TARIM İÇİN GELİŞMİŞ STRATEJİLER -2

EDİTÖR
Dr. Öğr. Üyesi Tahsin BEYCİOĞLU

İKSAD
Publishing House

TARIM İÇİN GELİŞMİŞ STRATEJİLER -2

EDİTÖR

Dr. Öğr. Üyesi Tahsin BEYCİOĞLU

YAZARLAR

Prof. Dr. Ömer ÖKSÜZ

Prof. Dr. Hikmet GÜNAL

Prof. Dr. Tülay ÖZCAN

Doç. Dr. Emrah KAYA

Doç. Dr. İsmail DEMİR

Doç. Dr. Mesut BUDAK

Dr. Öğr. Üyesi Tuba ALBAYRAK

Arş. Gör. Dr. Göksel TIRPANCI SİVRİ

Arş. Gör. Hayriye Göknur AĞCA KÜÇÜKAYDIN

Raziye Aslı KESER

Tolga OSMANOĞLU

İKSAD
Publishing House

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. The first degree responsibility of the works in the book belongs to the authors.
Iksad Publications – 2023©

ISBN: 978-625-367-510-3
Cover Design: Mehmet Fırat BARAN
November / 2023
Ankara / Türkiye
Size: 16x24cm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ……...……..1

BÖLÜM 1
SÜRDÜRÜLEBİLİR GIDA ARZI İÇİN YENİ BİR YAKLAŞIM: HÜCRESEL TARIM
Arş. Gör. Hayriye Göknur AĞCA KÜÇÜKAYDIN
Arş. Gör. Dr. Göksel TIRPANCI SİVRİ
Prof. Dr. Ömer ÖKSÜZ…….……..3

BÖLÜM 2
GIDA EMÜLSİYONLARI VE MİKROYAPISAL DİZAYN
Raziye Aslı KESER
Prof. Dr. Tülay ÖZCAN……..……...……15

BÖLÜM 3
TOHUMLUK PATATES DEPOCULUĞUNDA SICAKLIĞIN VE YUMRU İRİLİĞİNİN ETKİSİ
Tolga OSMANOĞLU
Doç. Dr. İsmail DEMİR…….……45

BÖLÜM 4
RUMİNANT KAYNAKLI METAN EMİSYONLARINI AZALTMADA UÇUCU YAĞLARIN KULLANIMI
Doç. Dr. Emrah KAYA……...…..67

BÖLÜM 5
YOZGAT İLİNDE TARSİM UYGULAMALARI
Dr. Öğr. Üyesi Tuba ALBAYRAK……...……93

BÖLÜM 6
TOPRAK ORTAMINDA MİKROPLASTİKLERİN TOPRAK CANLILARI VE BİYOKİMYASAL SÜREÇLERE ETKİSİ
Prof. Dr. Hikmet GÜNAL……..……..111

BÖLÜM 7
TÜRKİYE'DE ARAZİ BOZULMASININ DENGELENMESİ ÇALIŞMALARINA GENEL BİR BAKIŞ
Prof. Dr. Hikmet GÜNAL
Doç. Dr. Mesut BUDAK……..131

ÖNSÖZ

Kendini yenileyen tarım, gelişen teknoloji ve inovasyonlarla birlikte tarım sektörünün daha verimli, sürdürülebilir ve akıllı bir hale gelmesini ifade eder. Geleneksel tarım yöntemleri, çeşitli zorluklarla karşı karşıya kaldığından, modern tarımın bu zorluklara çözüm bulma amacıyla kendini sürekli olarak geliştirmesi gerekmektedir.

Kendini yenileyen tarımın temel unsurları şunlardır:

Akıllı Tarım Teknolojileri: Sensör teknolojileri, dronlar, otomatik sulama sistemleri ve akıllı tarım makineleri gibi teknolojik araçlar, tarım süreçlerini optimize ederek verimliliği artırır.

Veri Analizi ve Büyük Veri: Tarladan elde edilen verilerin analizi, hava durumu, toprak özellikleri, bitki büyüme verileri gibi bilgileri içerir. Bu veriler, çiftçilere daha iyi kararlar almaları için önemli bilgiler sunar.

Yapay Zeka ve Makine Öğrenimi: Tarım işletmeleri, yapay zeka ve makine öğrenimi kullanarak hastalık tespiti, zararlılarla mücadele ve ürün tahminleri gibi konularda daha etkili stratejiler geliştirebilir.

Sürdürülebilir Tarım Uygulamaları: Çevre dostu tarım uygulamaları, doğal kaynakları daha verimli kullanmayı ve tarımın çevresel etkilerini azaltmayı amaçlar. Organik tarım ve agro-ekolojik yöntemler bu kapsamda önem taşır.

İntegrasyon ve Bağlantılı Çiftlikler: Tarım işletmeleri, internet bağlantılı sistemler aracılığıyla çiftlik süreçlerini daha iyi yönetebilir, veri paylaşımı ve entegrasyonu sayesinde daha koordineli bir üretim sağlayabilir.

Kendini yenileyen tarım, tarımın geleceğini daha sürdürülebilir, verimli ve teknoloji odaklı bir şekilde şekillendirmeyi hedefler. Bu yaklaşım, çiftçilere daha etkili ve karlı bir tarım yapma imkanı sunarken, aynı zamanda çevresel etkileri minimize etmeyi amaçlar.

Dr. Öğr. Üyesi Tahsin BEYCİOĞLU[1]

[1] Pamukkale Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Orcid: 0000-0001-5338-8836

BÖLÜM 1

SÜRDÜRÜLEBİLİR GIDA ARZI İÇİN YENİ BİR YAKLAŞIM: HÜCRESEL TARIM

Arş. Gör. Hayriye Göknur AĞCA KÜÇÜKAYDIN[1*]
Arş. Gör. Dr. Göksel TIRPANCI SİVRİ[2]
Prof. Dr. Ömer ÖKSÜZ[3]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10406892

[1] Kırklareli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği, Kırklareli, goknuragca@klu.edu.tr, ORCID NO: 0000-0002-7717-3351
[2] Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği, Tekirdağ, gtirpanci@nku.edu.tr, ORCID NO: 0000-0001-9192-2825
[3] Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği, Tekirdağ, ooksuz@nku.edu.tr, ORCID NO: 0000-0002-3223-3154

1. GİRİŞ

Tarih boyunca gıdanın toplanması veya üretilmesi insanlığın büyük endişe kaynaklarından biri olmuştur. Toplumların göçebe hayat tarzından yerleşik hayata; diğer bir deyişle avcı-toplayıcı yaşamdan tarım ve hayvan yetiştiriciliğine geçmesiyle birlikte medeniyet kavramı oluşmuştur. Modern tarım ise sulama sistemleri, gübre ve tarım ilacı kullanımı vb. uygulamalar ile tarımsal üretimde verimi büyük ölçüde artırmıştır (Hocquette, 2016). Günümüzde artan insan popülasyonu, ekilebilir alanların ve su kaynaklarının azalması tarımsal üretimde sürdürülebilirliği tehlikeye atmaktadır. 2050 yılına gelindiğinde dünya nüfusunun 9 milyara ulaşması beklenmektedir. Bu rakam mevcut gıda üretiminin iki katına çıkması gerektiğini göstermektedir. İklim değişikliği ile tarımsal üretimin günden güne daha zor hale gelmesi gıda üretiminde sürdürülebilir yeni yolların bulunması gerekliliğini ortaya koymaktadır (FAO, 2013).

Hücresel tarım, laboratuvar ortamında gıda üretimiyle geleneksel hayvancılık metotlarına alternatif bir yol sunmaktadır. Bu teknoloji, geleneksel hayvancılığın yol açtığı yüksek sera gazı emisyonlarını, su ve arazi kullanımını önemli ölçüde azaltma potansiyeline sahiptir. Ayrıca, hücresel tarım, hayvan refahı ve etik konularında da olumlu katkılar sunmaktadır (Kırmacı & Akmanoğlu, 2021).

Dünya'da sınırlı olan kaynakların etkin kullanımına yönelik olarak doğan amaç doğrultusunda geleneksel tarım hücresel tarıma kıyasla sera gazı emisyonunun, arazi kullanımının, su ve enerji tüketiminin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Hayvancılığın karbondioksit, metan ve nitröz oksit bakımından toplam emisyona katkısı sırasıyla %9, %39 ve %65'tir (FAO, 2006). İn vitro et üretiminin enerji tüketimini ve arazi kullanımını %99, su kullanımını %90, enerji kullanımını ise %40 azaltabilmesi mümkündür (Post, 2012). Hücresel tarımın sağlayabileceği katkı ile sera gazı emisyonunda büyük bir azalmaya yol açacaktır.

Bu çalışmada hücresel tarım ve uygulamaları, sürdürülebilirliğe katkısı, hücresel tarımdan beklentiler ve hücresel tarımın zorlukları ele alınmıştır.

2. HÜCRESEL TARIM

Hücresel tarım, gıda üretimini temelden değiştirmeyi amaçlayan yenilikçi bir alan olarak ortaya çıkmıştır. Hücresel tarım, hayvan hücreleri,

mikroorganizmalar veya bitki bazlı bileşenler kullanarak laboratuvar ortamında et, süt ürünleri ve diğer gıda maddelerini üretmeyi hedefleyen yeni bir yaklaşımdır (Mattick, 2018). Bu yaklaşım, geleneksel tarımın yol açtığı çevresel etkiyi, hayvan refahı sorunlarını ve gıda güvenliği meselelerini azaltmayı hedeflemektedir. Hücresel tarım geleneksel gıda üretimine alternatif olarak geliştirilmiş olup, sürdürülebilirlik, besin değerleri ve gıda güvenliği açısından avantaj sunmaktadır (Bhat & Fayaz, 2011). Bu alandaki gelişmeler, biyoteknoloji, moleküler biyoloji, genetik mühendisliği ve doku mühendisliği disiplinlerindeki ilerlemelerle yakından ilişkilidir.

Kültürlenmiş hücrelerinin gıda olarak kullanılması kavramı, sağlıklı, protein açısından zengin ve besin açısından dengeli gıda hammaddesi elde etmek için bir alternatif sunmaktadır. Şu anda her ne kadar kalori bazında değerlendirildiğinde küresel gıda üretimi şu ana kadar nüfus artışına ayak uydurmuş olsa da, yeterli gıdanın sağlanması ve mikro besin eksikliklerine neden olan düşük kaliteli diyetler ile ilgili çok ciddi problemler vardır (Rischer vd., 2020).

Hücresel tarım özellikle süt endüstrisinde, bebeklerin ihtiyaçlarına göre fonksiyonel bileşenlerin spesifik olarak üretimi için kullanılabilir. Örneğin bu teknolojinin anne sütüyle beslenemeyen bebekler için fonksiyonel süt biyoaktif maddeleri sağlama potansiyeli vardır. Bu şekilde uygulamalarla hücresel tarım fermentasyon yoluyla gıdalarda fonksiyonel özelliklerin geliştirilmesi için de hücresel tarım kullanılabilmektedir (Yart vd., 2023).

Mevcut gıda sistemini sağlıklı beslenme ve çevresel sürdürülebilirlik hedefini artan nüfusa rağmen sağlamak, geleneksel tarımın karşılaştığı en büyük zorluktur (Morchid vd., 2023). Gıda ve çeşitli gıda katkı maddeleri biyoteknolojik üretimi için hücresel tarım umut verici bir teknolojidir.

3. HÜCRESEL TARIM UYGULAMALARI

Kültürlenmiş et, doğrudan kesilen hayvanlardan elde edilmek yerine, bir biyoreaktördeki bir büyüme ortamında kültürlenen hayvan hücrelerinden üretilir. İn vitro et üretme fikri uzun zamandan beri bilim insanları, politikacılar ve sanatçılar tarafından tartışılmaktadır (Treich, 2021). Profesör Mark Post'un in vitro etten yapılmış bir hamburgeri gösterdiği gün olan 5 Ağustos 2013'ten bu yana in vitro etin bilimsel gelişimi giderek artmaktadır (Orellana vd., 2020).

Günümüzde kültür et ve deniz ürünleri start-up'ların çoğu Amerika'da bulunmaktadır.

Tarımsal faaliyetler su ayak izinin %70-85'inden ve dünya sera gazı emisyonlarının %30'undan sorumludur. Gıda talebinin yakın gelecekte artacak olması, bu etkilerin de artmasına neden olacaktır. Et üretimi, gıda üretimini en çok etkileyen faaliyettir (Smetana vd., 2015).

Kültürlenmiş et üretiminde doku mühendisliği teknikleri kullanılır. Hayvanın bir çiftlikte doğal olarak bütün üretilmesi yerine belirli kısımları üretilebilir. Hücreler kas dokusundan ya da embriyodan seçilir ve geliştirilerek kas hücrelerine farklılaşması sağlanır. Bu hücreler biyoreaktöre konularak, çoğaltılırlar. Biyoreaktör hücrenin ihtiyacı olan materyali sağlayan zengin bir kaynaktır. Kas lifleri ve daha büyük dokulara dönüşmek üzere bir matrise veya yapı iskeletine çoğaltılan hücreler aktarılırlar (Orellana vd., 2020).

Hücre kültür teknolojisi aynı zamanda gıda güvenliği açısından da avantajlar sunmaktadır. Laboratuvar ortamında kontrol edilen koşullarda, gıda kaynaklı hastalıkların risk etmeni mikroorganizmaların kontaminasyonu oldukça düşüktür (Eibl vd., 2021). Ayrıca pestisitler, arsenik, dioksinler ve hormonlar gibi geleneksel et üretim sistemleriyle ilişkili diğer bileşiklere maruz kalma riskleri de geleneksel üretime kıyasla daha azdır (Bhat vd., 2017).

Diğer yandan et üretiminde hayvanlar üzerinde kullanılan antibiyotikler de hücre kültürü teknolojisinde olmadığından kullanılan ve ete geçebilen antibiyotik miktarını azaltmaktadır. Bu durum dolayısıyla antibiyotik dirençli mikroorganizmaların ortaya çıkması bakımından da önleyicidir (Newman vd., 2023).

Hücresel tarım rekombinant DNA teknolojisi ile özellikle kollajen, kazein ve jelatin gibi biyomoleküllerin üretiminde önemli bir potansiyele sahiptir. Kollajen, hayvan dokularında bol miktarda bulunan bir proteindir ve çeşitli tıbbi ve kozmetik uygulamalarda kullanılır. Hücresel tarım, genetik mühendisliği ve hücre kültürü tekniklerini kullanarak, hayvanlardan elde edilen kollajene benzer olarak yüksek saflıkta ve fonksiyonel özelliklere sahip kollajen üretimini mümkün hale getirmektedir (Dupuis vd., 2023). Kazein, sütte bulunan ana proteindir ve gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılır. Hücresel tarım, kazein üretiminde yenilikçi bir yaklaşım ile süt üretimi için alternatif ve daha sürdürülebilir bir yöntem sunmaktadır. Jelatin, hayvan derisi, kemikler, tendon ve kıkırdaklardan elde edilen bir protein türüdür (Gómez-

Guillén vd., 2011). Hücresel tarım, jelatin üretiminde hayvansal elde yöntemlerine etik ve sürdürülebilir bir alternatif sunmaktadır.

Rekombinant DNA teknolojisi ile çeşitli biyomoleküllerin sentezi yapılabilmektedir. Rekombinant DNA teknolojisi, genleri tanımlamak, eşlemek, sıralamak ve fonksiyonlarını belirlemek için kullanılmaktadır. Rekombinant DNA probları, tek tek hücreler içindeki ve tüm organizmaların dokuları boyunca gen ekspresyonunun analizinde kullanılmaktadır (Pazarli, 2019).

Rekombinant DNA teknolojisi gıda ve tıp alanlarında yenilikçi yaklaşımlar sunmaktadır. rDNA teknolojisi kullanılarak geliştirilen hücre hatları, spesifik gıda bileşenleri veya farmasötik ürünlerin üretiminde kullanılabilir. Ayrıca gıda güvenliği ve gıda alerjileri konusunda yeni çözümler sunabilir ve gıda ürünlerinin özelliklerini iyileştirebilir (Bryant, 2020).

Rekombinant DNA teknolojisi, genetiği değiştirilmiş bakteri ve mayaların fermentasyonu ile halihazırda diyabet hastaları için insülin ve peynir mayası gibi gıda enzimleri üretmek için ticari olarak kullanılmaktadır. Şimdi ise etki alanı daha hayvan proteini setini kapsayacak şekilde genişletilmiştir. Örneğin Perfect Day şirketi bu süreci kullanarak süt proteinleri ve Clara Foods yumurta beyazı proteinleri üretmektedir (Saavoss, 2023). Hücre bazlı süt ürünlerinde, ürün bileşenlerin formülasyona bağlı birleştirilmesi ile satışa sunulmaktadır İnek sütünde bulunan hayvansal bazlı yağ ve şekerin yerine bitkisel bazlı yağlar ve şekerler eklenir. Bu şekilde üretilen gıda ürünlerinde proteinlerin ve tamamlanmış ürünlerin tat, doku ve beslenme profillerinin iyileştirilmesi gerekliliği önemli bir teknolojik engeldir.

4. SÜRDÜRÜLEBİLİR GIDA ÜRETİMİNDE HÜCRESEL TARIMIN FAYDALARI

Sürdürülebilir gıda üretimi, artan nüfus ve çevresel zorluklar nedeniyle 21. yüzyılın en hayati sorunudur. Artacak olan gıda tüketimine cevap vermeye yönelik ortaya çıkan hücresel tarımın geleneksel tarıma kıyasla sağladığı avantajlardan en önemlileri; çevresel sürdürülebilirlik, hayvan refahının artırılması ve gıda güvenliğinin iyileştirilmesidir (Mcmorris vd., 2021).

Çevresel sürdürülebilirlik açısından, hücresel tarım, geleneksel tarıma kıyasla daha az su ve toprak kullanımı ve daha düşük karbon emisyonları ile dikkat çekmektedir Geleneksel hayvancılık, sera gazı emisyonlarının büyük bir

kaynağıdır ve önemli miktarda su ve arazi kullanımına ihtiyaç duymaktadır. Hücresel tarım, bu kaynakların kullanımını azaltarak gıda üretiminin çevreye etkisini önemli ölçüde düşürebilir (Behm vd., 2022).

Geleneksel tarım, hayvan refahı yönünden oldukça fazla sorun barındırmaktadır. Hayvan refahı bakımından, hücresel tarımın hayvanlara yönelik etik kaygıları azaltmaktadır (Saavoss, 2023). Geleneksel hayvancılıkta sıkça rastlanan hayvanların mental ve fiziksel olarak zor yaşam koşulları, hücresel tarım yöntemiyle ortadan kaldırılması için çözüm sunmaktadır (Schaefer & Savulescu, 2014). Diğer bir yaklaşım ise hücresel kültürlü et üretiminin geleneksel et üretimini azaltmak yerine toplam et tüketimini artırmaya yönelik etki edeceği ve geleneksel et üretimi, çevresel etkileri ve kesilen hayvan sayısı hiç azalmayacağı yönündedir (Stephens vd., 2018). Hücresel kültürlü etin eti ikame etmek yerine zaman içinde artacak popülasyona gıda sağlama kaygısı ile üretilmesi bu durumu daha iyi açıklamaktadır.

Son olarak, hücresel tarım, gıda güvenliğini artırma potansiyeline sahiptir. Laboratuvar ortamında kontrol edilen üretim süreçleri, gıda kaynaklı hastalıkların riskini azaltma potansiyeline sahiptir. Hücresel tarım ayrıca, gıda üretiminin iklim değişikliği gibi dış faktörlere olan bağımlılığını azaltarak daha kararlı bir gıda üretim sistemi kurma olanağı sağlayabilmektedir (Eibl vd., 2021).

5. GELECEK BEKLENTİLERİ, ZORLUKLAR VE SONUÇ

Gıda üretiminde verimlilik, ürünün ticarileşmesi açısından en önemli parametredir. Hücresel tarım ile üretimi yapılan ürünün geleneksel tarım ile üretimi yapılan ürünle rekabet edebilmesi için üretim prosesinin daha verimli olması gerekmektedir. Hücresel kültürlü et üretiminde biyoreaktör boyutu ve verimliliği önemli rol oynar. Büyük ölçekli uygulamaya ilişkin olarak, biyoreaktör tasarımları ilerleyen süreçte büyü rol oynayacaktır (Eibl vd., 2021).

Hücresel tarımda diğer bir zorluk da geleneksel et ürünlerinin sahip olduğu tat, renk ve doku ile ilgili özellikleri in vitro etin sağlamasıdır. Üretimde yer alan proses koşullarının optimizasyonu, biyoteknolojik olarak üretilen hemoglobinin kullanımı ve kas hücrelerinin yağ dokusuyla birlikte yetiştirilmesi, tin vitro etin duyusal olarak kabulünü artırabilecek potansiyel çözümlerdir (Bhat vd., 2019)

Son olarak tüketicilere yönelik her türlü sağlık ve güvenlik riskini ortadan kaldırmak için kapsamlı bir izleme sistemi geliştirilmelidir. ABD Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) ve ABD Tarım Bakanlığı (USDA), piyasaya sürülen hücresel et ürünlerinin güvenli ve doğru bir şekilde etiketlenmesini sağlamak için birlikte çalışmaktadır. Avrupa Birliği'nde in vitro et ile ilgili Yeni Gıda Yönetmeliği oluşturulmuştur ve in vitro et için piyasaya sürülmeden önce Avrupa Komisyonu'ndan pazar onayı alınması gerekmektedir (Eibl vd., 2021). Türkiye'de hücresel tarım ile üretilmiş et ile ilgili üretim çalışmaları yaygın olmasa da bulunmaktadır. Ancak hücresel tarım ürünleri ile ilgili yönetmelik bulunmamaktadır.

Hücresel tarım ile üretilen ürünlere zaman içinde tüketici ilgisinin artması durumunda geleneksel tarım sistemi üzerinde ortaya çıkabilecek sosyoekonomik zorluk da hücresel tarıma yönelik başka bir tartışma konusunu oluşturmaktadır. Geleneksel tarım sistemlerinde faaliyet gösteren insanlar üzerindeki etkiyi azaltmak için bu endişenin dikkate alınması ve dengeli yavaş bir geçiş sürecinin sağlanması gerekmektedir (Saavoss, 2023).

Hücresel tarıma yönelik tüketici tutumları, bir çok yenilikte olduğu gibi bu yeni gıda üretim sisteminde de belirleyici rol oynamaktadır. Hücresel tarımın yaygınlaşması, tüketiciye geleneksel tarım ile ilgili endişe ile hücresel tarımın gerekçe ve sonuçlarının iyi anlatılmasıyla gerçekleşebilecek bir hedeftir.Yeni gıda sisteminde üretilen ürünün tat, koku ve fiyat bakımından geleneksel ürünlerle rekabet etmesi gerekmektedir. Hücresel tarım ile ilgili sorunların hızlı çözümü ve gıda güvenliği hücresel tarımın yaygınlaşmasında en önemli kısmı oluşturmaktadır.

KAYNAKÇA

Behm, K., Nappa, M., Aro, N., Welman, A., Ledgard, S., Suomalainen, M., & Hill, J. (2022). Comparison of carbon footprint and water scarcity footprint of milk protein produced by cellular agriculture and the dairy industry. *International Journal of Life Cycle Assessment*, *27*(8), 1017-1034. https://doi.org/10.1007/s11367-022-02087-0

Bhat, Z. F., & Fayaz, H. (2011). Prospectus of cultured meat - Advancing meat alternatives. Içinde *Journal of Food Science and Technology* (C. 48, Sayı 2, ss. 125-140). https://doi.org/10.1007/s13197-010-0198-7

Bhat, Z. F., Kumar, S., & Bhat, H. F. (2017). In vitro meat: A future animal-free harvest. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *57*(4), 782-789. https://doi.org/10.1080/10408398.2014.924899

Bhat, Z. F., Morton, J. D., Mason, S. L., Bekhit, A. E. D. A., & Bhat, H. F. (2019). Technological, Regulatory, and Ethical Aspects of In Vitro Meat: A Future Slaughter-Free Harvest. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12473

Bryant, C. J. (2020). Culture, meat, and cultured meat. Içinde *Journal of Animal Science* (C. 98, Sayı 8). Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/jas/skaa172

Dupuis, J. H., Cheung, L. K. Y., Newman, L., Dee, D. R., & Yada, R. Y. (2023). Precision cellular agriculture: The future role of recombinantly expressed protein as food. Içinde *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* (C. 22, Sayı 2, ss. 882-912). John Wiley and Sons Inc. https://doi.org/10.1111/1541-4337.13094

Eibl, R., Senn, Y., Gubser, G., Jossen, V., van den Bos, C., & Eibl, D. (2021). Cellular Agriculture: Opportunities and Challenges. *Annual Review of Food Science and Technology*, *12*(1), 51-73. https://doi.org/10.1146/annurev-food-063020-123940

FAO. (2006). Livestock's long shadow- Environmental issues and options. *FAO publications*.

FAO. (2013). *Edible insects: Future prospects for food and feed security*. *FAO publications*. http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e.pdf

Gómez-Guillén, M. C., Giménez, B., López-Caballero, M. E., & Montero, M. P. (2011). *Functional And Bioactıve Properties Of Collagen And Gelatin From Alternative Sources: A Review*.

Hocquette, J. F. (2016). Is in vitro meat the solution for the future? *Meat Science*, *120*, 167-176. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.04.036

Kırmacı, H. A., & Akmanoğlu, E. (2021). Hücresel Tarım ve Hücre Bazlı Gıdaların Kullanımı. *UNIKA Journal of Health Sciences*, *1*(3), 190-200. https://doi.org/10.47327/unikasaglik.33

Mattick, C. S. (2018). Cellular agriculture: The coming revolution in food production. *Bulletin of the Atomic Scientists*, *74*(1), 32-35. https://doi.org/10.1080/00963402.2017.1413059

Mcmorris, M., Neudorf, C., & Massow, M. Von. (2021). *Animal-Free Meat, Milk and Eggs*.

Morchid, A., El Alami, R., Raezah, A. A., & Sabbar, Y. (2023). Applications of internet of things (IoT) and sensors technology to increase food security and agricultural Sustainability: Benefits and challenges. *Ain Shams Engineering Journal*. https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102509

Newman, L., Fraser, E., Newell, R., Bowness, E., Newman, K., & Glaros, A. (2023). Cellular agriculture and the sustainable development goals. Içinde C. Lopez-Correa & A. Suarez-Gonzalez (Ed.), *Genomics and the Global Bioeconomy* (ss. 3-23).

Orellana, N., Sánchez, E., Benavente, D., Prieto, P., Enrione, J., & Acevedo, C. A. (2020). A new edible film to produce in vitro meat. *Foods*, *9*(2). https://doi.org/10.3390/foods9020185

Pazarli, D. (2019). *Rekombinant DNA Teknolojisi Kullanılarak Pankreatit İle İlişkili Protein (PAP) Geliştirilmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Kocaeli Üniversitesi.

Post, M. J. (2012). Cultured meat from stem cells: Challenges and prospects. Içinde *Meat Science* (C. 92, Sayı 3, ss. 297-301). https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.04.008

Rischer, H., Szilvay, G. R., & Oksman-Caldentey, K. M. (2020). Cellular agriculture — industrial biotechnology for food and materials. Içinde *Current Opinion in Biotechnology* (C. 61, ss. 128-134). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.copbio.2019.12.003

Saavoss, M. (2023). Agricultural & Applied Economics Association How Might Cellular Agriculture Impact the Livestock, Dairy, and Poultry Industries? *Agricultural & Applied Economics Association*, *34*, 1-7. https://doi.org/10.2307/26758666

Schaefer, G. O., & Savulescu, J. (2014). The ethics of producing in vitro meat. *Journal of Applied Philosophy*, *31*(2), 188-202. https://doi.org/10.1111/japp.12056

Smetana, S., Mathys, A., Knoch, A., & Heinz, V. (2015). Meat alternatives: life cycle assessment of most known meat substitutes. *International Journal of Life Cycle Assessment*, *20*(9), 1254-1267. https://doi.org/10.1007/s11367-015-0931-6

Stephens, N., Di Silvio, L., Dunsford, I., Ellis, M., Glencross, A., & Sexton, A. (2018). Bringing cultured meat to market: Technical, socio-political, and regulatory challenges in cellular agriculture. Içinde *Trends in Food Science and Technology* (C. 78, ss. 155-166). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.04.010

Treich, N. (2021). Cultured Meat: Promises and Challenges. *Environmental and Resource Economics*, *79*(1), 33-61. https://doi.org/10.1007/s10640-021-00551-3

Yart, L., Wijaya, A. W., Lima, M. J., Haller, C., van der Beek, E. M., Carvalho, R. S., Kraus, M. R.-C., & Mashinchian, O. (2023). Cellular agriculture for milk bioactive production. *Nature Reviews Bioengineering*, *1*(11), 858-874. https://doi.org/10.1038/s44222-023-00112-x

BÖLÜM 2

GIDA EMÜLSİYONLARI VE MİKROYAPISAL DİZAYN

Raziye Aslı KESER[1*]
Prof. Dr. Tülay ÖZCAN[2]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10406910

[1] Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, BURSA, TÜRKİYE, 0000-0002-3930-0436
[2] Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, BURSA, TÜRKİYE, -ORCID ID: 0000-0002-0223-3807
* Corresponding author, aslhorzum@gmail.com

GİRİŞ

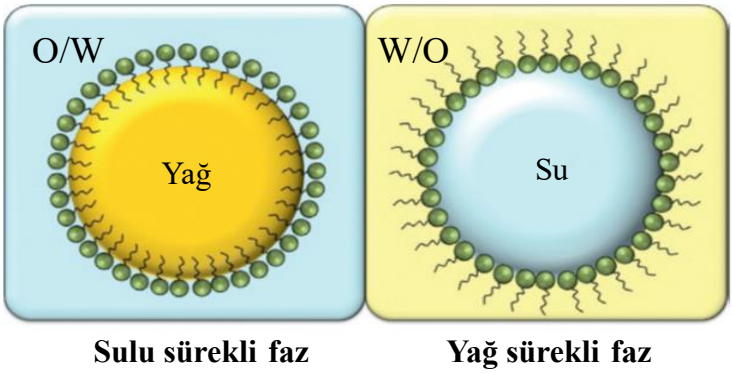
Gıdalar doğal ve işlenmiş formlarında kısmen ya da tamamen emülsiyon halindedir ya da üretim süreçleri aşamasında emülsiyon haline getirilmektedirler. Emülsiyon şeklindeki ürünlere süt, krema, tereyağı, meyveli karışımlar, bebek mamaları, çorbalar, kek hamurları, mayonez, çeşitli soslar, tatlılar, dondurma, kahve beyazlatıcı, tereyağı ve margarin örnek verilebilmektedir. Emülsiyon bazlı gıda ürünlerinin fizikokimyasal ve duyusal özellikleri bu ürünleri oluşturmak için kullanılan farklı bileşenler ve işleme yöntemlerinin bir sonucu olarak değişkenlik göstermektedir. Belirli özelliklere sahip emülsiyon sistemlerin oluşturulmasında hammadde, su, yağ, emülgatör, stabilizatör, mineraller, asitler, bazlar, vitaminler, lezzet ve renk maddeleri, karıştırma, homojenizasyon, pastörizasyon, sterilizasyon, soğutma, dondurma, depolama ve taşıma gibi işleme ve muhafaza koşulları etkili olmaktadır (Friberg ve ark., 2004). Bir gıda emülsiyonu, tamamen veya kısmen karışmayan iki veya daha fazla fazdan oluşan, hidrofilik, lipofilik ve amfifilik özelliğe sahip bileşiklerin doğru oranlarda birleştirilmesiyle oluşturulmaktadır (Komaiko ve ark., 2016). Başka bir ifade ile emülsiyonlar; su, yağ ve yüzey aktif madde veya bunların kombinasyonları ile iki veya daha fazla karışmayan bileşikten makroskopik olarak homojen bir sistem oluşturmak için karıştırılmaktadır (Schreiner ve ark., 2020).

