarını ekonomik zarar eşliğinin altında tutmayı amaçlayan ve son yıllarda yeni bir yaklaşım olan entegre zararlı yönetimi programlarının değerlendirilmesi önemli bir odak noktası haline gelmiştir. Söz konusu entegre mücadele yöntemlerinin geliştirilip ihtiyaç duyulan başlıca bilgilerin başında söz konusu ekosistemdeki zararlı böcekler ve doğal düşmanlarının tespiti

ile aralarındaki ekolojik ilişkilerin değerlendirilmesi gelmektedir (Atlıhan ve ark, 2003). Çalışma daha çok Muş ili merkez köylerindeki şeker pancarı alanlarında yapılan gözlemler sonucunda oluşturulmuştur. Şeker pancarı ekim alanlarında bu zararlı böceklere karşı alınması gereken önlemler ile ilgili öneriler ortaya konmuştur. Çalışmada; Güney Avrupa Pancar piresi *Chaetocnema tibialis* İllig. (Coleoptera: Chrysomelidae), Lahana Güvesi *Barathra brassicae* (L.) (Lepidoptera: Noctuidae), Pancar Sineği *Pegomya hyoscyami* (Panzer) (Diptera), Kalkan böcekleri *Cassida spp.* (Coleoptera: Chrysomelidae) böcekleri incelenen başlıca şeker pancarı zararlılarıdır.

2. GÜNEY AVRUPA PANCAR PİRESİNİN TANIMLANMASI

Güney Avrupa Pancar Piresi erginlerin vücut yapısı elips şeklinde, kubbemsi, yaklaşık 1.5-2 mm boyundadır, erginlerin rengi koyu metalik siyahtır. Baş, boyun ve elitra üzeri küçük küçük noktacıklarla süslenmiş şekilde görünür (Şekil 1.) Antenler oldukça uzun, antenler ve bacaklar sarımsı kahverengindedir. Elitraların her biri üzerinde noktacıkların oluşturduğu 11 uzunlamasına çizgi bulunur. Arka bacakların tibiaları sıçrayabilecek şekilde kuvvetli yapılıştadır ve oldukça hızlı hareket ederler. Güney Avrupa Pancar Piresi larvaları vücut yapısı ince uzun, 1.3 mm boyunda, beyaz renkli ve üzeri noktacıklarla bezenmiştir. Son abdomen segmenti ve pronotum kahverengidir. Bacakları kısadır. Pupa yaprak üzerinde bulunur, kahverengindedir. Yumurta uzunca şekilli, 0.6 mm kadar boyundadır. Güney Avrupa Pancar Piresi Chrysomelidae familyasında yer almaktadır (Toguebaye and Bouix 1989).



Şekil 1. Güney Avrupa Pancar Piresinin ergini.

2.1. Güney Avrupa Pancar Piresinin Yaşam Döngüsü

Güney Avrupa Pancar Piresi erginleri Mart-Nisan döneminde aktif hale geçerek yeni dikilmiş fideler üzerinde beslenmeye başlar. Erginler genç pancar fidelerinin yaprakları altında epidermise girerek beslenirler ve zarar oluştururlar. Erginler 1-2 hafta yapraklarda beslendikten sonra çiftleşir ve yumurta bırakmaya başlarlar. Yumurtalarını toprak yüzeyine bitki yakınına bırakılır. Yumurtalar 3-4 gün de açılırlar. Çıkan larvalar köklerle beslenmeye başlarlar. Larvalar 3 haftada gelişmesini tamamlarlar ve toprak yüzeyinde, topraktan bir kokon içerisinde pupa dönemine geçerler. Pupa evresi 5-8 günde tamamlanır ve ergin çıkışı görülmeye başlar. Haziran-Temmuz aylarında yeni dölün erginleri ortaya çıkmaya başlar. Yeni çıkan erginler ilerlemiş dönemdeki pancar yapraklarıyla beslenmeye başlarlar. Ekim-Kasım aylarında kışlaklara geçmektedirler (Anonim, 2013f).

