

SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM VE AGRO EKOLOJİK GELİŞMELER



Editörler
Prof. Dr. Hakan İNCİ
Doç. Dr. Tugay AYAŞAN
Dr. Öğr. Üyesi Sevda İNAN

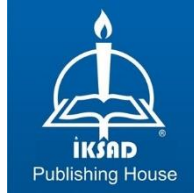
SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM VE AGRO EKOLOJİK GELİŞMELER

EDİTÖRLER

Prof. Dr. Hakan İNCİ
Doç. Dr. Tugay AYAŞAN
Dr. Öğretim Üyesi Sevda İNAN

YAZARLAR

Prof. Dr. Bünyamin SÖĞÜT
Prof. Dr. Sermin AKINCI
Prof. Dr. Zeynel CEBECİ
Doç. Dr. Barış KARAOĞLU
Doç. Dr. Metin GÜRÇAY
Dr. Öğr. Üyesi Hava Şeyma İNCİ
Dr. Öğr. Üyesi.Mervan BAYRAKTAR
Dr. Mehmet İLKAYA
Öğr. Gör. Zeynep ASUTAY
Arş. Gör. Kader YOLCU
Dr. Öğrc. Pınar COŞKUN
Dr. Öğrc.Sinan ERDEM
Zir. Yük. Müh. Muhammed DİNÇ
Uzm. Öğrt. Aygöl AYYILDIZ ERDEM



Copyright © 2023 by iksad publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or
transmitted in any form or by
any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical
methods, without the prior written permission of the publisher,
except in the case of
brief quotations embodied in critical reviews and certain other
noncommercial uses permitted by copyright law. Institution of Economic
Development and Social
Researches Publications®
(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)
TÜRKİYE TR: +90 342 606 06 75
USA: +1 631 685 0 853
E mail: iksadyayinevi@gmail.com
www.iksadyayinevi.com

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

Iksad Publications – 2023©
ISBN: 978-625-367-407-6
Cover Design: Hakan İNCİ
November / 2023
Ankara / Türkiye
Size = 16 x 24 cm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....1

BÖLÜM 1

ARICILIKTA KÜRESEL ISINMANIN ETKİLERİ

Öğr. Gör. Zeynep ASUTAY

Prof. Dr. Bünyamin SÖĞÜT.....3

BÖLÜM 2

APILARNIL VE ANA ARI LARVASININ BIYOAKTİF ÖZELLİKLERİ VE BAZI KİMYASAL BİLEŞİMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Sinan ERDEM

Aygül AYYILDIZ ERDEM

Dr. Mehmet İLKAYA.....17

BÖLÜM 3

KÜRESEL ISINMANIN BAL ARISI POPÜLASYONLARINDA HABİTAT ARAYIŞ DAVRANIŞI VE HASTALIK ETMENLERİNE TOLERANSI ÜZERİNE ETKİLERİ

Sinan ERDEM

Dr. Mehmet İLKAYA

Doç. Dr. Barış KARAOĞLU.....31

BÖLÜM 4

KANATLI RASYONLARINDA KULLANILAN ENZİMLER VE ÖNEMİ

Zir. Yük. Müh. Muhammed DİNÇ.....47

BÖLÜM 5

HAYVANLARDA VİRAL HASTALIKLARIN KONTROLÜNDE EPİDEMİYOLOJİ

Doç. Dr. Metin GÜRÇAY.....63

BÖLÜM 6

SIĞIRLARDA MASTİTİS VE MEMENİN SAVUNMA SİSTEMİ

Arş. Gör. Kader YOLCU.....79

BÖLÜM 7

GELENEKSEL EKSTRAKSİYON VE YENİ EKSTRAKSİYON TEKNİKLERİ: GENEL BİR İNCELEME

Pınar COŞKUN

Prof. Dr. Bünyamin SÖĞÜT.....115

BÖLÜM 8

KIRMIZIBİBERDE KROM (Cr) UYGULAMASININ BİTKİNİN BAZI MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİNE OLAN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Dr. Öğr. Üyesi Hava Şeyma İNCİ

Prof. Dr. Sermin AKINCI.....147

BÖLÜM 9

KROM (Cr) UYGULAMASININ KIRMIZIBİBERİN MEYVE ÖZELLİKLERİNE VE BAZI BİYOKİMYASAL İÇERİKLERİNE ETKİSİ

Dr. Öğr. Üyesi Hava Şeyma İNCİ

Prof. Dr. Sermin AKINCI.....169

CHAPTER 10

INTRODUCTION TO THE ROLE OF GENOMIC SELECTION IN ANIMAL IMPROVEMENT

Dr. Öğr. Üyesi Mervan BAYRAKTAR

Prof. Dr. Zeynel CEBECİ.....203

ÖNSÖZ

Cumhuriyetimizin 100. Yılında hazırlanan bu kitapta, dünyada meydana gelen gelişmeler neticesinde, ülkemizdeki sürdürülebilir tarım ve agro ekolojik gelişmeler konusundaki yenilikler, gelişmeler anlatılmaya çalışılmıştır.

Toplam **10** bölüm altında toplanan bu kitapta, Bitkisel Üretim İle ilgili **2**; Hayvancılık ile ilgili **8** adet bölüm bulunmaktadır. Bu kitap yaklaşık **17** akademisyen tarafından farklı konularda yazılmış olan metinler bulunmaktadır.

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

Saygılarımızla
Prof. Dr. Hakan İNCİ
Doç. Dr. Tugay AYAŞAN
Dr. Öğretim Üyesi Sevda İNAN

BÖLÜM 1

ARICILIKTA KÜRESEL ISINMANIN ETKİLERİ

Öğr. Gör. Zeynep ASUTAY¹

Prof. Dr. Bünyamin SÖĞÜT²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10154803>

¹ Bitlis Üniversitesi, Hizan Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Arıcılık Programı Bitlis, Orcid No: 0000-0002-5854-1040

E-mail: zasutay@beu.edu.tr

² Bandırma Üniversitesi Bandırma Meslek Yüksekokulu Gıda Teknolojisi Bölümü
Orcid: 0000-0002-7644-7226, bsogut@bandirma.edu.tr

GİRİŞ

Küresel ısınma, insan aktivitesi sonucu atmosfere yayılan gazların sera etkisini arttırmasıyla ortalama sıcaklığın gittikçe artması ve oluşan iklimsel değişiklikler olarak tanımlanmaktadır (Dellal ve ark., 2011).

Artan dünya nüfusu ve gelişen teknolojiyle sınırlı ve eşsiz kaynaklar bilinçsiz bir şekilde tüketilmektedir. Bu nedenle çeşitli kimyasalların kullanılması ve çevreye atılan atıklarda oluşan artış birçok çevre probleminin yanı sıra, sürdürülebilir yaşama olumsuz etkide sebep olan küresel iklim değişikliğinin hızlanmasına olanak sağlamıştır (Akbulut ve Kaya, 2020).

Ekosistemdeki canlılar arasında bir dayanışma ve denge bulunmaktadır. Bu denge, insanoğlu ve başka faktörler tarafından bozulmadığı sürece korunur. İnsanların ve hayvanların gereksinim duyduğu besinleri ve oksijeni bitkiler üretmekte ve bunun karşılığında bitkiler için gereksinim duyulan karbonhidratı insanlar ve hayvanlar üretmektedir (Özey, 2005). Üstelik her canlının beslendiği bir besin olduğu gibi başka bir canlı türü için de besin kaynağı olabilmektedir. Bu sayede birbiriyle ilişkili ve oldukça komplike bir denge oluşturulmuş, canlılardan hiçbirinin sonsuza kadar üremesine müsaade edilmemiştir. Yapılan her müdahale doğal dengenin tahrip olmasına yol açmakta ve bölgede yaşayan organizmalara zarar vermektedir (Denizli, 2008).

Genel olarak canlıların en önemli özelliği değişimlere adapte olabilmektedir. Ani oluşan iklimdeki değişimler canlıları olumsuz anlamda etkilemektedir. Bilhassa bazı hassas türlerin neslinin tüketilmesine yol açmaktadır (Demir, 2009).

İklim değişikliğinin sebep olduğu tahribat farklı bir şekilde arı için de geçerlidir. Ekolojik dengenin tahrip olmasıyla doğal yaşamda oluşan her türlü olumsuzluk arıların bal üretimini ve beslenmesini etkilemektedir. Dolayısıyla zengin bitki örtüsüne sahip olan ülkemizde iklim değişikliğinden dolayı oluşan tahribat sadece arıcılık alanlarını

etkilemekle kalmayacak, balın kalitesini de direkt olarak etkileyecektir. Bu sebepten dolayı arıcılığın verimliliği, iklim ve bitki örtüsünün yayılımı gibi elverişli doğal koşullarla doğrudan alakadardır. Ayrıca arıcılık modern üretim yöntemlerinden ve teknoloji kullanımından da etkilenmektedir. Bu nedenle, bilhassa son yıllar olmak üzere küresel ısınma ve iklim değişikliğinin arı ve bal üretimini etkilemeyeceği göz ardı edilemez bir gerçektir (Parlakay ve ark., 2008).

1. BAL ARILARI ÜZERİNDE KÜRESEL ISINMANIN ETKİLERİ

Ekinlerden bahçelere, arıların günlük yaşamlarımız üzerindeki etkisi inanılmaz derecede fazladır. ABD’de arıların her yıl 10 milyar dolardan fazla tarım ürünü ürettiği varsayılmaktadır. Arılar, bitkilerin üremesini sağlamak amacıyla bitki erkek organından üretilen polenlerin dişi organın tepelik bölümüne yapışmasını sağlayarak tozlaşmaya sebep olduğu için tarım sektöründe önemli bir rolü mevcuttur. İnsanların taleplerini karşılamak için ihtiyaç duyulan tarımsal mahsullerin özellikle meyve ve sebzelerin üretimleri yüksek oranda tozlaşmaya bağlıdır. Arıların sayısının azalması durumunda gıda fiyatlarında artma ve gıda miktarında azalma beklenir. Ayriyeten arılar çiçeklerden topladığı nektarı kovanlara taşıyarak her yıl büyük oranda gelir getiren balı üretmektedirler. Yiyecek ihtiyaçlarımıza ek olarak, arılar ekosistemin genel sağlığı için önemli bir pozisyondadır. Mesela, tozlaşma sayesinde çiçekler büyük bir alana yayılarak daha güzel bahçelere ve hayvanlarda büyük yaşam alanlarında olanak sağlar. Tropikal ormanlardan, otlaklara ve endüstriyel ölçekli tarımsal alanlara kadar, doğanın hemen hemen tüm kısımları tozlaşma için arılar ve çiçekler arasındaki karşılıklı yarar sağlan bir ilişkiye bağlıdır (Stefano De Maria, 2017).

İklim değişikliğinin Dünya’da yaşayan birçok canlıyı etkilediği düşünülüyor. En çok arı türleri bu değişimden etkilenmektedir. Sonbaharda sıcaklık ve nemdeki artış, arıların gelişimini doğrudan

etkiler ve kış aylarında sorunlara neden olabilir (Şahinler ve ark., 2008). Gelecekte iklim değişikliğinin bal arıları için çok büyük bir tehdit olacağı tahmin edilmektedir (Abou-Shaara, 2016). Arı kolonilerinin bitki tozlaşmasını yaklaşık %14,5 oranında azaltacağı tahmin edilmektedir (Rader et ark., 2013).

Ekonomik bakımdan bal arıları, dünyadaki tarım bitkilerinin en değerli polinatörleridir. Tarihte arıyla ilgili sürece bakıldığında, bal arılarının sıcaklık gibi çevresel koşullara adapte olabilecek yapıya sahip olduğu bilinmektedir. Bal arısının fizyoloji ve davranışı üzerinde iklim değişikliğinin direkt etkisi olabilir. Bal arılarının bulunduğu çevrede çiçeklerin kalitesinin bozulması, koloninin çoğalmasını ve bu nedenden dolayı da hasat yeteneğini zayıflatabilir. Yeni türler ve ırklar arasındaki rekabetçi ilişkilerin gelişmesinin bir sonucu olarak, arılar yeni besin kaynakları arayabilirler. Bu yeni ortamlarda yerel genetik kaynakların ortaya çıktığı hatırlatılmalıdır (Le Conte, 2008).

Arılar nektarı kovana götürmek için gün boyunca birçok çiçeği ziyaret ederler. Ziyaret edilen nektar kaynağında yeterince nektar bulunmaması durumu arılar için stres faktörünü tetiklemektedir. Strese giren arıların bu durumdan dolayı tarlacı arılar arasındaki rekabeti azaltmaya doğru bir işbirliği amaçlandığı görülmektedir (Hranitz ve ark., 2009; İnci ve ark. 2022). Daha mühimi bir araştırmaya göre, polen ve nektar kaynaklarının yetersiz kaldığı durumda var olan kısıtlı ürünün gelecek nesillere bırakmak için arılar başlarını petek gözlerine koyarak kendilerini yok ettikleri bildirilmiştir (Yücel, 2008).

Tüm canlılarda olduğu gibi iklim değişikliği arıların da yaşam kalitesini, üretkenliğini, hayatta kalmasını ve üremesini etkiliyor. Son yıllarda yapılan birçok çalışmanın sonuçları bunu göstermektedir. Örneğin, bir çalışma, Kayseri'de ilkbahar mevsiminin başlarında arıların yavrularını büyütme için gerekli nektar ve polenin eksik olduğu sonucuna varmıştır. Son yıllarda arıcılar, küresel ısınmanın bir sonucu olarak çiçeklenme ve nektar salma süreçlerindeki değişikliklerden ve bal verimlerinin azalmasından şikâyet

etmektedirler. Arıların yavrularını yetiştirmek için daha fazla nektara ihtiyaç duymaları ve erken ilkbahar aylarında ek besinlerle beslenmeleri gerekmesi vurgulanmaktadır (Bekret ve ark., 2015).

Başka bir çalışma, sıcaklık, rüzgar hızı ve yağıştaki değişikliklerin bal hasadı üzerindeki etkilerini incelenmiş. Çalışmanın sonuçları bal üretimi ile iklim değişikliği arasında pozitif bir ilişki olduğunu göstermiştir (Schweitzer ve ark., 2013).

Tüm canlılar için en önemli besin sudur. Arılar için su çok önemlidir, çünkü larvaların büyük bir oranı sudan oluşmaktadır. Yine arılar sıcak havalarda kovanın ısıl dengesini düzenlemek, besinleri sindirip metabolize etmek, çözünmüş besinleri organlara taşımak ve atık ürünleri uzaklaştırmak için suyu kullanırlar. Küresel ısınma nedeniyle doğadaki su miktarının azalması arılar için bu işlemleri zorlaştırmaktadır (Yörük ve Şahinler, 2013).

2. ARI ÜRÜNLERİ ÜZERİNDE KÜRESEL ISINMANIN ETKİLERİ

Nektar akışının olduğu dönemde arılar nektar ve polen kaynaklarının miktarını ve yeterli gelip gelmediğini hesaplayarak yaşamlarını planlarlar (Celli ve Maccagnani, 2003). Küresel ısınma, yiyecek arama ve arı kolonisinin gelişimi için doğrudan ilişkili olan çiçeklerin varlığını, polen ve nektar üretimini etkiler (Winston, 1991). Küresel ısınmanın etkilerinden biri de kışların sıcak geçmesiyle, bitkiler kışın gerekli soğumayı alamayabilir. Bu durum bitkilerin ilkbaharda yeterli nektar ve polenin oluşturamamasına sebep olabilir. Arılar bulunduğu ortamda istenilen seviyede polen ve su olmadığında gelecek jenerasyonun devamlılığını sürdürebilmek için kovanda bal bulursa bile kovandan ayrılma yoluna gitmektedir (Kevan, 1999).

Polen diyeti arı gelişimi ve arıcılık için çok önemlidir. Sonbahar kuraklığı nedeniyle oluşan polen eksikliği, kış mevsiminde arıları zayıflatır, bağışıklık sistemlerini zayıflatır ve arıları patojenlere karşı

daha dirençsiz duruma getirir bu da arıların ömürlerini kısaltır (Le Conte ve Navajas, 2008).

Arı ürünleri genellikle sağlıklı ve hijyeniktir. Arı ürünleri bulunduğu ortama bağlı olduğundan ortamla etkileşim halindedir bu nedenle çeşitli kirlenme kaynaklarından etkilenmektedir. Arı ürünlerinde en çok rastlanan durumları; antibiyotik kalıntıları, pestisit kalıntıları, radyoaktif izotoplar ve ağır metallerin birikmesine göre sıralanabilir. Bu nedenle bal üreticileri arıların bal almak için kaldıkları alanlara dikkat etmeli, kullanılan ilacın dozunu ve ilacı verme zamanını ayarlamalıdır (Bogdanov, 2008; Döner ve İnci 2021).

Arılar bitkilerden nektar ve polen toplayarak beslenirler. Bu nedenle çevre ile sürekli temas halindedirler. Çevreyi kirleten atık ve zehirli maddeler bitkiler tarafından emilir ve ortamda depolanır. Ortama giren bu zehirli atıklar arıları da etkiler. Arılar farklı çiçeklerden, bitkilerden polen topladıkları için bitkilerde bol miktarda bulunan ağır metal, bu bitkilerin nektarından üretilen bal ve arıların vücudundaki toksik ağır metallerin konsantrasyonunu artırır (Yücel, 2008).

3. ANA ARI ÜZERİNDE KÜRESEL ISINMANIN ETKİLERİ

Ülkede arıcılığın başında gelen en büyük sorunlardan biri kaliteli ana arı bulundurmaktır. Ülkemizde olan arıcılık faaliyetlerinin ana arının yıllık üretimi karşısında yetersiz geldiği düşünüldüğünde, mevcut üretimdeki olası kayıpların önemi daha fazla kavranmaktadır. İklimsel dalgalanmalar (örneğin ani yağışlar, iklim değişikliği) ana arı üreten arıcıların kapasitesini etkiler. Ana arılar, çiftleşme uçuşu sırasında ani yağmurlar nedeniyle tam olarak çiftleşememe ve bunun sonucunda ana arı kalitesinin düşmesi gibi sorunlarla karşılaşılır. Bu olay, üretim sezonunda kolonileri olumsuz etkileyebilir.

4. POLİNASYON VE FLORA ÜZERİNDE KÜRESEL ISINMANIN ETKİLERİ

İklim değişikliği polinatöre bağımlı bir ürünü etkiliyorsa, bunun küresel gıda güvenliği için de büyük etkileri olacaktır. Çünkü böcek tozlaşması dünyanın başlıca besinlerinin üretimine katkıda bulunur (Rader ve ark., 2013).

Kolonilerle direkt ilişkili olan olan bitkilerin gelişiminden etkilenen iklim, polen ile nektarın üretilmesini etkilemektedir (Winston, 1987). Ürün kalitesini düşüren ve Polen üretilmesini azaltan kurak bir iklim, o habitatın arılarını olumsuz etkileyecektir (Stokstad, 2007).

Küresel ısınmanın etkilerinden biri de çiçeklenme döneminin başlarında ve polinatörlerin ilk ortaya çıkışındaki dönemlerde sıcaklık doğrusal olarak artar. Birçok farklı bitki tozlaştırıcısı üzerinde yapılan araştırmalar, tozlaşma ağı yapısının genellikle küresel ısınmadan kaynaklanan strese karşı dayanıklı olduğunu bulmuştur. İklim değişikliği, bitkilerin ve tozlayıcıların fenolojisini, coğrafi dağılımını ve yerel bolluğunu etkilerken, sıcaklığın bitki çiçeklenme süresini ve tozlaşma aktivitesini güçlü bir şekilde etkilediği sonucuna varılmıştır (Hegland ve ark., 2009).

İklim değişikliğinin ölkemizin doğal ekolojik sistemlerinin kompozisyonunu ve üretkenliğini bozması ve biyoçeşitliliği azaltması şüphesiz kaçınılmazdır. Bununla birlikte, bazı ekosistemler iklim değişikliğine hızlı tepki verirken, diğerleri oldukça yavaş yanıt verir. Her tür iklim değişikliğine ve iklim bozulmasına farklı seviyede ve farklı tepkiler verdikçe, birçok ekosistemin yapısı, bileşimi, üretkenliği ve coğrafi dağılımı bozulur. Bununla birlikte, bu beklenen ekolojik değişikliklerin çoğu, iklim değişikliğini on yıllardan başlayarak yüzyıllara kadar geciktirebilir. Fauna ve flora habitatları değiştikçe, yeni gelenler nedeniyle biyolojik çeşitlilik yerel olarak artabilir. Bununla birlikte, artan olumsuz olaylar biyolojik çeşitlilik kaybına ve istenmeyen türlerin sayısında artışa neden olabilir ve habitat

parçalanması, iklime bağlı türlerin göçü için yeni engeller oluşturabilir (Türkeş, 1996).

4. ARICI ÜZERİNDE KÜRESEL ISINMANIN ETKİLERİ

Küresel ısınmanın neden olduğu ani sıcaklık değişimleri bitki örtüsünü etkiler. Arıcılığın sürekliliğinin sağlanması için flora takibi çok önemlidir. Ancak sıcaklıktaki ani değişiklikler arıcıyı çaresiz bırakır. Bu da arıcının en büyük gideri olan nakliye ve işçiliğın artmasına ve dolayısıyla üretim maliyetlerinin artmasına neden olur. Arıcı artış gösteren giderlerini ürüne aktaramamaktadır. Bu durum arıcıların arıcılık sektörüne yönelik olan güven ve inancını azaltmaya yol açmaktadır. Bal piyasası yıllardır istikrarlı olmasına rağmen arıcının giderleri her geçen gün artmakta ama gelirinde artış görülmemektedir.

Tarımsal üretimin diğer alanlarda görüldüğü gibi arıların taşınmasının arttığı bu durumlarda arıcıya destek olunması beklenmektedir. Arıcılık; Son yıllarda küresel ısınmanın arıcıların emeğinin ve zamanının ziyana uğradığı bu nedenle çoğu zaman hayal kırıklığı yaratan üretim modeli olarak karşımıza çıkmaktadır (Topal, Ozsoy,ve Şahinler, 2016).

SONUÇ

Geçmişten günümüze gözlemlenen küresel ısınmanın etkileri sonucu oluşan yağış ve sıcaklıklardaki tolerans sınırlarının aşmasıyla türlerin yol olma riskini arttırmaktadır. İklimsel değişikliğin polinatörlere olan etkisi onların ısı ve sıcaklık değişikliklerine karşı toleransına bağlıdır. Artan sıcaklıkların yoğunluğu türlerin giderek azalma ve tükenme riskini, farklı bir alanı kolonileştirme şansını ve tür zenginliğinin gittikçe değiştirmesine mahal vererek polinatörlerin davranışını etkileyebilmektedir. Her bir polinatör kanalıyla yapılan ziyaretlerin sayısını ve polinatörlerin çiçeklere karşı davranışını değiştirebilmektedir.

Küresel ısınmanın arılar üzerindeki etkilerini ve bu etkilerin meydana getirdiği sonuçları özetleyecek olursak, arıların yaşam tarzını ve davranışlarını, zayıf kolonilerin oluşumunu, tarlacı arıların kolonisine dönememesini ve ölmelerini etkilemektedir.

Ayrıca küresel ısınma sonucu olarak çevrenin dengesinin bozulmasıyla belirli bölgelerde yetişen arı türlerinin o bölgede yetiştirilmesini engellemesine, doğal ortamdan beslenen arıların beslenmesindeki bozulmaya, bitki türlerinin yok olmasına ya da bitkilerin çiçeklenmesindeki değişime, arı hastalıklarının artmasına, yeni istilacı böcek türlerinin oluşmasına sebep olabilir ve arılarla bitkiler arasındaki dengenin bozulmasına neden olabilir.

Bir sonuca bağlayacak olursak, küresel ısınma arılar, bitki habitatları ve hastalıklar arasındaki düzeni değiştirecektir. Özellikle bitkilerde tozlaşmanın yetersiz olması ve dolayısıyla verimin ciddi oranda azalmasının nedeni, bitkilerin çiçeklenme aşamasındaki değişiklikler, nektar akışının düzensiz olması, zararlıların artması ve sıcaklık stresinin artmasından kaynaklanmaktadır. Tozlaşmadaki yetersizlik nedeniyle sağlıklı ve kaliteli bal üretiminin azalması, arıların hastalık ve zararlılara karşı direncinin düşmesine, arı zararlılarının arılara ve beslenme alanları üzerinde baskı oluşmasına neden olacaktır.

KAYNAKÇA

- Abou-Shaara, H. F. (2016). Expectations about the potential impacts of climate change on honey bee colonies in Egypt. *Journal of Apiculture*, 31(2), 157-164.
- Akbulut, M., & Kaya, A. A. (2020). Bir afet olarak küresel iklim değişikliği ve ilkokul öğretmenlerinin iklim değişikliği farkındalığının incelenmesi: Gümüşhane İli örneği. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 9(2), 112-124.
- Bekret, A., Çankaya, S., & Silici, S. (2015). The Effects of Mixture of Plant Extracts and Oils are added to Syrup on Honey Bee Colony Development and Honey Yield.
- Bogdanov, S. (2008). Contaminants of Bee Products: Review Article. 1. *Uluslar Arası Muğla Arıcılık ve Çam Balı Kongresi*, 25-27.
- Celli, G., & Maccagnani, B. (2003). Honey bees as bioindicators of environmental pollution. *Bulletin of Insectology*, 56(1), 137-139.
- Dellal, İ., McCarl, B. A., & Butt, T. (2011). The economic assessment of climate change on Turkish agriculture. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 12(1), 376-385.
- Demir, A. (2009). Küresel iklim değişikliğinin biyolojik çeşitlilik ve ekosistem kaynakları üzerine etkisi. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 1(2), 37-54.
- Denizli, A. (2008). Ağır metal toksikolojisi.
- 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
- Garibaldi, L. A., Steffan-Dewenter, I., Winfree, R., Aizen, M. A., Bommarco, R., Cunningham, S. A., ... & Klein, A. M. (2013). Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *science*, 339(6127), 1608-1611.

- Hegland, S. J., Nielsen, A., Lázaro, A., Bjercknes, A. L., & Totland, Ø. (2009). How does climate warming affect plant-pollinator interactions?. *Ecology letters*, 12(2), 184-195.
- Hranitz, J. M., Barthell, J. F., Abramson, C. I., Brubaker, K. D., & Wells, H. (2009). Stress Protein Responses in Honey Bees: Is it Useful to Measure Stress Responses of Individual Bees in the Hive?. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 9(2), 60-71.
- İnci, H. , Karakaya, E. & Topluk, O. (2022). Bingöl İli Arıcılık İşletmelerinin Yapısal Özellikleri . *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* , 9 (4) , 996-1013
- Kevan, P. G. (1999). Pollinators as bioindicators of the state of the environment: species, activity and diversity. In *Invertebrate biodiversity as bioindicators of sustainable landscapes* (pp. 373-393). Elsevier.
- 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.
- Özey, R., 2005. Çevre Sorunları. Aktif Yayınevi, 256 s, İstanbul.
- Parlakay, O., Yılmaz, H., Yaşar, B., Seçer, A., & Bahadır, B. (2008). Türkiye'de arıcılık faaliyetinin mevcut durumu ve trend analizi yöntemiyle geleceğe yönelik beklentiler. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(2), 17-24.
- Schweitzer, P., Nombé, I., & Boussim, J. I. (2013). Honey production for assessing the impact of climatic changes on vegetation. *Tropicultura*, 31(2), 98-102.
- Stefano De Maria. (2017). The Impact Of Climate Change On Bees - Green Schools Alliance. Retrieved 28 January 2021, from <https://www.greenschoolsalliance.org/blogs/16/427>
- Stokstad, E. (2007). The case of the empty hives. *Science*, 316(5827), 970-972

- Topal, E., Özsoy, N., & Şahinler, N. (2016). Küresel Isınma ve Arıcılığın Geleceği. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 21(1).
- Türkeş, M. (1996). İklim Değişiklikleri ve Ekosistemler Üzerindeki Olası Etkileri. TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi, 321.
- Yörük, A. (2013). KÜRESEL ISINMANIN BALARILARI ÜZERİNE OLASI ETKİLERİ. Uludağ Arıcılık Dergisi, 13(2), 79-87.
- Yücel, B. (2008). Çevresel sorunların bal arıları üzerine etkileri. Hasad, 279, 40-43.
- Winston, ML (1987). Bal arısının biyolojisi . Harvard Üniversitesi Yayınları.
- Wuebbles, D. J., Chitkara, A., & Matheny, C. (2014). Potential effects of climate change on global security. Environment Systems and Decisions, 34, 564-577.

BÖLÜM 2

APILARNIL VE ANA ARI LARVASININ BIYOAKTİF ÖZELLİKLERİ VE BAZI KİMYASAL BİLEŞİMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Sinan ERDEM¹

Aygül AYYILDIZ ERDEM²

Dr. Mehmet İLKAYA³

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10154841>

¹ Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Bingöl, TÜRKİYE.
<https://orcid.org/0000-0001-5342-6302> sinanerdem012@gmail.com

² MEB Ankara Büyükşehir Belediyesi İlkokulu, Bingöl, TÜRKİYE.
<https://orcid.org/0009-0003-1767-9005>

³ Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Arı Ve Arı ürünleri ABD, Bingöl, TÜRKİYE <https://orcid.org/0000-0002-1797-144X>

1.GİRİŞ

Dünyada artan canlı nüfusuna bağlı olarak ihtiyaç duyulan besin miktarı da artmaktadır. Besin gıdalarındaki aşırı tüketim ve besin maddelerindeki azalmadan dolayı artık alternatif besinlere ihtiyaç duyulmakta ve bu alternatif besinlerin miktarından ziyade içeriğinin zengin olmasına dikkat edilmektedir. Bu sorunları ortadan kaldırmak amacıyla dünyanın çeşitli ülkelerinde çalışmalar yürütülmektedir. Bu çalışmalar besin içeriğini artırmak, besinlerin raf ömrünü uzatmak, besinleri tatlandırmak gibi işlemler ile besinlerin yapısı değiştirilerek ürünler daha zengin hale gelmektedir. Bu genetiği değiştirilen ya da zenginleştirilen gıdalardan daha çok insanlara yapılmakta diğer canlılar için fazla çalışma yapılmamaktadır.

Besin içeriğini zenginleştiren gıda takviyeleri arasında bitkisel ürünler, hayvansal ürünler ve böcekler da kullanılmaktadır. Kullanılan bu ürünlerden en çok arı ve arı ürünleri listelerin başını çekmektedirler. Türkiye, 3506'sı endemik tür ile yaklaşık 10000 bitki türüne ev sahipliği yaparak, arı ve arı ürünleri dünyada önemli bir paya sahip olmuştur. Türkiye'de 7.991.072 koloni bulunmakta ve 150.000'den fazla aile arıcılıkla hayatını sürdürmektedir. Türkiye'de profesyonel arıcı sayısı 56.000, firma başına ortalama kovan sayısı 93.99, kovan başına düşen ortalama bal 14.32 kg ve yıllık toplam bal üretimi 114.471-ton olup Çin'den sonra ikinci ülke konumundadır. Dünyanın en yüksek arıcılık oranına sahiptir (Çakmak ve ark., 2016; Türkiye İstatistik Kurumu, 2019; Jegede, 2022; Döner ve İnci, 2021). Dolayısıyla Türkiye, arı ve arı ürünlerinde dünya çapında söz sahibi olma potansiyeline sahiptir. Gerekli besin maddelerinin artması ve besin düzeylerinin düşmesi nedeniyle son yıllarda arı ürünlerine olan ilgi artmış ve bu nedenle arı ürünlerinin gıda olarak kullanımına yönelik birçok çalışma yapılmıştır. Avrupa Birliği'nin 2006 yılında hayvan yemlerinde antibiyotik ve büyümeyi teşvik edici yem katkı maddelerinin kullanımını yasaklamasının ardından araştırmacılar, yem kullanımı, et kalitesi, büyüme parametreleri, bağışıklık sistemi üzerindeki etkileri ve doğal kullanımları üzerinde

çalışmaya başlamışlardır. bu çalışmalar aynı zamanda hayvan sağlığının korunması için önemlidir (Yavuz ve ark., 2020). Bu doğal ürünlerin kaynağı olan arı ürünleri, hastalıkların önlenmesi, hayvanların beslenmesi ve bakımının yanı sıra bağışıklık sistemini güçlendirmek ve hayvanların verimini artırmak için kimyasallar yerine kullanılmaktadır (Topal ve ark., 2015; Silici, 2019; Erdem ve ark., 2021). bu çalışmalarda kullanılan ürünlerden biri olan erkek arı larvası yani apilarnil de bu açıdan dikkat çeken arıcılık ürünlerinden biridir.

Erkek arılar döllenmemiş yumurtalardan çıkan bal arılarının erkeklerini temsil ederken, bal arılarının dişi bireyleri olan işçiler ve ana arı döllenmiş yumurtalardan gelişir. Ilieşiu (1991), hem kuluçka yeminde hem de larvaların vücudunda bulunan besleyici bileşiklerin toplamı nedeniyle biyolojik aktivitesi artan bir arı kovanı ürünü elde etme sürecini tanımlamıştır. Apilarnil olarak adlandırılan bu ürün, güvenli ve daha iyi korunmuş bir ürün elde etmek için tritürasyon, homojenizasyon, filtrasyon ve liyofilizasyon işlemlerine tabi tutulan 7 günlük erkek arı larvası petek gözlerinin tüm bileşiminin alınmasından sonra elde edilir. Ana arı larvası aynı şekilde elde edilir ve başlangıç malzemesi olarak kapatmadan 1 gün önce ana arı larvası petek gözlerinin tüm bileşimi kullanılır. Hasattan sonra larva hücresinin tüm içeriği, liyoflizasyondan sonra zamanla kahverengileşme eğilimi gösteren hafif gri sarımsı bir renge sahip homojen bir süt görünümüne dönüşen yapışkan olmayan bir kıvama sahiptir.

Erkek arı larvaları testosteron, progesteron, prolaktin ve estradiol içerir (Bogdanov, 2015). Son çalışmalar, erkek arı besinlerinin hem östrojenik (Mishima ve ark., 2005) hem de androjenik benzeri etkisini göstermiştir (Yucel ve ark., 2011). Androjenik benzeri etki, erkek arı besininde bulunan aktif bileşikler olarak metil palmitat ve metil oleat ile ilişkili görünmektedir (Seres ve ark.,2013). Erkek arı larvası (apilarnil) geleneksel olarak nöro vejetatif ve cinsel sorunların tedavisinde kullanılır (Bogdanov, 2011).

Ilieşiu'ya (1991) göre apilarnil, şu özelliklere sahip olmalıdır: ince

granülasyon görünümlü viskoz, gri ila kahverengi tonlarında beyaz renk, süt kıvamı ve karakteristik bir kuluçka yemi kokusu...

Kimyasal bileşim açısından, Apilarnil için çeşitli bilimsel makaleler ve standartlar bulunurken, ana arı larvası için yapılan bir çalışmalar (Isidorov ve ark., 2016) çok kısıtlıdır.

Ilieşiu'ya (1991) göre Apilarnil, lizin, histidin, arginin, serin, glutamik asit, alanin, valin, metiyonin, izolösin, lösin, tirozin, fenilalanin gibi çeşitli önemli amino asitlere sahiptir. Apilarnil, mide ülseri ve konjestif karaciğer için faydalı olan biyostimüle edici bir ürün olarak kullanılır (Bogdanov, 2012).

Erkek arı larvası (apilarnil), biyolojik yönden zengin bir arı ürünüdür ve içerik bakımından nem içeriği %65-70,97, protein oranı %6,61-12 ve yağlar %3,44-8,38 aralıklarında ölçülmüştür. Genel içerik olarak da şeker %6-10, pH 6,48, kül %2 ve asitlik %0,87-3,17 olarak ölçülmüş ve bununla birlikte da apilarnilde B1 vitamini, B2 vitamini, B6 vitamini, PP vitamini A vitamini, kalsiyum, fosfor, demir, sodyum, çinko, bakır, magnezyum, ksantofil, beta-karoten, potasyum ve kolin tespit edilmiştir. Şeker yüzdesi %0,11-0,61 fruktoz, %0,00-0,140 sükroz ve %3,40-6,73 glikoz aralığında hesaplanmıştır. (Kutlu 2008; Barnutiu 2013; Aoşan 2016; Topal vd. 2018; Silici 2019; Doğanyığıt vd. 2020; Hamamcı et al. 2020; Erdem ve ark., 2022).

Yakın zamanda yapılan bir çalışma, erkek arı larvası homojenatının yaklaşık 20 ± 2 µg/g koenzim Q-10 içerdiğini ortaya koymuştur (Hryniewicka ve ark., 2016). Bu yağda çözünen molekül, hücresel enerji üretimi ve antioksidan mekanizmalarda yer alır. rol oynar. Apilarnil ve ana arı larvası, koenzim Q-10'un etkilerinden en iyi şekilde yararlanmak için iyi maddelerdir.

Apilarnil için Ilieşiu (1991) tarafından önerilen su içeriği sınırları %65-%75'tir. Yapılan başka bir çalışmada analiz edilen Apilarnil örneklerinin ortalama yüzdesi $73,25 \pm 0,02$ 'dir. Ana arı larvasındaki ortalama su içeriği yüzdesi 75.17 ± 0.15 'tir (Mărgăoan ve ark., 2017).

Ilieşiu (1991) Apilarnil için %9-12 protein içeriği değerleri belirlemiştir. Yapılan başka bir çalışmadaki Apilarnil örnekleri ortalama 9.47 ± 0.13 toplam proteine sahiptir. Ana arı larvası ortalama 12.03 ± 0.05 toplam proteine sahip olmaktadır (Mărgăoan ve ark., 2017).

Stangaciu'ya (1999) göre taze Apilarnil örneklerinde karbonhidratlar %6-10, lipid içeriğinin %6-9 arasındadır. Yapılan önceki çalışmada analiz edilen Apilarnil örneklerinde glukoz, fruktoz, maltoz ve trehaloz tespit edilmiş ancak sukroz bulunmamıştır. Ana arı larvasında da aynı üç ana karbonhidrat bileşiği bulunmuş ve lipid oranı da 10.30 ± 1.74 'lük bir değer olarak saptanmıştır. Tablo 2'de analiz edilen örneklerde belirlenen karbonhidratlar ve lipid için ortalama değerler verilmiştir. (Mărgăoan ve ark., 2017).

Table 1. Arı sütü, Apilarnil ve ana arı larvası için belirlenen kalite parametreleri (Mărgăoan ve ark., 2017).

	Ana arı larvası	Erkek arı larvası (Apilarnil)
Water content (%)	75.17 ± 0.15	73.25 ± 0.02
Total proteins (%)	12.03 ± 0.05	9.47 ± 0.13
Lipids (%)	10.30 ± 1.74	8.38 ± 0.16
10-HDA (%)	0.09 ± 0.01	-
Fructose (%)	1.25 ± 0.08	0.38 ± 0.01
Glucose (%)	2.10 ± 0.03	3.55 ± 0.02
Sucrose (%)	0.08 ± 0.01	-
Maltose (%)	0.78 ± 0.02	0.9 ± 0.05
Trehalose (%)	0.11 ± 0.09	0.25 ± 0.12

Tablo 2. Apilarnil ve ana arı larvasında ki LC-MS ile belirlenen serbest amino asit içeriği (Märgäoan ve ark., 2017).

Amino acid	Ana arı larvası	Erkek arı larvası (Apilarnil)
Arginine (ARG)	91.57	112.33
Serine (SER)	105.70	86.84
Asparagine (ASN)	81.11	77.36
1-methyl-histidine (1-MHIS)	0.35	0.74
Glycine (GLY)	71.84	114.72
Glycine-proline (dipeptide) (GPR)	1.53	1.16
Threonine (THR)	72.52	122.69
Alanine (ALA)	175.40	170.15
Gamma-aminobutyric acid (GABA)	11.29	13.35
Sarcosine (SAR)	11.47	6.72
Beta-aminoisobutyric acid (βAIBA)	1.91	2.20
Alfa-aminobutyric acid (ABA)	3.24	7.13
Ornithine (ORN)	4.68	3.33
Methionine (MET)	29.03	38.24
Proline (PRO)	162.10	277.51
Lysine (LYS)	201.28	120.79
Aspartic acid (ASP)	69.37	8.51
Histidine (HIS)	61.35	40.97
Valine (VAL)	91.16	81.35
Glutamic acid (GLU)	149.36	212.89
Tryptophan (TRP)	38.40	32.41
Leucine (LEU)	99.05	106.82
Phenylalanine (PHE)	72.47	63.12
Isoleucine (ILE)	36.58	49.47
Cystathionine (CTH)	3.19	1.22
Cysteine (C-C)	1.11	1.58
Tyrosine (TYR)	133.43	76.55
Total essential amino acids	701.84	655.86
Total free amino acids	1780.67	1830.07

Mărgăoan ve arkadaşlarının yaptığı çalışmaya göre (2017), ana arı larvasının konsantrasyonu 701,84 mg/100 g esansiyel amino asitler (dokuzunun tamamı) ve 1780,67 mg/100 g toplam serbest amino asitler. Ana arı larvasında yüksek miktarlarda esansiyel olmayan amino asitler ölçülmüştür: 105,70 mg/100 g serine, 175,40 mg/100 g alanin, glutamik asit ve ayrıca aspartik asit. Bu tür örneklerde bulunan esansiyel amino asitlerden, analiz edilen arı ürünlerinin en yüksek miktarlar fenilalanin (72.47 mg/100 g), triptofan (38.40 mg/100 g), valin (91.16 mg/100 g) ve histidin (61.35 mg/100 g) olarak ölçülmüştür. Esansiyel amino asitlerdeki bu değerli bileşimin yanı sıra, ana arı larvası tritüratı, şartlı esansiyel bir amino asit olan yüksek tirozin içeriği açısından da değerlidir.

Apilarnilde yüksek miktarda serbest amino asit içeriğine sahip olmasına rağmen (1830,07 mg/100 g), esansiyel amino asit miktarı ana arı larvası na kıyasla daha düşüktür, bu da esansiyel olmayan amino asitlerin ve şartlı esansiyel amino asitlerin Apilarnil'in kimyasal bileşiminde miktar olarak daha yüksek olabileceği anlamına gelmektedir. Gerçekten de Apilarnil yüksek miktarda prolin (277,51 mg/100 g), arginin (112,33 mg/100 g) ve glisin (114,72 mg/100 g) içermektedir. Apilarnil'i değerli bir ürün yapan şey, esansiyel amino asitlerin yüksek içeriğidir: treonin (122,69 mg/100 g), lösin (106,82 mg/100 g), izolösin (49,47 mg/100 g) ve metiyonin (38,24 mg/100 g) oranlarının yüksek olmasıdır (Mărgăoan ve ark., 2017).

Apilarnil Kullanımı ve Androjenik Etkileri

Apilarnil, Romanya'da sağlık merkezleride enerji verme, dinçleştirme, vücudu yenileme ve psiko-tonik gibi rahatsızlıklarda uzun zamandır kullanılmaktadır. Apilarnil içeriğindeki folik asidin, gliserofosfat ile kalsiyum metabolizmasını devam ettirmesine destek olmaktadır. Apilarnil protein fonksiyonlarını tetikler ve metabolizmada glikozun etkinliğini yani diyabeti dengelemektedir. Antibakteriyel ve antiviral özellikleri sayesinde gonadların hormonal etkilerini iyileştirir. Sperm hareketliliğine, miktarına ve kalitesine olumlu katkı sağlar. Konsantrasyon yeteneğini artırır, gençlerin ve çocukların psikolojik ve

fiziksel gelişimlerine olumlu katkı sağlar (Gavrilă, 2010; Aoşan, 2016). Apilarnil hafıza bozuklukları, epilepsi, nevroz, melankoli, depresyon, yorgunluk ve psikolojik hastalıklarda etkilidir. Erkek hipospermisi veya psikojenik organik kısırılık, erkek hipogonadizmi, azospermi, libido bozuklukları ve hipospermi gibi cinsel sıkıntılar için de etkilidir. Kadınlarda adet öncesi sendromu, primer dismenore, anksiyete, global over yetmezliği, gecikmiş puberte ve buna bağlı nöroendokrin bozukluklar gibi sağlık sorunlarında, menopoz, otonomik instabilite gibi sağlık sorunlarında da etkilidir (Erdem ve Özkök, 2017; Strant ve ark., 2015).

Apilarnil'de bulunan 31 amino asitten dokuzunun insanlar için gerekli olduğu tespit edilmiştir. Bu amino asitlerden biri olan tirozin, sağlıklı bir sinir sisteminin gelişimi için önemli olan esansiyel bir amino asittir. Stresle mücadelede, vücudun bilişsel işlevinde ve hafızasında önemli bir role sahiptir. Kas koruma ve geliştirme, hızlı yara iyileşmesi, bitkinlik, hafıza kaybı, zekayı geliştirme, depresyon, iktidarsızlık, bağışıklık sistemini güçlendirme ve glikojen depolarını artırma gibi durumlarda apilarnilin etkisi kanıtlanmıştır. Apilarnillerde kritik durumlarda faydalı olan glutamik asidin de çok yüksek olduğu saptanmıştır (Margaoan ve ark., 2017). Bir başka bilimsel çalışmada ise apilarnil özütünün yaban domuzlarında cinsel fonksiyon problemlerini düzelttiği bulunmuştur. Ekstraktın domuzlara uygulanmasının, damızlık domuzlarda sperm üretkenliğine ilişkin kalitatif ve kantitatif verileri önemli ölçüde artırdığı, domuzlarda fertilitayı %76.4 e kadar artırdığı ve spermatozoada hasarlı akrozom insidansını 2.1 kat azalttığı sonucuna varılmıştır (Bolatovna ve ark., 2015). Apilarnilin anabolik ve hormonal etkileri üzerine yapılan bilimsel bir çalışmada, 22-42 yaş arası tavuklardan oluşan bir çalışma grubuna günde 4 gr apilarnil, kontrol grubuna ise günde aynı miktarda su verilmiştir. Apilarnil ilave edilen erkek piliçlerde sakal genişliği ile ibik boyunun arttığı ve apilarnilin erkek feromon etkisine sahip olduğu sonucuna varılmıştır (Yücel ve ark., 2011). Benzer bir başka çalışmada,

erkek ve dişi etlik piliçlere yüksek (7,5 g/broyler) ve düşük (2,5 g/broyler) dozlarda apilarnil 28-55 g/gün arasında verilmiş, kan şekeri ve kolesterolü yüksek seviyelerde düşürmüştür. Apilarnil piliçlerde daha az korku ve stres hissettirdiği belirlenmiştir (Altan ve ark., 2013).

Yücel ve arkadaşlarının yaptığı çalışma sonuçlarına göre apilarnil uygulaması ile kümes hayvanları sektöründe erkek etlik piliçlerde üreme sürecinin uzatılması, erken cinsel olgunlaşmanın olması, üretim süresinin azaltılması ve buna bağlı olarak kümes hayvanı sektöründeki yüksek maliyetlerin önüne geçilebilir (Yücel ve ark.,2017).

SONUÇ

Böcekler proteinler, lipidler, karbonhidratlar, amino asitler, vitaminler ve mineral elementler açısından zengin oldukları için dünyadaki bazı yerli gruplar arasında gıda olarak kullanılmış ve kullanılmaya devam etmektedir. Bu nedenle yenilebilir böcekler, diyet ihtiyaçlarını tamamlayarak ve yetersiz beslenme ve diğer hastalıkları önleyerek insanlar arasında beslenmede önemli bir role sahiptir.

Bu araştırma, ana arı larvası ve apilarnil analiz edilen diğer ürünlerle karşılaştırıldığında yüksek besleyici değere sahip olduğunu göstermiştir. Ana arı larvası ve apilarnil yüksek lipit içeriğine, yüksek protein içeriğine ve yüksek esansiyel amino asit değerine sahiptir.

Arılardan elde edilen ürünlerin besleyici içeriği hakkında bilgi, tüketiciler için kaliteyi garanti etmek ve insan sağlığını geliştirici gıdalar için daha fazla kullanım olanağı sağlamak için gereklidir.

Bu nedenle, bu kuluçka gıdalarından elde edilen ürünler için kalite parametrelerinin oluşturulması, besin ve terapötik değer açısından değerlendirilmeyi mümkün kılmakta ve faydalı arı kovanı ürünlerine yönelik artan tüketici talebi göz önüne alındığında bu ürünlerin daha iyi pazarlanmasına katkıda bulunmaktadır.

Apilarnil ile yapılan çalışmalar sürekli artmasına rağmen ana arı larvası ile yapılan çalışmalar çok kısıtlı kalmaktadır. Bu konudan çalışma ve araştırmaların artması bizler için önem arz etmektedir.

KAYNAKÇA

- Altan, Ö., Yücel, B., Açıkgöz, Z., Şeremet, Ç., Kösoğlu, M., Turgan, N., & Özgönül, A. M. (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
- Barnutiu LI, Marghitaş LA, Dezmirean D, Bobiş O, Miha C, Pavel C (2013) Physico-chemical composition of Apilarnil (Bee drone larvae). *Seria Zootechnie* 59: 199-202
- Bogdanov S, (2011). *Royal Jelly, Bee Brood: Composition, Health, Medicine: A Review*.
- Bogdanov S, (2012). *The Royal Jelly Book, Chapter II. In Bee Product Science*.
- Bogdanov S, (2015). *Royal jelly, bee brood: composition, health, medicine: review. Bee Product Science*, www.bee-hexagon.net. April
- 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.
- Çakmak, İ., Seven Çakmak, S. (2016). Beekeeping and recent colony losses In Turkey. *Uludag Bee Journal*, 16(1).
- 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.
- Döner, Ö., İnci, Hakan (2021). Bingöl İlinin Farklı Bölgelerinden Elde Edilen Propolislerin Protein Oranı Ve Kül Miktarı Açısından Karşılaştırılması. *İspec Tarım Bilimleri Dergisi*, 5(2), 372- 380.,

Doi: 10.46291/Ispecjasvol5iss2pp 372-380

- Erdem, B. and Özkök, A. (2017). Can food supplement produced from apilarnil be an alternative to testosterone replacement therapy?. Hacettepe J. Biol. & Chem., 45(4), 635–638.
- Erdem, S. (2021). Bingöl ilinde elde edilen ham ve liyofilize apilarnilin biyoaktif özelliklerinin belirlenmesi. Arı ve Arı Ürünleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Bingöl.
- Erdem, S., Hakan, İNCİ. (2022). Apilarnilin Yağ Asidi Özelliklerinin Belirlenmesi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 9(4), 900-906.
- 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/search.html), <http://www.bthla-journal.org/beheer/index.php/archive/part/44/4/1>.
- Hamamcı M, Doğanıçit 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
- Hryniewicka M, Karpinska A, Kijewska M, Turkowicz MJ, Karpinska J, (2016). LC-MS/MS analysis of α -tocopherol and coenzyme Q10 content in lyophilized royal jelly, beebread and drone homogenate. J of Mass Spectrometry 51:1023-1029.
- 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
- Jegede, A. (2022). Top 10 largest honey producing countries in the world. [https:// www.trendrr.net/6124/top-10-largest-honey-producing-countries-world-famous-best/](https://www.trendrr.net/6124/top-10-largest-honey-producing-countries-world-famous-best/). Son erişim tarihi: 10.01.2022.
- Kutlu HR (2008) Yem Değerlendirme ve Analiz Yöntemleri Ders Notu. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Adana

s. 20

- Mărgăoan R, Mărghitaş LA, Dezmirean D S, Bobiş O, Bonta V, Cătană C, Mureşan CI, Margin M G (2017) Comparative Study on Quality Parameters of Royal Jelly, Apilarnil and Queen Bee Larvae Triturate. Bulletin of the University of Agricultural Sciences & Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Animal Science & Biotechnologies 74(1): 51-58
- Mishima S, Suzuki KM, Isohama Y, Kuratsu N, Araki Y, Inoue M, Miyata T, (2005). Royal jelly has estrogenic effects in vitro and in vivo, Journal of Ethnopharmacology, 101: 215–220.
- Seres A, Ducza E, Bathori M, Hunyadi A, Beni Z, Dekany M, Hajagos-Tóth J, Verli J, Gaspar R, (2014) Kastre edilmiş şıçanlarda 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
- Stângaciu S. Apiterapy course notes. Constanţa 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
- Topal, E., Yücel, B., Kösoğlu, M. (2015). Arı ürünlerinin hayvancılık sektöründe kullanımı. Hayvansal Üretim, 56(2), 48-53.
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2019). Arıcılık. TÜİK. http://tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1002. Son erişim tarihi: 04.03.2019.
- Yavuz, A., Azar, İ., Özcan, A., Çetin, V. (2020). Hayvansal gıdalarda antibiyotik kalıntıları. Gıda ve Yem Bilimi- Teknolojisi Dergisi, 24, 8-15.
- Yücel B, Açıkgöz Z, Bayraktar H, Seremet C. The effects of Apilarnil

(Dronebeelarvae) administration on growth performance and secondary sex characteristics of malebroilers. *Journal of Animaland Veterinary Advances*, 2011; 10(17): 2263-2266.