Emülsiyonlar dağınık ve sürekli sistemleri oluşturan, birbirine karışmayan fazların (tipik olarak yağ ve su) türüne göre sınıflandırılmaktadır. Yüksek kaliteli, stabil ve duyusal olarak tercih edilen ürünler elde etmek için bu fazları stabilize etmek oldukça önemlidir. Genellikle gıda ürünlerinde bu iki karışmayan faz, bir fazın diğerine küçük damlacıklar şeklinde dağılması ile oluşmaktadır (Santana ve ark., 2013).

Bir emülsiyon sisteminde, emülsiyon ortamını oluşturan faza sürekli veya dış faz, dış faz içinde dağılan faza ise dispers faz ya da iç faz (dağınık faz) adı verilmektedir. Bu iki fazın birbirlerine göre olan durumları emülsiyon çeşitlerini oluşturmaktadır. Temelde iki tip emülsiyon sistemi bulunmaktadır: sürekli sulu bir faz içinde dağılmış bir yağ fazından oluşan emülsiyonlar suda yağ (O/W) emülsiyonları olarak bilinirken, sürekli bir yağ fazı içinde dağılmış sulu fazdan oluşan emülsiyonlar ise yağda su (W/O) emülsiyonları olarak tanımlanmaktadır (Sheth ve ark., 2020) (Şekil 1). Bir O/W emülsiyonunda dış faz su iken, iç fazı oluşturan yağ damlacıkları su içinde küçük kürecikler

halinde dağılmaktadır. Süt, krema, peynir, çorba ve soslar O/W emülsiyonlarına, suyun dispers olduğu sistemlerde tereyağı ve margarin ise W/O emülsiyonlarına örnek verilebilmektedir. Genel olarak emülsiyon bazlı gıda ürünlerinin pek çoğu bu iki emülsiyon grubuna girmektedir. Bu gıdaların emülsifiye edilmiş bileşenleri, görünüm, tekstür, stabilite ve tat gibi farklı fonksiyonel niteliklerin belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır (Chojnicka-Paszun ve ark., 2012; Chung ve ark., 2013c).

O/W ve W/O emülsiyon sistemlerinde emülsiyonun oluşabilmesi için 3 temel mekanizmanın sağlanması gerekmektedir *i:* sıvılar birbirinin içinde çözünmez olmalıdır; *ii:* bir sıvının diğeri içinde dağılabilmesi için yeterli karıştırma uygulanmalıdır, *iii:* emülgatör karışımları kullanılmalıdır (Chen ve Tao, 2005).



Şekil 1: Basit emülsiyonlar: su içinde yağ (O/W) emülsiyonu ve yağ içinde su (W/O) emülsiyonu (Chung ve McClements, 2015)

Emülsiyon içeriği, ortama polisakkarit ve proteinlerin ilavesi, çok çeşitli modifiye sistemlerin geliştirilmesini ve mikroyapıya göre sınıflandırılmasını daha karmaşık ve etkileşimli hale getirmektedir. Bu yapılandırılmış emülsiyonlar dağınık farklı fazların bileşimine veya dağınık faz damlacıklarının boyutuna göre sınıflandırılmaktadır. Bazı karmaşık emülsiyonlar dağınık damlacıkların iki (veya daha fazla) fazını içerebilmekte ve en içteki dağınık fazın konumuna göre özellik göstermektedir. Birden fazla emülsiyona örnek olarak su içinde suda yağ (O/W1/W2), su içinde yağda su (W1/O/W2) ve yağ içinde suda yağ (O1/W/O2) emülsiyonları verilebilmektedir (Şekil 3) (Dammak ve ark., 2020).

Karmaşık emülsiyonlar parçacık boyutlarına (örneğin, nanoemülsiyonlar 10-100 nm yarıçap, miniemülsiyonlar 100-1000 nm yarıçap ve makroemülsiyonlara 1000 nm-1000 mm yarıçap) göre de sınıflandırılmaktadır (Santana ve ark., 2013). Geleneksel emülsiyonlardaki damlacıkların çapı ise genellikle 100 nm-100 µm aralığında olup tek bir tabaka ile kaplanmaktadır (McClements, 2015). Belirli bileşenlerin salınımını kontrol etmek, emülsiyon bazlı gıda ürünlerinin toplam yağ içeriğini azaltmak veya bir bileşeni normal olarak etkileşime girebileceği başka bir bileşenden izole etmek için kullanılabilecek stabil çoklu emülsiyonlar oluşturmak açısından önemlidir (Garti ve Benichou, 2004).

1. EMÜLSİYON SİSTEMLERİNİN MEKANİZMASI

O/W emülsiyonları termodinamik olarak kararsız olup çevresel streslere karşı stabiliteleri oldukça düşüktür. Bu nedenle emülsiyon sistemlerin oluşturulmasında stabilizatör kullanımı gerekli olarak görülmektedir (Krstonošić ve ark., 2009). Çoğu gıda emülsiyonu yağ, su ve amfifilik bileşiklerin (emülgatörler) yanı sıra reolojik ve tribolojik özelliklerin kararlılığı ve tat-aroma gibi duyusal özellikleri iyileştirmek amacı ile kıvam arttırıcılar, jel oluşumunu sağlayan bileşikler, olgunlaşma inhibitörleri, aroma ve renklendiriciler gibi diğer bileşenleri de içermektedir (Perrechil ve Cunha, 2010; Su ve ark., 2010).

Emülsiyon oluşumunu kolaylaştıran ve emülsiyon stabilitesini artıran bu stabilizatörler kullanılarak kinetik olarak kararlı emülsiyonlar oluşturulmaktadır (Kim ve ark., 2020). Stabilizatörler, emülsifikasyon işlemini kolaylaştırmalarının yanı sıra birbiri içerisinde karışmayan sıvı fazlar arasındaki ara yüzey gerilimini azaltarak damlacıkların agregasyonunu engellemektedir (Bai ve ark., 2016). Gıda uygulamalarında yaygın olarak kullanılan emülgatörler arasında düşük moleküler ağırlıklı yüzey aktif maddeler, proteinler, fosfolipidler, polisakkaritler ve bunların türevleri bulunmaktadır (Seta ve ark., 2012).

Belirli bir uygulama için uygun bir emülgatör veya emülgatör karışımı seçimi kaliteli ürünler oluşturmak için kritik öneme sahip olmakla birlikte, ürün formülasyonuna, işleme koşullarına ve istenen son ürün özelliklerine de bağlı olmaktadır (Horn ve ark., 2012). Damlacık oluşumundan sonra emülgatörler yağ damlacıklarının etrafında, aralarında itici kuvvetler oluşturarak

damlacıkların topaklanmalarını engelleyen ince bir kaplama oluşturmaktadır. Emülgatörün özellikleri emülsiyonların reoloji, görünüm, tat, fiziksel ve kimyasal kararlılık gibi fizikokimyasal özelliklerinin yanı sıra, yağ damlacıklarının boyut, yük, etkileşimleri ve organizasyon özelliklerini de etkilemektedir (Charoen ve ark., 2012).

Pek çok maddenin yer aldığı gıda emülsiyonu içinde bulunan bileşenlerin özellikleri, gıdanın reolojik, fizikokimyasal ve duyusal özelliklerinin belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Su içinde yağ (O/W) emülsiyon özellikleri ile gıda emülsiyonlarının duyusal ve fizikokimyasal özellikleri arasındaki ilişki Şekil. 2 de açıklanmaktadır.

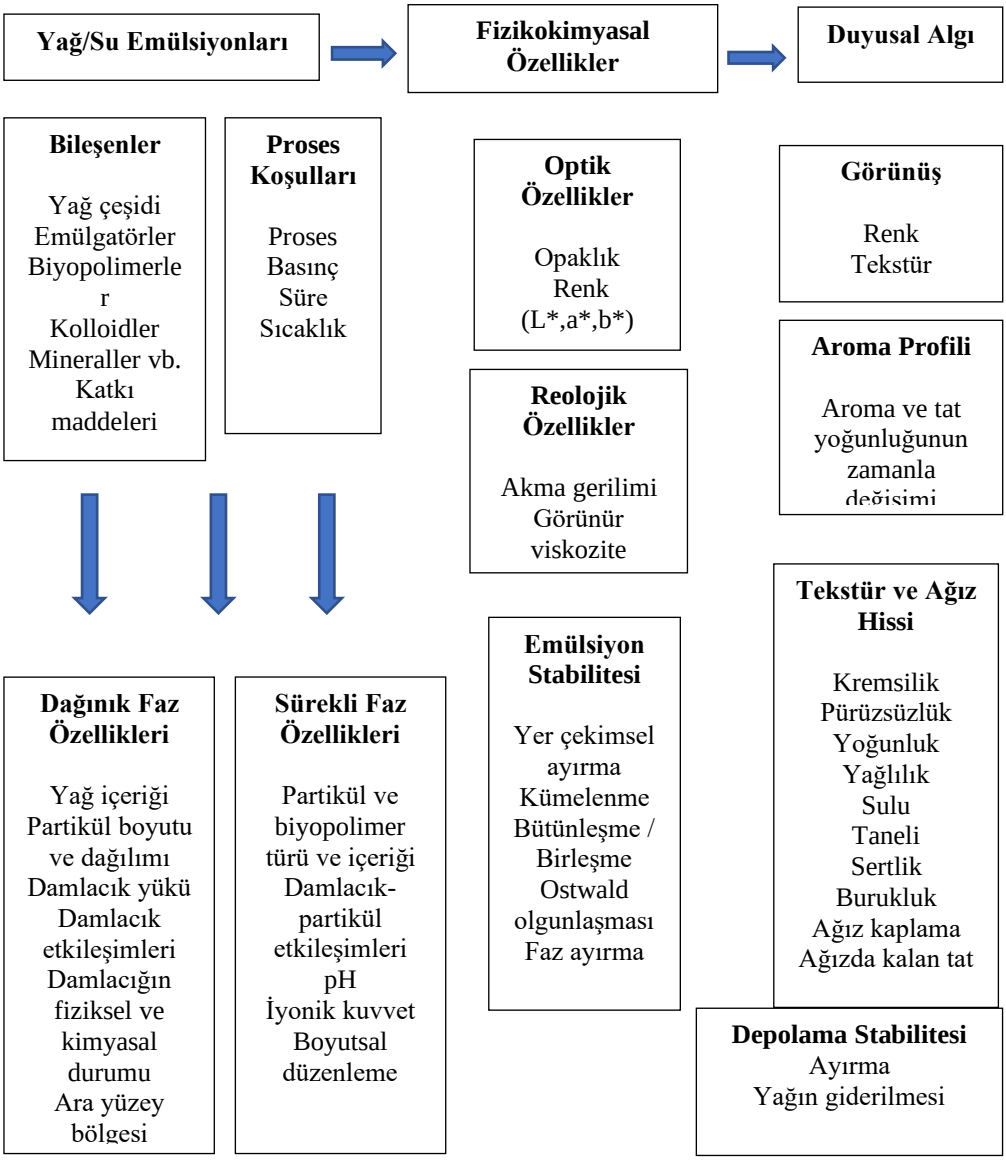
2. GIDA EMÜLSİYONU YAPI TAŞLARI

2.1. Dağınık fazın etkisi

Yağ damlacık konsantrasyonu, boyutu, yükü ve etkileşimleri gibi dağınık faz özelliklerinin gıda emülsiyonlarının yapısal organizasyonu, reolojisi ve duyusal özellikleri üzerindeki etkisi önemli olmaktadır (Chung ve McClements, 2015).

2.1.1. Yağ damlacık konsantrasyonu

Bir gıdada bulunan yağın cinsi ve miktarı genel duyusal kalite ve tüketici beğenisi ile bağlantı göstermektedir. Az yağlı sütün tam yağlı süte veya az yağlı yiyeceklerin tam yağlı bileşenlerine göre duyusal farklılığı gıdaların ağızda işlenmesini (oral işlem) etkilemektedir (Tomaschunas ve ark., 2013). Bu anlamda algılanan ağız hissi (duyu bilimi ve fizyolojisi), emülsiyon reolojisi (akışkanlar mekaniği), damlacık özellikleri (kolloidal bilimi) ve ara yüzey özellikleri (ara yüz kimyası) arasındaki karşılıklı ilişki bir interaksiyon göstermektedir (McClements, 2015).



Şekil 2: Su içinde yağ (O/W) emülsiyon özellikleri ile gıda emülsiyonlarının fizikokimyasal özellikleri ve duyusal özellikleri arasındaki ilişkiye genel bakış (Chung ve McClements, 2014)

Yağ konsantrasyonu, yağ damlacıklarının ışık saçılması üzerindeki etkisinden dolayı gıda ürünlerinin algılanan beyazlığını (saydamlık, L*) etkilemesinin yanı sıra (Chung ve ark., 2013b) yağ damlacıklarının emülsiyonların sıvı akışına direnci üzerindeki etkisinden dolayı gıdaların reolojisini ve/veya tekstürel özelliklerini de (viskozite veya yoğunluk) değiştirmektedir (Chojnicka-Paszun ve ark., 2012; Chung ve ark., 2013c).

Yağ damlacığı konsantrasyonu, içecek emülsiyonlarında %1 fraksiyondan (McClements, 2015) %70'in üzerine kadar (mayonezlerde) değişebilmektedir (de Wijk ve Prinz, 2007). Bir üründe yağ damlacığı konsantrasyonunun arttırılması kremsilik, yumuşaklık, yoğunluk ve yağlılık algısını arttırmaktadır (Chojnicka-Paszun ve ark., 2012).

Yağı azaltılmış ve tam yağlı gıdalar arasındaki bu farklılık yağ içeriğinin doku ve ağızda bıraktığı his üzerindeki etkinin tanımlanması için kullanılabilmektedir. Pek çok üründe yağı azaltılmış gıdalar kısmen daha düşük viskozitelere sahip olup tam yağlı olanlar kadar zengin, kremsi veya yoğun olarak algılanmamaktadır (Chung ve ark., 2013c).

Yüksek yağ içeriğine sahip emülsiyonların görünüm ve tekstür açısından daha kremsi-kaygan olarak algılanması da tribolojik bir perspektif ile incelenebilmektedir (Tomaschunas ve ark., 2013). Gıda veya gıda-tükürük karışımı damak ve dil arasında kayganlaştırıcı olarak hareket eden bir sürtünme/yağlama hissi oluşturmaktadır. Gıda tribolojisi, sıvı/yağ varlığı ve kremamsılık algısı ile bağlantılı olan pürüzsüzlük hissinin açıklanabilmesinde önemlidir. Tribolojik mekanizmaların sağladığı bu avantaj ile dünya çapında artan yağ tüketimi, obezite ve kronik hastalıklara bağlı sorunların azaltılması için gıda sanayinde yağ miktarı azaltılmış ancak lezzetli emülsiyon sistemlerinin geliştirilmesi sağlanabilecektir (Keser ve ark., 2022).

Yağ damlacığı konsantrasyonundaki azalmaya bağlı olarak yağı azaltılmış ürünlerin saydamlığındaki azalma, genellikle formülasyon ve/veya işleme koşullarının optimize edilmesiyle telafi edilebilmektedir. Örneğin, partikül boyutu dağılımı (PSD), ışığın dalga boyuna (500 nm) benzer boyutlarda damlacıklar üreterek yağ damlacıklarının ışık saçılımı etkinliğini arttıracak şekilde kontrol edilebilmektedir. Bu optimal boyutun altındaki ve/veya üstündeki damlacık boyutlarının daha az ışık saçarak daha düşük bir saydamlık verdiği belirtilmektedir (McClements, 2002).

Yağ damlacığı konsantrasyonu, uçucu ve uçucu olmayan lezzet bileşiklerinin algılanmasını da etkilemektedir. Artan yağ içeriği ile, bir emülsiyonun üst kısmındaki polar olmayan tatların konsantrasyonu azaldığından dolayı algılanan lezzet yoğunlukları da azalmaktadır (Christiansen ve ark., 2011; Mao ve ark., 2013).

2.1.2. Yağ damlacık boyutu

Emülsiyonlardaki damlacık boyutu tipik olarak 10 nm- 100 µm arasında değişmektedir (Kedzior ve ark., 2021). İdeal bir emülsiyon, hacmi boyunca üniform olup, küçük damlacık boyutunda polidispersiteye sahip küçük damlacıklara sahiptir ve zamanla önemli ölçüde değişmez, yani ürün uzun bir raf ömrüne sahiptir (Aveyard ve ark., 2003).

O/W ve W/O emülsiyonundaki yağ damlacıklarının büyüklüğü, gıda emülsiyonlarının görünümünü, reolojisini ve duyusal özelliklerini etkilemektedir (McClements, 2015). Bir emülsiyonun parlaklığı damlacık boyutları ışığın dalga boyuna benzer olduğunda maksimum olma eğilimindedir. Gıda emülsiyonlarının reolojik özellikleri de yağ damlacık boyutundan önemli ölçüde etkilenmektedir. Örneğin, daha küçük boyutlara sahip damlacıklar nişasta granülleri, protein kümeleri veya hava kabarcıkları gibi diğer yağsız parçacıkları içeren karmaşık gıda sistemleri içerisinde dağınık fazın daha verimli bir şekilde bir araya gelmesini sağlamaktadır. Az yağlı yoğurtlar üzerinde yapılan çalışmalar daha küçük yağ globüllerinin protein jel ağlarına daha kolay dahil edildiği ve bunun da kontrol (tam yağlı) yoğurtlara kıyasla farklı mikro yapılara ve daha kremsi bir tekstür geliştirdiği saptanmıştır (Ciron ve ark., 2012).

Başka bir çalışmada da küçük yağ damlacıklarının nişasta granülleri arasındaki geçiş boşluklarına dahil olarak farklı mikro yapı ve viskoziteye oluşturduğu belirtilmektedir (Chung ve ark., 2012). Yağ damlacıklarının büyüklüğü de gıdanın duyusal algısını doğrudan etkilemektedir (Engelen ve ark., 2005a,b).

Çalışmalar belirli bir boyutu aşan parçacıkların (örneğin, mikro selüloz >23 mm; albümin >40 mm; kazein >50 mm), şekillerin (dairesel olmayan, düzensiz veya keskin kenarlı) ve sertlik derecesinin bazı gıdalarda kumlu ve taneli doku oluşturma eğilimi gösterdiğini belirtmektedir (Chung ve McClements, 2015). Bu durum düşük kalorili gıda ürünlerindeki yağ

damlacıklarını yağsız parçacıklarla değiştirmede önem kazanmaktadır. Bazı araştırmalar ayrıca damlacık boyutunun gıda emülsiyonlarının algılanan akış davranışı, tekstür ve kremsiliğini etkilediğini açıklamaktadır. Örneğin mayonezlerde yağ damlacığı boyutunu artırmanın, yüksek pürüzlülük ve düşük kremsilik ile ilişkili bir parametre olan sürtünmeyi artırdığı belirtilmektedir (Ciron ve ark., 2012). Bununla birlikte bazı çalışmalar ise yağ damlacığı boyutunun kremsilik veya yoğunluk üzerinde çok az etkisi olduğunu açıklamaktadır (Akhtar ve ark., 2005). Bu farklı bulgular yağın gıdalarda duyusal özellikler üzerindeki etkisinin gıda reolojisi, farklı emülsiyon sistemleri ve diğer bileşenler ile interaksiyonlara bağlı olarak değişen şekillerde etkilenebileceğini ortaya koymaktadır.

2.1.3. Damlacık yükü

Çoğu gıda emülsiyonundaki damlacıklar kullanılan emülgatör çeşidine (McClements, 2015), çözelti koşullarına (pH, iyonik güç ve polielektrolitler vs.) (Harnsilawat ve ark., 2006) ve bileşen etkileşimlerine (polimer veya iyon emilimi gibi) bağlı olarak elektriksel bir yüke sahip bulunmaktadır (Tippetts ve Martini, 2012). Bir damlacık üzerindeki yük onun diğer yük içeren türler ile etkileşimlerinin doğasını veya bir elektrik alanı varlığındaki davranışını belirlediğinden dolayı önemli olmaktadır. Bir emülsiyondaki tüm damlacıklar genellikle aynı tip emülgatör ile kaplandığından dolayı eğer emülgatör iyonize ise aynı elektrik yüküne sahip olmaktadır. Bu yük yeterince büyük olduğunda aralarındaki elektrostatik itme nedeni ile damlacıkların toplanması/kümeleşmesi engellenmektedir. Yağ damlacıklarının elektriksel özellikleri genellikle z-potansiyeline karşı pH profili açısından karakterize edilmektedir (Chung ve McClements, 2015). Örneğin benzer yüke sahip iki damla birbirini iterken zıt yüklü iki damla birbirini çekmektedir (Mao ve McClements, 2011, 2012).

2.1.4. Damlacık etkileşimleri

Bir emülsiyondaki yağ damlacıkları, farklı moleküller veya kollaidal etkileşimler yoluyla birbiriyle ve diğer yağsız bileşenlerle (örneğin mineral, protein veya polisakkarit) etkileşime girmektedir. Bu etkileşimler stabiliteyi veya kararsızlığı teşvik edebilmekte ve gıda emülsiyonun reolojisi ve tekstürü üzerinde etkili olmaktadır (Mao ve McClements, 2013). Damlacık etkileşimleri emülsiyondaki dağılmış fazın aktif hacim fraksiyonunu etkilemekte ve dolayısı

ile genel viskozite ile tekstür özelliklerini değiştirmektedir. En önemli etkileşimlerden bazıları van der Waals, elektrostatik, sterik, hidrojen bağlanması, hidrofobik etkileşimleridir (McClements, 2015). Bu reaksiyonlar, damlacık özellikleri (örneğin; boyut, yük, yoğunluk ve dielektrik sabiti) ve sürekli faz ortamının (örneğin, iyonik güç, pH ve dielektrik sabiti) özelliği ile değişmektedir. Çekici etkileşimler itici etkileşimlerden daha güçlüyse, damlacık flokülasyonu (iki veya daha fazla damlacığın birleşmesi) veya birleşme meydana gelebilmektedir. Bu damlacık agregasyonu duyusal kaliteyi olumsuz yönde etkileyebilerek ürün de stablizasyon (yağlı görünüm, bozulmuş lezzet ve yağlı ve kumlu doku) sorununa neden olabilmektedir. Öte yandan kontrollü yağ damlacığı flokülasyonu bazı sistemlerin viskozitesini ve krema stabilitesini arttırmak için kullanılmakta ve bu da düşük kalorili ürünlerin geliştirilmesi için yararlı olmaktadır (McClements, 2012; Mao ve McClements, 2013).

2.2. Sürekli fazın etkisi

Emülsiyon bazlı gıda ürünlerinin sürekli fazı, tuz, şeker, asit, baz, tamponlar, nişasta granülleri, hidrokolloid, protein, polisakkarit, mineral, aroma bileşikleri ve hava kabarcıkları gibi farklı bileşenleri içeren karmaşık sistemlerdir. Bu bileşenlerin varlığı emülsiyonların yapısını, fizikokimyasal özelliklerini ve duyusal niteliklerini etkilemektedir. Örneğin, nişasta, hidrokolloid, hava kabarcıkları, lif ve / veya polisakkaritlerin eklenmesinin bir sistemin viskozitesini arttırdığı belirtilmektedir (Ma ve Boye, 2013). Viskoziteki bu artış yağ ile ilgili yoğunluk, kremsilik ve pürüzsüzlük gibi duyusal nitelikleri artırmaktadır (Flett ve ark., 2010).

Emülsiyonların viskozitesi sürekli fazın viskozitesi ile doğru orantılı olduğundan dolayı sulu fazın viskozitesini artıran herhangi bir bileşen sitemin genel reolojisini ve tekstürel özelliklerini oluşturmaktadır. Emülsiyon bazlı sistemlerde yağ dışındaki karbonhidrat ve protein bileşiklerinin etki derecesi tür, konsantrasyon ve karşılıklı etkileşimlere göre belirleyici olmaktadır (Protonotariou ve ark., 2013).

Emülsiyon bazlı bir ürün içindeki yağ olmayan parçacıkların bileşim, konsantrasyon, boyut, şekil, yük, polarite, yoğunluk, kırılma indisi ve gibi fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek önemlidir. Bir emülsiyonun sürekli fazının erime ve kristalleştirme yeteneğine sahip olduğu belirtilmelidir.

Örneğin dondurmanın karakteristik tekstürü kısmen sulu sürekli fazdaki buz kristallerinin varlığından kaynaklanırken, tereyağı ve margarinin reolojisi sürekli yağ fazında bir araya toplanmış yağ kristalleri ağının varlığı ile belirlenmektedir. Sulu faz içindeki yağsız parçacıklar ve diğer bileşenler, uçucu ve uçucu olmayan moleküllerin ayrılmasını ve kütle taşınmasını değiştirme yeteneklerinden dolayı emülsiyon bazlı ürünlerin algılanan lezzet özelliklerini etkilemektedir. Kıvam arttırıcı veya jelleştirici maddeler tat moleküllerinin dil üzerindeki tat alıcısına difüzyonunu geciktirebileceğinden dolayı genel tat profilini değiştirmektedir (Arancibia ve ark., 2011; Frank ve ark., 2012).

Bazı biyo-polimerlerin varlığı ve özellikle de koyulaştırma veya jelleştirme özelliklerine sahip olanlar ise, lezzet moleküllerini bağlayarak gıdanın algılanan lezzetini değiştirdiği belirtilmektedir (Meyer ve ark., 2011). Bu nedenle biyo-polimerlerin eklenmesi, yağı azaltılmış ürünlerden yağ damlacıkları çıkarıldığında kaybolan tekstürel özelliklerin bazılarını değiştirmenin bir yolu olarak kullanılmaktadır (Dickinson, 2013).

2.3. Ara yüz bölgesi

Emülsiyon sistemini oluşturan iki farklı sıvı fazın etkileşim içinde olduğu ve stabilitesinin sağlandığı alan emülsiyonların ara yüzeyini oluşturmaktadır. Damlacık ara yüzeyi bölgesi yağ fazını su fazından ayıran ince bir sınır tabakası olup (genellikle birkaç nanometre kalınlığında) bu tabaka mineral iyonları, hidrokolloidler, antioksidanlar ve prooksidanlar gibi mevcut olan diğer bileşenlerle birlikte, her bir emülsiyon damlasını çevreleyen ve yağ, su, yüzey aktif moleküllerin karışımını içeren dar bir bölgeden oluşmaktadır (Christiansen ve ark., 2011).

Emülsiyon oluşturmanın en temel prensibi iki farklı sıvı faz arasında oluşan ara yüzey gerilimini düşürerek geniş bir ara yüzey şekillendirmektir (Çelebi, 2009). Ara yüz bölgesi tüm sistemin sadece küçük bir hacmini kaplamasına rağmen gıda ürünlerinin reolojisi, stabilitesi ve tadı dahil olmak üzere fizikokimyasal ve duyusal özellikleri üzerinde belirgin bir etkiye sahip olabilmektedir (Christiansen ve ark., 2011). Örneğin ara yüzey bölgesinin doğası tat salımının kinetiğini etkileyebilmektedir. Yağ damlacıklarının dile yapışma veya kümelenme yetenekleri gibi ağız içinde nasıl davranacağını belirlemektedir ve bu tat moleküllerinin salınımını değiştirmektedir (Karaiskou ve ark., 2008; Christiansen ve ark., 2011).

Bazı emülgatörler aroma bileşiklerini bağlayabilmekte ve bunların ağıza ve yutak bölgesine salınmasını geciktirmektedir. Bu nedenle ara yüz özelliklerinin modifikasyonu genellikle belirli fonksiyonel özelliğe sahip gıdanın tasarlanmasında en etkili yöntemlerden biri olarak görülmektedir (Dickinson, 2003). Ara yüz özellikleri farklı emülgatörler kullanılarak diğer maddelerle (polielektrolitler gibi) birlikte emülsifiye edilmesi ile veya çevresel koşulların değiştirilmesiyle farklı hale getirilebilmektedir. Yapılan bir çalışma proteinlerden oluşan ara yüzey katmanlarının özelliklerinin değiştirilmesinin O/W emülsiyonlarında tekstürü etkilediğini belirtmektedir (Surel ve ark., 2014).

Peynir altı suyu proteini veya kazein miselleri doğal formunda iken bu emülsiyonlar sıvı benzeri özelliklere sahip olup yağ damlacıkları bağlı değildir, fakat tek başına veya kazeinlerle kombinasyon halinde agrega (ısıtılmış) peynir altı suyu proteini ile kaplanmış emülsiyonlar jel benzeri özelliklere sahip bulunmaktadır (Chung ve McClements, 2015).

3. Yeni yapılandırılmış emülsiyonlar

Son yıllarda obezite, kalp hastalığı, hipertansiyon ve diyabet ile ilgili kronik hastalıkların artışına ilişkin artan endişeler nedeni ile birçok gıda ürününün daha sağlıklı formülasyonlarda üretimi ve pazarlanması artmaktadır. Bu nedenle beslenme ve duyusal kriterleri karşılayan sağlıklı gıdalar geliştirmeye ihtiyaç duyulmaktadır (Buttriss, 2013; Robinson ve ark., 2013). Bununla birlikte, bu sağlıklı ürünlerin tüketici tarafından tercih edilmemesi genellikle geleneksel ürünlere göre daha az lezzetli veya daha az çekici olarak algılanmalarından dolayı düşük olduğu belirtilmektedir (Raghunathan ve ark., 2006). Örneğin birçok emülsiyon bazlı düşük kalorili gıda ürününün tam kalorili gıda ürününe kıyasla karmaşık tadından, dokusundan ve görünümünden yoksun olduğu belirtilmektedir (Chojnicka-Paszun ve ark., 2012; Tomaschunas ve ark., 2013). Bunun nedeni, tat, tekstür ve dış görünümün yeme algısının oluşumunda kritik faktör olmasından kaynaklanmaktadır (Wadhera ve Capaldi-Phillips, 2014). Daha sağlıklı gıda seçeneklerine olan talebin karşılanmaya çalışılması makro ve mikro yapının interaksiyonunu içeren yapısal tasarım yaklaşımlarının geliştirilmesine yol açmaktadır. İstenilen tekstürel özelliklere sahip düşük kalorili gıda emülsiyonlarının formülasyonu için yararlı olabilecek bir dizi yapısal tasarım yaklaşımı araştırmalarda açıklanmaktadır.