2.2. Şeker Pancarındaki Zarar Şekilleri

Güney Avrupa Pancar Piresinin başlıca konukçuları şeker pancarı, hayvan pancarı ve Chenopodiaceae familyasındaki bitkileridir. Şeker pancarında ana zararlılar arasında yer almaktadır. Özellikle erken dönemde bulaşan ergin zararı oldukça önemlidir. Şeker pancarı ekiminden sonra yaklaşık 2-6 yapraklı dönemde bitkiye oldukça etkili zararlar meydana getirebilirler. Larvalar da zararlıdır fakat erginlerin

zararı daha tehlikelidir. Erginler genç pancar fidelerinin epidermisi içine girerek, yapraklarda küçük küçük delikler açarlar (Şekil 2). Zarar gören yapraklarda açılan delikler bitki büyüdükçe büyüyerek geri dönülmez zararlara uğrayabilir. Bu yapraklar zamanla kurur ve dökülürler. Fidelerin taze köklerini de kemirirler. Fidelerde önemli ekonomik zarar oluştururlar. Larvalar; yaprak dokusu içine girerek oyar, genç kökleri kemirirler.



Şekil 2. Güney Avrupa Pancar Piresi (*Chaetocnema tibialis* ILLIG. (Coleoptera: Chrysomelidae))'nin şeker pancarı yapraklarında zarar şekilleri.

Pancar pirelerinin önemli olan iki türü vardır; *Chaetocnema tibialis* (Güney Avrupa pancar piresi) ve *Chaetocnema concinna* (Kuzey Avrupa pancar piresi). *C.tibialis* güneşli ve sıcak bölgelerde etkili olur (Anonim, 2013f).

. Popülasyonu yoğun, havalar sıcak, kuru ve güneşli ise, fidelerde zarar yapar ve onların gelişimini durdurur. Larvaları, çok küçük, sayıları az ve yazın pancarın kök sistemi çok kuvvetli olduğu zamanlarda kökte ciddi zararlar yapamazlar. Kültürel önlem olarak tarla etrafındaki konukçu yabancı bitkilerin yok edilmesi gereklidir. Tarla kenarı düzgün şekilde sürülür ve otsuz tutulursa yabancı bitkilerden geçiş önlenebilir. Tarlalar şeker pancarı ekiminden hemen sonra periyodik kontrollerle

zararlı takibi yapılmalıdır. Fide döneminde zararlı erginler tespit edildiğinde ilaçlı mücadelesi başlatılması gerekmektedir.

2. LAHANA GÜVESİNİN TANIMLANMASI

Erginlerin kanat açıklığı 4-5 cm, ön kanatları gri-kahverengi, üzeri belli belirsiz dalgalı koyu kahverengi çizgilerle kaplıdır. Arka kanatlar ise açık kahverengidir. Larvalar 4-5 cm boyunda, gıdaya göre değişen renkte, genellikle gri, yeşilimsi kahverengidir. Baş ve prothorax plakası parlak siyahtır. Vücudun her 2 yanında ve sırtta vücut sonuna kadar uzanan belirgin sarımsı çizgiler bulunur. Abdomen segmentlerinin dorsalinde bu sırt çizgisine yan durumda 1'er çift siyah çizgi de belirgindir. Son segmentte bu 2 çizgi birleşerek bir nal şeklini alır (Anonim, 2017g).



Şekil 3. Lahana Güvesi *Barathra brassicae* (L.) (Lepidoptera: Noctuidae) genel görünümü.

2.1. Lahana Güvesinin Biyolojisi

Kelebekler Mayıs-Haziran aylarında uçuşmaya başlarlar. Yumurta 20-100 yumurtalık gruplar halinde yaprağın alt yüzüne, ya da lahanada olduğu gibi teker teker çiçeklerin diplerine bırakılır. Bir dişi ortalama 500 yumurta bırakır. Yumurtalar 10-12 günde açılırlar. Larvalar yapraklar üzerinde beslenirler. Larva gelişmesi 6-8 haftada tamamlanır. Gelişmesini tamamlayan larva toprakta pupa olur. Lahana güvesi yılda 2 döl verir. Kışı pupa olarak toprak içerisinde geçirir (Anonim, 2017h).