Yücel, B., Sahin, H., Yıldız, O., Kolaylı, S. (2019). Bioactive components and effect mechanism of apilarnil. *J. Anim. Prod.*, 60 (2), 125-130.

BÖLÜM 3
KÜRESEL ISINMANIN BAL ARISI POPÜLASYONLARINDA
HABİTAT ARAYIŞ DAVRANIŞI VE HASTALIK
ETMENLERİNE TOLERANSI ÜZERİNE ETKİLERİ

Sinan ERDEM¹

Dr. Mehmet İLKAYA²

Doç. Dr. Barış KARAOĞLU³

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10154872>

¹ Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Bingöl, TÜRKİYE.
<https://orcid.org/0000-0001-5342-6302> sinanerdem012@gmail.com

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

³ Bingöl Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Rekreasyon Bölümü ABD, Bingöl, TÜRKİYE <https://orcid.org/0000-0003-3798-9740>

GİRİŞ

Canlılarca atmosfer ortamına bırakılan gazların yol açtığı sera etkisi neticesinde yeryüzündeki sıcaklık sürekli bir şekilde artış göstermektedir. Son yıllarda dünyada sıcaklığın 0.7-0.8 °C arttığı belirlenmiştir. Ancak önlemler alınmazsa yeryüzündeki sıcaklık artarak devam edeceği düşünülmektedir (Sağlam ve ark., 2008)

Sera etkisinin bir diğer faktöründe küresel ısınmaya neden olan sebeplerden biri olan tarımsal aktiviteler neticesinde ortaya çıkan gazlarıdır (Köknaroğlu ve Akünal, 2010). İnsanların tarımsal aktiviteler neticesinde ortaya çıkan sera gazlarından diazot monoksitin %70'i ve metan %50'si tarım faaliyetleri sonucudur. Aynı zamanda tarımsal faaliyetler, insanlar faaliyetleri neticesinde salınan karbondioksitin %5'ini oluşturmaktadır (Anonim, 2001).

Küresel ısınmanın neticesinde ortaya çıkan iklim değişikliği ise sürekli günlük hayatımızı çok daha fazla etkilemektedir. Küresel iklim değişikliği sonucu deniz seviyeleri yükselmekte, buzullar erimekte, türler yok olmakta ve tatlı su kaynakları azalmaktadır. Ülkemiz global çapta ısınma sonuçlarından fazla etkilenecek ülkeler arasındadır. Ülkemizde mevsimsel sıcaklıklarının artacağı, denizlerimizdeki su yüksekliğinin artacağı, hava olaylarının azalacağı ve tarımsal faaliyetlerin azalacağı yönünde sıkıntılar olmaktadır (Varol ve Ayaz, 2012). İklimsel değişimleri ve küresel ısınma arıcılıkta da etkileri büyük olacaktır.

Küresel ısınmada ortaya çıkabilecek değişimler pek çok böcek ve hayvan yaşamlarını ve davranışlarını şekillerini değiştirecektir. Böcekler için nem ve sıcaklıkta ortaya çıkan artış, gelişme dönemlerini, hızlarını ve üreme fonksiyonlarının aktif olacağı anlamına gelmektedir ve bu değişiklikler doğal olarak doğada gerçekleşen ekolojik dönemleri de değiştirebilmektedir. (Akbulut, 2000; Şahinler ve ark., 2008; Döner ve İnci 2021).

Paris İklim antlaşmasına göre global iklim değişikliği ve havaların ısınmasının 2030 yılına kadar 2 santigrat derecenin üstüne çıkılmaması

düşünülmesine karşın, Birleşmiş Milletler Çevre Programı verilerine göre küresel ısınmanın (2020) bu şartlarda 3 dereceden daha fazla olacağı vurgulanmıştır (Anonim,2021).

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN BAL ARILARI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

İklim değişikliği tahminleri, birkaç yıl sonra dünyanın belirli bölgelerinde çekilen buzullar, geri kar erimesi, çöller, değişen yağış döngüleri ve genel olarak iklim olaylarının daha sık görülmesi gibi karışıklıkların yaşanacağını öngörmektedir. İklim durumunda ki bir değişikliğin, bu ekotiplerin veya çevreleriyle yakından ilişkili olan bal arısı türlerinin hayatta kalması üzerinde bir etkisi olması kaçınılmaz bir durumdur. Yaşam döngüsü ve davranışlarındaki değişiklikler, yeni habitatlarda hayatta kalmalarına yardımcı olabilir. Bal arısının genetik çeşitliliği adaptasyonu için çok önemli olduğundan, bu genetik çeşitliliği koruduğumuzdan emin olmamız iyi olacaktır. Bal arılarının ayrıca kendilerini çevreleyen avcı, parazit ve patojene uyum sağlamaları gerekmektedir. Sadece konakçı bar arıları ve parazitler arasındaki ilişkiler değişmekle kalmayacak, bal arıları, bal arısı türleri arasında etkileşimin kolaylaştırdığı patojen transferlerinden kaynaklanan yeni streslerle de başa çıkmak zorunda kalacaktır. Böyle bir bağlamda, iklim değişikliği bal arılarının hayal bile edilemeyen bölgelere veya habitatlara yerleşmesi artık kaçınılmaz bir durum olacaktır. (Le Conte ve Navajas, 2008).

Küresel ısınma bal arıları üzerinde farklı seviyelerde etki yaratabilir. Bitkiler ortamının kalitesini değiştirebilir, koloni hasat kapasitesini ve gelişimini artırabilir yada azaltabilir. İklim değişikliği yeni bal arısı dağılım alanlarını değiştirebilir, türler ve ırklar arasında olduğu kadar parazitleri ve patojenleri arasında da yeni rekabet ilişkilerine yol açabilir. Bununda beraber arıcılar da arıcılık yöntemlerini değiştirmesi muhtemelen sonuçları arasındadır. Avrupa bal arısı *Apis mellifera*, sıcak iklimlere uyum sağlama potansiyeline sahiptir

(Ruttner,1988). ABD'de bal arıları Arizona Çölü'nde gelişebilmektedir. Bu arılar için hayatta kalma gereksinimi, büyük miktarlarda kullandıkları su kaynağını larvalarını büyütme ve kuluçka sıcaklığını 34°C ile 35°C arasında düzenlemek için kullanırlar. Kurak bir ortamda çöl çiçekleri arılara yeterli su sağlayamaz ve arılar ölür. İklim değişikliği tahminlerine göre, çöl bölgeleri daha da kuraklaşacak ve bal arılarının yok olmasına yol açacaktır. (Ruttner,1988).

İklim değişikliği ve küresel ısınmaya bağlı olarak bal arısı gelişim döngüsünü etkileyebilir. Genel olarak her bal arısı ırkının gelişim hızı kendi türüne has geliştiği kabul edilmektedir. Bu nedenle herhangi bir iklim değişikliği ya da bir bal arısı ırkının bir coğrafi bölgeden başka bir coğrafi bölgeye taşınmasının beklenen sonuçları olması kaçınılmazdır. Serin bölgelerde bal arıları kışı sıkı bir top halinde kümelenecek geçirecek ve bahara kadar hayatta kalmak için ihtiyaç duydukları enerjiyi sağlamak üzere bal depolarını kullanırlar. Bal arısının enerji rezervlerini depolama ve koloninin gelişimini yönetme kapasitesine önemli bir adaptif baskı uygular. İlbaharda, hava daha açık hale geldiğinde, ana arı yumurtlamaya başlar ve koloni gelişerek işçi nüfusunun sayısını artırır (Louveaux ve ark.,1966).

KÜRESEL ISINMANIN ARILARDA HABITAT DEĞİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

Küresel ısınma ve iklim değişikliğinden kaynaklı sıcaklık ve nem artışı bir habitatta yaşayan canlıların yaşamış oldukları habitatı terk etmelerine sebep olabileceği gibi o habitatta ait olmayan yeni parazit (istilacı) canlıların da oraya yerleşmesine fırsat sağlamaktadır. Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin günümüzde, belirgin şekilde göze çarpan sonuçlarından biri de dünya üzerinden canlı türlerinin nesillerinin tehlike altına girmesi olasıdır (Doğan ve ark., 2015).

Canlı çeşitliliği, çevre şartlarındaki olumsuz durumlara ve küresel iklim değişimine karşı garanti verir. Yapılan bir araştırmada 9 arı ırkında ortalama kış aylarındaki hava sıcaklığının günden güne artması (1,5-9,5

°C) ile canlı gelişim ve ağırlık ile ilgili bazı ırklarda istenmeyen sonuçlar ortaya çıkarmıştır. Ayrıca enerji tüketiminde artış ve canlı ağırlıklarında azalmalar olduğu, ilkbaharda bazı ırkların bu sebeble hayat döngüsünün bittiği sonucuna varılmıştır. Tozlaşmada önemli rol alan bal arıların sürekliliğinde bu ırklar arasında yaban arıları uyum sağlama yeteneklerinin bal arılarına göre daha ön planda olduğu ve küresel ısınma ve iklim değişikliklerinde daha az etkilendiği sonucuna varılmıştır (Fründ ve ark., 2013).

İklim değişikliği, çiçek gelişimini, polen ve nektar üretimini etkiler ve bu gibi durumlarda da kolonilerin yiyecek arama eylemleri ve gelişimiyle olduğu gibi bağlantılıdır (Winston, 1987). Aşırı sıcak ve kuru bir iklim bal arılarının hasat edebileceği çiçek nektarı üretimini ve verimini azaltacaktır. Örneğin hava çok kuru olduğu durumlarda lavanta çiçekleri nektar üretmez, bu da arılar tarafından hasat oranını büyük oranda azaltacaktır.

Bal arıları da davranışlarını hava şartlarına göre ayarlar. Hava yağmurlu olduğunda dışarı çıkmazlar ve havanın aşırı sıcak olduğu durumlarda da koloniyi serin tutmak için su toplarlar. Bal arılar ekosistemde birçok bitki türünün polinatörüdür. Küresel gıda üretimi arılar olmadan düşünülemez. Genetik olarak bal arılarına bakıldığında ise yeni çevre şartlarına adapte olabilecek yapıda olduğu sonucuna varılmıştır. Ancak küresel ısınmada ve iklimlerde ortaya çıkan değişimler bitkilerin çiçek kalitelerinin azalmasına sebep olarak bal arıların verdiği kayıplar verilebilir. Bunun yanında da bal arısı ırkları arasında nektar bulmak için bir rekabet ortamı yaratacağı ve rekabet ortamında çok kayıpların olacağı beklenen sonuçlar arasındadır (Le Conte ve Navajas, 2008).

Küresel ısınmanın ve iklim değişimlerinin başka bir neticesinde de bitkilerin çiçeklenme zamanının başında, polinatörlerin ilk görülmeye başladığı anlarda ve sezonlarda, sıcaklıkta ortaya çıkan artışlarla birlikte bu dönemlerin zamanlarının değiştiği ve arttığı sonucuna varılmıştır. Tüm canlı ırkları arasında ortaya çıkan bu fenolojik etkiler

farklılık gösterse de bitkiler ve tozlayıcıları arasında bu etkilerin oranları benzer olduğu sonucuna varılmıştır. Yani bitkilerin tozlaşma ve çiçeklenme aktivite zamanının sıcaklık ve nemden çok fazla etkilendiğini gösterirken, bitki ve polinatörlerin fenolojisi, coğrafik dağılımı aynı tarihlerde bulunma oranları iklim değişikliğinden ve küresel ısınmadan da etkilenmektedir (Hegland ve ark., 2009).

Küresel ısınma ve iklimde ortaya çıkması ön görülen değişimler bal arılarının yaşamını ve davranışını da değiştirmeye neden olacaktır. Güz dönemindeki nemde ve sıcaklıkta ortaya çıkan artışlar, direct bal arılarının gelişmesini etki ederek kışlamada sorunlar yaşanmasına neden olacaktır (Şahinler ve ark., 2008).

Bal arıları günlük faaliyetler olarak polen, propolis, nectar ve su toplamak üzere tarlacılık etkinliklerinde bulunurlar. Kolonilerin karbondioksit üretimi ile oksijen kullanımı karşılaştırıldığında bazal metabolizma hızlarının sabah, maksimal oranı ise öğleden sonra olduğu ortaya çıkmıştır. Kolonilerde gündelik faaliyetlerde gözlenen metabolizma hızları geceye oranla daha fazla olduğu sonucuna varılmıştır yani olası nem sıcaklık artışında bal arıları doğrudan etkilenecektir (Southwick ve Moritzs, 1987).

Koloninin yıllık gelişmesi bal arılarının habitatlarına uyumu ile paraleldir. Konak-parazit dengesi ve gıda kaynakları dengesi ile küresel iklim değişiklikleriyle birbirleriyle etkileşim durumundadırlar. Şimdiye kadarki yapılan bilimsel araştırmalar neticesinde, Orta Avrupa'da, Akdeniz'den İskandinavya'ya varan Avrupanın 11 ülkesindeki 16 değişik genetik merkezli 5 Bal arısı alt türüne ait 597 kolonide yürütülen çalışmada yavru gelişiminde Güneyde'de büyük olma eğiliminde, Kuzey Avrupa'da ki koloniler sıcak koşullara yerleştirilen kolonilere oranla yüksek yetişkin arı popülasyonuna olma eğilimindedir. Kısacası sıcak bölgelerdeki arılar kısa yaşam döngüsü gösterirken, kuzey bölgelerde de kısa yavru yetiştirme aralıkları olmaktadır. Küresel ısınmanın koloni büyümesini ve koloni yaşam süresine önemli derecede etkilediği, kışlama yeteneği ve yetişkin arı popülasyonu yönünden

önemli olduğu sonucuna varılmıştır (Hatjina ve ark., 2014).

Son zamanlarda canlı çeşitliliğinin korunmasına yönelik çalışmalar sürekli artış göstermektedir. Bal arıları uyum yeteneği yüksek canlılardır. Fakat dünyada, gelişen ve gelişmekte olan ülkelerde kalkınma politikalarında dolayı bölgede yerli arılarının nesillerinin geleceği tehlike arz etmektedir. Bundan dolayı yerel arıların uygun genetik arı türleri ve ıslah çalışmaları ile denetim altında alınması gerekmektedir (Zakour ve Bienefeld, 2014). Bu durumla ilgili yapılan bir çalışmada Ege Bölgesinde; Anadolu arısı Kafkas, İtalyan ırkı ve Ege ekotipi genotiplerinden ortaya çıkarılan gruplarda, bal verimi, yavrulu çerçeve sayısı, uçuş faaliyetleri, yavru alanı ve hırçınlık gibi fizyolojik özellikleri ve bazı davranışsal özellikler karşılaştırılmıştır. Bu hibrit genotiplerden 10 dönemde ölçülen arılı çerçeve sayıları, uçuş etkinliği ve yavru alanları yönünden dönemler ve genotipler arası farklar ($P<0.01$) ve genotiplerin bal verimleri arası farklar ($P<0.05$) önemli bulunmuştur. Hava koşullarına baktığımızda, Ege Bölgesi şartlarında Kafkas arısı, İtalyan ırkı ve Ege ekotip melezlerine göre çok daha küçük çapta koloniler oluşturmuş ve bal veriminin az olduğu gözlemlenmiştir. Bu bölgede, deneme boyunca yıllarca iklim ortalamasından çok etkili farklılıklar göstermesi, kolonilerin performanslarını yüksek oranda etkilemiştir. Yakın zamanlarda ortaya çıkan iklim değişikliği ve küresel ısınma önümüzdeki yıllarda da devam etmesi koşullarında, bu bölgede Kafkas genotipinin yetiştirilmesi olanağının zorlaşacağı sonucuna varılmıştır (Koç ve Karacaoğlu, 2012).

Bal arılarında, çiçeklerin tüp derinliği ile dil uzunlukları arasında bir bağlantı bulunmaktadır. Tüp derinde çiçeklerin bulunduğu bölgelerde uzun dilli polinatörler bulunur. Ancak, global iklim ve sıcaklıkların bu yapıya tesir ettiği, bir çalışmayla varılmıştır. Alplerde bulunan bombus arısının 2 ırkının 40 sene boyunca sürekli evrimleştiği ve dil uzunluğunun azalma olduğu belirlenmiştir. Sıcak ve kuru yazlarda aylarında nektar kaynaklarının azalması sebebiyle kısa uzun tüplü bitkiler ile dilli arılar arasında uyumsuzluğa sebep olduğu ve stres

sebebine neden olduğu sonucuna varılmıştır (Miller-Struttman ve ark., 2015).

Global gıda üretimi, tozlayıcılar yani bal arıları olmadan olması olanaksızdır. Buna rağmen son zamanlarda dünya genelinde bal arısı kolonilerinde ölüm oranlarının artması alarm niteliği taşımaktadır. Bal arısının bunun gibi zorluklarla karşılaşması bizim gıda ihtiyacımızın geleceği ne olur sorusunu getirir. Bununla birlikte varroa destructor, bulaşıcı hastalıklar bal arısı ölüm oranlarının artmasının temel sebeplerinden biridir. İklimsel değişiklikler ve küresel ısınma bal arısı yetişme döneminde ve ölüm oranlarında ana etkeni oluşturabilir. Hava olayları ve aşırı sıcaklıkları bitki örtüsünü doğal olarak da bal arısının yiyecek arama imkanlarını kısıtlar (Switanek ve ark., 2015).

Ülkemizdeki arıcılık problemlerinin temelinde kaliteli ana arı yetiştirme problemi gelmektedir. Ülkemizdeki arıcılığının yıllık kaliteli ana arı üretimini karşılamadığı varsayıldığında hal hazırda üretimdeki olabilecek kayıpların önemi iyi ortaya çıkmaktadır. Küresel iklimde oluşan dalgalanmalar (iklimlerin kayması, yağışlar gibi) kaliteli ana arı yetiştiriciliğinin kapasitesini etkilemektedir. Ana arıların çiftleşme uçuşunda ortaya çıkan ani yağışlar ve sıcaklık dalgaları sebebiyle tam çiftleşememe gibi durumlar oluşmakta ve buna bağlı olarak ana arı da kalite düşüklüğüne neden olabilmektedir. Bu üretim sezonunda kolonileri daha kötü etkileyebilmektedir.

Yapıla bir çalışmada Kayseri bölgesinde ilkbaharın erken dönemlerinde bal arıların yavru yetiştirmek için kullanabilecekleri polen ve nektar kaynaklarının az olduğu belirtilmiştir. Son zamanlarda bölgesel arıcıların, küresel ısınma ve iklim değişikliğinin de bir etkisi olarak nektar salgılama ve çiçek açma zamanlarının değiştiğini, bal veriminin azaldığını ve bu konudan müzdarip olduklarını belirlemişlerdir. Bu bağlı olarak bal arısı kolonilerinin, daha fazla oranda yavru üretilip, nektar akımına çıkabilmeleri için erken ilkbahar dönemlerinde uygun formlardaki ek beslenmeleri bir zorunluluk haline gelmiştir (Bekret ve ark., 2015).

Bal arılarının uğradıkları nektar kaynağında istenilen oranda nektar olmaması önemli bir stres kaynağıdır. Böyle durumlarda işçi arılar arasında rekabet azaltıcı davranışlar olduğu ve iş birliğinin amaçlandığı görülmektedir (Hranitz ve ark., 2009).

İKLİM DEĞİŞİNİNİN ARILARDA HASTALIK VE ZARARLILARA TOLERANSI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Bal arıları yaşadıkları habitat dışına çıktıklarında yaşamsal faaliyetler ve varroaya karşı dirençlerinde azalma olmaktadır. *Nosema ceranae* için de durum geçerlidir. Bölgesel uyum, genotip ve çevre birbirini etkiler. Arı yetiştiriciliği için en uyumlu genotip bulunduğu bölgelerdeki arı gruplarıdır (Meixner ve ark., 2015).

Bilinen bazı bal arıları patojenler dünya genelinde dağılım göstermektedir. Bunlar: *Apis mellifera* ve *Apis cerana* için *Varroa destructor*; Avrupa ve Amerikan yavru çürüklüğüne neden olan bakteriler; *N. cerana* ve *Nosema apis*; ve *Apis mellifera*'yı etki eden çok sayıda virüs. Bu patojenler, farklı haplotiplere, farklı virülansa sahip olma eğilimindedir. Küresel iklim değişikliği ve sıcak hava akımları bu haplotiplerin bal arısı popülasyonlarına aktarılmasını teşvik edebilir. Diğer haplotipler veya patojenler, bugüne kadar Asya'da bulunan *Tropilaelaps* gibi daha dar bir dağılım aralıklarına sahiptir (Sammataro ve ark., 2000).

İklim değişikliği ve küresel ısınma, *Varroa destructor* ve *Apis mellifera*'da olan duruma benzer, farklı tür ve ırklardan bal arılarının hareket etmesine neden olarak onları hiç birlikte evrimleşmedikleri patojenlerle temas haline getirecektir. Geçen yakın zaman diliminde, bu bal arısı parazitinin homojen iki haplotipi, *Apis mellifera* dağılım aralığının tamamına yakını istila etmek için yeterli olmuştur (Solognac ve ark., 2005). Dolayısıyla zaman, bunun gibi karşılaşmaların çok kötü sonuçlanabileceğini ve insan yardımı olmadan bal arılarının hayatta kalması çok daha zor bir duruma girmiştir.

Bal arısının rastgele hareketleri olabilir ve habitatlardaki

değişikliklerle de bağlantılı olabilir veya arıcılar arasındaki arı alışverişinin bir sonucu olabilir yada iklimsel nedenlere bağlı olan hastalıkların coğrafi dağılımında farklılıklarda olabilir. Bu, genellikle sıcak ve nemli bir ortamda ortaya çıkan *Ascospheera apis* mantarının sebep olduğu tebeşir çürüklüğü hastalığında olmuştur.

SONUÇ

Ülkemizin tarımsal etkinliklerin fazla yapıldığı ülke olması nedeniyle iklim değişikliği ve küresel ısınmadan çok daha fazla etkileneceği kaçınılmaz bir gerçektir. Polinatör olan bal arıları bitkisel üretime çok büyük destek vermektedirler. Son zamanlarda sürekli çiçeklenme zamanlarında ortaya çıkan olumsuz hava şartları ve bal arılarının polinatörlük görevini yapamaması sebebiyle tozlaşma sekteye uğratmaktadır.

Arıcılıkta ise stress nedenlerinden birisi olan küresel iklim değişikliği, bal arılarının gereksinim duydukları olan besin kaynaklarını doğrudan etkilemekte ve bu nedenle ülkemizde göçer arıcılık fazla yapılarak bitkilerden daha fazla verim almak yoluna başvurulmaktadır. İklim değişiklikleri ve küresel ısınma; eğer engel olunmazsa, kolonilerde direncin azalmasına, verimsiz ana arı üretimine, zararlılara ve hastalıklara savunmasız olmasına ve sonuç olarak koloninin yok olmasına kadar giden istenmeyen durumlar olacaktır.

Ekosistemde var olan dengenin kurulmasında bal arıların değeri fazladır. Çok bitki türünün polinasyonunda yer alan bal arıları sayesinde bitki çeşitliliğinde artış olup bitkilerde üretilen ürünlerin miktarı ve kalitesinde de artış olmaktadır. Bitki çeşitliliğinin ve ürün üretiminin devamı için arıların önemi herkesçe bilinmektedir. Ekosistemde ve besin döngüsünde yeri çok önemli olan bal arı ırklarının sadece doğaya olan faydalarına bakmadan bizlere hatta bütün canlılara olan faydalarını göz önüne alarak bu bal arılarını sürekli koruma altına almamız gerekmektedir. Bal arılarının nesillerinin devamı için mümkün oldukça, küresel ısınma ve iklim değişikliklerine adapte olmaları, bu

değişikliklerde parazit ve patojenlerde mücadelede yardım etmeli ve tarım ilaçlamalarından uzak durup, eğer ilaçlama yapılacaksa da bub al arıları dikkate alınarak ilaçlama gerçekleştirilmelidir.

Küresel ısınma ve iklimlerin değişimlerine bağlı yapılacak bilimsel araştırmaların artırılması önem arz etmektedir. Ani iklim değişimleri sonucu ortaya çıkan floradaki etkileri direk arıcılığı ve arıların nektar kaynaklarını da etkilemektedir. Arı neslinin yok olmasının insan neslinin de yok olması demek olduğunu sürekli aklımızda tutmalıyız. Ünlü bilim insanı Albert Einstein de dediği gibi ‘Arılar olmasa insanlığın 4 yıl ömrü kalır ‘.

Sonuç olarak dünya genelinde arıcılıkta geline nokta iklim değişikliği ve küresel ısınmadan arıcıların ve arıların olumsuz etkilenmesidir. Ülkemizde arıcılığının %80-90 gibi yüksek bir oranda gezginci arıcılık yaptığı göz önüne alındığında; iklimde yaşanan bu değişim ve dalgalanmalar, arıcılar ve arılar için büyük sıkıntılarla karşılaşmaları kaçınılmazdır. Bu küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda ortaya çıkabilecek sıkıntıların veya düzenlemelerin zaman kaybı olmadan hemen yapılması için ilgilileri gerekli çalışmaları yapması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- Akbulut, S. 2000. Küresel ısınmanın böcek populasyonları üzerine muhtemel etkileri. *Ekoloji*, 9(36), 25-27.
- Anonim. 2001. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Cambridge University Press, Cambridge, UK
- Bekret A, Çankaya S, Silici S. 2015. The Effects of Mixture of Plant Extracts and Oils are Added to Syrup on Honey Bee Colony Development and Honey Yield. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 3(6).
- C. 2015. Functional mismatch in a bumble bee pollination mutualism under climate change. *Science*, 349(6255), 1541-1544.
- Doğan S, Özçelik S, Dolu Ö, Erman O. Küresel ısınma ve biyolojik çeşitlilik. Erişim yeri:http://www.researchgate.net/profile/Salih_Dogan2/publication/262914443Global_warming_and_biodiversity/links/00b4953c21adae3c17000000.pdf. Erişim tarihi: 28.05.2015
- Döner, Ö., İnci, Hakan (2021). Bingöl İlinin Farklı Bölgelerinden Elde Edilen Propolislerin Protein Oranı Ve Kül Miktarı Açısından Karsılaştırılması. *İspec Tarım Bilimleri Dergisi*, 5(2), 372-380., Doi: 10.46291/İspecjasvol5iss2pp 372-380
- Fründ J, Zieger S L, Tschardtke T. 2013. Response diversity of wild bees to overwintering temperatures. *Oecologia*, 173(4), 1639-1648.
- Hatjina F, Costa C, Büchler R, Uzunov A, Drazic M, Filipi J, Kezic N. 2014. Population dynamics of European honey bee genotypes under different environmental conditions. *Journal of Apicultural Research*, 53(2), 233-247.
- Hegland SJ, Nielsen A, Lázaro A, Bjerknes AL, Totland Q. 2009. How does climate warming affect plant-pollinator interactions?. *Ecology Letters*. 12(2):184-195.
- Hranitz JM, Barthell JF, Abramson CI, Brubaker KD, Wells H. 2009.

- stress protein responses in honeybees: is it useful to measure stress responses of individual bees in the hive?, *Uludag Bee Journal*. 2:60-71.
- Koç AU, Karacaoğlu M. 2012. Kafkas (*A. m. caucasica*), İtalyan (*A. m. ligustica*) Irkları ve Anadolu Arısı Ege Ekotipi (*A. m. anatoliaca*) ile bazı melezlerinin ege bölgesi koşullarında koloni gelişimleri. *TRALLEIS*, 1(1), 28-35
- Köknaroğlu, H., Akünal, T. 2010. Küresel Isınmada Hayvancılığın Payı ve Zootechnik Olarak Bizim Rolümüz. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 5 (1):67-75
- Le Conte Y, Navajas M. 2008. Climate change: impact on honey bee populations and diseases. *Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)*, (27), 485-97.
- Louveaux J., Albisetti M., Delangue M. & Theurkauff J. (1966). – Les modalités de l'adaptation des abeilles (*Apis mellifica* L.) au milieu naturel. *Ann. Abeille*, 9 (4), 323-350.
- Meixner M D, Kryger P, Costa C. 2015. Effects of genotype, environment, and their interactions on honey bee health in Europe. *Current Opinion in Insect Science*, 10, 177-184.
- Miller-Struttman N E, Geib J C, Franklin J D, Kevan P G, Holdo R M, Ebert-May D, Galen Reddy P R, Verghese A, Rajan V V. 2013. Potential impact of climate change on honeybees (*Apis* spp.) and their pollination services. *Pest Management In Horticultural Ecosystems*, 18(2), 121-127.
- Ruttner F. (1988). – *Biogeography and taxonomy of honeybees*. Springer, New York.
- Sağlam N E, Düzgüneş E, Balık İ. 2008. Küresel Isınma ve İklim Değişikliği. *Ege University Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 25, 89-94.
- Sammataro D., Gerson U. & Needham G. (2000). – Parasitic mites of honey bees: life history, implications, and impact. *Annu. Rev. Entomol.*, 45, 519-548.

- Solignac M., Cornuet J.M., Vautrin D., Le Conte Y., Anderson D., Evans J., Cros-Arteil S. & Navajas M. (2005). – The invasive Korea and Japan types of *Varroa destructor*, ectoparasitic mites of the Western honeybee (*Apis mellifera*), are two partly isolated clones. *Proc. roy. Soc. Lond., B, biol. Sci.*, 272 (1561), 411-419.
- Southwick E E, Moritz R F A. 1987. Social control of air ventilation in colonies of honey bees, *Apis mellifera*. *J Insect Physiol* 33:623-626
- Switanek 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. *Apimedita&Apiquality 2nd International Forum*.9-12 June Roma, ITALY. P:19.
- Varol N, Ayaz M. 2012. Küresel iklim değişikliği ve zeytincilik. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi* 5(1):11-13.
- Winston M.L. (1987). – *The biology of the honey bee*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- 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 4

KANATLI RASYONLARINDA KULLANILAN ENZİMLER VE ÖNEMİ

Zir. Yük. Müh. Muhammed DİNÇ¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10154994>

¹ Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Arı ve Arı Ürünleri ABD, Bingöl, TÜRKİYE., <https://orcid.org/0000-0003-3084-5437> dincmuhammed12@gmail.com

GİRİŞ

Hayvan beslemenin öneminin yeterince anlaşılabilmesi için 21. yüzyılda en büyük gücünün gıda olacağı gerçeği hatırlanmalıdır. Dünya nüfusunun 2050’li yıllarda yaklaşık olarak iki katına çıkacağı varsayılırken, tarım arazilerinin de imara açılarak hızla insan yerleşimine ve sanayi hizmetinde kullanılmasına açılarak azalması ve tarımın direk çevreye bağlı olması nedeniyle tarımsal üretimin aynı miktarda artması mümkün olmamakla birlikte gıda, yaşadığımız yüzyılın en büyük gücü olmaktadır. Temel gıda üretimi açısından zengin olan bir ülke, gelecek yüzyılda güçlü bir ülke olacak ve dünya siyasetine yön veren ülkelerden biri konumunda olacaktır.

Hızla artan dünya nüfusu ve buna paralel olarak hızla artış gösteren Türkiye nüfusunu hayvansal proteinlerce beslemek oldukça zordur. Ülkemizde 23 bin hektar alanda bitkisel ve hayvansal üretim yaparak yaklaşık 85 milyon insanı doyurmak zordur. Ülkemizde kırmızı et fiyatlarının çok yüksek olması insanları hayvansal protein ihtiyaçlarını kanatlılardan (beyaz et) gidermeye yönlendirmektedir.

Hayvanlarda büyüme hızı ve verim gücü yemden yararlanma düzeyi ile doğru orantılıdır. Bu sebeple yüksek verim elde etmek için hayvan sağlığını korumanın yanında yemden yararlanma oranını da üst düzeye çıkarmak gerekir. Bu yönde ki önemli uygulamalardan biri yem katkı maddeleridir. Çok uzun yıllardan beri hem hayvan sağlığını korumak amacıyla hem de büyütme faktörü olarak kemoterapötikler ve antibiyotikler yem katkı maddesi olarak kullanılmıştır.

Son yıllarda antibiyotiklerin bazı dezavantajlarından dolayı kullanımlarına kısıtlamalar getirilmiştir. Ayrıca insan tüketimine sunulan hayvansal ürünlerde sağlık açısından risk oluşturulabilen kalıntı bırakmaktadırlar. Bu yöndeki çalışmalarda biyoteknolojik ürünlerden ENZİMLER, probiyotikler ve organik asitlerin adından sıkça bahzedilmektedir.

Enzim Nedir?

Enzimler, canlı hücreler tarafından üretilen ve spesifik biyokimyasal reaksiyonlarda görev yapan biyokatalizörlerdir. Yemlere enzim eklenmesiyle hayvanların yeterince ya da hiç salgılayamadıkları enzimler sağlanarak, yemlerdeki sindirimi zor yapısal karbonhidratlar ile diğer organik ve inorganik unsurlardan daha iyi yararlanılması, istenilmeyen kimi maddelerin etkisiz hale getirilmesi hedeflenmektedir. Çiftlik hayvanlarında kullanılan enzim preparatları başlıca; *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus plantarum*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus subtilis* ve *Streptococcus faecium* bakterileri, *Trichoderma reesei* mantarları *Aspergillus oryzae*, *Trichoderma longibrachiatum*, ve *Saccharomyces cerevisiae* mayasından elde edilir.

Bu mikrobiyal enzimlerin aktivitelerini başta sindirim kanalının pH'sı, sıcaklık, rutubet, eklendiği yemin içeriğini, verildiği hayvanın yaşı ve türü gibi faktörler etkilemektedir. Yem katkısı olarak kullanılan enzimler, genellikle ince bağırsak şartlarında (pH 5,5–7,0) yüksek aktiviteye sahiptir. Kanatlıların ruminant hayvanlar gibi gelişmiş mikrobiyal sindirime sahip olmamaları, yemlerin sindirim kanalından geçiş hızının yüksek olmasından dolayı kanatlılarda daha etkin kullanılmaktadır.

Böylece tane yemlerin hücre duvarındaki sindirilmeyen polisakkaritlerinin parçalanması, sindirilmeyen polisakkaritlerin sebep olduğu bağırsak viskozitesinin düşürülmesi, fosfordan yararlanmanın artarak yemlerin yararlılığı ve Metabolik Enerji değerleri yükseltilmektedir. Enzimler çalıştıkları ortamın sıcaklığına ve pH'ına karşı hassastırlar. Maksimum aktivite sıcaklığı genellikle 30°C ile 50°C arasındadır. Optimum sıcaklığın üzerinde sürekli inaktif kalırlar, optimum sıcaklığın altında ise inaktif olurlar fakat optimum sıcaklığa doğru ısıtılınca aktivitelerini tekrardan kazanırlar. Faaliyetleri için gereken optimum pH (5,5–7,0) nötrden kalıcı asit ortama kadar değişir.

Kanatlı hayvanlarda sindirim enzimleri

Sindirim enzimleri besinleri parçalayarak vücudun kullanabileceği forma dönüştürür. Sindirim enzimlerinden proteaz enzimi-proteinleri parçalar, lipaz enzim-yağları parçalar, selülaz enzimi- lifleri parçalar, laktaz enzimi süt ürünlerini parçalar, amilaz enzimi-nişasta parçalar, tahıl ürünlerini-maltaz enzimi, sukroz enzimi-şekerli parçalar parçalar. Sindirim enzimleri metabolik enzimler için önem arz etmektedir. Sindirim enzimleri sayesinde metabolik enzimler daha az yorulur. Sindirim enzimleri, metabolik enzimler, gıda enzimleri hepsi iş birliği içerisinde çalışır ve insan vücudu için çok büyük önem arz ederler.

Yem Enzimlerinin Kullanım Sebepleri

1- Kanatlılarda pazar için kısa sürede et sağlamak ana hedeftir. Bunun için de hızlı büyüme ve etkin yem değerlendirimi şarttır. Bu amaçla çeşitli yem katkı maddelerinin yanı sıra enzimler bir hayli fazlaca kullanılmaktadır.

2- Genç hayvanlar erginlere oranla gelişen bir vücut enzim sistemine sahiptir. Erginlerde bu sistem bir enzim salgı kombinasyonu ile bağırsakta doğal mikrobiyal enzim kombinasyonundan ibarettir. Yem enzimleri ise genç hayvanlarda enzim sindirim kapasitesini daha erkenden başlatmak, erginlerde de mevcut sindirim kapasitesini arttırmak için yaygın bir şekilde yemlere katılır.

3- Enzim kullanımı ile sağlanan bir diğer avantaj ise, rasyonun kompleks polisakkaritlerinden etkin düzeyde yararlanmaktır.

4- Kanatlılara çoğunluğunu arpa oluşturan rasyonlar verildiği zaman ortaya sulu ve yapışkan bir gübre sorunu ile karşılaşılmaktadır. Bu problemle ilgili olarak arpanın yapısında karışık bağlı Beta-1-3,1-4 Beta-Glukan adlı nişasta olmayan Non Starch Polysaccharide (NSP) polisakkarit saptanmıştır.

5- Ayrıca soya, ayçiçeği ve pamuk tohumu gibi bitkisel kaynaklı yağlı tohum küspelerinin metabolik enerjilerini araştırmaya yönelik preparatlar da mevcuttur. Keza bu küspelerin selulotik hücre unsurları

uygun enzimler ile parçalanmaktadır.

6- Diğer taraftan, nişasta ve polisakkaritlerden etkin kullanım amacıyla enzimler yemlere katılırken, protein, yağ ve mineral maddelerden de daha etkin bir kullanım sağlamak için çeşitli üretici firmalar tarafından piyasalara sürülen enzim kombinasyonları da mevcuttur.

Enzimler	Enzimin üzerinde etkili olduğu madde	Etkisi
Ksilanaz	Buğday ve yulaftaki pentozanlar	Bağırsak viskozitesini azaltır, yemden yararlanmayı artırır, altlık kalitesini iyileştirir.
β -glukanaz	Arpa ve yulaftaki β -glulanlar	Bağırsak viskozitesini azaltır, yemden yararlanmayı ve altlık kalitesini iyileştirir, yumurta kirliliğini azaltır.
Pektinaz	Yemlerdeki pektin	Bağırsak viskozitesini azaltır.
Proteaz	Bitkisel proteinler	Proteinlerin sindirilebilirliklerini artırır.
Sellülaz	Yemlerde bulunan selüloz	Selülozu parçalayarak diğer besin maddelerinin ortaya çıkmasını sağlar.
α -amilaz	Nişasta	Endojen enzimleri destekler, nişastadan yararlanmayı artırır.
Fitaz	Fitik asit	Bitkisel fosfattan yararlanmayı artırır.
α -galaktosidaz	Soya oligosakkaritleri	Enerjiden yararlanmayı artırır.

Kanatlılarda Kullanılan Enzimler ve Önemi;

Kanatlılarda yemlerin sindirim kanalından geçiş hızının yüksek olması ve ruminantlardaki gibi gelişmiş bir mikrobiyal sindirime sahip olmadıklarından yem katkı maddesi olarak enzimler diğer türlere göre daha etkin şekilde kullanılmaktadır. Kullanımı giderek artan enzimler, hayvanların yeterince veya hiç salgılayamadıkları enzimler sağlanarak, yemlerdeki sindirimi zor ham selüloz ile diğer organik ve inorganik

unsurlardan daha iyi yararlanılması, istenmeyen kimi maddelerin etkisiz hale getirilmesi hedeflenmektedir. Her enzimi tek preparat halinde kullanmak mümkün olmakla beraber, birkaçı bir arada olan karışımları daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunların insan ve hayvan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri bulunmamaktadır.

1- β - Glukanaz: Tahıl tanelerinin kolay sindirilebilen karbonhidrat içerikleri, kanatlılar için önemli bir enerji kaynağı olmakla hayvanların sindirim sistemlerinde kolayca sindirilebilmektedir. Tahıl tanelerinde nişasta, yanında nişasta tabiatında olmayan polisakkaritlerde (NOP) bulunmaktadır. Buğday ve arpa gibi tahıl taneleri çeşitli oranda içerdikleri nişasta tabiatında olmayan polisakkaritler yüzünden kanatlılar tarafından yeteri kadar sindirilememekte ve bu bileşikler tahılların metabolize olabilir enerji değerleri ile diğer besin maddelerinin kullanımında sınırlayıcı rol oynamaktadır. Nişasta tabiatında olmayan polisakkaritler, arpada β -glukan, buğdayda ise arabinoksilan formunda bulunmaktadır. Kanatlı yemlerinde fazla miktarda arpa ve buğday kullanılması durumunda yemlerin içeriğinde bulunan NOP nedeniyle ince bağırsakta viskozite artışı ile sindirim aktivitesinde azalma olmaktadır. Su tüketiminin artışı ve yapışkan dışkı oluşumu, ıslak altlık sorunu ortaya çıkarmaktadır. NOP'lerin antibesinsel özelliği sebebiyle besin maddelerinin sindirimi istenen düzeyde olmamakta ve bunun sonucunda canlı ağırlık artışı ve yemden yararlanma azalmaktadır. Arpa ve buğday içeren rasyonlara β -glukanaz ve ksilanaz gibi enzimlerin ilavesi bu olumsuzluklarını ortadan kaldırmaktadır.

2- Ksilanaz: Buğday bazlı yemlerle beslenen piliçlerde kilo kazanımının baskılanması ve yem dönüşüm verimliliği bağırsaklardaki viskozite ile ilgilidir. Ksilanaz enzimi ilave edilen piliç yemleri bağırsaktaki viskoziteyi düşürerek kilo kazanımını ve yem dönüşüm verimliliğini arttırmaktadır (Cosson et al., 1999; Bedford, 2000). Enzimlerin kanatlı yemlerine eklenmesi ile polisakkarit yapıdaki moleküller parçalanmaktadır. Bu sayede sindirim sisteminde su tutma

kapasitesi artmakta ve yemdeki besin elementlerinin daha etkin kullanımının yanında kuru dışkı elde edilmektedir (Colombatto et al., 2003)

3- Pektinaz: Mısır ve soya kanatlı beslemede yaygın olarak kullanılan kaliteli yem bileşenleridir. Ancak kanatlıların sindirim sistemiyle ilgili olarak besin maddelerinden yararlanmayı daha da artırılması amacıyla eksojen enzim katkıları yapılabilmektedir. Kullanılan enzimlerden özellikle ksilanaz, β -glukanaz rasyonun enerji etkinliğini artırmaktadır. Literatür verilerine göre kanatlı beslemede yaygın olarak kullanılan yemlerin fitat oranı ve fitaz düzeyi incelendiğinde fitat düzeyleri özellikle soya küspesinde daha yüksek bulunmuş ve arpa ve buğdaya nazaran mısır ve soyanın fitaz düzeyleri ise oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir.

4- Sellülaz: Selüloz, bitki biyokütlesinin yaklaşık %40'ını oluşturmaktadır. Yaklaşık 15000 glikoz biriminin β -1,4- glikozidik bağlar ile linear bir şekilde bağlanması ile oluşur. Selülozun suya karşı yüksek çekiciliği olmasına rağmen, suda hiç çözünmez. Selüloz glikoza, en az üç farklı enzimin sinerjistik çalışması ile hidrolize olabilir. Bu enzimler; endoglukanaz, ekzoglukanaz ve β -glukosidaz'dır. Selülozu hidrolize eden enzimler geniş çapta mantar ve bakterilerden elde edilmektedir. Böyle enzimler çeşitli biyoteknolojik uygulamalarda kullanılmaktadır. Ticari olarak en çok kullanılan selülaz *Trichoderma sp.* (Teeri ve ark., 1998) tarafından üretilmektedir. Ayrıca selülazlar *Aspergillus*, *Penicillium*, *Basidiomycetes* ve *Bacillus* suşlarından elde edilmektedir (Tomme ve ark., 1995; Ito, 1997). Selüloolitik enzimler, sıvı kazancını arttırmak ve iyi bir renk elde etmek için alkol üretiminde kullanılmaktadır. Deterjanlarda selülazın varlığı renklerin canlanmasına, yumuşamasına ve partikül halindeki toprağın uzaklaşmasına neden olmaktadır. Ayrıca selülaz kot pantolonların biyolojik olarak taşlanması için kullanılmaktadır (Niehaus ve ark., 1999). Selülazın diğer kullanım alanları, selülozik biyokütlenin ve yemlerin besin değerini ve

sindirilebilirliğini artırmak, zirai ve endüstriyel atıkların enzimatik sakkarifikasyonudur (Niehaus ve ark., 1999).

5- Proteaz: Proteinlerin parçalanmasından sorumlu enzim grubu. Proteazlar veya peptidazlar peptid bağlarının hidroliz reaksiyonu ile yıkımını katalizler. Proteaz enzimleri hayvan, bitki, bakteri, arkea ve virüslerde bulunur.

Katalitik mekanizmalarına göre 6 ana sınıfa ayrılırlar; serin, treonin, sistein, aspartat, glutamik asit ve metallo proteazlar. Treonin (1995) ve glutamik asit (2004) proteazlar nispeten daha sonra karakteriz edilmiştir. Peptid bağının yıkımı, proteazın katalitik sistein veya treonin amino asitinin veya bir su molekülünün peptidteki karboksil (C=O) grubuyla nükleofil yer değiştirme tepkimesi sonucu olur. Nükleofil oluşumunu katalitik üçlüde yer alan histidinin sağlar.

Proteazlar ayrıca en aktif oldukları pH derecelerine göre de sınıflandırılırlar: asidik, nötr ve bazik (alkali) proteazlar.

Proteolitik reaksiyonlar basit veya karmaşık biyolojik proseslerdir ve iyi şekilde düzenlenmeleri gerekir. Doğada bunu sağlayan proteaz regülasyon mekanizmaları görülmektedir.

6- α - Amilaz: Nişasta, glikojen ya da bunların parçalanma ürünleri gibi polisakkaritlerdeki α -(1-4) glikozidik bağını hidrolizler (Robyt ve French 1970a, 1970b), (Thoma ve ark. 1971), (Larson ve ark. 1994). α -Amilaz bitki, hayvan ve mikroorganizmalar gibi farklı kaynaklardan elde edilebilmesine rağmen ticari ihtiyaçları karşılama da genellikle mikrobiyal enzimler tercih edilir. Günümüzde mikrobiyal amilazların büyük bir kısmı ticari olarak üretilmekte ve hemen hemen tamamı nişastanın kimyasal hidrolizinde önemli role sahip olmaktadır (Pandey ve ark. 2000). Amilazlar için farklı substratlar bulunur. Bunlar arasında, başta doğada bol miktarda bulunan patates, buğday, mısır, pirinç gibi bitkilerden elde edilen ham nişasta yer alır. Enzim substratını kullanarak önce dekstrine, son ürün olarak da glukoz, maltoz ve maltoz üniteleri içeren karbohidratlara dönüştürür (Somers ve ark. 1995). Nişastanın α -

amilaz tarafından hidrolizi sonucu oluşan maltooligosakkaritler gıda, ilaç ve kimya endüstrilerinde önemli özelliklerinden dolayı kullanım alanı bulmuşlardır. Bunlar çocuklar ve yaşlılar için yüksek oranda besleyici gıdalar olup, kalori eksikliği çeken kişilerde besin olarak kullanılmaktadır (Kandra 2003). α - Amilazlar tarafından nişastanın düşük molekül ağırlıklı şekerlere hidrolizi en önemli ticari enzimatik süreçlerden biridir (Okada ve ark. 1992), (Kumari ve Kayastha 2011).

7- α - Galaktosidoz: Alfa-galaktosidaz enzimi melibiyoz, rafinoz ve stakiyoz gibi oligosakkaritlerden, polimerik galaktomannan ve galaktolipidlerden α -1,6 bağlı terminal α -galaktoz birimlerinin hidrolizini gerçekleştirir. Yüksek substrat konsantrasyonlarında da transgalaktozilasyon reaksiyonunu katalizlemektedir. Endüstride, biyoteknolojide ve tıpta birçok kullanım alanına sahiptir. En önemli endüstriyel kullanım alanı gıda endüstrisinde, şeker yapımındadır. Sükrozun kristalleşmesi, düşük miktarda rafinoz ve stakiyoz tarafından dahi engellenebilmektedir. Rafinoz ve stakiyozun enzimatik hidroliz ile sükroza çevrilmesi kristalleşmeyi, dolayısıyla da ürün verimini artırır. Alfa-galaktosidaz ayrıca rafinoz ve stakiyoz gibi galaktosidleri yapılarından uzaklaştırarak soya fasulyesi gibi baklagillerin sindirimini kolaylaştırabilir ve galaktomannanların jelleşme kapasitelerini artırır.