3.1. Çoklu emülsiyonlar

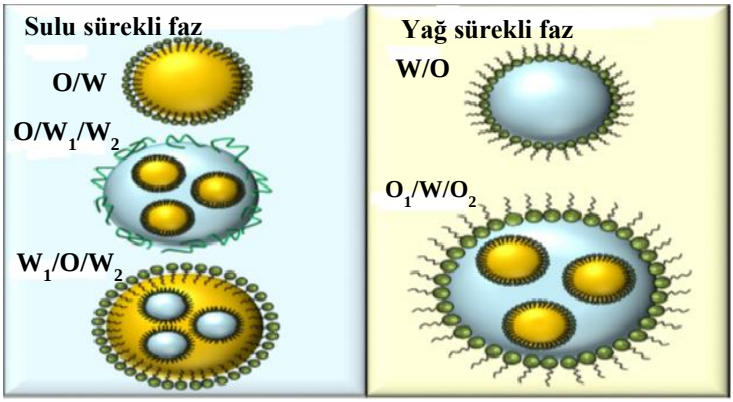
Çoklu emülsiyonlar en çok çalışılan yapılandırılmış emülsiyonlardan biri olmakla birlikte yeni fonksiyonel özellikler yaratma potansiyelleri uzun yıllardır ilgi odağı olmaktadır (Dickinson, 2011). Aynı sistem içinde bulunan yağ içinde su ve su içinde yağ elementlerinin bir karışımı çoklu emülsiyon olarak bilinmektedir. Çoklu emülsiyonlar tipik olarak sürekli bir faz içinde dağılmış daha büyük damlacıkların içine gömülü küçük damlacıklardan oluşan emülsifiye-emülsiyonlar olarak tanımlanmaktadır (Şekil 3). Gıda uygulamaları için uygun iki ana çoklu emülsiyon türü; su içinde yağda su ($W_1/O/W_2$) ve yağ içinde suda yağ ($O_1/W/O_2$) emülsiyonları olarak belirtilmektedir (Şekil 3) (Dickinson, 2011).

1 ve 2 alt simgeleri sıvı fazlardan birinin (yağ veya su) iç ve dış bölgelerine karşılık gelmektedir. Örneğin $W_1/O/W_2$ emülsiyonları için W_1 iç sulu fazı belirtirken W_2 dış sulu fazı göstermektedir. Bu iki faz (W_1 ve W_2 veya O_1 ve O_2) farklı bileşimlere ve özelliklere sahip olmaktadır (McClements, 2012). Bu tip emülsiyonda iç su damlacıklarını çevreleyen W_1-O katmanı ve yağ damlacıklarını çevreleyen O-W_2 katmanı olmak üzere iki farklı ara yüzey katmanı bulunmaktadır. Sonuç olarak W/O/W emülsiyonlarını stabilize etmek için genellikle iç su damlacıkları için yağda çözünür bir emülgatör, yağ damlacıkları için suda çözünür bir emülgatör olmak üzere iki farklı tipte emülgatör gerekmektedir (McClements, 2012).

Yüksek parçalayıcı karıştırıcılar, yüksek basınçlı homojenizatörler, sonikatörler ve membran uygulamaları gibi geleneksel emülsiyonların hazırlanmasında kullanılan sistemlerin çoğu kullanılarak çoklu emülsiyonlar hazırlanabilmektedir (McClements, 2012). $W_1/O/W_2$ emülsiyonları normalde iki aşamalı bir süreç kullanılarak üretilmektedir. Birinci aşama; yağda çözünen bir yüzey aktif maddenin varlığında su ve yağın birlikte homojenleştirilmesiyle bir W_1/O emülsiyonunun oluşturulmasını içermektedir. İkinci aşama ise; bir $W_1/O/W_2$ emülsiyonu oluşturmak için W_1/O emülsiyonunun suda çözünür bir yüzey aktif maddenin varlığında suyla homojenleştirilmesidir. Sistemin çökme ihtimali olduğu için ikinci homojenleştirme aşaması birinciden daha az yoğun uygulanmaktadır (McClements, 2012).

Çoklu emülsiyonlar zamanla bozulan, termodinamik olarak kararsız sistemler olması nedeni ile pratik uygulamalar için sisteme yeterli kinetik kararlılık sağlayacak şekilde dikkatlice tasarlanmaları gerekmektedir. Bu tür bir

sistemin yapısal organizasyonu, iç su ve yağ damlacıklarının parçacık boyutu dağılımını, konsantrasyonunu, damlacıkları çevreleyen W_1-O ve O-W_2 katmanlarının ara yüzey özelliklerini (yoğunluk, yük ve çevresel duyarlılık) kontrol ederek tasarlanmalıdır (Giroux ve ark., 2013).



Şekil 3: Su içinde yağ (O/W) emülsiyonu ve yağ içinde su (W/O) emülsiyonu ve çoklu emülsiyonlar - Çeşitli çoklu emülsiyon türleri; su içinde suda yağ ($O/W_1/W_2$) emülsiyonu, su içinde yağda su ($W_1/O/W_2$) emülsiyonu ve yağ içinde suda yağ ($O_1/W/O_2$) emülsiyonu (Chung ve McClements, 2014).

Gıda ürünlerinde çoklu emülsiyonların farklı uygulamaları bulunmaktadır Örneğin tam yağlı peynirlere benzer özelliklere sahip yağı azaltılmış peynirleri hazırlamak mümkün olabilmektedir (Lobato-Calleros ve ark., 2008). Bir çalışmada, peynirde kullanılmak üzere B_{12} vitamininin kapsüllenmesi için W/O/W emülsiyonları kullanılmıştır. Çoklu emülsiyon kullanılarak yüksek kapsülleme verimliliğinin (% 96) elde edildiği ve *in vitro* gastrik sindirim sırasında vitamin kaybının önlendiğini belirtilmektedir. Başka bir çalışmada omega-3 yağları içeren sürülebilir ürünleri zenginleştirmek için O/W/O emülsiyonlarının kullanımının mümkün olduğu açıklanmaktadır (O'Dwyer ve ark., 2013). Çoklu emülsiyonlar gibi daha karmaşık sistemler yağı azaltılmış ürünler üretilerek kalorilerin azaltılması, reaktif bileşenlerin ayrılması, biyoaktif moleküllerin kapsüllenmesi ve kontrollü salınımı, tat maskeleme veya kontrollü taşınma gibi belirli amaçlar için üretilebilmektedir (Sapei ve ark., 2012; Jiménez-Colmenero, 2013).

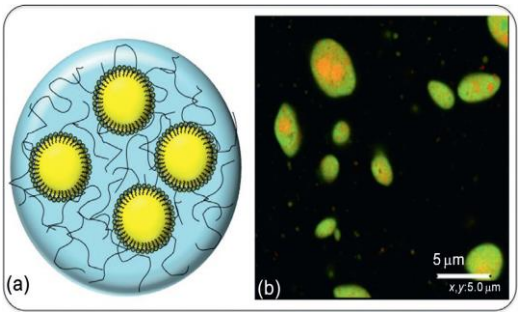
3.2.Dolgulu hidrojel partiküller

Yeni yapılar ve dokular oluşturmak için kullanılabilecek başka bir yapısal tasarım yaklaşımı emülsiyon bazlı ürünlerde dolgulu hidrojel parçacıklarının oluşumu olarak belirtilmektedir. Dolgulu hidrojel mikrosferleri kendisi sulu bir ortam içinde dağılmış olan küresel bir hidrojel mikrosferlerin içine gömülü yağ damlacıklarından oluşmaktadır (Matalanis ve ark., 2011) (Şekil 4 ve Şekil 6). Hidrojel fazının kapladığı hacim sistemdeki parçacıkların net hacim fraksiyonunda bir artışa yol açmaktadır ve bu da düşük yağ içeriğine sahip yüksek viskoziteli sistemlerin oluşumunu sağlamaktadır. Bu tür bir yapısal organizasyon polar olmayan lezzet moleküllerinin yağ damlacıklarından salınmasını geciktirmektedir, bu da yüksek yağlı ürünleri taklit eden az yağlı ürünlerden lezzet salınım profilleri elde etmede yararlı olmaktadır. Dolgulu hidrojel parçacıkları lipofilik bileşenlerin hedeflenen dağılımı veya kontrollü salınımı için de yararlı olabilmektedir (Matalanis ve McClements, 2013; Shewan ve Stokes, 2013).

Hidrojel mikro küreler ayrıca fonksiyonel bileşenleri insan sindirim sistemi içindeki uygun bölgelerde örneğin ağız, mide veya ince bağırsakta serbest bırakacak şekilde tasarlanabilmektedir. Bu hidrojel mikrokürenin şişmesini/büzülmesini değiştirerek veya spesifik sıcaklık, pH, tuz veya enzim koşulları altında bozunmasını/çözünmesini teşvik ederek yapılabilmektedir. Örneğin bir hidrojel mikroküre sindirilebilir biyopolimerlerden (nişasta veya proteinler gibi) veya sindirilemeyen polimerlerden (diyet lifleri gibi) yapılabilmektedir. Yapılan çalışmalarda lipid damlacıklarının sindirilemeyen biyopolimerlerden oluşan hidrojel mikro küreler içinde kapsüllenmesi ile mide ve ince bağırsak koşullarında sindirimi ve salınımının geciktirilebileceği saptanmıştır (Li ve ark., 2011; Li ve McClements, 2011). Hidrojel parçacıkları kontrollü koşullar altında (örneğin, ısıtma, soğutma, pH'nın ayarlanması, tuz veya enzim ilavesi) jel matrisleri oluşturan biyopolimerlerden (örneğin, proteinler veya polisakkaritler) şekillenebilmektedir (Firoozmand ve Rousseau, 2013).

Dolgulu hidrojel parçacıkları oluşturmak için enjeksiyon yöntemleri, kalıplama yöntemleri, emülsiyon-şablonlama yöntemleri ve kontrollü biyopolimer faz ayırma yöntemleri dahil olmak üzere çeşitli yöntemler bulunmaktadır (Chung ve ark., 2013a; Shewan ve Stokes, 2013). Bu yöntemlerin çoğu bir O/W emülsiyonunun bir biyopolimer çözeltisi ile

karıştırılmasını ve daha sonra hidrojel mikrosfer oluşumunu indüklemek için sistem koşullarının ayarlanmasını içermektedir (McClements, 2012).



Şekil 4: (a) Şematik diyagram ve (b) dağınık jel matrisi olarak sodyum kazeinat ve sürekli faz olarak yüksek metoksil pektin içeren yağ dolgulu hidrojel parçacıklarının konfokal lazer tarama mikroyapısı (Chung ve McClements, 2015)

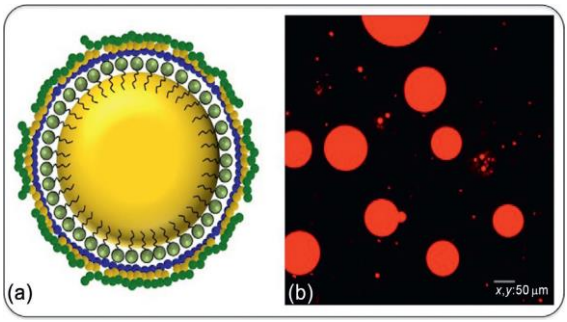
3.3. Çok katmanlı emülsiyonlar

Geleneksel emülsiyonlardaki yağ damlacıkları tipik olarak tek bir emülgatör molekül tabakası tarafından stabilize edilmektedir. Bununla birlikte ara yüz tabakasının özellikleri gelişmiş özelliklere sahip emülsiyonlar üretmek için yeniden tasarlanmaktadır. Ara yüzey tabakasını değiştirmenin yöntemi damlacıkların etrafına katman katman biriktirme kullanarak lamine kaplamalar inşa etmek prensibine dayanmaktadır (Şekil 5) (Chun ve ark., 2013; Zeeb ve ark., 2014).

Çok tabakalı emülsiyonlar, sulu bir ortamda dağılmış küçük yağ damlacıklarından oluşmaktadır. Her bir yağ damlası tipik olarak bir emülgatör tabakası ile bir veya daha fazla polielektrolit tabakasından oluşan nano-lamine bir kabukla çevrilmektedir (Şekil 5). Çok katmanlı emülsiyonlarda iç parçacıklarının parçacık boyutu dağılımı ve konsantrasyonu, damlacıkları kaplayan kabuğun özellikleri (örneğin bileşim, kalınlık, yük, geçirgenlik ve çevresel tepki verme gibi) ile kontrol edilebilmektedir (McClements, 2012).

Yük, kalınlık, geçirgenlik gibi katmanların özelliklerine uygun emülgatörler kullanılarak ve hazırlık koşullarının yanı sıra sistemlerin koşullarını ayarlayarak kontrollü serbest bırakma mekanizması sağlanabilmektedir (Trojer ve ark., 2013; Zeeb ve ark., 2014). Kararsızlığa yol açabilecek köprü flokülasyonunu önlemek için damlacıkların etrafındaki katmanları dikkatlice biriktirmek önemlidir. Uçucu bileşiklerin kontrollü

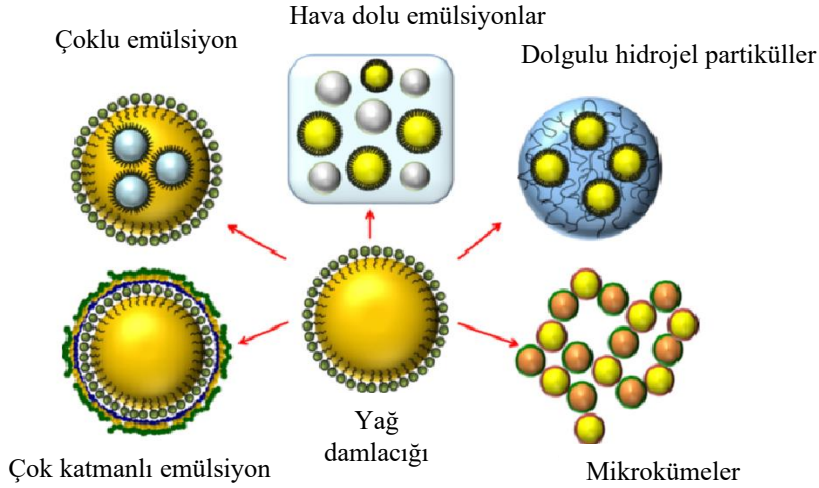
salınımı için çok katmanlı emülsiyonların kullanımında bazı olumlu sonuçlar elde edilmektedir (Benjamin ve ark., 2012, 2013; Mao ve ark., 2013). Uçucu bileşiklerin salınımı simüle edilmiş oral koşullar altında geciktirilebilmekte veya pH, tuzlar veya yapay tükürük tarafından tetiklenebilmektedir (Chung ve McClements, 2015).



Şekil 5: (a) Çok katmanlı bir emülsiyondaki damlacığın şematik diyagramı (b) Konfokal mikrograf, bir β-laktoglobulin-aljinat kaplama (pH 3.5) ile kaplanmış yağ damlacıklarını göstermektedir (Chung ve McClements. 2015)

3.4.Mikrokümeler

Mikrokümeler, sulu bir sürekli faz içinde dağılmış topaklanmış yağ damlacıklarından oluşan bir sisteme yol açan yağ damlacıklarının kontrollü toplanmasıyla oluşturulmaktadır (Şekil 6) (Dickinson, 2011). Emülsiyonlardaki yağ damlacıklarının ilk parçacık boyutu dağılımı, konsantrasyonu, fiziksel durumu ve ara yüzey özellikleri; bileşim ve homojenleştirme koşulları kontrol edilerek manipüle edilebilmektedir (Mao ve McClements 2011).



Şekil 6: Bir yapı taşı olarak emülsiyon damlacıkları kullanılarak yapısal tasarım ilkeleri tarafından oluşturulan yapılandırılmış emülsiyon örnekleri (Chung ve McClements. 2014)

Sistemin işlevsel özellikleri, oluşan mikrokümelerin özelliklerinin (örneğin damlacıklar arasındaki çekici kuvvetlerin gücü, her floktaki damlacık sayısı ve flok şekli ile boyutu gibi) manipüle edilmesiyle de kontrol edilebilmektedir. Her flok bir tür damlacık veya farklı türde damlacıkların bir karışımını içermektedir. Yağ damlacıklarının yapısal düzenlemesi ve etkileşimi emülsiyon bazlı gıdaların viskozitesi ve tekstürel özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahip bulunmaktadır. Örneğin floküle emülsiyonlar aynı miktarda yağ damlacığı içeren floküle olmayanlardan daha yüksek viskoziteye sahip olmaktadır. Bu yüksek viskozite floklar içinde sıkışıp kalan sulu fazın bir sonucu olarak sistemdeki parçacıkların yer aldığı etkili hacim fraksiyonundaki artışa bağlanmaktadır (Mao ve McClements, 2013).

Mikrokümeler jel benzeri veya macun benzeri özellikler sağlayan üç boyutlu ağlar oluşturmak için kullanılabilirler. Pozitif ve negatif yüklü yağ damlacıklarının karışımları, hazırlandıkları emülsiyonlardan üç kat daha yüksek viskozitelere sahip olmaktadır (Mao ve McClements, 2009). Bu nedenle sistemin kontrollü flokülasyonu yüksek yağlı ürünlere benzer tekstürel özelliklere sahip az yağlı ürünler oluşturmak için kullanılabilmektedir.

Mikrokümelerin en umut verici uygulamalarından biri bu emülsiyonların reolojik özelliklerini kontrol edebilmektir. Floküle edilmiş (topaklanmış) damlacıklar yapıları içinde önemli miktarda sürekli fazı tutabilmektedir, bu da etkili partikül hacim fraksiyonunu ve dolayısıyla viskoziteyi büyük ölçüde artırmaktadır (Dickinson, 2009).

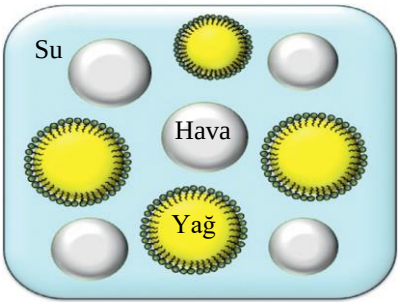
Yağ damlacıklarının kontrollü toplanması insan mide-bağırsak sistemi içindeki davranışları üzerinde de kayda değer bir etkiye sahip olabilmektedir. Yapılan çalışmalar topaklanmış damlacıkların, topaklanmamış damlacıklara göre lipaz tarafından daha yavaş bir hızda sindirilebileceğini göstermektedir (Golding ve ark., 2011). Bu durum kontrollü veya hedefli salınım uygulamaları için önemli olmaktadır. Mikrokümeler iki veya daha fazla farklı lipofilik bileşeni tek bir dağıtım sisteminde kapsülleme yöntemi olarak da kullanılabilmektedir. Örneğin bir işlevsel lipofilik bileşen, negatif yüklü damlacıklar içinde ve ayrıca farklı bir işlevsel lipofilik bileşen pozitif yüklü damlacıklar içinde tutulabilir ve daha sonra bu iki sistem, çok bileşenli mikro kümeler oluşturmak üzere birlikte karıştırılabilmektedir. İki bileşenin salınma hızı sonrasında farklı çekirdek bileşimlerine, ara yüzey katmanlarına veya boyutlarına sahip damlacıklar kullanılarak değiştirilebilmektedir (McClements, 2012).

Ticari amaçlı mikrokümelerin potansiyel sınırlı uygulamaları, yerçekimsel ayrılmaya karşı yüksek duyarlılıklarıdır (Moschakis, 2010). Seyreltik sistemlerde yerçekimsel ayrılma, mikrokümeler oluştuğunda parçacık boyutunun artması nedeniyle daha hızlı meydana gelme eğilimindedir, ancak konsantre sistemlerde, kümelenmiş damlacıklardan oluşan üç boyutlu bir ağ oluşursa yerçekimsel ayrılma engellenebilmektedir. Mikrokümelerin toplam yoğunluğu, onu çevreleyen sulu fazınkine benzer hale getirilebilirse (örneğin, düşük ve yüksek yoğunluklu damlacıkların bir karışımı kullanılarak) veya sürekli faza bir koyulaştırıcı/ jelleştirici ajan eklenirse yerçekimiyle ayırma da sınırlanabilmektedir (McClements, 2012).

3.5.Hava dolu emülsiyonlar

Düşük kalorili gıda emülsiyonlarını formüle etmek için alternatif bir yaklaşım yağ damlacıklarının bir kısmını mikron büyüklüğünde gaz kabarcıkları (mikrokabarcıklar) ile değiştirmektir. Bu gaz kabarcıkları kalorilere katkıda bulunmadan yağ damlacıklarının (gelişmiş hafiflik, viskozite

ve ağız hissi gibi) tercih edilen özelliklerinden bazılarını sağlamaktadır (Dickinson, 2010). Gaz kabarcıklarının depolama, taşıma ve işleme sırasında ürün içinde sabit kalmalarını sağlamak için sistem dikkatli formüle edilmelidir. Ortaya çıkan trifazik bu sistemler sürekli sulu faz içinde dağılmış gaz kabarcıkları ve yağ damlacıklarından oluşmaktadır (Şekil 7) (Tchuenbou-Magaia ve Cox, 2011; Green ve ark., 2013).



Şekil 7: Hava dolu trifazik emülsiyonlar (Chung ve McClements, 2015)

Mikro kabarcıklar (1-10 mm çapında) tipik olarak hava-su ara yüzünde koruyucu bir zar oluşturan sistein bakımından zengin proteinler (hidrofobinler, yumurta albümini veya sığır serum albümini) tarafından stabilize edilmektedir (Green ve ark., 2013). Salata sosları üzerinde yapılan çalışmalarda trifazik emülsiyonların geleneksel O/W emülsiyonlarından yapılan salata soslarına benzer reolojik özellikler taşıdığını ancak daha düşük yağ içeriğine sahip olduğu saptanmıştır. Oluşan bu hava kabarcıklarının depolama sırasında oda sıcaklığında dört aya kadar kararlı yapı gösterdiği belirtilmektedir (Tchuenbou-Magaia ve Cox, 2011). Bu çalışmalar hava kabarcıklarını gıda sistemlerine dahil etmenin fizibilitesini güçlü bir şekilde göstermektedir. Dolu hidrojel mikrokürelerin bir süspansiyonunun viskozitesi, hidrojel mikroküreler içinde hapsolan suyun dağılmış fazın etkili hacim fraksiyonunu arttırmasından dolayı aynı yağ konsantrasyonuna sahip geleneksel bir emülsiyonunkinden çok daha yüksektir. Sonuç olarak, hava dolu gıda emülsiyonları kullanılarak yüksek yağlı ürünlere benzer reolojik özelliklere sahip az yağlı ürünleri üretmek mümkün olabilmektedir (McClements, 2012).

SONUÇ

Son yıllarda aşırı kilo, obezite, diyabet, hipertansiyon ve kalp hastalığı gibi diyete bağlı kronik hastalıkları azaltmak için daha sağlıklı yiyecekler geliştirme konusunda artan bir eğilim bulunmaktadır. Bununla birlikte, bu ürünler, yağ ve yağ damlacıkları çıkarıldığında arzu edilen duyusal özelliklerini kaybolması nedeniyle tüketiciler tarafından tercih edilmemektedir. Bu anlamda gıda emülsiyonlarının reolojik ve duyusal özelliklerini etkileyen temel ilkeleri anlamak gıda endüstrisi için oldukça önemlidir. Sağlıklı gıda ürünleri (düşük yağ ve toplam kalori) üretmedeki zorluklar, yapısal tasarım yaklaşımları kullanılarak aşılabilmektedir. Yeni özelliklere sahip yapılandırılmış emülsiyonların geliştirilmesindeki ilerlemeler, duyusal özelliklerinden ödün vermeden yağ veya karbonhidrat oranı düşük gıdaların üretilmesine olanak sağlayabilecektir. Ayrıca yapısal tasarım ilkelerinin kullanılması, örneğin gıda ürünlerine hava kabarcıklarının dahil edilmesi gibi yeni yeme deneyimleri oluşturabilecektir. Emülsiyon bazlı dağıtım sistemlerinin tasarımında, özellikle doğal kaynaklı emülgatörlerin protein, enzim ve fosfolipidler ile interaksiyonları düşünüldüğünde insan vücudundaki enzim veya membran sistemindeki yapı modifikasyonları yararlar sağlayacaktır. Bununla birlikte bitki ve hayvansal kaynaklardan elde edilen doğal içeriklerin kullanılması, daha sürdürülebilir ve temiz etiketli ürünlere doğru önemli bir adımdır. Proteinler, polisakkaritler, fosfolipidler ve saponinler gibi doğal bileşenler yenilenebilir kaynaklardan elde edilen uygun alternatifler olabilir. Bu yeni ve kompleks sistemlerin fonksiyonel ve metabolik etkilerinin tanımlanması için daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

Akhtar, M., Stenzel, J., Murray, B. S., & Dickinson, E. (2005). Factors affecting the perception of creaminess of oil-in-water emulsions. *Food Hydrocolloids*, *19*(3), 521-526.

Arancibia, C., Jublot, L., Costell, E., & Bayarri, S. (2011). Flavor release and sensory characteristics of o/w emulsions. Influence of composition, microstructure and rheological behavior. *Food Research International*, *44*(6), 1632-1641.

Aveyard, R., Binks, B. P., & Clint, J.H. (2003). Emulsions stabilised solely by colloidal particles. *Advances in Colloid and Interface Science*, *100-102*, 503-546.

Bai, L., Huan, S., Gu, J., & McClements, D. J. (2016). Fabrication of oil-in-water nanoemulsions by dual-channel microfluidization using natural emulsifiers: Saponins, phospholipids, proteins, and polysaccharides. *Food Hydrocolloids*, *61*, 703-711.

Benjamin, O., Silcock, P., Beauchamp, J., Buettner, A., & Everett, D. W. (2013). Volatile release and structural stability of β-lactoglobulin primary and multilayer emulsions under simulated oral conditions. *Food Chemistry*, *140*(1-2), 124-134.

Benjamin, O., Silcock, P., Leus, M., & Everett, D. W. (2012). Multilayer emulsions as delivery systems for controlled release of volatile compounds using pH and salt triggers. *Food Hydrocolloids*, *27*(1), 109-118.

Buttriss, J. L. (2013). Food reformulation: the challenges to the food industry. *Proceedings of the Nutrition Society*, *72*(1), 61-69.

Charoen, R., Jangchud, A., Jangchud, K., Harnsilawat, T., Decker, E. A., & McClements, D. J. (2012). Influence of interfacial composition on oxidative stability of oil-in-water emulsions stabilized by biopolymer emulsifiers. *Food Chemistry*, *131*(4), 1340-1346.

Chen, G., & Tao, D. (2005). An experimental study of stability of oil–water emulsion. *Fuel Processing Technology*, *86*(5), 499-508.

Chojnicka-Paszun, A., De Jongh, H. H. J., & De Kruif, C. G. (2012). Sensory perception and lubrication properties of milk: Influence of fat content. *International Dairy Journal*, *26*(1), 15-22.

Christiansen, K. F., Olsen, E., Vegarud, G., Langsrud, T., Lea, P., Haugen, J. E., & Egelandsdal, B. (2011). Flavor release of the tomato flavor enhancer, 2-isobutylthiazole, from whey protein stabilized model dressings. *Food Science and Technology International*, *17*(2), 143-154.

Chun, J. Y., Choi, M. J., Min, S. G., & Weiss, J. (2013). Formation and stability of multiple-layered liposomes by layer-by-layer electrostatic deposition of biopolymers. *Food Hydrocolloids*, *30*(1), 249-257.

Chung, C., & McClements, D. J. (2014). Structure–function relationships in food emulsions: Improving food quality and sensory perception. *Food Structure*, *1*(2), 106-126.

Chung, C., & McClements, D. J. (2015). Structure and texture development of food-emulsion products. *In Modifying Food Texture*, (pp. 133-155). Woodhead Publishing.

Chung, C., Degner, B., & McClements, D. J. (2012). Rheology and microstructure of bimodal particulate dispersions: Model for foods containing fat droplets and starch granules. *Food Research International*, *48*(2), 641-649.

Chung, C., Degner, B., & McClements, D. J. (2013a). Designing reduced-fat food emulsions: Locust bean gum–fat droplet interactions. *Food Hydrocolloids*, *32*(2), 263-270.

Chung, C., Degner, B., Decker, E. A., & McClements, D. J. (2013b). Oil-filled hydrogel particles for reduced-fat food applications: Fabrication, characterization, and properties. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, *20*, 324-334.

Chung, C., Olson, K., Degner, B., & McClements, D. J. (2013c). Textural properties of model food sauces: Correlation between simulated mastication and sensory evaluation methods. *Food Research International*, *51*(1), 310-320.

Ciron, C. I. E., Gee, V. L., Kelly, A. L., & Auty, M. A. (2012). Modifying the microstructure of low-fat yoghurt by microfluidisation of milk at different pressures to enhance rheological and sensory properties. *Food Chemistry*, *130*(3), 510-519.

Çelebi, N. (2009). Emülsiyonlar. *Modern Farmosetik Teknolojisi,* Türk Eczacılar Birliği Eczacılık Akademisi Yayını, 277-279.

Dammak, I., Sobral, P. J. D. A., Aquino, A., Neves, M. A. D., & Conte-Junior, C. A. (2020). Nanoemulsions: Using emulsifiers from natural sources replacing synthetic ones-A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *19*(5), 2721-2746.

de Wijk, R. A., & Prinz, J. F. (2007). Fatty versus creamy sensations for custard desserts, white sauces, and mayonnaises. *Food Quality and Preference*, *18*(4), 641-650.

Dickinson, E. (2003). Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. *Food Hydrocolloids*, *17*(1), 25-39.

Dickinson, E. (2009). Hydrocolloids as emulsifiers and emulsion stabilizers. *Food Hydrocolloids*, *23*(6), 1473-1482.

Dickinson, E. (2010). Food emulsions and foams: Stabilization by particles. *Current Opinion in Colloid and Interface Science*, *15*(1-2), 40-49.

Dickinson, E. (2011). Double emulsions stabilized by food biopolymers. *Food Biophysics*, *6*(1), 1-11.

Dickinson, E. (2013). Stabilising emulsion-based colloidal structures with mixed food ingredients. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *93*, 710-721.

Engelen, L., de Wijk, R. A., van der Bilt, A., Prinz, J. F., Janssen, A. M., & Bosman, F. (2005a). Relating particles and texture perception. *Physiology and Behavior*, *86*(1-2), 111-117.

Engelen, L., Van Der Bilt, A., Schipper, M., & Bosman, F. (2005b). Oral size perception of particles: effect of size, type, viscosity and method. *Journal of Texture Studies*, *36*(4), 373-386.

Firoozmand, H., & Rousseau, D. (2013). Microstructure and elastic modulus of phase-separated gelatin–starch hydrogels containing dispersed oil droplets. *Food Hydrocolloids*, *30*(1), 333-342.

Flett, K. L., Duizer, L. M., & Goff, H. D. (2010). Perceived creaminess and viscosity of aggregated particles of casein micelles and κ-carrageenan. *Journal of Food Science*, *75*(5), 255-262.

Frank, D. C., Eyres, G. T., Piyasiri, U., & Delahunty, C. M. (2012). Effect of food matrix structure and composition on aroma release during oral processing using in vivo monitoring. *Flavour and Fragrance Journal*, *27*(6), 433-444.