2.2. Şeker Pancarındaki Zararı

Polifag bir zararlıdır. Şeker pancar ve tütün önemli konukçularındandır. Lahana ve diğer bazı sebzeler de esas konukçuları arasındadır. Zararı veren larvadır. Larvalar yaprakları yuvarlak delikler açarak yerler ve delik deşik ederler. Lahanada ayrıca lahana başının içine girer hem yaprakları deler hem de pisliklerini içine bırakırlar, böylece yaprakların çürümesine ve pis kokmasına sebep olurlar. Ülkemizde özellikle Eskişehir yöresi pancarlarında önemli zararlar yapar ve bazen savaşılmaması zorunludur. Şeker pancarı bitkilerinde %10'unda bulaşma görüldüğünde ilaçlamaya başlanır.

3. PANCAR SİNEĞİNİN TANIMLANMASI VE BİYOLOJİSİ

Erginler 5-6 mm boyunda, sarımsı renkte, thorax ve abdomen gri, gözler kırmızı, bacaklar sarı veya kahverengidir. Kanatlarda sarımsıdır. Sırtta uzunlamasına 3 koyu mat çizgi, abdomen dorsalinde ise bir adet uzunlamasına çizgi görülür. Larvalar 6-8 mm boyunda, beyazımsı renktedir, bacak ve baş kapsülü yoktur. Baş tarafında 1 çift koyuca ağız kancası vardır. Son abdomen segmenti üzerinde bir yüzük şeklinde 12 küçük çıkıntı bulunur. Pupa 4-5 mm boyunda, kırmızımsı kahve renklidir. Son kısmında 2 çıkıntısı olan fiçi pupa tipindedir. Yumurta tek tek veya küçük gruplar halinde pancar yapraklarının alt yüzüne bırakılır. Bir dişi ortalama 70 yumurta bırakır. Yumurtalar 28 C'de 2.5 günde, 15 C'de 8 günde açılırlar. Yumurtadan çıkan larvalar edipermisi delerek yaprak dokusu içerisinde galeri açarak beslenmeye başlamaktadır. Larva yapraktan yaprağa ve hatta bitkiden bitkiye geçebilirler. Larva gelişimini 2-3 haftada tamamlamaktadır. Gelişmesini tamamlayan larvalar toprak içerisinde 2-5 cm derinlikte pupa olur. Pupa dönemi 2-3 hafta sürer. Pancar sineği kışı pupa döneminde toprak içerisinde geçirir. Bir döl 28 C'de 25 günde tamamlanır (Anonim, 2021). Orta Avrupa'da 4, Kuzey Afrika'da yılda 2 döl verdiği bilinmektedir.



Şekil 4. Pancar sineğinin pupa ve ergin dönemleri.

3.1. Pancar Sineğinin Zarar Şekilleri

Şeker pancarı, hayvan pancarı, ıspanak ve bazı Solanaceae ve Chenopodiaceae familyası bitkileri konukçularıdır. Zararı veren larvadır. Yaprak dokusu içerisinde larvalar galeri açarak zarar verirler. Bir yaprakta çoğunluk birden çok larva bulunur. Yaşlı bitkilerde yaprak oldukça kötü bir görünüm almasına karşın zarar fazla önemli değildir. Önemli zarar genç fidelerde yüksek bulaşma olduğu zaman görülür, fideler tamamen kuruyabilir. Türkiye’de önemli bir zararlı değildir.



Şekil 5. Pancar sineğinin şeker pancarındaki zarar şekilleri.

Kültürel önlem olarak tarla etrafındaki konukçu yabancı bitkilerin yok edilmesi gereklidir. Tarla kenarı düzgün şekilde sürülür ve otsuz tutulursa yabancı bitkilerden geçiş önlenir. Kimyasal mücadeleye karar verilmeden önce doğal düşmanların durumunu bilinmesi önemlidir. Tarlalar, şeker pancarı ekiminden hemen sonra periyodik

kontrollerle zararlı takibi yapılmalıdır. Fide döneminde zararlının farkına varılır varılmaz ilaçlı mücadelesi başlatılmalıdır.

Kültürel önlem olarak tarla etrafındaki konukçu yabancı bitkilerin yok edilmesi gereklidir. Tarla kenarı düzgün şekilde sürülür ve otsuz tutulursa yabancı bitkilerden geçiş önlenir. Kimyasal mücadeleye karar verilmeden önce doğal düşmanların durumunu bilinmesi önemlidir. Tarlalar, şeker pancarı ekiminden hemen sonra periyodik kontrollerle zararlı takibi yapılmalıdır. Özellikle fide döneminde zararlı ergin çıkışları görülüğünde ilaçlı mücadelesi başlatılmalıdır.