Alfa-galaktosidaz enzimi mikroorganizmalarda, bitkilerde ve hayvanlarda yaygın olarak bulunmaktadır. Mikroorganizmalar yüksek miktarda üretimleriyle diğerlerine göre daha avantajlıdır ve bunlar arasında da fungal galaktosidazlar hücre dışı salgılanmaları, asidik pH optimumları ve geniş stabilite profilleri nedeniyle endüstriyel kullanım için daha uygundur. *A. fumigatus* IMI 385708 suşu verimli bir şekilde termostabil α -galaktosidaz üretmektedir ancak fırsatçı saprofitik bir küf mantarıdır. Özellikle bağışıklık sistemi zayıf olan hastalarda ölümcül aspergilloza neden olabilmektedir ve endüstriyel üretim için uygun değildir. Bu çalışmada, daha önce pUC19 klonlama vektörüne takılan, insan patojeni *A. fumigatus*'un α -galaktosidaz geni pAN52-4 (Acc. No:

Z32699) ekspresyon vektörüne takılmış ve genel olarak güvenli kabul edilen (GRAS) *Aspergillus sojae* ATCC11906 suşuna aktarılmıştır. pAN52-4, güçlü ve devamlı üretilen *A. nidulans* gliseraldehit-3-fosfat dehidrojenaz promotörü (*gpdA*) ile *trpC* sonlandırma sinyalinin ve *A. niger* glukoamilaz geninin preprosekansını içeren, bir üretim ve salgılama sistemidir. *gpdA* promotörünün osmotik stres ajanlarıyla transkripsiyon seviyesinde tetiklendiği gösterilmiştir. pAN52-4 ekspresyon vektörünün kotransformasyonunda seçici markör olarak kullanılan pAMDSPYG plazmid *A. nidulans*'ın *amdS* ve *A. niger*'in *pyrG* genine sahiptir. Alfa-galaktosidaz enzimi çeşitli karbon ve azot kaynağında üretilmiştir ve birbirine yakın üretim gözlenmiştir. Bu yüzden, endüstriyel üretimde en ekonomik kaynaklar seçilebilecektir. Optimizasyonda Tepki Yüzey Metodu gibi istatistiksel yöntemlerle, her seferinde tek bir faktörün değiştirildiği klasik yöntemlerden daha hızlı sonuç alınabilmektedir.

8- Fitaz: Buğday, tahıl ve baklagil gibi bitkilerde fitik asit (myo-inositol heksakisfosfat ya da fitat) başlıca fosfor kaynağıdır. Fosfor, hayvanlarda büyüme, çoğalma ve kemik kalsifikasyonu için gerekli mineral kaynağıdır

3-fitaz (myo-inositol-heksakisfosfat 3-fosfohidrolaz,) mikrobiyal fitazlar genellikle bu sınıfta yer almaktadır.

6-fitaz (myo-inositol-heksakisfosfat 6-fosfohidrolaz,) bitkisel fitazlar bu sınıfta yer almaktadır.

a) Mikrobiyal Kaynaklı Fitazlar: Mikrobiyal fitaz kaynakları içerisinde birçok bakteri, maya ve fungus türü girmektedir. Bakteriye kaynaklı fitazlar *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Serratia marcescens*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Shigella sp.* gibi birçok bakteri türünden elde edilmiştir.

b) Hayvansal kaynaklı Fitazlar: Hayvansal fitaz ilk olarak Mc Collum ve Hart (1908) tarafından inek karaciğerinde ve kanında belirlenmiştir. İlerleyen çalışmalarda memeli kanında fitaz enzimine rastlanmamıştır. Ancak kuş, sürüngen, balık ve deniz kaplumbağasında yapılan çalışmalarda kanda fitaz enzimi varlığı tespit edilmiştir. Çeşitli araştırmacılar tavuk, sıçan, inek, domuz ince bağırsağından fitaz enzimini izole etmiştir. Geviş getiren hayvanlar ise fitaz aktivitesini rumen mikrobiyal flora elemanları aracılığıyla gerçekleştirmektedir.

SONUÇ

Günümüzde biyoteknolojideki olumlu gelişmeler hayvan yetiştiriciliğindeki önemli amaçlardan olan verimin miktar ve kalitesini, dolayısıyla kazancı artırma çabalarına büyük etik etmektedir. Yetiştiricilerinin hizmetine sunulan biyoteknolojik ürünler arasında olan enzimler, organik asitler ve probiyotikler, hem doğal olmaları hem de hayvan ve insan sağlığı açısından tehlike yaratmamaları nedeniyle, kullanımlarında sakıncalar taşıyan yem katkı maddelerinin (kemoterapötikler ve antibiyotikler gibi) en önemli alternatifleridir. Hem hayvan sağlığı alanında hem de verim arttırmaya yönelik uygulamalarda kullanım imkânı bulunan bu ürünlerle ilgili olarak daha çok araştırma yapıp geliştirilmesi ve kullanımlarının yaygınlaştırılması, hayvancılık sektöründe büyük kazançlara olanak sağlayabilecektir.

Geçmişten günümüze kadar bu alanda yapılan çalışmalar belirtilen parametreler ve sonuçlar göz önünde bulundurulduğu zaman enzimlerin hem doğal olması hem de sağlığa zararlı olmaması, yemden yararlanma oranını yükseltmesi ve yem maliyetini azaltması üreticiler için önemlidir. Enzimlerin karkas üzerine negatif etkilerinin olmayışı en büyük avantajlardandır. Özellikle ülkemizin yetersiz yem üretimi ve yemde dışa bağımlı olması enzimleri kullanmamızda gerekliliğin olduğunu ortaya sermektedir.

Araştırmalardan elde edilen bulguların genel bir değerlendirmesi yapıldığında; mısır-soya küspesi ağırlıklı etlik piliç yemlerine uygun

enzim karışımından oluşan bir enzim karması ilave edilmesinin teknik performans kriterlerini önemli derecede iyileştirdi sonucuna varılmıştır. Özellikle sıcaklık stresinin ön plana çıktığı sıcak yaz aylarında yem tüketiminde görülen düşme sonucu performansta ortaya çıkan gerilemenin önlenmesinde etlik piliç yemlerine enzim katılmasının ayrı bir fayda sağlayacağını da söylemek mümkündür. Dolayısıyla enzim uygulamalarında dozaj, çevre faktörleri ve hammadde kalitesi ve içeriğinin dikkate alınmasının enzimin performans üzerine olan etkisinin ortaya çıkmasında belirleyici rol oynadığını ifade etmek doğru bir hüküm olacaktır. Araştırmadan elde edilen veriler mısır-soya ağırlıklı etlik piliç yemlerine enzim (amilaz, ksilanaz ve proteaz esaslı) katılmasının etlik piliçlerde teknik performans özelliklerinde önemli derecede iyileşmeye yol açtığını göstermektedir. Ayrıca farklı enzim ilave seviyeleri arasında önemli farklılıkların ortaya çıkmaması nedeniyle, % 0,05 düzeyinin rasyon maliyeti ve üretim verimliliği de göz önünde bulundurulduğunda daha uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

Sonuç olarak tamamen mısıra bağımlı hale gelen ve önemli düzeyde mısır ithalini zorunlu kılan kanatlı rasyonlarının hazırlanmasında mısıra oranla daha ucuz olan ve ülkemizde yaygın olarak üretimi yapılan arpa, buğday, yulaf, çavdar ve hatta tritikale gibi tahıllara daha fazla yer verilmesi, bitkisel protein kaynaklarından daha etkin yararlanmanın sağlanması enzim katkısı ile mümkün olacaktır. Ancak enzim kullanımındaki başarı için karmaya girecek yem hammaddelerini iyi tanınması, bu hammaddelere uygun; ancak diğer hammaddelerden olumsuz yönde etkilenmeyen enzim karışımlarının uygun teknolojilerle kullanılması zorunludur.

Kutlu, H. R., Görgülü, M., & Çelik, L. B. (2005). Genel hayvan besleme ders notu. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü Yemler ve Hayvan Besleme Anabilim Dalı, Adana, 23, 24.

BÖLÜM 5

HAYVANLARDA VİRAL HASTALIKLARIN KONTROLÜNDE EPİDEMİYOLOJİ

Doç. Dr. Metin GÜRÇAY¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10155022>

¹ Bingöl Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Viroloji Anabilimdalı ORCID: 0000-0001-9160-7454, mgurcay@bingol.edu.tr.

GİRİŞ

İnsanlar yaşadıkları tarih boyunca bulaşıcı hastalıklarla karşı karşıya gelmişlerdir. Geçmişte insan çiçeği, veba, sarıhumma, sığır vebası ve şap gibi birçok hastalık tüm dünyayı etkisi altına alan büyük epidemiler şeklinde seyretmiş ve önemli kayıplara neden olmuştur. Ondokuzuncu yüzyılın ortalarından itibaren bulaşıcı hastalıklar alanındaki çalışmaların artması, antibiyotiklerin keşfi ve diğer tedavi ve kontrol yöntemlerindeki ilerlemeler sayesinde birçok salgın kontrol altına alınmıştır. Bu yöndeki en başarılı çalışma insan suçiçeği virusunun 1980 yılında yeryüzünden tamamen eradike edilmiş olmasıdır. Bu başarı diğer bulaşıcı hastalıklarla mücadele için cesaret verici bir örnek oluşturmuştur. Günümüzde Birleşmiş Milletler Gıda Tarım Örgütü, Dünya Hayvan Sağlığı Örgütü ve Dünya Sağlık Örgütü göbi uluslararası örgütleri yanında devletlerde salgın hastalıklarla mücadelede birçok proje yürütmektedirler. Bu salgınların çoğunun nedeni viral hastalıklar olup, kaynağını hayvanlar oluşturmaktadır. Bu hayvan kaynaklı viral hastalıkların kontrolünde Epidemiyolojik yöntemler Uluslararası ve Ulusal kuruluşlarla kullanılarak bu hastalıklar kontrol altına çalışılmaktadır. Bu hastalıklar hayvanda kontrol altına alınırsa insanlarda da kontrol altına alınmış olacaktır (Dicker vd., 2006; Yeşilbağ, 2021)

Epidemiyoloji, hastalıkların popülasyon düzeyinde tespit edilmesi, görülme sıklığının – dağılımının belirlenmesi, risk faktörleri ve dinamiklerinin belirlenmesini inceleyen bir bilim dalıdır. Viral hastalıklara ilişkin epidemiyolojik veriler kullanılarak hastalıkla mücadelede kontrol sağlanmaktadır. Epidemiyoloji, kelimesi orjin olarak halk (demos) kelimesinden orjin almasına rağmen insan kaynaklı konak olarak bütünüyle kullanımsına rağmen endemik, epidemik ve pandemik kelimeleri insan ve hayvan kaynaklı olup olmasına bakılmaksızın topluluklardaki hastalık durumlarını karakterize etmek için kullanılmaktadır. Hastalık trendinin kantitatif

ölçümlerinin sunulması, bu kantitatif ölçümlere göre hastalık kontrol faaliyetlerinin yönlendirilmesi, araştırılması, hastalıkların karakterlerinin anlaşılması, virusların rolünün belirlenmesi, çevre determinantları ile virus etkileşiminin anlaşılması, konakçı duyarlılığının etkileyen faktörlerin belirlenmesi, virusun konağa bulaşma şekillerinin belirlenmesi ve mücadelede kullanılan aşı ve ilaçların test edilmesinde epidemiyoloji bilimdalının önemli rolü vardır (Bonita vd., 2009; Yeşilbağ, 2021).

Bu kitap bölümünde, hayvanlarda görülen viral hastalıkların kontrolünde yararlanılan epidemiyoloji bilimdalının temel epidemiyolojik kavramları, epidemiyologlar tarafından kullanılan veri ve hesaplamaları, epidemiyolojik araştırma tipleri, virusların var olma mekanizmaları, bulaşma yolları, viral hastalıkların belirteçleri ve virus-konak-çevre etkileşiminde epidemiyolojik çalışmaların önemi üzerinde durulacaktır.

TEMEL EPDEMİYOLOJİK KAVRAMLAR

Enfeksiyöz Hastalıklar: Mikroorganizmalar tarafından oluşturulan hastalıklardır.

Viral Hastalıklar: Viruslar tarafından oluşturulan hastalıklardır.

Bulaşıcı Hastalık: Enfeksiyöz bir hastalığın bireyden bireye bulaşma yeteneğine sahip olmasıdır.

Salgın Hastalık: Bulaşıcı nitelikteki bazı viral hastalıkların popülasyonda oldukça hızlı bir yayılım göstererek gruplar ve bölgeler yayılma eğilimine sahip olmasını ifade eder.

Hastalık: Enfeksiyon sonucunda klinik ve fizyolojik bozuklukların ortaya çıkmasıdır.

Populasyon: Tanımlanmış ortak özellikleri taşıyan birey gruplarını, örneğin infeksiyonlarda infeksiyona duyarlı olan birey grubunu ifade eder.

Morbidite: Bir popülasyonda belli bir süreçte (Bir salgın sürecinde) hastalık belirtisi gösteren hayvanların sayısının popülasyon içindeki risk grubundaki toplam hayvan sayısına (%) oranını ifade eder.

Mortalite: Popülasyonda belli bir hastalıktan ölen hayvanların popülasyonda toplam riskteki toplam hayvan zayısına (%) oranına denir.

Letalite: Bir hastalık nedeni ile ölen hayvanların sayısının popülasyonda o hastalığa yakalanan hayvanların sayısına (%) oranını ifade eder. Bu vaka ölüm oranı olarak da ifade edilir.

Biyogüvenlik: Popülasyonda hastalık oluşumunu en aza indiren bir bakım ve yönetim sistemidir.

Etiyoloji: Hastalık nedeni, popülasyon içerisinde hastalığın ortaya çıkmasını veya yüksek sıklıkta görülmesini belirlemede rol oynayan olay, durum, koşul, özellik veya bunların bütünüdür patolojik bir değişime neden oluşturan etkidir.

Eradikasyon: Bir hastalık etkeninin bir ülke veya bölgede tamamen ortadan kaldırılması anlamına gelir, hastalıklarla mücadelede en son aşamadır.

Mihrak: Bir bölgede bir veya birden fazla vakanın aynı işletmede veya farklı işletmelerde görülmesi ile işletmelerin yerleşim yeri ve hastalığın çıktığı köy veya bölge olarak tanımlanır.

Vaka: Bir hayvanın bir etken tarafından enfekte olmasını ifade eder. Enfekte olan hayvan sayısı vaka sayısıdır.

Bir viral enfeksiyonun popülasyonda kendine özgün bir yayılma hızı vardır. Bu orana **bulaştırma oranı** (R_0) denir. R_0 Hasta bir breyin aktif bulaştırmanın olduğu süreçte, kaç tane yeni breyi enfekte edebileceğini gösterir. $R_0=1$ ise her enfekte brey ortalama yeni bir breyi enfekte eder. $R_0>1$ ise enfeksiyon yayılma eğilimindedir. Daha büyük R_0 değerlerine sahip viruslar, popülasyonda oldukça hızlı yayılıp epibemilerin oluşmasına neden olur.

Sporadik Vaka: Viral hastalıkların popülasyonda tek tekvakalar halinde ortaya çıkmasıdır.

Endemik Vaka: Viral hastalıkların bir bölgede veya bir popülasyonda sürekli olarak belli bir düzeyde ortaya çıkmasıdır.

Epidemik Vaka: Viral hastalıkların vaka sayılarının beklenen değerlerin üzerinde çıkması ve pik yapmasını ifade eder.

Pandemik Vaka: Ülkeler arasında yayılan epidemik vakalara denir.

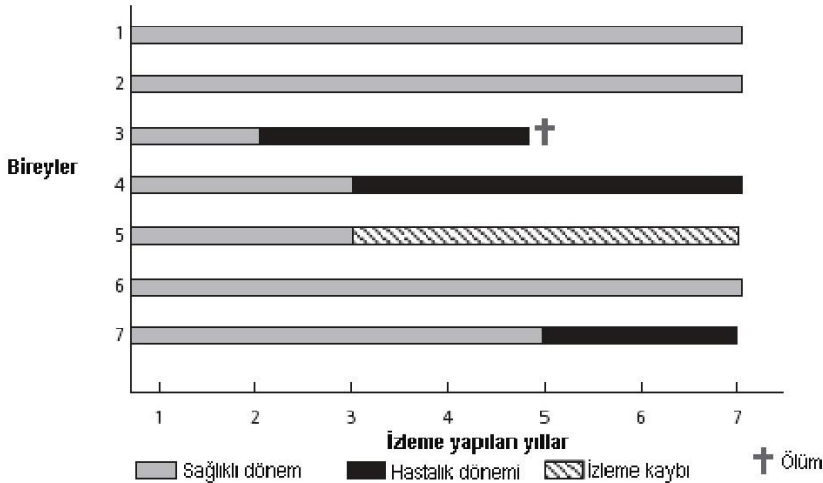
Karantina: Sürüye yeni katılacak hayvanın bir süre izole bölgede bekletilmesidir.

Filyasyon: Hastalığın kaynağını araştırmada yapılan geriye dönük çalışmadır.

Tazminat: Hastalıkla mücadelede kayıpların devlet tarafından karşılanması.

Tecrit: Hastalık kapmış sürüde hastalarla sağlamları ayırmak.

EPİDEMİYOLOGLAR TARAFINDAN KULLANILAN VERİ VE HESAPLAMALARI



Tablo 1. Epidemiyolojik çalışma örneği (Bonita vd, 2009).

İnsidens: Özel bir virusa duyarlı popülasyonda belli bir süre zarfında (örneğin 1 hafta, 1 ay, 1 Yıl) belli bir hastalığa yakalanan veya

enfekte olan hayvanların sayısının popülasyondaki toplam hayvan sayısına oranını ifade eder. İnsidans değeri popülasyonda sağlık durumundan hastalık konumuna geçiş oranı ile ilgili bilgi sunar ve yeni vaka sayılarını içerir.

Prevalans: Belli bir anda bir hastalığa maruz kalmış olan bireylerin sayısının (eski vaka+ yeni vaka) popülasyondaki toplam birey sayısına oranıdır.

Seroprevalans: Bir popülasyonda özel bir virus antikoruна sahip olan hayvanların oranı seroprevalansla ilişkilidir.

Akut seyirli hastalıklarda klinik belirtilerin gözlenmesi ile vaka sayıları belirlenebilir. Ancak subklinik ve persiste enfeksiyonların vaka sayıları laboratuvar analizleri ile tespit edilir.

Kümülatif İnsidens: Kümülatif insidens ile insiden arasındaki fark, insidenste zaman periyodu başlangıcına riskteki popülasyon belirlenir, Kümülatif insidente her zaman riskteki popülasyon hastalığın başlangıcındaki riskli popülasyondur. Kümülatif insidens daha güvenilir veri sağlar.

Vakaların sayısı (Yeni vaka Sayısı)

İnsidens : ----- Zamanın özel bir periyodunda

Risteki popülasyon (hayvan Sayısı

Vakaların sayısı

Prevalans: ----- Özel bir zamanda

Risteki popülasyon (hayvan Sayısı)

Hastalığa yakalanan hayvan sayısı

Kümülatif İnsidens:-----Zamanın özel Periyodunda

Hastalığın başlangıcında risk altındaki populasyon

Örnek Çalışmalar: Yukarıdaki grafikte Bir hastalık durumunun 7 kişilik brey içinde yedi yıllık durumu belirtilmektedir. Bu örnek çalışmasına göre, son 4 yıllık insidens 2/6 (%33.33), 6. Yıldaki prevalans 2/7 (%28.57), İkinci yıldaki prevalans 1/7(%14.28), Küümülatif insidens 3/7 (%42.85), olarak hesaplanır. Morbidite oranı: 3/7 (%42.85), Mortalite oranı: 1/3 (%33.33) olarak hesaplanır.

EPİDEMİYOLOJİK ARAŞTIRMA TIPLERİ

Enfeksiyöz hastalıkların insidans ve prevalansını hesaplamak için kullanılan epidemiyolojik çalışmalar sebep ve etki arasındaki ilişkiler ve hastalıkların risk faktörlerinin değerlendirilmesi ile vaka ve kontrol çalışmalarını içerir. Bu çalışmalar için aşağıdaki epidemiyolojik araştırma tipleri kullanılır.

Sörvey: Genellikle sınırlı bir populasyonda hastalıkların belli bir zaman kesitinde gözlem esası ile incelenmesini ifade eder. Prevalans saptanmasına esas çalışmadır.

Screening: Bir teşhis çalışmasıdır. Gözlem ve klinik bulgularla tespit edilemeyen teşhisi için laboratuvar analizi gereken hastalıkların prevalansını belirlemek için kullanılır.

Monitoring: Bir populasyondaki sağlık, verim, çevre ve benzeriparametrelerle ilgili rutin gözlemlerin kayıt altına alınmasıdır.

Sörveylans: Monitoring'e göre daha detaylı ve geniş çaplı bir kayıt ve takip sistemini ifade eder. Ülke ve bölge bazında kullanılan hastalık kontrol ve eradikasyon programlarında başvurulur.

Moleküler Epidemiyoloji: Hastalıkların etiyojisi, dağılımı ve önlenmesinde etkisi olan genetik veya çevresel risk faktörlerini, moleküler yönde araştıran bilimdir. Moleküler biyolojik yöntemlerle virus nükleik asit dizin ful analizleri, kısmi dizin nalizleri, segment sayıları ve özelliklerinin belirlenmesi ile elde edilen verilerle etken

bulaşma kaynağının, bulaşmasının ve kontrolünün sağlanmasıdır. Bu metodlarla virusların soyağacı çıkartılabilir, genotipik farklılıklar belirlenebilir.

Aşı Denemeleri: Aşıların etkisi, kuvveti emniyeti ve bağışıklık oluşturma gücü epidemiyolojik olarak etkenlerin moleküler ve antijenik yapıları incelenerek daha etkin kontrol sağlamak için kullanılır.

VİRUSLARIN VAR OLMA MEKANİZMALARI

Viruslar normal çevre koşullarına aşırı derecede duyarlıdır. Bir virusun doğada korunması seri enfeksiyonların var oluşuna bağlıdır. Virusların farklı özellikleri, tür duyarlılığı taşıma yolları çevre stabilitesini artırmaktadır. Virusların doğada seri taşınmasını sürdürmesinde epidemiyologlar akut enfeksiyonlar, persiste enfeksiyonlar, vertikal enfeksiyonlar ve artropod taşınmasına bağlı enfeksiyonlar şeklinde dört enfeksiyon şeklini açıklamışlardır. Viruslara karşı kontrol mekanizmalarının uygulanmasında enfeksiyon şekline göre kontrol mekanizması seçilmesi önemlidir (Dicker vd., 2006; Yeşilbağ, 2021).

Solunum sistemi ile taşınan viruslarda, virusun çevre direncine karşı hayatta kalma gücü düşük, fekal yolla taşınan viruslarda daha yüksek bulunmuştur. Artropodların biyolojik ve mekanik taşıma şekillerinde de biyolojik taşınmada hayatta kalma süresi yükdek bulunmuştur. Bazı viruslar hayatta kalmalarında sahip oldukları virus karakteri belirler. Persiste kalan enfeksiyonlarda virus konakta devamlılığını sürdürdüğünden konağın ikinci hatta üçüncü kuşağına kadar hayatta kalabilir. Örneğin BVD'de fekal – oral bulaşma ile enfekte olan hayvanda kongenital olarak anne karnındaki buzağının enfeksiyon upersistentliği sağlar. Buzağı enfeksiyonu sürekli saçar (Dicker vd., 2006; Yeşilbağ, 2021).

Akut ve persiste enfeksiyonların nedeni olan virusların hayatta kalmasında populasyon büyüklüğü ve yoğunluğunun önemi vardır.

Virusların dağada ki devamlılığını etkileyen bazı faktörler aşağıda sıralanmıştır:

1. Akut Enfeksiyon Modeli: Bu enfeksiyonlarda virus doğada kalabilmek için sürekli olarak yeni konağı enfekte etmek sureti ile siküle eder.
2. Persiste Enfeksiyon Oluşturma: Persiste enfeksiyonlarda virusun persistent özelliği virusun dağada kalmasında önemli bir unsurdur.
3. Rezervuar Konakçılarının Bulunması: Hastalık konakçısının türü dışında rezervuar hayvan türlerinin bulunması ve etkenin bu türden diğer türe nakledilmesi, virusun dağada kalmasında önemli bir unsurdur.
4. Virusun Birden Fazla Hayvan Türünde Enfeksiyon Oluşturması: Virusun birden fazla hayvan türünde enfeksiyon oluşturması, konakçı sayısının artmasında virusun dağada kalmasında virusun sirkülasyonu ve dağada kalmasına katkıda bulunur.
5. Vektörlerle Nakledilme: Artropodlar hem mekanik hemde biyolojik vektör olarak virus naklinde görev alırlar. Vektörler virusların doğadaki devamlılığını iki şekilde etkiler. Birincisi değişik hayvan türlerinden kan emmeleri nedeni ile virusun farklı konaklara ulaşmasını ve bu ulaşma ile evcil ve yabani hayvanlar arasında nakledilmesini sağlar. İkincisi gerek uçarak gerekse de taşıt araçları ve rüzgarla uzak bölgelere virusu taşırlar.
6. Vertikal Yolla Nakledilme: Virusların vertikal yolla bulaşması persiste enfeksiyon oluşturmada önemlidir.
7. Genetik ve Antijenik Değişim: Viruslarda genetik ve antijenik değişim, vucutta bulunan antikorlarla nötralize edilmemesi ve immun yanıtta kaçmasına imkan sağlar.

8. Çevre Şartlarına Dayanıklılık: Zarfsız ve kübik simetridirli viruslar, zarflı ve helikal viruslara göre daha dayanıklıdır (Dicker vd., 2006; Yeşilbağ, 2021).

VİRAL ENFEKSİYONLARDA HASTALIK BELİRTEÇLERİ

A.Virusa ait Özellikler:

1. Patojenite: Enfektif virusun duyarlı hayvanlarda hastalık oluşturabilme yeteneğidir.

2.Virusun Virulensi: Virulens patojenitenin ölçüsüdür. Değişik virusları virulensi farklı olabildiği gibi, aynı tür viruslara karşı farklı suşların virulensi farklı olabilir.

3.Virusun Enfeksiyozite Gücü (Titresi): Hastalık tablosunun gelişebilmesi için organizmaya giren virus miktarı önemlidir.

4.Genetik ve Antijenik Değişimler: Mutasyon ve rekombinasyonlardan köken alan köken alan genetik değişimler özellikle RNA viruslarının epidemiyolojisinde belirleyici role sahiptir. Bu tür değişiklikler sonucunda virusların virülensinde değişimler olabileceği gibi etkenlerin yeni konakçılara adaptasyonu da olabilir. Antijenik değişimler hastalık patojenitesi açısından belirleyici olabilir. Antijenik değişimler aşılama ile elde edilen bağışıklığın yeni oluşan varyantlara karşı etkisiz kalmasına neden olur.

5. Virusların Farklı Serotiplerinin Bulunması: Viral hastalıkların epidemiyolojisinde virus serotipleri arasında çapraz bağışıklık olmaması bağışıklık düzeylerinde önemli sonuçlar doğurabilir.

6. Doku Tropizmi: Doku tropizmi bir virusun yerleşip çoğalabileceği hücrelerin bulunduğu dokuları ifade eder. Virusun adsorbsiyondan sorumlu proteini ile hücrelerdeki uygun reseptörlerin bulunması belirleyici unsurdur. Virusun doku tropizmi, hastalık tablosu üzerine belirleyici bir faktördür (Bonita vd., 2009; Yeşilbağ, 2021).

B.Konakçıya ait Faktörler:

1. Hayvan Türü: Bir virusa duyarlı hayvan türleri konakçı spektrumu olarak tanımlanır. Bazı virusların konakçı spektrumları oldukça geniş iken bazılarının da azdır.

2.İrk: Virusların ırk bazında duyarlılık farkı vardır.

3.Yaş: Hayvanın yaşı enfeksiyon için önemlidir.

4.Cinsiyet: Genital sistemi etkileyen hastalıklar için önemlidir.

5.Hücre bölünmesi ve farklılaşması: Viruslar çoğalak için genç ve aktif hücreleri tercih eder.

6.Aktif ve pasif bağışıklık düzeyi: Bireylerin aşılama ve kolostrumla aldıkları veya doğal enfeksiyon yolu ile edindiği bağışıklık düzeyleri hastalıktan korunmada öneml unsurdur.

7. Sürü Bağışıklığı: Risk altındaki popülasyonda bireylerin önemli bir kısmının ≥ 80 bir etkene karşı koruyucu düzeyde antikor taşımasıdır.

8.Fizyolojik Durum: Hayvanın fizyolojik durumundaki değişiklikler hastalık seyri ve klinik bulguları açısından önemlidir.

9. Genetik Özellikler: Virus hayvan ırklarının genetik özelliklerine göre hastalık klinik belirtilerinin oluşumu farklılık gösterir.

10.Duyarlı Konakçı Sayısı: Viral enfeksiyonlarının doğadaki sirkülasyonu için akut enfeksiyonlarda konakçı popülasyonunun belli bir sayının üzerinde olması zorunludur.

11.Rezervuar Hayvan Türlerinin Bulunması: Rezervuar hayvan türleri, hastalık etkeni ile enfekte olmasına rağmen hastalık bulgularının görülmediği hayvanlardır.

12.Çoklu Enfeksiyonlar: Karışık veya ortak enfeksiyonlar klinik belirtileri şiddetini artırır (Bonita vd., 2009; Yeşilbaş, 2021)..

C. Çevresel Faktörler:

1. Barınma koşulları: Bireylerarası sosyal ilişkilerin artmasına neden olan çoklu barındırma ortamları bulaşıcı viral infeksiyonlarının insidansını artırır.

2. Vektörler: Sivrisinekler ve keneler bazı virusların naklinde biyolojik veya mekanik görev yaparlar. Bu vektörler meteorolojik hareketlilik, nakil araçları ve göçmen kuşların etkisi ile uzak bölgelere ulaşarak hastalığın yeni bölgelere de taşınmasını sağlarlar.

3. Nakliye: Ticari ve sportif faaliyetlerle hayvanların bölgeler veya ülkeler arası nakledilmesi özellikle subklinik ve latent seyirli viral hastalıkların yayılmasına yol açar (Bonita vd., 2009; Yeşilbağ, 2021).

D. Ekolojik Faktörler:

1. Coğrafik Konum: Hastalıkların coğrafik dağılımında su kaynaklarının yaygınlığı ve deniz seviyesinden yükseklik gibi coğrafik faktörlerin etkisi bulunmaktadır. Vektörel viral hastalıkların büyük bölümü tropik veya subklinik bölgelerde görülmektedir. Bataklik, baraj ve gölet gibi su rezervlerinin oluşturulması da vektörel hastalıkların görülmesinde etki eden faktörlerdendir. Adalarda ve ada ülkelerinde sınır ötesi hayvan hareketleri ile uygulamaların daha kolay uygulanması, bulaşıcı hastalıkların kontrol ve mücadelesi açısından önemli avantajlar sağlar.

2. İklim Değişiklikleri: Bölgesel veya global iklim değişiklikleri vektör hastalıkların epidemiyolojisini de etkilemektedir. Küresel ısınma sonucunda sıcaklık değerlerinin artması biyolojisi gereği tropik bölgelerde yaşayan sokucu sineklerin daha kuzey bölgelere ulaşabilmesine imkan sağlamaktadır.

3. Meteorolojik Etkenler: Viral hastalıkların epidemiyolojisinde rol oynayan faktörlerden biri de rüzgardır. Rüzgar canlı ve cansız vektörler aracılığı ile uzak bölgelere taşınmasına aracılık ederler (Bonita vd., 2009; Yeşilbağ, 2021).

SALGIN HAYVAN HASTALIKLARI İLE MÜCADELEDE EPİDEMİYOLOJİK ÇALIŞMALAR

Türkiye’de salgın hayvan hastalıklarının kontrol ve eradikasyonu için Tarım ve Orman Bakanlığı hastalıkların takibi, verilerin analizi, etiyolojisi, hayvanlardan insanlara geçen hastalıkların önlenmesi ve bilinmeyen hastalıkların sebeplerinin araştırılması ile uygun epidemiyolojik çalışma raporlarının hazırlanması (Pasif Sürveylans) faaliyetlerini yürütmektedir. Her yıl Bakanlık ve taşra teşkilatı bir araya gelerek gelecek yıl için mücadele çalışmalarının yürütüleceği salgın hastalıklarının listesini (ihbarı mecburi hastalıklar) belirler. Bu hastalıklarla ilgili olarak mücadele stratejisini belirler. Salgın hastalık ihbarı durumunda hastalık çıkan il veya ilçe müdürlüğü yetkilileri anında hastalık mahalline ulaşırlar. İlgili gözlemler teknik elemanlar tarafından yapılarak gerekli nımneler alınır. Merkez veya Bölge Veteriner Kontrol Laboratuvarları marifeti ile hastalığın etiyolojisi belirlenir. Hastalık çıkış raporları düzenlenir. Bakanlık ve hastalık çıkan yetkililere hastalık çıkış raporları gönderilir. Hastalık çıkış raporları üzerine hastalık kontrol ve eradikasyon çalışmaları ivedilikle başlatılır (Pasif Sürveylans), Tarım ve Orman Bakanlığı bünyesinde Bakanlık, İl- İlçe ve Enstitü Müdürlüklerinde Epidemiyolojik çalışmaları yapmak üzere birimler görev yapmaktadırlar (Anonim, 2023).

KAYNAKLAR

- Anonim (2023). Hayvan Hastalıkları ile Mücadele ve Hayvan Hareketlerinin Kontrolü Genelgesi 2023/1. https://www.tarimorman.gov.tr/Konu/2160/2023_hayvan_hasatliklari_mucadele_genelgesi. Erişim, 13.07.2023.
- Bonita, R., Beaglehole, R., & Kjellström, T. (2009). Basic Epidemiology (Temel Epidemiyoloji)(2 b.). S. Mollahaliloğlu, M. Kosdak, Z. Çipil, & F. Karaman, Çev.) Ankara: TC Sağlık Bakanlığı Türkiye Sağlık Kurumu.
- Dicker, R. C., Coronado, F., Koo, D., & Parrish, R. G. (2006). Principles of epidemiology in public health practice; an introduction to applied epidemiology and biostatistics.(CDC)
- Yeşilbağ, K. (2021). Veteriner Viroloji. Hayvanların Viral hastalıkları. Medipres Yayınevi.2021; Malatya.

BÖLÜM 6

SIĞIRLARDA MASTİTİS VE MEMENİN SAVUNMA SİSTEMİ

Arş. Gör. Kader YOLCU¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10155064>

¹ Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Celal Oruç Hayvansal Üretim Yüksekokulu
Hayvan Sağlığı Anabilim Dalı, Ağrı, Türkiye. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5495-7500>, kyilmaz@agri.edu.tr

GİRİŞ

Meme, meme başı deliği aracılığıyla dış ortamla temas halinde olduğundan, çevresel ve bulaşıcı etken kontaminasyonlarına açık bir organdır. Bazı enfeksiyöz etkenler dışında mastitiste etkili mikroorganizmaların çoğu meme başı deliği aracılığıyla meme bezlerine tutunup, enfeksiyona neden olmaktadır. Bu nedenle oluşabilecek enfeksiyonlara karşı memenin immun sistemin güçlü tutulması gerekmektedir. Meme bezinin güçlü tutulması sonucu, savunma mekanizmalarının bozulması mastitis insidansında büyük bir artışa neden olmaktadır (Sordillo, 2005; Rişvanlı ve ark., 2019).

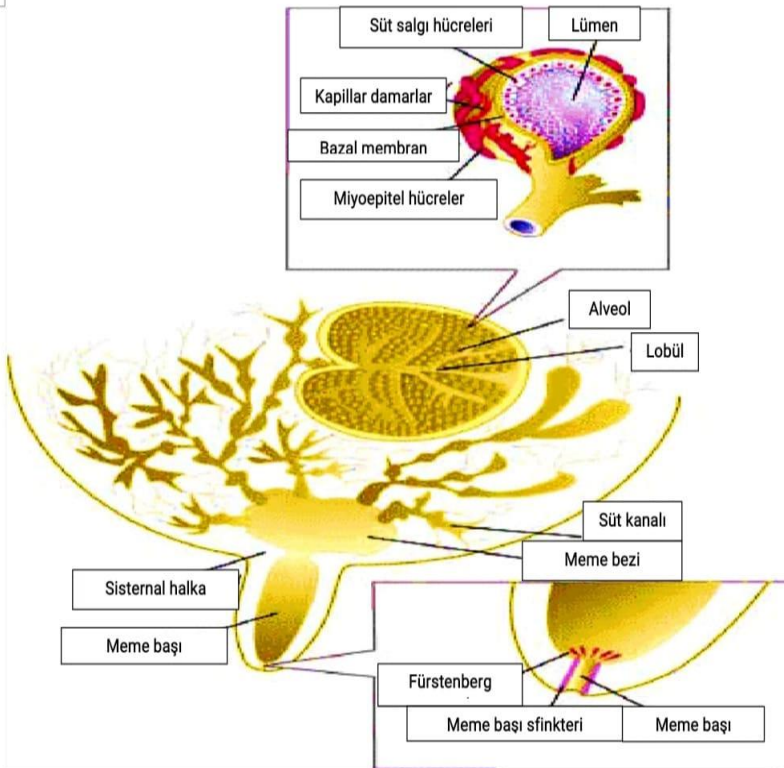
Meme dokusunun doğal (Innate) ve edinsel (Adaptive) olmak üzere iki ayrı savunma sistemi mevcuttur. Bu sistemler spesifik (immuglobulinler) ve spesifik olmayan (kompleman, lizozim, laktoperoksidaz-tiyosiyanat sistemi ve laktoferrin) koruyucu moleküllerin de oluşturduğu anatomik, hücrenel ve humoral savunmayı içeren, karmaşık bir kombinasyondan oluşmaktadır. (Pyörälä, 2002; Nickerson ve Sordillo, 2017; Zigo ve ark., 2021). Doğal, edinsel ve anatomik savunma sisteminin tamamı meme sağlığını korumak için birçok mekanizmayı ortak kullanarak çalışmaktadır (Rişvanlı ve ark., 2019).

Bu çalışmada, meme yapısı ve mastitise kısaca değinilip, efektör savunma sisteminin, mastitise karşı hangi yollardan nasıl bir mekanizmayı kullanarak tepki verdiği izah edilmiştir.

1. MEME ANATOMİ VE FİZYOLOJİSİ

Epidermis katından köken alan meme bulunduğu konum ve sayı bakımından hayvanlar arasında farklılıklar göstermektedir. Sığırlarda pubertasa kadar gelişimi yavaş olan meme, gebelikle birlikte çeşitli hormonların etkisinde hızla büyümekte ve süt üretimine başlamaktadır. Süt verimi laktasyon süresince devam etmektedir. Laktasyon döneminin bitimi ile süt verimi sonlanmakta ve meme dinlenme ve yenilenme evresine geçerek küçülmeye başlamaktadır (Dursun, 2008).

Sığırlarda toplamda 4 adet meme lobu olup, bu loblar birbirinden bağımsız şekilde bulunmaktadır. Meme loblarının her biri meme başı, meme bezi sinusları, meme bezleri ve kanallardan meydana gelmektedir (Şekil 1). Meme bezleri içerisinde alveol olarak adlandırılan çok sayıda küçük fonksiyonel kesecikler bulunmakta, süt üretimi ve depolanması burada gerçekleşmektedir. Alveoller etrafında bulunan miyoepitelyal kaslar kasılarak sütün indirilmesini sağlamaktadır. Alveollerin bir araya gelmesi ile lobüller, lobüllerin bir araya gelmesi ile loblar meydana gelmektedir. Loblar kanallar aracılığı ile meme bezi sisternasına ve buradan da meme başı sisternasına açılmaktadır. Tam dış ortama açılım ise meme başı kanalı ile sağlanmaktadır (Baştan, 2009; Pandey ve ark., 2018; Kumar ve Kumar, 2022).



Şekil 1. Meme lobunun şematik gösterimi (Pandey ve ark., 2018).

Meme bezi ve süt verimi arasında önemli bir ilişki bulunmaktadır. Alveoler hücrelerin artmasıyla doğru orantılı olarak süt verimi de artmaktadır. Bunun aksine fibroblast hücreleri ve yağ hücrelerinde meydana gelen artış süt veriminde düşmeye neden olmaktadır. Bu durum, parankim dokunun azalması, fibrotik dokunun artmasına bağlıdır (Nickerson ve Akers, 2011). Meme gelişimi ve meme bezi büyümesi süt verim kapasitesinin en önemli belirleyicilerinden biridir. Süt sentezinin başlaması birçok hormonun kombine çalışması ile mümkün olmaktadır (Sejrsen ve ark., 1986; Van Amburgh ve ark., 2018). Östrojen, progesteron, prolaktin, büyüme hormonu, plasental laktojen, tiroit hormonları, glikokortikoidler, meme bezi gelişimi ve süt üretimi üzerine etkili hormonlardandır. Sığırlara ekzojen östrojen ve progesteron uygulaması; meme büyümesini uyarmakta, dopamin agonisti uygulamaları ise büyümeyi inhibe etmektedir. Ancak östrojen ve progesteron gibi steroid hormonlar prolaktin ve büyüme hormonu varlığında mammogenetik etki gösterebilmektedir (Tucker, 2000). Östrojen meme bezi kanal sisteminin gelişiminde progesteron ise meme bezi alveoler gelişimde büyük rol oynamaktadır. Doğum ile pubertas arası meme gelişimi vücudun diğer organ gelişimi ile orantılı (izometrik) seyrederken, pubertas ve pubertasa yakın dönemde artan östradiol, insülin benzeri büyüme faktörü-1 (IGF-1) seviyesi ve gebelik dönemindeki progesteron etkisiyle meme bezinin vücut organlarına oranla daha hızlı (allometrik) büyümesine neden olmaktadır (Sejrsen ve ark., 1986; Byatt ve ark., 1994; Van Amburgh ve ark., 2018). Sığırlarda, meme bezinin stromal hücreleri, mammogenezde rol oynayan ana büyüme faktörü olan IGF-I'yi salgılar. İnsülin benzeri büyüme faktörü-I'in yanı sıra, türlere göre farklılık göstermekle birlikte, mammogenezin uyarılmasında; epidermal büyüme faktörü (EGF), fibroblast büyüme faktörleri (FGF), transforme büyüme faktörü- α (TGF- α), hepatosit büyüme faktörü ve makrofaj koloni uyarıcı faktör gibi diğer büyüme faktörlerinin de rolü büyüktür (Casey ve ark., 2011; Akers, 2017).

2. SÜTÜN İNDİRİLME MEKANİZMASI

Sütün indirilmesi sinirsel ve hormonal bir mekanizma tarafından kontrol edilmekte ve nöroendokrin refleks olarak adlandırılmaktadır. Sütün indirilmesi, meme başının dokunsal olarak uyarılmasına yanıt olarak gelişen nöroendokrin refleks aracılığıyla ortaya çıkmaktadır (Tancın ve Bruckmaier, 2001). Meme başı basınca duyarlı olan reseptörlerle kaplıdır. Memeye uygulanan basınç sonucu oluşan sinyaller bu reseptörlerle inguinal sinirlere ulaşmakta, buradan da lumbal sinirlere iletilmektedir. Sinyaller daha sonra beyne taşınmakta, hipotalamusun supraoptik ve paraventriküler çekirdeklerinde sonlanmaktadır. Bu çekirdekler, sinir hücrelerinin aksonları aracılığıyla hipofiz sapı boyunca bir taşıyıcı protein olan nörofizin-I' e bağlı hareket eden nanopeptit oksitosinini sentezlemektedir. Oksitosin daha sonra hipofiz bezinin arka lobunda (nörohipofiz) depolanmaktadır. Sistemik dolaşıma katılan oksitosin meme bezine ulaşarak buradaki spesifik reseptörlere bağlanmakta ve bu reseptörlerin uyarılması ile memedeki miyoepitelyal hücrelerde kasılmalar meydana gelmektedir. Miyoepitelyal hücreler memedeki alveoelleri çevreleyen düz kas hücreleridir. Kasılmanın etkisiyle alveollerdeki süt meme sarnıcına doğru itilir (Goodman ve Grosvenor, 1983; Millogo, 2010; Tolasa ve ark., 2019; Svennersten-Sjaunja ve Olsson, 2005). Sarnıç maksimum hacme ulaştıktan sonra emme, elle ya da makinayla sağım sonrası süt memeden dışarı aktarılmaktadır (Bruckmaier, 2005). Memenin dokunsal olarak uyarılmasından sütün indirilmesine kadar geçen süre yaklaşık olarak 30-60 saniyedir. Sütün indirilme refleksi oldukça hassas bir refleks olup, stres altında veya hayvanın rahatsız edilmesi durumunda baskılanabilmektedir (Bruckmaier ve Blum, 1998; Svennersten-Sjaunja ve Olsson, 2005; Millogo, 2010).

3. MASTİTİS

Mast (göğüs) ve itis (yangı) kelimelerinden köken alan mastitis, meme bezlerinin dışarıdan gelen fiziksel travma veya patojen

mikroorganizmaların girişine karşı gösterdiği yangısal bir cevap olarak tanımlanmaktadır. Sütçü işletmelerde büyük ekonomik kayıplara neden olan önemli bir problemdir (Syzda ve ark., 2019; Tanyıldızı ve Yıldırım 2019). Mastitis, insan, çevre, genetik, enfeksiyöz, yönetim ve hayvan faktörlerinin bir veya birkaçının etkileşimi ile şekillenmektedir (Özenç, 2019; Zaatout ve ark., 2019). Mastitis, patojen mikroorganizmaların meme başına girmesiyle başlar. Mikroorganizmaların varlığına göre nonenfeksiyöz ve enfeksiyöz olarak, yangısal cevaba göre ise klinik ve subklinik olarak, enfeksiyonun süresine göre perakut, akut ve kronik olarak, dönemine göre ise laktasyon dönemi ve kuru dönem mastitisi olarak çeşitli şekillerde sınıflandırılmaktadır (Şekil 2). Klinik mastitiste semptomlar gözlemlenebilirken, subklinik mastitiste semptomları gözlemlenemeyenlerdir (Caggiano ve ark., 2019; Zaatout ve ark., 2019). Subklinik mastitiste, genel durum iyi, ateş yok, sütün görünümü normaldir. Somatik hücre sayısı (SHS) artmakta ve Kaliforniya Mastitis Test (CMT) pozitif reaksiyon belirlenmektedir. Tedavi edilmediği takdirde mastitis kronik hale dönüşmektedir. İlerleyen dönemde meme bezinde fibrozis başlamakta, süt verimi her geçen gün düşmekte ve zamanla meme bezi körelmektedir. Buna karşılık klinik formda ise memede ödem, kızarıklık, ağrı, sıcaklık artışı, sütte pıhtı ve zaman zaman kötü koku gibi klinik belirtilere rastlanmakta, CMT pozitif reaksiyon vermektedir. Her iki form karşılaştırıldığında; subklinik mastitis teşhisinin zor olması ve klinik belirti vermediği için sürü içinde hızlı yayılım göstermesi, bu enfeksiyon seyrini daha tehlikeli hale getirmektedir (França ve ark. 2017; Bhutia ve ark., 2019; İanni ve ark., 2019).

Mastitise sebep olan birçok mikroorganizma bulunmakla birlikte, bu mikroorganizmalar sağım süreci içerisinde bulaşanlar (kontagiyöz patojenler), ineğin genel yaşam çevresinde bulunan ancak uygun koşullar altında meme başına giren mikroorganizmalar (çevresel patojenler), memenin normal yapısında bulunan yine bakteriyel gelişim

için uygun şartlar oluştuğunda enfeksiyona neden olan mikroorganizmalar (fırsatçı patojenler) olarak üç grupta kategorize edilebilir.

En sık karşılaşılan bulaşıcı patojenler,

- Laboratuvar muayenelerinde koagülaz reaksiyonu yönünden pozitif olan *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*), *Streptococcus agalactiae* (*Str. agalactia*), *Mycobacterium bovis* (*M. bovis*),
- Laboratuvarda yapılan koagülaz testlerinde negatif reaksiyon veren Koagülaz Negatif Stafilokoklar (KNS) (*Staphylococcus xylosus* (*S. xylosus*), *Staphylococcus sciuri* (*S. sciuri*), *Staphylococcus haemolyticus* (*S. haemolyticus*), *Staphylococcus epidermidis* (*S. epidermitis*), *Staphylococcus chromogenes* (*S. chromogenes*) ve *Staphylococcus simulans* (*S. simulans*) ve
- *Corynebacterium bovis* tir.

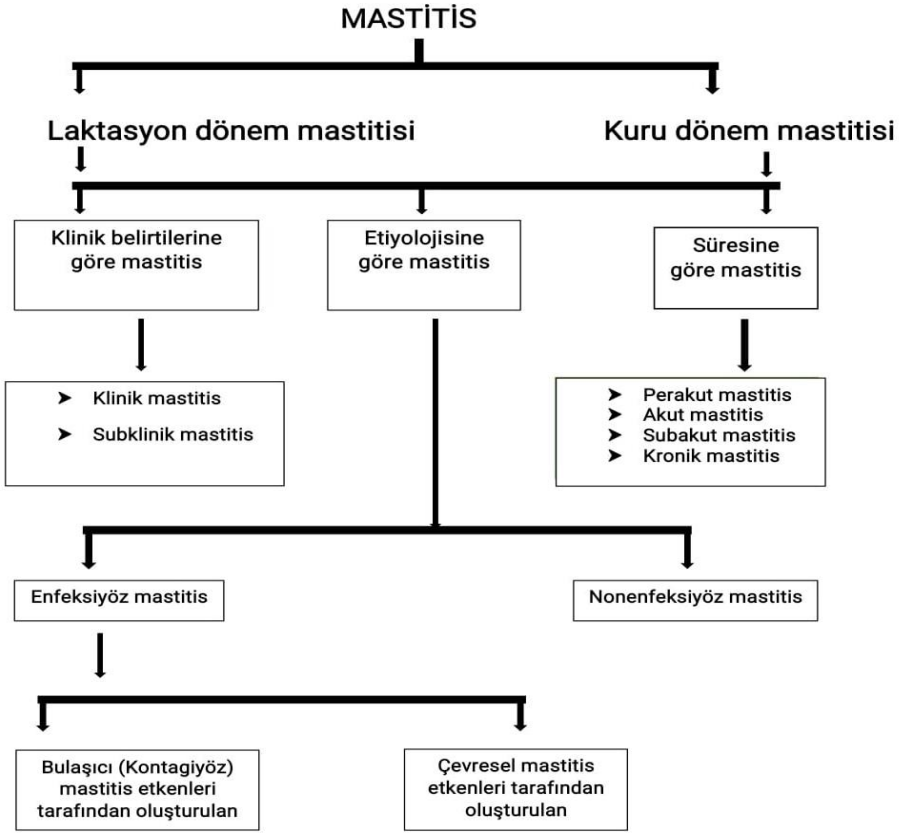
En sık karşılaşılan çevresel patojenler,

- Koliformlar olarak bilinen; *Escherichia coli* (*E. coli*), *Streptococcus uberis* (*Str. uberis*), *Streptococcus dysgalactiae* (*S. dysgalactia*) ve
- Diğer gram pozitif ve katalaz negatif koklardır (Taponen ve Pyörälä, 2009; Dofour ve ark., 2019; İanni ve ark., 2019).