Friberg, S., Larsson, K., & Sjoblom, J. (Ed.). (2003). *Food Emulsions*. CRC Press.

Garti, N., & Benichou, A. (2004). Recent developments in double emulsions for food applications. *Food Emulsions*, *35*.

Giroux, H. J., Constantineau, S., Fustier, P., Champagne, C. P., St-Gelais, D., Lacroix, M., & Britten, M. (2013). Cheese fortification using water-in-oil-in-water double emulsions as carrier for water soluble nutrients. *International Dairy Journal*, *29*(2), 107-114.

Golding, M., Wooster, T. J., Day, L., Xu, M., Lundin, L., Keogh, J., & Clifton, P. (2011). Impact of gastric structuring on the lipolysis of emulsified lipids. *Soft Matter*, *7*(7), 3513-3523.

Green, A. J., Littlejohn, K. A., Hooley, P., & Cox, P. W. (2013). Formation and stability of food foams and aerated emulsions: Hydrophobins as novel functional ingredients. *Current Opinion in Colloid and Interface Science*, *18*(4), 292-301.

Harnsilawat, T., Pongsawatmanit, R., & McClements, D. J. (2006). Influence of pH and ionic strength on formation and stability of emulsions containing oil droplets coated by β-lactoglobulin− alginate interfaces. *Biomacromolecules*, *7*(6), 2052-2058.

Horn, A. F., Nielsen, N. S., & Jacobsen, C. (2012). Iron-mediated lipid oxidation in 70% fish oil-in-water emulsions: Effect of emulsifier type and pH. *International Journal of Food Science and Technology*, *47*(5), 1097-1108.

Jiménez-Colmenero, F. (2013). Potential applications of multiple emulsions in the development of healthy and functional foods. *Food Research International*, *52*(1), 64-74.

Karaiskou, S., Blekas, G., & Paraskevopoulou, A. (2008). Aroma release from gum arabic or egg yolk/xanthan-stabilized oil-in-water emulsions. *Food Research International*, *41*(6), 637-645.

Kedzior, S. A., Gabriel, V. A., Dubé, M. A., & Cranston, E. D. (2021). Nanocellulose in emulsions and heterogeneous water-based polymer systems: A review. *Advanced Materials*, *33*(28), 2002404.

Keser, G., Kıyma, B., & Özcan, T. (2022). Gıdaların oral işlenmesi ve tribolojik perspektif. *International Journal of Science, Technology and Design*, *3*(2),130-149.

Kim, W., Wang, Y., & Selomulya, C. (2020). Dairy and plant proteins as natural food emulsifiers. *Trends in Food Science and Technology*, *105*, 261-272.

Komaiko, J., Sastrosubroto, A., & McClements, D. J. (2016). Encapsulation of ω-3 fatty acids in nanoemulsion-based delivery systems fabricated from natural emulsifiers: Sunflower phospholipids. *Food Chemistry*, *203*, 331-339.

Krstonošić, V., Dokic, L., Dokic, P., & Dapcevic, T. (2009). Effects of xanthan gum on physicochemical properties and stability of corn oil-in-water emulsions stabilized by polyoxyethylene (20) sorbitan monooleate. *Food Hydrocolloids*, *23*, 2212-2218.

Li, Y., & McClements, D. J. (2011). Controlling lipid digestion by encapsulation of protein-stabilized lipid droplets within alginate–chitosan complex coacervates. *Food Hydrocolloids*, *25*(5), 1025-1033.

Li, Y., Hu, M., Du, Y., Xiao, H., & McClements, D. J. (2011). Control of lipase digestibility of emulsified lipids by encapsulation within calcium alginate beads. *Food Hydrocolloids*, *25*(1), 122-130.

Lobato-Calleros, C., Sosa-Pérez, A., Rodríguez-Tafoya, J., Sandoval-Castilla, O., Pérez-Alonso, C., & Vernon-Carter, E. J. (2008). Structural and textural characteristics of reduced-fat cheese-like products made from W1/O/W2 emulsions and skim milk. *LWT-Food Science and Technology*, *41*(10), 1847-1856.

Ma, Z., & Boye, J. I. (2013). Advances in the design and production of reduced-fat and reduced-cholesterol salad dressing and mayonnaise: a review. *Food and Bioprocess Technology*, *6*, 648-670.

Mao, L., Roos, Y. H., O'Callaghan, D. J., & Miao, S. (2013). Volatile release from whey protein isolate–pectin multilayer stabilized emulsions: effect of ph, salt, and artificial salivas. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *61*(26), 6231-6239.

Mao, Y., & McClements, D. J. (2011). Modulation of bulk physicochemical properties of emulsions by hetero-aggregation of oppositely charged protein-coated lipid droplets. *Food Hydrocolloids*, *25*(5), 1201-1209.

Mao, Y., & McClements, D. J (2012). Fabrication of reduced fat products by controlled heteroaggregation of oppositely charged lipid droplets. *Journal of Food Science*, *77*(5), 144-152.

Mao, Y., & McClements, D. J. (2013). Modification of emulsion properties by heteroaggregation of oppositely charged starch-coated and protein-coated fat droplets. *Food Hydrocolloids*, *33*(2), 320-326.

Matalanis, A., & McClements, D. J. (2013). Hydrogel microspheres for encapsulation of lipophilic components: Optimization of fabrication & performance. *Food Hydrocolloids*, *31*(1), 15-25.

Matalanis, A., Jones, O. G., & McClements, D. J. (2011). Structured biopolymer-based delivery systems for encapsulation, protection, and release of lipophilic compounds. *Food Hydrocolloids*, *25*(8), 1865-1880.

McClements, D. J. (2002). Theoretical prediction of emulsion color. *Advances in Colloid and Interface Science*, *97*(1-3), 63-89.

McClements, D. J. (2012). Advances in fabrication of emulsions with enhanced functionality using structural design principles. *Current Opinion in Colloid and Interface Science*, *17*(5), 235-245.

McClements, D. J. (2015). *Food emulsions: Principles, Practices, and Techniques*. CRC press.

Meyer, D., Bayarri, S., Tárrega, A., & Costell, E. (2011). Inulin as texture modifier in dairy products. *Food Hydrocolloids*, *25*(8), 1881-1890.

Moschakis, T., Murray, B. S., & Biliaderis, C. G. (2010). Modifications in stability and structure of whey protein-coated o/w emulsions by interacting chitosan and gum arabic mixed dispersions. *Food Hydrocolloids*, *24*(1), 8-17.

O'Dwyer, S. P., O'Beirne, D., Eidhin, D. N., Hennessy, A. A., & O'Kennedy, B. T. (2013). Formation, rheology and susceptibility to lipid oxidation of multiple emulsions (O/W/O) in table spreads containing omega-3 rich oils. *LWT-Food Science and Technology*, *51*(2), 484-491.

Perrechil, F. A., & Cunha, R. L. (2010). Oil-in-water emulsions stabilized by sodium caseinate: Influence of pH, high-pressure homogenization and locust bean gum addition. *Journal of Food Engineering*, *97*(4), 441-448.

Protonotariou, S., Evageliou, V., Yanniotis, S., & Mandala, I. (2013). The influence of different stabilizers and salt addition on the stability of model emulsions containing olive or sesame oil. *Journal of Food Engineering*, *117*(1), 124-132.

Raghunathan, R., Naylor, R. W., & Hoyer, W. D. (2006). The unhealthy tasty intuition and its effects on taste inferences, enjoyment, and choice of food products. *Journal of Marketing*, *70*(4), 170-184.

Robinson, E., Harris, E., Thomas, J., Aveyard, P., & Higgs, S. (2013). Reducing high calorie snack food in young adults: a role for social norms and health based messages. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, *10*(1), 1-8.

Santana, R. C., Perrechil, F. A., & Cunha, R. L. (2013). High-and low-energy emulsifications for food applications: a focus on process parameters. *Food Engineering Reviews*, *5*, 107-122.

Sapei, L., Naqvi, M. A., & Rousseau, D. (2012). Stability and release properties of double emulsions for food applications. *Food Hydrocolloids*, *27*(2), 316-323.

Schreiner, T. B., Santamaria-Echart, A., Ribeiro, A., Peres, A. M., Dias, M. M., Pinho, S. P., & Barreiro, M. F. (2020). Formulation and optimization of nanoemulsions using the natural surfactant saponin from quillaja bark. *Molecules*, *25*(7), 1538.

Seta, L., Baldino, N., Gabriele, D., Lupi, F. R., & de Cindio, B. (2012). The effect of surfactant type on the rheology of ovalbumin layers at the air/water and oil/water interfaces. *Food Hydrocolloids*, *29*(2), 247-257.

Sheth, T., Seshadri, S., Prileszky, T., & Helgeson, M. E. (2020). Multiple nanoemulsions. *Nature Reviews Materials*, *5*(3), 214-228.

Shewan, H. M., & Stokes, J. R. (2013). Review of techniques to manufacture micro-hydrogel particles for the food industry and their applications. *Journal of Food Engineering*, *119*(4), 781-792.

Su, H. P., Lien, C. P., Lee, T. A., & Ho, J. H. (2010). Development of low-fat mayonnaise containing polysaccharide gums as functional ingredients. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *90*(5), 806-812.

Surel, C., Foucquier, J., Perrot, N., Mackie, A., Garnier, C., Riaublanc, A., & Anton, M. (2014). Composition and structure of interface impacts texture of O/W emulsions. *Food Hydrocolloids*, *34*, 3-9.

Tchuenbou-Magaia, F. L., & Cox, P. W. (2011). Tribological study of suspensions of cysteine-rich protein stabilized microbubbles and

subsequent triphasic A/O/W emulsions. *Journal of Texture Studies, 42*(3), 185-196.

Tippetts, M., & Martini, S. (2012). Influence of ι-carrageenan, pectin, and gelatin on the physicochemical properties and stability of milk protein-stabilized emulsions. *Journal of Food Science, 77*(2), 253-260.

Tomaschunas, M., Köhn, E., Bennwitz, P., Hinrichs, J., & Busch-Stockfisch, M. (2013). Quantitative and qualitative variation of fat in model vanilla custard desserts: Effects on sensory properties and consumer acceptance. *Journal of Food Science, 78*(6), 894-901.

Trojer, M.A., Li, Y., Wallin, M., Holmberg, K., Nyden, M., (2013). Charged microcapsules for controlled release of hydrophobic actives part II: Surface modification by LbL adsorption and lipid bilayer formation on properly anchored dispersant layers. *Journal of Colloid and Interface Science, 409*, 8-17.

Wadhera, D., Capaldi-Phillips, E.D., (2014). A review of visual cues associated with food on food acceptance and consumption. *Eating Behaviors, 15*(1), 132-143.

Zeeb, B., Thongkaew, C., & Weiss, J. (2014). Theoretical and practical considerations in electrostatic depositioning of charged polymers. *Journal of Applied Polymer Science, 131*(7), 1-11.

BÖLÜM 3

TOHUMLUK PATATES DEPOCULUĞUNDA SICAKLIĞIN VE YUMRU İRİLİĞİNİN ETKİSİ

Tolga OSMANOĞLU[1]
Doç. Dr. İsmail DEMİR[2]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10406956

[1] Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Kırşehir, Türkiye, tolgaosmanoglu@gmail.com,
[2] Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Kırşehir, Türkiye, ismail.demir@ahievran.edu.tr Orcid ID:0000-0002-8950-5253

GİRİŞ

Patlıcangiller (Solanaceae) familyasında bulunan ve otsu bir bitki olan patatesin anavatanı Güney Amerika'dır ve burada bulunan yabani türleri Kolombiya, Venezuela, Arjantin ve Şili'de yayılmış haldedir. (Abed ve Demirhan 2018). Şili ile Meksika arasındaki alan ile Peru'nun sahilleri ve And Dağları olarak bilinen bu bölgeden İspanyol gemiciler tarafından 16. yüzyılın sonlarında İspanya'ya getirilmiş ve Avrupa ülkelerine buradan yayıldığı belirtilmektedir (Salaman, 1949; Haverkort, 1981). Patates Türkiye'ye 1850 yılında Kafkasya üzerinden girmiş olup Karadeniz yaylaları ve Erzurum Ovasında yetiştirildiği düşünülmektedir (Esendal, 1990; Çaylak, 2002; Öztürk ve Polat, 2017; Karadoğan ve Şanlı, 2019).

Patates yumruları içerdiği %20-30 nişasta, %2 protein, %3,3 diyet lifi, B1, B2 ve C vitaminleri, potasyum ve fosfor ile besin değeri açısından ön plana çıkar ve patates proteinin biyolojik değeri bir hayli yüksektir. (Warman ve Havard 1998; Kumlay ve Onaran 2000; Burlingame vd. 2009).

Patates çeşitli iklim bölgelerinde yetişebilmesi ve besin içeriği ile nerdeyse tüm Dünyada tüketilmektedir. Ayrıca patates hububattan sonra en fazla tüketilen besin kaynağıdır ve yetersiz beslenme ve açlık çeken ülkelere çözüm olabilecek bir bitkidir (Karadoğan vd., 1997).

Patates talebinin yıl boyunca karşılanması için patatesler hasattan sonra depolara alınmakta ve aylarca depoda kalması gerekmektedir. Patateslerin aylarca depoda kalacağı göz önünde bulundurulduğunda depoda patatesler en doğal şekliyle istiflenmeli ve depo standartları en uygun şekilde tutulmalıdır (Kasnak 2015).

Patates sadece yılın belirli zamanlarında taze olarak bulunabilir. Bunun dışında kalan sürelerde ise depolanarak yıl boyunca talep karşılanır.

Tohumluk patatesler sadece ekim sırasında kullanılacağı için yaz aylarında patates yetişen bölgelerde 6 ay ve sonbahar-kış döneminde yetişen yerlerde ise 8 ay depolanması gerekmektedir (Cin, 2022).

Hasattan sonra belli bir süre daha canlılığı devam eden ürünler depolanırken her aşama doğru şekilde gerçekleştirilmelidir. Ülkemizde hasattan sonra taze meyve ve sebzelerde %20-30 oranında kayıp yaşanır. Bu kayıplar üreticilerin bu aşamaları doğru şekilde gerçekleştirmediğinden kaynaklanmaktadır. Üreticilerin bu durumu engelleyebilmeleri bu aşamalarda tüm önlemleri alınmasına bağlıdır (Cin, 2922).

Depoya alınan ürünün aşırı nem kaybının önlenmesi, filizlenmenin engellenmesi ve kullanım amacına göre kalitesinin korunması önceliklidir. Bu koşulları geçekleştirmek için patates yumrularının 4-10˚C de depolanması gereklidir. (Örüng ve diğ. 2016).

Başarılı bir depolama için ürünün yetiştirilme ve hasat koşulları, depolamada uygulanacak sıcaklık nem oranı ve havalandırma çok önemlidir. Filizlenme ve bazı hastalıkların önlenmesi ve yumrunun korunmasında depo sıcaklığı düşük olması gereklidir. Uygun sıcaklıktan yüksek veya düşün sıcaklıklarda yumrular istenen kalitenin altına düşer (Öztürk ve Polat, 2017).

Depolamada en önemli faktörler ise sıcaklık ve bağıl nemdir. Bu faktörlerin kontrol edilmesinde havalandırmanın en iyi şekilde yapılması gereklidir. Patates yumruları yetiştirilme sürelerinden daha uzun süre depoda kalır. Bundan dolayı depolama çok önemlidir. Ülkemizdeki çiftçiler depolamayı ev ya da uygun olmayan alanlarda yaptıklarından kayıpları arttırmaktadır (Alkan 2013).

Bu çalışma ile tohumluk patateslerde depo sıcaklığı ile yumru büyüklüğünün etkisinin etkisi araştırılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Bu çalışmada Adana'da yetiştirilen ve volkanik kaya depoda 5-6 ˚C depolanan Agria çeşidi patates yumruları kullanılmıştır.

Metot

Patatesin depolanması sırasında yumrunun faaliyetleri ve nem kaybından kaynaklı ağırlık kayıpları oluşur. Patates yumrularının uygun koşullarda depolanması ağırlık kaybını ve depolama giderlerinin en ideal oranda tutulmasını sağlayarak depoculuğun ekonomik boyutta kalmasını sağlamak için çok önemlidir. Bundan dolayı patates yumruları depolanırken depolama süresi boyunca doğru sıcaklıkta depolanmalıdır.

Depolanacak patates örnekleri laboratuvara getirilip tarla atıklarından temizlendi. En, boy ve çapları ölçülerek 5°C ve 25°C olarak iki farklı sıcaklık grubuna ve bu gruplar içinde ağırlıkları 50-70g, 70-90gi 90-110g, 110-130g, 130-150g olacak şekilde 5 farklı gruba ayrılarak depolama alınmıştır. Gruplardan biri 25 C ye ayarlanan etüvde diğeri 5 C de ayarlanan dolaba

koyuldu. Gruplar 1 hafta arayla 25 hafta boyunca hassas terazi ile ölçülerek ağırlıkları kaydedilmiştir.

Patates yumrularının çeşitler bazında fiziksel özelliklerinden boyut özelliği için örneklerin uzunluk (L), genişlik (W) ve kalınlıkları (T), 0,01 mm hassasiyetindeki dijital kumpas ile ölçülmüştür. Patateslerin geometrik ortalama çap (Dg), küreselliği (φ) ve hacim değerleri; boyut değerlerinden yararlanılarak aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır (Mohsenin, 1980).

Yüzey alanı belirlenmesi McCabe ve ark., (1986) ve Olajide ve Ade-Omowaye, (1999)' nin belirttiği yöntem ve eşitliklere göre yapılmıştır.

$Dg = (LWT)^{1/3}$

$S = \pi Dg^{2}$

L: Uzunluk (mm)

W: Genişlik (mm)

T: Kalınlık (mm)

S: yüzey alanı (mm^2)

D_g: geometrik ortalama çap (mm)

Amaç

Bu çalışmada tohumluk patates yumrularının 25 °C ve 5 °C depo koşullarında saklanması ile haftalık ağırlık kaybının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Önem

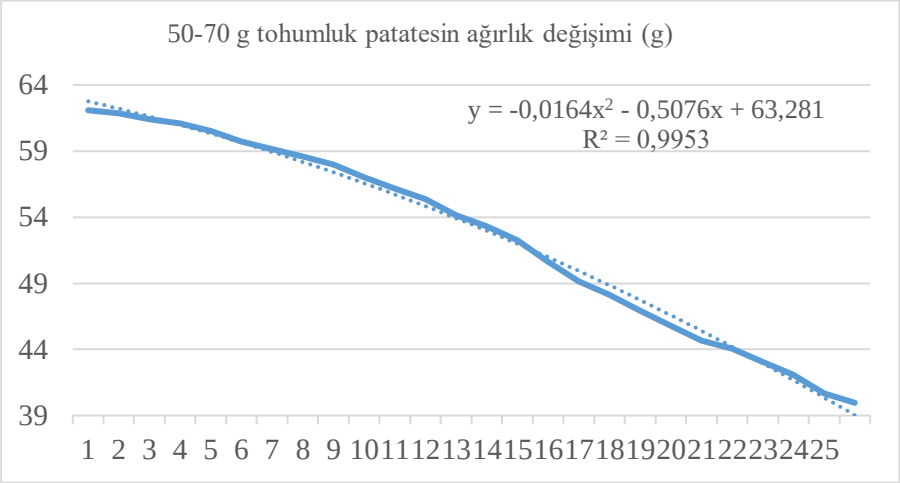
Tohumluk patates depoculuğunda maliyeti arttıran en önemli faktörlerden biri soğutma giderleridir. Çalışmada 25 °C ve 5 °C sıcaklığındaki depo koşullarında saklanan tohumluk patates yumrularının ağırlık kayıpları takip edilerek soğutma yapılmayan koşullarda kaybedilen yumru ağırlığının soğutma yapılan koşullardaki soğutma maliyeti ile karşılaştırılarak depolamanın hangi depo koşullarında daha karlı olduğu belirlenecektir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

25 °C sıcaklıkta 50-70 g tohumluk ağırlık değişimi

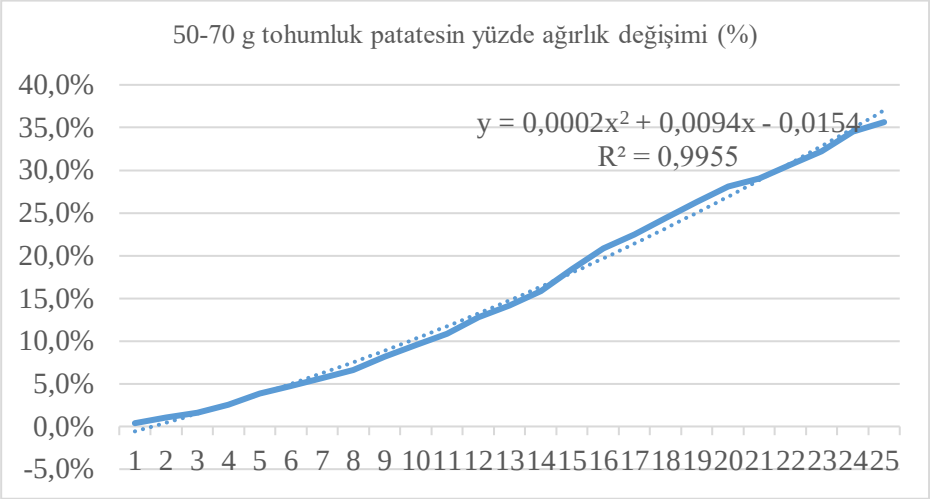
Çalışmada 66.54 g ile 58.4 g aralığında değişim gösteren ve ortalama 68.02 cm^2 yüzey alanına sahip yumrularımızın haftalık ağırlık değişim grafiği Şekil 1 de verilmiştir. Şekil incelendiğinde depo süresi artıkça tohumluk patates yumrularında ağırlık kaybının da artığı görülmektedir.

Değişim grafiğine eklenen regresyon formülünde ve korelasyon katsayısında depolama süresi ile ağırlık kaybı ilişkisinin büyüklüğü görülmektedir. Ayrıca depo başlangıcına göre haftalık ağırlık kaybının yumru ağılığına oranlanarak hesaplandığı yüzde değişim grafiği Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 1. 50-70 g tohumluk patates yumrularının haftalık ağırlık değişim grafiği

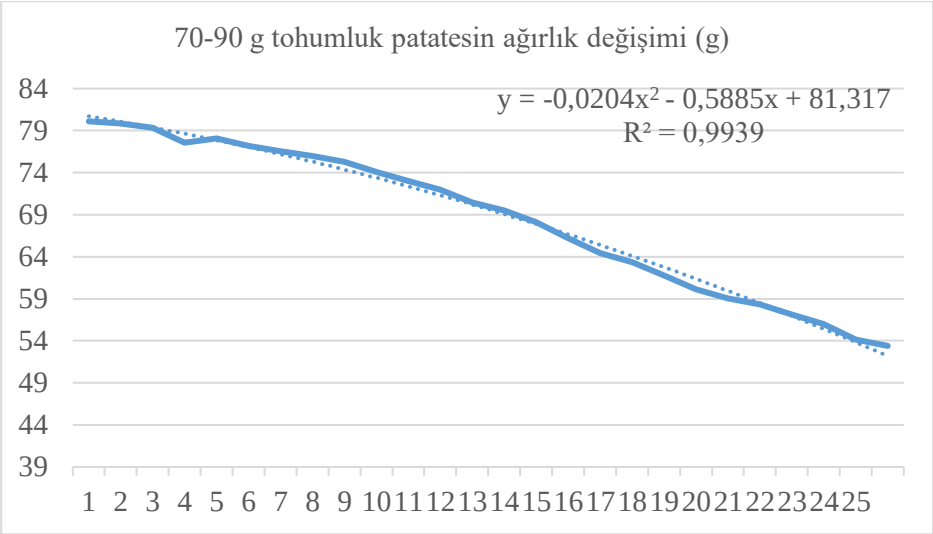
Yüzde ağırlık kaybına ait grafik incelendiğinde 11. haftaya kadarki sürede ilk ağırlığa göre %10 kayıp gerçekleşirken 11. haftadan sonra 6 haftada %10 ve sonraki 6 haftada % 10 ek kaybın olduğu gözlenmektedir. Bu durum bize yumrunun ilk etapta doğal dormansinin devam ettirdiğinin de göstergesi olabilir. İlk 11 hafta %10 kayba karlılık 2 12 haftada %21 ek kayıp gerçekleşmiştir. Deneme koşullarının 25 haftasındaki son durumda ise 50-70 g tohumluk yumruların yüzde olarak ağırlık değişimi %35.6 düzeyine kadar ulaşmıştır.



Şekil 2. 50-70 g tohumluk patates yumrularının yüzde ağırlık değişim grafiği

25 °C sıcaklıkta 70-90 g tohumluk ağırlık değişimi

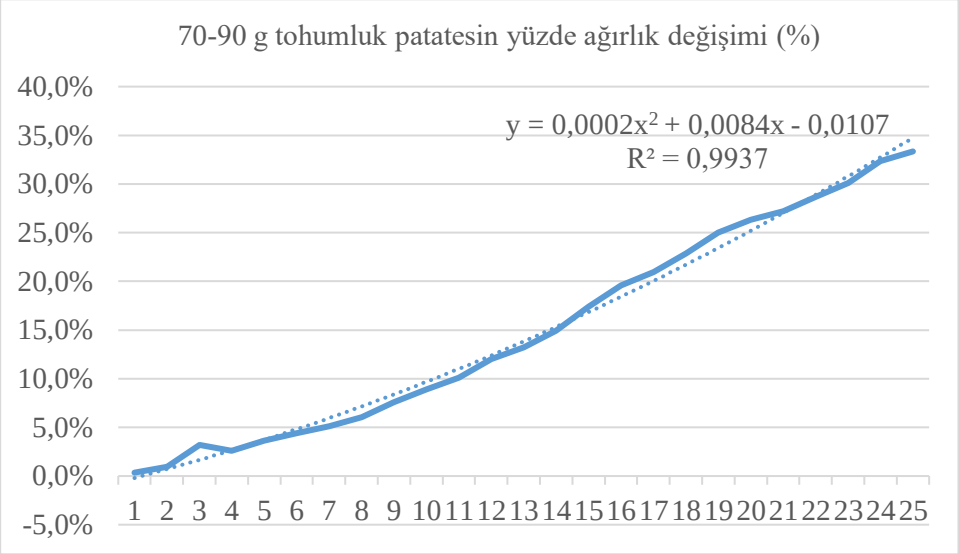
Şekil 3'te 71.95 g ile 87.13 g aralığında değişim gösteren ve ortalama 81,47 cm2 yüzey alanına sahip yumrularımızın haftalık ağırlık değişim grafiği verilmiştir.



Şekil 3. 70-90 g tohumluk patates yumrularının haftalık ağırlık değişim grafiği

Şekil 3 incelendiğinde grafikte bulunan regresyon formülünde ve korelasyon katsayısının depolama süresi ile ağırlık kaybı arasındaki ilişki görülmektedir. Şekil 4 te verilen 70-90 g tohumluk yumruların haftalık ağırlık

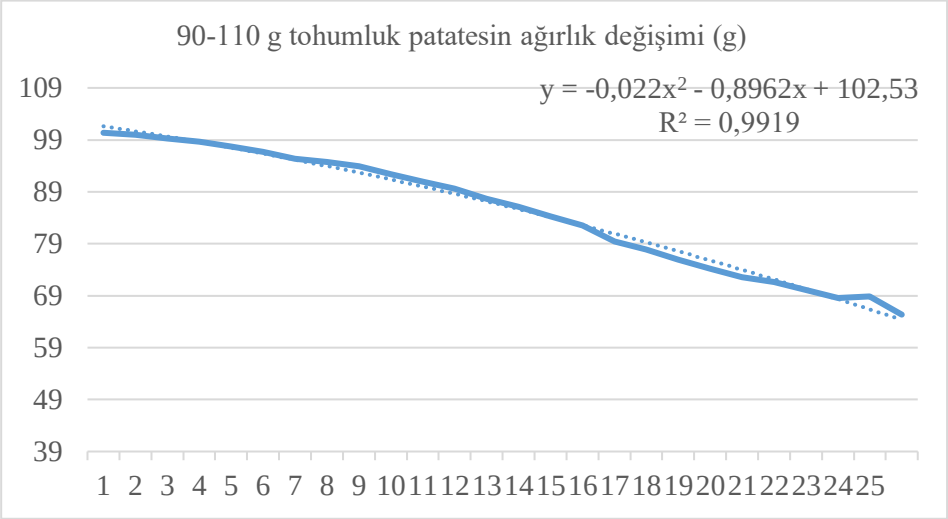
kaybının yüzde değişim grafiği incelendiğinde ilk 10 haftada %8.89 kayıp olurken 16. haftada gerçekleşen toplam kayıp ise %19.6 olmuştur. Çalışmanın 25. Haftasında ise %33.34 ağırlık kaybı gerçekleşmiştir.



Şekil 4. 70-90 g tohumluk patates yumrularının yüzde ağırlık değişim grafiği

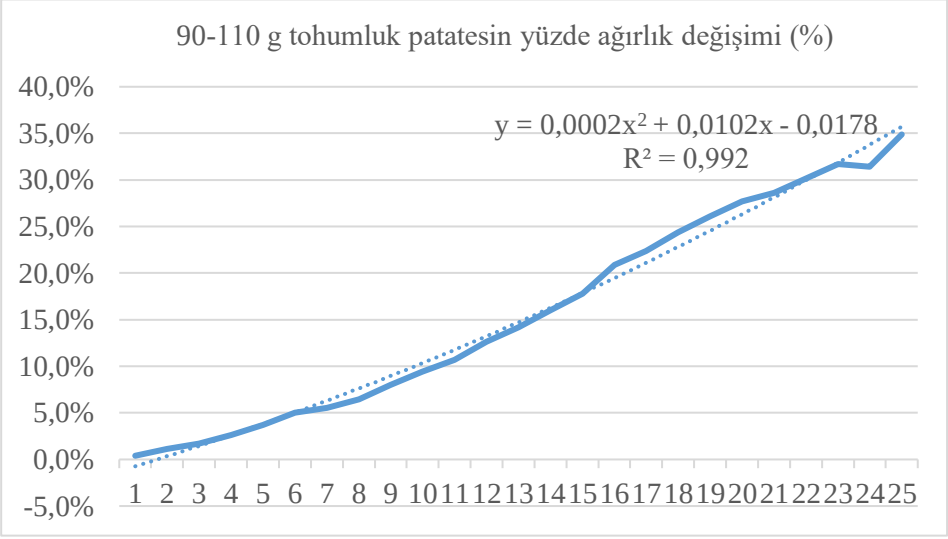
25 °C sıcaklıkta 90-110 g tohumluk ağırlık değişimi

Şekil 5'te 97.07 g ile 103.57 g aralığında değişim gösteren ve ortalama 96.08 cm2 yüzey alanına sahip tohumluk yumrularımızın haftalık ağırlık değişim grafiği bulunmaktadır. Bu grafik incelendiğinde depolama süresi ile ağırlık kaybının grafikte verilen regresyon formülü ve korelasyon katsayısının ilişkisi görülmektedir.