4. KALKAN BÖCEKLERİNİN TANIMLANMASI VE BİYOLOJİSİ

Cassida sevaphina Men., *C. nebulosa* L., *C. nobilis* L. ve *C. viridis* L. Cassida erginleri 5 mm boyunda, dorsal kısmı açık, ya da koyu kahverengidir. Elitranın orta kısmı kenarları, baş şildinin ön kenarı açık sarı renktedir. Vücut kubbemsi ve karın tarafı düzdür. Thorax plakası ve elitralar vücudun 3 parça halinde kapatır. Larvalar krem ile açık kahverengi arasında, 6 mm boyundadır. Yanlarda 16 çift uzantı bulunur. Son abdomen segmentinde 2 adet vücudun üzerine doğru kıvrılmış kuyruk çatalı vardır. Atılan gömlek derileri bu çatalın üzerinde toplanarak vücut üzerinde toplanarak vücut üzerinde bir şemsiye şeklinde durur (Şekil 6). Pupa yaprak üzerinde bulunmaktadır. Kahverengindedir. Yumurta sarımsı kahverengi bir salgı ile kaplanmış, küçük bir paketçik şeklindedir. Yumurtalar paket içerisinde sarı renkte ve 1,1.5 mm boyundadır (Anonim, 2020).



Şekil 6. Kalkan böceği erginlerinin genel görünümü.

4.1. Şeker Pancarındaki Zarar Şekilleri

Erginler Mart-Nisan döneminde aktif hale geçerek beslenmeye başlar. Bir hafta içinde çiftleştikten sonra yumurtalarını koyar. Erginler 2-3 ay yaşarlar. Temmuz ortasında yeni dölün erginleri uçuşmaya başlarlar, kışı ergin halde, hareketsiz olarak, toprak tezekleri arasında, güneşli kuytu yerlerde veya orman kenarlarında geçirir. Yılda 1 veya 2 döl verirler (Anonim, 2020ı). Kültürel önlem olarak tarla etrafındaki konukçu yabancı bitkilerin yok edilmesi gereklidir. Tarla kenarı düzgün şekilde sürülür ve otsuz tutulursa yabancı bitkilerden geçiş önlenir. İlaçlı Mücadeleye karar verilmeden önce doğal düşmanların durumunu bilmek lazım. Zararlının farkına varılır varılmaz ilaçlı mücadelesi yapılmalıdır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

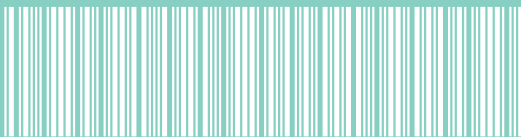
Bitkisel üretimin ana hedeflerinden biri birim alandan maksimum verim elde ederek tarımsal üretimde sürdürülebilirliği sağlamaktır (İşlek ve ark., 2021). Şeker pancarı üretim alanları ekimden hemen sonra başlamak üzere zararlı kontrolleri yapılmalıdır. Özellikle erken dönemde ortaya çıkacak yoğun zararlı türleri popülasyonları bu izlemelerle tespit edilerek uygun mücadele önlemleri alınmalıdır. Zararlıların ekonomik zarar eşiği düzeyi belirlenerek gerekli durumlarda kimyasal mücadeleye geçilmelidir. Şeker pancarı yetiştiriciliğinin yapıldığı

alanlarda ekolojik faktörler dikkate alınarak, uyumlu yetiştirme yöntemleri uygulanarak üretimi yüksek oranda olumsuz etkileyen hastalık ve zararlı etmenlerle mücadele yöntemleri entegre olarak uygulanmalıdır (Bayram ve ark., 2022). Şeker pancarı üretim alanlarında erken tahmin ve uyarı sistemleri üzerine yenilikçi yaklaşımlar önemli olacaktır. Pestisit kullanımını en aza indirmeyi hedefleyen entegre mücadele sistemleri ile zararlı kontrolleri yapılmaya öncelik verilmesi gerekmektedir.