Staphylococcus aureus hariç diğer stafilokoklar koagülaz negatif stafilokoklar (KNS) olarak adlandırılan meme bezi patojenleridir. Bulaşıcı patojenler için enfekte meme lopları rezervuar olarak görev yapmaktadır. Genellikle sağım sırasında inekten ineğe yayılırlar, kronik seyirlidir ve meme loplarda ve sütte genellikle klinik belirti göstermezler. Bunun aksine çevresel patojenlerin birincil rezervuarı ineğin yaşadığı ortamdır, akut seyirli enfeksiyona neden olur ve enfekte hayvanlar klinik belirtiler (ateş, iştahsızlık, memede kızarıklık, ödem, sütte pıhtı, sulanma, renk değişimi vb.) gösterirler (Manzi ve ark., 2012; Abebe ve ark., 2016).

Mastitis oluşumunda genetik ve çevresel olarak birçok faktör etkilidir. Bu faktörler;

- Memenin morfolojisi (Özellikle sarkık ve açık uçlu meme yapısına sahip hayvanlarda mastitis görülme oranı daha fazla olması),
- Laktasyon sayısı (Laktasyon sayısı arttıkça mastitis görülme oranı artması),
- Laktasyon dönemi (Erken laktasyon döneminde orta laktasyon dönemine oranla mastitis görülme sıklığı daha fazla olması)
- Hayvanın yaşı (Yaş artışına orantılı olarak mastitis oranı artması),
- Mevsim,
- Stres,
- Kuru dönem ve laktasyon dönem bakım ve tedavisi,
- Sağım sistemi,
- Çiftlik yönetimi,
- Hijyen koşulları (Kötü barınak koşulları, çiftliğin ve memenin kirliliği mastitis oranını daha da arttırması gibi meme enfeksiyonlarının oluşumunu, yaygınlığını ve şiddetini belirleyici bazı faktörler de bulunmaktadır),
- Enfeksiyon türü ve yoğunluğu,
- Bakım ve besleme,
- Meme bezinin bağışıklık durumudur (Oliveiraac ve ark., 2015 Iraguha ve ark., 2015; Mureithi ve Njuguna, 2016).



Şekil 2. Mastitisin sınıflandırılması (Contreras ve Rodríguez, 2011).

Mastitisin teşhisi için birçok yöntem kullanılmakla birlikte, bunlar içerisinde en sık başvurulan yöntemler; somatik hücre sayımı, elektriksel iletkenlik ve pH ölçümü, süt bakteriyolojik kültürleri, akut faz proteinlerinin içeriği, CMT, kızılötesi termografi (IRT), N-asetil--D-glukozaminidaz (NAG ase) aktivitesinin ölçümüdür. Sütte akut faz proteinlerinden olan, haptoglobulin (HP) ve serum amiloid A (SAA)'nın artışının, meme bezinde mastitis varlığının göstergelerinden biri olduğu bildirilmiştir (Eckersall ve ark., 2001; Schukken ve ark., 2003) . N-asetil--D-glukozaminidaz (NAG ase), Laktat Dehidrojenaz (LDH), Aspartat Amino Transferaz (AST) gibi enzimlerin lökosit artışlarını ifade ettiği, mililitredeki SHS'nin 400.000 hücreyi geçtiği durumlarda önemli ölçüde arttıkları bildirilmektedir (Ball ve Greer,

1991; Wilson ve ark., 1991). Yapılan bir çalışmada; NAG ase aktivitesi, mastitisli olmayan ineklerden sağılan sütlerde, $33,08 \pm 4,62$ U / L, mastitisli ineklerden sağılan sütlerde ise $90,70 \pm 11,98$ U/L olarak hesaplanmıştır (Nizamlıoğlu ve ark., 1992). Subklinik mastitis olgularını saptamada CMT oldukça pratik ve etkili olduğundan, işletmelerde aktif bir şekilde kullanılmaktadır (Middleton ve ark., 2004). Mastitis teşhisinde kullanılan diğer bir yöntem olan IRT`nin, mastitisin erken evresinde şekillenen vaskülarizasyon veya kan akışına bağlı kızarıklık, ağrı (aşırı duyarlılık), ödem ve hipertermi, inflamasyonun belirlenmesinde kullanıldığı, bu bölgelerdeki renk deseninin termal degradelerle değiştiği, sıcak alanların beyaz veya kırmızı, soğuk alanların ise mavi veya siyah görüldüğü bildirilmiştir. Bununla birlikte artan somatik hücre sayısı ile meme derisi sıcaklık değişimleri arasında pozitif bir korelasyon belirlenmiştir (Çolak ve ark., 2008; Polat ve ark., 2010). Bunların yanı sıra son dönemlerde, Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PCR) ve matris destekli lazer desorpsiyon / iyonizasyon uçuş zamanı kütle spektrometrisi (MALDI-TOF MS)`in gibi moleküler seviyede bakteriyel tanımlama teknikleri de kullanılmaktadır. Özellikle MALDI-TOF MS`nin oldukça hızlı, güvenilir ve hassas bir teknik olduğu bildirilmektedir (Mellmann ve ark., 2008; Barreiro ve ark., 2010; Rişvanlı ve ark., 2019).

3.1. Somatik Hücre Sayısı ve Mastitis Arasındaki İlişki

Somatik hücre sayısı (SHS) 1 ml sütte bulunan kan hücreleri ve memenin epitel hücrelerinden oluşan vücut kökenli hücrelerin sayısıdır. Sütte bulunan somatik hücrelerin yaklaşık % 75`ini lökositler yani nötrofiller, makrofajlar, lenfositler ve % 25`ini ise epitel hücreleri oluşturmaktadır (Sharma ve ark., 2011). Lökositler enfeksiyonla savaşmak ve hasarlı dokunun onarımına yardımcı olmak için bir savunma mekanizması görevi üstlenir. Lenfositler, bağışıklık sisteminin membran reseptörleri aracılığıyla çeşitli antijenik yapılarını,

özgüllüklerini, çeşitliliklerini ve karakterlerini tanımlamada rol oynarlar (Nonnccke ve Harp, 1986; Schukken ve ark., 2003).

T-lenfositler ve B-lenfositler, spesifik bağışıklık işlevi olan iki lenfosit alt kümesidir. Meme bezi ve epitel hücrelerinin maruz kaldığı enfeksiyona göre sitokin salınımı başlar. Sitokinler ise bölgeye, başta nötrofil, monosit olmak üzere diğer lökositlerin akışını sağlar. Mastitis sırasında SHS'deki artış, enfeksiyonla birlikte lökositlerin kandan süte geçişinden kaynaklanmaktadır (Boyso ve ark., 2007). Meme bezinde ve sütte hücresel bileşenlerin varlığı, meme bezinin önemli koruyucu mekanizmalarından biridir. Bakteriyel toksinler, enzimler ve hücre duvarı bileşenlerinin meme epitelinin fonksiyonu üzerinde doğrudan bir etkiye sahip olduğu bildirilmekte ve aynı zamanda bu faktörlere bağlı şekillenen ödem, vazodilatasyon ve artmış vasküler geçirgenlik nedeniyle başta nötrofiller olmak üzere çeşitli savunma hücrelerinin üretimi uyarılmaktadır. Özetle kimyasal uyaranlar, meme bezi savunma hücrelerini sürekli fagositoza hazır halde tutmaktadır. Meme epitel hücreleri ise, fagositoz ve olası enfeksiyonun önlenmesinde koruyucu bir rol oynamaktadır (Bytyqi ve ark., 2010; Sharma, ve ark., 2011; Syzda ve ark., 2019).

Tablo 1. Sağlıklı ve enfekte meme bezlerinde somatik hücre çeşitliliği (Baştan, 2019)

Reaksiyon (CMT)	Somatik Hücre Sayısı	Yorum
Negatif	0 - 200.000	Sağlıklı
Şüpheli	200.000 - 400.000	Subklinik Mastitis
1	400.000 - 1.200.000	Subklinik Mastitis
2	1.200.000 - 5.000.000	Ciddi Mastitis
3	5.000.000 ve daha fazla	Ciddi Mastitis

Somatik hücre sayısı, sürü, bireysel ve lob bazında hesaplanmaktadır. Sürü bazında tank sütü somatik hücre sayısı olarak tanımlanmaktadır. Somatik hücre sayısı mastitis teşhisinde, süt kalitesinin belirlenmesinde kullanılan önemli bir kriterdir (Tablo 1), (Jayarao ve ark., 2004; Akerstedt ve ark., 2007). Sağlıklı meme bezlerinden alınan sütlerde, SHS'nin 1×10^5 hücre/ml'den daha düşük olduğu, enfeksiyon durumunda ise 1×10^6 hücre/ml'nin üzerine çıkmaktadır. Polonya'da yapılan bir çalışmada, tank sütü somatik hücre sayısının 1ml'de 4×10^5 'in altında olduğu sütler ekstra kaliteli, 4×10^5 - 5×10^5 arasında olanlar birinci sınıf kaliteli, 5×10^5 - 1×10^6 arasında olan sütler ise ikinci sınıf kaliteli olarak değerlendirilmiş ve 1×10^6 ve üzerinde olan sütlerin ise kullanıma uygun olmadığı bildirilmiştir (Skrzypek ve ark., 2004). Avrupa Birliği (AB) gıda mevzuatına göre tank sütü SHS 4×10^5 üzerinde olan sütler tüketime uygun görülmemektedir (Sundekilde ve ark., 2013). Türkiye'de ise Türk Gıda Kodeksi (TGK)'ne göre, 2005 yılından itibaren tank sütü somatik hücre sayısı 1 ml'de 5×10^5 ve/veya toplam bakteri sayısı (TBS) ise 1 ml'de 1×10^5 'den yüksek olan sütlerin tüketici tarafından kullanımı yasaklanmıştır (Kaygısız ve Karnak, 2012).

Somatik hücre sayısı ve süt verimi arasında ters orantı bulunmaktadır. SHS arttıkça süt veriminde azalmalar meydana gelmektedir. Yapılan bir çalışmada 143 sürüde, SHS'deki 100.000'den 800.000 hücre/ml'ye ve daha fazlasına kadar olan artışta, süt veriminin % 9,1, süt proteininin % 14,4 ve süt yağının ise % 14,7 oranında düştüğü belirtilmiştir (Juozaitiene ve ark., 2006). Somatik hücre sayısının artmasında etkili birçok faktör bulunmaktadır. Bunlar ırk, mevsim, yaş, meme morfolojisi, barınağın zemini, hijyeni, laktasyon sayısı, laktasyon dönemi, stres faktörleri, beslenme durumu ve sağım yönetimidir (Monardes ve ark., 1990; Çoban, Sabuncuoğlu ve Tüzemen, 2009; Idriss ve ark., 2013). Yapılan çalışmalarda;

- Sarkık ve açık meme ucuna sahip olan ineklerden alınan sütlerdeki SHS'nin daha yüksek olduğu (Mukherjee ve Dang, 2011),
- İlk doğumunu yapmış ineklerde SHS'nin çok doğum yapmış ineklere göre daha düşük olduğu,
- Yüksek süt verimli ırkların daha fazla SHS'na sahip olduğu (Singh ve Ludri, 2000),
- Laktasyonun erken döneminde SHS'nin arttığı, orta dönemde azaldığı ve geç dönemde tekrar bir artış gösterdiği (Gonçalves ve ark., 2018),
- Yaz aylarında sıcaklık ve nem artışına bağlı gelişen stres sonucu hayvanın yem alımının düştüğü, buna bağlı SHS'nda artışların şekillendiği (Morse ve ark., 1988),
- Elle sağım yapılan hayvanların, makinayla sağım yapılan hayvanlara göre sütteki SHS'nin daha fazla olduğu (Castro ve ark., 2015),
- Subklinik mastitisli hayvanlarda, klinik mastitisli hayvanlara göre SHS'nin daha düşük olduğu belirtilmiştir (Ahlawat ve ark., 2018; Alhussien ve ark., 2016).

4. MEMENİN SAVUNMA SİSTEMİ

Ruminantlarda memenin lokal savunma sistemi, vücudun genel savunma sistemine göre farklılık arz etmektedir. Memenin savunma sistemi doğuştan gelen ve edinsel savunma sistemi olarak sınıflandırılmaktadır. Doğuştan gelen savunma sistemi anatomik savunma sistemi, hücresel savunma sistemi ve humoral savunma sistemi olarak üç başlık altında incelenebilir.

Anatomik savunma sistemi,

- Meme başı derisi
- Fürsternberg rozeti
- Meme başı kas sfinkteri
- Duktus papillaris

- Meme başı keratin tabakasından, Hücresel savunma sistemi,
- Meme bezi epitel hücreleri
- Lökositler
- T ve B lenfositler
- Makrofajlar
- NK ve LAK gibi öldürücü hücrelerden, Humoral bağışıklık sistemi,
- Sitokinler
- Lizozimler
- Laktoferrin gibi demir bağlayan proteinler ve
- Hidrojen peroksit sistemi gibi yapılardan oluşmaktadır (Çelik ve Aştı, 1992; Sordillo, 2005; İlhan, 2018).

Meme başı derisi mikroorganizmaların memeye girişini engelleyen en önemli bariyerlerden biridir. Meme başı derisinin kendine has bir bakteriyel ortamı bulunmaktadır. Fakat bu bakteriler meme derisinde bulunan bakteriyostatik maddeler sayesinde çoğalmalarının engellenmelerinden dolayı memeye karşı bir tehdit unsuru olmaktan çıkmaktadır. Meme derisi bütünlüğünde meydana gelen bozulma mastitis açısından büyük bir tehdittir (Baştan, 2019). Meme başı kas sfinkteri ve fürsternberg rozetinin de meme savunması üzerinde büyük bir etkisi bulunmaktadır. Bu yapılar sağım sırasında çeşitli hormonların etkisinde sütün indirilmesi için gevşemesini ve sağım sonrası büzüşerek meme başının fiziksel olarak kapanmasını sağlamaktadır. Meme başı sinusundan fürsternberg rozetine gidildikçe savunma hücrelerinin sayısı da artmaktadır (Çelik ve Aştı, 1992). Kas dokusu ve fürsternberg rozetinin yapısında meydana gelen herhangi bir bozulma sonucunda meme başı kanalı kapanmaz hale gelmekte ve sürekli süt sızdırmaktadır. Bu durumda meme bezi, mikroorganizmaların girişine açık bir hale gelmekte ve mastitis oluşum riskini arttırmaktadır.

Sağımlar arası ve kuru dönemde oluşan, meme başı epitelinden köken alan keratin tıkaç, yapısında bakteriyostatik ve bakterisit etkili lipitler bulundurmaktadır (Arslan ve Tufan 2010). Bu lipitler meme kanalına bakteri girişini önleyerek bir savunma mekanizması oluşturmaktadır. Memeleri keratin tıkaçla kapalı olan kuru dönemdeki ineklerde bu tıkaç doğumdan yaklaşık bir iki hafta önce çözünmeye başlamaktadır. Normal laktasyondaki ineklerde de sağım sırasında çözünür. Çözünen bu tıkaçın tekrar oluşması sağım sonrası yaklaşık 20-30 dk kadar sürmektedir. Bu süreçte mikroorganizma girişini engellemek amacıyla meme başlarının, bariyer görevi gören dezenfektan solüsyonlara daldırılması gerekmektedir ve hayvanların kirli zeminlere yatması engellenmelidir (Sur, 2019; Baştan, 2019).

Doğuştan meme savunma sistemini oluşturan yapılar ve özellikleri aşağıdaki tabloda (Tablo 2) özetlenmiştir.

Tablo 2. Doğuştan meme savunma sistemini oluşturan yapılar (Baştan, 2019).

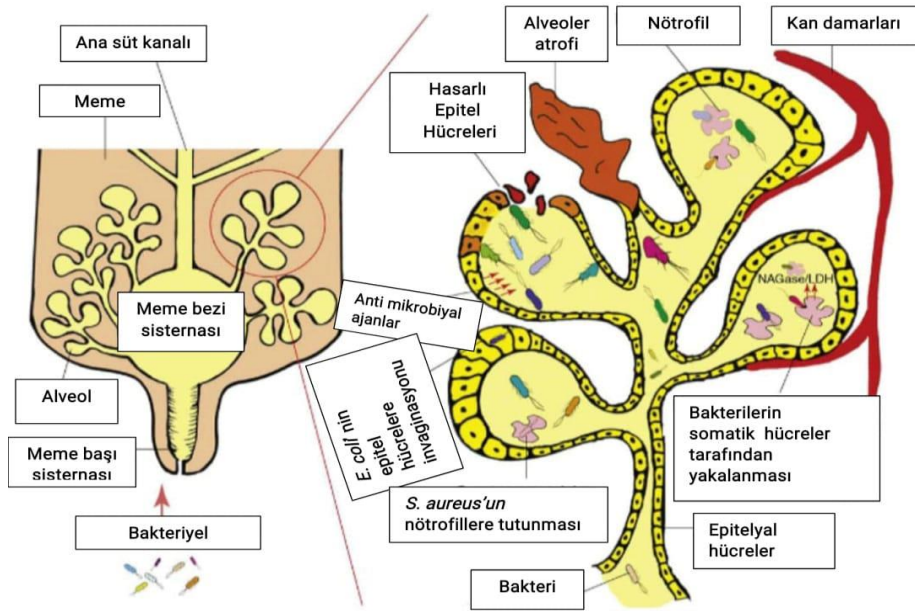
Faktör	Görevleri
Meme Başı Kanalı	Sfinkter kasları memeye bakteri girişini engeller. Keratin tabakası antibakteriyel etkilidir. Fürsternberg rozeti lökosit bulundurur.
Bakteri Moleküllerini Tanıyan Reseptörler	Bakterileri tanıyarak ve yangısal yanıtı aktive eder.
Komplement Laktoferrin	Bakteriyolitik ve fagositozisi kolaylaştırır. Demire ihtiyaç duyan bakterilerin çoğalmasını önler.
Sitokinler	Doğuştan immün yanıtı düzenlerler.
Oksilipidler	Mikrodamarlaşmayı düzenler. Proenflamatuvar yanıtı koordine eder.
Epitel Hücreleri	Patojenleri tanırlar.

Endotel Hücreleri	Mastitis sırasında kan akımını kontrol ederler. Lökositlerin göçünü ve aktivasyonunu düzenlerler.
Nötrofiller	Fagositozis ve serbest oksijen radikalleri, antibakteriyel enzimler ve defensin üreterek, bakterileri hücre içinde öldürürler. NET oluştururlar.
Makrofajlar Makrofajlar	Fagositozis ve bakterileri hücre içerisinde öldürürler. İmmunmodülatör etkili sitokin ve oksilipid üretirler. Ortamdan ölü dokuları uzaklaştırırlar.
Dendritik Hücreler Dendritik Hücreler	Bakterileri fagosit ederler. Sitokin üretirler.
Doğal Öldürücü Hücreler	Patojenleri elimine ederler. Antibakteriyel proteinlerin sekresyonunu aktive ederler.

Memeye giren mikroorganizmalar, meme derisi, meme başı kanalı hücresel ve humoral yapılarını, anular halka civarındaki hücresel savunma sistemini aştıktan sonra meme bezi epitelyum hücreleri ile karşılaşılır. Meme bezini kaplayan bu epitel hücreleri, içeri giren mikroorganizmalara karşı önemli bir savunma hattı oluşturmaktadır. Epitel hücreleri meme içerisine giren mikroorganizmaları tanıyarak TLR2 ve TLR4 (Toll benzeri reseptör 2 ve 4) gibi reseptörleri sentezler. TLR'nin aktivasyonu, viral onkojen homolog A (RelA) ve diğer alt birimlerden oluşan transkripsiyon faktörü nükleer faktör- κ B'nin salınmasına yol açmaktadır. Nükleer faktör- κ B, çekirdeğe yerleşir ve hayvanın lokal ve sistemik bağışıklık reaksiyonlarını başlatmak için gerekli olan çok sayıda proenflamatuar sinyal molekülünün ekspresyonunu düzenler (Liang ve ark., 2004; Rainard ve

Riollet, 2006). Bunlar arasında tümör nekroz faktörü- α (TNF- α), IL-1 β , IL-6 gibi sitokinler ve kemokinler bulunmaktadır. Memede oluşan herhangi bir yangısal duruma cevaben sitokin ve oksilipidlerin damar geçirgenliğini arttırmasıyla o bölgedeki hücrel savunma sistemini oluşturan lökosit hücrelerinin memeye geçişi kolaylaşmakta ve yoğunluğu önemli düzeyde artmaktadır (Pareek ve ark., 2005; Bannerman ve ark., 2004).

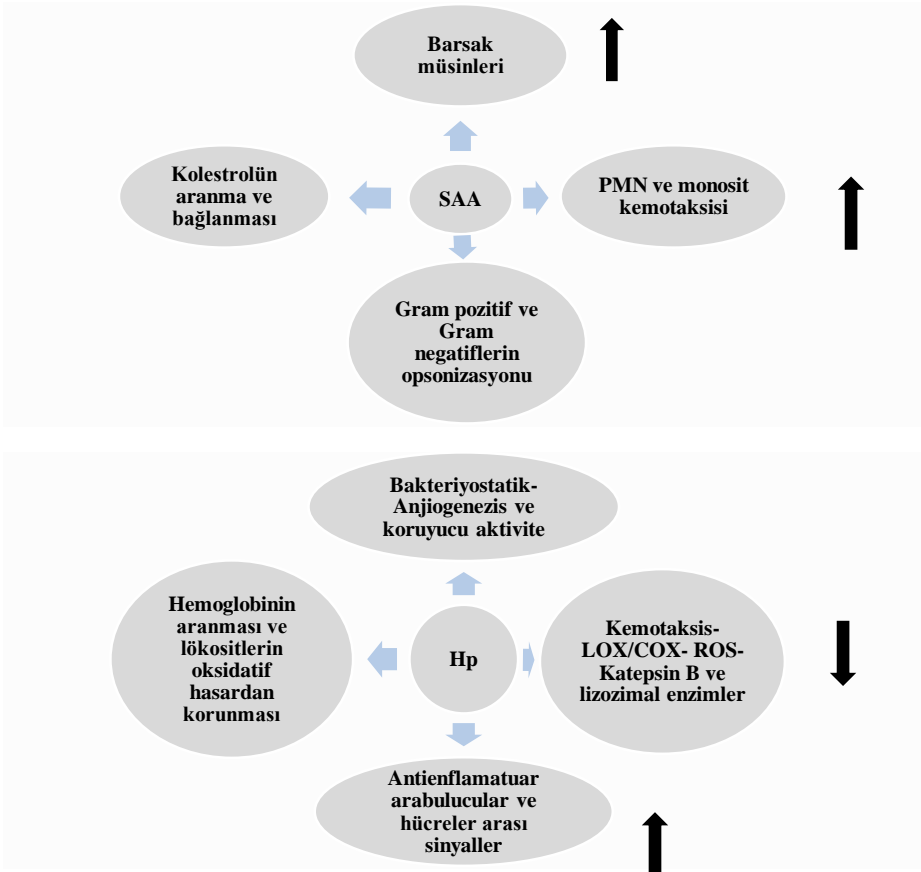
Sağlıklı meme yapısında normal şartlarda karşılaşılan lökositlerin büyük kısmı makrofaj ve lenfositlerken yangı şekillendiği zaman memede en fazla karşılaşılan somatik hücre tipi nötrofil lökositlerdir. Meme kanalındaki zararlı mikroorganizmalara karşı en önemli savunma mekanizmasını nötrofillerin fagositoz aktivitesi oluşturmaktadır (Şekil 3). Nötrofiller, bakteriyel enfeksiyon sonrası ortaya çıkan, süperoksit iyonları, hipoklorit, hidrojen peroksit molekülleri, hidrolitik enzimler, laktoferrin ve defensinler gibi diğer çözülebilir savunma faktörlerinin etkisiyle odak bölgede toplanmaktadır. Bunun yanı sıra T lenfositler hücrel bağışıklıkta önemli rol oynarken, B lenfositler ise humoral bağışıklıkta etkin rol oynamaktadır (Wellnitz ve Bruckmaier, 2012; Bagath ve ark., 2019). Gram negatif ve gram pozitif bakteriyel enfeksiyonlara göre bu hücre sayıları farklılık göstermektedir. Gram pozitif bakteri enfeksiyonuna bağlı gelişen mastitis olgularına göre gram negatif bakteri enfeksiyonuna bağlı gelişen mastitis olgularında daha az makrofaj, nötrofil, lenfosit ve monosit hücre sayısına rastlanılmaktadır (Smith ve ark., 2001; Yarım ve Salmanoğlu, 2002, Şimşek ve Aksakal, 2005).



Şekil 3. Enfekte bir memede mastitis gelişimine karşı oluşan immun tepkinin şematik gösterimi (Viguer ve ark., 2009).

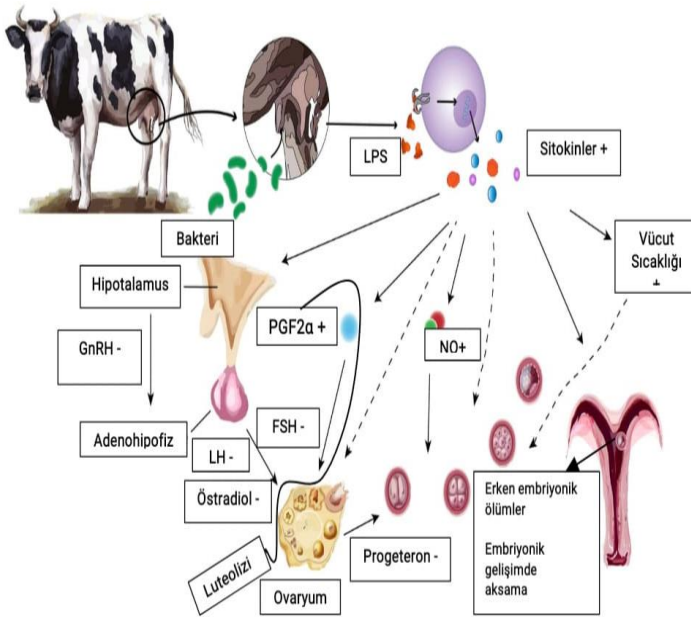
Def-defensinler, katisidinler, laktoferrin, doğal öldürücü hücreler, immünoglobülinler, sitokinler ve/veya diğer birçok faktör memenin doğuştan humoral savunma sistemini oluşturan faktörlerdir. Bu bağışıklık faktörleri doku ve süt içinde ne kadar fazla bulunursa, meme bezlerinde bakteri üremesi olasılığı o kadar düşüktür. Laktoferrin ve transferrinin demir bağlama özelliği ile bazı bakteriler üzerinde antibakteriyel etkili olduğu ve bağışıklığı indüklediği bildirilmektedir (Ohtsuka ve ark., 2019; Baştan, 2019). Karaciğer tarafından üretilen bir protein olan komplementler, özellikle *E. coli* gibi gram negatif bakteriler üzerinde bakterisit etkilidir. Vücutta meydana gelen travmatik enfektif ya da yangısal bir olaya tepki olarak sitokinlerin salınmasıyla akut faz yanıt şekillenmektedir. Bu yanıtın ürünleri ise karaciğerden salınan proteinlerdir (APP). Yapılan bir çalışmada mastitis APP değeri araştırılmış ve meme bezindeki lokal enflamatuvar sürece ve sütteki APP ölçümlerine odaklanılmıştır. Doğal akut klinik

mastitise cevaben sütte haptogloblin ve serum amiloid A (SAA) konsantrasyonunun arttığı tespit edilmiştir (Grönlund ve ark., 2003; Sevgisunar ve Şahinduran, 2014). Akut faz proteinlerinden olan SAA, yangı hücrelerini uyarmakta, lökositlerin yapılarını kaybetmesini engellemekte ve immün yanıtı yönetmektedir. Diğer bir akut faz proteini olan haptogloblinler ise bakterilerin büyümesi için gerekli olan demirin kullanımını sınırlayarak bakteriostatik ve antienflamatuar etki göstermektedir (Şekil 4). Serum amiloid A seviyelerinin yükselmesi, genellikle ineklerde *S. aureus*'a bağlı şekillenen mastitisin akut veya subklinik fazını belirten hassas belirteçlerden biridir (Sevgisunar ve Şahinduran, 2014; Hambali ve ark., 2019).



Şekil 4. Serum Amiloid A (SAA) ve Haptogloblinin (Hp) fonksiyonları (Sevgisunar ve Şahinduran, 2014)

İlk olarak hasarlı dokudaki makrofaj ve monositlerden salınan daha sonra sistemik dolaşıma geçen sitokinler spesifik veya non-spesifik bağışıklık sağlayan immün modülatör doğal proteinlerdir. Pro veya antiinflamatuvar sitokinler ise karaciğerden akut faz proteinlerinin sentezini sağlamaktadır. Sitokinler yüksek kan ve süt konsantrasyonları subklinik mastitisin saptanmasında önemli bir belirteç görevi görmektedir. Yüksek TNF- α seviyesi enfekte meme bezine fazla miktarda nötrofil akışı olduğunu göstergesidir. Enfekte memede bakteri popülasyonunun artması sonucu patojeniteyi baskılamak için lenfosit ve sitokinler (IL-2, IL-6, TNF- α vb.) o bölgeye akın ederek hücrel immüniteyi başlatmaktadır (Mohd Altaf ve ark., 2019). İmmün sistemi uyarmasının yanı sıra, meme bezlerinde enfeksiyona yanıt olarak salgılanan TNF- α , IL-1, IL-8 gibi sitokinler LH etkinliğini azaltarak ve PGF₂- α seviyesinde artışa sebep olarak luteolizisi uyarmaktadır (Şekil 5). Bu durum ise embriyo gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir (Ayanoglu ve ark., 2018).



Şekil 5. Süt ineklerinde mastitisin üreme performansını etkileme mekanizması (Wang & ark., 2021).

Memenin edinilmiş immün sistemi, enfeksiyonlara önceden maruz kalarak enfeksiyon etkenini tanımasına bağlı uzun sürede şekillenen bir savunma şeklidir. Edinsel immün sistemin en önemli parçasını oluşturan faktörler; immunglobulinler olup hücrel ve humoral bağışıklık arasında bir köprü görevi görmektedir (Hambali ve ark., 2019; Baştan, 2019). İmmunglobulinler süt ve kolostrumda bulunan memenin en önemli savunma sistemi faktörlerindedir. Klinik mastitin enflamatuvar döneminde meme sekresyonu konsantrasyonunun zirvesine ulaşır. Meme bezlerinde patojen mikroorganizmalara karşı etkili olan IgG-1, IgG-2, IgM ve IgA olmak üzere 4 farklı immunglobulin çeşidi bulunmaktadır (Taniguchi ve ark., 2015).

Kolostrumdaki IgG serumdan meme bezlerine taşınırken, IgA gastrointestinal sistemden meme bezlerine geç eden plazma hücreleri tarafından meme bezlerinde sentezlenir (Wheeler ve ark., 2007; Stelwagen ve ark., 2009). İmmunglobulinlerin, komplement fikzasyonu, patojen mikroorganizmaların endotel tabakasına yapışmasını engellemesi, enzimlerin bloke edilmesi yoluyla bakteriyel metabolizmanın engellenmesi, bakterilerin yapışması, toksinlerin ve virüslerin nötralizasyonu gibi birçok fonksiyonu bulunmaktadır (Baştan, 2019). İmmunglobulinler laktasyon dönemine, yangı durumuna ve enfeksiyon şekillenmesine göre yoğunlukları ve türleri farklılık göstermektedir. Laktasyon döneminde düşük seviyede olup, galaktogenezis döneminde yüksek düzeylerde seyretmektedir. Sağlıklı süt ve kolostrumda IgG-1 konsantrasyonu daha fazla iken, enfeksiyon varlığında ise IgG-2, IgA ve IgM konsantrasyonu artmaktadır (Baştan, 2019; Katsafadou ve ark., 2019).

Edinsel savunma sisteminin bir diğer kolunu ise aşılarda oluşturmaktadır. Meme bezi bağışıklığını desteklemek için çeşitli spesifik mikroorganizmalara yönelik mastitis aşılarının tek başına ya da kombine bir şekilde kullanılması ile kan serumunda o mikroorganizmalara özgü gerekli antikör düzeyinin sağlanması amaçlanmaktadır. Fakat kan meme bariyerinin kısıtlayıcı etkisi sonucu

kandaki antikorların sadece bir kısmı memeye ulaştığından, sadece aşılarla güçlü bir bağışıklık sağlamak çok da mümkün olmamaktadır (Calzolari ve ark., 1997; Keskin ve ark., 2007; Cengiz, 2009).

KAYNAKÇA

- Abebe, R., Hatiya, H., Abera, M., Megersa, B. & Asmare, K. (2016). Bovine Mastitis: Prevalence, Risk Factors and Isolation of Staphylococcus aureus in Dairy Herds at Hawassa Milk Shed, South Ethiopia. BMC Veterinary Research, 12(270), 1-11.
- Ahlawat, K., Dang, A.K. & Singh, C. (2008). Relationships of teat and udder shape with milk SCC in primiparous and multiparous Sahiwal cows. Indian J. Dairy Sci, 61, 152-156, 2008.
- Akers, R. M. (2017). A 100-Year Review: Mammary development and lactation. Journal of dairy science, 100(12), 10332-10352.
- Åkerstedt, M., Waller, K. P. & Sternesjö, Å. (2007). Haptoglobin and serum amyloid A in relation to the somatic cell count in quarter, cow composite and bulk tank milk samples. Journal of dairy research, 74(2), 198-203.
- Alhussien, M., Manjari, P., Sheikh, A. A., Seman, S. M., Reddi, S., Mohanty, A. K. & Dang, A. K. (2016). Immunological attributes of blood and milk neutrophils isolated from crossbred cows during different physiological conditions. Czech Journal of Animal Science, 61(5), 223-231.
- Altaf, M., Ferdous, H., Anjuman, A., Mahfujur, R. M., Nabila, I., Badruzzaman, A. T. M. & Masudur, R. M. (2019). Characterization of Bacterial Isolates, Antibiogram Profile and Pro-Inflammatory Cytokines in Subclinical Mastitis in Cross-Bred Dairy Cows. Alexandria Journal for Veterinary Sciences, 62(2).
- Arslan, C. & Tufan, T. (2010). Geçiş dönemindeki süt ineklerinin beslenmesi I. Bu dönemde görülen fizyolojik, hormonal, metabolik ve immunolojik değişiklikler ile beslenme ihtiyaçları. Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg. Review, 16 (1), 151-158.
- Ayanoğlu, K., Alkan, H. & Tekeli, T. (2018). İneklerde Gebeliğin Erken Dönemlerinde Oluşan Mastitislerin

- Değerlendirilmesi. Bahri Dağdaş Hayvancılık Araştırma Dergisi, 7(2), 1-6.
- Bagath, M., Krishnan, G., Devaraj, C., Rashamol, V. P., Pragna, P., Lees, A. M. & Sejian, V. (2019). The impact of heat stress on the immune system in dairy cattle: A review. *Research in veterinary science*, 126, 94-102.
- Ball, H. J. & Greer, D. (1991). N-acetyl-beta-D-glucosaminidase test for screening milk samples for subclinical mastitis. *The Veterinary Record*, 129(23), 507-509.
- Bannerman, D. D., Paape, M. J., Lee, J. W., Zhao, X., Hope, J. C. & Rainard, P. (2004). Escherichia coli and Staphylococcus aureus elicit differential innate immune responses following intramammary infection. *Clinical and Vaccine Immunology*, 11(3), 463-472.
- Barreiro, J. R., Ferreira, C. R., Sanvido, G. B., Kostrzewa, M., Maier, T., Wegemann, B. & Dos Santos, M. V. (2010). Identification of subclinical cow mastitis pathogens in milk by matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry. *Journal of dairy science*, 93(12), 5661-5667.
- Baştan, A. (2009). İneklerde Meme Hastalıkları. (3. Baskı). Ankara: Hatiboğlu yayınları.
- Baştan, A. (2019). İneklerde Meme Sağlığı ve Sorunları. (3. Baskı). Ankara: Nehir Matbaacılık Tanıtım Hizmetleri.
- Bhutia, P. S., Bansal, B. K., Gupta, D. K., Singh, R. S. & Uppal, S. K. (2019). Bacterial isolation of milk samples submitted from clinical mastitis buffaloes during 2007 to 2016. *Tropical animal health and production*, 51, 1551-1557.
- Bruckmaier, R. M. & Blum, J. W. (1998). Oxytocin release and milk removal in ruminants. *Journal of dairy science*, 81(4), 939-949.
- Bruckmaier, R. M. (2005). Normal and disturbed milk ejection in dairy cows. *Domestic animal endocrinology*, 29(2), 268-273.

- Byatt, J. C., Eppard, P. J., Veenhuizen, J. J., Curran, T. L., Curran, D. F., McGrath, M. F. & Collier, R. J. (1994). Stimulation of mammatogenesis and lactogenesis by recombinant bovine placental lactogen in steroid-primed dairy heifers. *The Journal of Endocrinology*, 140(1), 33-43.
- Bytyqi, H., Zaugg, U., Sherifi, K., Hamidi, A., Gjonbalaj, M., Muji, S. & Mehmeti, H. (2010). Influence of management and physiological factors on somatic cell count in raw cow milk in Kosova. *Veterinarski arhiv*, 80(2), 173-183.
- Caggiano, N., Smirnoff, A. L., Bottini, J. M. & De Simone, E. A. (2019). Protease activity and protein profile in milk from healthy dairy cows and cows with different types of mastitis. *International Dairy Journal*, 89, 1-5.
- Calzolari, A., Giraudo, J. A., Rampone, H., Odierno, L., Giraudo, A. T., Frigerio, C. & Nagel, R. (1997). Field trials of a vaccine against bovine mastitis. 2. Evaluation in two commercial dairy herds. *Journal of dairy science*, 80(5), 854-858.
- Casey, T., Dover, H., Liesman, J., DeVries, L., Kiupel, M., VandeHaar, M. & Plaut K. (2011). Transcriptome analysis of epithelial and stromal contributions to mammatogenesis in three week prepartum cows. *Plos one*, 6(7), 1-13,
- Castro, Á., Pereira, J. M., Amiama, C. & Bueno, J. (2015). Typologies of dairy farms with automatic milking system in northwest Spain and farmers' satisfaction. *Italian Journal of Animal Science*, 14(2), 3559.
- Cengiz, M. (2009). İneklerde kuru dönem mastitise karşı koruyucu yaklaşımlar. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 4(3), 215-222.
- Coban, O., Sabuncuoglu, N. & Tuzemen, N. (2009). A study on relationships between somatic cell count (SCC) and some udder traits in dairy cows. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8(1), 134-138.

- Contreras, G. A. & Rodríguez, J. M. (2011). Mastitis: comparative etiology and epidemiology. *Journal of mammary gland biology and neoplasia*, 16, 339-356.
- Çelik, İ. & Aştı, R. N. Light and electron microscopic studies on the cellular and humoral defensive systems of the mammary glands of normal and mastitic cows. *Eurasian Journal of Veterinary Sciences*, 8(2), 6-11.
- Çolak, A., Polat, B., Okumus, Z., Kaya, M., Yanmaz, L. E. & Hayirli, A. (2008). Early detection of mastitis using infrared thermography in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 91(11), 4244-4248.
- De Pinho Manzi, M., Nóbrega, D. B., Faccioli, P. Y., Troncarelli, M. Z., Menozzi, B. D., & Langoni, H. (2012). Relationship between teat-end condition, udder cleanliness and bovine subclinical mastitis. *Research in Veterinary Science*, 93(1), 430-434.
- Dufour, S., Labrie, J. & Jacques, M. (2019). The mastitis pathogens culture collection. *Microbiology resource announcements*, 8(15), e00133-19.
- Dursun, N. (2008). *Veteriner Anatomi III*. (8. Baskı). Ankara: Medisan yayıncılık.
- Eckersall, P. D., Young, F. J., McComb, C., Hogarth, C. J., Safi, S., Fitzpatrick, J. L. & McDonald, T. (2001). Acute phase proteins in serum and milk from dairy cows with clinical mastitis. *Veterinary Record*, 148(2), 35-41.
- França, M. M., Del Valle, T. A., Campana, M., Veronese, L. P., Nascimento, G. & Morais, J. P. G. (2017). Mastitis causative agents and SCC relationship with milk yield and composition in dairy cows. *Arch. Zootec*, 66(253), 45-49.
- Gonçalves, J. L., Cue, R. I., Botaro, B. G., Horst, J. A., Valloto, A. A. & Santos, M. V. (2018). Milk losses associated with somatic cell counts by parity and stage of lactation. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 4357-4366.

- Goodman, G. T. & Grosvenor, C. E. (1983). Neuroendocrine control of the milk ejection reflex. *Journal of Dairy Science*, 66(10), 2226-2235.
- Grönlund, U., Hultén, C., Eckersall, P. D., Hogarth, C. & Waller, K. P. (2003). Haptoglobin and serum amyloid A in milk and serum during acute and chronic experimentally induced *Staphylococcus aureus* mastitis. *Journal of dairy research*, 70(4), 379-386.
- Hambali, İ. Ö., Jesse Bin Abdullah, F. F., Bhutto, K. R., Mohd Azmi, M. L., Wahid, A. H., Zakaria, Z., Odhah, M. N., Arsalan, M., Muhammad, N. A. & Jefri, M. N. (2019). Periodic vicissitudes of different concentrations of a developed prototype killed *S. aureus* mastitis vaccine on immune modulators, mediators and immunoglobulins in cows. *Tropical Animal Health and Production*, 51(4), 781-789,
- Ianni, F., Sechi, P., La Mantia, A., Pucciarini, L., Camaioni, E., Cenci Goga, B. T. & Natalini, B. (2019). The relationships between somatic cells and isoleucine, leucine and tyrosine content in cow milk. *Applied Sciences*, 9(2), 349.
- Idriss, S. E., Tančin, V., Foltys, V., Kirchnerová, K., Tančinová, D. & Vršková, M. (2013). Relationship between mastitis causative pathogens and somatic cell counts in milk of dairy cows. *Potravinárstvo: Scientific Journal for Food Industry*, 7(1), 207-212.
- Iraguha, B., Hamudikuwanda, H. & Mushonga, B. (2015). Bovine mastitis prevalence and associated risk factors in dairy cows in Nyagatare District, Rwanda. *Journal of the South African Veterinary Association*, 86(1), 1-6.
- İlhan, Z. (2018). Mastitiste Teşhis ve İmmünofilaksi. Sait Şendağ (Ed.), *Mastitis içinde* (s. 1-6). Ankara: Türkiye Klinikleri.
- Jayarao, B. M., Pillai, S. R., Sawant, A. A., Wolfgang, D. R. & Hegde, N. V. (2004). Guidelines for monitoring bulk tank milk somatic

- cell and bacterial counts. *Journal of Dairy Science*, 87(10), 3561-3573.
- Juozaityene, V., Juozaitis, A. & Micikeviciene, R. (2006). Relationship between somatic cell count and milk production or morphological traits of udder in Black-and-White cows. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 30(1), 47-51.
- Katsafadou, A. I., Politis, A. P., Mavrogianni, V. S., Barbagianni, M. S., Vasileiou, N. G., Fthenakis, G. C. & Fragkou, I. A. (2019). Mammary defences and immunity against mastitis in sheep. *Animals*, 9(10), 726.
- Kaygısız, A. & Karnak, İ. (2012). Kahramanmaraş'ta süt sığırı işlemlerinden toplanan çiğ süt örneklerinin somatik hücre sayısının AB Normları ve subklinik mastitis bakımından değerlendirilmesi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 15(3), 9-15.
- Keskin, A., Seyrek-İntas, K., Tek, H. B., Bilginer, T. U. N. A., Yılmazbas, G., Özakın, C. & Ertas, S. (2007). Efficiency of polyvalent mastitis vaccine in lactating dairy cows. *Journal of Biological and Environmental Sciences*, 1(2).
- Kumar, P. & Kumar, Y. D. A. (2022). Functional anatomy of cow mammary glands with special reference to its defence mechanism. *International Journal of Cow Science*, 6(1), 30-31.
- Liang, Y., Zhou, Y. & Shen, P. (2004). NF-kappaB and its regulation on the immune system. *Cell Mol Immunol*, 1(5), 343-350.
- Mellmann, A., Cloud, J., Maier, T., Keckevoet, U., Ramminger, I., Iwen, P. & Harmsen, D. (2008). Evaluation of matrix-assisted laser desorption ionization-time-of-flight mass spectrometry in comparison to 16S rRNA gene sequencing for species identification of nonfermenting bacteria. *Journal of clinical microbiology*, 46(6), 1946-1954.
- Millogo, V. (2010). Milk production of hand-milked dairy cattle in Burkina Faso. Swedish University of Agricultural Sciences, Doctoral Thesis, Uppsala.

- Middleton, J. R., Hardin, D., Steevens, B., Randle, R. & Tyler, J. W. (2004). Use of somatic cell counts and California mastitis test results from individual quarter milk samples to detect subclinical intramammary infection in dairy cattle from a herd with a high bulk tank somatic cell count. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 224(3), 419-423.
- Monardes, H. G., Cue, R. I. & Hayes, J. F. (1990). Correlations between udder conformation traits and somatic cell count in Canadian Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 73(5), 1337-1342.
- Morse, D., DeLorenzo, M. A., Wilcox, C. J., Collier, R. J., Natzke, R. P. & Bray, D. R. (1988). Climatic effects on occurrence of clinical mastitis. *Journal of dairy science*, 71(3), 848-853.
- Mukherjee, J. & Dang, A. K. (2011). Immune activity of milk leukocytes during early lactation period in high and low yielding crossbred cows. *Milchwissenschaft-Milk Science International*, 66(4), 384-388.
- Mureithi, D. K. & Njuguna, M. N. (2016). Prevalence of Subclinical Mastitis and Associated Risk Factors in Dairy Farms in Urban and Peri-urban Areas of Thika Sub County, Kenya. *Livest Res Rural Dev*, 28 (2).
- Nickerson, S. C. & Akers, R. M. (2011). Mammary Gland. Fuquay, J. W., Fox, P. F. & McSweeney, P. L. H (Ed.), *Anatomy*. In: *Encyclopedia of Dairy Sciences*, (pp. 328–337). San Diego: Academic Press.
- Nickerson, S. C., & Sordillo, L. M. (2017). Modulation of the bovine mammary gland. *American Dairy Science Association. Large Dairy Herd Management*, 907-920.
- Nizamhoğlu, M., Kalaycıoğlu, L., Dinç, D. A., Erganiş, O. & Özeren, F. (1992). İneklerde Subklinik Mastitisin Erken Teşhisi Amacıyla Sütte N-Asetil B-D Glukozaminidaz (NAG ase) Enzim

- Aktivitesinin Tayini. Selçuk Üniversitesi Fakülte Dergisi, 8(2), 60-63.
- Nonnecke, B. J. & Harp, J. A. (1985). Effect of chronic staphylococcal mastitis on mitogenic responses of bovine lymphocytes. *Journal of dairy science*, 68(12), 3323-3328.
- Ohtsuka, H., Hirose, H., Murakami, K., Murata, R., Kato, T. & Tajima, M. (2019). Relationship between mRNA of immune factors expressed by milk somatic cells and bacteria present in healthy lactating Holstein cows. *Journal of veterinary research*, 63(3), 369.
- Oliveira, C. S. F., Hogeveen, H., Botelho, A. M., Maia, P. V., Coelho, S. G. & Haddad, J. P. A. (2015). Cow-specific risk factors for clinical mastitis in Brazilian dairy cattle. *Preventive veterinary medicine*, 121(3-4), 297-305.
- Oviedo-Boyso, J., Valdez-Alarcón, J. J., Cajero-Juárez, M., Ochoa-Zarzosa, A., López-Meza, J. E., Bravo-Patino, A. & Baizabal-Aguirre, V. M. (2007). Innate immune response of bovine mammary gland to pathogenic bacteria responsible for mastitis. *Journal of infection*, 54(4), 399-409.
- Özenç, E. (2019). Determination of risk factors associated with subclinical mastitis as detected by California Mastitis Test in smallholder dairy farms in Afyonkarahisar. *Kocatepe Veterinary Journal*, 12(3), 277-283.
- Pandey, Y., Taluja, J. S., Vaish, R., Pandey, A., Gupta, N. & Kumar, D. (2018). Gross anatomical structure of the mammary gland in cow. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(4), 728-733.
- Pareek, R., Wellnitz, O., Van Dorp, R., Burton, J. & Kerr, D. (2005). Immunorelevant gene expression in LPS-challenged bovine mammary epithelial cells. *J Appl Genet*, 46(2), 171-7.
- Polat, B., Colak, A., Cengiz, M., Yanmaz, L. E., Oral, H., Bastan, A. & Hayirli, A. (2010). Sensitivity and specificity of infrared

- thermography in detection of subclinical mastitis in dairy cows. *Journal of dairy science*, 93(8), 3525-3532.
- Pyörälä, S. (2002). New strategies to prevent mastitis. *Reproduction in domestic animals*, 37(4), 211-216.
- Rainard Pve Riollet C: Innate immunity of the bovine mammary gland. *Vet. Res*, 37: 369–400, 2006.
- Risvanli, A., Doğan, H., Şafak, T., & Öcal, H. (2019). Memenin savunma sistemi: Meme savunmasında meme başı ve meme başı kanalının rolü. *Türkiye Klinikleri J Vet Sci*, 5(1), 1-10.
- Rişvanlı, A., Özbey, G., Sproston, E., Otlu, B., Yakupoğulları, Y., Çelik, B., Persad, A., Şafak, T., Çambay, Z., Özçelik, M., Keleştemur, N. (2019). S-05 - Matrix Assisted Laser Desorption Ionisation-Time of Flight (MALDI-ToF) Tekniği Kullanılarak Mastitisli İnek Sütlerinden Üretilen Bakteri Türlerinin İdentifikasyonu ve Bazı Antioksidan Parametrelerinin İncelenmesi. *Türk Veteriner Jinekoloji Derneği VIII. Ulusal & II. Uluslararası Kongresi*. 10-13 Ekim 2019, Antalya.
- Schukken, Y., Wilson, D., Welcome, F., Garrison-Tikofsky, L. & Gonzalez, R. (2003). Monitoring udder health and milk quality using somatic cell counts. *Veterinary research*, 34(5), 579-596.
- Sejrsen, K., Foldager, J., Sorensen, M. T., Akers, R. M. & Bauman, D. E. (1986). Effect of exogenous bovine somatotropin on pubertal mammary development in heifers. *Journal of Dairy Science*, 69(6), 1528-1535.
- Sevgisunar, N. S. & Şahinduran, Ş. (2014). Hayvanlarda akut faz proteinleri, kullanım amaçları ve klinik önemi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(1), 50-72.
- Sharma, N., Singh, N. K. & Bhadwal, M. S. (2011). Relationship of somatic cell count and mastitis: An overview. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 24(3), 429-438.