Şekil 5. 90-110 g tohumluk patates yumrularının haftalık ağırlık değişim grafiği

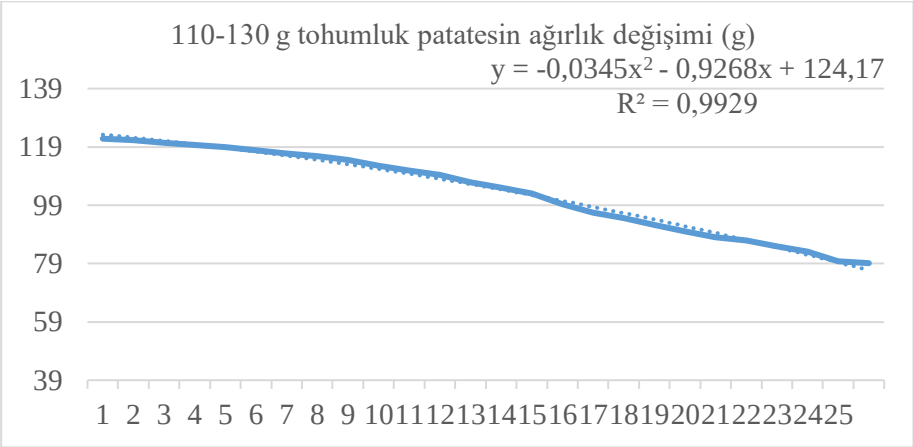
Şekil 6 da bulunan tohumluk yumruların yüzde ağırlık değişim grafiği incelendiğinde yumruların 11. haftada %10.68 olan ağırlık kaybı 16. Haftada %20.9 düzeyine ulaşmıştır. 25. Haftaya gelindiğinde ise yüzde ağırlık kaybı %34.88 e ulaşmıştır.



Şekil 1. 90-110 g tohumluk patates yumrularının yüzde ağırlık değişimi.

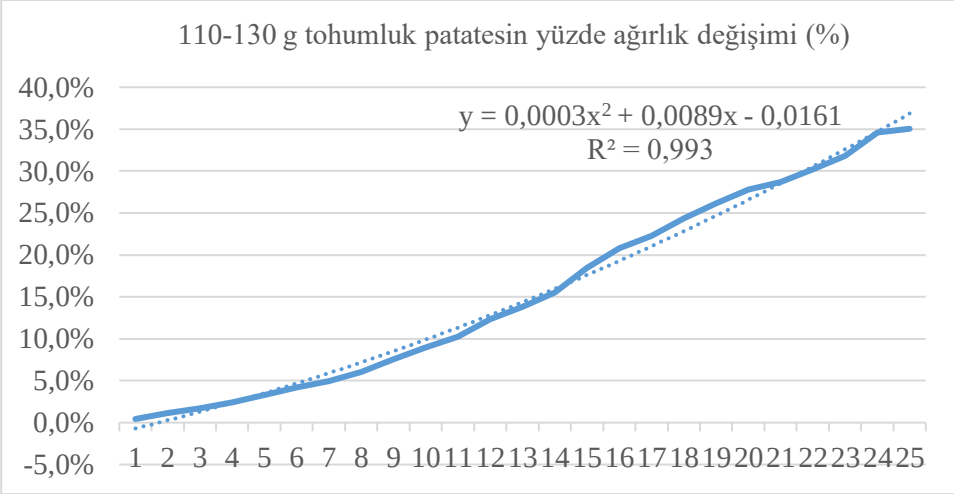
25 °C sıcaklıkta 110-130 g tohumluk ağırlık değişimi

Şekil 7 ye bakıldığında 115.62 g ile 128.56 g aralığında değişim gösteren ve ortalama 108.77 cm2 yüzey alanına sahip yumrularımızın haftalık ağırlık değişim grafiği görülmektedir.



Şekil 7. 110-130 g tohumluk patates yumrularının haftalık ağırlık değişim grafiği

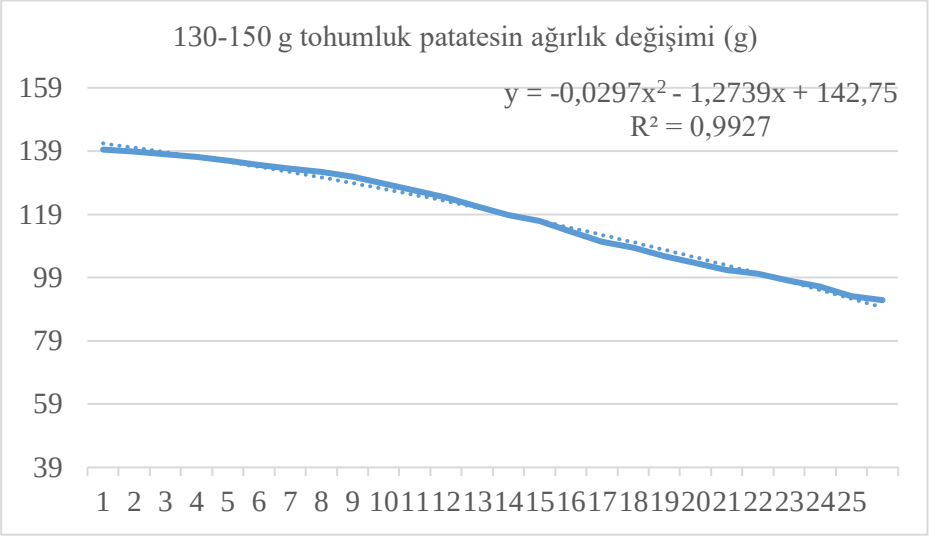
Grafik incelendiğinde yine diğer gruplarda olduğu gibi depolama süresi arttıkça tohumluk patateslerin ağırlık kaybının da arıttığı görülmüştür. Bu grafikte de diğer gruplarda olduğu gibi grafikteki regresyon formülü ve korelasyon katsayısının ağırlık kabı ile ilişkisinin büyüklüğü görülmektedir.



Şekil 8. 110-130 g tohumluk patates yumrularının yüzde ağırlık değişimi.

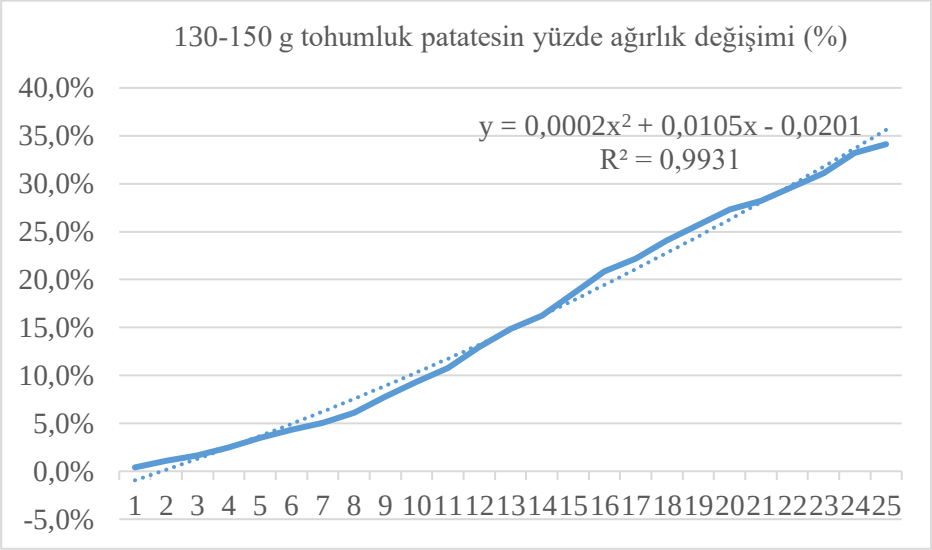
Şekil 8 de verilen tohumluk yumruların haftalık ağırlık değişim yüzdesi grafinde bakıldığında yine diğer gruplara benzer şekil 11. Haftada % 10.23 16. Haftada %20.78 civarında kayıp gerçekleşmiş 25. Haftada ise ağırlık kaybı %35.05 e ulaşmıştır.

25 °C sıcaklıkta 130-150 g tohumluk ağırlık değişimi



Şekil 2. 130-150 g tohumluk patates yumrularının haftalık ağırlık değişim grafiği

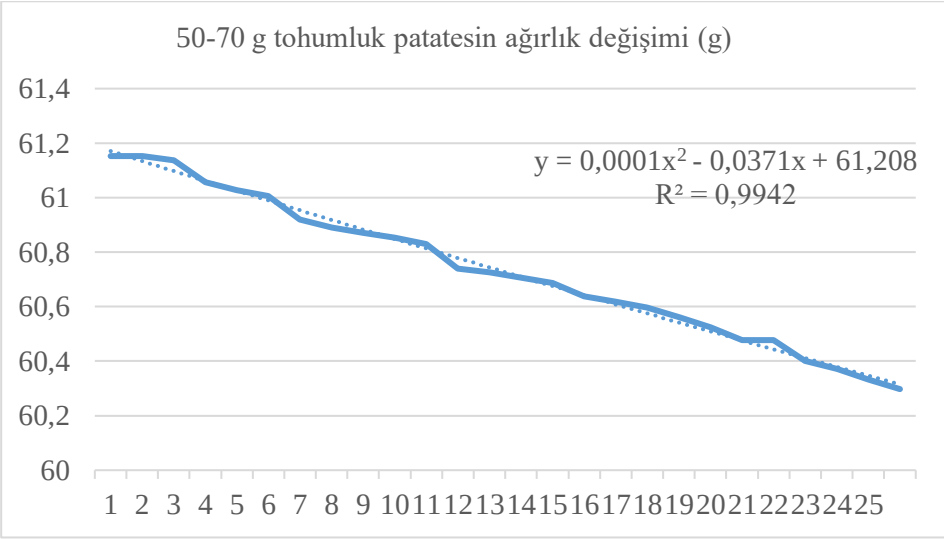
Şekil 9 da 134.29 g ile 145.16 g aralığında değişim gösteren ve ortalama 119.38 cm2 yüzey alanına sahip yumrularımızın haftalık ağırlık değişim grafiği verilmiştir. Şekil incelendiğinde yine grafikte verilen regresyon formülü ve korelasyon katsayısının ağırlık kabı ile ilişkisi net şekilde gözükmektedir. Şekil 10'daki tohumluk patatesin yüzde ağırlık değişimi grafiğine bakıldığında yüzdesel olarak kaybın 11. Haftada %10.80 16. Haftada %20.85 olarak gerçekleştiği görülmektedir. Depolamanın 25. Haftasında ağırlık kaybının %34.13 e ulaştığı görülmektedir.



Şekil 3. 130-150 g tohumluk patates yumrularının yüzde ağırlık değişimi.

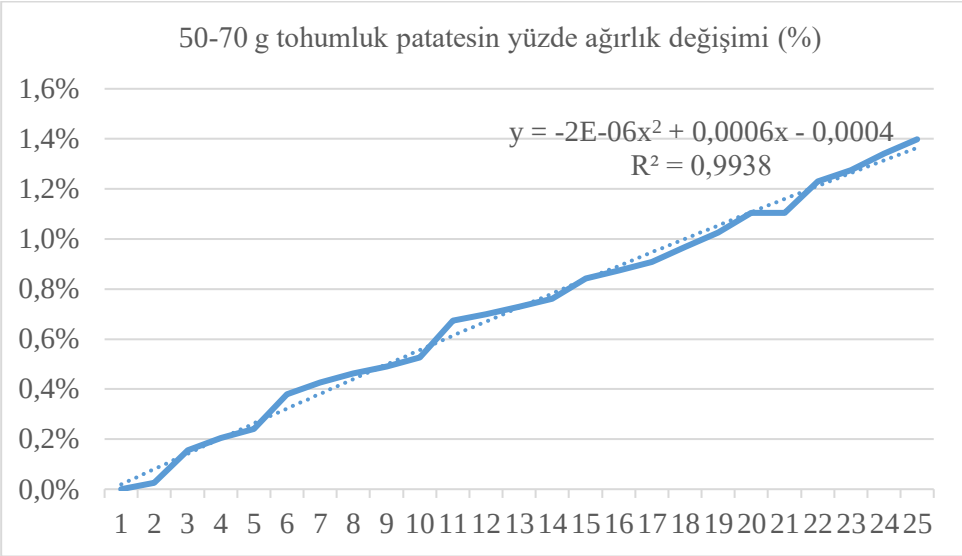
5 °C sıcaklıkta 50-70 g tohumluk ağırlık değişimi

Çalışmamızdaki 55.65 g ile 65.5 g aralığında değişim gösteren ve ortalama 68.02 cm2 yüzey alanına sahip yumrularımızın haftalık ağırlık değişim grafiği Şekil 11 de verilmiştir.



Şekil 4. 50-70 g tohumluk patates yumrularının haftalık ağırlık değişim grafiği

Şekil incelendiğinde depolama boyunca ağırlık kabının yaklaşık olarak aynı oranda azaldığı görülmektedir. Grafikte bulunan regresyon formülü ve korelasyon katsayısına bakıldığında depolama boyunca gerçekleşen ağırlık kaybı ile ilişkisi görülmektedir.

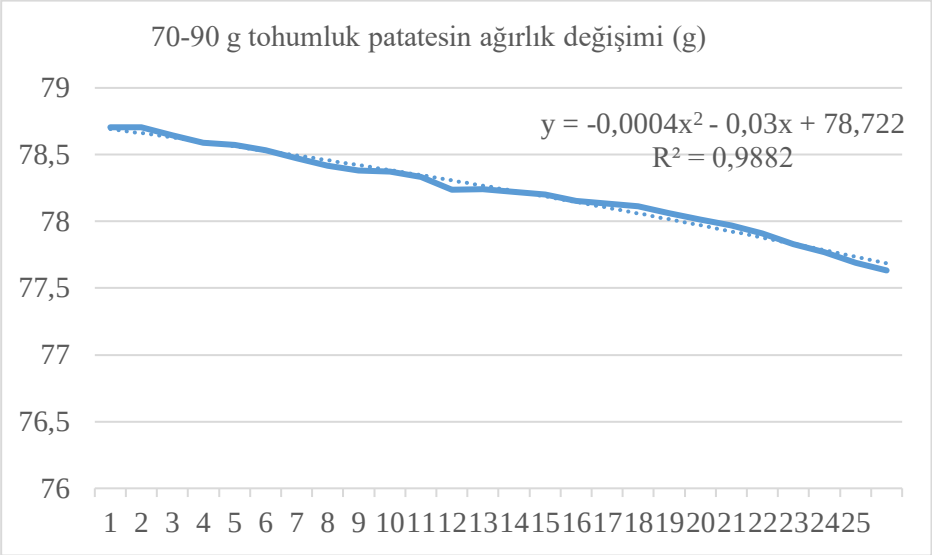


Şekil 5. 50-70 g tohumluk patates yumrularının yüzde ağırlık değişimi

Şekil 12 ye göre haftalık tohumluk yumru ağırlık kaybının yüzdesel değişimi 10. haftada %0.53 olduğu görülmektedir. Çalışma koşullarının 25. haftasına gelindiğinde ise yüzde ağırlık kaybı %1.4 olarak gerçekleşmiştir. Buda her iki dönemde tohumluk yumru ağırlık kaybının eşit olduğunu göstermektedir.

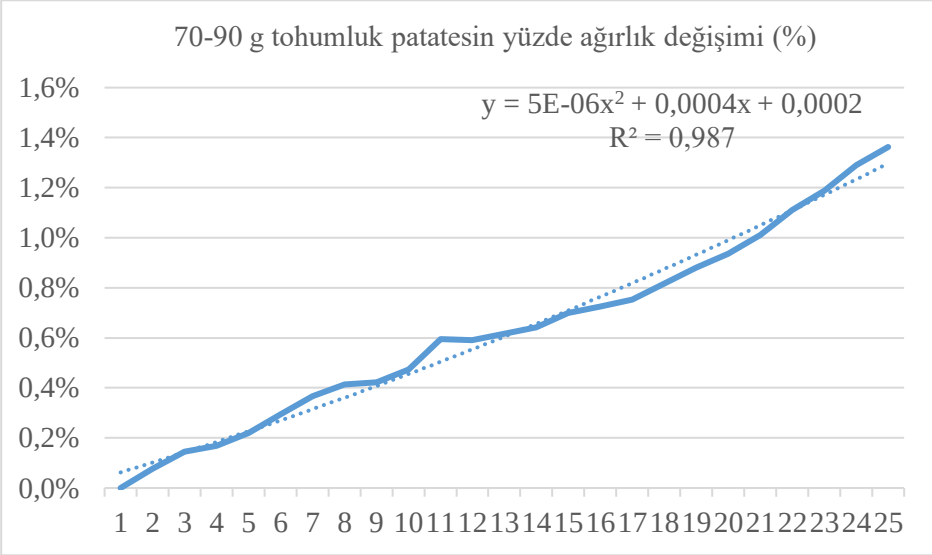
5 °C sıcaklıkta 70-90 g tohumluk ağırlık değişimi

Şekil 13'te verilen grafikte 69.79 g ile 84.69 g aralığında değişim gösteren ve ortalama 81,47 cm2 yüzey alanına sahip yumrularımızın haftalık ağırlık değişimi görülmektedir. Bu grafikte verilen regresyon formülü ve korelasyon katsayısının tohumluk patateslerin ağırlık kaybı ile ilişkisi açıkça görülmektedir.



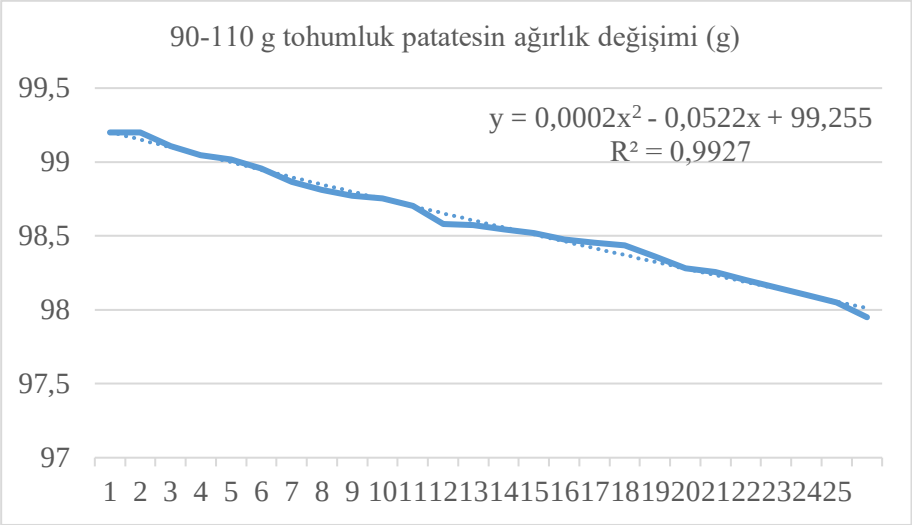
Şekil 6. 70-90 g tohumluk patates yumrularının haftalık ağırlık değişim grafiği

Şekil 14 te verilen tohumluk patatesin yüzde ağırlık değişim grafiği incelendiğinde ağırlık kaybının yüzdesel olarak 10. Haftada %0.47 olduğu görülmektedir denemenin 25. Haftasına gelindiğinde ise kayıp %1.36 e ulaşmıştır.



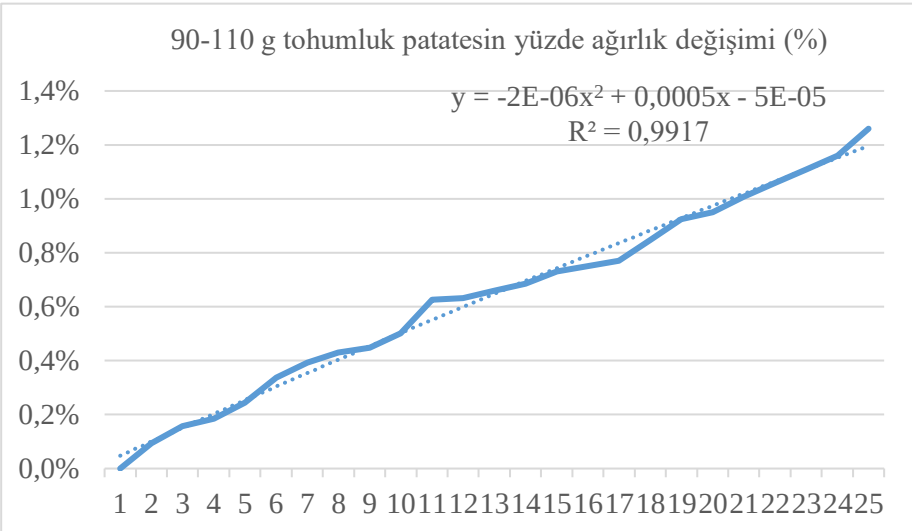
Şekil 7. 70-90 g tohumluk patates yumrularının yüzde ağırlık değişimi

5 °C sıcaklıkta 90-110 g tohumluk ağırlık değişimi



Şekil 8. 90-110 g tohumluk patates yumrularının haftalık ağırlık değişim grafiği

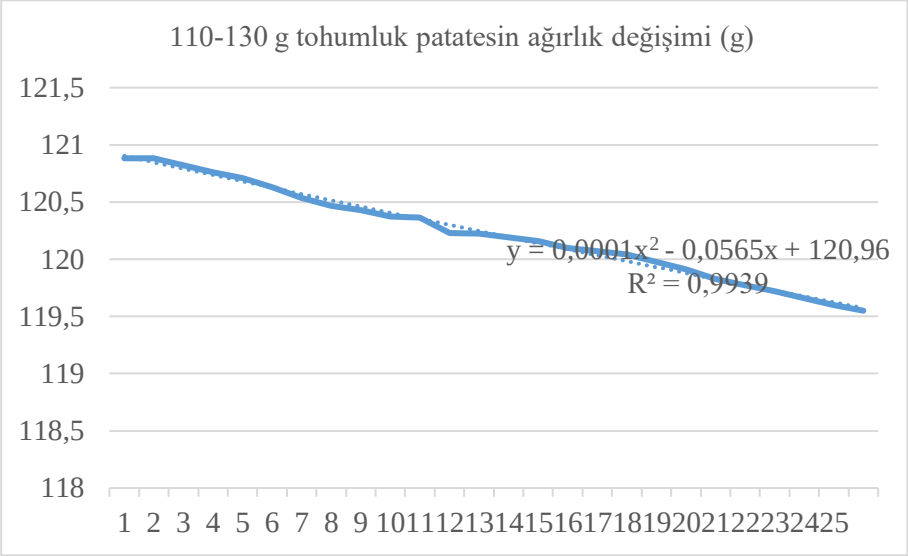
Çalışmadaki 92.62 g ile 104 g aralığında değişim gösteren ve ortalama 96.08 cm2 yüzey alanına sahip yumrularımızın haftalık ağırlık değişim grafiği Şekil 15 te verilmiştir. Bu grafikte de diğer grafiklerde olduğu gibi haftalık ağırlık kaybı yaklaşık olarak eşit azalmış ve grafikte verilen regresyon formülü ve korelasyon katsayısının ağırlık kaybı ile ilişkisi net şekilde görülmektedir.



Şekil 9. 90-110 g tohumluk patates yumrularının yüzde ağırlık değişimi

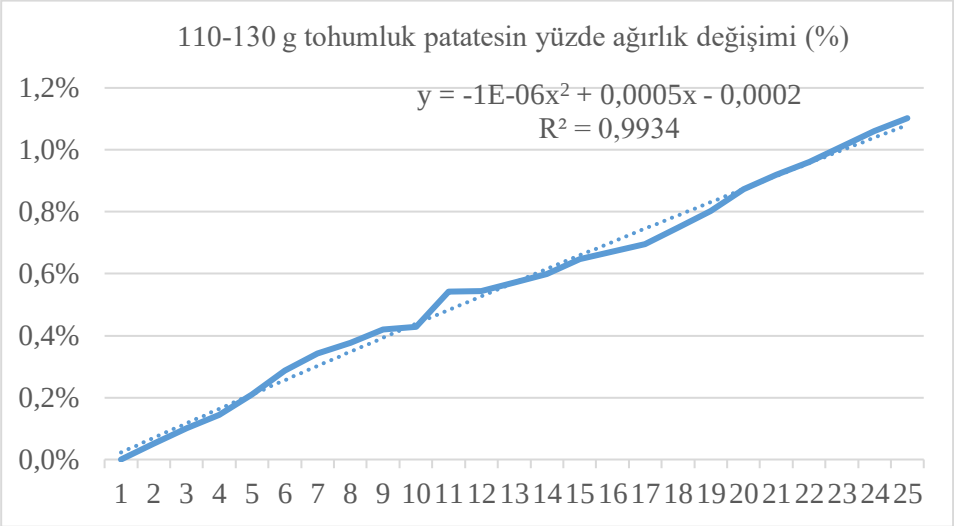
Şekil 16 da verilen yüzdesel olarak ağırlık kaybının grafiği incelendiğinde 10. Haftada % 0.5 çalışmanın 25. Haftasında ise % 1.26 olduğu görülmektedir.

5 °C sıcaklıkta 110-130 g tohumluk ağırlık değişimi



Şekil 10. 110-130 g tohumluk patates yumrularının haftalık ağırlık değişim grafiği

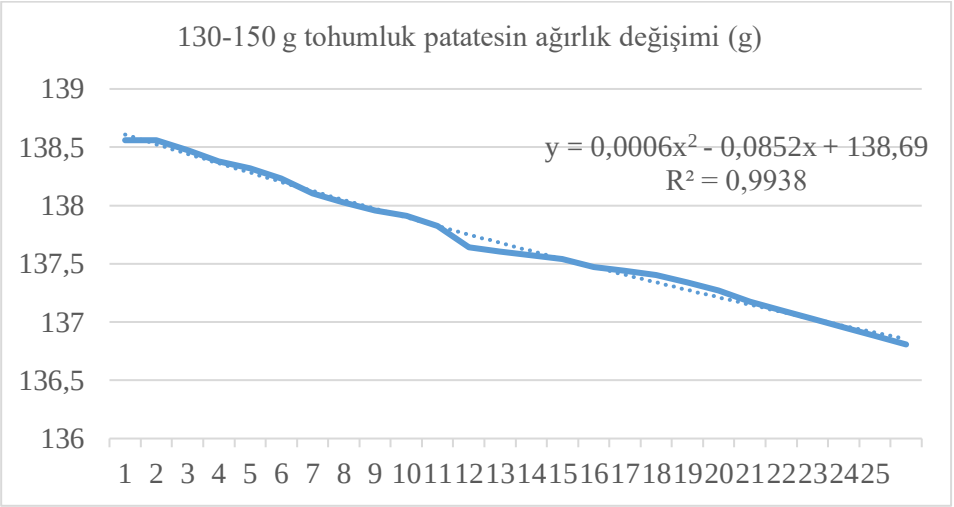
116.83 g ile 126.53 g aralığında değişim gösteren ve ortalama 108.77 cm2 yüzey alanına sahip yumrularımızın haftalık ağırlık değişim grafiği Şekil 17'de verilmiştir. Şekil incelendiğinde grafik te verilen regresyon formülü ve korelasyon katsayısı ile depolama sürecinde gerçekleşen ağırlık kaybının ilişkisi görülmektedir. Ayrıca Şekil 18 de verilen yumrularımızın yüzde ağırlık değişim grafiği incelendiğinde gerçekleşen ağırlık kaybının 10. Haftada %0.43 olarak gerçekleştiği görülmektedir. Deneme koşullarının 25. Haftasında ise ağırlık kaybı %1.1 seviyesine gelmiştir.



Şekil 18. 110-130 g tohumluk patates yumrularının yüzde ağırlık değişimi

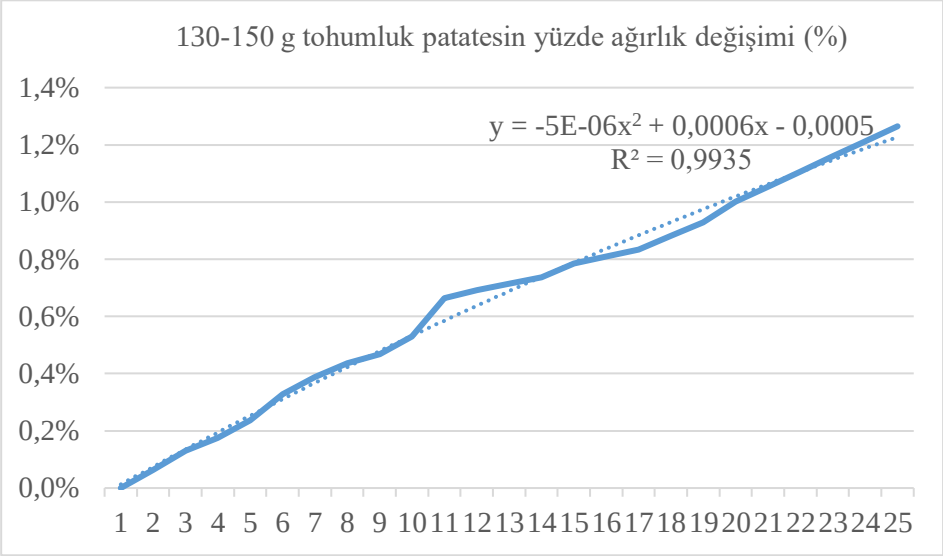
5 °C sıcaklıkta 130-150 g tohumluk ağırlık değişimi

131.97 g ile 147.8 g aralığında değişim gösteren ve ortalama 119.38 cm2 yüzey alanına sahip yumrularımızın haftalık ağırlık değişim grafiği Şekil 19'da verilmiştir. Şekil incelendiğinde depolama süresindeki haftalık ağırlık kaybı ile grafikte verilen regresyon formülü ve korelasyon katsayısının ilişkisi görülmektedir.



Şekil 19. 130-150 g tohumluk patates yumrularının haftalık ağırlık değişim grafiği

Ayrıca yumrularımızın haftalık yüzde ağırlık değişim grafiği şekil 20 de verilmiştir şekilde verilen grafik incelendiğinde ağırlık kaybının 10. Haftada %0.53 olduğu görülmektedir. Deneme koşullarının 25. Haftasında ise ağırlık kaybı yüzdesel olarak %1.26 ya ulaşmıştır.



Şekil 11. 130-150 g tohumluk patates yumrularının yüzde ağırlık değişimi

TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışmamızda kullandığımız 50-70 g ağırlığına sahip tohumluk yumruların 25 °C depo sıcaklığında ağırlık kaybının artarak devam ettiği gözlenmiştir. İlk 3 haftada %0.55 ortalama ağırlık kaybı gerçekleşirken 4-9 hafta arasında ortalama %1 ağırlık kaybı gerçekleşmiştir. Özellikle 11. haftadan sonra haftalık kayıp %2 düzeyine ulaşmış ve 25. haftada toplam tohumluk yumru ağırlık kaybı %35.63 e ulaşmıştır. Aynı ağırlıklara sahip tohumluk yumruların 5 C depo sıcaklında ağırlık kaybının haftalar boyunca sabit oranda azaldığı ve 25. Hafta sonunda ağırlık kaybı %1.4 olarak gerçekleşmiştir.