Kaynaklar

- Anonim, 1997e. Türkiye'de Seker ve Şekerpancarı Üretiminde Mevcut Durum Sorunlar ve Çözüm Önerileri. İstanbul: Ticaret Odası, Yayın No: 1997-12.
- Anonim, 2017h. Zirai Mücadele Teknik Talimatları. Gıda Tarım Hayvancılık Bakanlığı, TAGEM, 209-211s.
- Anonim, 2019a <https://www.tarimorman.gov.tr/SDB/Menu/95/Dunya-Seker-Sektorune-Iliskin-Sorular> (Erişim tarihi:14.10.2022)
- Anonim, 2020b. Tarım Ürünleri Piyasaları. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü.
- Anonim, 2020c. Türkşeker Sektör Raporu.
- Anonim, 2020d. Şeker Pancarı, Temmuz-2020, Tarım Ürünleri Piyasa Raporu.
- Anonim, 2020i. <https://agrobasesapp.com/turkey/pest/kalkan-bocekleri> (Erişim tarihi:14.10.2022)
- Anonim, 2021ı. <https://tarimsaluretim.com/pancar-sinegi-mucadelesi/> (Erişim tarihi:14.10.2022)
- Anonim,2013f.<https://www.solverkimya.com/site/makaleler/detaylar/sekerpancari-pireleri-pancara-zararlari-mucadelesi.html> (Erişim tarihi: 14.10.2022)
- Anonim,2017g.https://www.tarimorman.gov.tr/GKGM/Belgeler/DB_Bitki_Sagligi/Survey , TAGEM. (Erişim tarihi: 14.10.2022)
- Atlıhan, R., ve Özgökçe, M. S. (2003). Van ili şekerpancari alanlarındaki zararlı ve yararlı türlerin saptanması. Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences, 13(1), 9-14.
- Aybar Yalınkılıç, N., Çiçek, Ş., Baran, N., (2022). Şeker Pancarı (*Beta vulgaris* L.) Islahında Kullanılan Moleküler Markörler ve Önemi. Ruşen, S.E. ve Ruşen, A. (Ed.), INSAC World Natural and Engineering Sciences, 13(1), s257-267. Ankara/Türkiye.
- Bayram, A., Aybar Yalınkılıç, N., (2022). Pamuk tarımında başlıca zararlılar ve uygun mücadele yöntemlerinin değerlendirilmesi. Çavuşoğlu, Ş. ve Uzun Y. (Ed.). Pratik Tarım ve Sürdürülebilirliğin Yansımaları. Bölüm 9, s201-221. ISBN: 978-625-8405-42-2. Ankara/Türkiye.
- Er, C. (1988). Şekerpancari, Tarım Bilgileri Dizisi. İstanbul: Garanti Bankası Yayınları.
- İşlek, F., Odabaşoğlu, M. İ. & Çakır, A. (2021). Meyve ve Sebzelerde Hasat Sonrası Yenilebilir Film ve Kapmalama Uygulamaları. Kökten, K. ve İnci, H. (Ed.), Tarım Uygulamalarında Yenilikçi Yaklaşımlar (İksad Publishing House), Bölüm 1, s.1-24. Ankara/Türkiye.
- Odabaşoğlu, M. İ., İşlek, F. & Çakır, A. (2021). Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye Bağıcılığının Geleceğine Muhtemel Etkileri. Kökten, K. ve İnci, H. (Ed.),

- Tarım Uygulamalarında Yenilikçi Yaklaşımlar (İksad Publishing House), Bölüm 11, s.257-294. Ankara/Türkiye.
- Okut, N., Yıldırım, B. (2004). Van koşullarında şeker pancarı (*Beta vulgaris* var. *saccharifera* L.)'nda çeşit ve ekim zamanının verim, verim unsurları ve kalite üzerine etkisi. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 14(2), 149-15.
- Togebaye B. S., Bouix G. (1989) *Nosema galerucellae* sp.n., microsporidian (Protozoa, Microspora), parasite of *Galerucella luteola* Müller (Chrysomelidae, Coleoptera): Development cycle and ultrastructure. *Europ. J. Protistol.* 24: 346–353
- TŞFAŞ. (2007), Faaliyet Raporları, Ankara.



ISBN: 978-625-8246-42-1