- Singh, M. & Ludri, R. S. (2001). Somatic Cell Counts in Marrah buffaloes (*Bubalus bubalis*) during different stages of lactation, parity and season. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 14(2), 189-192.
- Skrzypek, R., Wojtowski, J. & Fahr, R. D. (2004). Factors affecting somatic cell count in cow bulk tank milk—a case study from Poland. *Journal of Veterinary Medicine Series A*, 51(3), 127-131.
- Smith, G. W., Constable, P. D. & Morin, D. E. (2001). Ability of hematologic and serum biochemical variables to differentiate gram-negative and gram-positive mastitis in dairy cows. *Journal of veterinary internal medicine*, 15(4), 394-400.
- Sordillo, L. M. (2005). Factors affecting mammary gland immunity and mastitis susceptibility. *Livestock Production Science*, 98(1-2), 89-99.
- Sordillo, L.M. (2005). Factors affecting mammary gland immunity and mastitis susceptibility. *Livestock Production Science*, 98(1-2), 89-99.
- Stelwagen, K., Carpenter, E., Haigh, B., Hodgkinson, A. & Wheeler, T. T. (2009). Immune components of bovine colostrum and milk. *Journal of animal science*, 87(suppl_13), 3-9.
- Sundekilde, U. K., Poulsen, N. A., Larsen, L. B. & Bertram, H. C. (2013). Nuclear magnetic resonance metabonomics reveals strong association between milk metabolites and somatic cell count in bovine milk. *Journal of dairy science*, 96(1), 290-299.
- Sur, E. (2019). Subklinik Mastitisli İnek Sütlerinden Elde Edilen *Staphylococcus aureus* İzolatlarında Bazı Toksin Genlerinin ve Antibiyotik Dirençliliğinin İncelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Aydın.
- Svennersten-Sjaunja, K. & Olsson, K. (2005). Endocrinology of milk production. *Domestic animal endocrinology*, 29(2), 241-258.

- Szyda, J., Mielczarek, M., Frąszczak, M., Minozzi, G., Williams, J. L. & Wojdak-Maksymiec, K. (2019). The genetic background of clinical mastitis in Holstein-Friesian cattle. *Animal*, 13(10), 2156-2163.
- Şimşek, H. & Aksakal, M. (2005). Subklinik mastitisli ineklerde bazı hematolojik değerlere E vitamininin etkisi. *FÜ Sağlık Bilimleri Dergisi*, 19(1), 63-67.
- Tančin, V. & Bruckmaier, R. M. (2001). Factors affecting milk ejection and removal during milking and suckling of dairy cows. *Veterinárni medicína*, 46(4), 108-118.
- Taniguchi, S., Wang, M., Ikeda, S., Yoshioka, H., Nagase, H., Kitamura, S. & Kume, S. (2016). Relationships between immunoglobulin M and immunoglobulin G or A in colostrum of Japanese black multiparous cows. *Animal Science Journal*, 87(4), 536-540.
- Tanyildizl, E. & Yildirim, G. (2019, June). Performance comparison of classification algorithms for the diagnosis of mastitis disease in dairy animals. In 2019 7th International Symposium on Digital Forensics and Security (ISDFS) (pp. 1-4). IEEE.
- Taponen, S., Jantunen, A., Pyörälä, E. & Pyörälä, S. (2003). Efficacy of targeted 5-day combined parenteral and intramammary treatment of clinical mastitis caused by penicillin-susceptible or penicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 44(1), 1-10.
- Tolasa, T., Wondimu, A., Tekle, Z., Assefa, G., Kebede, D. & Ahmed, W. M. (2019). Factors affecting milk ejection and removal during milking and suckling of dairy cows: A Review. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 14(1), 1-9.
- Tucker, H. A. (2000). Hormones, mammary growth, and lactation: A 41-year perspective, *J. Dairy Sci*, 83, 874-884.
- Van Amburgh, M. E., Soberon, F., Meyer, M. J. & Molano, R. A. (2018). Symposium review: Integration of postweaning nutrient

- requirements and supply with composition of growth and mammary development in modern dairy heifers. *J. Dairy Sci*, 102,1–14.
- Viguiet, C., Arora, S., Gilmartin, N., Welbeck, K. & O’Kennedy, R. (2009). Mastitis detection: current trends and future perspectives. *Trends in biotechnology*, 27(8), 486-493.
- Wang, N., Zhou, C., Basang, W., Zhu, Y., Wang, X., Li, C. & Zhou, X. (2021). Mechanisms by which mastitis affects reproduction in dairy cow: A review. *Reproduction in Domestic Animals*, 56(9), 1165-1175.
- Wellnitz, O. & Bruckmaier, R. M. (2012). The innate immune response of the bovine mammary gland to bacterial infection. *The Veterinary Journal*, 192, 148–152.
- Wheeler, T.T., Hodgkinson, A. J., Prosser, C. G. & Davis, S.R. (2007). Immune components of colostrum and milk- a historical perspective. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*, 12, 237–247..
- Wilson, D. J., Bartlett, P. C., Kirk, J. H., Mellenberger, R. W. & Mather, E. C. (1991). N-acetyl-beta-D-glucosaminidase as a predictor of milk loss and recovery after clinical mastitis. *American journal of veterinary research*, 52(7), 1110-1116.
- Yarım, G. F. & Salmanoğlu, B. (2002). Subklinik mastitisli süt ineklerinde meme içi levamizol uygulanmasında süt ve kanda glutasyon peroksidaz, süperoksit dismutaz, alkalen fosfataz ve immunoglobulin G Düzeyleri. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 49(2), 89-94.
- Zaatout, N., Ayachi, A. & Kecha, M. (2020). Epidemiological investigation of subclinical bovine mastitis in Algeria and molecular characterization of biofilm-forming *Staphylococcus aureus*. *Tropical animal health and production*, 52, 283-292.

Zigo, F., Vasil', M., Ondrašovičová, S., Výrostková, J., Bujok, J., & Pecka-Kielb, E. (2021). Maintaining optimal mammary gland health and prevention of mastitis. *Frontiers in veterinary science*, 8, 607311.

BÖLÜM 7

GELENEKSEL EKSTRAKSİYON VE YENİ EKSTRAKSİYON TEKNİKLERİ: GENEL BİR İNCELEME

Pınar COŞKUN¹
Prof. Dr. Bünyamin SÖĞÜT²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10155114>

¹ Bingöl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Arı ve Arı Ürünleri Anabilim Dalı
Orcid No: 0000-0002-9170-5799 pincaroskun55@gmail.com

² Bandırma Üniversitesi Bandırma Meslek Yüksekokulu Gıda Teknolojisi Bölümü
Orcid No: 0000-0002-7644-7226, bsogut@bandirma.edu.tr

1.Giriş

Dünya nüfusunun artmasıyla ortaya çıkan doğal kaynakların azalması, tüketicilerin artan taleplerinin karşılanması ve çevre kirliliğinin önlenmesi, atıkların değerlendirilmesini de içeren sürdürülebilir ve verimli proseslerin geliştirilmesini gerektirmektedir. Günümüzde, beslenme alışkanlıklarının değişmesi ile birlikte tüketicilerin daha iyi besin kalitesine sahip, güvenli ve yeşil teknolojinin kullanıldığı gıdaları arzuladıkları görülmektedir (Barba ve ark., 2016). Son yıllarda yapılan çalışmalar incelendiğinde süperkritik akışkan ekstraksiyonuna (SFE) yönelik potansiyel uygulamaların sayısının küresel olarak artmaya devam ettiği görülmektedir. Bu durumun, esas olarak yüksek kaliteli ürün talebindeki artış ve gelişen teknoloji ve ekonominin küreselleşmesinin bir sonucu olduğu söylenebilir. Bunun yanı sıra süperkritik akışkan ekstraksiyonu ilaç, gıda, kimya ve kozmetik malzemelerinin üretimi ve ticaretinde de kullanımıyla ön plana çıkmaktadır. Bu teknolojinin endüstriyel alanda uygulanmasındaki artış, temel olarak bu tekniğin, geleneksel işlemlerle ekstrakte edilmesi çok zor veya neredeyse imkansız olan çok sayıda organik bileşiğin elde edilmesine olanak sağlaması, seçici, kolay olması ve ayırma kapasitesinden kaynaklanmaktadır.

Antioksidanların, vücutta normal metabolik reaksiyonlar sırasında doğal olarak ortaya çıkan ve radyasyon, UV ışığı, kirlilik gibi etkenlerin bir sonucu olarak üretilen radikal türlerini nötralize ettiği iyi bilinmektedir. Bu reaktif kimyasal türler hücre fonksiyonlarını bozarak hücresel bileşenlerin zarar görmesine neden olabilir (Zengin ve ark., 2020). Bu hücre hasarı sürecini genellikle çeşitli hastalıkları tetikleyen bir dizi reaksiyon takip eder (Rodriguez-Martínez ve ark., 2004; Yasoubi ve ark., 2007; Wang ve ark., 2012). Vücutta doğal olarak bulunan enzimler, spesifik vücut sistemleriyle birlikte serbest radikalleri tamponlayabilir. Ayrıca farklı vitaminler ve biyoaktif moleküller bunları nötralize edebilir (Rodriguez-Martínez ve ark., 2004). Normalde doğal antioksidanların ve serbest radikallerin vücuttaki düzeyi

dengededir. Ancak bazı rahatsızlık durumları bu dengeyi önemli ölçüde etkileyerek antioksidan düzeyinde azalmaya neden olabilir. Bu durum da bir dizi farklı hastalığa neden olabilir. Bu açıdan bakıldığında, ek antioksidan alımı bu tür durumların yönetimi için güçlü bir yardımcı olabilir (Wang ve ark., 2012).

Biyoaktif bileşikler bitkisel, hayvansal ve su kökenli çeşitli gıda ve gıda ürünlerinde doğal olarak oluşan besin olarak kullanımının yanı sıra biyolojik olarak aktif bileşiklerdir. Biyoaktif bileşikler, bu tür bileşikleri tüketen insanlarda veya hayvanlarda fizyolojik veya hücrel aktivite üzerinde etkiye sahip olan gıda bileşenleridir. Adından da anlaşılacağı gibi (Yunanca 'bios' yaşam anlamına gelir ve Latince 'activus' dinamik veya enerji dolu anlamına gelir), biyoaktif bir bileşiğin (veya maddenin) canlı bir organizma üzerinde doğrudan fizyolojik veya hücrel etkileri vardır (Walia ve ark., 2019). Bu bileşikler, bir veya daha fazla temel metabolik süreci ve işlevi düzenleme ve modüle etme yetenekleri nedeniyle sağlık açısından faydalar sağlar (Kitts 1994; Galanakis 2017). Biyolojik olarak aktif olan bu bileşikler genellikle bitkiler ve mikroorganizmalar tarafından ikincil metabolitler olarak üretilir. Biyoaktif bileşikler öncelikle meyve ve sebzelerde bulunur ve flavonoidleri, antosiyaninleri, tanenleri, betalainleri, karotenoidleri, bitki sterollerini ve glukozinolatları içerir. Çeşitli meyve ve sebzeler, kendine özgü fizyolojik ve hücrel etkileri gösterebilen fitokimyasallar (fenolikler, flavonoidler ve karotenoidler) dahil olmak üzere çeşitli besin maddeleri ve farklı biyoaktif bileşikler sağlar. Bu bileşiklerden sağlık yararları sağlamak için uygun ekstraksiyon tekniğinin belirlenmesi gerekmektedir (Granato ve ark., 2017). Besin olarak kullanımı ile birlikte içeriğindeki bu maddelerden kaynaklanan farklı yararları olan gıdalara fonksiyonel gıdalar da denilmektedir. Fonksiyonel gıdalarda içerik olarak kullanılmak üzere 'doğal' ekstraktlar üretmek amacıyla bitki materyallerinin ekstraksiyonuna yönelik çok sayıda araştırma ve ticarileştirme faaliyeti olduğundan, gıda işlemede yapılan çalışmalar son yıllarda büyük ölçüde artmıştır.

Gıda işlemede ekstraksiyon, biyolojik bir ham maddenin bir veya daha fazla bileşenin kaynak materyalden sıvı faza aktarılması, ardından sıvı fazın ayrılması ve bileşenin sıvıdan geri kazanılması olarak tanımlanır (Lebovka ve ark., 2011).

Fenolikler, ikincil metabolitleri olarak tüm bitkilerde bulunan bileşiklerdir. Fenolik bileşikler gıdalardan elde edilen en yaygın bitki bileşikleridir. (Quideau ve ark., 2011). Fenolik bileşikler, kimyasal yapılarına göre farklı alt gruplara ayrılabilir, ancak ana gruplar, basit bir fenolik molekülden karmaşık, yüksek moleküler kütleli bir polimere kadar değişen yapılara sahip fenolik asitler, flavonoidler, tanenler, karotenoidler, stilbenler ve lignanlardır (Natalello ve ark., 2020). Fenoliklerin kaynak malzemelerden ekstraksiyonu, analizlerinde yer alan ilk adımdır. Bu değerli biyoaktif bileşiklerin farklı kaynaklardan ekstrakte edilmesi/geri kazanılması için çeşitli ekstraksiyon yöntemleri kullanılmaktadır. Bitki materyallerinden fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu, bitkinin genetik, çevresel ve fizyolojik faktörlerinin yanı sıra kullanılan ekstraksiyon yönteminden, numune parçacık boyutundan, saklama süresi ve koşullarından ve ayrıca karışan maddelerin varlığından etkilenir (Banwo ve ark., 2021).

Bitkisel fenolik bileşiklerin, vitaminlerin ve karotenoidlerin en yüksek içerikleri meyvelerde, sebzelerde, çayda, çikolatada, kırmızı şarapta ve kahvede bulunur. Ayrıca sorgum, pirinç, buğday ve mısır çeşitleri de dahil olmak üzere bazı tahıl ürünlerinde de bulunur (Baroni ve ark., 2012; Yoon ve ark., 2012). Bitkilerde endojen bir savunma mekanizması görevi gören bu biyoaktif bileşikler aynı zamanda insan beslenmesine dahil edildiğinde bazı kontrolsüz faaliyetlere karşı koruma sağlama potansiyeline de sahiptir (Barba ve ark., 2017; Schmidt ve ark., 2018; Xie ve ark., 2018). Fenolik bileşikler açısından zengin gıdaların tüketiminin, antioksidan özelliklerinden dolayı ve enzimatik aktivite gibi mekanizmalar yoluyla birçok kronik hastalığın önlenmesine kadar birçok faydasının olduğu görülmüştür (Banwo ve ark., 2021).

Ekstraksiyon yönteminin seçimi ise ham maddenin türüne, hazırlama prosedürüne ve enerji tüketimine bağlıdır (Azmir ve ark., 2013). Ekstraksiyon yöntemi kaybı ve enerji tüketimini en aza indirecek, istenen bileşiklerin maksimum ekstraksiyon verimini sağlayacak şekilde seçilmelidir. Bu biyoaktif kısımlar çeşitli geleneksel ve modern yöntemlerle çıkarılabilir. Örneğin; Soxhlet ekstraksiyonu, maserasyon, kaynatma ve süzme geleneksel yöntemler olarak kabul edilir. Buna karşılık, ultrason destekli ekstraksiyon (BAE), mikrodalga fırınlanmış ekstraksiyon (MAE), darbeli elektrik alanı (PEF), anında kontrollü basınç düşüşü (DIC) ve süperkritik sıvı ekstraksiyonu (SFE) gibi modern yöntemler daha ekonomik ve çevre dostudur. Ayrıca bunlar değerli bileşiklerin geri kazanılması için enerji tasarrufu daha çok olan ve daha az atık su ile tehlikeli madde üreten yöntemlerdir (Usman ve ark., 2022).

2.Ekstraksiyon Teknikleri

Çok çeşitli bitki türünden, insan sağlığı için faydalı olan bileşiklerin elde edilmesi için standartlaştırılmış ve kapsamlı bir ekstraksiyon yöntemi geliştirmek esastır. Gıda, kimya ve ilaç endüstrileri dahil olmak üzere çeşitli endüstriyel alanlarda biyoaktif kimyasalların kullanımı, bitki materyallerinden biyoaktif bileşikleri elde etmek için en verimli ve standartlaştırılmış tekniğe ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Bitki matrisinden biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyonu, çeşitli ekstraksiyon teknikleri kullanılarak gerçekleştirilebilir ve uygun bir tekniğin seçimi, prosedürün maliyetini, süresini ve erişilebilirliğini değiştirir. Verimli bir ekstraksiyon yaklaşımı, bitki matrisinden biyoaktif bileşikleri hedefleyebilmelidir (Azmir ve ark., 2013). Biyoaktif bileşenler, geleneksel veya modern ekstraksiyon teknikleri kullanılarak ekstrakte edilebilir.

2.1.Geleneksel Yöntemler

Kullanılan çeşitli solventlerin polaritesi/iyonik kuvveti, ısı ve/veya karıştırma, geleneksel ekstraksiyon işlemlerinin etkinliğini belirleyen temel faktörlerdir (Ng ve ark., 2012). Ham maddeden yüksek katma

değerli biyoaktif bileşiklerin geri kazanılması için kullanılan ekstraksiyon tekniklerinden bazıları Soxhlet ekstraksiyonu, maserasyon, kaynatma ve süzme yöntemleridir.

2.1.1. Soxhlet ekstraksiyonu

Soxhlet ekstraksiyonu, en çok kullanılan geleneksel yöntem olup fitokimyasalların sıcak bir solvent kullanılarak sürekli ekstraksiyonudur. Öğütülmüş bitki materyali, sıkı bir filtre kağıdı veya selülozdan yapılmış bir yüksük (gözenekli torba) içine yerleştirilir (Azwanida, 2015). İçerisinde öğütülmüş bitki materyali bulunduran yüksük, Soxhlet gereçlerinin bölmesine yerleştirilir. Etanol veya metanol gibi ekstraksiyon solventi alt şişeye yerleştirilir. Çözücü daha sonra numune yüksüğünde ısıtılır ve buharlaştırılır, daha sonra aparatın üstündeki yoğunlaştırıcıda yoğunlaştırılır ve ardından geri damıtılarak fitokimyasalların ekstraksiyonu sağlanır (Bitwell ve ark., 2023). Bu ekstraksiyon tekniği oldukça etkilidir. Bununla birlikte, yüksek sıcaklık nedeniyle bu yöntem, ısıya dayanıklı bileşiklerin bozunması riskini taşır.

2.1.2.Maserasyon

Maserasyon, genel olarak biyoaktif bileşiklerin ve uçucu yağların ekstraksiyonunda yaygın olarak kullanılan kolay ve ucuz bir tekniktir. Maserasyon prosesi, öğütülen ham maddenin, aralıklı çalkalamayla en az üç gün boyunca oda koşullarında uygun bir çözücü içerisinde bekletilmesini ve sıvının süzülmesi gibi birkaç adımı içerir. Ekstraksiyon tamamlandıktan sonra karışım bir süre bekletildikten sonra sıvı ekstrakt, filtreleme veya süzme yoluyla temizlenir. Buharlaşma yoluyla solvent kaybını en aza indirmek için maserasyon tercihen üstü kapalı bir şekilde gerçekleştirilir. Ekstraksiyon işlemi sırasında solventin buharlaştırılması yoluyla konsantre edilmiş bir ekstraktın elde edilmesi istenmez. Ürün sıklıkla vakumlu buharlaştırma kullanılarak konsantre edilir. Çözücü numunelerden elde edilen fitokimyasal sınıflarını belirleyeceğinden, maserasyonda uygun bir çözücünün seçilmesi çok

önemlidir. Bu yöntemin dezavantajı, düşük verimlilik ve uzun ekstraksiyon süresidir (Azwanida, 2015).

2.1.3.Kaynatma ve Süzme

Bir diğer yaygın ekstraksiyon yöntemi, ısıya dayanıklı bileşenlerin ekstraksiyonu için ham sulu ekstraktın belirli bir süre boyunca önceden belirlenmiş bir hacme kadar kaynatılmasını içeren kaynatma olarak adlandırılır. Sıvının soğumasına izin verilir ve çökeldikten sonra süzülür. Yöntem suda çözünebilen bileşenlerin ekstrakte edilmesi için kullanılabilir. Bu işlem ısıya ve ışığa duyarlı maddeler için uygun değildir. Ayrıca kütle transferi ve kinetik etkiler de dikkate alınmalıdır (Esparza ve ark., 2020).

Süzme, sıvı ekstraktların hazırlanmasında en popüler prosedürdür. Süzme, "bir sıvının katı bir maddeden damla damla geçmesi" anlamına gelir. Süzme sırasında, genellikle etil alkol olan solvent yavaş yavaş bitki materyalinden geçirilir, yavaş yavaş fitokimyasallarla birleşir ve üstten eklenen taze solvent tarafından kademeli olarak aşağı doğru itilir (Azwanida, 2015). Bitki materyalini süzücüye koymadan önce, parçacıkları çok küçük hale getirmeyecek şekilde dikkatlice öğütülmelidir. Parçacıkların çok ince olması halinde, ince parçacıkların ekstraksiyon solventinden ayrılması zorlaşacaktır. Sonuç olarak, ekstrakt bulanıklaşacak ve kalıntı süzücünün dibine çökecektir. Bununla birlikte, bitki matrisinin ekstraksiyon solventi ile nemlendirilmesi uygundur, bu şekilde bitki hücrelerindeki fitokimyasalların ekstraksiyon solventine daha fazla geçişi sağlanır (Azwanida, 2015; Çittan ve ark., 2018).

Bitki materyali süzücüye yerleştirildikten sonra ekstraksiyon solventi üstten dökülür ve bitkinin yapısına göre belirlenen bir hızda bitki materyali boyunca süzülür. Solvent akış hızı, solventin bitki hücrelerine nüfuz etmesine ve fitokimyasalların ekstrakte edilmesine zaman tanımak için çok hızlı olmamalıdır. Ayrıca solvent süzülme hızı çok yavaş olmamalıdır, bu da ekstraksiyon için daha fazla solvent tüketimine yol

açacaktır. Genel olarak 1 kg bitki materyali için solvent akış hızının dakikada yaklaşık 5 mL olması gerekir (Bitwell ve ark., 2023).

Bu geleneksel ekstraksiyon tekniklerinin düşük proses verimliliği, yüksek enerji ve bazen çok fazla ekstraksiyon adımından dolayı uzun ekstraksiyon süresi , toksik solvent kullanımı, ısıya dayanıklı fitokimyasalların ısıtma sırasında ya ayrıştığı ya da bozunduğu görülebildiği, çevreye olumsuz etkisi ve yetersiz kalitede ekstrakt elde edilmesi gibi dezavantajları bulunmaktadır (Kumar ve ark., 2022). Bununla birlikte, bu ekstraksiyon teknikleri, basit olmaları nedeniyle bitkilerden koku ve aroma yağlarını çıkarmak için hala kullanılmaktadır (Ajila ve ark., 2010).

Ekstraksiyon sırasında fazla miktarda ham madde kullanılması nedeniyle bu yöntemlerin ekonomik olmadığı düşünülmektedir. Ayrıca, kullanılan solventler genellikle seçici değildir, dolayısıyla solventte çözünen tüm maddeleri içeren bir ürün elde edilir. Bunların varlığı, küçük bir yüzdede bulunan hassas ve ısıya dayanıksız bileşiklerin izole edilmesini zorlaştırmaktadır. Bunu akılda tutarak, ekstraksiyon verimliliğinin artırılmasına izin verecek, çevre üzerinde minimum olumsuz etkiye sahip ("yeşil") solventlerin kullanımına dayanan sürdürülebilir ekstraksiyon yöntemleri geliştirme eğilimi vardır (Casas-Godoy ve ark., 2022).

2.2.Yeni Ekstraksiyon Teknikleri

Ekstraksiyon, çoğu endüstri için, özellikle de gıda işleme endüstrisinde, hedeflenen bileşiklerin bitki veya tohum numuneleri gibi çeşitli kaynaklardan elde edilmesi için zorunlu bir işlemdir. Çok sayıda çalışma, Soxhlet ekstraksiyonu ve maserasyon işlemleri de dahil olmak üzere geleneksel ekstraksiyon tekniklerinin etkinliğini göstermiştir. Ancak bu tür tekniklerin kullanılması çok fazla zaman, enerji ve çözücü kullanılmasını gerektirir. Bu bağlamda, geleneksel yöntemlere oranla daha iyi verim, güvenlik ve çevre dostu, daha geniş uygulanabilirlik ve optimizasyona sahip yeni ekstraksiyon teknikleri geliştirilmiştir

(Giacomettia ve ark., 2018). Bu yenilikçi ve termal olmayan ekstraksiyon teknikleri, kütle aktarımı sınırlamalarını azaltır ve yeşil kimya mühendisliğinin sürdürülebilir üretimini mümkün kılar (Chemat ve ark., 2017). Fakat, bu yenilikçi yöntemlerin, yüksek sermaye gereksinimi ve bunların büyük ölçekte uygulanabilirliğini azaltan sürecin tüm değişkenlerinin kontrolünün zorluğu gibi dezavantajları vardır (Chemat ve ark., 2011). Gelecek vaat eden yeşil ekstraksiyon yöntemlerinden bazıları mikrodalga destekli ekstraksiyon (MAE), ultrason destekli ekstraksiyon (BAE), enzim destekli ekstraksiyon (EAE), basınçlı sıvı ekstraksiyonu (PLE), darbeli elektrik alanı ekstraksiyonu (PEF) ve süperkritik sıvı ekstraksiyonu (SFE)'dir. Gelecek vaat eden geleneksel olmayan ekstraksiyon tekniklerinden bazıları aşağıda açıklanmaya çalışılmıştır.

2.2.1.Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon (MAE)

2,45 GHz frekansında mikrodalga enerjisini kullanan mikrodalga destekli ekstraksiyon (MAE), doğal ürünler için geleneksel olmayan bir ekstraksiyon yöntemi olarak kabul edilir (Pimentel-Moral ve ark., 2018). Mikrodalga destekli ekstraksiyonda ekstraksiyon solventleri, mikrodalgalar kullanılarak atmosferik kaynama noktalarından 2-3 kat daha yüksek bir sıcaklıkta ısıtılabilir. Bu, daha hızlı ekstraksiyonu, daha yüksek geri kazanımları ve daha az solvent kullanımını sağlayabilir. Isıtma sırasındaki çalkalama, solvent/çözünen etkileşimini artırabilir (Kaufmann ve Christen, 2002; Moldoveanu ve David, 2002). MAE, organik çözücülerin kullanımını en aza indiren yeşil bir ekstraksiyon teknolojisidir ve organik bileşikler için etkili bir ekstraksiyon tekniğidir (Vinatoru ve ark., 2017).

2.2.2.Ultrason Destekli Ekstraksiyon (BAE)

Ultrason, 20 kHz ile 100 MHz arasındaki frekanslara sahip, insanların duyamayacağı özel bir ses dalgası türüdür. Diğer dalgalara benzer şekilde ortamın içinde ilerlerken maddeyi sıkıştırır ve genişletir. Bu süreç, maddede kabarcıkların oluşumunu, genişlemesini

ve çökmesini ifade eden kavitasyon olarak bilinen bir olguya neden olur. Bu olay önemli miktarda enerji açığa çıkarır ve bu da hücre yırtılmasına neden olur (Vilkhu ve ark., 2008). Ekstraksiyon için yoğun ultrasonik dalgaların uygulanması işlemi, ultrason destekli ekstraksiyon (BAE) olarak bilinir. Teknoloji, diğer geleneksel ekstraksiyon yöntemleriyle karşılaştırıldığında kullanım kolaylığı ve göreceli olarak uygun fiyatıyla ünlüdür. Üstelik BAE daha az solvent kullanımına, daha kısa ekstraksiyon süresine ve daha düşük enerji tüketimine sahiptir. Sonikasyon aynı zamanda verimli karıştırmayı ve daha hızlı enerji transferini de kolaylaştırabilir. BAE, çeşitli bitki matrislerinden polifenoller, flavonoidler, antosiyaninler vb. gibi biyoaktif bileşiklerin ekstraksiyonu için etkili bir tekniktir (Wittenauer ve ark., 2012; Baysal ve Ülkü, 2022).

2.2.3.Enzim Destekli Ekstraksiyon (EAE)

Enzim destekli ekstraksiyon, geri kazanım tekniğini geliştirmek için ekstraksiyon ortamına enzimlerin eklendiği bir diğer son tekniktir (Nadar ve ark., 2018). EAE, organik kimyasallar yerine solvent olarak su kullandığı için hücreye bağlı bileşiklerin, yağın ve biyoaktif bileşiklerin verimini ve ekstraksiyonunu artıran yeni çevre dostu tekniklerden biridir (Puri ve ark., 2012). Normal ekstraksiyon proseslerinde numune matrisi solvent sistemi ile yakın temas halinde değildir, enzim destekli ekstraksiyon durumunda ise sitoplazmaya bağlı biyoaktif bileşikler solvante erişilebilir hale getirilir. Bitki materyallerindeki hücre duvarını ve polisakkaritleri hidrolize etmek için a-amilaz, pektinaz ve selüloz gibi enzimatik ekstraksiyonda çeşitli enzimler kullanılmaktadır (Majid ve ark., 2023). Parçacığın boyutu ve numunedeki enzim oranı, polifenol verimini maksimuma çıkarmak için temel faktörlerdir. Enzimatik hidroliz ekstraksiyon yönteminde, bir numune (enzim ve solvent) karışımı, ayarlanmış pH ile birlikte düşük sıcaklıklarda (35–50°C) inkübe edilir. 80-90°C sıcaklıkta enzimler devre dışı bırakıldığında hidroliz durdurulur ve düşük sıcaklıkta

ekstraksiyonda bozulmayı önlemek için daha az enerji gerekir. EAE, çevre dostu bir süreç olmasıyla ünlüdür. Enzim asidik ortamda en iyi şekilde çalışır. Ancak, uzun ekstraksiyon süresi (3 saatten 48 saate kadar) EAE' nin en önemli dezavantajıdır (Bimacr ve ark., 2017).

2.2.4.Basınçlı Sıvı Ekstraksiyonu (PLE)

Basınçlı sıvı ekstraksiyonu (PLE), hızlandırılmış solvent ekstraksiyonu, geliştirilmiş solvent ekstraksiyonu veya basınçlı sıvı olarak da bilinen yüksek basınçlı ekstraksiyon, solventleri sıvı halde normal kaynama noktalarının üzerinde tutmak için yüksek basınç kullanılmasını içerir (Nirmal ve ark., 2023). Yüksek basınç, solventleri kaynama noktalarının üzerinde sıvı bir durumda tutar, bu da yüksek lipit çözünürlüğüne, yüksek lipit çözünen difüzyon hızlarına ve matrisin yüksek solvent penetrasyonuna yol açar (Sabino ve ark., 2021). Yüksek sıcaklığa dayanıklı polifenoller ekstrakte etmek için yüksek basınçlı ekstraksiyon yöntemleri etkilidir. Diğer prosedürlerle karşılaştırıldığında PLE, ekstraksiyon süresini ve kullanılan solvent miktarını önemli ölçüde azaltır. Yüksek basınçlı ekstraksiyon, araştırmacılar tarafından fenolik bileşikler, karotenoidler, flavonoidler, pektin vb. gibi bir dizi biyoaktif bileşeni elde etmek için etkili bir şekilde kullanılmıştır (Bart ve Pilz, 2011). PLE' de çözücüler öncelikle su ve sulu alkollerdir. Bu nedenle solventlerin büyük bir kısmı sudur, solventler düşük maliyetlidir, toksik değildir ve çevre dostudur. Ekstraksiyon ekipmanı, özellikle ekstraktör ve ilgili kurulum çok önemlidir (Usman ve ark., 2022).

2.2.5.Darbeli Elektrik Alanı Ekstraksiyonu (PEF)

Darbeli elektrik alanı ekstraksiyonu (PEF), membran yapılarını parçalayarak ekstraksiyon sırasında kütle transferini destekler, böylece ekstraksiyon verimini önemli ölçüde artırır ve ekstraksiyon süresini azaltır (Nirmal ve ark., 2023). Hücre zarından elektrik alanı geçtiğinde bir elektrik potansiyeli oluşur ve elektrik potansiyeli bir değeri aştığında, yük taşıyan moleküller arasındaki itme, zarın hassas bölgelerinde gözenekler oluşturarak geçirgenliği önemli ölçüde

artırır. Alan kuvveti, darbe sayısı, özgül enerji ve tedavi sıcaklığının tümü PEF ekstraksiyonunu etkileyen faktörlerdir (Niu ve ark., 2020). Enerji verimliliği nedeniyle PEF gıda işleme, ilaç ve biyoteknoloji endüstrileri için uygun bir tekniktir. PEF, polifenollerin (El Kantar ve ark., 2018), flavonoidlerin (Redondo ve ark., 2018), proteinlerin (Rajha ve ark., 2014), antosiyaninlerin (Medina-Meza, ve Barbosa-Cánovas, 2015) ve karbonhidratların (Yan ve ark., 2017) ekstrakte edilmesi için kullanılabilir .

2.2.6.Süperkritik Sıvı Ekstraksiyonu (SFE)

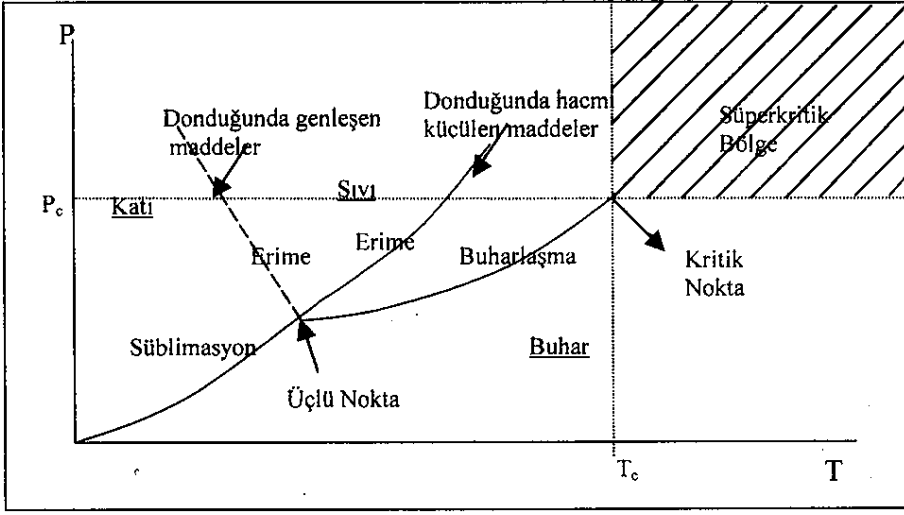
Araştırmacılar artan talepler doğrultusunda günümüzde tohumlardan, gıdalardan ve fermantasyon bazlı metabolik ürünlerden elde edilen doğal kökenli biyoaktif bileşiklerin önemine odaklanmışlardır. Geleneksel yöntemlerde ve yenilikçi ekstraksiyon tekniklerinin bazılarında kullanılan inorganik ve organik solventlerin çoğunun tehlikeli kimyasal yapıya sahip olması, pahalı olması ve çevresel zararları göz önüne alındığında süperkritik akışkanlar dikkat çekmektedir.

Süperkritik Akışkanlar (SF)

Çevre dostu ve seçici bir teknik olan süperkritik sıvı ekstraksiyonu (SFE), daha çok büyük ölçekli endüstriyel uygulamalarda kullanılan en popüler yeşil ekstraksiyon tekniklerinden biri haline gelmiştir (Nastic ve ark., 2020). Bu tekniğin yüksek etkinlik, hızlılık, toksik olmama, termal bozunmanın olmamasından kaynaklı çok yüksek kalitede ekstraktların elde edilmesi gibi çeşitli avantajları vardır. Organik çözücüler yerine CO₂ gibi çevreye zarar vermeyen süperkritik akışkanların kullanımı nedeniyle bu ekstraksiyon türüne özel bir ilgi vardır (Armenta ve ark., 2019). Geleneksel solvent ekstraksiyon işlemlerine "doğal" bir alternatif olarak nutrasötiklerin işlenmesi için dünya çapında son yıllarda giderek daha fazla kullanılmaktadır (Temelli ve Guculu-Ustundag, 2005). Bu yöntemin bitki kaynaklarından polifenollerin ekstraksiyonu için

geleneksel yöntemlerin yerine kullanımına olan ilgi git gide artmaya başlamıştır (Carrasco-Pancorbo ve ark., 2005).

Süperkritik akışkanlar çeşitli teknolojik uygulamalarda geniş bir potansiyele sahiptir. Süperkritik bir akışkanın en temel özelliği basınç ve sıcaklıkla birlikte değişen yoğunluğudur. Maddelerin doğada katı, sıvı ve gaz olarak 3 formda olduğu bilinmektedir. Farklı ekstraksiyon parametrelerindeki (sıcaklık, akış hızı, ekstraksiyon süresi, basınç) değişiklik, ekstraktları ve solventi ayrı ayrı elde etmek için uygun olduğundan belirli fraksiyonların toplanmasına yardımcı olur (Koubaa ve ark., 2017). Basınç ve sıcaklık, o sıvı veya gaza özgü kritik noktaların üzerine çıkarıldığında süper kritik bir akışkan oluşur. Süperkritik bölgede sıvı ve gaz arasındaki ayırma yüzeyi kaybolur ve homojen bir süperkritik akışkan ortaya çıkar (McHugh ve Krukoniş, 2013). Süperkritik akışkanlar (SF'ler), sıvılarla karşılaştırıldığında yoğunluk değişikliğine neden olur ve basınçtaki hafif bir artış bile akışkanın yoğunluğunda büyük bir artışa yol açarak süper kritik akışkanın ekstraksiyon gücünü artırır. Süper kritik akışkanın uçucu doğası, solventin aktif ekstraktlardan geri kazanılmasını sağlar (Pourmortazavi ve Hajimirsadeghi, 2007). Süper kritik sıvı ekstraksiyonunun mekanizması, ısıtma ve yüksek basınç sayesinde kütle aktarımı, difüzyon, konveksiyon ve çözeltinin genişlemesiyle yer değiştirme yoluyla gerçekleşir. (Bruno ve ark.,2019). Saf maddeler için basınç-sıcaklık diyagramı Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Saf bir madde için basınç-sıcaklık diyagramı (Cengel ve Boles, 1996).

Bu akışkanlar, endüstriyel ve analitik ölçekteki ayırma proseslerinde kullanılabilir. Bu özelliklerinden dolayı süperkritik sıvı ekstraksiyonu, özellikle kromatografi öncesinde katı matrislerden istenilen analitlerin çıkarılması için analitik numune hazırlamak için tercih edilen bir yöntem olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Fiziksel özellikleri uygun olsa da her süperkritik akışkan her maddeye uygulanmaz. Örneğin kullanılan akışkan maddenin P_c değeri çok yüksekse maliyeti yüksek olur ya da T_c değeri yüksek olan maddeler sıcaklığa duyarlı maddelerin ayrıştırılması için uygun olmayacaktır. Ayrıca kullanılan akışkanın zehirli olmamasına ve patlayıcı olmamasına dikkat edilmelidir. Bu durumda işlem uygulanacak madde ile akışkan seçimi doğru yapılmalıdır. Süperkritik akışkan olarak kullanılan maddeler etan, etilen, nitrozoksit, triflormetan, klortriflormetan ve karbondioksit (CO_2) gibi gazlardır. Fakat biyolojik uygulamaların çoğunda zararsız ve maliyeti düşük olduğundan CO_2 kullanılmaktadır (Çolak ve Tülek, 2003).

Süperkritik CO₂

Yaygın olarak kullanılan ekstraksiyon yöntemlerinden biri olan süperkritik akışkan ekstraksiyonu (SFE), orta sıcaklıklarda, zararlı solventler ve temizleme adımları kullanılmadan verimli ve hızlı ekstraksiyon sağlar. Karbondioksit, önemli doğal akışkanlardan biridir ve çeşitli ticari ve endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Süperkritik ekstaksiyon yönteminde de kullanılan ideal çözücü, oldukça düşük kritik sıcaklıkta (32°C), basınçta (7,4 MPa) ve toksik olmayan, patlayıcı olmayan ve kolaylıkla bulunabilen doğası nedeniyle CO₂'tir (Pourmortazavi ve Hajimirsadeghi, 2007). Doğal ekstraktların ekstraksiyonu için gıda analizlerinde süper kritik proseslerin çok sayıda uygulaması rapor edilmiştir.

Tablo 1. Bazı superkritik ekstraksiyon uygulamaları (Bitwell ve ark., 2023).

Bitki Türü	Bitki kısmı	Ekstrakte edilen bitki ana bileşikleri	Optimum Koşullar	Referanslar
<i>Moringa oleifera</i> (MO) <i>Moringa peregrine</i> (MP)	Tohum	Yağ lipitleri (esas olarak gliserollipitlerden, sterol esterlerden, fosfolipidlerden oluşur)	80 MPa basınç ve 57 °C sıcaklık	Belo ve ark., 2019.
<i>Lupinus mutabilis</i> Tatlı	Tohum	Alkaloidler	Çözücü olarak süperkritik karbon dioksit (scCO ₂) ve seyreltik etanol çözeltisi kullanılarak 323 K sıcaklık, 27 MPa basınç	Rosas-Quina ve Mejia-Nova, 2021.
<i>Carum copticum</i>	Bitki	Uçucu yağlar	30,4 MPa basınç, 20 dakika boyunca 35 °C sıcaklık, 30	Khajeh ve ark., 2004.

			dakika ekstraksiyon süresi,	
<i>Solanum tuberosum</i> (patates)	Kabuk	Fenolikler	80 °C Sıcaklık, 350 bar Basınç, %20 metil alkol, 18,0 g/dk akış hızı	de Andrade Lima ve ark., 2021.
<i>Cannabis sativa</i> L. (Kenevir)	Sap ve yaprak	Fitokanabinoidler	% 10 etanol yardımcı solventi, 30 MPa ekstraksiyon basıncında ve 45 °C ekstraksiyon sıcaklığında	Vági ve ark., 2020.
Turp (<i>Raphanus sativus</i> L.)	Yaprak	Fenolik bileşikler ve flavonoidler	En iyi sonuçlar şu sıcaklık ve basınç kombinasyonlarıydı: 35 °C/400 bar ve 40 °C/400 bar	Goyeneche ve ark., 2018.
<i>L. rivularis</i>	Sap	Fenolikler	40 MPa ve % 1 etanol basıncı	Uquiche ve ark., 2019.
<i>Phyllanthus niruri</i>	Bitki	Gallik asit, korilagin ve ellagik asit	İki çalışma koşulunda etanol-su yardımcı solventi (L1: 200 bar, 60 °C ve L2: 262 bar, 80 °C)	Hassim ve ark., 2021.
Domates	Domates kabukları	Likopen	62 °C sıcaklık ve 45 MPa basınç	Kassama ve ark., 2008.
Domates	Domates kabukları	Likopen	100 °C sıcaklık, 40 MPa basınç ve 1,5 mL/dk akış hızı	Yi ve ark., 2009.
Domates	Kabuk	Likopen ve β -karoten	60 °C sıcaklık, 2 mL/dakika karbondioksit akış hızı ve 350, 450'den 550 bar'a yükseltilmiş basınç	Pellicanò ve ark., 2019.

Longan	Meyve perikarpı	Fenolikler	500 MPa Basınç (UHPE-500)	Prasad ve ark., 2010
Elma	Tohum	Yağlar	40 °C sıcaklık, 24 MPa basınç, 1 L/saat CO ₂ akış hızı ve 140 dakikalık ekstraksiyon süresi	Ferrentino ve ark., 2020.
<i>Acrocomia aculeate</i>	Meyve	Yağ	313 K sıcaklık ve 22 MPa basınç	Trentini ve ark., 2019.
Cannabis	Çiçek	Kanabinoidler	70 °C sıcaklık ve 40 MPa basınç	Grijo ve ark., 2019.

SFE, botanik bitkilerin veya tohumların ekstraksiyonu, baharat ekstraksiyonu, tat ve koku maddelerinin ekstraksiyonu, kahve ve çayın kafeinsizleştirilmesi, petrol fraksiyonlarının asfaltsızlaştırılması, madeni yağların geri kazanılması ve saflaştırılması, kömür sıvılaştırma, kimyasal ayırma ve saflaştırma, polimer işleme, süperkritik kristalizasyon ve süperkritik kurutma gibi çok çeşitli uygulama alanı bulmuştur (Mukhopadhyay, 2000).

Yver ve ark., (2011) yaptıkları çalışmada ticari bir peynir altı suyu proteini izolatından zenginleştirilmiş α laktalbümin (α -LA) ve betalaktoglobulin (β -LG) fraksiyonları üretmek için süperkritik karbon dioksit (SCO₂) kullanmışlardır. Fraksiyonlanmış peynir altı suyu proteini olarak iki fraksiyon elde ettiler. Elde edilen fraksiyonların kullanıma hazır olduğunu ve hiçbir artık asit veya kimyasal kirletici madde içermediğini bildirmişlerdir.

Günümüzde SFE' nin kullanımı yalnızca gıda ve ilaç alanlarında değil, aynı zamanda toksikoloji, kimya, çevre, tekstil, petrokimya, polimerler alanlarında da yaygın olarak uygulanmaktadır (Cape ve ark., 2008).

Yapılan bir çalışmada 50 kDa membran ile ultrafiltrasyon ve süperkritik CO₂ birlikte kullanılarak doğal süt proteinlerinin hedeflenen enzimatik hidrolizinden oluşan, ayran tozu (BMP) substratından fosfolipitler (PL'ler) açısından zenginleştirilmiş süt bileşenlerinin

üretimine yönelik proses geliştirildi. Ayrılan kısım süperkritik CO₂ sıvı ekstraksiyonuna (saflaştırılmış bir lipit fraksiyonu oluşturmak için SFE) yönlendirilmiştir. Yardımcı solvent olarak etanol kullanılan çalışmada, kuru madde bazında %56,24 ± 0,07 zenginleştirilmiş PL seviyesine sahip saflaştırılmış bir lipit ekstraktı vermiştir. (Barry ve ark., 2017).

Bradley Jr, (1989) artan basınç profili ekstraksiyonu kullanarak yapılan birkaç denemede yağ asidinin kompozisyondaki kısa zincirli asitlerin ekstraksiyonu zorlaştırmasına rağmen süt yağından kolesterolün %90'ını ayırmış ve süperkritik CO₂'nin kolesterol için seçiciliğinin sıcaklığa ve basınca bağlı bir olgu olduğunu bildirmiştir.

Süperkritik karbondioksitin süt yağından aroma bileşenlerinin (laktonlar, ketonlar, aldehitler) ekstraksiyonu için iyi bir çözücü olduğu bildirilmiştir (De Haan ve ark., 1990).

Sánchez-Macías ve ark., (2013) süperkritik sıvı ekstraksiyonu kullanarak, keçi Gouda ve Majorero tipi peynirlerinin kimyasal bileşimi, özellikle azaltılan yağ miktarı, mikrobiyal inaktivasyon, lipit profili ve mikroyapı üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. Çalışmada peynirde fosfolipid içeriği korunarak yağ içeriği azaltılmış ve mikrobiyal popülasyondaki azalma sayesinde daha uzun raf ömrü sağlandığına işaret ederek ekonomik kayıpların önüne geçilmiştir. Elde edilen peynirde özellikle keçi sütünün içerdiği tüm sağlıklı bileşenlerin korunması ile birlikte trigliseritler ve kolesterol daha düşük bulunmuştur.

3.Sonuç

Çeşitli biyoaktif bileşikler tanımlanmış ve diyabet, kardiyovasküler rahatsızlıklar, kanser vb. gibi çeşitli kronik hastalıklara ve metabolik bozukluklara karşı koruyucu olarak fizyolojik ve hüresel etkilerin yanı sıra benzersiz antioksidan, anti-inflamatuar ve anti-karsinojenik özelliklere sahip oldukları bilimsel çalışmalarla desteklenmiştir. Birçok alanda yapılması elzem olan ekstraksiyon işlemi için geleneksel tekniklerin hâlâ kendine has değerleri vardır. Fakat yapılan yeni çalışmalar ışığında ham maddeden biyoaktif maddelerin

veya istenilen maddelerin ayrıştırılması konusunda yenilikçi yöntemlerin ve özellikle bu yöntemlerin en önemlilerinden biri olan süperkritik akışkan (SCF) ekstraksiyonunun çevre dostu olması, proses sıcaklığı ve basıncında küçük değişikliklerle yüksek çözünürlük, iyileştirilmiş kütle aktarım hızları ve artan seçicilik, termal olarak kararsız olan analitlerin bile geri kazanılmasına olanak sağlayabildiğinden çeşitli endüstrilerde giderek artan bir ilgi kazanmıştır. Sonuç olarak yeni tekniklerin geleneksel tekniklere göre ekstraksiyon verimi ve süresi açısından bazı avantajları bulunmaktadır. Ancak, açıklığa kavuşturulması gereken konulardan dolayı daha fazla detaylı çalışmaya ihtiyaç vardır.

4.Kaynaklar

- Ajila, C. M., Brar, S. K., Verma, M., Tyagi, R. D., Godbout, S., Valéro, J. R. (2011). Extraction and analysis of polyphenols: recent trends. *Critical reviews in biotechnology*, 31(3), 227-249.
- Armenta, S., Garrigues, S., Esteve-Turrillas, F. A., de la Guardia, M. (2019). Green extraction techniques in green analytical chemistry. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 116, 248-253.
- Azmir, J., Zaidul, I. S. M., Rahman, M. M., Sharif, K. M., Mohamed, A., Sahena, F., Omar, A. K. M. (2013). Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of food engineering*, 117(4), 426-436.
- Azwanida, N. N. (2015). A review on the extraction methods use in medicinal plants, principle, strength and limitation. *Med Aromat Plants*, 4(196), 2167-0412.
- Banwo, K., Olojede, A. O., Adesulu-Dahunsi, A. T., Verma, D. K., Thakur, M., Tripathy, S., Utama, G. L. (2021). Functional importance of bioactive compounds of foods with Potential Health Benefits: A review on recent trends. *Food Bioscience*, 43, 101320.
- Barba, F. J., Mariutti, L. R., Bragagnolo, N., Mercadante, A. Z., Barbosa-Cánovas, G. V., Orlie, V. (2017). Bioaccessibility of bioactive compounds from fruits and vegetables after thermal and nonthermal processing. *Trends in Food Science & Technology*, 67, 195-206.
- Barba, F. J., Zhu, Z., Koubaa, M., Sant'Ana, A. S., Orlie, V. (2016). Green alternative methods for the extraction of antioxidant bioactive compounds from winery wastes and by-products: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 49, 96-109.
- Barry, K. M., Dinan, T. G., Kelly, P. M. (2017). Pilot scale production of a phospholipid-enriched dairy ingredient by means of an optimised integrated process employing enzymatic hydrolysis,

- ultrafiltration and super-critical fluid extraction. *Innovative food science & emerging technologies*, 41, 301-306.
- Baroni, M. V., Naranjo, R. D. D. P., García-Ferreya, C., Otaiza, S., Wunderlin, D. A. (2012). How good antioxidant is the red wine? Comparison of some in vitro and in vivo methods to assess the antioxidant capacity of Argentinean red wines. *LWT-Food Science and Technology*, 47(1), 1-7.
- Bart, H. J., & Pilz, S. (Eds.). (2011). *Industrial scale natural products extraction*. John Wiley & Sons.
- Baysal, S. S., & Ülkü, M. A. (2022). Food loss and waste: A sustainable supply chain perspective. *Disruptive technologies and eco-innovation for sustainable development*, 90-108.
- Belo, Y. N., Al-Hamimi, S., Chimuka, L., Turner, C. (2019). Ultrahigh-pressure supercritical fluid extraction and chromatography of Moringa oleifera and Moringa peregrina seed lipids. *Analytical and bioanalytical chemistry*, 411, 3685-3693.
- Bimacr, M., Ganjloo, A., Zarringhalami, S., Ansarian, E. (2017). Ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds from Malva sylvestris leaves and its comparison with agitated bed extraction technique. *Food science and biotechnology*, 26, 1481-1490.
- Bitwell, C., Sen, I. S., Luke, C., Kakoma, M. K. (2023). A review of modern and conventional extraction techniques and their applications for extracting phytochemicals from plants. *Scientific African*, e01585.
- Bradley Jr, R. L. (1989). Removal of cholesterol from milk fat using supercritical carbon dioxide. *Journal of Dairy Science*, 72(10), 2834-2840.
- Bruno, S. F., Ekorong, F. J. A. A., Karkal, S. S., Cathrine, M. S. B., Kudre, T. G. (2019). Green and innovative techniques for recovery of valuable compounds from seafood by-products and discards: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 85, 10-22.