Çalışmamızda kullandığımız 70-90 g ağırlığa sahip tohumluk yumruların 25 °C depo sıcaklında ağırlık kaybının artarak devam ettiği görülmüştür. İlk 3 haftada haftalık ortalama %0.55 ağırlık kaybı gerçekleşen yumrularda 4-9 haftalar arasında ortalama %1 ağırlık kaybı gözlenmiştir. 12. Haftada ise kayıp %2'nin üzerine çıkmıştır 25 haftanın sonunda ise toplam ağırlık kaybı %33.34 olarak gerçekleşmiştir. Aynı ağırlıklara sahip yumruların 5 °C depo

koşullarında ise ağırlık kaybının haftalarca eşit olarak azalmış ve 25 haftanın sonunda %1.36 seviyesinde gerçekleşmiştir.

Çalışmamızdaki 90-110 g ağırlığa sahip yumrularımız 25 °C depo sıcaklığında gerçekleşen ağırlık kaybı diğer gruplarda olduğu gibi artarak devam etmiş ve ilk 3 haftada ortalama %0.55 olarak gerçekleşen kayıp 12. Haftada %2 seviyesine ulaşmıştır. Tohumluk yumrularımızın toplam ağırlık kaybı ise 25. Haftada toplam %34.88 olarak gerçekleşmiştir. Aynı ağırlıklardaki yumrularımızın 5°C depo koşullarındaki toplam ağırlık kaybı 25 haftanın sonunda %1.26 olarak gerçekleşmiştir.

Çalışmamızdaki 110-130 g ağırlığa sahip yumrularımızın 25 °C depo sıcaklığında ağırlık kaybının artarak devam ettiği görülmüştür ilk 3 haftada ortalama %0.58 olan ağırlık kaybı 11. haftadan sonra %2 seviyesine ulaşmıştır ve 25. Haftada toplam tohumluk yumru ağırlık kaybı %35.05 olarak gerçekleşmiştir. Aynı ağırlıklara sahip tohumluk yumruların 5°C depo sıcaklındaki toplam ağırlık kaybı ise 25. Haftada %1.1 olarak gerçekleşmiştir.

Çalışmamızdaki 130-150 g ağırlığa sahip yumrularımızın 25 °C depo sıcaklığındaki ağırlık kaybının artarak devam ettiği görülmüştür. İlk 3 haftada ortalama %0.56 olan ağırlık kaybı 12. Haftada % 2 düzeyine çıkmıştır ve 25. Haftada toplam yumru ağırlık kaybı %34.13 düzeyine ulaşmıştır. Aynı ağırlıktaki tohumluk yumruların 5 °C depo sıcaklındaki toplam ağırlık kabı ise 25. Haftada 1.26 olarak gerçekleşmiştir.

Çalışmamızda kullandığımız tüm yumru gruplarının 25 °C depolama koşullarında ağırlık kayıplarının %33.34 ile %35.63 arasında gerçekleştiği görülmüştür. Her ne kadar yumru iriliği ve ağırlığı farklı düzeyde olsa da 25 hafta sonunda 25 °C de ağırlık kaybı birbirine yakın gerçekleşmiştir. Aynı yumru gruplarının 5 °C depo koşullarında ağırlık kayıplarının %1.1 ile %1.4 aralığında değiştiği saptanmıştır. 5 °C depolama koşullarında ağırlık kaybı yumru iriliği ve ağırlığı değişimine göre daha düşük düzeyde kalmıştır. Bu durum bize yumruların ağırlık kayıplarının sıcaklığa ve nem oranına göre değiştiğini gösteren bir bulgudur.

KAYNAKLAR

Abed, M. M., Demirhan, B. (2018). Patates bitkisine (Solanum tuberosum L.) genel bir bakış. International Journal of Life Sciences and Biotechnology, 1(1), 1-9.

Alkan, Ü, 2013. "Aydın İlindeki Soğuk Depolama Yapılarının Mevcut Durumunun Belirlenmesi ve Geliştirilmesi" Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Y. Lisans Tezi, Tarımsal Yapılar ve Sulama ABD, Aydın, 78 s, 2013.

Burlingame, B., Mouille, B., Charrondiere, R., 2009. Nutrients, Bioactive Non-Nutrients and Anti-Nutrients in Potatoes. Journal of Food Composition and Analysis 22, 494–502.

Cin, H. (2022). Farklı depolama koşullarında depolanan taze patates örneklerinin kalite parametrelerinin incelenmesi (Master's thesis).

Çaylak Ö (2002). Ham yumru kalitesini belirleyen faktörler. Patates Tarımı, 104-110

Esendal E (1990). Nişasta Şeker Bitkileri ve Islahı. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayınları.

Haverkort A (1981). Potato production in Turkey, and its improvement in the Gudalan Valley. Proceedings of International Potato Center (Region IV) and The Turkish National Potato Research and Training Programme, Menemem, Turkey.

Karadoğan T, Şanlı A (2019). Patates yetiştiriciliğindeki güncel gelişmeler. 4th International Anatolian Agriculture, Food, Environment and Biology Congress, 20-22 April, 9-14, Afyonkarahisar.

Karadoğan, T., Arpaçoglu, K., Özer, H. 1997. Bazı Patates Çeşitlerinin Üretim Gayesine Göre Uygun Hasat Zamanlarının Belirlenmesi. Türkiye II. Tarla Bitkileri Kongresi, 22-25 Eylül, Samsun, 295-299.

Kasnak, C., Artık, N., Palamutoğlu, R. (2015). Farklı Koşullarda Depolanan Agria ve Bettina Patates Çeşitlerinde Meydana Gelen Duyusal Değişimler. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 15(3), 8-23

Kumlay, A., Onaran, H., 2000. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Sanayi Bitkileri Alt Komisyon Raporu, Patates, DPT: 2648, ÖİK: 656, 306-348, Ankara.

Mc Cabe, W.L., Smith, J.C., Harriot, P. 1986. Unit Operations of Chemical Engineering. McGraw-Hill, New York.

Olajide, J.D., Ade-Omowaye, B.I.O. 1999. Some physical properties of locust bean seed. Journal of Agricultural Engineering Research, 74, 213-215.

Örüng, İ., Karaman, S., Şirin, Ü. (2016). Nevşehir yöresindeki doğal depoların modern depolarla karşılaştırılması. Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, 5, 9-18.

Öztürk E, Polat T (2017). Tohumluk patates yetiştiriciliği ve önemi. Alınteri Journal of Agriculture Science, 32 (1): 99-104.

Öztürk, E., Polat, T. (2017). Tohumluk patates yetiştiriciliği ve önemi. Alinteri Journal of Agriculture Science, 32(1), 99-104.

Salaman RN (1949). The Social History and Influence of the Potato. Cambridge University Press, United States

Warman, P. R., Havard, K.A., 1998. Yield, vitamin and mineral contents of organically and conventionally grown potatoes and sweet corn. Agriculture, Ecosystems and Environment 68: 207–216.

BÖLÜM 4

RUMİNANT KAYNAKLI METAN EMİSYONLARINI AZALTMADA UÇUCU YAĞLARIN KULLANIMI

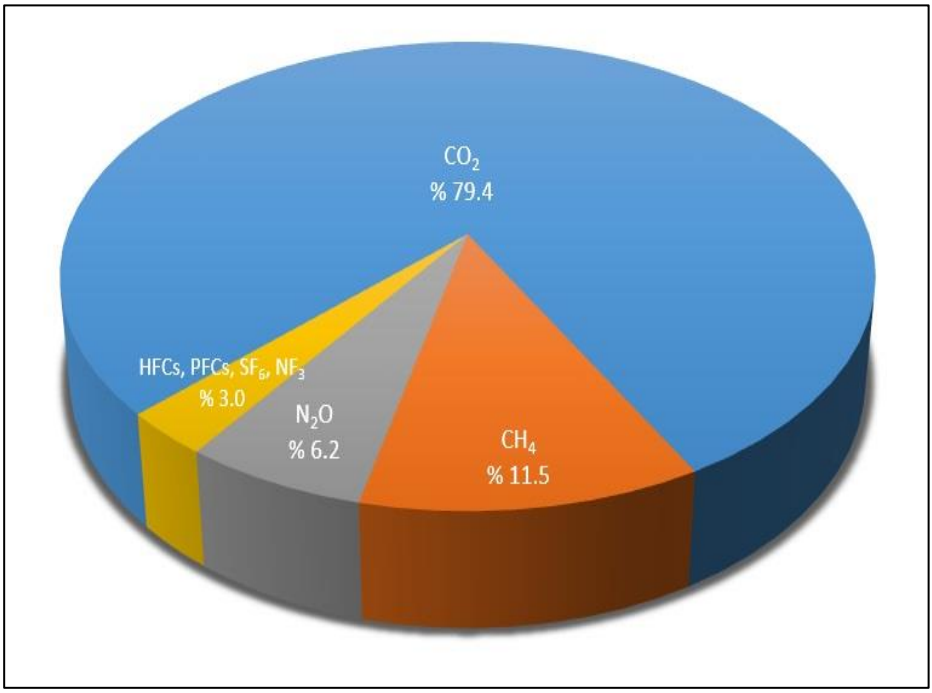
Doç. Dr. Emrah KAYA[1]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10406987

[1] Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, emrah.kaya@igdir.edu.tr
ORCID ID: 0000-0001-7337-0406

GİRİŞ

Yıllarca uzak bir geleceğin sorunu olarak kabul edilen küresel ısınma, geçmişte genellikle gerçek bir sorun olarak görülmüyordu. Ancak günümüzde, küresel ısınma artık inkar edilemez bir gerçek haline gelmiş ve birçok bilim insanına göre bu durumun etkileri ortaya çıkmaya başlamıştır. Küresel ısınma terimi duyulduğunda genellikle atmosfere salınan sera gazları akla gelmektedir. Bu gazlar arasında en önemlisi karbondioksit (CO_2) olmakla birlikte, metan (CH_4), nitröz oksit (N_2O), hidroflorür karbonlar (HFCs), perfloro karbonlar (PFCs) ve sülfür hekzaflorid (SF_6) gazları da bulunmaktadır.



Resim 1: Sera gazı emisyon miktarlarına genel bakış (EPA, 2023)

Örneğin, Singh ve Singh'in (2012) çalışmasına göre, CH_4 CO_2'den 25 kat daha güçlü sera etkisine sahip iken, Solomon ve arkadaşlarının (2007) araştırmasına göre N_2O'in etkisinin 298 kat daha fazla olduğu belirtilmektedir. Diğer araştırmacılar tarafından ise atmosferdeki CH_4 oranının artışıyla birlikte sıcaklığın yükselmesi nedeniyle küresel ısınma gözlenmekte olup bunun da buzulların hızla erimesine yol açarak deniz seviyesinde yükselmelere neden olduğu vurgulanmaktadır (Petit ve ark., 1999; Wuebbles ve Hayhoe, 2002).

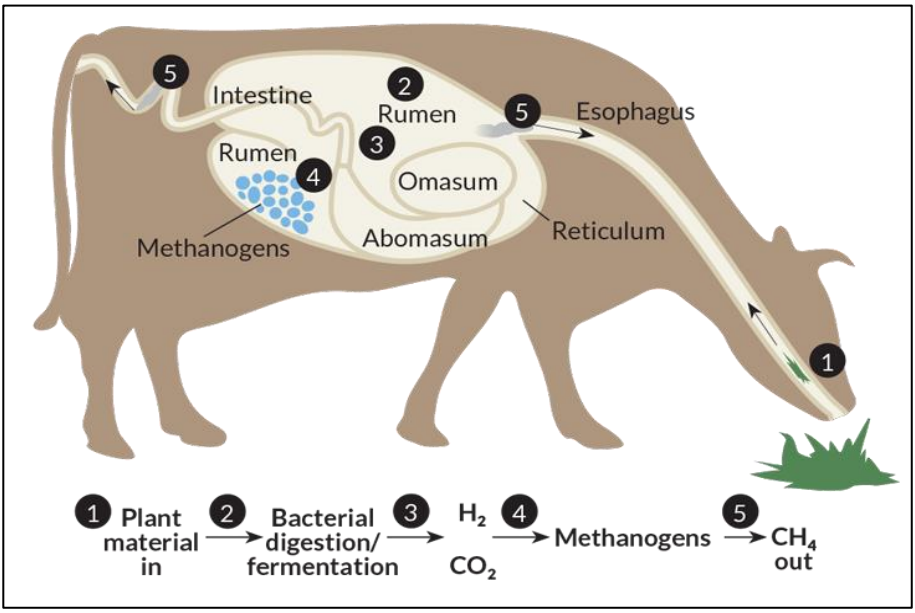
Tarımsal faaliyetler, sera gazlarının önemli bir kısmını atmosfere salmaktadır. Dünya genelinde tarımın %40'ını oluşturan hayvansal ürünlerin önemli bir bölümü, özellikle ruminant hayvanlardan kaynaklanmaktadır. İnsan nüfusundaki artış ve gelişen ülkelerdeki hayvansal gıda tüketimindeki hızlı yükseliş, yıl bazlı hayvansal gıda üretimini de beraberinde artırmaktadır (FAOSTAT, 2008). Ruminant hayvanlardan kaynaklanan CH_4 emisyonları, küresel ısınma ve iklim değişikliği üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilecek önemli bir çevresel faktördür.

Ruminant Hayvanların Metan Üretim Mekanizması

Ruminantlar, özellikle sığır, koyun ve keçiler, özel bir sindirim sistemine sahiptirler ve bu sistemleri CH_4 gazının üretilmesine yol açar. CH_4, atmosferde sera etkisi yaratan bir gazdır ve diğer sera gazlarıyla birlikte iklim değişikliğine sebep olmaktadır. Dünya genelinde, insan faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazlarından sorumlu olan bir grup hayvan olan ruminantlar, toplam salımın %9'unu oluşturmaktadır. Bu hayvanlar, atmosfere metan ve diğer sera gazlarını yayarak iklim değişikliği üzerinde belirgin bir etkiye sahiptirler (Johnson ve Johnson, 1995). Bu CH_4 emisyonları, çiftlik hayvanlarının büyük popülasyonları ve endüstriyel tarımın geniş ölçekli uygulamaları nedeniyle önemli ölçüde artmıştır. Hayvanların sindirim sürecindeki mikroorganizmalar, selülozik malzemeleri parçalayarak ve sindirerek CH_4 üretirler. Bu CH_4'ın atmosfere salınması, sera etkisi ve küresel ısınma potansiyeline katkıda bulunur (Gerber ve ark., 2013). Bu bağlamda, ruminant hayvanlardan kaynaklanan CH_4 emisyonlarının kontrol altına alınması, çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için önemli bir adımdır. Bu konudaki bilimsel araştırmalar, hayvan besleme yönetimi, diyet değişiklikleri ve ileri teknolojik yaklaşımlar gibi çeşitli stratejilerin geliştirilmesini sağlamaktadır. Bu çabalar, tarımın çevresel etkilerini azaltma ve iklim değişikliğiyle mücadelede daha sürdürülebilir bir gelecek oluşturma hedefine yöneliktir (IPCC, 2019).

Ruminantların sahip olduğu özel sindirim sistemi bu hayvanların selülozik materyalleri sindirmelerine ve enerji elde etmelerine olanak tanır. Ruminant sindirim sisteminin temel özellikleri, öğütme, fermente etme ve tekrar çiğneme aşamalarını içerir (Van Soest, 1994) ve dört ana bölümden oluşur: öğütücü (pre-stomach), retikulum, omasum ve abomasum. Öğütücü bölüm, hayvanın besinleri çiğnemesine ve parçalamasına yardımcı olan büyük

bir odadır. Ardından gelen retikulum, öğütülen besinleri geçirir ve fermentasyon süreçlerine katılır. Omasum, sıvının emilimini artırarak sindirim sürecine katkıda bulunur. Son olarak, abomasum, mide asitleri aracılığıyla proteinleri sindirir (Church, 1988). Ruminantların özellikle dikkat çeken bir özelliği, besinlerini birincil olarak öğütücü bölgede ön sindirimden geçirmeleridir. Bu, sindirim sistemine geri dönüşümlü bir sistem sağlar, çünkü hayvanlar daha sonra tekrar çiğneyerek besinleri iyice parçalayabilirler. Bu çift aşamalı sindirim süreci, selülozik materyallerin ayrıştırılmasını ve mikroorganizmaların sindirim sürecine katılmasını sağlar (Baldvin ve ark., 2004). Ruminantlarda, ham selüloz bakteriler tarafından parçalandığında, ara ürünler olarak pirüvik, süksinik ve laktik asitler ortaya çıkar. Bu parçalanmanın sonucunda ise uçucu yağ asitleri (UYA), CO_2 ve CH_4 gibi son ürünler oluşur. Bu süreç, ruminantların sindirim sistemlerindeki kompleks mikrobiyal etkileşimlerin bir sonucudur ve bu ürünler, hayvanın metabolizması ve enerji dengesi üzerinde önemli bir rol oynar.



Resim 2: Ruminantlarda metanın üretimi (Otwell, 2015)

Kaba yem ve konsantre yem oranının, rumen içinde asetat ve propiyonat düzeylerini değiştirmesi, metan üretiminin düzenlenmesinde etkili olabilir. Zira propiyonik asit (PA), rumen pH seviyelerini düşürerek protozoaların

çoğalmasını engeller. Bu durum, protozoaların metanojenler için daha fazla H2 üretmesini önleyerek metan üretimini azaltabileceği bildirilmiştir. (Kılıç ve Boğa, 2021). Süt ineklerindeki CH_4 emisyonu, 151 ile 497 g/gün arasında değişkenlik gösterirken, laktasyondaki ineklerde bu salınımın (354 g/gün), kurudaki ineklerden (269 g/gün) ve düvelerden (223 g/gün) daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Ek olarak, gübrelenmiş merada otlayan ineklerde (223 g/gün), verimsiz merada otlayanlara (179 g/gün) kıyasla CH_4 emisyonunun daha fazla olduğu görülmüştür (Broucek, 2014). Baklagillerin düşük lif içeriği ve yüksek kuru madde oranı, sindirim süreçlerinin hızlanmasına neden olarak CH_4 emisyonlarını azalttığına dair raporlar bulunmaktadır (Beauchemin ve ark, 2008). Ruminantlarda CH_4 üretimini etkileyen bir dizi faktör bulunmaktadır. Bu faktörler arasında rasyondaki karbonhidrat türü, sindirim sisteminden geçiş hızı, rasyondaki iyonofor veya lipid varlığı, ortam sıcaklığı gibi çevresel faktörler önemlidir. Aynı zamanda, yem tüketimi, yemlerin türü ve kalitesi, rasyondaki enerji miktarı, hayvanın boyutu, büyüme oranı, üretim seviyesi ve çevre sıcaklığı gibi hayvan özellikleri de metan üretimini etkileyen diğer kritik unsurlardır (McAllister ve ark., 1996; Broucek, 2014).

Enterik fermantasyon, hayvanların sindirim sistemlerindeki mikroorganizmaların karmaşık bir süreç içinde yemi parçalayarak ve fermante ederek sindirme işlemini gerçekleştirmesini ifade eder. Bu süreçte mikroorganizmalar, yemin içerdiği karbonhidratları, lifleri ve diğer besin öğelerini sindirirler. Özellikle rumen bölgelerinde, bu mikroorganizmaların aktivitesi sonucunda çeşitli organik asitler, gazlar ve diğer yan ürünler ortaya çıkar. Enterik fermantasyon, hayvanların beslenme alışkanlıklarını, sindirim verimliliğini ve enerji eldesini etkileyen önemli bir süreçtir (Moss ve ark., 2000). CH_4, ruminantlardaki bu fermantasyon sürecinin bir yan ürünüdür. Genellikle dışkı, idrar ve geğirme yoluyla vücuttan atılır. Dışkı ve idrar, metanın yanı sıra diğer sindirim yan ürünlerini içerir (Kılıç ve Boğa, 2021). Ruminantlardan salınan CH_4'ın temel kaynağı, bu hayvanların öğütücü (pre-stomach) bölgesinde gerçekleşen anaerobik fermantasyon sürecidir. Sindirim sistemi, özellikle öğütücü ve retikulum bölgeleri, mikroorganizmaların sindirim işlevini yerine getirdiği bir ortam sağlar. Bu mikroorganizmalar, özellikle CH_4 üreten arkea ve bakterileri içerir. Selülozik materyalleri parçalayarak ve sindirerek bu mikroorganizmalar, CH_4'ın oluşum sürecine katkıda bulunur (Gerber ve ark., 2013). CH_4'ın oluşumu, mikroorganizmaların

karbonhidratları fermantasyona tabi tutması sonucunda ortaya çıkar. Bu fermantasyon süreci sırasında, CO_2 ve hidrojen (H_2) gazları oluşur. CH_4, bu gazların birleşimi ve CH_4 üreten arkeaların aktivitesiyle meydana gelir. Oluşan CH_4, ruminant hayvanların sindirim sistemi boyunca hareket eder ve atmosfere salınır (Moss ve ark., 2000). Ruminal fermantasyonun bir sonucu olarak metan (CH_4) gazı oluşumu, konsantre yemle beslenen ruminantlarda yemle alınan enerjinin %3'ünü, kaba yemle beslenen ruminantlarda ise %12'sini kayıp olarak ifade eder. Bu durum, yemlerdeki enerjinin bir kısmının metan formunda atılmasıyla, hayvanların enerji değerinden yararlanma yeteneklerini etkileyebilir. Bu nedenle, metan emisyonlarını azaltma çabaları, hem çevresel sürdürülebilirlik hem de hayvanların verimliliği açısından önem arz etmektedir (Johnson ve Johnson, 1995). Yemlerin rumende mikrobiyal fermantasyonu sırasında oluşan gazlar arasında, en yüksek oranlarla % 65,5 CO_2 ve % 26,8 CH_4 gazı bulunmaktadır. Bu gazları sırasıyla % 7 azot (N), % 0,5 oksijen (O_2) ve % 0,2 H_2 gazları takip etmektedir (Sniffen ve Hertd, 1991). CO_2 ve CH_4 gazları, özellikle rumen içindeki anaerobik ortamın oluşumunda etkili olurlar. Ancak, bu gazların oluşumu beraberinde önemli enerji kayıplarını da getirir (Ensminger ve ark., 1990; Kirchgessner ve ark., 1995). Ruminal metan salınımını azaltma amacıyla yapılan hayvan besleme stratejilerinde bir dizi alternatif yöntem bulunmaktadır. Bu stratejiler arasında rasyona yağ ilavesi, kaba ve konsantre yem oranında konsantre yem lehine artış, yem tüketimi ve yemleme sıklığının artırılması, probiyotikler, iyonofor antibiyotikler, organik asitler, çeşitli tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanımı veya bunlardan elde edilen ekstraktlar ve esansiyel yağlar, metan inhibitörleri ve biyoteknolojik yöntemler yer almaktadır. Bu alternatif stratejiler, hem çevresel sürdürülebilirlik amacını taşımakta hem de hayvan sağlığı ve performansını olumlu yönde etkilemeyi hedeflemektedir.

Uçucu Yağların Metan Azaltma Potansiyelleri

Bitki ekstraktları, insanlar tarafından binlerce yıldır çeşitli sağlık sorunlarına karşı organik çözümler olarak kullanılan doğal bileşenlerdir. Bu ekstraktlar, bitkinin yapısal bileşenleri olmayan, ancak bitkinin üreme ve savunma sistemini oluşturan ikincil metabolitleri içerir. Bu bileşikler, bitkileri böceklerden, zararlı hayvanlardan, mikroorganizmalardan, diğer bitkilerden ve hatta güneşin zararlı ışınlarından koruyarak bitkilerin doğal savunma

mekanizmalarını destekler. Doğada yetişen bitkilerin büyük bir kısmı, yaklaşık 3000 bitki familyasından oluşan geniş bir çeşitlilik içerir. Bu familyaların üçte biri, esansiyel yağlar içermektedir. Esansiyel yağlar, genellikle aromatik ve tıbbi bitkilerde bulunan doğal uçucu yağlardır. Bu yağlar, oda sıcaklığında sıvı halde bulunurlar ve karakteristik olarak kolay buharlaşabilir, belirgin bir koku taşır ve su buharı ile sürüklenebilir niteliktedirler (Gershenzon ve Croteau, 1991, Langhout, 2000). Tanenler, saponinler, flavonoidler, organik sülfürlü bileşikler ve eterik yağlar gibi sitotoksik etkiler gösteren ikincil bitki metabolitleri, birçok mikroorganizma üzerinde etkili olan bileşiklerdir. Esansiyel yağlar ise bitkilerin çeşitli kısımlarından (çiçekler, yapraklar, kabuklar, kökler) elde edilen doğal bileşenlerdir. Bu özel bileşenler, bitkilerin savunma mekanizmalarında, üreme süreçlerinde ve çeşitli ekolojik etkileşimlerde kritik bir rol oynarlar. Su ve sulu alkol çözeltileri kullanılarak gerçekleştirilen buhar distilasyonu, sıvı karbon dioksit altında basınçla veya çeşitli solvent ekstraksiyon yöntemleri gibi farklı tekniklerle elde edilen esansiyel yağlar (Bilal ve ark., 2008), bitkilerin biyolojik çeşitliliklerini korumak ve çevresel streslere karşı dirençlerini artırmak adına evrimsel bir avantaj sağlar. Uçucu yağların kimyasal bileşimi, bitki türüne, yetiştiği bölgeye, iklim şartlarına ve hasat yöntemine bağlı olarak değişiklik gösterebilir (Baser ve Demirci, 2007). Uçucu yağların temel bileşenleri genellikle uçucu olan ve hoş bir koku sağlayan uçucu bileşenlerdir. Esansiyel yağların yaklaşık olarak 2/3'ü mayalara karşı inhibisyon etkisi gösterirken, geri kalan 1/3'lük kısmı ise bakterilere karşı antimikrobiyal etki sergiler (Cowan, 1999). Bu uçucu bileşenler genellikle terpenler, fenolik bileşenler, alifatik hidrokarbonlar, aldehitler, ketonlar ve esterler gibi kimyasal sınıflara aittir. Örneğin, lavanta uçucu yağının kimyasal bileşimi genellikle linalool, linalil asetat, 1,8-sineol gibi bileşenleri içerirken, nane uçucu yağında mentol ve menton gibi bileşenlere rastlanabilir (Tisserand ve Young, 2014).

Tablo 1: Bazı uçucu yağ kaynağı bitkiler

Bitki	Latince Adı	Bileşen
Kekik	*Thymus vulgaris*	Karvakrol
Karanfil	*Syzygium*	Eugenol
Nane	*Mentha piperita*	Mentol
Lavanta	*Lavandula hybrida*	Linalool
Sarımsak	*Allium sativum*	Allisine
Rezene	*Foeniculum vulgare* Mill.	Trans-Anethole
Zencefil	*Zingiber officinale*	Heneicosane
Tarçın	*Cinnamomum cassia*	Cinnamaldehyde
Okaliptus	*Eucalyptus globulus*	Sineol

Her bitki türünün uçucu yağının kimyasal bileşimi benzersizdir ve bu bileşenlerin kombinasyonu, yağın özelliklerini belirler. Bu özellikler, uçucu yağın kullanım alanlarını, terapötik etkilerini ve endüstriyel uygulamalarını etkiler. Ayrıca, uçucu yağların kimyasal bileşimi üzerine yapılan analizler, standartlar ve kalite kontrolü açısından önem taşır (Lawless, 2013). Uçucu yağların CH_4 üretimini azaltma potansiyeli, genellikle bu yağların anti-mikrobiyal özelliklere sahip olmasına dayanmaktadır. Nane, kekik, lavanta gibi uçucu yağlar, ruminantların sindirim sistemlerinde bulunan mikroorganizmaların faaliyetlerini modüle edebilir. Bu modülasyon, özellikle CH_4 üreten mikroorganizmaların aktivitesini azaltarak gerçekleşebilir. Bu konu üzerine yapılan araştırmalar, özellikle "*in vitro*" deneyler ve hayvan deneyleri yoluyla, belirli uçucu yağların CH_4 üretimini etkileyebileceğini göstermektedir (Patra ve ark., 2017; Benchaar ve ark., 2001; Busquet ve ark., 2006).

Uçucu Yağların Ruminant Kaynaklı Metan Emisyonları Üzerindeki Etkileri

Uçucu yağlar, ruminant hayvanlardan kaynaklanan CH_4 emisyonlarını azaltma potansiyeli nedeniyle çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli bir araştırma konusu olmuştur. Bu yağlar genellikle bitkilerden elde edilir ve antimikrobiyal, antioksidan ve anti-enflamatuar gibi özelliklere sahip olduğu bildirilmektedir. Kıvanç ve Akgül (1986), Tassou ve ark. (2000), Castillejos ve

ark. (2006) ile Swamy ve ark. (2016) tarafından yapılmış farklı araştırmalarda, kekik, nane, portakal ve sarımsak esansiyel yağlarının antibakteriyel, antifungal ve antiprotozoal özelliklere sahip olduğu gösterilmiştir. Uçucu yağlar, bitki ikincil metabolitleri içeren ve özellikle rumendeki mikroorganizmaların büyümesini ve hayatta kalmasını engelleyen güçlü antimikrobiyal özelliklere sahip uçucu aromatik ve lipofilik bileşikler olarak tanımlanmaktadır (Greathead, 2003; Burt, 2004; Tamminga ve ark., 2007; Benchaar ve ark., 2008). Benchaar ve Greathead, (2011) uçucu yağların etki şeklinin esansiyel yağlara göre farklılık göstermekte olduğunu ve tüm uçucu yağların güçlü anti-mikrobiyal özelliğe sahip olan terpenoidler, fenolik ve fenoller gibi kimyasal bileşenler içerdiğini belirtmişlerdir. Newbold ve ark., (2004) ise uçucu yağın uygulanmasıyla, özellikle mikrobiyal popülasyonları azaltarak CH_4 emisyonunu azaltmakta olduğunu vurgulamışlardır. Bu özellikler, uçucu yağların ruminant hayvanlarda CH_4 üretimini etkileyebilecekleri hipotezini desteklemektedir (Patra ve ark., 2017). Uçucu yağların CH_4 azaltma potansiyeli, özellikle hayvan besleme yönetiminde ve diyet formülasyonlarında incelenmiştir. Bazı çalışmalar, uçucu yağların hayvanların sindirim sistemi mikrobiyotasını etkileyerek CH_4 üretimini azaltabileceğini öne sürmektedir. Örneğin, nane yağı, kekik yağı ve lavanta yağı gibi uçucu yağlar, ruminantların sindirim sistemlerinde bulunan mikroorganizmalar üzerinde inhibitör etkilere sahip olabilir ve bu da CH_4 üretimini azaltabilir (Benchaar ve ark., 2001). Uçucu yağların CH_4 azaltma potansiyeli, hayvan sağlığını ve refahını + olumsuz yönde etkilemeden CH_4 emisyonlarını kontrol etme konusunda çevre dostu bir yaklaşım sunabilir. Ancak, uçucu yağların kullanımıyla ilgili dozaj, uygulama yöntemleri ve etkili kombinasyonlar konusunda daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır (Calsamiglia ve ark., 2007).

Uçucu Yağların Ruminant Kaynaklı Metan Emisyonları Üzerinde Uygulama Örnekleri

Son yıllarda yapılan birçok çalışma, eterik yağların rumen fermantasyonu, mikrobiyal popülasyonlar, hayvanın verimliliği ve CH_4 üretiminin azaltılması konularında ruminantlara sağladığı faydaları vurgulamaktadır (Cieslak, 2013). Benzer şekilde hayvan besleme konusunda gerçekleştirilen birçok araştırma, esansiyel yağların, antibiyotiklere alternatif olarak kullanılabileceği yönündeki potansiyeli vurgulamaktadır. (Hili ve ark.

1997, Calsamiglia ve ark. 2007). Wallace ve ark. (2002) ile Castillejos ve ark. (2006), uçucu yağların rumen mikroorganizmaları, toplam uçucu yağ asitleri ve toplam gaz üretimini önleyici etkilerine dair bulgularını bildirmişlerdir. Aromatik bitkilerde bulunan aktif bileşenler, özellikle carvacrol, thymol, eugenol, cinnamaldehyde gibi antimikrobiyel etkileri nedeniyle CH_4 üretiminin azaltılmasında etkili olabileceği de bildirilmiştir (Morgavi ve ark., 2011). Ayrıca farklı çalışmalar da rezene, karanfil, sarımsak, soğan ve zencefil uçucu yağlarının, *in vitro* ve *in vivo* ortamlarda CH_4 üretimini inhibe ettiği bilinmektedir (Kaya ve ark., 2012).

Ruminant yetiştiriciliğinde CH_4 gazı salınımını azaltma amacıyla yapılan bir dizi çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalarda, rasyona organik asit ilavesi, bitki ekstraktları ilavesi, immünizasyon, yem kompozisyonunun değiştirilmesi, rumenin defaunasyonu, CH_4 sentezi için kullanılan H_2'in tüketilmesi, rumen mikrobial dağılımının modifikasyonu ve hayvan ırkının değiştirilmesi gibi çeşitli yöntemler denenmiştir. Yapılan çalışmalarda, ruminantlara verilen yem kompozisyonunun, CH_4 üretimini önemli ölçüde etkilediği gözlemlenmiştir. Yem kompozisyonunda yapılan düzenlemeler ile CH_4 üretimi %90'a varan oranlarda azaltılabilmektedir. Bitkisel kaynaklı yağlarla ilgili yapılan çalışmalarda rasyona yağ ilavesi ile rumen fermentasyonundan sorumlu mikrobiyal popülasyonunun geliştiği, metan üretiminin azaldığı ve sindirim sonrası meydana gelen çeşitli fizyolojik gelişimlerin (stres, şişme vb.) azaldığı belirlenmiştir (Wallace ve ark., 2002; Kamra ve ark., 2006; Patra ve Saxena 2009). Beauchemin ve ark. (2008) çalışmasında belirtildiğine göre, rasyona yağ ilave edilmesi, yağın miktarına, formuna ve yemin kompozisyonuna bağlı olarak değişiklik göstermiş ve her %1'lik oranda eklenen yağın CH_4 üretimini %5,6 oranında azalttığı rapor edilmiştir. Doreau ve Ferlay (1995) ile Nagaraja ve Titgemeyer (2007) tarafından yapılan çalışmalara göre, rasyona eklenen yağ, rumende yağ asitlerinin hidrojenasyonu yoluyla ortamdaki H_2'i kullanarak, metanojenleri ve sellülolitik bakterileri baskılayarak, aynı zamanda lifli besinlerin sindirimini yavaşlatarak CH_4 üretimini %21'e kadar azaltabilmektedir. Bodas ve ark. (2012) tarafından belirtilene göre, saponinlerin, rumen protozoonları ya da metanojen arkelerin sayısını azaltarak H_2 varlığını sınırladığı ve bu sayede CH_4 üretimini azalttığı görülmüştür. Ayrıca, Beauchemin ve McGinn (2005), ruminant rasyonlarında kullanılan eterik yağın, bütün metan gazı oluşumunda alınan her kilogram başına düşen

CH_4 oluşumu ile kullanılan bürüt enerjinin yüzdelik olarak CH_4 oluşmasıyla kaybolan enerjide bir değişiklik olmadığını bildirmektedirler.

Castillejos ve ark., (2008) tarafından yürütülen bir çalışmada, karanfil yaprağı, lavanta, kekik, biberiye, adaçayı, çay ağacı gibi farklı esansiyel yağın ve monensin antibiyotiğinin rumen mikroorganizma ve rumen fermantasyonu üzerindeki etkileri incelenmiştir. İnkübasyon sonrasında rumen pH'sı, UYA ve amonyum azot (NH_3-N) konsantrasyonları değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçları, biberiye, adaçayı, çay ağacı ve karanfil yaprağı yağlarının propiyonat ve valerat oranını artırarak asetat:propiyonat oranını azalttığını, monensine benzer bir etki gösterdiğini ortaya koymuştur. Ayrıca, karanfil yaprağı yağının toplam UYA üretimini artırıp pH'ı yükselttiği belirlenmiştir. Bu bulgular, esansiyel yağların hayvan beslemede antibiyotiklere alternatif olarak kullanılabileceği yönündedir.

Patra ve Yu (2014) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, karanfil, okaliptüs, nane, kekik ve sarımsak bitkilerinden elde edilen farklı kimyasal yapılardaki eterik yağların, CH_4 üretimi, metanojenik arkelerin sayısı ve çeşidine olan etkisi karşılaştırılmıştır. Bu çalışma, UYA dozlarına bağlı olarak CH_4 üretimini ve metanojenik arkelerin sayısını değişik düzeylerde azalttığını rapor etmiştir. Chaves ve ark., (2008) tarafından yürütülen bir çalışmada, rumen içeriğine karanfil yağı eklenmiştir. İlave edilen karanfil yağının, CH_4 gaz oluşumunu önemli ölçüde azalttığı, %30 ile %35 arasında bir düşüş sağladığı tespit edilmiştir. Bu bulgu, karanfil yağının CH_4 üretimini etkileyici bir potansiyele sahip olabileceğini göstermektedir.

Evans ve Martin (2000) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, timolün farklı dozları *in vitro* koşullarda rumen fermantasyonu ve rumen bakterileri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Araştırmacılar, timolün 0-200 mg/L dozlarının CH_4 üretimi üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığını belirlemişlerdir. Ancak, 400 mg/L dozunun pH'ı artırdığını ve CH_4 üretimi ile birlikte asetik (AA) ve PA miktarlarında azalmaya neden olduğunu rapor etmişlerdir. Bu bulgular, timolün rumen mikrobiyotası üzerindeki doz bağımlı etkilerini açıklamaktadır.

Busquet ve ark. (2006) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, rumen içerisine eklenen kekik yağının doz artışına bağlı olarak CH_4 oluşumunu azalttığı belirlenmiştir. Castillejos ve ark. (2006) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, farklı dozlarda kekik yağı eklenmiş olan rumen sıvısının *in vitro*

rumen fermantasyonu üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, kekik yağının 500 mg/L dozunun toplam UYA miktarını azalttığı, PA ve NH_3-N üretimini düşürdüğü, ancak AA, AA/PA oranını ve rumen pH'sını artırdığı görülmüştür. Ayrıca, kekik yağının karbonhidrat metabolizmasını ve sindirim üzerinde etkili olduğu belirlenmiş; konsantre küspe, ADF, NDF ve organik madde sindirimini (OMS) azalttığı gözlemlenmiştir. Bu bulgular, kekik yağındaki antimikrobiyal etkilerin bu etkilerden sorumlu olabileceğini işaret etmektedir.

Canbolat ve ark. (2010) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, rumen sıvısına farklı dozlarda kekik yağı eklenmiş ve bu ilavenin mısır silajında *in vitro* gaz üretimi (GÜ), OMS, metabolik enerji (ME) ve rumen fermantasyonu üzerindeki etkileri incelenmiştir. Yapılan çalışmanın sonuçlarına göre, kekik yağı ilavesinin *in vitro* GÜ doza bağlı olarak azalttığı gözlemlenmiştir. Koyuncu ve Canbolat (2010) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, karvakrolün rumen fermantasyonu üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, karvakrolün rumende toplam UYA oranını ve bunlardan AA düzeyini azalttığı, buna karşılık PA ve bütirik asit (BA) düzeylerini artırdığı belirlenmiştir. Ayrıca, esansiyel yağ katkısının rumen pH'sını etkilemediği ve rumende NH_3-N düzeyini azalttığı gözlemlenmiştir.

Canbolat (2012) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, rumen sıvısına eklenen kekik, nane ve portakal yağları arasında kekik yağının OMS, ME, rumen fermantasyonu ve CH_4 üretimi açısından en etkili olduğu, sırasıyla nane yağı ve portakal yağının ise izlediği bildirilmiştir. Kekik yağının, özellikle *in vitro* GÜ olmak üzere OMS ve ME üretimini azalttığı, ancak rumen sıvısı pH'ını artırdığı tespit edilmiştir. Macheboeuf ve ark. (2008) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, timolün 300 mg/L dozunun CH_4 üretimini azalttığı ve toplam UYA ile birlikte AA ve PA üretimini düşürdüğü saptanmıştır. Agarwal ve ark. (2009) tarafından yürütülen bir çalışmada, rumen sıvısına farklı dozlarda eklenen nane yağının CH_4 gazı üretimini belirlemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre, nane yağının doza bağlı olarak CH_4 gazı üretimini düşürdüğü gözlemlenmiştir. Düşük dozlarda (%19.9), orta dozlarda (%46.0) ve yüksek dozlarda (%75.6) nane yağının CH_4 gazı üretimini azalttığı tespit edilmiştir.

Canbolat ve ark. (2011) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, nane, portakal ve kekik yağlarının rumen fermantasyonu üzerindeki etkileri

incelenmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, rasyonlara eklenen eterik yağın yükselen düzeyleriyle birlikte CH_4 ve CO_2 emisyonlarında önemli ölçüde azalma gözlenmiştir. Ando ve ark. (2003) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada nane yağı ilavesinin sindirim ve rumen fermantasyonu üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, nane yağı ilavesinin kuru madde sindirimini (KMS), OMS ve ham protein sindirimini (HPS) arttırdığı belirlenmiştir. Ayrıca, rumendeki total UYA miktarları ile birlikte AA, PA ve BA miktarlarını azalttığı vurgulanmıştır.

Benchaar ve ark. (2007) tarafından yapılan bir çalışmada portakal, oregano ve thyme yağı gibi maddelerin yanı sıra karvakrol ve timolün rumen sıvısına ilavesinin *in vitro* rumen fermantasyonu üzerindeki etkileri incelenmiştir. Yapılan deneylerde, sadece karvakrol ve timolün rumen fermantasyonunu etkilediği belirlenmiştir. Karvakrol, pH ve BA miktarını arttırırken, PA, KMS, NDF sindirimi ve GÜ azaltmıştır. Timol ise pH'ı yükseltirken, PA, NDF sindirimini ve GÜ azaltmıştır. Ancak, esansiyel yağlar ve bileşenleri NH3-N üretimini etkilememiştir.

Kamalak ve ark. (2011) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, farklı dozlarda portakal yağının *in vitro* GÜ, CH_4 ve NH_3-N üretimi, total UYA, ME, OMS, KMS ve NDF sindirimine olan etkisi araştırılmıştır. Çalışma sonuçları, portakal yağının dozunun artmasıyla birlikte UYA profili dışındaki tüm parametreleri düşürdüğünü ortaya koymuştur. Busquet ve ark. (2005) sarımsak esansiyel yağının diallyl disulphide ve allyl mercaptan oalrak adlandırılan iki bileşeninin CH_4 üretimine etkisini incelemişlerdir. Çalışma, 300 mg/L dozundaki allyl mercaptanın sindirim üzerinde etkisi olmasa da UYA miktarını ve CH_4 üretimini azalttığını göstermiştir. Sarımsak yağı ve diallyl disulphide ise allyl mercaptandan farklı olarak KMS'yi düşürmüştür. Ayrıca, sarımsak yağının bileşeni olan allicin'in UYA, AA, PA ve CH_4 üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı belirlenmiştir.

Curabay ve ark. (2019) tarafından yapılan çalışmada, rumen sıvısına eklenen sarımsak, nane, kekik ve portakal yağlarının doz artışıyla *in vitro* GÜ, yemlerin OMS, KMS, HPS ve ME düzeylerini önemli ölçüde azalttığı belirlenmiştir. Bu bulgular, düşük dozlarda kullanıldığında esansiyel yağların ruminant hayvanlardaki verim performansını olumsuz etkilemeyeceği sonucuna varmaktadır, ki bu sonuç, diğer araştırmacıların benzer bulgularıyla birleştirilmiştir. Klevenhusen ve ark. (2011) tarafından yürütülen bir çalışmada,

koyunlar üzerinde gerçekleştirilen denemede, rumen sıvısına sarımsak yağı ve sarımsak yağının etken maddesi diallil-disülfid ilavesinin *in vitro* CH_4 üretimi ve yemlerin sindirim derecesine olan etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, sarımsak yağının CH_4 üretimini ve toplam UYA miktarını etkilemediği, ancak NH_3-N miktarını azalttığı ve KMS'nin bir miktar düşürdüğü bildirilmiştir. Ayrıca, sarımsak etken madde takviyesinin sindirilebilirliği ve enerji kullanımını iyileştirdiği belirlenmiştir.

Macheboeuf ve ark. (2008) tarafından yürütülen bir çalışmada, rumen içeriğine eklenen tarçın yağının CH_4 (CH_4) gazı üretimini %13 oranında azalttığı belirlenmiştir. Bu bulgu, tarçın yağının CH_4 azaltıcı potansiyeline işaret etmektedir. Kumar ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmada, okaliptus esansiyel yağının *in vitro* GÜ denemesinde, farklı dozlarda rumen sıvısı tampon çözeltisi içerisine eklenmiştir. Bulgular, CH_4 üretiminin %10-56 oranında azaldığını ve özellikle 1.00 µl/ml üzerindeki dozların *in vitro* sindirim değerini azalttığını göstermektedir. Sallam ve ark. (2009) tarafından yürütülen bir çalışmada, *in vitro* GÜ denemesinde rumen sıvısı tampon çözeltisi içerisine okaliptus yağı eklenmiştir. Bu denemeler sonucunda, sırasıyla CH_4 azalış oranlarını %26, %46.8, %77.3 ve %85.3 olarak belirlemişlerdir. Goel ve ark. (2011), Mehndi ve okaliptus yapraklarının karışımından elde ettikleri katkının *in vitro* GÜ tekniğinde kullanılmasının, CH_4 üretimini azalttığını ve aynı zamanda rumen sıvısı NH_3-N düşürdüğünü bildirmektedirler.

Günal ve ark. (2014) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, rumen sıvısına farklı dozlarda eklenen okaliptüs esansiyel yağının *in vitro* NH_3-N üretimi, UYA profili ve pH üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, okaliptüs yağı ilavesinin AA, PA ve AA/PA oranı ile pH üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı belirlenmiş, ancak NH_3-N üretiminde artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Martin ve ark. (2008) yaptıkları çalışmada, süt sığırlarına çiğ keten tohumu, ekstrakte keten tohumu ve keten tohumu esansiyel yağı eklemenin CH_4 üretimini önemli derecede azalttığını belirtmişlerdir. Bu durumu, rasyona yağ eklenmesinin selülotik bakteri ve protozoaları inhibe ederek yemin fermantasyonunu azaltmasıyla ilişkilendirmişlerdir.

Jahani-Azizabadi ve ark. (2014), kişniş, oregano, caraway, cumin, cinnamon, fıstık kabuğu ve thyme esansiyel yağlarının yonca samanına eklenmesinin, 24 saatlik inkübasyon sonrasında *in vitro* rumen fermantasyonu ve sindirilebilirlik üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Thyme esansiyel

yağının 140 ve 280 µl/L dozlarının KMS ile NH_3-N üretimini düşürdüğü, 280 µl/L seviyesinin ise NDF sindirimi ve CH_4 üretimini azaltıcı etkiye sahip olduğunu rapor etmişlerdir. Khorrami ve ark. (2015), sığırından alınan rumen sıvısına kekik yağı ve tarçın yağı eklenen grupları ve pozitif kontrol olarak monensin kullandıkları bir deneme gerçekleştirmiştir. Sonuçlar, esansiyel yağların sindirim, pH, NH_3-N, toplam UYA, AA ve BA üzerinde etkisi olmadığını göstermiştir. Ancak, bu yağların CH_4 üretimini ve sığırların işkembesinde protozoa ve metanojenlerin nispi bolluğunu azalttığı görülmüştür. Altınçekiç ve ark. (2021) çalışmasında, rumen sıvısına eklenen farklı dozlardaki zencefil esans yağının *in vitro* GÜ, OMS, ME, rumen fermentasyon parametreleri ve CH_4 üretimi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bulgular, çayır gülü samanının *in vitro* GÜ, OMS ve ME içerikleri, toplam UYA, AA, PA, CO_2, CH_4 ve NH_3-N üretimini azalttığını, ancak rumen pH'sını artırdığını göstermektedir. Yüksek dozların yemlerin rumen fermantasyonunu ve sindirimini olumsuz etkilediği, bu nedenle 200 mg/L dozunun daha uygun olduğu rapor edilmiştir. Chaves ve ark. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, tarçın yapraklarından elde edilen eugenolün metanojenik aktiviteyi, CH_4 konsantrasyonunu ve CH_4/UYA oranını azalttığı belirlenmiştir. Bu bulgular eugenolün metanojenik aktivite üzerinde önemli bir düşürücü etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Elde edilen sonuçlar, CH_4 emisyonlarının kontrolünde potansiyel bir strateji olarak tarçın yağı ve benzeri ürünlerin kullanımının düşünülebileceğini vurgulamaktadır.

SONUÇ

İklim krizi ve küresel ısınmanın etkilerini azaltma amacıyla hayvancılıkta kullanılan çözümler, hayvan besleme yöntemleri ve çeşitli yem katkı maddeleri aracılığıyla gaz emisyonlarını azaltma konusunda önemli adımlar atmıştır. Sürdürülebilir ve ekolojik hayvancılığın teşvik edilmesi, doğru yem ve yem katkı maddelerinin seçimi ile iklim değişikliğinin potansiyel etkilerini önleme çabalarını desteklemektedir. Yapılan araştırmalar, ruminant hayvanların rasyonlarına uygulanan çeşitli yöntemlerin ruminal fermantasyon üzerinde olumlu etkiler yarattığını göstermiştir. Ruminant beslemede sera gazı emisyonlarını azaltma çabaları, küresel ısınma ve yemlerle alınan enerji kaybı açısından kritik bir rol oynamaktadır. Bu kapsamda, uçucu yağlar gibi doğal çözümler, rasyonlarda kullanılarak sera gazı emisyonlarının azaltılmasına

katkıda bulunabilir. Ancak, bu çözümlerin hayvansal üretim ve yem tüketimi üzerindeki tam etkilerini anlamak için daha fazla *in vivo* çalışma yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Agarwal, N., Shekhar, C., Kumar, R., Chaudhary, L. C., Kamra, D. N. (2009). Effect of peppermint (Mentha piperita) oil on in vitro methanogenesis and fermentation of feed with buffalo rumen liquor. Animal Feed Science and Technology, 148(2-4), 321-327.

Altincekic, E., Canbolat, Ö., Altınçekiç, Ş. Ö. (2021). Effect of ginger essential oil on in vitro gas production, rumen fermentation and methane production. Journal of Agricultural Sciences, 27(4), 509-515.

Ando, S., Nishida, T., Ishida, M., Hosoda, K., Bayaru, E. (2003). Effect of peppermint feeding on the digestibility, ruminal fermentation and protozoa. Livestock Production Science, 82(2-3), 245-248.

Baldwin, R. L., McLeod, K. R., Klotz, J. L. (2004). Rumen development, intestinal growth and hepatic metabolism in the pre-and postweaning ruminant. Journal of Dairy Science, 87, E55-E65.

Baser, K. H. C., Demirci, B. (2007). Chemistry of essential oils. In Flavour and Fragrance Chemistry (pp. 147-232). Springer.

Beauchemin, K. A., Kreuzer, M., O'mara, F., Mcallister, T. A. (2008). Nutritional management for enteric methane abatement: A review. Australian Journal of Experimental Agriculture, 48(2), 21–27.

Beauchemin, K. A., McGinn, S. M. (2005). Methane emissions from feedlot cattle fed barley or corn diets. Journal of animal science, 83(3), 653-661.

Benchaar, C., Calsamiglia, S., Chaves, A. V., Fraser, G. R., Colombatto, D., McAllister, T. A., Beauchemin, K. A. (2008). A review of plant derived essential oils ın ruminant nutrition and production. Animal Feed Science and Technology, 145(1-4): 209-228.

Benchaar, C., Chaves, A. V., Fraser, G. R., Beauchemin, K. A., McAllister, T. A. (2007). Effects of essential oils and their components on in vitro rumen microbial fermentation. Canadian journal of animal science, 87(3), 413-419.

Benchaar, C., Greathead, H. (2011). Essential oils and opportunities to mitigate enteric methane emissions from ruminants. Animal Feed Science and Technology, 166, 338-355.

Benchaar, C., Pomar, C., Chiquette, J. (2001). Evaluation of dietary strategies to reduce methane production in ruminants: A modelling approach. Canadian Journal of Animal Science, 81(4), 563-574.

Bodas, R., Prieto, N., García-González, R., Andrés, S., Giráldez, F. J., López, S. (2012). Manipulation of rumen fermentation and methane production with plant secondary metabolites. Animal Feed Science and Technology, 176(1-4), 78-93.

Broucek, J. (2014). Production of methane emissions from ruminant husbandry: a review. Journal of Environmental Protection, 5(15): 1482.

Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods a review. International Journal of Food Microbiology, 94(3): 223-253.

Busquet, M., Calsamiglia, S., Ferret, A., Carro, M. D., Kamel, C. (2005). Effect of garlic oil and four of its compounds on rumen microbial fermentation. Journal of dairy science, 88(12), 4393-4404

Busquet, M., Calsamiglia, S., Ferret, A., Kamel, C. (2006). Plant extracts affect in vitro rumen microbial fermentation. Journal of Dairy Science, 88(1), 176-183.

Calsamiglia, S., Busquet, M., Cardozo, P. W., Castillejos, L., Ferret, A. (2007). Invited review: Essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. Journal of Dairy Science, 90(6), 2580-2595.

Canbolat, Ö. (2012). Bazı esansiyel yağların in vitro sindirim, rumen fermantasyonu ve metan gazı üretimi üzerine etkileri. Journal of the Institute of Science and Technology, 2(1), 91-98.

Canbolat, Ö., Kalkan, H., Karaman, Ş., Filya, İ. (2011). Esansiyel yağların sindirim, rumen fermantasyonu ve mikrobiyal protein üretimi üzerine etkileri. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 17(4).

Canbolat, Ö., Karaman, Ş., Filya, İ. (2010). Farklı kekik yağı dozlarının mısır silajının sindirimi ve rumen fermantasyonu üzerine etkileri. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 16(6): 933-939.

Castillejos, L., Calsamiglia, S., Ferret, A. (2006). Effect of essential oil active compounds on rumen microbial fermentation and nutrient flow in in vitro systems. Journal of Dairy Science, 89: 2649-2658.

Castillejos, L., Calsamiglia, S., Martín-Tereso, J., Ter Wijlen, H. (2008). In vitro evaluation of effects of ten essential oils at three doses on ruminal

fermentation of high concentrate feedlot-type diets. Animal feed science and technology, 145(1-4), 259-270.

Chaves, A. V., Stanford, K., Gibson, L. L., McAllister, T. A., Benchaar, C. (2008). Effects of carvacrol and cinnamaldehyde on intake, rumen fermentation, growth performance, and carcass characteristics of growing lambs. Animal Feed Science and Technology, 145(1-4), 396-408.

Church, D. C. (1988). Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants: Principles and Practices. Prentice Hall.

Cieslak, A., Szumacher-Strabel, M., Stochmal, A., Oleszek, W. (2013). Plant components with specific activities against rumen methanogens. Animal, 7, 253-265.

Cowan, M. M. (1999). Plant products as antimicrobial agents. Clinical Microbiology Reviews, 12(4), 564-582.

Curabay, B., Filya, İ., Canbolat, Ö. (2019). Bazı esansiyel yağların yonca kuru otunun in vitro sindirilebilirliği, rumen fermantasyonu ve metan gazı üretimi üzerine etkileri. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 34(1), 19-35.

Doreau, M., Ferlay, A. (1995). Effect of dietary lipids on nitrogen metabolism in the rumen: a review. Livestock Production Science, 43(2), 97-110.

Ensminger, M. E., Oldfield, J. E., Heinemann, W. W. (1990). Feed and Nutrition. The Ensminger Publishing Company. 1544p.

Evans, J. D., Martin, S. A. (2000). Effects of thymol on ruminal microorganisms. Current Microbiology, 41, 336-340.

EPA. (2023). United States Environmental Protection Agency. Overview of Greenhouse Gases Available at: https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases

FAOSTAT. 2008. Agricultural database collections by Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Available at: https://www.fao.org/faostat/en/#data.

Gerber, P. J., Hristov, A. N., Henderson, B., Makkar, H., Oh, J., Lee, C., Meinen, R., Montes, F., Ott, T., Firkins, J., Rotz, A., Dell, C., Adesogan A. T., Yang, W. Z., Tricarico, J. M., Kebreab, E., Waghorn, G., Dijkstra, J., Takahashi, J. (2013). Technical options for the mitigation of direct

methane and nitrous oxide emissions from livestock: a review. Animal, 7(s2), 220-234.

Gershenzon, J., Croteau, R. (1991). Terpenoids: Herbivores: Their interactions with secondary plant metabolites, Eds.: Rosenthal G.A., Berenbaum M. R., Vol. 1. Academic Press, San Diego, CA, pp: 165-219.

Greathead, H. (2003). Plants and plant extracts for ımproving animal productivity. Proceedings of The Nutrition Society, 62(2): 279-290.

Goel, N., Sirohi, S. K., Dwivedi, J., Chaudhary, P. P. (2011). Efficacy of different plant part combinations as rumen fermentation modulator in wheat straw based diet evaluated in vitro. Annals of Biological Research, 2(6), 91-96.

Gunal, M., Ishlak, A., AbuGhazaleh, A., Khattab, W. (2014). Essential oils effect on rumen fermentation and biohydrogenation under in vitro conditions. Czech Journal of Animal Science, 59(10).

Hili, P., Evans, C. S., Veness, R. G. (1997). Antimicrobial action of essential oils: the effect of dimethylsulphoxide on the activity of cinnamon oil. Letters in applied microbiology, 24(4), 269-275.

IPCC (2019). Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Cali, Colombia.

Jahani-Azizabadi, H., Danesh Mesgaran, M., Vakili, A., Rezayazdi, K. (2014). Effect of some plant essential oils on in vitro ruminal methane production and on fermentation characteristics of a mid-forage diet. Journal of Agricultural Science and Technology, 16(7), 1543-1554.

Johnson, K. A., Johnson, D. E. (1995). Methane emissions from cattle. Journal of Animal Science, 73(8), 2483-2492.

Kamalak, A., Atalay, A. I., Ozkan, C. O., Tatliyer, A., Kaya, E. (2011). Effect of essential orange (Citrus sinensis L.) oil on rumen microbial fermentation using in vitro gas production technique. J. Anim. Plant Sci, 21(4), 764-769.

Kamra, D. N., Agarwal, N., Chaudhary, L. C., 2006. Inhibition of ruminal methanogenesis by tropical plants containing secondary compounds. International Congress Series, 1293: 156-163.

Kaya, A., Kaya, H., Çelebi, Ş. (2012). Ruminant hayvanlarda metan üretimini azaltmaya yönelik çalışmalar. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 43(2), 197-204.

Khorrami, B., Vakili, A. R., Mesgaran, M. D., Klevenhusen, F. (2015). Thyme and cinnamon essential oils: Potential alternatives for monensin as a rumen modifier in beef production systems. Animal Feed Science and Technology, 200, 8-16.

Kılıç, H. N., Boga, M. (2021). Hayvan Besleme Stratejileri ile Metan Emisyonunun Azaltılması. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 9(9), 1700-1713.

Kivanç, M., Akgül, A. (1986). Antibacterial activities of essential oils from Turkish spices and citrus. Flavour and fragrance journal, 1(4-5), 175-179.

Kirchgessner, M., Windisch, W., Müller, H. L. (1995). Nutritional factors for the quantification of methane production. In: Ruminant physiology: digestion, metabolism, growth and reproduction. Proceedings 8th International Symposium on Ruminant Physiology, 333-348.

Klevenhusen, F., Zeitz, J. O., Duval, S., Kreuzer, M., & Soliva, C. R. (2011). Garlic oil and its principal component diallyl disulfide fail to mitigate methane, but improve digestibility in sheep. Animal Feed Science and Technology, 166, 356-363.

Koyuncu, M., Canbolat, Ö. (2010). Effect of carvacrol on intake, rumen fermentation, growth performance and carcass characteristics of growing lambs. Journal of Applied Animal Research, 38(2), 245-248Langhout, P. (2000). New additives for broiler chicks. World Poultry, 16(3): 22- 27.

Kumar, R., Kamra, D. N., Agarwal, N., Chaudhary, L. C. (2009). Effect of eucalyptus (Eucalyptus globulus) oil on in vitro methanogenesis and fermentation of feed with buffalo rumen liquor. Animal Nutrition and Feed Technology, 9(2), 237-243.

Lawless, J. (2013). The Encyclopedia of Essential Oils: The Complete Guide to the Use of Aromatic Oils in Aromatherapy, Herbalism, Health, and Well Being. Conari Press.

Macheboeuf, D., Morgavi, D. P., Papon, Y., Mousset, J. L., Arturo-Schaan, M. (2008). Dose–response effects of essential oils on in vitro fermentation

activity of the rumen microbial population. Animal Feed Science and Technology, 145(1-4), 335-350.

McAllister, T. A., Beauchemin, K. A., Alazzeh, A. Y., Baah, J., Teather, R. M., Stanford, K. (2011). Review: the use of direct fed microbials to mitigate pathogens and enhance production in cattle. Canadian Journal of Animal Science, 91(2): 193-211.

Morgavi, D. P., Eugene, M., Martin, C., Doreau, M. (2011). Reducing methane emissions in ruminants: Is it an achievable goal? Challenging strategies to promote the sheep and goat sector in the current global context. CIHEAM / CSIC / Universidad de Leon / FAO, Zaragoza. (Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens, n. 99), 65-73.

Moss, A. R., Jouany, J. P., Newbold, J. (2000). Methane production by ruminants: its contribution to global warming. Annals of Zootechnie, 49(3), 231-253.

Nagaraja, T. G., Titgemeyer, E. C. (2007) Ruminal asidosis in beef cattle: The current microbiological and nutritional Outlook. J. Dairy Sci., 90, E17-E18.

Newbold, C. J., McIntosh, F. M., Williams, P., Losa, R., Wallace, R. J. (2004). Effects of a specific blend of essential oil compounds on rumen fermentation. Animal Feed Science and Technology, 114(1-4): 105-112.

Otwell, E. (2015). Processes of the methane production in ruminants. Available online at: https://www.sciencenews.org/article/getting-creative-cut-methane-cows (Erişim tarihi: 05.12.2023)

Patra, A. K., Park, T., Kim, M., Yu, Z. (2017). Rumen methanogens and mitigation of methane emission by antimethanogenic compounds and substances. Journal of Animal Science and Biotechnology, 8(1), 13.