- Cape, S. P., Villa, J. A., Huang, E. T., Yang, T. H., Carpenter, J. F., Sievers, R. E. (2008). Preparation of active proteins, vaccines and pharmaceuticals as fine powders using supercritical or near-critical fluids. *Pharmaceutical Research*, 25, 1967-1990.
- Carrasco-Pancorbo, A., Cerretani, L., Bendini, A., Segura-Carretero, A., Gallina-Toschi, T., Fernández-Gutiérrez, A. (2005). Analytical determination of polyphenols in olive oils. *Journal of separation science*, 28(9-10), 837-858.
- Casas-Godoy, L., Campos-Valdez, A. R., Alcázar-Valle, M., Barrera-Martínez, I. (2022). Comparison of Extraction Techniques for the Recovery of Sugars, Antioxidant and Antimicrobial Compounds from Agro-Industrial Wastes. *Sustainability*, 14(10), 5956.
- Cengel, Y. A., & Boles MA. (1996). *Thermodynamics an Engineering Approach*.
- Çolak, N., & Tülek, Y. (2003). Süperkritik akışkan ekstraksiyonu. *Gıda*, 28(3).
- Chemat, F., Rombaut, N., Meullemiestre, A., Turk, M., Perino, S., Fabiano-Tixier, A. S., Abert-Vian, M. (2017). Review of green food processing techniques. Preservation, transformation, and extraction. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 41, 357-377.
- de Andrade Lima, M., Andreou, R., Charalampopoulos, D., Chatzifragkou, A. (2021). Supercritical carbon dioxide extraction of phenolic compounds from potato (*Solanum tuberosum*) peels. *Applied sciences*, 11(8), 3410.
- De Haan, A. B., De Graauw, J., Schaap, J. E., Badings, H. T. (1990). Extraction of flavors from milk fat with supercritical carbon dioxide. *The Journal of Supercritical Fluids*, 3(1), 15-19.
- El Kantar, S., Boussetta, N., Lebovka, N., Foucart, F., Rajha, H. N., Maroun, R. G., Vorobiev, E. (2018). Pulsed electric field treatment of citrus fruits: Improvement of juice and polyphenols

- extraction. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 46, 153-161.
- Esparza, I., Jiménez-Moreno, N., Bimbela, F., Ancín-Azpilicueta, C., Gandía, L. M. (2020). Fruit and vegetable waste management: Conventional and emerging approaches. *Journal of environmental management*, 265, 110510.
- Ferrentino, G., Giampiccolo, S., Morozova, K., Haman, N., Spilimbergo, S., Scampicchio, M. (2020). Supercritical fluid extraction of oils from apple seeds: Process optimization, chemical characterization and comparison with a conventional solvent extraction. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 64, 102428.
- Galanakis, C. M. (Ed.). (2021). *Nutraceutical and functional food components: Effects of innovative processing techniques*. Academic Press.
- Giacometti, J., Kovačević, D. B., Putnik, P., Gabrić, D., Bilušić, T., Krešić, G., Jambrak, A. R. (2018). Extraction of bioactive compounds and essential oils from mediterranean herbs by conventional and green innovative techniques: A review. *Food research international*, 113, 245-262.
- Granato, D., Nunes, D. S., Barba, F. J. (2017). An integrated strategy between food chemistry, biology, nutrition, pharmacology, and statistics in the development of functional foods: A proposal. *Trends in Food Science & Technology*, 62, 13-22.
- Grijo, D. R., Bidoia, D. L., Nakamura, C. V., Osorio, I. V., Cardozo-Filho, L. (2019). Analysis of the antitumor activity of bioactive compounds of Cannabis flowers extracted by green solvents. *The Journal of Supercritical Fluids*, 149, 20-25.
- Goyeneche, R., Fanovich, A., Rodrigues, C. R., Nicolao, M. C., Di Scala, K. (2018). Supercritical CO₂ extraction of bioactive compounds from radish leaves: Yield, antioxidant capacity and cytotoxicity. *The Journal of Supercritical Fluids*, 135, 78-83.

- Hassim, N., Markom, M., Rosli, M. I., Harun, S. (2021). Scale-up approach for supercritical fluid extraction with ethanol–water modified carbon dioxide on *Phyllanthus niruri* for safe enriched herbal extracts. *Scientific reports*, *11*(1), 15818.
- Kassama, L. S., Shi, J., Mittal, G. S. (2008). Optimization of supercritical fluid extraction of lycopene from tomato skin with central composite rotatable design model. *Separation and Purification Technology*, *60*(3), 278-284.
- Kaufmann, B., & Christen, P. (2002). Recent extraction techniques for natural products: microwave-assisted extraction and pressurised solvent extraction. *Phytochemical Analysis: An International Journal of Plant Chemical and Biochemical Techniques*, *13*(2), 105-113.
- Khajeh, M., Yamini, Y., Sefidkon, F., Bahramifar, N. (2004). Comparison of essential oil composition of *Carum copticum* obtained by supercritical carbon dioxide extraction and hydrodistillation methods. *Food chemistry*, *86*(4), 587-591.
- Kitts, D. D. (1994). Bioactive substances in food: identification and potential uses. *Canadian journal of physiology and pharmacology*, *72*(4), 423-434.
- Koubaa, M., Mhemdi, H., Barba, F. J., Angelotti, A., Bouaziz, F., Chaabouni, S. E., Vorobiev, E. (2017). Seed oil extraction from red prickly pear using hexane and supercritical CO₂: Assessment of phenolic compound composition, antioxidant and antibacterial activities. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *97*(2), 613-620.
- Kumar T, A., Pareek, S., Kaur, R., Sagar, N. A., Singh, L., Sami, R., Rahman, M. M. (2022). Optimization of Ultrasonic-Assisted Enzymatic Extraction of Freeze-Dried Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) Berry Oil Using Response Surface Methodology. *Sustainability*, *14*(17), 10849.

- Lebovka, N., Vorobiev, E., Chemat, F. (Eds.). (2011). *Enhancing extraction processes in the food industry*. Crc Press.
- Majid, I., Khan, S., Aladel, A., Dar, A. H., Adnan, M., Khan, M. I., Ashraf, S. A. (2023). Recent insights into green extraction techniques as efficient methods for the extraction of bioactive components and essential oils from foods. *CyTA-Journal of Food*, 21(1), 101-114.
- McHugh, M., & Krukoniš, V. (2013). *Supercritical fluid extraction: principles and practice*. Elsevier.
- Medina-Meza, I. G., & Barbosa-Cánovas, G. V. (2015). Assisted extraction of bioactive compounds from plum and grape peels by ultrasonics and pulsed electric fields. *Journal of Food Engineering*, 166, 268-275.
- Moldoveanu, S. C., & David, V. (2002). *Sample preparation in chromatography*. Elsevier.
- Mukhopadhyay, M. (2000). *Natural extracts using supercritical carbon dioxide*. CRC press.
- Nadar, S. S., Rao, P., & Rathod, V. K. (2018). Enzyme assisted extraction of biomolecules as an approach to novel extraction technology: A review. *Food Research International*, 108, 309-330.
- Nastić, N., Borrás-Linares, I., Lozano-Sánchez, J., Švarc-Gajić, J., Segura-Carretero, A. (2020). Comparative assessment of phytochemical profiles of comfrey (*Symphytum officinale* L.) root extracts obtained by different extraction techniques. *Molecules*, 25(4), 837.
- Natalello, A., Hervás, G., Toral, P. G., Luciano, G., Valenti, B., Mendoza, A. G., Frutos, P. (2020). Bioactive compounds from pomegranate by-products increase the in vitro ruminal accumulation of potentially health promoting fatty acids. *Animal Feed Science and Technology*, 259, 114355.

- Ng, L. Y., Ang, Y. K., Khoo, H. E., Yim, H. S. (2012). Influence of different extraction parameters on antioxidant properties of Carica papaya peel and seed. *Research Journal of Phytochemistry*, 6(3), 61-74.
- Nirmal, N. P., Khanashyam, A. C., Mundanat, A. S., Shah, K., Babu, K. S., Thorakkattu, P., Pandiselvam, R. (2023). Valorization of Fruit Waste for Bioactive Compounds and Their Applications in the Food Industry. *Foods*, 12(3), 556.
- Niu, D., Zeng, X. A., Ren, E. F., Xu, F. Y., Li, J., Wang, M. S., Wang, R. (2020). Review of the application of pulsed electric fields (PEF) technology for food processing in China. *Food Research International*, 137, 109715.
- Pimentel-Moral, S., Borrás-Linares, I., Lozano-Sánchez, J., Arráez-Román, D., Martínez-Férez, A., Segura-Carretero, A. (2018). Microwave-assisted extraction for Hibiscus sabdariffa bioactive compounds. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 156, 313-322.
- Pourmortazavi, S. M., & Hajimirsadeghi, S. S. (2007). Supercritical fluid extraction in plant essential and volatile oil analysis. *Journal of chromatography A*, 1163(1-2), 2-24.
- Puri, M., Sharma, D., & Barrow, C. J. (2012). Enzyme-assisted extraction of bioactives from plants. *Trends in biotechnology*, 30(1), 37-44.
- Rosas-Quina, Y. E., & Mejía-Nova, F. C. (2021). Supercritical fluid extraction with cosolvent of alkaloids from Lupinus mutabilis Sweet and comparison with conventional method. *Journal of Food Process Engineering*, 44(4), e13657.
- Quideau, S., Deffieux, D., Douat-Casassus, C., Pouységu, L. (2011). Plant polyphenols: chemical properties, biological activities, and synthesis. *Angewandte Chemie International Edition*, 50(3), 586-621.

- Pellicanò, T. M., Sicari, V., Loizzo, M. R., Leporini, M., Falco, T., Poiana, M. (2019). Optimizing the supercritical fluid extraction process of bioactive compounds from processed tomato skin by-products. *Food Science and Technology*, 40, 692-697.
- Prasad, K. N., Yang, B., Shi, J., Yu, C., Zhao, M., Xue, S., Jiang, Y. (2010). Enhanced antioxidant and antityrosinase activities of longan fruit pericarp by ultra-high-pressure-assisted extraction. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 51(2), 471-477.
- Rajha, H. N., Boussetta, N., Louka, N., Maroun, R. G., Vorobiev, E. (2014). A comparative study of physical pretreatments for the extraction of polyphenols and proteins from vine shoots. *Food Research International*, 65, 462-468.
- Redondo, D., Venturini, M. E., Luengo, E., Raso, J., Arias, E. (2018). Pulsed electric fields as a green technology for the extraction of bioactive compounds from thinned peach by-products. *Innovative food science & emerging technologies*, 45, 335-343.
- Rodríguez-Martínez, E., Rugerio-Vargas, C., Rodríguez, A. I., Borgonio-Pérez, G., Rivas-Arancibia, S. (2004). Antioxidant effects of taurine, vitamin C, and vitamin E on oxidative damage in hippocampus caused by the administration of 3-nitropropionic acid in rats. *International journal of neuroscience*, 114(9), 1133-1145.
- Sabino, L. B. D. S., Fernandes, F. A. N., de Brito, E. S., Júnior, I. J. D. S. (2021). Optimization of pressurized liquid extraction and ultrasound methods for recovery of anthocyanins present in jambolan fruit (*Syzygium cumini* L.).
- Sánchez-Macías, D., Laubscher, A., Castro, N., Argüello, A., Jiménez-Flores, R. (2013). Effects of supercritical fluid extraction pressure on chemical composition, microbial population, polar lipid profile, and microstructure of goat cheese. *Journal of dairy science*, 96(3), 1325-1334.

- Temelli, F., & Güçlü-Üstündağ, Ö. (2005). Supercritical technologies for further processing of edible oils. *Bailey's industrial oil and fat products*.
- Trentini, C. P., Cuco, R. P., Cardozo-Filho, L., Silva, C. D. (2019). Extraction of macauba kernel oil using supercritical carbon dioxide and compressed propane. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 97(3), 785-792.
- Uquiche, E., Campos, C., Marillán, C. (2019). Assessment of the bioactive capacity of extracts from *Leptocarpha rivularis* stalks using ethanol-modified supercritical CO₂. *The Journal of Supercritical Fluids*, 147, 1-8.
- Usman, I., Hussain, M., Imran, A., Afzaal, M., Saeed, F., Javed, M., A. Saewan, S. (2022). Traditional and innovative approaches for the extraction of bioactive compounds. *International Journal of Food Properties*, 25(1), 1215-1233.
- Vági, E., Balázs, M., Komoczi, A., Mihalovits, M., Szekely, E. (2020). Fractionation of phytocannabinoids from industrial hemp residues with high-pressure technologies. *The Journal of Supercritical Fluids*, 164, 104898.
- Vilkhu, K., Mawson, R., Simons, L., Bates, D. (2008). Applications and opportunities for ultrasound assisted extraction in the food industry—A review. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9(2), 161-169.
- Vinatoru, M., Mason, T. J., Calinescu, I. (2017). Ultrasonically assisted extraction (UAE) and microwave assisted extraction (MAE) of functional compounds from plant materials. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 97, 159-178.
- Walia, A., Gupta, A. K., Sharma, V. (2019). Role of bioactive compounds in human health. *Acta Sci. Med. Sci*, 3(9), 25-33.
- Wang, Y., Chen, X., Zhang, Y., Chen, X. (2012). Antioxidant activities and major anthocyanins of myrobalan plum (*Prunus cerasifera* Ehrh.). *Journal of food science*, 77(4), C388-C393.

- Wittenauer, J., Falk, S., Schweiggert-Weisz, U., Carle, R. (2012). Characterisation and quantification of xanthenes from the aril and pericarp of mangosteens (*Garcinia mangostana* L.) and a mangosteen containing functional beverage by HPLC–DAD–MSn. *Food chemistry*, 134(1), 445-452.
- Xie, L., Su, H., Sun, C., Zheng, X., Chen, W. (2018). Recent advances in understanding the anti-obesity activity of anthocyanins and their biosynthesis in microorganisms. *Trends in Food Science & Technology*, 72, 13-24.
- Yan, L. G., He, L., Xi, J. (2017). High intensity pulsed electric field as an innovative technique for extraction of bioactive compounds—A review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 57(13), 2877-2888.
- Yasoubi, P., Barzegar, M., Sahari, M. A., Azizi, M. H. (2007). Total phenolic contents and antioxidant activity of pomegranate (*Punica granatum* L.) peel extracts.
- Yoon, G. A., Yeum, K. J., Cho, Y. S., Chen, C. O., Tang, G., Blumberg, J. B., Lee-Kim, Y. C. (2012). Carotenoids and total phenolic contents in plant foods commonly consumed in Korea. *Nutrition research and practice*, 6(6), 481-490.
- Yi, C., Shi, J., Xue, S. J., Jiang, Y., Li, D. (2009). Effects of supercritical fluid extraction parameters on lycopene yield and antioxidant activity. *Food chemistry*, 113(4), 1088-1094.
- Yver, A. L., Bonnaillie, L. M., Yee, W., McAloon, A., Tomasula, P. M. (2011). Fractionation of whey protein isolate with supercritical carbon dioxide—Process modeling and cost estimation. *International Journal of Molecular Sciences*, 13(1), 240-259.
- Zengin, G., Cvetanović, A., Gašić, U., Stupar, A., Bulut, G., Şenkardes, I., Mahomoodally, M. F. (2020). Modern and traditional extraction techniques affect chemical composition and bioactivity of

Tanacetum parthenium (L.) Sch. Bip. *Industrial Crops and Products*, 146, 112202.

BÖLÜM 8

KIRMIZIBİBERDE KROM (Cr) UYGULAMASININ BİTKİNİN BAZI MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİNE OLAN ETKİSİNİN ARAŞTRILMASI

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

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10155148>

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

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

1. Giriş

Bu çalışma kırmızıbiberde krom (Cr) elementinin bitkide meydana getirdiği bitkinin morfolojik özelliklerine olan etkilerini incelemek amacıyla Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi seralarında yapılmıştır. Araştırmada Doğu Akdeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden temin edilen "Maraş-1" kırmızıbiber çeşidine ait fideler kullanılmıştır. Çalışma (5 doz Cr elementi x 3 tekrür) tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuş ve 2017-2018 yıllarında 2 yıl süre ile yürütülmüştür. Uygulanan krom (Cr) dozları 0, 15, 30, 60 ve 120 mg kg⁻¹ şeklindedir. Vejetasyon süresi (160 gün) sonunda çalışmada morfolojik yönden incelenen özellikler; bitki boyu (cm), bitki gövde çapı (mm), bitkide yaprak sayısı (adet), yaprak eni (mm), yaprak boyu (mm), bitki yaş ve kuru ağırlığı (g), kök yaş ve kuru ağırlığı (g), bitki başına toplam meyve sayısı (adet), bitki başına toplam meyve ağırlığı (g), ortalama meyve ağırlığı (g/adet), meyve çapı (mm), meyve boyu (mm), meyve şekil indeksi (boy/çap), meyve et kalınlığı (mm), meyve eti yaş ve kuru ağırlığı, meyve tohum evi yaş ve kuru ağırlığı olmuştur. Krom uygulamasının 2017 ve 2018 yılları ortalama sonuçlarında, meyve çapı (mm) istatistiksel olarak önemli (p<0.05) bulunurken meyve şekil indeksi (boy/çap) önemsiz bulunmuş ve incelenen diğer tüm özellikler (bitki boyu (cm), bitki gövde çapı (mm), bitkide yaprak sayısı (adet), yaprak eni (mm), yaprak boyu (mm), bitki yaş ve kuru ağırlığı (g), kök yaş ve kuru ağırlığı (g), bitki başına toplam meyve sayısı (adet), bitki başına toplam meyve ağırlığı (g), ortalama meyve ağırlığı (g/adet), meyve boyu (mm), meyve et kalınlığı (mm), meyve eti yaş ve kuru ağırlığı, meyve tohum evi yaş ve kuru ağırlığı) istatistiksel olarak çok önemli (p<0.01) bulunmuştur. Krom uygulamaları biber bitkisinin incelenen özelliklerine negatif etkide bulunmuştur. En yüksek iki doz olan 60 ve 120 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında biber bitkisinde meyve tutumu gerçekleşmemiştir.

Krom (Cr), kayalardan oluşan topraklarda ve volkanik tozlarda doğal olarak bulunabilen bir elementtir. Uluslararası Kanser

Araştırmaları Ajansı'na göre kanserojen olarak sınıflandırılmıştır. Yüksek çözünürlüğü nedeniyle, Cr (VI), yeraltı sularını kirleten ve besin zinciri yoluyla aktarılabilen tehlikeli bir iyon olarak kabul edilmektedir. Altı değerlikli Cr (VI), alerjilere ve cilt sorunlarına neden olabilen, Cr (III)'ten 10-100 kat daha zararlı bir iyondur (Sharma ve ark., 2020). Altı değerlikli Cr (VI), elektro-kaplama, tekstil boyama, deri işleme-tabaklama ve çelik üretimi gibi çeşitli endüstriyel uygulamalarda kullanılmakta ve krom içeren atıkların ortaya çıkmasına ve çevresel krom kirliliğinde yükselmeye sebep olmaktadır (Joutey ve ark., 2015). Cr toksisitesinin bitki büyümesini etkilediği ve bitkinin temel metabolik süreçlerini engellediği bildirilmektedir (Shanker ve ark., 2009). Cr toksisitesi, hücre zarı ve kloroplastta ultra yapısal değişikliklere, yapraklarda kloroz oluşmasına, kök hücrelerinin hasar görmesine, pigment içeriğinde azalmaya, su ilişkisi ve mineral beslenmede bozulmaya, farklı enzimatik aktiviteleri değiştirerek terlemeyi ve azot asimilasyonunu etkilemeye ve bitki büyümesinin azalmasına sebep olmaktadır (Cervantes ve Campos-García, 2007; Sharma ve ark., 2020).

Kahramanmaraş il genelindeki sanayi endüstrisinin topraklara getirdiği ağır metal kirliliği düşünüldüğünde bu çalışmanın amacı il için en önemli sebzelerden biri olan kırmızıbiberde, Cr elementlerinin bitki gelişiminde meydana getirdiği etkileri incelemektir.

2. Materyal ve Metot

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

Çalışma toprağı KSÜ Avşar Yerleşkesi, Kampüs alanından alınmıştır ve toprak özelliklerine ait bazı analiz sonuçları şu şekildedir: saturasyon %58.1, pH 7.32, tuz %0.1, kireç %0.7 organik madde %0.6. Çalışmada bitkisel materyal olarak Doğu Akdeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden temin edilen "Maraş-1"

kırmızıbiber çeşidine ait fideler kullanılmıştır. Krom ise ticari olarak potasyum kromat (K_2CrO_4) olarak temin edilmiştir.

Çalışma (5 doz Cr elementi x 3 tekerrür) tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuş ve 2017-2018 yıllarında 2 yıl süre ile yürütülmüştür. Uygulanan krom (Cr) dozları 0, 15, 30, 60 ve 120 mg kg⁻¹ şeklindedir. Temin edilen toprak elendikten sonra 10 kg ağırlığında saksılara doldurulmuştur, daha sonra fidelerin dikimi gerçekleştirilmiş ve dekara 15 kg N-10 kg P₂O₅-15 kg K₂O hesabı ile saksı ağırlıklarına oranlanarak gübreleme yapılmıştır. Fideler yerlerine adapte olduktan sonra da Cr uygulaması (0, 15, 30, 60 ve 120 mg kg⁻¹) yapılmıştır.

Vejetasyon süresi içerisinde olgunlaşan kırmızıbiber meyveleri toplanmış bununla birlikte yaklaşık 160 günlük büyüme periyodu sonunda bitkiler hasat edilmiş ve morfolojik ölçümler yapılmıştır. Meyve özelliklerine ait ölçümler vejetasyon süresi içinde hasat olgunluğuna gelen kırmızıbiber meyvelerinde yapılmıştır.

İncelenen özellikler; bitki boyu (cm), bitki gövde çapı (mm), bitkide yaprak sayısı (adet), yaprak eni (mm), yaprak boyu (mm), bitki yaş ve kuru ağırlığı (g), kök yaş ve kuru ağırlığı (g), bitki başına toplam meyve sayısı (adet), bitki başına toplam meyve ağırlığı (g), ortalama meyve ağırlığı (g/adet), meyve çapı (mm), meyve boyu (mm), meyve şekil indeksi (boy/çap), meyve et kalınlığı (mm), meyve eti yaş ve kuru ağırlığı, meyve tohum evi yaş ve kuru ağırlığı olmuştur.

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

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Bitkisel Özellikler (Cr)

3.1.1. Bitki Boyu (cm)

Bitki boyu varyans analiz sonucuna göre istatistiksel olarak, doz x yıl interaksyonu önemli ($p<0.05$) bulunurken, doz ve yıl çok önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. Cr dozlarına, yıllara ve doz x yıl interaksyonuna ait ortalamalar ve LSD testi grupları Tablo 3.1’de ve bitki boyu değişim grafiği Şekil 3.1’de verilmiştir.

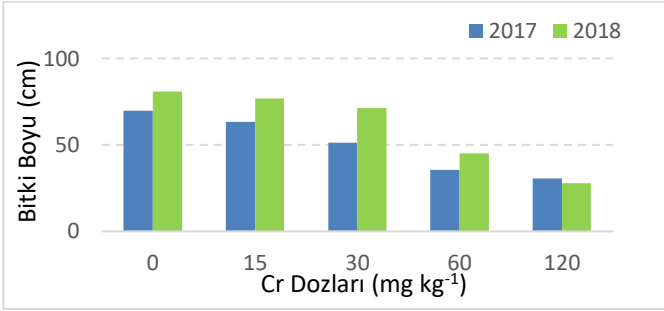
Uygulanan Cr dozlarının artması ile birlikte biber bitkisinin bitki boyunda azalış görülmüştür. En kısa bitki boyu (29.24 cm), 120 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında, en yüksek bitki boyu ise kontrol bitkilerinde (75.33 cm)/0 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında belirlenmiştir. Kontrol grubu bitkilerinin boyları ile 15 mg kg⁻¹ Cr uygulaması yapılan bitki boyları istatistiksel olarak aynı ortalama grubunda yer almıştır. İki yılın bitki boyu değerlerinde; ilk yıl (2017 yılı) ortalama bitki boyu 50.06 cm iken ikinci yıl (2018 yılı) 60.42 cm olarak ölçülmüş ve istatistiksel olarak yıllar farklı ortalama gruplarını oluşturmuşlardır.

Doz x yıl interaksyonunda ise en küçük bitki boyu ikinci yıl, 27.95 cm ile 120 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında, en yüksek bitki boyu ise ikinci yıl 81.00 cm ile kontrol grubunda ölçülmüştür.

Tablo 1. Cr dozlarının, biber bitkisinin bitki boyuna (cm) etkisine ait ortalamalar

Dozlar mg kg ⁻¹ Cr	Bitki Boyu (cm)		Ortalama (2017 ve 2018)
	2017 yılı	2018 yılı	
0	69.67±4.04 bc*	81.00±9.01 a	75.33 a**
15	63.42±2.88 c	77.00±2.65 ab	70.21 a
30	51.25±2.88 d	71.20±6.16 bc	61.23 b
60	35.42±2.37 e	44.97±9.62 d	40.19 c
120	30.53±1.29 e	27.95±4.05 e	29.24 d
Ortalama	50.06 b**	60.42 a	DK: %9.88
LSD (0.05)	Yıl: 4.19	Doz: 6.62	Yıl x Doz: 9.37

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



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

3.1.2. Bitki gövde çapı (mm)

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

Uygulanan Cr dozlarının artması ile birlikte biber bitkisinin gövde çapında azalış görülmüştür. En ince gövde çapı (2.86 mm), 120 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında, en kalın gövde çapı ise kontrol bitkilerinde (7.96 mm)/0 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında belirlenmiştir.

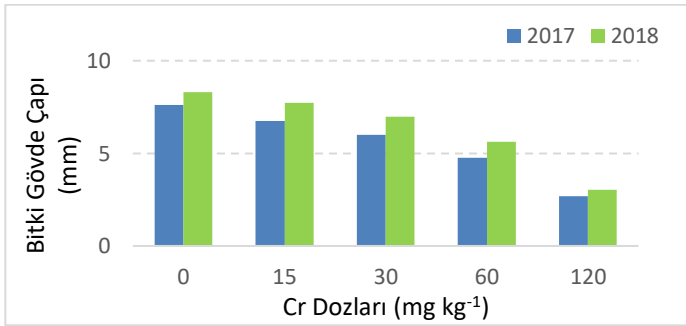
İki yılın bitki gövde çapı kalınlıklarında; ilk yıl (2017 yılı) ortalama bitki gövde çapı 5.56 mm iken ikinci yıl (2018 yılı) 6.34 mm olarak ölçülmüş ve yıllar istatistiksel olarak farklı ortalama gruplarını oluşturmuşlardır.

Doz x yıl interaksiyonu istatistiksel olarak önemsiz bulunmuş, rakamsal olarak en ince bitki gövde çapı ilk yıl, 2.70 mm ile 120 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında, en kalın gövde çapı ise ikinci yıl 8.31 mm ile kontrol grubunda ölçülmüştür.

Tablo 2. Cr dozlarının, biberin bitki gövde çapına (mm) etkisine ait ortalamalar

Dozlar mg kg ⁻¹ Cr	Bitki Gövde Çapı (mm)		Ortalama (2017 ve 2018)
	2017 yılı	2018 yılı	
0	7.61±0.31 ^{öd}	8.31±0.20	7.96 a**
15	6.74±0.42	7.74±0.81	7.24 ab
30	6.01±0.16	6.99±0.86	6.50 b
60	4.75±0.59	5.63±1.22	5.19 c
120	2.70±0.29	3.02±0.91	2.86 d
Ortalama	5.56 b**	6.34 a	DK: % 11.71
LSD (0.05)	Yıl: 0.54	Doz: 0.85	Yıl x Doz: -

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

**Şekil 3.2.** Cr dozlarının, biberin bitki gövde çapına (mm) etkisine ait değişim grafiği

3.1.3. Bitkide Yaprak Sayısı (adet)

Bitki yaprak sayısı varyans analiz sonucuna göre istatistiksel olarak, doz x yıl interaksyonu önemsiz iken doz ve yıl çok önemli (p<0.01) bulunmuştur. Cr dozlarına, yıllara ve doz x yıl interaksyonuna ait ortalamalar ve LSD testi grupları Tablo 3.3'te ve bitki yaprak sayısı değişim grafiği Şekil 3.3'te verilmiştir.

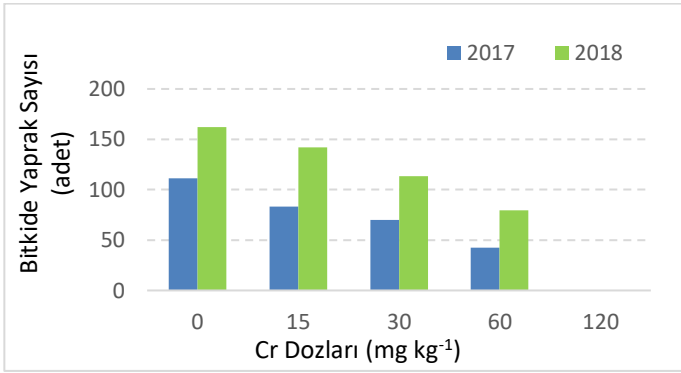
Uygulanan Cr dozları içerisinde 120 mg kg⁻¹ dozu uygulamadan kısa bir süre sonra yaprakların dökülüp kurummasına sebep olmuş ve yeni yapraklar bu dozda gelişmemiştir. Bu yüzden 120 mg kg⁻¹ Cr

uygulamasında yaprak sayımı yapılamamıştır. Diğer uygulanan Cr dozları bitkinin yaprak sayısında azalma meydana getirmiştir. En az yaprak sayısı (60.97 adet), 60 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında, en fazla ise kontrol bitkilerinde (136.73 adet)/ 0 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında sayılmıştır. İki yılın yaprak sayısı birbirinden farklı olmuştur; ilk yıl (2017 yılı) ortalama yaprak sayısı 76.77 adet iken ikinci yıl (2018 yılı) 124.25 adet olarak sayılmış, ikinci yıl ilk yıldan daha fazla yaprak sayısına sahip olmuş ve yıllar istatistiksel olarak farklı ortalama gruplarını oluşturmuştur. Doz x yıl interaksyonu istatistiksel olarak önemli bulunmamış fakat rakamsal olarak en az yaprak sayısı ilk yıl, 42.50 adet ile 60 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında, en fazla yaprak sayısı ise ikinci yıl 162.30 adet ile kontrol grubunda belirlenmiştir.

Tablo 3. Cr dozlarının, biber bitkisinin yaprak sayısına (adet) etkisine ait ortalamalar

Dozlar mg kg ⁻¹ Cr	Bitkide Yaprak Sayısı (adet)		Ortalama (2017 ve 2018)
	2017 yılı	2018 yılı	
0	111.17±7.67	162.30±15.7	136.73 a**
15	83.25±0.66	141.75±16.41	112.5 b
30	70.17±14.46	113.50±2.78	91.83 c
60	42.50±1.80	79.43±6.66	60.97 d
120	-	-	-
Ortalama	76.77 b**	124.25 a	DK: %10.45
LSD _(0.05)	Yıl: 9.20	Doz: 13.00	Yıl x Doz: -

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



Şekil 4.3. Cr dozlarının, biber bitkisinin yaprak sayısına (adet) etkisine ait değişim grafiği

3.1.4. Yaprak Eni (mm)

Yaprak eni varyans analizi sonucuna göre istatistiksel olarak, doz x yıl interaksiyonu önemli ($p < 0.05$) bulunurken, yıl ve doz çok önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur. Cr dozlarına, yıllara ve doz x yıl interaksiyonuna ait ortalamalar ve LSD testi grupları Tablo 3.4'te ve yaprak eni değişim grafiği Şekil 3.4'te verilmiştir.

Uygulanan Cr dozları içerisinde 120 mg kg⁻¹ dozu uygulamadan kısa bir süre sonra yaprakların dökülüp kurummasına sebep olmuş ve yeni yapraklar bu dozda gelişmemiştir. Bu yüzden 120 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında yaprak eni ölçülememiştir. Diğer uygulanan Cr dozları bitkinin yaprak eninde azalma meydana getirmiştir. En küçük yaprak eni (40.12 mm), 60 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında, en fazla ise kontrol bitkilerinde (52.53 mm)/ 0 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında belirlenmiştir.

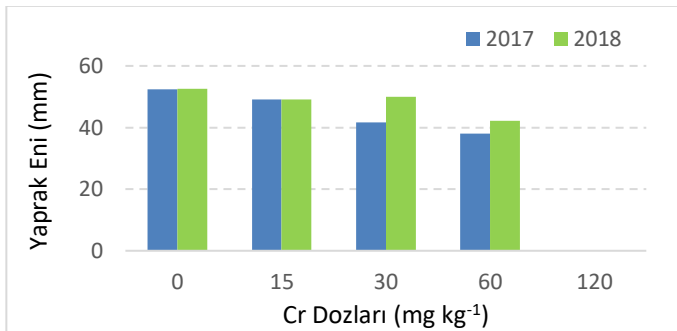
Yıllar arasında bitkilerin ölçülen yaprak enleri birbirinden farklı olmuştur; ilk yıl (2017 yılı) ortalama yaprak eni 45.30 mm iken ikinci yıl (2018 yılı) 48.43 mm olarak ölçülmüş, ikinci yıl ilk yıldan daha fazla yaprak enine sahip olmuş ve yıllar istatistiksel olarak farklı ortalama gruplarını oluşturmuştur.

Doz x yıl interaksiyonunda, en dar yaprak eni ilk yıl, 38.06 mm ile 60 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında, en geniş yaprak eni ise ikinci yıl 52.59 mm ile kontrol grubunda ölçülmüştür.

Tablo Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..4. Cr dozlarının, biber bitkisinin yaprak enine (mm) etkisine ait ortalamalar

Dozlar mg kg ⁻¹ Cr	Yaprak Eni (mm)		Ortalama (2017 ve 2018)
	2017 yılı	2018 yılı	
0	52.47±0.61 a*	52.59±4.09 a	52.53 a**
15	49.03±0.67 a	49.05±3.92 a	49.04 b
30	41.65±0.57 bc	49.90±2.86 a	45.78 c
60	38.06±2.72 c	42.18±3.93 b	40.12 d
120	-	-	-
Ortalama	45.30 b**	48.43 a	DK: %4.53
LSD _(0.05)	Yıl: 1.86	Doz: 2.63	Yıl x Doz:3.72

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



Şekil 3.4. Cr dozlarının, biber bitkisinin yaprak enine (mm) etkisine ait değişim grafiği

3.1.5. Yaprak Boyu (mm)

Yaprak boyu varyans analizi sonucuna göre istatistiksel olarak, yıl, doz ve doz x yıl interaksyonu çok önemli ($p<0.01$) bulunmuştur.

Cr dozlarına, yıllara ve doz x yıl interaksyonuna ait ortalamalar ve LSD testi grupları Tablo 3.5'te ve yaprak boyu değişim grafiği Şekil 3.5'te verilmiştir.

Uygulanan Cr dozları içerisinde 120 mg kg⁻¹ dozu uygulamadan kısa bir süre sonra yaprakların dökülüp kurummasına sebep olmuş ve yeni yapraklar bu dozda gelişmemiştir. Bu yüzden 120 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında yaprak boyu ölçülemediği için.

Diğer uygulanan Cr dozları bitkinin yaprak boyunda azalma meydana getirmiştir. En az yaprak boyu (77.99 mm), 60 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında, en fazla ise kontrol bitkilerinde (93.62 mm)/ 0 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında belirlenmiştir.

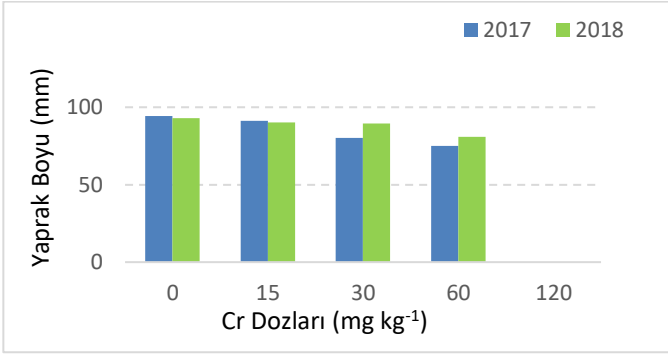
Yıllar arasında bitkilerin ölçülen yaprak boyları istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve ilk yıl (2017 yılı) ortalama yaprak boyu 85.20 mm iken ikinci yıl (2018 yılı) 88.41 mm olarak ölçülmüştür.

Doz x yıl interaksiyonuna bakıldığında ise en kısa yaprak boyu birinci yıl, 75.05 mm ile 60 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında, en uzun yaprak boyu ise yine birinci yıl 94.33 mm ile kontrol grubunda ölçülmüştür.

Tablo 5. Cr dozlarının, biber bitkisinin yaprak boyuna (mm) etkisine ait ortalamalar

Dozlar mg kg ⁻¹ Cr	Yaprak Boyu (mm)		Ortalama (2017 ve 2018)
	2017 yılı	2018 yılı	
0	94.33±4.11 a**	92.91±3.03 ab	93.62 a**
15	91.34±1.53 ab	90.21±2.52 ab	90.77 a
30	80.06±0.91 c	89.61±0.53 b	84.84 b
60	75.05±0.15 d	80.92±3.17 c	77.99 c
120	-	-	-
Ortalama	85.20 b**	88.41 a	DK: %2.91
LSD _(0.05)	Yıl: 2.21	Doz: 3.13	Yıl x Doz:4.43

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



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

3.1.6. Bitki Yaş Ağırlığı (g)

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

Farklı dozlardaki Cr uygulaması bitki yaş ağırlığı (g) üzerinde azalmaya sebep olmuştur. En fazla bitki yaş ağırlığı (149.79 g) kontrol bitkilerinde, en az bitki yaş ağırlığı (11.90 g) ise 120 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında belirlenmiştir.

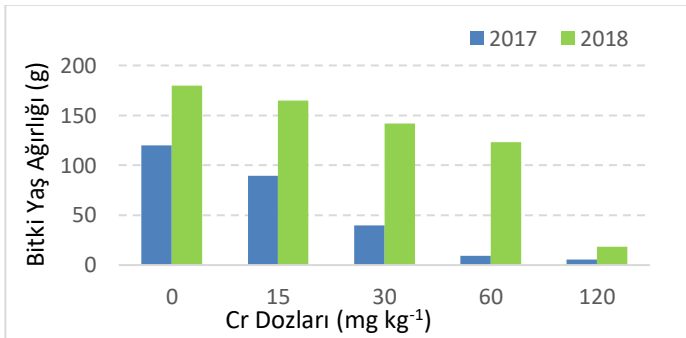
Yıllar arasında bitki yaş ağırlığı farklılık göstermiştir. İlk yıl (2017 yılı) bitki yaş ağırlığı 52.80 g iken ikinci yıl (2018 yılı) 125.63 g olarak belirlenmiştir. Yıllar istatistiksel olarak farklı ortalama gruplarını oluşturmuştur.

Doz x yıl interaksyonunda bitki yaş ağırlığı en az birinci yıl, 5.48 g ile 120 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında, en yüksek ikinci yıl 179.67 g ile kontrol grubunda belirlenmiştir.

Tablo 6. Cr dozlarının bitki yaş ağırlığına (g) etkisine ait ortalamalar

Dozlar mg kg ⁻¹ Cr	Bitki Yaş Ağırlığı (g)		Ortalama (2017 ve 2018)
	2017 yılı	2018 yılı	
0	119.91±9.41 c**	179.67±17.55 a	149.79 a**
15	89.63±2.37 d	165.00±15.61 a	127.31 b
30	39.50±4.75 e	141.83±6.53 b	90.67 c
60	9.51±1.50 f	123.33±11.06 c	66.42 d
120	5.48±1.48 f	18.33±7.57 f	11.90 e
Ortalama	52.80 b**	125.63 a	DK: %10.93
LSD (0,05)	Yıl: 7.48	Doz: 11.83	Yıl x Doz: 16.72

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

**Şekil 3.61.** Cr dozlarının bitki yaş ağırlığına (g) etkisine ait değişim grafiği

3.1.7. Bitki Kuru Ağırlığı (g)

Bitki kuru ağırlığı (g) varyans analizi sonucuna göre istatistiksel olarak doz, yıl ve doz x yıl interaksiyonu çok önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. Cr dozlarına, yıllara ve doz x yıl interaksiyonuna ait ortalamalar ve LSD testi grupları Tablo 3.7’de, bitki kuru ağırlığı (g) değişim grafiği ise Şekil 3.7’de verilmiştir.

Farklı dozlardaki Cr uygulaması bitki kuru ağırlığı (g) üzerinde azalmaya sebep olmuş ve en fazla bitki kuru ağırlığı (55.62 g) kontrol

bitkilerinde, en az bitki kuru ağırlığı (8.55 g) ise 120 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında belirlenmiştir.

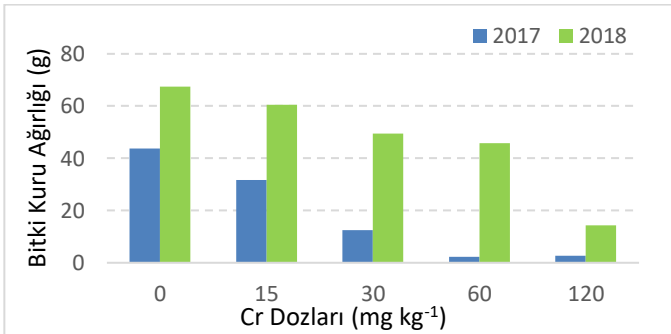
Yıllar arasında bitki kuru ağırlığı farklılık göstermiştir. İlk yıl (2017 yılı) bitki kuru ağırlığı 18.58 g iken ikinci yıl (2018 yılı) 47.49 g olarak belirlenmiştir. Yıllar istatistiksel olarak farklı ortalama gruplarını oluşturmuştur.

Doz x yıl interaksiyonunda bitki kuru ağırlığı en az birinci yıl, 2.22 g ile 60 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında, en yüksek ikinci yıl 67.44 g ile kontrol grubunda belirlenmiştir.

Tablo 3.7. Cr dozlarının bitki kuru ağırlığına (g) etkisine ait ortalamalar

Dozlar mg kg ⁻¹ Cr	Bitki Kuru Ağırlığı (g)		Ortalama (2017 ve 2018)
	2017 yılı	2018 yılı	
0	43.80±0.85 d**	67.44±2.34 a	55.62 a**
15	31.72±3.11 e	60.58±1.77 b	46.15 b
30	12.40±2.52 f	49.42±4.97 c	30.91 c
60	2.22±0.37 g	45.69±4.06 cd	23.96 d
120	2.75±0.69 g	14.33±1.53 f	8.55 e
Ortalama	18.58 b**	47.49 a	DK: %8.40
LSD (0,05)	Yıl: 2.13	Doz: 3.37	Yıl x Doz: 4.76

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



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

3.1.8. Kök Yaş Ağırlığı (g)

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

Farklı dozlardaki Cr uygulaması kök yaş ağırlığı (g) üzerinde azalmaya neden olmuştur. En yüksek kök yaş ağırlığı (31.97 g) kontrol bitkilerinde, en az kök yaş ağırlığı (12.00 g) ise 120 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında belirlenmiştir.

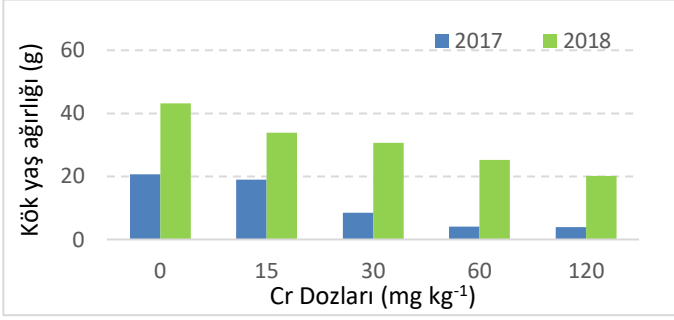
Yıllar arasında kök yaş ağırlığı istatistiksel olarak farklı bulunmuştur. İlk yıl (2017 yılı) kök yaş ağırlığı 11.19 g iken ikinci yıl (2018 yılı) 30.62 g olarak belirlenmiştir. Yıllar farklı ortalama gruplarını oluşturmuştur.

Doz x yıl interaksyonu istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ancak rakamsal olarak kök yaş ağırlığı en az birinci yıl, 3.84 g ile 120 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında, en yüksek ikinci yıl 43.23 g ile kontrol bitkilerinde belirlenmiştir.

Tablo 7. Cr dozlarının kök yaş ağırlığına (g) etkisine ait ortalamalar

Dozlar mg kg ⁻¹ Cr	Kök Yaş Ağırlığı (g)		Ortalama (2017 ve 2018)
	2017 yılı	2018 yılı	
0	20.72±1.13 ^{öd}	43.23±1.03	31.97 a**
15	18.89±3.25	33.90±3.23	26.40 b
30	8.45±0.61	30.58±4.12	19.52 c
60	4.05±0.93	25.23±4.72	14.64 d
120	3.84±0.25	20.16±4.73	12.00 d
Ortalama	11.19 b**	30.62 a	DK: % 14.01
LSD _(0,05)	Yıl: 2.25	Doz: 3.55	Yıl x Doz: -

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



Şekil 28. Cr dozlarının kök yaş ağırlığına (g) etkisine ait değişim grafiği

3.1.9. Kök Kuru Ağırlığı (g)

Kök kuru ağırlığı (g) varyans analizi sonucuna göre istatistiksel olarak, doz ve yıl çok önemli ($p < 0.01$) iken doz x yıl etkisi önemsiz bulunmuştur. Cr dozlarına, yıllara ve doz x yıl etkisine ait ortalamalar ve LSD testi grupları Tablo 3.9'da kök kuru ağırlığı (g) değişim grafiği ise Şekil 3.9'da verilmiştir.

Farklı dozlardaki Cr uygulaması kök kuru ağırlığı (g) üzerinde azalmaya neden olmuş en fazla kök kuru ağırlığı (6.73 g) kontrol bitkilerinde, en düşük kök kuru ağırlığı (3.17 g) ise 120 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında belirlenmiştir.

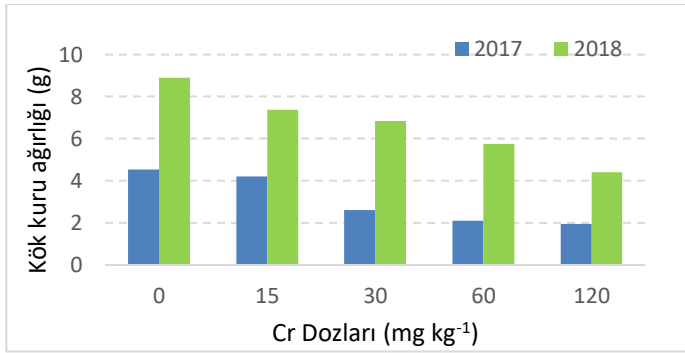
Yıllar arasında kök kuru ağırlığında istatistiksel olarak farklılık belirlenmiştir. İlk yıl (2017 yılı) kök kuru ağırlığı 3.08 g iken ikinci yıl (2018 yılı) 6.66 g olarak belirlenmiştir. Yıllar farklı ortalama gruplarını oluşturmuştur.

Doz x yıl etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunurken, rakamsal olarak kök kuru ağırlığı en az birinci yıl, 1.94 g ile 120 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında, en yüksek ikinci yıl 8.90 g ile kontrol grubunda belirlenmiştir.

Tablo 8. Cr dozlarının bitki kök kuru ağırlığına (g) etkisine ait ortalamalar

Dozlar mg kg ⁻¹ Cr	Kök Kuru Ağırlığı (g)		Ortalama (2017 ve 2018)
	2017 yılı	2018 yılı	
0	4.55±0.44 ^{öd}	8.90±0.47	6.73 a**
15	4.20±1.17	7.38±0.68	5.79 b
30	2.62±0.52	6.85±0.93	4.73 c
60	2.11±0.08	5.75±0.82	3.94 d
120	1.94±0.15	4.41±0.61	3.17 e
Ortalama	3.08 b**	6.66 a	DK: %12.00
LSD (0,05)	Yıl: 0.45	Doz: 0.71	Yıl x Doz:-

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

**Şekil 3.9.** Cr dozlarının bitki kök kuru ağırlığına (g) etkisine ait değişim grafiği

Krom uygulaması sonucu bitki boylarına bakıldığında kontrol grubu ve 15 mg kg⁻¹ uygulamalarının istatistiksel olarak aynı grupta olduğu görülmüştür. 15 mg kg⁻¹ Cr bitki boyunda olumsuz bir etki göstermemiştir ancak artan Cr dozları biber bitkisinin boyunda düşüşe sebep olmuştur. Yapılmış çalışmalarda Cr uygulamalarının bitki boyuna etkileri ile ilgili elde edilen sonuçlar çalışmamızla benzerlik göstermektedir: Kasmiyati ve ark. (2016) sorgumda kromun (CrCl₃ ve KCr (SO₄)₂) farklı formlarının her ikisinde de bitki boyunun negatif

etkilendiğini belirtmişlerdir. *Brassica juncea* (L.)’da bitki boyu Cr uygulaması sonucu yaklaşık %50 azalmıştır (Gupta ve ark., 2009).

Bitki gövde çapında yine 15 mg kg⁻¹ Cr uygulaması kontrol grubuna yakın etki gösterirken diğer artan dozlar gövde çapında azalışa neden olmuştur. Hatta 120 mg kg⁻¹ Cr dozu sonucu bitkiler uygulamadan çok kısa bir süre sonra kuruyup öldüğü için çok düşük sonuçlar elde edilmiştir. Samiyarsih ve ark. (2021) 5 farklı krom (Cr) seviyesinde biber bitkisine Cr stresi uygulama sonuçlarında biberde gövde çapı azalmıştır.

Kadmiyuma ait yaprak ölçüm parametrelerinin değerlendirilmesi açıklanırken bitkide yaprak sayısı, yaprak eni ve yaprak boyunun yaprak alanını kısmen temsil ettiği Diao ve ark. (2009), Giuffrida ve ark. (2011) tarafından bildirilmiştir. Krom (Cr) uygulaması sonucu tüm yaprak parametreleri olumsuz etkilenmiş ve hem yaprak sayısı hem de yaprak en ve boyu düşmüştür. Besin çözeltilisinde artan Cr⁺⁶ seviyesi, bitkide CO₂ asimilasyonunu ve *Lolium perenne* yapraklarının fotosistemiyle ilişkili diğer parametreleri azaltmıştır (Vernay ve ark., 2007). Kromun artan dozu domates, börülce, kara mercimek ve pamuk bitkilerinde yaprak alanını azaltmıştır (Karunyal ve ark., 1994). Cr domates bitkisinde yaprak alanı ve bitki biyokütlesini olumsuz etkilemiştir (Henriques, 2010).

Uygulanan Cr dozlarının artmasına paralel olarak biber bitkisinin yaş ve kuru biyokütlesi ile aynı zamanda kök yaş ve kuru biyokütlesi azalma göstermiştir. Krom toksitesinin neden olduğu temel şeyin kök hücrelerinin bölünmesinin ve fonksiyonlarının engellenmesinden ileri gelen kök büyümesinin durması/engellenmesi olmuştur (Shanker ve ark., 2005). Domates bitkisinde Cr kök kuru ağırlığını kontrole kıyasla %16 oranında azaltmıştır (Al-Huqail ve ark., 2020). *Datura innoxia* bitkisinin biyokütlesinde Cr azalma meydana getirmiştir (Vernay ve ark., 2008). Subrahmanyam (2008)’ın çalışmasında Cr buğday bitkisinin biyokütlesini ve kök kuru ağırlığını azaltmıştır. Bezelye bitkisine krom (Cr⁺⁶) muamelesi sonucu kontrol bitkilerine kıyasla uygulama yapılan

bitkilerin kök uzunluğunda %18 oranında düşüş meydana gelmiştir (Pandey ve ark., 2009).

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

4. Sonuç

Krom (Cr) stresi kırmızıbiberin incelenen bitkisel özelliklerini (bitki boyu, bitki gövde çapı, yaprak sayısı, bitki yaş ve kuru ağırlığı, kök yaş ve kuru ağırlığı) negatif yönde etkilemiştir. Ayrıca en yüksek doz olan 60 ve 120 mg kg⁻¹ Cr uygulamalarında bitkiler solmuş yaprakları dökülmüş ve kuruyarak ölmüştür.

KAYNAKLAR

- Al-Huqail, A. A., Ali, H. M., Kushwaha, B. K., Al-Huqail, A. A., Singh, V. P., & Siddiqui, M. H. (2020). Ascorbic acid is essential for inducing chromium (VI) toxicity tolerance in tomato roots. *Journal of Biotechnology*, 322, 66-73.
- Cervantes, C., & Campos-García, J. (2007). Reduction and efflux of chromate by bacteria. In *Molecular Microbiology of Heavy Metals* (pp. 407-419). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Diao, J., Lei, X., Hong, L., Rong, J., & Shi, Q. (2009). Estimating single leaf area of eucalyptus (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*) using leaf length and width. In *2009 Third International Symposium on Plant Growth Modeling, Simulation, Visualization and Applications* (pp. 53-57). IEEE.
- Giuffrida, F., Roupheal, Y., Toscano, S., Scuderi, D., Romano, D., Rivera, C. M., ... & Leonardi, C. (2011). A simple model for nondestructive leaf area estimation in bedding plants. *Photosynthetica*, 49(3), 380-388.
- Gupta, S., Srivastava, S., & Pardha Saradhi, P. (2009). Chromium increases photosystem 2 activity in *Brassica juncea*. *Biologia Plantarum*, 53(1), 100-104.
- Henriques, F. S. (2010). Changes in biomass and photosynthetic parameters of tomato plants exposed to trivalent and hexavalent chromium. *Biologia Plantarum*, 54(3), 583-586.
- Joutey, N. T., Sayel, H., Bahafid, W., & Ghachtouli, N. E. (2015). Mechanisms of hexavalent chromium resistance and removal by microorganisms. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 233, 45-69.
- Karunyal, S., Renuga, G., & Kailash, P. (1994). Effects of tannery effluent on seed germination, leaf area, biomass and mineral content of some plants. *Bioresource Technology*, 47(3), 215-218.
- Kasmiyati, S., Santosa, S., Priyambada, I. D., Dewi, K., Suchayo, S., &

- Sandradewi, R. (2016). Growth response of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. cultivars to trivalent chromium stress. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*, 8(1), 73-86.
- Pandey, V., Dixit, V., & Shyam, R. (2009). Chromium (VI) induced changes in growth and root plasma membrane redox activities in pea plants. *Protoplasma*, 235(1), 49-55.
- Samiyarsih, S., Fitrianto, N., Fauziah, D. W. N., & Lestari, S. (2021). The effect of chromium stress on micro-anatomical profile of Chili (*Capsicum annum* L.). *Berita Biologi*, 20(1), 103-113.
- Shanker, A. K., Cervantes, C., Loza-Tavera, H., & Avudainayagam, S. (2005). Chromium toxicity in plants. *Environment International*, 31(5), 739-753.
- Shanker, A. K., Djanaguiraman, M., & Venkateswarlu, B. (2009). Chromium interactions in plants: current status and future strategies. *Metallomics*, 1(5), 375-383.
- Sharma, A., Kapoor, D., Wang, J., Shahzad, B., Kumar, V., Bali, A. S., ... & Yan, D. (2020). Chromium bioaccumulation and its impacts on plants: an overview. *Plants*, 9(1), 100.
- Subrahmanyam, D. (2008). Effects of chromium toxicity on leaf photosynthetic characteristics and oxidative changes in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Photosynthetica*, 46(3), 339-345.
- Vernay, P., Gauthier-Moussard, C., & Hitmi, A. (2007). Interaction of bioaccumulation of heavy metal chromium with water relation, mineral nutrition and photosynthesis in developed leaves of *Lolium perenne* L. *Chemosphere*, 68(8), 1563-1575.
- Vernay, P., Gauthier-Moussard, C., Jean, L., Bordas, F., Faure, O., Ledoigt, G., & Hitmi, A. (2008). Effect of chromium species on phytochemical and physiological parameters in *Datura innoxia*. *Chemosphere*, 72(5), 763-771.

BÖLÜM 9

KROM (Cr) UYGULAMASININ KIRMIZIBİBERİN MEYVE ÖZELLİKLERİNE VE BAZI BİYOKİMYASAL İÇERİKLERİNE ETKİSİ

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

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10155220>

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

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

1. Giriş

Kırmızıbiberde krom (Cr) stresinin bitkinin meyve özelliklerinde ve bazı biyokimyasal içeriklerinde meydana getirdiği etkileri incelemek amacıyla bu çalışma yapılmıştır. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesinde yürütülen çalışmada Doğu Akdeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden temin edilen "Maraş-1" kırmızıbiber çeşidine ait fideler kullanılmıştır. Deneme (5 doz Cr elementi x 3 tekerrür) tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuş ve 2017-2018 yıllarında 2 yıl süre ile yürütülmüştür. Uygulanan krom (Cr) dozları 0, 15, 30, 60 ve 120 mg kg⁻¹ şeklindedir. Yaklaşık 160 günlük vejetasyon süresi sonunda incelenen meyve özellikleri; bitki başına toplam meyve sayısı (adet), bitki başına toplam meyve ağırlığı (g), ortalama meyve ağırlığı (g/adet), meyve çapı (mm), meyve boyu (mm), meyve şekil indeksi (boy/çap), meyve et kalınlığı (mm), meyve eti yaş ve kuru ağırlığı, meyve tohum evi yaş ve kuru ağırlığı olmuştur. Biyokimyasal yönden ise biber meyvelerinde antioksidan aktivite (μg trolox/g yaş örnek), toplam fenolik madde (μg gallik asit/g yaş örnek), askorbik asit içeriği (mg askorbik asit/100 g yaş örnek) ve yapraklarda klorofil SPAD değeri olmuştur. Krom uygulamasının 2017 ve 2018 yılları ortalama sonuçlarında, meyve çapı (mm) istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) bulunurken meyve şekil indeksi (boy/çap) önemsiz bulunmuş ve incelenen diğer tüm meyve özellikleri (bitki başına toplam meyve sayısı (adet), bitki başına toplam meyve ağırlığı (g), ortalama meyve ağırlığı (g/adet), meyve boyu (mm), meyve et kalınlığı (mm), meyve eti yaş ve kuru ağırlığı, meyve tohum evi yaş ve kuru ağırlığı), antioksidan aktivite (μg trolox/g yaş örnek), toplam fenolik madde (μg gallik asit/g yaş örnek), askorbik asit içeriği (mg askorbik asit/100 g yaş örnek), klorofil SPAD değeri istatistiksel olarak çok önemli ($p<0.01$) bulunmuştur.

Krom uygulamaları biber bitkisinin meyve özelliklerine olumsuz etkide bulunmuştur. En yüksek iki doz olan 60 ve 120 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında biber bitkisinde meyve tutumu gerçekleşmemiştir.

Biyokimyasal olarak toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite krom stresinde önce artmış daha sonra azalmıştır, askorbik asit ve göreceli klorofil değeri Cr stresi ile azalma göstermiştir.

Yer kabuğunun krom (Cr) konsantrasyonu ortalama 100 mg kg^{-1} iken dünya topraklarının ortalama Cr konsantrasyonu 60 mg kg^{-1} 'dir. Cr'nin ana kullanım alanı metalurji, refrakter ve endüstrileridir, bununla birlikte büyük kısmı paslanmaz çelik ve kromat kaplamada, kimya endüstrisinde (sarı renginden dolayı da pigment olarak), ahşap koruyucularda ve metal kaplamada kullanılmaktadır.

Boya vernikleri, cilalar ve mürekkepler için yeşil renk tonlarının üretiminde yaygın olarak tercih edilmektedir. Özellikle deri tabaklama işleminde önemli miktarlarda Cr bileşikleri kullanılmaktadır. Ayrıca krom, kağıt üretiminin çeşitli aşamalarında da yer almaktadır. Endüstriyel ve konut kaynaklı oluşan atık suların arıtma tesisleri önemli miktarlarda Cr yaymaktadırlar. Toprakta kolayca çözünen Cr^{+6} bitkiler ve hayvanlar için toksiktir (Kabata-Pendias, 2011).

Kahramanmaraş il genelindeki sanayi tesislerinin yoğunluğu ve topraklara yüklenen ağır metal kirliliği kapsamında; bu çalışmanın amacı Kahramanmaraş ve çevre illerde de en önemli sebzelerden biri olan kırmızıbiberde, Cr stresinde bitkinin meyve özelliklerinde ve bazı biyokimyasal içeriklerinde oluşan değişimi incelemektir.

2. Materyal ve Metot

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

Toprak KSÜ Avşar Kampüsünden alınmıştır ve toprağa ait bazı özellikler; saturasyon %58.1, pH 7.32, tuz %0.1, kireç %0.7 organik madde %0.6 şeklindedir.

Çalışmada Doğu Akdeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden temin edilen "Maraş-1" kırmızıbiber çeşidine ait

fideler kullanılmıştır. Krom elementi ticari olarak potasyum kromat (K_2CrO_4) olarak temin edilmiştir.

Deneme (5 doz Cr elementi x 3 tekerrür) tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuş ve 2017-2018 yıllarında 2 yıl süre ile yürütülmüştür. Uygulanan krom (Cr) dozları 0, 15, 30, 60 ve 120 mg kg⁻¹ şeklindedir.

Toprak elendikten sonra 10 kg ağırlığında saksılara doldurulmuş daha sonra fideler dikilmiş ve dekara 15 kg N, 10 kg P₂O₅ ve 15 kg K₂O oranı ile toprak ağırlıklarına göre gübreleme yapılmıştır. Krom uygulaması (0, 15, 30, 60 ve 120 mg kg⁻¹) fideler yerlerine adapte olduktan sonra yapılmıştır.

Vejetasyon süresi içerisinde olgunlaşan kırmızıbiber meyveleri toplanmış meyve özellikleri belirlenmiş ve biyokimyasal analizler için hazır hale getirilmiştir.

Meyve özelliklerine (bitki başına toplam meyve sayısı (adet), bitki başına toplam meyve ağırlığı (g), ortalama meyve ağırlığı (g/adet), meyve çapı (mm), meyve boyu (mm), meyve şekil indeksi (boy/çap), meyve et kalınlığı (mm), meyve eti yaş ve kuru ağırlığı, meyve tohum evi yaş ve kuru ağırlığı) ait ölçümler vejetasyon süresi içinde hasat olgunluğuna gelen kırmızıbiber meyvelerinde yapılmıştır.

Klorofil ölçümleri SPAD-502-Minolta ile yapılmıştır. Antioksidan aktivite tayini ABTS (2,2'-azinobis (3-etilbenzothiazolin-6-sulfonik asit) diamonyum tuzu) yöntemiyle (Re ve ark., 1999), toplam fenolik madde Folin&Ciocalteu reaktifi ile (Sora ve ark., 2015), askorbik asit tayini ise metafosforik asit ile maserasyon yöntemi (Nagy ve ark., 2015) ile yapılmıştır.

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

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Meyve Özellikleri (Cr)

3.1.1. Bitki başına toplam meyve ağırlığı (g/bitki)

Bitki başına toplam meyve ağırlığı (g/bitki) varyans analiz sonucuna göre istatistiksel olarak, doz, yıl ve doz x yıl interaksyonu çok önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur. Cr dozlarına, yıllara ve doz x yıl interaksyonuna ait ortalamalar ve LSD testi grupları Tablo 3.1’de bitki başına toplam meyve ağırlığı değişim grafiği ise Şekil 3.1’de verilmiştir.

60 ve 120 mg kg⁻¹ Cr uygulamalarında biber bitkisinde değerlendirilebilecek meyve tutumu gerçekleşmemiştir. Uygulanan Cr dozlarının artması ile birlikte biber bitkisinin bitki başına toplam meyve ağırlığında azalma görülmüştür. En az bitki başına toplam meyve ağırlığı (24.94 g), 30 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında, en fazla bitki başına toplam meyve ağırlığı ise kontrol bitkilerinde (110.19 g)/0 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında belirlenmiştir. Cr uygulaması bitki başına toplam meyve ağırlığını olumsuz etkilemiştir. İstatistiksel olarak 0, 15 ve 30 mg kg⁻¹ Cr uygulamaları farklı ortalama gruplarını oluşturmuştur.

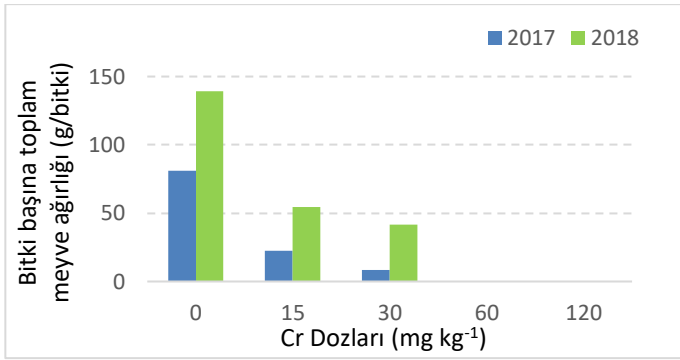
Yıllar arasında bitki başına toplam meyve ağırlığında büyük fark görülmüştür. İki yılın bitki başına toplam meyve ağırlığı değerlerinde; ilk yıl (2017 yılı) ortalama 37.29 g iken ikinci yıl (2018 yılı) 78.47 g olarak belirlenmiş ve istatistiksel olarak yıllar, farklı ortalama gruplarını oluşturmuşlardır.

Doz x yıl interaksyonunda ise en az bitki başına toplam meyve ağırlığı ilk yıl, 8.26 g ile 30 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında, en fazla bitki başına toplam meyve ağırlığı ikinci yıl 139.37 g ile kontrol grubunda belirlenmiştir.

Tablo 3.1. Cr dozlarının, biber bitkisinin bitki başına toplam meyve ağırlığına (g/bitki) etkisine ait ortalamalar

Dozlar mg kg ⁻¹ Cr	Bitki başına toplam meyve ağırlığı (g/bitki)		
	2017 yılı	2018 yılı	Ortalama (2017 ve 2018)
0	81.01±3.55 b**	139.37±10.43 a	110.19 a**
15	22.59±3.75 e	54.44±7.82 c	38.51 b
30	8.26±0.83 f	41.62±4.49 d	24.94 c
60	-	-	-
120	-	-	-
Ortalama	37.29 b**	78.47 a	DK: %11.27
LSD (0,05)	Yıl: 6.85	Doz: 8.40	Yıl x Doz: 11.87

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

**Şekil 3.1.** Cr dozlarının biber bitkisinin bitki başına toplam meyve ağırlığına (g/bitki) etkisine ait değişim grafiği

3.1.2. Bitki başına toplam meyve sayısı (adet)

Bitki başına toplam meyve sayısı varyans analiz sonucuna göre istatistiksel olarak, doz x yıl interaksyonu önemli (p<0.05) bulunurken, yıl ve doz çok önemli (p<0.01) bulunmuştur. Cr dozlarına, yıllara ve doz x yıl interaksyonuna ait ortalamalar ve LSD testi grupları Tablo 3.2'de,

bitki başına toplam meyve sayısı değişim grafiği ise Şekil 3.2’de verilmiştir.

60 ve 120 mg kg⁻¹ Cr uygulamalarında biber bitkisinde değerlendirilebilecek meyve tutumu gerçekleşmemiştir. Uygulanan Cr dozları kontrole göre bitki başına toplam meyve sayısını olumsuz etkilemiş ve azalış görülmüştür. Bitki başına toplam meyve sayısı en fazla (10.62 adet) kontrol bitkilerinde belirlenmiş ve istatistiksel olarak kontrol grubu birinci ortalama grubunu oluşturmuştur. En az (6.29 adet) ise, 30 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında belirlenmiştir. Kontrol grubu dışındaki Cr dozları (15 ve 30 mg kg⁻¹) kontrole göre daha düşük olmakla birlikte aynı grupta yer alarak ikinci ortalama grubunu oluşturmuştur.

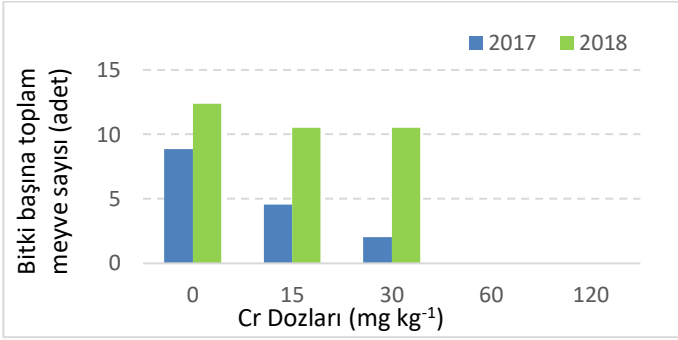
Yıllar arasında bitki başına toplam meyve sayısında fark görülmüştür. İki yılın bitki başına toplam meyve sayısı değerlerinde; ilk yıl (2017 yılı) ortalama 5.15 adet iken ikinci yıl (2018 yılı) 11.14 adet olarak belirlenmiş ve istatistiksel olarak yıllar, farklı ortalama gruplarını oluşturmuşlardır.

Doz x yıl interaksiyonunda, bitki başına toplam meyve sayısı en az az ilk yıl, 2.30 adet ile 30 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında, bitki başına toplam meyve sayısı en fazla ikinci yıl 12.39 adet ile kontrol grubunda belirlenmiştir.

Tablo 3.2. Cr dozlarının, biber bitkisinin bitki başına toplam meyve sayısına (adet) etkisine ait ortalamalar

Dozlar mg kg ⁻¹ Cr	Bitki başına toplam meyve sayısı (adet)		
	2017 yılı	2018 yılı	Ortalama (2017 ve 2018)
0	8.85±1.15 b*	12.39±2.07 a	10.62 a**
15	4.55±0.75 c	10.50±1.09 ab	7.53 b
30	2.05±0.42 c	10.53±2.00 ab	6.29 b
60	-	-	-
120	-	-	-
Ortalama	5.15 b**	11.14 a	DK: % 18.24
LSD (0.05)	Yıl: 1.56	Doz: 1.91	Yıl x Doz: 2.70

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



Şekil 3.2. Cr dozlarının biber bitkisinin bitki başına toplam meyve sayısına (adet) etkisine ait değişim grafiği

3.1.3. Ortalama meyve ağırlığı (g/adet)

Ortalama meyve ağırlığı varyans analiz sonucuna göre istatistiksel olarak, yıl ve doz x yıl interaksiyonu önemsiz bulunurken, doz çok önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur. Cr dozlarına, yıllara ve doz x yıl interaksiyonuna ait ortalamalar ve LSD testi grupları Tablo 3.3'te, ortalama meyve ağırlığı değişim grafiği ise Şekil 3.3'te verilmiştir.

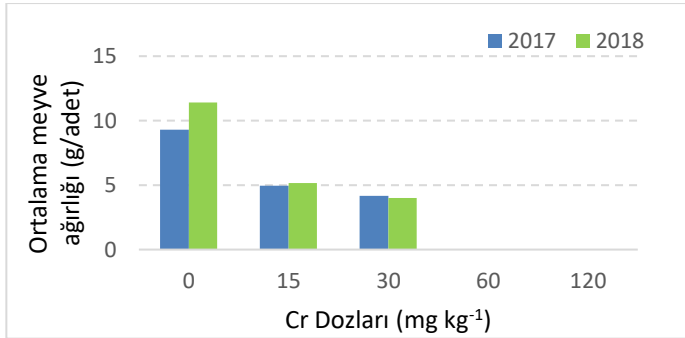
60 ve 120 mg kg⁻¹ Cr uygulamalarında biber bitkisinde değerlendirilebilecek meyve tutumu gerçekleşmemiştir. Uygulanan Cr dozlarının artması ile birlikte biber bitkisinin ortalama meyve ağırlığında azalma görülmüştür. Ortalama meyve ağırlığı en az (4.08 g/adet) 30 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında belirlenmiş, en fazla (10.34 g/adet) ortalama meyve ağırlığı kontrol bitkilerinden elde edilmiştir. Yıllar arasında ortalama meyve ağırlığında istatistiksel olarak fark görülmemiştir. İlk yıl (2017 yılı) ortalama 6.14 g/adet iken ikinci yıl (2018 yılı) 6.86 g/adet olarak belirlenmiştir.

Doz x yıl interaksiyonu istatistiksel olarak önemsiz bulunsa da rakamsal olarak ortalama meyve ağırlığı en az az ikinci yıl, 4.01 g/adet ile 30 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında, en fazla ikinci yıl 11.39 g/adet ile kontrol grubunda belirlenmiştir.

Tablo 3.3. Cr dozlarının, biber bitkisinin ortalama meyve ağırlığına (g/adet) etkisine ait ortalamalar

Dozlar mg kg ⁻¹ Cr	Ortalama meyve ağırlığı (g/adet)		Ortalama (2017 ve 2018)
	2017 yılı	2018 yılı	
0	9.29±1.62 ^{öd}	11.39±1.26	10.34 a**
15	4.96±0.01	5.18±0.43	5.07 b
30	4.15±0.97	4.01±0.50	4.08 b
60	-	-	-
120	-	-	-
Ortalama	6.14	6.86	DK: %16.09
LSD (0.05)	Yıl: öd	Doz: 1.35	Yıl x Doz:öd

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

**Şekil 3.3.** Cr dozlarının biber bitkisinin ortalama meyve ağırlığına (g/adet) etkisine ait değişim grafiği

3.1.4. Meyve Çapı (mm)

Ortalama meyve çapı varyans analiz sonucuna göre istatistiksel olarak, yıl ve doz x yıl interaksiyonu önemsiz bulunurken, doz önemli (p<0.05) bulunmuştur. Cr dozlarına, yıllara ve doz x yıl interaksiyonuna ait ortalamalar ve LSD testi grupları Tablo 3.4'te, meyve çapı (mm) değişim grafiği ise Şekil 3.4'te verilmiştir.

60 ve 120 mg kg⁻¹ Cr uygulamalarında biber bitkisinde değerlendirilebilecek meyve tutumu gerçekleşmemiştir. En dar meyve

çapı (20.39 mm) 30 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında, en geniş meyve çapı ise (24.18 mm) kontrol grubunda belirlenmiştir.

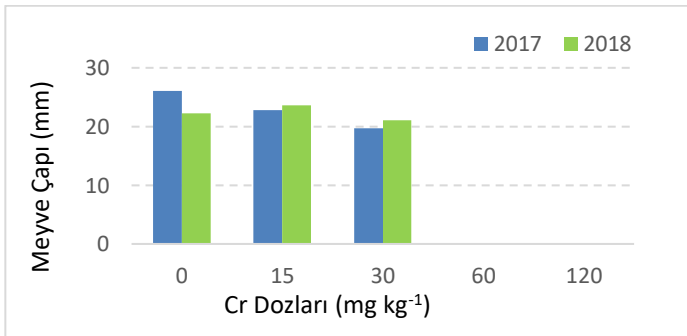
Yıllar arasında meyve çapı istatistiksel olarak önemsiz bulunsa da rakamsal olarak ilk yıl (2017 yılı) 22.86 mm iken ikinci yıl (2018 yılı) 22.34 mm olarak belirlenmiştir.

Doz x yıl interaksiyonu istatistiksel olarak önemsiz bulunmuş fakat rakamsal olarak bakıldığında meyve çapı en düşük birinci yıl, 19.38 mm ile 30 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında, en yüksek ilk yıl 26.08 mm ile kontrol grubunda belirlenmiştir.

Tablo 3.4. Cr dozlarının, biber bitkisinin meyve çapına (mm) etkisine ait ortalamalar

Dozlar mg kg ⁻¹ Cr	Meyve Çapı (mm)		
	2017 yılı	2018 yılı	Ortalama (2017 ve 2018)
0	26.08±0.36 ^{öd}	22.29±2.34	24.18 a*
15	22.83±0.34	23.62±0.67	23.23 a
30	19.68±0.33	21.10±2.74	20.39 b
60	-	-	-
120	-	-	-
Ortalama	22.86^{öd}	22.34	DK: %8.49
LSD _(0.05)	Yıl:-	Doz: 2.47	Yıl x Doz:-

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



Şekil 3.4. Cr dozlarının biber bitkisinin meyve çapına (mm) etkisine ait değişim grafiği

3.1.5.Meyve Boyu (mm)

Meyve boyu (mm) varyans analizi sonucuna göre istatistiksel olarak, yıl ve doz x yıl interaksyonu önemsiz bulunurken, doz çok önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. Cr dozlarına, yıllara ve doz x yıl interaksyonuna ait ortalamalar ve LSD testi grupları Tablo 3.5'te, meyve boyu (mm) değişim grafiği ise Şekil 3.5'te verilmiştir.

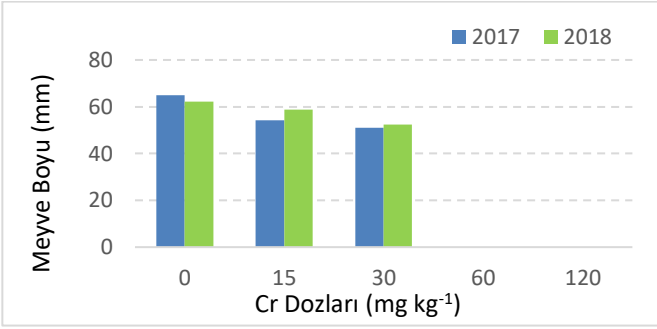
60 ve 120 mg kg⁻¹ Cr uygulamalarında biber bitkisinde değerlendirilebilecek meyve tutumu gerçekleşmemiştir. Cr dozları meyve boyunda azalmaya neden olmuş; en yüksek meyve boyu (63.58 mm) kontrol grubunda ölçülmüş, en az (51.75 mm) 30 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında belirlenmiştir. Yıllar arasında meyve boyunda istatistiksel olarak fark görülmemiştir. Rakamsal olarak ise ilk yıl (2017 yılı) meyve boyu ortalaması 56.75 mm iken ikinci yıl (2018 yılı) 57.84 mm olarak belirlenmiştir.

Doz x yıl interaksyonu da istatistiksel olarak önemsiz bulunmuş fakat rakamsal olarak ortalama meyve boyu en az birinci yıl 51.09 mm ile 3 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında, en fazla birinci yıl 64.87 mm ile kontrol grubunda belirlenmiştir.

Tablo 3.5. Cr dozlarının, biber bitkisinin meyve boyuna (mm) etkisine ait ortalamalar

Dozlar mg kg ⁻¹ Cr	Meyve Boyu (mm)		Ortalama (2017 ve 2018)
	2017 yılı	2018 yılı	
0	64.87±0.98 ^{öd}	62.28±3.23	63.58 a**
15	54.28±3.07	58.82±4.44	56.55 b
30	51.09±3.37	52.41±9.06	51.75 b
60	-	-	-
120	-	-	-
Ortalama	56.75^{öd}	57.84	DK: %8.84
LSD (0.05)	Yıl:-	Doz: 6.51	Yıl x Doz:-

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



Şekil 3.5. Cr dozlarının biber bitkisinin meyve boyuna (mm) etkisine ait değişim grafiği

3.1.6. Meyve şekil indeksi (boy/en oranı)

Meyve şekil indeksi (boy/en oranı) varyans analizi sonucuna göre istatistiksel olarak, doz, yıl ve doz x yıl interaksyonu önemsiz bulunmuştur. Cr dozlarına, yıllara ve doz x yıl interaksyonuna ait ortalamalar ve LSD testi grupları Tablo 3.6'da, meyve şekil indeksi (boy/en oranı) değişim grafiği ise Şekil 3.6'da verilmiştir.

60 ve 120 mg kg⁻¹ Cr uygulamalarında biber bitkisinde değerlendirilebilecek meyve tutumu gerçekleşmemiştir. Farklı dozlardaki Cr uygulaması meyve şekil indeksi üzerinde istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

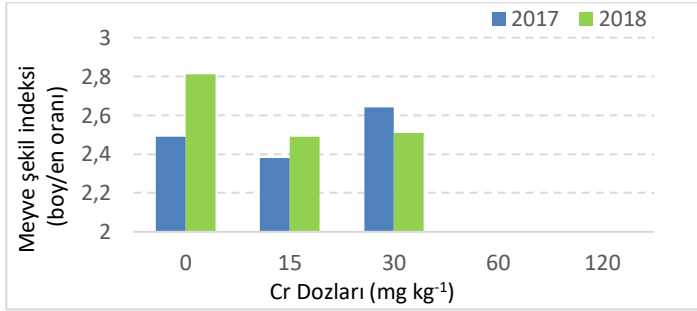
Yıllar arasında meyve şekil indeksi farklılık göstermemiştir. İlk yıl (2017 yılı) meyve şekil indeksi 2.50 iken ikinci yıl (2018 yılı) 2.60 olarak belirlenmiştir.

Doz x yıl interaksyonu istatistiksel olarak önemsiz bulunmuş ise de rakamsal olarak meyve şekil indeksi değeri en düşük ilk yıl, 2.38 ile 15 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında, en yüksek ikinci yıl 2.81 ile kontrol grubunda belirlenmiştir.

Tablo 3.6. Cr dozlarının, biber bitkisinin meyve şekil indeksine (boy/en oranı) etkisine ait ortalamalar

Dozlar mg kg ⁻¹ Cr	Meyve şekil indeksi (boy/en oranı)		
	2017 yılı	2018 yılı	Ortalama (2017 ve 2018)
0	2.49±0.07	2.81±0.26	2.65^{öd}
15	2.38±0.10	2.49±0.20	2.43
30	2.64±0.49	2.51±0.46	2.57
60	-	-	-
120	-	-	-
Ortalama	2.50^{öd}	2.60	DK: % 12.89
LSD (0.05)	Yıl: -	Doz: -	Yıl x Doz:-

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

**Şekil 3.6.** Cr dozlarının biber bitkisinin meyve şekil indeksine (boy/en oranı) etkisine ait değişim grafiği

3.1.7. Meyve et kalınlığı (mm)

Meyve et kalınlığı varyans analizi sonucuna göre istatistiksel olarak, yıl ve doz x yıl interaksyonu önemsiz bulunurken, doz çok önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur. Cr dozlarına, yıllara ve doz x yıl interaksyonuna ait ortalamalar ve LSD testi grupları Tablo 3.7’de, meyve et kalınlığı (mm) değişim grafiği ise Şekil 3.7’de verilmiştir.

60 ve 120 mg kg⁻¹ Cr uygulamalarında biber bitkisinde değerlendirilebilecek meyve tutumu gerçekleşmemiştir. Farklı

dozlardaki Cr uygulaması meyve et kalınlığı (mm) üzerinde azalmaya neden olmuştur. En ince meyve et kalınlığı (0.84 mm) 30 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında, en kalın meyve et kalınlığı (1.22 mm) ise kontrol grubunda belirlenmiştir. 15 ve 30 mg kg⁻¹ Cr uygulamaları istatistiksel olarak aynı ortalama grubunu oluşturmuştur.

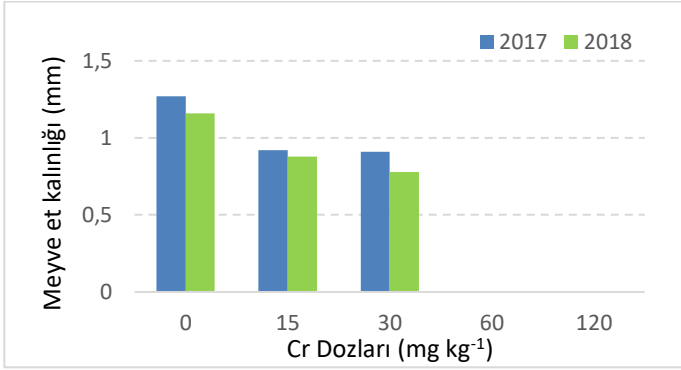
Yıllar arasında ortalama meyve et kalınlığında istatistiksel olarak fark görülmesi de rakamsal olarak ilk yıl (2017 yılı) meyve et kalınlığı 1.03 mm iken ikinci yıl (2018 yılı) 0.94 mm olarak belirlenmiştir.

Doz x yıl interaksyonu istatistiksel olarak önemsiz bulunmuş ancak rakamsal olarak meyve et kalınlığı en az ikinci yıl, 0.8m ile 30 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında, en yüksek ilk yıl 1.27 mm ile kontrol bitkilerinde belirlenmiştir.

Tablo 3.7. Cr dozlarının biber bitkisinin meyve et kalınlığına (mm) etkisine ait ortalamalar

Dozlar mg kg ⁻¹ Cr	Meyve et kalınlığı (mm)		Ortalama (2017 ve 2018)
	2017 yılı	2018 yılı	
0	1.27±0.10 ^{6d}	1.16±0.16	1.22 a**
15	0.92±0.02	0.88±0.18	0.90 b
30	0.91±0.01	0.78±0.11	0.84 b
60	-	-	-
120	-	-	-
Ortalama	1.03^{6d}	0.94	DK: % 12.83
LSD _(0.05)	Yıl: -	Doz:0.02	Yıl x Doz:-

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



Şekil 3.7. Cr dozlarının biber bitkisinin meyve et kalınlığına (mm) etkisine ait değişim grafiği

3.1.8. Meyve eti yaş ağırlığı (g)

Meyve eti yaş ağırlığı varyans analiz sonucuna göre istatistiksel olarak, yıl önemsiz, doz x yıl interaksiyonu önemli ($p < 0.05$), doz ise çok önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur. Cr dozlarına, yıllara ve doz x yıl interaksiyonuna ait ortalamalar ve LSD testi grupları Tablo 3.8’de ve meyve eti yaş ağırlığı değişim grafiği Şekil 3.8’de verilmiştir.

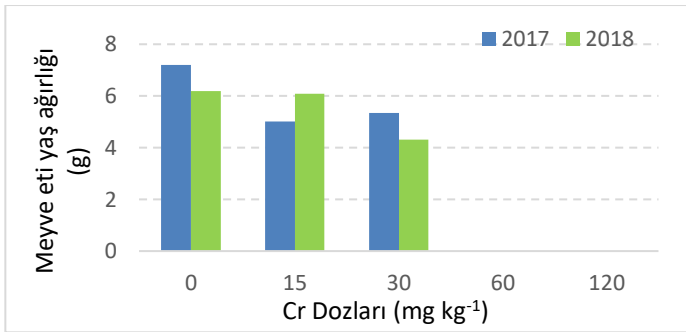
60 ve 120 mg kg⁻¹ Cr uygulamalarında biber bitkisinde değerlendirilebilecek meyve tutumu gerçekleşmemiştir. Uygulanan Cr dozları meyve eti yaş ağırlığında azalmaya neden olmuştur. En az meyve eti yaş ağırlığı (4.83 g), 30 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında, en fazla ise (6.69 g) kontrol bitkilerinde belirlenmiştir. İstatistiksel olarak yıllar arasında önemli fark bulunmamış ancak rakamsal olarak ilk yıl (2017 yılı) meyve eti yaş ağırlığı 5.85 g iken ikinci yıl (2018 yılı) 5.53 g olarak ölçülmüştür.

Doz x yıl interaksiyonunda en az meyve eti yaş ağırlığı ikinci yıl, 4.31 g ile 30 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında, en fazla meyve eti yaş ağırlığı ise birinci yıl 7.19 g ile kontrol grubunda belirlenmiştir.

Tablo 3.8. Cr dozlarının biber bitkisinin meyve eti yaş ağırlığına (g) etkisine ait ortalamalar

Dozlar mg kg ⁻¹ Cr	Meyve eti yaş ağırlığı (g)		Ortalama (2017 ve 2018)
	2017 yılı	2018 yılı	
0	7.19±0.34 a*	6.18±0.86 ab	6.69 a**
15	5.01±0.24 cd	6.09±0.58 abc	5.55 b
30	5.35±0.02 bcd	4.31±1.07 d	4.83 b
60	-	-	-
120	-	-	-
Ortalama	5.85 ^{öd}	5.53	DK: %10.99
LSD (0.05)	Yıl: -	Doz: 0.80	Yıl x Doz: 1.14

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

**Şekil 3.8.** Cr dozlarının biber bitkisinin meyve eti yaş ağırlığına (g) etkisine ait değişim grafiği

3.1.9. Meyve eti kuru ağırlığı (g)

Meyve eti kuru ağırlığı varyans analizi sonucuna göre istatistiksel olarak, yıl önemsiz, doz çok önemli (p<0.01), doz x yıl interaksyonu önemli (p<0.05) bulunmuştur. Cr dozlarına, yıllara ve doz x yıl interaksyonuna ait ortalamalar ve LSD testi grupları Tablo 3.9'da ve meyve eti kuru ağırlığı değişim grafiği Şekil 3.9'da verilmiştir.

60 ve 120 mg kg⁻¹ Cr uygulamalarında biber bitkisinde değerlendirilebilecek meyve tutumu gerçekleşmemiştir. Cr dozları meyve eti kuru ağırlığında azalmaya sebep olmuştur. En az meyve eti

kuru ağırlığı (0.53 g), 30 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında, en fazla ise (1.00 g) kontrol bitkilerinde belirlenmiştir.

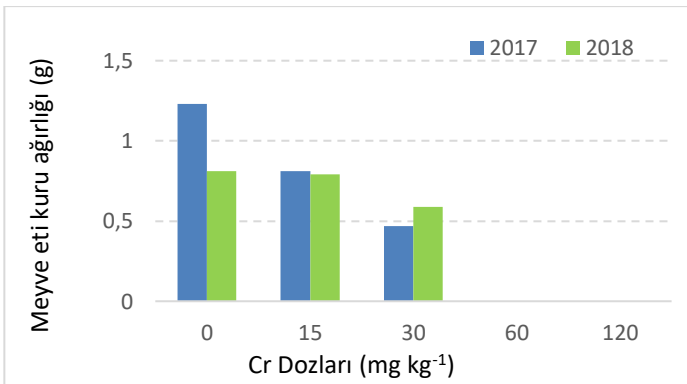
Yıllar arasında meyve eti kuru ağırlığı istatistiksel olarak önemli bulunmamış ancak rakamsal olarak ilk yıl (2017 yılı) 0.84 g iken ikinci yıl (2018 yılı) 0.73 g olarak ölçülmüştür.

Doz x yıl etkileşiminde en az meyve eti kuru ağırlığı birinci yıl, 0.47 g ile 30 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında, en fazla meyve eti kuru ağırlığı ise birinci yıl 1.23 g ile kontrol grubunda belirlenmiştir.

Tablo 3.9. Cr dozlarının biber bitkisinin meyve eti kuru ağırlığına (g) etkisine ait ortalamalar

Dozlar mg kg ⁻¹ Cr	Meyve eti kuru ağırlığı (g)		Ortalama (2017 ve 2018)
	2017 yılı	2018 yılı	
0	1.23±0.15 a*	0.81±0.04 b	1.02 a**
15	0.81±0.02 b	0.79±0.19 b	0.80 b
30	0.47±0.01 c	0.59±0.10 bc	0.53 c
60	-	-	-
120	-	-	-
Ortalama	0.84^{öd}	0.73	DK: %15.1
LSD _(0.05)	Yıl: -	Doz: 0.16	Yıl x Doz: 0.23

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



Şekil 3.9. Cr dozlarının biber bitkisinin meyve eti kuru ağırlığına (g) etkisine ait değişim grafiği

3.1.10. Meyve tohum evi-yaş ağırlığı (g)

Meyve tohum evi-yaş ağırlığı varyans analizi sonucuna göre istatistiksel olarak, yıl, doz ve doz x yıl interaksyonu çok önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. Cr dozlarına, yıllara ve doz x yıl interaksyonuna ait ortalamalar ve LSD testi grupları Tablo 3.10'da ve meyve tohum evi-yaş ağırlığı değişim grafiği Şekil 3.10'da verilmiştir.

60 ve 120 mg kg⁻¹ Cr uygulamalarında biber bitkisinde değerlendirilebilecek meyve tutumu gerçekleşmemiştir. Uygulanan Cr dozları meyve tohum evi-yaş ağırlığında kontrole göre azalışa neden olmuştur. En az meyve tohum evi-yaş ağırlığı (0.54 g), 30 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında, en fazla ise (0.75 g) kontrol grubunda belirlenmiştir. Kontrol grubu ve doz uygulamaları (15 ve 30 mg kg⁻¹ Cr) farklı ortalama grubunu oluşturmuştur.

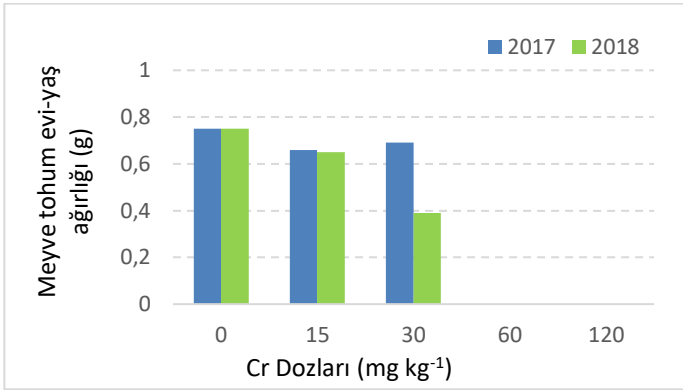
İlk yıl (2017 yılı) tohum evi-yaş ağırlığı 0.60 g iken ikinci yıl (2018 yılı) 0.70 g olarak ölçülmüş, ikinci yıl ilk yıldan fazla tohum evi-yaş ağırlığına sahip olmuş ve yıllar istatistiksel olarak farklı ortalama gruplarını oluşturmuştur.

Doz x yıl interaksyonunda en az tohum evi-yaş ağırlığı ikinci yıl, 0.39 g ile 30 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında, en fazla meyve tohum evi-yaş ağırlığı ise birinci ve ikinci yıl 0.75 g ile kontrol gruplarında belirlenmiştir.

Tablo 3.10. Cr dozlarının biber bitkisinin meyve tohum evi-yaş ağırlığına (g) etkisine ait ortalamalar

Dozlar mg kg ⁻¹ Cr	Meyve tohum evi-yaş ağırlığı (g)		
	2017 yılı	2018 yılı	Ortalama (2017 ve 2018)
0	0.75±0.06 a**	0.75±0.06 ab	0.75 a**
15	0.66±0.08 ab	0.65±0.07 b	0.66 b
30	0.69±0.02 ab	0.39±0.04 c	0.54 c
60	-	-	-
120	-	-	-
Ortalama	0.60 a**	0.70 b	DK: %8.52
LSD (0.05)	Yıl: 0.06	Doz: 0.07	Yıl x Doz: 0.10

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



Şekil 3.10. Cr dozlarının biber bitkisinin meyve tohum evi-yaş ağırlığına (g) etkisine ait değişim grafiği

3.1.11. Meyve tohum evi-kuru ağırlığı (g)

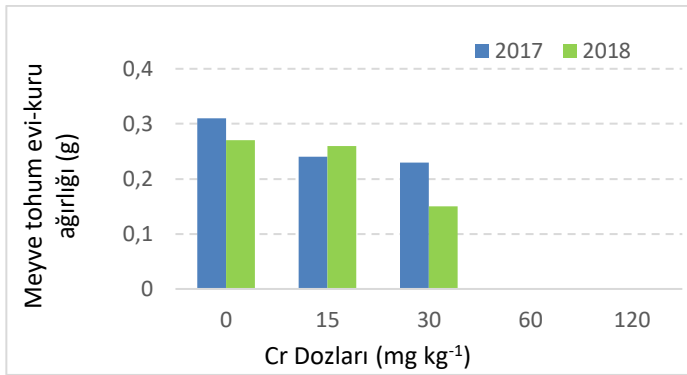
Meyve tohum evi-kuru ağırlığı varyans analizi sonucuna göre istatistiksel olarak, doz çok önemli ($p < 0.01$) bulunurken yıl ve doz x yıl interaksyonu önemsiz bulunmuştur. Cr dozlarına, yıllara ve doz x yıl interaksyonuna ait ortalamalar ve LSD testi grupları Tablo 3.11’de ve meyve tohum evi-kuru ağırlığı grafiği Şekil 3.11’de verilmiştir. Uygulanan Cr dozları kontrole göre azalışa neden olmuştur. En az meyve tohum evi-kuru ağırlığı (0.19 g), 30 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında, en fazla ise (0.29 g) kontrol grubunda belirlenmiştir. Yıllar arasında fark önemsiz bulunmuş ve ilk yıl tohum evi-kuru ağırlığı 0.26 g iken ikinci yıl 0.23 g olarak ölçülmüştür.

Doz x yıl interaksyonu istatistiksel olarak önemli bulunmamış fakat rakamsal olarak en az meyve tohum evi-kuru ağırlığı ikinci yıl, 0.15 g ile 30 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında, en fazla ise birinci yıl 0.31 g ile kontrol grubunda belirlenmiştir.

Tablo 3.11. Cr dozlarının biber bitkisinin meyve tohum evi-kuru ağırlığına (g) etkisine ait ortalamalar

Dozlar mg kg ⁻¹ Cr	Meyve tohum evi-kuru ağırlığı (g)		Ortalama (2017 ve 2018)
	2017 yılı	2018 yılı	
0	0.31±0.05 ^{öd}	0.27±0.05	0.29 a**
15	0.24±0.01	0.26±0.03	0.25 a
30	0.23±0.01	0.15±0.02	0.19 b
60	-	-	-
120	-	-	-
Ortalama	0.26 ^{öd}	0.23	DK: % 13.47
LSD (0.05)	Yıl: -	Doz: 0.04	Yıl x Doz:-

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

**Şekil 3.11.** Cr dozlarının biber bitkisinin meyve tohum evi-kuru ağırlığına (g) etkisine ait değişim grafiği

Biber bitkisinin meyveleri ile ilgili incelenen özelliklerde 60 ve 120 mg kg⁻¹ Cr uygulamalarında meyveler ya hiç elde edilememiştir ya da değerlendirilebilecek nitelikte olmamıştır. 60 ve 120 mg kg⁻¹ Cr uygulamasından kısa bir süre sonra bitkiler kuruyarak ölmüştür, bazıları tek bir yaprak üzerinden yeniden yapraklanmaya başlamış ancak çoğunda meyve tutumu gerçekleşmemiştir. Düşük, orta ve yüksek (400

mg kg⁻¹ Cr) dozda Cr uygulamalarından sonra yüksek doz uygulaması sonucu biberde meyve tutumu gerçekleşmemiştir (Ahmed ve ark., 2021).

0, 15 ve 30 mg kg⁻¹ Cr uygulamalarında ise incelenen tüm meyve özellikleri Cr uygulamasından genel olarak negatif etkilenmiştir. Bitki başına toplam meyve ağırlığı, meyve eti kuru ağırlığı ve meyve tohum evi yaş ağırlığı kontrole göre Cr uygulaması ile azalmıştır. Yine aynı şekilde meyve sayısı ve ortalama meyve ağırlığı Cr'den negatif etkilenerek azalma göstermiştir. Meyve çapı ve meyve tohum evi kuru ağırlığı özelliklerinde 15 mg kg⁻¹ Cr uygulaması kontrol bitkileri ile aynı özelliği gösterirken 30 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında azalmıştır. Meyve boyu, meyve eti kalınlığı ve meyve eti yaş ağırlığı, özellikleri ise; 15 ve 30 mg kg⁻¹ Cr uygulamaları kontrole göre aynı anlamlılıkta azalma göstermiştir. Meyve şekil indeksi ise Cr uygulamalarından etkilenmemiştir. Krom (Cr) uygulamalarının bitkilerde meyve özellikleri üzerine gösterdiği etkilerin çoğunluğu çalışmamızla benzerlik göstermektedir: Domates (*Solanum lycopersicum* L.) bitkileri artan konsantrasyonlarda (0.05, 0.5, 1, 5 ve 10 mg L⁻¹) Cr içeren su ile sulanarak yetiştirildiklerinde daha düşük ağırlıkta ve daha küçük boyutta meyve üretimi gerçekleşmiştir (Christou ve ark., 2021). Besin çözeltilisindeki her Cr (0, 50 ve 100 mg Cr/L) artışıyla toplam domates verimi etkilenmemiş ancak meyve sayısı azalmış ve ortalama meyve ağırlığı artmıştır (Moral ve ark., 1995). Altı değerlikli krom (Cr⁺⁶), bezelye bitkilerinde çiçeklenmeyi hızlandırmasına rağmen, toplam çiçek sayısı ve dolayısıyla bitki başına meyve/bakla sayısını büyük ölçüde azaltmıştır. Kromla muamele edilmiş bitkilerde, baklaların daha büyük bir oranı tohum vermede başarısız olmuş ve meyve/bakla başına ortalama tohum sayısı daha düşük gerçekleşmiştir (Bishnoi ve ark.,1993).

3.2. Biyokimyasal Özellikler (Cr)

3.2.1. Antioksidan Aktivite (µg trolox/g yaş örnek)

Antioksidan aktivite varyans analizi sonucuna göre istatistiksel olarak, doz ve yıl çok önemli (p<0.01) bulunurken doz x yıl

interaksiyonu önemsiz bulunmuştur. Cr dozlarına, yıllara ve doz x yıl interaksyonuna ait ortalamalar ve LSD testi grupları Tablo 3.12’de ve antioksidan aktivite değişim grafiği Şekil 3.12’de verilmiştir.

60 ve 120 mg kg⁻¹ Cr uygulamalarında biber bitkisinde değerlendirilebilecek meyve tutumu gerçekleşmemiştir. 15 mg kg⁻¹ Cr uygulaması (2341.35 µg trolox/g yaş örnek) antioksidan aktivitede kontrole (1840.62 µg trolox/g yaş örnek) göre yükselişe neden olmuş ancak 30 mg kg⁻¹ Cr (1677.99 µg trolox/g yaş örnek) uygulamasında aktivite tekrar düşerek kontrol ile istatistiksel olarak aynı ortalama grubunda yer almıştır.

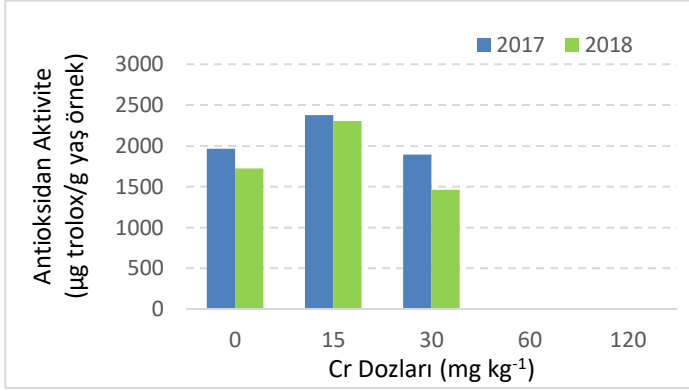
Biber meyvelerinde antioksidan aktivite ilk yıl (2017 yılı) 2077.18 µg trolox/g yaş örnek iken ikinci yıl (2018 yılı) 1829.45 µg trolox/g olarak ölçülmüş, ikinci yıl ilk yıldan daha az antioksidan aktiviteye sahip olmuştur.

Doz x yıl interaksyonunda en az antioksidan aktivite ikinci yıl, 1463.98 µg trolox/g yaş örnek ile 30 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında, en fazla antioksidan aktivite ise birinci yıl 2377.77 µg trolox/g yaş örnek ile 15 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında belirlenmiştir.

Tablo 3.12. Cr dozlarının antioksidan aktivite (µg trolox/g yaş örnek) üzerine etkisine ait ortalamalar

Dozlar mg kg ⁻¹ Cr	Antioksidan Aktivite (µg trolox/g yaş örnek)		
	2017 yılı	2018 yılı	Ortalama (2017 ve 2018)
0	1961.78±145.87 ^{öd}	1719.46±56.87	1840.62 b**
15	2377.77±98.06	2304.93±115.41	2341.35 a
30	1892.00±203.35	1463.98±146.28	1677.99 b
60	-	-	-
120	-	-	-
Ortalama	2077.18 a**	1829.45 b	DK: %6.86
LSD _(0.05)	Yıl: 140.79	Doz: 172.43	Yıl x Doz: -

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



Şekil 3.12. Cr dozlarının antioksidan aktivite (μg trolox/g yaş örnek) üzerine etkisine ait değişim grafiği

3.2.2. Toplam Fenolik Madde (μg gallik asit/g yaş örnek)

Toplam fenolik madde varyans analizi sonucuna göre istatistiksel olarak, doz, yıl ve doz x yıl interaksiyonu çok önemli ($p < 0.01$), bulunmuştur. Cr dozlarına, yıllara ve doz x yıl interaksiyonuna ait ortalamalar ve LSD testi grupları Tablo 3.13'te ve toplam fenolik madde değişim grafiği Şekil 3.13'te verilmiştir.

60 ve 120 mg kg⁻¹ Cr uygulamalarında biber bitkisinde değerlendirilebilecek meyve tutumu gerçekleşmemiştir. 15 mg kg⁻¹ Cr (2065.28 μg gallik asit/g yaş örnek) uygulaması kontrole göre toplam fenolik maddede artışa neden olmuş ve istatistiksel olarak birinci ortalama grubunu oluşturmuştur. Kontrol (1424.29 μg gallik asit/g yaş örnek) ise 30 mg kg⁻¹ Cr uygulaması ile aynı ortalama grubunda yer alarak ikinci ortalama grubunu oluşturmuştur.

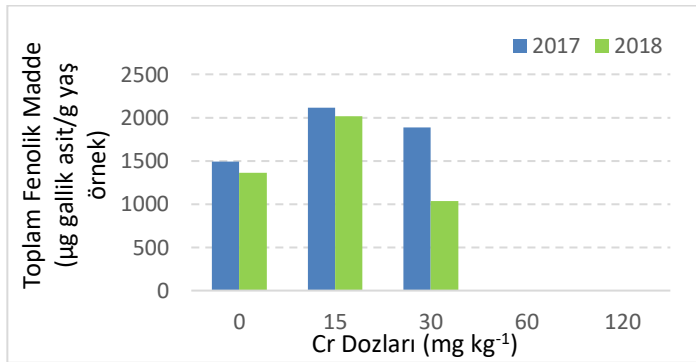
Biber meyvelerinde toplam fenolik madde ilk yıl (2017 yılı) 1828.71 μg gallik asit/g yaş örnek iken ikinci yıl (2018 yılı) 1469.83 μg gallik asit/g yaş örnek olarak ölçülmüş, ikinci yıl ilk yıldan daha az toplam fenolik madde içeriğine sahip olmuş ve yıllar istatistiksel olarak farklı ortalama gruplarını oluşturmuştur.

Doz x yıl interaksyonunda en az toplam fenolik madde ikinci yıl, 1033.47 μg gallik asit/g yaş örnek ile 30 mg kg^{-1} Cr uygulamasında, en fazla toplam fenolik madde ise birinci yıl 2114.58 μg gallik asit/g yaş örnek ile 15 mg kg^{-1} Cr uygulamasında belirlenmiştir.

Tablo 3.13. Cr dozlarının toplam fenolik madde (μg gallik asit/g yaş örnek) üzerine etkisine ait ortalamalar

Dozlar mg kg^{-1} Cr	Toplam Fenolik Madde (μg gallik asit/g yaş örnek)		
	2017 yılı	2018 yılı	Ortalama (2017 ve 2018)
0	1488.54 \pm 134.32 b**	1360.05 \pm 73.35 b	1424.29 b**
15	2114.58 \pm 259.01 a	2015.97 \pm 60.05 a	2065.28 a
30	1883.00 \pm 186.26 a	1033.47 \pm 84.76 c	1458.23 b
60	-	-	-
120	-	-	-
Ortalama	1828.71 a**	1469.83b	DK: %9.35
LSD (0.05)	Yıl: 161.9	Doz: 198.28	Yıl x Doz:280.44

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



Şekil 3.131. Cr dozlarının toplam fenolik madde (μg gallik asit/g yaş örnek) üzerine etkisine ait değişim grafiği

3.2.3. Askorbik Asit (mg askorbik asit/100 g yaş örnek)

Askorbik asit varyans analizi sonucuna göre istatistiksel olarak doz çok önemli ($p < 0.01$), yıl önemli ($p < 0.05$) ve doz x yıl interaksyonu

önemsiz bulunmuştur. Cr dozlarına, yıllara ve doz x yıl interaksiyonuna ait ortalamalar ve LSD testi grupları Tablo 3.14'te ve askorbik asit değişim grafiği Şekil 3.14'te verilmiştir.

60 ve 120 mg kg⁻¹ Cr uygulamalarında biber bitkisinde değerlendirilebilecek meyve tutumu gerçekleşmemiştir. Cr uygulamaları askorbik asit içeriğinde düşüşe neden olmuştur. En düşük askorbik asit (60.11 mg askorbik asit/100 g yaş örnek) 30 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında belirlenirken en yüksek askorbik asit (94.23 mg askorbik asit/100 g yaş örnek) kontrol grubunda belirlenmiştir.. Tüm dozlar istatistiksel olarak farklı ortalama gruplarını oluşturmuştur.

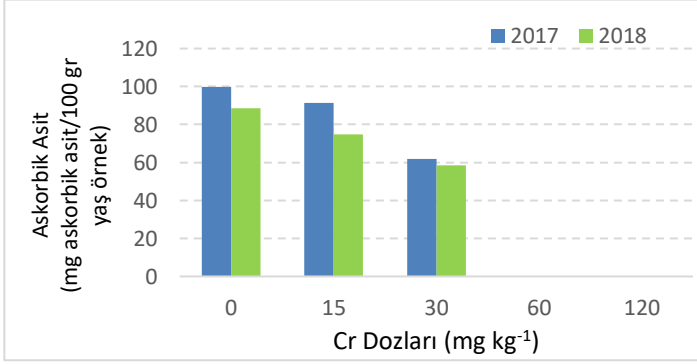
Biber meyvelerinde askorbik asit miktarı ilk yıl (2017 yılı) 84.34 mg askorbik asit/100 g yaş örnek iken ikinci yıl (2018 yılı) 73.9 mg askorbik asit/100 g yaş örnek olarak ölçülmüş, ikinci yıl ilk yıldan daha az askorbik asit içeriğine sahip olmuş ve yıllar istatistiksel olarak farklı ortalama gruplarını oluşturmuştur.

Doz x yıl interaksiyonu istatistiksel olarak önemsiz ancak rakamsal olarak en az askorbik asit ikinci yıl, 58.40 mg askorbik asit/100 g yaş örnek ile 30 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında, en fazla askorbik asit ise birinci yıl 99.80 mg askorbik asit/100 g yaş örnek ile kontrol grubunda belirlenmiştir.

Tablo 3.14. Cr dozlarının askorbik asit (mg askorbik asit/100 g yaş örnek) üzerine etkisine ait ortalamalar

Dozlar mg kg ⁻¹ Cr	Askorbik Asit (mg askorbik asit/100 gr yaş örnek)		
	2017 yılı	2018 yılı	Ortalama (2017 ve 2018)
0	99.80±4.39 ^{öd}	88.67±10.69	94.23 a**
15	91.39±10.36	74.75±5.56	83.03 b
30	61.82±0.61	58.40±12.02	60.11 c
60	-	-	-
120	-	-	-
Ortalama	84.34 a*	73.94 b	DK: % 10.24
LSD _(0.05)	Yıl: 8.51	Doz: 10.43	Yıl x Doz: -

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



Şekil 3.142. Cr dozlarının askorbik asit (mg askorbik asit/100 g yaş örnek) üzerine etkisine ait değişim grafiği

3.2.4. Göreceli Klorofil (SPAD değeri)

Göreceli klorofil varyans analizi sonucuna göre istatistiksel olarak yıl, doz ve doz x yıl interaksyonu çok önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur. Cr dozlarına, yıllara ve doz x yıl interaksyonuna ait ortalamalar ve LSD testi grupları Tablo 3.15'te, göreceli klorofil değişim grafiği ise Şekil 3.15'te verilmiştir.

Uygulanan Cr dozları, göreceli klorofilde azalışa sebep olmuştur. En yüksek göreceli klorofil (41.83 SPAD değeri) kontrol bitkilerinde belirlenirken en düşük göreceli klorofil (23.89 SPAD değeri) 60 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında belirlenmiştir. İstatistiksel olarak kontrol birinci ortalama grubunu oluşturmuş ve 15, 30 ve 60 ve mg kg⁻¹ Cr uygulamaları aynı grupta yer alarak ikinci ortalama grubunu oluşturmuştur.

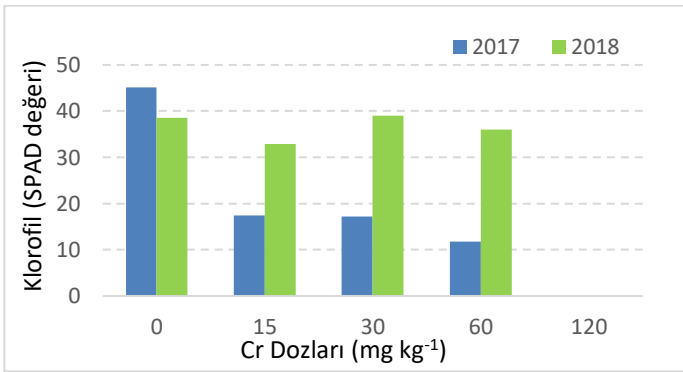
Yıllar arasında göreceli klorofilde farklılık gözlemlenmiştir birinci yıl (2017 yılı) 22.88 SPAD değeri iken ikinci yıl (2018 yılı) 36.61 SPAD değeri olarak belirlenmiştir.

Doz x yıl interaksyonunda göreceli klorofilde en az birinci yılda 11.77 SPAD değeri ile 60 mg kg⁻¹ Cr uygulamasında belirlenirken, en fazla birinci yıl 45.16 SPAD değeri ile kontrol bitkilerinde belirlenmiştir.

Tablo 3.15. Cr dozlarının göreceli klorofil (SPAD değeri) üzerine etkisine ait ortalamalar

Dozlar mg kg ⁻¹ Cr	Klorofil (SPAD değeri)		Ortalama (2017 ve 2018)
	2017 yılı	2018 yılı	
0	45.16±1.74 a**	38.50±2.48 bc	41.83 a**
15	17.40±1.67 d	32.95±6.29 c	28.08 b
30	17.16±1.42 d	38.99±3.92 b	25.18 b
60	11.77±1.17 d	36.00±5.86 bc	23.89 b
120	-	-	-
Ortalama	22.88 b**	36.61 a	DK: %11.41
LSD (0,05)	Yıl:2.97	Doz: 4.20	Yıl x Doz: 5.94

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

**Şekil 3.15.** Cr dozlarının göreceli klorofil (SPAD) üzerine etkisine ait değişim grafiği

Krom (Cr) uygulaması ile birlikte biber bitkisinin 0, 15 ve 30 mg kg⁻¹ Cr uygulaması sonucu elde edilen meyvelerinde antioksidan aktivite, toplam fenol ve askorbik asit ölçülürken 0, 15, 30 ve mg kg⁻¹ Cr uygulaması sonucu yapraklarda klorofil ölçülmüştür. Antioksidan aktivite ve toplam fenol miktarı doz artışında önce artış sonra azalış göstermiştir. Askorbik asit ve göreceli klorofil ise artan doza paralel olarak azalış göstermiştir. Çalışma sonuçları yapılan çalışmalar ile benzerlik göstermektedir.

Oksidatif stres oluşumu, metal toksisitesinin yaygın bir semptomudur (Ahmad ve ark., 2015; Bashir ve ark., 2015; Jung ve ark., 2017). Bununla birlikte, bitkiler doğal olarak, antioksidanlar ve ROS arasında sıkı bir denge sağlayan ve hayatta kalmak için bir gereklilik olan çeşitli antioksidanlarla donatılmıştır (Considine ve ark., 2015). Ancak bu denge bozulduğunda (düşük antioksidan/ROS oranı) oksidatif stres oluşur. Bitkiler, antioksidan sistem ve bitki hormonlarının aktif etkisi yoluyla metal stresini tolere edebilirler (Kellós ve ark., 2008). Krom Cr(VI) toksisitesinin domates bitkisinde yaprak ve kökteki miktarlarının artmasıyla birlikte antioksidan potansiyelinin azaldığı görülmüştür (Singh ve Prasad, 2019).

Bitkilerde farklı çevresel faktörler ve stres koşulları altında fenolik bileşiklerin miktarında bir artış gözlemlenebilir (Sakihama ve Yamasaki, 2002). Ters durumda ise; PAL enzimi (phenylalanine ammonia-lyase/Fenilalanin Amonyum Liyaz), bitkide fenollerin sentezlenmesinde önemlidir (Kováčik ve Klejdus 2008). Bu enzimin sentezinin çok daha yüksek dozlarda inhibe olması fenollerin azalmasına neden olmuş olabilir. Domates bitkilerinde Cr stresi altında klorofil miktarı, flavonoidler, askorbik asit ve antioksidan aktivite azalış göstermiştir (Jan ve ark., 2020). Domates bitkilerinde artan krom seviyesi klorofil miktarını azaltmıştır (Christou ve ark., 2021). Fesleğen bitkisinde krom (Cr) stresi altında askorbik asit miktarında düşüş gözlemlenirken bazı antioksidan enzimlerde doza artışıyla birlikte önce artış sonra azalış gözlemlenmiştir (Rai ve ark., 2004). Krom Cr⁺⁶ toksisitesinde Cr iyonu birçok enzimde aktif bölümlerde magnezyum (Mg) iyonu ile yer değiştirmek sureti ile bitkide klorofil miktarının düşmesine sebep olmaktadır (Vajpayee ve ark., 2000).

4. Sonuç

Krom (Cr) metali biberin meyve özelliklerini (bitki başına toplam meyve sayısı, bitki başına toplam meyve ağırlığı, ortalama meyve ağırlığı, meyve tohum evi ağırlığı) kötü yönde etkilemiştir. 60 ve 120 mg

kg⁻¹ Cr seviyelerinde bitkiler kuruyarak ölmüş ve meyve tutumu gerçekleşmemiştir.

Artan krom (Cr) seviyelerinde bitki yapraklarında klorofil SPAD değeri düşmüş ve meyvelerde antioksidan aktivite ile toplam fenolik madde önce artmış ve daha sonra azalmıştır, ayrıca askorbik asit miktarı doz artışına paralel şekilde düşüş göstermiştir.

KAYNAKÇA

- Ahmad, P., Sarwat, M., Bhat, N. A., Wani, M. R., Kazi, A. G., & Tran, L. S. P. (2015). Alleviation of cadmium toxicity in *Brassica juncea* L.(Czern. & Coss.) by calcium application involves various physiological and biochemical strategies. *PloS one*, *10*(1), e0114571.
- Ahmed, F., Fakhruddin, A. N. M., Fardous, Z., Chowdhury, M. A. Z., Rahman, M. M., & Kabir, M. M. (2021). Accumulation and translocation of chromium (Cr) and lead (Pb) in Chilli plants (*Capsicum annuum* L.) grown on artificially contaminated soil. *Nature Environment & Pollution Technology*, *20*(1).
- Bashir, H., Ibrahim, M. M., Bagheri, R., Ahmad, J., Arif, I. A., Baig, M. A., & Qureshi, M. I. (2015). Influence of sulfur and cadmium on antioxidants, phytochelatins and growth in Indian mustard. *AoB Plants*, *7*.
- Bishnoi, N. R., Dua, A., Gupta, V. K., & Sawhney, S. K. (1993). Effect of chromium on seed germination, seedling growth and yield of peas. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *47*(1), 47-57.
- Christou, A., Georgiadou, E. C., Zissimos, A. M., Christoforou, I. C., Christofi, C., Neocleous, D., ... & Fotopoulos, V. (2021). Uptake of hexavalent chromium by tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants and mediated effects on their physiology and productivity, along with fruit quality and safety. *Environmental and Experimental Botany*, *189*, 104564.
- Considine, M. J., María Sandalio, L., & Helen Foyer, C. (2015). Unravelling how plants benefit from ROS and NO reactions, while resisting oxidative stress. *Annals of Botany*, *116*(4), 469-473.
- Jan, S., Noman, A., Kaya, C., Ashraf, M., Alyemeni, M. N., & Ahmad, P. (2020). 24-Epibrassinolide alleviates the injurious effects of Cr (VI) toxicity in tomato plants: Insights into growth, physio-biochemical attributes, antioxidant activity and regulation of

- Ascorbate-glutathione and Glyoxalase cycles. *Journal of Plant Growth Regulation*, 39(4), 1587-1604.
- Jung, H. I., Lee, B. R., Chae, M. J., Kong, M. S., Lee, C. H., Kang, S. S., & Kim, Y. H. (2017). Sulfur alleviates cadmium toxicity in rice (*Oryza sativa* L.) seedlings by altering antioxidant levels. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 20(3), 213-220.
- Kabata-Pendias, A. (2011). Trace elements in soils and plants. 4th edn CRC Press. Boca Raton.
- Kellős, T., Tímár, I., Szilágyi, V., Szalai, G., Galiba, G., & Kocsy, G. (2008). Stress hormones and abiotic stresses have different effects on antioxidants in maize lines with different sensitivity. *Plant Biology*, 10(5), 563-572.
- Kováčik, J., Klejdus, B., & Bačkor, M. (2009). Phenolic metabolism of *Matricaria chamomilla* plants exposed to nickel. *Journal of Plant Physiology*, 166(13), 1460-1464.
- Moral, R., Pedreno, J. N., Gomez, I., & Mataix, J. (1995). Effects of chromium on the nutrient element content and morphology of tomato. *Journal of Plant Nutrition*, 18(4), 815-822.
- Nagy, Z., Daood, H., Ambrózy, Z., & Helyes, L. (2015). Determination of polyphenols, capsaicinoids, and vitamin C in new hybrids of chili peppers. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/102125>
- Rai, V., Vajpayee, P., Singh, S. N., & Mehrotra, S. (2004). Effect of chromium accumulation on photosynthetic pigments, oxidative stress defense system, nitrate reduction, proline level and eugenol content of *Ocimum tenuiflorum* L. *Plant Science*, 167(5), 1159-1169.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9-10), 1231-1237. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10381194>

- Sakihama, Y., & Yamasaki, H. (2002). Lipid peroxidation induced by phenolics in conjunction with aluminum ions. *Biologia Plantarum*, 45(2), 249-254.
- Singh, S., & Prasad, S. M. (2019). Management of chromium (VI) toxicity by calcium and sulfur in tomato and brinjal: implication of nitric oxide. *Journal of Hazardous Materials*, 373, 212-223.
- Sora, G. T. S., Haminiuk, C. W. I., da Silva, M. V., Zielinski, A. A. F., Gonçalves, G. A., Bracht, A., & Peralta, R. M. (2015). A comparative study of the capsaicinoid and phenolic contents and in vitro antioxidant activities of the peppers of the genus *Capsicum*: an application of chemometrics. *Journal of Food Science and Technology*, 52(12), 8086-8094. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1935-8>
- Vajpayee, P., Tripathi, R. D., Rai, U. N., Ali, M. B., & Singh, S. N. (2000). Chromium (VI) accumulation reduces chlorophyll biosynthesis, nitrate reductase activity and protein content in *Nymphaea alba* L. *Chemosphere*, 41(7), 1075-1082.

CHAPTER 10

INTRODUCTION TO THE ROLE OF GENOMIC SELECTION IN ANIMAL IMPROVEMENT

Mervan BAYRAKTAR¹
Zeynel CEBECİ²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10155227>

¹ Çukurova University, Faculty of Agriculture, Department of Animal Science, Adana, Türkiye, orcid: 000-0003-3268-864X

² Çukurova University, Faculty of Agriculture, Department of Animal Science, Adana, Türkiye, orcid: 0000-0002-7641-7094

Introduction

The primary objective of genetic improvement in livestock is to enhance quantitative or complex traits like milk yield or meat quality. In the past, this was done by figuring out the breeding value (BV) based on the phenotypes and pedigrees of the animal's using methods like best linear unbiased prediction (BLUP). BLUP has successfully generated genetic gains in various farmed species. However, people have been interested for a long time in using genetic markers with simple patterns of inheritance to speed up the rate of genetic gain and find genes and polymorphisms linked to traits that people want. Ideally, the aim would be to identify causal polymorphisms directly influencing the target traits and incorporate them into the selection criteria. This has been done for some mutations that cause genetic abnormalities and a small number of polymorphisms that have big effects on quantitative traits. However, these known causal polymorphisms explain only a small amount of the genetic variation in the breeding goals and have only made a small contribution to genetic gain overall. The challenge lies in our limited ability to identify most causal polymorphisms related to the desired traits. As new types of genetic markers emerged, they were tested for associations with quantitative traits, even without prior expectations of a relationship. For example, sometimes, it is found that bovine blood groups are linked to milk production traits. This could be because of a linkage between blood group loci and quantitative trait loci (QTL) that affect milk production. However, these associations often needed to be stronger and more reliable for livestock selection. Microsatellites were the first class of genetic markers spanning the genome, offering the potential to detect QTL regardless of their location. Typically, 100–200 microsatellites covered the genome, identifying QTL through linkage analysis within full-sib or half-sib families. However, these studies had limitations, mapping QTL imprecisely (often to wide confidence intervals of 50 cM) and requiring a determination of linkage phases within each family before marker-

assisted selection could be applied. Fernando & Grossman (1989) proposed a general method for estimating BVs using markers in linkage equilibrium with QTL. However, the practical gains were modest, resulting in limited application of this marker-assisted selection approach. Grisart et al. (2003) found that adding more markers to a QTL region led to the discovery of causal mutations that explained a large amount of genetic variation. QTL mapping studies revealed the involvement of numerous QTLs in typical quantitative traits. Meuwissen & Goddard (1996) showed that the response to marker-assisted selection was proportional to the percentage of genetic variance the markers explained. As a result, a new type of marker-assisted selection was needed, one that could utilize all QTLs without requiring linkage phase determination in each family. Meuwissen et al. (2001) used simulations to show that using a dense panel of markers that cover the whole genome and are in linkage disequilibrium (LD) with QTL could cause large increases in response to selection. This type of marker-assisted selection, known as genomic selection, has become feasible with cost-effective genotyping panels comprising thousands of single nucleotide polymorphisms (SNPs). Genomic selection is already widely implemented in dairy cattle breeding and is expected to revolutionize genetic improvement programs not only in livestock but also in plant breeding, aquaculture, and genetic risk prediction in humans.

Traditional or conventional breeding in livestock

Traditional breeding in livestock refers to the long-standing practice of selectively breeding animals with desirable traits to improve the population's overall performance, productivity, and characteristics. It relies on the natural genetic variation within a livestock species and involves the controlled mating of animals to create offspring with desired traits. Here are some key aspects and steps involved in the traditional breeding of livestock:

Selection of Breeding Stock: Breeders identify animals with desirable traits based on their phenotypic characteristics. These traits include productivity (such as milk yield, growth rate, or egg production), conformation, disease resistance, temperament, fertility, and other economically important traits.

Pedigree and Performance Recording: Pedigree information is collected to track animals' ancestry and genetic relationships. Performance recording involves collecting data on the performance of individual animals or their progeny, such as growth rates, weight gain, milk production, or carcass quality.

Natural Mating or Controlled Breeding: Breeding stock animals with desired traits are selected for mating. This can involve natural mating in livestock that reproduce naturally, or it may require controlled breeding techniques like artificial insemination (AI) or embryo transfer (ET) to ensure specific pairings.

Progeny Evaluation: The resulting progeny are evaluated for their performance and phenotypic traits. This evaluation can include measurements, observations, and performance testing to assess the animals' suitability for desired traits.

Selection and Culling: Based on the progeny evaluation, animals with the most desirable traits are selected as potential breeding stock for the next generation. Less desirable or underperforming animals may be culled from the breeding program to avoid passing undesirable traits to future generations.

Repeated Breeding Cycles: The selected animals from each generation are bred to continue the improvement process. This cyclic process allows for the accumulation of desirable traits and the gradual improvement of the livestock population over time. Traditional livestock breeding has significantly improved various traits across

different breeds. It harnesses the genetic diversity in populations and allows for preserving and utilizing valuable genetic resources. However, it can be time-consuming, requiring multiple generations to achieve the desired improvements, and it heavily relies on accurate phenotypic evaluation. Notably, advancements in genetic technologies and genomic selection have also influenced and complemented traditional breeding practices in recent years. Genomic tools can aid in identifying animals with desirable genetic potential, accelerating the breeding process, and enhancing selection accuracy. The integration of traditional breeding practices with genomic approaches has the potential to enhance further genetic progress and the development of improved livestock populations.

Marker-assisted selection (MAS) methods

Marker-Assisted Selection (MAS) is a valuable tool in animal breeding that combines genomic information and phenotypic data to enhance the reliability of breeding programs. Its origins can be traced back to 1900, marking a long history of its application in livestock improvement. In MAS, specific genes responsible for traits of interest are scattered throughout the genome, with varying degrees of impact, ranging from significant to subtle effects. Marker genes are employed in MAS to indicate the presence of desirable genes, aiding in the selection process. The effectiveness of MAS relies on identifying the associations between genetic markers and Quantitative Trait Loci (QTL), which are regions of the genome associated with specific traits. The strength of these associations depends on the proximity of the marker to the target traits. By integrating traditional breeding methods with molecular genetic techniques, MAS offers several advantages in achieving desired selection outcomes. MAS enables identifying and selecting heritable traits of interest that can be passed on to future generations, regardless of environmental conditions. This is particularly valuable for traits with low phenotypic expression, such as disease

resistance, where molecular markers allow for efficient identification and inclusion in breeding programs. MAS also facilitates the selection of recessive genes and mutants, enabling breeders to accelerate the selection process by predicting an individual's phenotype early. Compared to traditional animal breeding (TAB), MAS proves beneficial for sex-limited traits and traits with limited predictability of breeding value. It also offers advantages for traits that manifest later in an animal's life, expanding the scope of selection possibilities. Additionally, in crossbreeding programs, MAS can be pivotal in introducing desirable genotypes into local breeds, leading to improved breeding values and overall genetic progress. While MAS enhances animal production by increasing the reliability of selection, it faces challenges when dealing with traits controlled by multiple genetic loci. The complexity of such traits limits the extent of genetic gain achievable through MAS, as it can capture only a fraction of the overall genetic variance. Furthermore, the practical implementation of MAS could be improved by the computational complexities of estimating breeding values using molecular marker information. These challenges highlight the need for more advanced approaches like Genomic Selection, which utilizes comprehensive genomic information to overcome the limitations of MAS and further enhance the accuracy and efficiency of selection in livestock breeding programs. MAS has played a significant role in improving animal production by integrating genomic information and phenotypic data. Its benefits include identifying and selecting heritable traits, especially those with low phenotypic expression, and the ability to expedite the selection process and introduce desirable genotypes into breeding programs. However, the complex nature of some traits and the computational complexities associated with estimating breeding values can limit the full potential of MAS. Nevertheless, MAS is a foundation for developing more advanced approaches, such as Genomic Selection, which has further

revolutionized livestock breeding by utilizing comprehensive genomic information to achieve greater genetic gains and selection accuracy.

Transition from marker assisted selection to genomic selection

MAS has shown success in traits with simple genetic determinism but has yielded unsatisfactory results in more complex conditions. Two main factors contribute to this lower productivity: the limited capture of genetic variance and the weak association between markers and Quantitative Trait Loci (QTL) at the population level. Additionally, the high cost of genotyping selection candidates constrains the practicality of MAS in commercial breeding programs, as the expected benefits have yet to be fully realized. The development of genomics in animal breeding has created a ground-breaking method for estimating breeding values by looking at markers spread throughout the genome. With the availability of cost-effective whole-genome Single Nucleotide Polymorphism (SNP) panels, the reliance on parental relationships to determine similar animal performances has diminished. Instead, animals with similar traits can now be linked based on shared chromosome fragments. Genomic selection is a type of MAS that uses dense marker maps of chromosomes to determine the breeding value of animals without using phenotype information or information from close relatives. This approach has significantly improved animal production by reducing the generation interval and the cost of evaluating breeding candidates. Genomic selection involves analyzing thousands to hundreds of thousands of SNPs. It is worth noting that the genomes of various animals, including chickens, horses, sheep, cattle, dogs, cats, and rabbits, have been successfully sequenced.

History and principle of genomic selection in livestock

The history of genomic selection in livestock dates back to the early 2000s, when advancements in DNA sequencing technology made it possible to identify and analyze genetic markers across the entire

genome. Utilizing genetic markers for selection purposes was familiar. However, the availability of high-throughput genotyping technologies and the decreasing cost of genotyping made it feasible to apply this approach on a larger scale. Meuwissen et al.'s (2001) research is an important study in the field of genomic selection. In this study, Meuwissen and colleagues used computer simulations to demonstrate the potential benefits of genomic selection compared to traditional selection methods. They showed that it was possible to get big changes in response to selection by using a large number of genetic markers in linkage disequilibrium with quantitative trait loci (QTL). The Meuwissen study highlighted the potential of genomic selection as a powerful tool for animal breeding. It demonstrated that by using dense marker panels and incorporating genomic information, significant gains in selection response could be achieved compared to traditional selection methods. Since the Meuwissen study, genomic selection has gained widespread adoption in livestock breeding programs. It has proven particularly valuable for traits that are difficult or expensive to measure, have low heritability, or manifest late in an animal's life. Genomic selection has revolutionized the field of animal breeding by improving selection accuracy, accelerating genetic progress, and enabling breeders to make more informed decisions in their breeding programs. The principle of genomic selection in livestock is a breeding strategy that utilizes genomic information to estimate the genetic merit of animals for specific traits. It involves the analysis of the entire genome using high-density genotyping or sequencing technologies to identify genetic markers associated with desirable traits. Here is a detailed explanation of the principle of genomic selection in livestock:

Genotyping or Sequencing: The first step in genomic selection is to genotype or sequence the animals in a reference population. This involves collecting and analyzing DNA samples to identify genetic markers, such as Single Nucleotide Polymorphisms (SNPs), throughout

the genome. High-density genotyping arrays or whole-genome sequencing technologies are used to obtain a comprehensive picture of an animal's genetic makeup.

Phenotypic Data Collection: In parallel with genotyping, phenotypic data for traits of interest are collected from the reference population. These traits can vary widely, including production traits like milk yield, growth rate, and meat quality, and functional traits like disease resistance or fertility. Accurate and standardized phenotypic measurements are crucial for the success of genomic selection.

Building a Reference Population: The reference population is a group of animals with genotypic and phenotypic data. This population is the basis for estimating the relationship between genetic markers and the traits of interest. The larger and more diverse the reference population, the better the accuracy of genomic predictions.

Marker-Trait Associations: Statistical methods are used to identify associations between genetic markers and the target traits in the reference population. These associations indicate genome regions likely to contain genes influencing the traits. The magnitude of the marker effect on the trait measures the strength of the associations.

Genomic Prediction Models: Genomic prediction models are developed to estimate animals' genetic merit, also known as the genomic estimated breeding value (GEBV), based on their genotypic information. These models incorporate marker-trait associations and use statistical algorithms to predict the performance of animals for the traits of interest. The GEBV represents an animal's genetic potential for specific traits and is used for selection decisions.

Selection Decisions: The GEBVs are used as a guide for selecting animals with desirable genetic traits. Animals with higher GEBVs for the target traits are preferred as breeding candidates, as they are predicted to pass on favorable genetic variants to their offspring.

Genomic selection allows for more accurate and efficient selection decisions than traditional breeding methods, as it considers the individual's entire genetic profile.

Validation and Implementation: The accuracy of genomic predictions is validated by comparing the predicted GEBVs with the actual performance of animals in validation populations. The validation process helps assess the reliability of genomic predictions and refine the genomic prediction models if necessary. Once validated, genomic selection can be implemented in breeding programs to drive genetic improvement in livestock populations.

The principle of genomic selection in livestock is based on the understanding that genetic variation throughout the genome contributes to the observed variation in phenotypic traits. By leveraging this information, breeders can make more informed selection decisions, leading to accelerated genetic progress and the more efficient and sustainable improvement of livestock populations. Genomic selection has revolutionized animal breeding by increasing the accuracy of genetic predictions and enabling the selection of animals at an early age, ultimately leading to faster and more targeted genetic improvement.

Training and reference population genomic selection

Training and reference populations are key components of genomic selection in livestock breeding. They play a crucial role in developing accurate prediction models and facilitating the implementation of genomic selection strategies. The training population refers to a group of animals for which phenotypic and genotypic data are available. This population serves as the basis for estimating the effects of genetic markers on the traits of interest. The training population should ideally be representative of the target population, including a diverse range of animals that exhibit variation in the traits being selected for. The larger and more diverse the training population,

the better the accuracy of genomic predictions. The genotypic data in the training population consist of genetic markers, such as single nucleotide polymorphisms (SNPs), distributed throughout the animal's genome. These markers provide information about the genetic variants present in an individual, which can be used to estimate their genomic breeding values (GBVs). The phenotypic data in the training population include records of the traits of interest, such as milk production, growth rate, or disease resistance. The reference population, on the other hand, refers to a group of animals that have been genotyped but may not have phenotypic information available. This population is used to estimate the allele frequencies and linkage disequilibrium patterns in the population. The reference population helps establish the genetic relationships among markers and provides information on the distribution of genetic variation within the population. The accuracy of genomic predictions relies heavily on the quality and size of the training and reference populations. A larger training population enables more precise estimation of marker effects and leads to more accurate predictions of breeding values. A diverse training population is crucial for capturing the genetic variation in the target population and reducing biases due to population structure or genetic relatedness. Furthermore, the reference population is important for improving the accuracy of genomic predictions. The reference population allows for estimating allele frequencies and linkage disequilibrium, which is essential for predicting breeding values in animals with genotypic data but no phenotypic information. It helps establish the relationship between genetic markers and the traits of interest. The integration of training and reference populations in genomic selection allows for the development of prediction models that can accurately estimate animal breeding values without extensive phenotypic information. This approach enables earlier and more accurate selection decisions, particularly for traits that are difficult or costly to measure. It also provides

opportunities for selecting animals at a younger age, reducing generation intervals, and accelerating genetic progress.

Advantages and disadvantages of Genomic Selection in Animal Breeding:

Advantages:

1. Increased selection accuracy: Genomic selection allows for more precise estimation of an animal's breeding value by incorporating genomic information. This leads to improved selection accuracy compared to traditional breeding methods that rely solely on phenotypic and pedigree information.

2. Early selection: Genomic selection enables the prediction of an animal's genetic potential at an early age, even before phenotypic traits are fully expressed. This accelerates the breeding process and reduces generation intervals, allowing for faster genetic progress.

3. Selection for difficult-to-measure traits: Genomic selection is particularly beneficial for traits that are challenging or expensive to measure accurately, such as disease resistance or complex traits with low heritability. By utilizing genomic markers associated with these traits, breeders can make informed selection decisions without relying solely on phenotypic data.

4. Increased genetic gain: The enhanced selection accuracy of genomic selection leads to increased genetic gain in desired traits. This results in more rapid and efficient improvement of livestock populations, contributing to increased productivity, profitability, and sustainability.

5. Expanded breeding pool: Genomic selection allows for the inclusion of a larger pool of candidates in breeding programs. This is especially advantageous for rare or elite animals with limited progeny, as their genomic information can be utilized for selection decisions and to avoid inbreeding.

Disadvantages:

1. High upfront costs: The implementation of genomic selection requires substantial investment in genotyping technology and data analysis. The cost of genotyping large populations can be a significant barrier for some breeders, especially in smaller operations.

2. Limited availability of reference populations: Genomic selection relies on the availability of extensive and diverse reference populations with both genotypic and phenotypic data. In some cases, such reference populations may be lacking, limiting the accuracy and effectiveness of genomic selection in certain breeds or species.

3. Genetic architecture complexity: Genomic selection assumes that the majority of genetic variance is explained by a large number of genetic markers in linkage disequilibrium with quantitative trait loci (QTL). However, complex traits often involve multiple genes with small individual effects, which may not be adequately captured by the available markers. This can limit the accuracy and predictive power of genomic selection.

4. Ethical considerations: The use of genomic selection raises ethical concerns related to genetic manipulation and potential unintended consequences. These concerns may include the concentration of genetic diversity, loss of traditional breeding methods, or neglecting other important aspects of animal welfare and health.

5. Limited knowledge of functional variants: Although genomic selection relies on the identification of markers associated with traits of interest, the functional significance of many of these markers is still unknown. Further research is needed to better understand the underlying biological mechanisms and causative variants associated with complex traits.

Apply genomic selection in livestock

Implementing genomic selection in livestock breeding programs has significantly transformed how genetic improvement is achieved.

This revolutionary approach utilizes genomic information to estimate the genetic merit of animals and guide selection decisions. Here are the key steps involved in the implementation of genomic selection in livestock:

Genotyping: The first step in genomic selection is to genotype animals using high-density genotyping platforms, such as SNP arrays. These platforms allow the simultaneous assessment of thousands to millions of genetic markers across the genome. Genotyping provides the necessary genetic data to establish the relationship between genetic markers and the traits of interest.

Phenotypic and genotypic data collection: Alongside genotyping, phenotypic data for the traits of interest are collected from the animals. This data is crucial for establishing the relationship between the genetic markers and the phenotypic variation observed in the population. The phenotypic data can be collected through various methods, such as performance testing, measuring production traits, or recording physical characteristics.

Creation of a reference population: A reference population comprises animals for which both genotypic and phenotypic data are available. This population is the foundation for developing prediction models that relate the genetic markers to the phenotypic traits. The reference population should ideally be representative of the target population and include animals with diverse genetic backgrounds.

Statistical modeling: Statistical models, such as genomic prediction models, are developed using the genotypic and phenotypic data from the reference population. These models aim to predict animals' genetic merit or breeding value based on their genotypes. Various statistical methods, including genomic best linear unbiased prediction (GBLUP) and Bayesian approaches, are commonly employed to estimate animals' genomic breeding values (GBVs).

Validation and accuracy assessment: The accuracy of the genomic prediction models is assessed through cross-validation or independent validation using animals that were not included in the reference population. This step ensures that the models provide reliable predictions and differentiate animals based on their genetic merit.

Selection decisions: Once the genomic prediction models are validated and deemed accurate, they estimate the GBVs of animals in the selection population. The GBVs indicate an animal's genetic potential for the traits of interest. Animals with higher GBVs are selected as parents for future generations, aiming to accelerate genetic progress and improve the desired traits in the population.

Iterative process: Genomic selection is an iterative process that involves regular updates to the reference population, continuous improvement of the prediction models, and the incorporation of new genetic markers as they become available. This iterative approach ensures that the genomic selection program remains effective and adapts to genetic changes within the population.

Implementing genomic selection in livestock breeding programs has revolutionized the efficiency and accuracy of selection decisions. It enables breeders to identify genetically superior animals at a young age, reducing the generation interval and accelerating the rate of genetic gain. Genomic selection is precious for traits that are difficult to measure, have low heritability, or manifest late in an animal's life. By harnessing the power of genomic information, livestock breeders can make more informed and targeted breeding decisions, improving livestock populations' productivity, health, and sustainability.

The statistical models used in genomic selection

The statistical models used in genomic selection play a crucial role in accurately predicting the genetic merit of animals based on their genotypic information. These models leverage the associations between

genetic markers and traits of interest to estimate an animal's genomic estimated breeding value (GEBV). Here are the main statistical models commonly used in genomic selection:

Linear Regression Models: Linear regression models are a fundamental approach used in genomic selection. These models assume a linear relationship between the genetic markers and the trait being predicted. The model estimates the effects of individual markers on the trait by assigning regression coefficients to each marker. The GEBV is then determined as the total of the marker effects, weighted by the genotypes of the markers.

Bayesian Methods: Bayesian methods provide a flexible framework for genomic prediction. These methods use prior information about the distribution of marker effects and combine it with the observed data to obtain posterior distributions of marker effects and GEBVs. Bayesian models consider uncertainty and can incorporate additional sources of information, such as pedigree or genomic relationships between individuals.

Genomic BLUP (Best Linear Unbiased Prediction): Genomic BLUP extends traditional BLUP models, incorporating genomic relationship matrices. Based on the marker genotypes' capture of genomic similarity, the model estimates the genetic variance and covariance between individuals. Genomic BLUP combines the information from markers with the information from pedigree relationships, leading to improved accuracy in genetic predictions.

GBLUP (Genomic Best Linear Unbiased Prediction): GBLUP is another variant of the BLUP model that uses a genomic relationship matrix to measure genetic similarity. The genomic relationship matrix is constructed based on the marker genotypes, reflecting the shared genomic regions between individuals. GBLUP estimates the genetic

variance by considering the contributions from the genomic relationship matrix.

Ridge Regression and LASSO (Least Absolute Shrinkage and Selection Operator): Ridge regression and LASSO (Least Absolute Shrinkage and Selection Operator) are ways to handle high-dimensional genomic data consistently. These methods reduce marker effects to zero to mitigate overfitting and improve prediction accuracy. Ridge regression adds a penalty term to the marker effects, while LASSO imposes sparsity by forcing some marker effects to be exactly zero.

Random Forests and Machine Learning Approaches: Random Forests and other machine learning algorithms can also be employed in genomic selection. These methods use an ensemble of decision trees to capture complex relationships between markers and traits. They are beneficial when there are non-linear and interaction effects among markers.

These statistical models vary in assumptions, computational requirements, and performance under different scenarios. Researchers continue to develop and refine these models to enhance the accuracy and efficiency of genomic selection. The choice of the model depends on the specific characteristics of the data, such as the number of markers, the sample size, and the genetic architecture of the traits being predicted.

Conclusion

In conclusion, genomic selection has emerged as a powerful tool in livestock breeding, revolutionizing how animals are selected for improved traits and genetic potential. By leveraging genomic information and advanced statistical models, genomic selection offers enhanced accuracy, efficiency, and speed in breeding programs. The application of genomic selection has shown promising results in

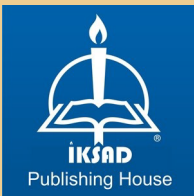
various livestock species, including dairy cattle, pigs, poultry, and sheep. It enables breeders to identify superior animals early based on their genetic makeup, allowing for more targeted selection and accelerated genetic progress. This enhances production traits such as milk yield, growth rate, and meat quality and facilitates the breeding of animals with improved disease resistance, fertility, and other important traits. Furthermore, the continuous advancements in high-throughput sequencing technologies and the decreasing genotyping costs have made genomic selection more accessible and affordable for livestock breeders. The availability of comprehensive reference genomes and large-scale genotype data sets enhances the accuracy of genomic predictions and expands the potential for genetic improvement. While genomic selection has shown tremendous potential, it is important to note that it is not a standalone solution but complements traditional breeding practices. Phenotypic data, pedigree information, and environmental factors are crucial in breeding decisions. Genomic selection should be integrated into a comprehensive breeding program that combines the strengths of both genomic and traditional selection approaches. As the field of genomics continues to advance, future research and technological developments will further refine and optimize the application of genomic selection in livestock breeding. This includes improving the accuracy of genomic predictions, exploring the genetic basis of complex traits, and addressing challenges related to trait expressivity, genetic diversity, and computational analyses. Overall, genomic selection holds great promise for the livestock industry, offering breeders the ability to make significant genetic gains, improve production efficiency, and enhance animal agriculture's overall quality and sustainability. It represents a transformative approach that will shape the future of livestock breeding, paving the way for more resilient, productive, and genetically superior livestock populations.

REFERENCES

1. Berry, D.P., Garcia, J.F., and Garrick, D.J. (2016). Development and implementation of genomic predictions in beef cattle. *Anim. Front.* 6(1), 32-38. doi:10.2527/af.2016-0005.
2. Dekkers, J.C.M. (2007). Marker-assisted selection for commercial crossbred performance. *Journal of Animal Science*, 85(9), 2104-2114.
3. Dekkers, J.C. (2004). Commercial application of marker- and gene-assisted selection in livestock: Strategies and lessons. *Journal of Animal Science*, 82(E-Suppl.), E313-E328.
4. Eggen, A. (2012). The development and application of genomic selection as a new breeding paradigm. *Animal Frontiers*, 2(1), 10-15.
5. Goddard, M.E., and Hayes, B.J. (2009). Mapping genes for complex traits in domestic animals and their use in breeding programmes. *Nat. Rev. Genet.* 10, 381-391.
6. Goddard, M.E., and Hayes, B.J. (2009). Genomic selection: Prediction of accuracy and maximisation of long-term response. *Genetica*, 136, 245-257.
7. Hayes, B.J., Pryce, J.E., Chamberlain, A.J., Bowman, P.J., and Goddard, M.E. (2010). Genetic architecture of complex traits and accuracy of genomic prediction: coat colour, milk fat percentage and type in Holstein cattle as contrasting model traits. *PLOS Genetics*, 6(23), e1001139.
8. Hayes, B.J., Corbet, N.J., Allen, J.M., Laing, A.R., Fordyce, G., Lyons, R., et al. (2019). Towards multi-breed genomic evaluations for female fertility of tropical beef cattle. *J. Animal Sci.* 97(1), 55-62. doi:10.1093/jas/sky417.
9. Henderson, C.R. (1973). SIRE EVALUATION AND GENETIC TRENDS. *Journal of Animal Science*, 1973, 10-41.

10. Meuwissen, T., Hayes, B., and Goddard, M. (2016). Genomic selection: A paradigm shift in animal breeding. *Animal Frontiers*, 6(1), 6. Available at: <https://dl.sciencesocieties.org/publications/af/abstracts/6/1/6>.
11. Meuwissen, T.H.E., and Goddard, M.E. (1996). The use of marker haplotypes in animal breeding schemes. *Genetics, Selection, Evolution: GSE*, 28(2), 161-176. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2708299/>.
12. Meuwissen, T., and Goddard, M. (2010). Accurate prediction of genetic values for complex traits by whole-genome resequencing. *Genetics*, 185(2), 623-631.
13. Mrode, R. (2019). Genomic selection and use of molecular tools in breeding programs for indigenous and crossbred cattle in developing countries: Current status and future prospects. *Front. Genet.* 9, 694. doi:10.3389/fgene.2018.00694.
14. Montaldo, H.H., Casas, E., Ferraz, J.B.S., Vega-Murillo, V.E., and Roman-Ponce, S.I. (2012). Opportunities and challenges from the use of genomic selection for beef cattle breeding in Latin America. *Anim. Front.* 2(1), 23-29. doi:10.2527/af.2011-0029.
15. Sax, K. (1923). The Association of Size Differences with Seed-Coat Pattern and Pigmentation in *PHASEOLUS VULGARIS*. *Genetics*, 8(6), 552-560. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1200765/>.
16. Van Eenennaam, A.L., van der Werf, J.H.J., and Goddard, M.E. (2011). The value of using DNA markers for beef bull selection in the seedstock sector. *J. Animal Sci.* 89(2), 307-320. doi:10.2527/jas.2010-3223.
17. Wang, X., Miao, J., Chang, T., Xia, J., Li, Y., Xu, L., et al. (2019). Evaluation of GBLUP, BayesB and elastic net for genomic prediction in Chinese Simmental beef cattle. *PLoS One* 14(2), 02104422. doi:10.1371/journal.pone.0210442.

18. Weigel, K.A. (2017). Genomic selection of dairy cattle: a review of methods, strategies, and impact. *J Anim Breed Genet*, 1(1), 1-15.
19. Wells, R.D., Bondareva, A.A., and Hatfield, W.G. (1998). Natural DNA sequences: A model system for DNA sequence evolution. *Genetics*, 148(3), 849-858.
20. Zhu, B., Guo, P., Wang, Z., Zhang, W., Chen, Y., Zhang, L., et al. (2019). Accuracies of genomic prediction for twenty economically important traits in Chinese Simmental beef cattle. *Anim. Genet.* 50(6), 634-643. doi:10.1111/age.12853.



ISBN: 978-625-367-407-6