Patra, A. K., Saxena, J. (2009). Dietary phytochemicals as rumen modifiers: a review of the effects on microbial populations. Antonie van Leeuwenhoek, 96, 363-375.

Patra, A. K., Yu, Z. (2014). Effects of vanillin, quillaja saponin, and essential oils on in vitro fermentation and protein degrading microorganisms of the rumen. Applied Microbiology and Biotechnology, 98(2), 897-905.

Petit, J. R., Jouzel, J., Raynaud, D., Barkov, N. I., Barnola, J. M., Basile, I., Bender, M., Chappellaz, J., Davis, M., Delaygue, G., Delmotte, M., Kotlyakov, V. M., Legrand, M., Lipenkov, V. Y., Lorius, C., Pepin, L.,

Ritz, C., Saltzman, E., Stievenard, M. (1999). Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica. Nature, 399(6735), 429-436.

Sallam, S. M. A., Bueno, I. C. S., Brigide, P., Godoy, P. B., Vitti, D. M. S. S., Abdalla, A. L. (2009). Efficacy of eucalyptus oil on in vitro ruminal fermentation and methane production. Options Mediterraneennes, 85(85), 267.

Singh, B. R., Singh, O. (2012). Study of impacts of global warming on climate change: rise in sea level and disaster frequency. Global warming-impacts and future perspective.

Sniffen, C. J., Herdt, T. H. (1991). Preface. The Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, 7(2): 11.

Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B., Tignor, M., Miller H. L. (2007). Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Group I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for Policymakers; Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Geneva, Switzerland.

Swamy, M. K., Akhtar, M. S., & Sinniah, U. R. (2016). Antimicrobial properties of plant essential oils against human pathogens and their mode of action: an updated review. Evidence-based complementary and alternative medicine.

Tamminga, S., Bannink, A., Dijkstra, J., Zom, R. L. G. (2007). Feeding strategies to reduce methane loss in cattle. Animal Sciences Group, 34: 44.

Tassou, C., Koutsoumanis, K., Nychas, G. J. (2000). Inhibition of Salmonella enteritidis and Staphylococcus aureus in nutrient broth by mint essential oil. Food research international, 33(3-4), 273-280.

Tisserand, R., Young, R. (2014). Essential oil safety: A guide for health care professionals (2nd ed.). Churchill Livingstone.

Van Soest, P. J. (1994). Nutritional Ecology of the Ruminant. Cornell University Press.

Wallace, R. J., McEwan, N. R., McIntosh, M., Teferedegne, B., Newbold, C. J. (2002). Natural products as manipulators of rumen fermantation. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 15(10): 1458–1468.

Wuebbles, D. J., Hayhoe, K. (2002). Atmospheric methane and global change. Earth Science Reviews, 57(3-4): 177-210.

BÖLÜM 5

YOZGAT İLİNDE TARSİM UYGULAMALARI

Dr. Öğr. Üyesi Tuba ALBAYRAK[1]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10407011

[1]Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Yozgat, Türkiye. E-mail: tuba.albayrak@bozok.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-3745-8352

1. GİRİŞ

Dünya nüfusu her geçen gün artmaktadır. 7,9 milyar insanın ihtiyaçlarının karşılanması için gerekli olan enerji ve gıda temini için dünyanın ekolojisi sürekli olarak zorlanmakta, su, toprak ve hava kaynağı sürekli olarak kirletilmektedir. Bu durum ekosistemde aksamalara neden olmakta, iklimlerin değişmesine sebebiyet vermektedir. Sürekli değişen mevsim normallerinin üzerindeki meteorolojik faaliyetler günümüzde artık herkesin duyduğu sıradan kelimeler haline gelmiştir. Görüldüğü gibi bu durum tarımı en fazla etkileyen faktörlerden biri haline gelmiştir. Zamansız ve aşırı yağışlar sebebiyle oluşan seller, aşırı sıcaklar ve zaman zaman zararlı böcek popülasyonunda yaşanan anormal artışlar, gereksiz ve aşırı tarım ilacı kullanımı, toprak erozyonu gibi onlarca nedenden dolayı artık tarım alanları daha riskli hale gelmiştir. Bu nedenle insanların insan ve çevre kaynaklı uğrayacağı olası zararları tolere etmek için tarım sigortası yaptırması gerekmektedir. Bu konuda ülkemizde ulusal ve yerel düzeyde yeteri kadar gelişme gösterilememiştir (Özçelik, 2018).

Tarım, ülkelerin beslenme, istihdam, gelişme ve işsizlik için önemli ve stratejik bir sektördür. “Üstü açık fabrika” olarak da nitelenen tarım sektörü doğadan kaynaklanan risklerin yanı sıra pek çok riskle karşı karşıyadır. Tarih boyunca tarım sektöründeki riskler gıda arzına, ülkelerin ekonomik yapılarına ve toplum üzerinde olumsuz etkileri olmaktadır. Çeşitlilik gösteren risklere karşı üreticiler risk yönetim araçları kullanmaktadır. Tarım sigortaları, çeşitli yani alternatif ürün yetiştirme sözleşmeli üretim gibi risklere karşı alınan önlemlerden en işlevsel olanı tarım sigortalarıdır (Çetin, 2013).

Dünya nüfusunun beslenmesi ancak düzenli tarımsal üretim ile sağlanabilmektedir. Dünya özellikle kriz ve küresel ısınma nedeniyle son yıllarda açlık tehdidiyle karşı karşıya kalmaktadır. Giderek azalan su kaynakları tarımı üretimi önemli boyutta etkilemektedir. Tüm bu nedenlerle artan dünya nüfusla birlikte, yeterli ve dengeli beslenme sağlanabilmesi için tarımsal risklerin en aza indirilmesine ve tarım sektörünün gelişimine katkı sağlamak gerekmektedir. Tarım sektörünün gelişimine bakıldığında Türkiye'deki önemine rağmen Türkiye'de sigortacılığa uzun yıllar önem verilmemiştir.

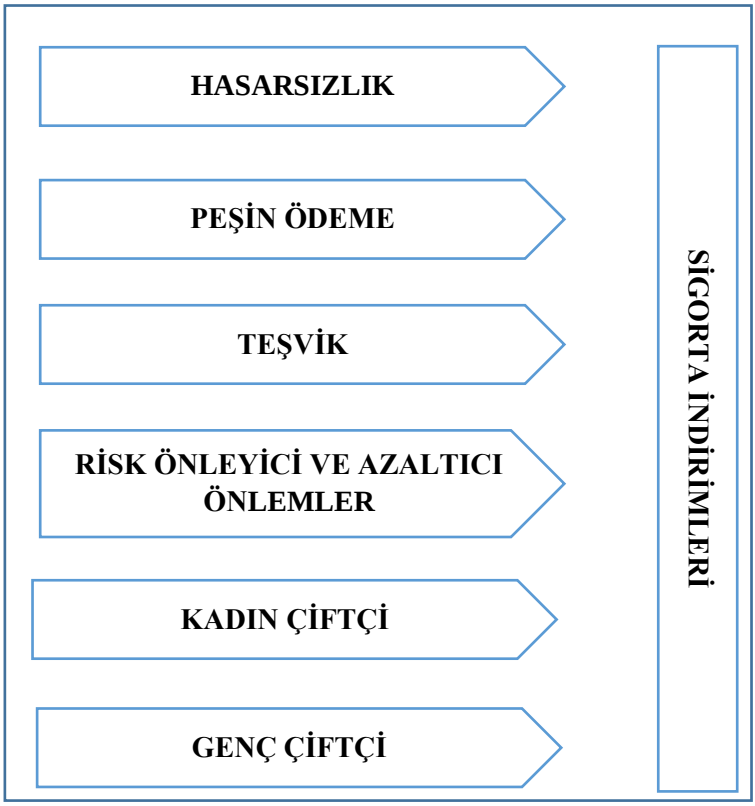
Ancak günümüzde tarım sigortalarının önemi ve en etkili risk yönetim aracı olmaktadır (Çipil, 2008; Sümer ve Polat, 2016; Bölükbaşı ve Pamukçu, 2009). Avrupa ülkelerinde ve Amerika Birleşik Devletleri’nde iki yüzyıldan fazla süredir tarım sigortaları çiftçilerin karşılaştığı risklerin transferlerinde

kullanılmaktadır. Türkiye'de ise 2005 yılında yürürlüğe giren "5363 sayılı Tarım Sigortaları Kanunu" ile devlet tarım sigortaları primlerine destek vermeye başlamıştır. Söz konusu kanun ile devlet ve özel sektörü ortaklığı ile yürütülen bir tarım sigortası sistemi olan "Tarım Sigortaları Havuzunu kurulmuştur". *TARSİM*, Tarım Sigortaları Havuzunun kısa adıdır. TARSİM kâr amacı gütmeyen ve gönüllülük esasına dayanan, belirli teknik ve prensiplere göre çalışan bir sigorta sistemidir. Devlet destekli tarım sigortalar sisteminin önemli üç yapılandırması mevcuttur. Birincisi ve en önemlisi Devlet başlığı altında Tarım ve Orman Bakanlığı ve Sigortacılık ve Özel Emeklilik Düzenleme ve Denetleme Kurumu (SEDDK) bulunmaktadır. İkinci yapı ise sivil toplum kuruluşları başlığı altında Türkiye sigortalar Birliği ve Türkiye Ziraat Odaları Birliği bulunmaktadır. Üçüncü başlık altında işletici şirketin çatısı altında toplanan sigorta şirketleridir. Buradaki işletici şirket Tarım Sigortaları Havuz İşletmeleri Anonim Şirketidir. Bu işletici şirketin çatısı altında tarım sigortası sözleşmesini yapmaya yetki verdiği diğer sigorta şirketleri bulunmaktadır.

TARSİM; Tarım ve Orman Bakanlığından iki üye, SEDDK'dan iki üye, Türkiye Sigorta Birliğinden bir üye, Türkiye Ziraat Odalarından bir üye ve işletici şirketdeb bir üye olmak üzere toplam yedi üyeye sahip bir yönetim kurulu tarafından yönetilmektedir.

Bu çalışmada elde edilen veriler Yozgat İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Bitki Sağlığı Şube Müdürlüğü ile TARSİM Kayseri Bölge Müdürlüğünden elde edilen 2019-2020-2021 yıllarına ait resmi veriler kullanılarak değerlendirilmiştir. Tarım Sigortaları Havuzunun amacı, kapsamı, Yozgat İli genelinde son üç yıla ait veriler incelenip değerlendirilmiştir. Bu çalışma Yozgat ilinde daha önce benzer bir çalışma olmaması nedeniyle bu konuda veri ve bilgi toplamak isteyen araştırıcılar açısından kaynak ve örnek niteliği taşıması açısından öenm taşımaktadır.

Yozgat'ta 42.327 çiftçi bulunmakta olup bunlardan 2021 yılı itibariyle sadece 14.347 tanesi poliçe yaptırmıştır. Sigorta yaptıran çiftçi sayısı düşük olmasına rağmen Yozgat İli'nde son yıllarda olumlu gelişmeler de yaşanmaktadır. Son üç yıla ait verilere bakıldığında çiftçilerde sürekli olarak yükselen bir sigortalılaşma oranı vardır.



Şekil 1: Ürün sigortasında indirim sağlayan durumlar, 2022

Devlet desteği olan bitkisel ürün sigortalarında, sera sigortalarında, büyükbaş hayvan, küçükbaş hayvan ve kümes hayvanları hayat sigortalarında, su ürünleri hayat sigortası, arıcılık sigortalarında her yıl güncellenen indirimler ve ek prim uygulamaları mevcuttur. İndirim ve ek prim uygulamaları her yıl değişiklik göstermektedir. Şekil 1'de görüleceği üzere 2022 yılı için hasar önleyici ve azaltıcı önlemler alan çiftçilerin bitkisel ürün sigorta prim fiyatlarında %50 oranında indirim uygulanır. Sigorta yaptıran çiftçinin kırk yaşının altında olması durumunda %5 oranında "genç çiftçi indirimi", sigortalı çiftçinin kadın olması durumunda %10 oranında "kadın çiftçi indirimi" yapılmaktadır. Yukarıda şekilde olan durumlara ilaveten şehit ve gazi yakını olan sigortalı üreticilere %5 oranında "şehit/gazi yakını indirimi" uygulanmaktadır.

Türkiye'de çiftçilerin Tarım sigortaları yaptırabilmeleri için ve de Devlet prim desteklerinden faydalanabilmeleri için Tarım ve Orman Bakanlığının Çiftçi Kayıt Sistemlerinde kayıtlı olma şarta bulunmaktadır (Anonim, 2005).

- Bitkisel üretim yapan çiftçiler "Çiftçi Kayıt Sistemine" (ÇKS'ye)
- Büyükbaş, Küçükbaş ve Kümes Hayvancılığı yapan çiftçiler "Tarım ve Orman Bakanlığı Kayıt Sistemine"
- Sera yetiştiriciliği yapan çiftçiler "Örtü Altı Kayıt Sistemine" (ÖKS'ye)
- Su ürünleri Yetiştiriciliği ve çiftlikleri için "Su Ürünleri Kayıt Sistemine" (SKS'ye)
- Arıcılık yapan çiftçiler ise "Arıcılık Kayıt Sistemine" (AKS'ye)

Kayıt yaptırmaları ve her yıl bu kayıtları Tarım ve Orman Bakanlığı, İl veya İlçe Müdürlüklerine giderek güncellemeleri gerekmektedir. Çiftçilerin uygulama yılında yer alan riskler için tarım sigortası yapmaması durumunda, 2090 sayılı "Tabii Afetlerden Zarar Gören Çiftçilere Yapılacak Yardımlar Hakkında Kanun" haklarından yararlanamazlar.

Devlet tarafından sağlanan prim desteği miktarı her yıl Cumhurbaşkanı kararı ile belirlenmektedir. 2022 yılında bitkisel ürünlerini, seralarını, büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanlarını, su ürünlerini ve de kovanlarını tarım sigortası güvencesi altına alan çiftçilerin ödemesi gereken sigorta priminin %50'si (don teminatında bu oran $\frac{2}{3}$'ü) ve köy bazlı kuraklık verim sigortası ve gelir koruma sigortasında ise %60'ı Devlet tarafından karşılıksız destek olarak karşılanmaktadır. Buradaki amaç çiftçilerin tarım sigortası yaptırmaya teşvik etmektir (Tarsim,2022).

Ayrıca TARSİM'in ulusal veya uluslararası şirketlerle reasürans anlaşmalarından sağlanan koruma yetersiz bulunması durumunda hasar fazlası desteği Cumhurbaşkanı kararı ile ihtiyaç duyulan ödenek havuza yani TARSİM'e aktarılarak çiftçilerin hasarları tazmin edilmektedir.

Tarım Sigortaları kanunun 11. Maddesine göre Tarım Sigortaları Havuzunu ve işletici şirket olan Tarım Sigortaları Havuz İşletmeleri Anonim Şirketinin sigortacılık denetimlerini SEDDK yapmaktadır. Diğer idari ve mali denetimleri ise Tarım ve Orman Bakanlığı her yıl düzenli olarak denetimlerini yapmaktadır bu da TARSİM'i devlet denetimi, gözetimi ve devlet garantisi olan bir sigorta sistemi yapmaktadır (Özdemir, 2017).

2. UYGULANAN BRANŞLAR VE UYGULAMA VERİLERİ

2.1. Bitkisel Ürün Sigortası

2.1.1. Meyveler ve Meyve Ağaçları

Meyveler; dolu, fırtına, hortum, yangın, heyelan ve deprem ile selsu baskını risklerinin neden olduğu miktar kaybına ve dolu riskinin neden olduğu kalite kaybına karşı sigortalanır. Ayrıca meyveler, bu risklere ilave olarak don riskinin neden olduğu miktar kaybına karşı isteğe bağlı olarak güvence altına alınır. Dolu, dolu ağırlığı, fırtına, hortum, yangın, deprem, heyelan, sel ve su baskını, taşıt çarpması risklerinin, dolu ağı ve örtü ile, destek (telli terbiye) sistemleri ile bu sistemlerin, altında bulunan ürünlerde neden olduğu zararlar güvence altındadır (Tarsim, 2016; Tarsim, 2022).

2.1.2. Tarla Ürünleri, Sebzeler ve Kesme Çiçekler

Tarla ürünleri, sebzeler ve kesme çiçekler, dolu, fırtına, hortum, yangın, heyelan, deprem ile sel ve su baskını risklerinin, neden olduğu miktar kaybına; yaş sebze ve kesme çiçekler, dolu riskinin neden olduğu kalite kaybına karşı güvence altına alınır. Yaban domuzunun, tarla ürünlerinde, sebzelerde, fidanlarda ve çilek ürününde, neden olduğu miktar kaybı teminat kapsamına alınabilir (Tarsim, 2016; Tarsim, 2022).

2.1.3. İlçe Bazlı Kuraklık Verim Sigortası

Kuru tarım alanında üretimi yapılan buğday, arpa, yulaf, çavdar, tritikale, nohut, kırmızı mercimek ve yeşil mercimek ürünleri ile bu ürünlerin sertifikalı tohumlukları, kuraklık, don, sıcak rüzgar ve sıcak hava dalgası, aşırı nem ve aşırı yağış risklerinin neden olduğu verim kaybına karşı güvence altına alınır (Tarsim, 2016; Tarsim, 2022).

2.1.4. Bitkisel Ürün Sigortası Yozgat Verileri

- Yozgat İlinde 2021 yılında 11.043 çiftçi (müşteri) için 107.473 adet poliçe düzenlenmiştir. 37.861.204 lira prim ödemesi yapılmış, sigortalama bedeli 1.131.607.434 lira olmuş ve 1.297.366 dekar alan sigortalanmıştır. 2021 yılında toplam 19.603.472 lira tazminat ödemesi yapılmamıştır.

- 2020 yılında 3.408 çiftçi (müşteri) için 99.802 adet poliçe düzenlenmiştir. 23.149.383 lira prim ödemesi yapılmış, sigortalama bedeli 742.299.987 lira olmuş ve 1.219.373 dekar alan sigortalanmıştır. 2020 yılında 8.593.258 lira tazminat ödemesi yapılmamıştır.

- 2019 yılında ise 94.823 adet poliçe düzenlenmiştir. 20.348.057 lira prim ödemesi yapılmış, sigortalama bedeli 574.794.593 lira olmuş ve 1.154.468 dekar alan sigortalanmıştır. 2019 yılında 10.333.963 lira tazminat ödemesi yapılmamıştır.

Yozgat ilinde bitkisel ürün branşında Fidan, Armut, Arpa, Aspir, Ayva, Ayçiçeği, Badem, Buğday, Biber, Ceviz, Domates, Elma, Fasulye, Fiğ, Karpuz, Kavun, Korunga, Kimyon, Kiraz, Mercimek, Mısır, Nektarin, Nohut, Patates, Soğan, Tritikale, Yonca, Yulaf, Çavdar, Bezelye, Çemen, Çörekotu, Üzüm, Şeftali ve Şeker Pancarı ürünlerine poliçe düzenlenmiştir (Tarsim, 2016; Tarsim, 2022).

2.2. Hayvan Hayat Sigortası

2.2.1. Büyükbaş Hayvan Hayat Sigortası

TARSİM'in yaptığı risk inceleme ve değerlendirme sonucuna göre sigortalanmaya uygun süt/besi sığırları ve mandalar, aşağıdaki risklere karşı güvence altına alınır:

- Çeşitli hayvan hastalıkları, gebelik, doğum, cerrahi müdahaleler,
- Kazalar, vahşi hayvan saldırıları, yılan ve böcek sokmaları,
- Zehirli çayır otlarına ve yeme bağlı zehirlenmeler,
- Doğal afetler ve güneş çarpmaları,
- Yangın veya infilak, sebebiyle meydana gelen ölüm ve mecburi kesimler,
- Süt sığırları için yavru atma ve yavru ölümü. Ayrıca isteğe bağlı olarak hırsızlık, terör, şap ve ek hastalıklar (Mavi Dil, Sığırların Süngerimsi Beyin Hastalığı (BSE), Rift Vadisi Humması, Bulaşıcı Sığır Plörapnömonisi, Enzootik Sığır Löykozu, Geyiklerin Epizootik Hemorajik Hastalığı (EHD), Bulaşıcı Stomatitis hastalıkları) teminat kapsamına alınabilir (Tarsim, 2016; Tarsim, 2022).

2.2.2. Büyükbaş Hayvan Hayat Sigortası Yozgat Verileri

Yozgat'ta 2021 yılında 4.575 çiftçi (müşteri) için 5.134 adet poliçe düzenlenmiştir. 14.769.702 lira prim ödemesi yapılmış, sigortalama bedeli 697.758.085 lira olmuş ve 89.560 adet hayvan sigortalanmıştır. 2021 yılında toplam 4.473.231 lira tazminat ödemesi yapılmamıştır. 2020 yılında 3.408 çiftçi (müşteri) için 3.494 adet poliçe düzenlenmiştir. 11.621.120 lira prim ödemesi yapılmış, sigortalama bedeli 491.331.773 lira olmuş ve 75.867 adet

hayvan sigortalanmıştır. 2020 yılında 4.212.380 lira tazminat ödemesi yapılmamıştır (Tarsim, 2016; Tarsim, 2022).

2.2.3. Küçükbaş Hayvan Hayat Sigortası

TARSİM'in yaptığı risk inceleme ve değerlendirme sonucuna göre sigortalanmaya uygun koyun ve keçi ile damızlık koç ve tekeler, aşağıdaki risklere karşı güvence altına alınır:

- Çeşitli hayvan hastalıkları, gebelik, doğum, cerrahi müdahaleler,
- Kazalar, vahşi hayvan saldırısı, yılan ve böcek sokmaları,
- Zehirli çayır otlarına ve yeme bağlı zehirlenmeler,
- Doğal afetler ve güneş çarpmaları,
- Yangın veya infilak, sebebiyle meydana gelen ölüm ve mecburi kesimler,
- Yavru atma nedeniyle sigortalının doğrudan doğruya uğradığı zararlar. Ayrıca isteğe bağlı olarak hırsızlık, şap ve ek hastalıklar (Mavi Dil, Koyun ve Keçi Vebası (PPR), Koyun-Keçi Çiçeği, Scrapie, Rift Vadisi Humması, Geyiklerin Epizootik Hemorajik Hastalığı (EHD) hastalıkları) teminat kapsamına alınabilir. Şap ve ek hastalıklar teminatları için işletmedeki sigortalanabilir nitelikteki tüm hayvanların sigortalanması şartı aranmaktadır (Tarsim, 2016; Tarsim, 2022).

2.2.4. Küçükbaş Hayvan Hayat Sigortası Yozgat Verileri

- Yozgat İlinde 2021 yılında 1.085 çiftçi (müşteri) için 1.203 adet poliçe düzenlenmiştir. 7.800.924 lira prim ödemesi yapılmış, sigortalama bedeli 274.206.785 lira olmuş ve 231.830 adet hayvan sigortalanmıştır. 2021 yılında toplam 4.953.048 lira tazminat ödemesi yapılmamıştır.
- 2020 yılında 706 çiftçi (müşteri) için 718 adet poliçe düzenlenmiştir. 2.620.434 lira prim ödemesi yapılmış, sigortalama bedeli 138.849.123 lira olmuş ve 159.926 adet hayvan sigortalanmıştır. 2020 yılında 1.506.850 lira tazminat ödemesi yapılmamıştır.
- 2019 yılında ise 312 adet poliçe düzenlenmiştir. 1.219.400 lira prim ödemesi yapılmış, sigortalama bedeli 39.049.548 lira olmuş ve 54.124 adet hayvan sigortalanmıştır. 2019 yılında 842.508 lira tazminat ödemesi yapılmamıştır (Tarsim, 2016; Tarsim, 2022).

2.2.5. Kümes Hayvanları Hayat Sigortası

Bio-güvenlik ve hijyen tedbirleri alınmış, risk inceleme ve değerlendirme sonucuna göre sigortalanmaya uygun tesislerde yetiştirilen kümes hayvanları, aşağıdaki risklere karşı güvence altına alınır:

- Çeşitli kanatlı hayvan hastalıkları,
- Kazalar ve zehirlenmeler,
- Doğal afetler,
- Yangın veya infilak, sebebiyle meydana gelen ölüm, itlaf ve mecburi kesimler. Kümes hayvanları, Pullorum ve Kanatlı Tifosu (Tavuk Tifosu) hastalıklarına karşı isteğe bağlı olarak, "Ek Hastalıklar" teminatı kapsamında güvence altına alınabilir (Tarsim, 2016; Tarsim, 2022).

2.2.6. Kümes Hayvanları Hayat Sigortası Yozgat Verileri

- Yozgat İlinde 2021 yılında 3 çiftçi (müşteri) için 4 adet poliçe düzenlenmiştir. 14.916 lira prim ödemesi yapılmış, sigortalama bedeli 2.615.000 lira olmuştur. 2021 yılında herhangi bir hasar meydana gelmemiş ve tazminat ödemesi yapılmamıştır.
- 2019 yılında 2 adet poliçe düzenlenmiştir. 271 lira prim ödemesi yapılmış, sigortalama bedeli 61.215 lira olmuştur. 2021 yılında 8.440 lira tazminat ödemesi yapılmamıştır (Tarsim, 2016; Tarsim, 2022).

2.3. Su Ürünleri Hayat Sigortası

2.3.1. Su Ürünleri Hayat Sigortası

Sigorta ekperlerin yaptığı risk inceleme ve değerlendirme sonucuna göre sigortalanmaya uygun tesislerde yetiştirilen su ürünleri, aşağıdaki risklere karşı güvence altına alınır:

- Çeşitli hastalıklar,
- Kontrol dışındaki kirlenme ve zehirlenmeler,
- Doğal afetler,
- Kazalar,
- Predatörler,
- Alg patlaması. Ayrıca kafes ve ağlar, isteğe bağlı olarak doğal afetler, kazalar, predatörler nedeniyle meydana gelen zararlara karşı teminat altına alınabilir (Tarsim, 2016; Tarsim, 2022).

2.3.2. Su Ürünleri Hayat Sigortası Yozgat Verileri

- Yozgat İlinde bu branşta 2019-2020 ve 2021 yıllarında herhangi bir sigorta yapılmamıştır.

2.4. Arıcılık (Arılı Kovan) Sigortası

2.4.1. Arıcılık (Arılı Kovan) Sigortası

AKS'ye kayıtlı bal üreticileri plakalı kovanlarda meydana gelebilecek zararlara karşı sigorta kapsamındadır. Sigortalanmaya uygun, plakalı, modern ve aktif (içinde arı olan) kovanlar ile kovan içindeki arı kolonileri ve bal aşağıdaki risklere karşı güvence altına alınır:

Sabit arıcılık için; fırtına, hortum, yangın, heyelan ve deprem ile sel ve su baskını, taşıt çarpması, vahşi hayvan saldırısı,

Gezginci arıcılık için; sabit arıcılıkta geçerli olan risklere ilaveten kovanların nakliyesi esnasında oluşabilecek çarpma, çarpışma, devrilme ve yanma nedeniyle oluşan zararları içermektedir (Tarsim, 2016; Tarsim, 2022).

2.4.2. Arıcılık Sigortası Yozgat Verileri

- Yozgat İlinde 2021 yılında 30 çiftçi (müşteri) için 30 adet poliçe düzenlenmiştir. 33.568 lira prim ödemesi yapılmış, sigortalama bedeli 3.722.350 lira olmuş ve 6.676 adet kovan sigortalanmıştır. 2021 yılında herhangi bir hasar meydana gelmemiş ve tazminat ödemesi yapılmamıştır.
- 2020 yılında 22 çiftçi (müşteri) için 22 adet poliçe düzenlenmiştir. 31.638 lira prim ödemesi yapılmış, sigortalama bedeli 2.708.200 lira olmuş ve 4.924 adet kovan sigortalanmıştır. 2020 yılında da herhangi bir hasar meydana gelmemiş ve tazminat ödemesi yapılmamıştır.
- 2019 yılında ise 19 adet poliçe düzenlenmiştir. 11.938 lira prim ödemesi yapılmış, sigortalama bedeli 1.234.000 lira olmuş ve 3.085 adet kovan sigortalanmıştır. 2019 yılında da herhangi bir hasar meydana gelmemiş ve tazminat ödemesi yapılmamıştır (Tarsim, 2016; Tarsim, 2022).

2.5. Sera Sigortası

TARSİM'in yaptığı risk değerlendirme sonucuna göre sigortalanmaya uygun görülen seraların, yapı malzemeleri, içindeki teknik donanım ve serada yetiştirilen bitkisel ürünler dolu, deprem, taşıt çarpması, fırtına, hortum, yangın,

heyelan, kar ve dolu ağırlığı ile sel ve su baskını riskleri nedeniyle meydana gelen kayıplara ve zararlara karşı güvence altındadır. Seralar ve yüksek tünellere ilave olarak, alçak tünellerin içindeki ürünler ve seralarda üretimi yapılan saksılı süs bitkileri teminat altına alınabilir (Tarsim, 2016; Tarsim, 2022).

2.5.1. Sera Sigortası Yozgat Verileri

- Yozgat İlinde 2021 yılında 7 çiftçi (müşteri) için 7 adet poliçe düzenlenmiştir. 484.812 lira prim ödemesi yapılmış, sigortalama bedeli 34.113.414 lira olmuş ve 97 hektar alan sigortalanmıştır. 2021 yılında 8.978 lira tazminat ödemesi yapılmamıştır.
- 2020 yılında 13 çiftçi (müşteri) için 13 adet poliçe düzenlenmiştir. 256.281 lira prim ödemesi yapılmış, sigortalama bedeli 20.445.366 lira olmuş ve 71 hektar alan sigortalanmıştır. 2020 yılında da herhangi bir hasar meydana gelmemiş ve tazminat ödemesi yapılmamıştır.
- 2019 yılında ise 2 adet poliçe düzenlenmiştir. 338.420 lira prim ödemesi yapılmış, sigortalama bedeli 18.184.810 lira olmuş ve 57 hektarlık alan sigortalanmıştır. 2019 yılında da herhangi bir hasar meydana gelmemiş ve tazminat ödemesi yapılmamıştır.

3. YOZGAT İLİNİN TARIM SİGORTASINDA GENEL DURUMU

- Yozgat İlinde tüm branşlarda yapılan poliçe sayısı 2019 yılında 97.086 adet, 2020 yılında 104.049 adet ve 2021 yılında 113.851 adet olarak gerçekleşmiştir.

- Toplam müşteri (çiftçi) sayısı 2020 yılında 13.260 iken 2021 yılında 14.347 olmuştur. -2019 yılında prim tutarı 31.703.043 lira, 2020 yılında 37.678.900 lira ve 2021 yılında ise 60.965.127 lira olmuştur.
- 2019 yılı sigorta bedeli 841.159.097 lira, 2020 yılında 1.395.634.448 lira ve 2021 yılında ise 2.144.023.069 lira olarak belirlenmiştir.
- 2019 yılında 1.154.525, 2020 yılında 1.219.444 dekar ve 2021 yılında da 1.297.463 dekar alan sigortalanmıştır.
- 2019 yılında sigortalanan hayvan sayısı 84.113 adet iken 2020 yılında bu sayı 235.793 adet ve 2021 yılında da 321.390 olmuştur.

- 2019 yılında sigortalanan toplam kovan sayısı 3.085 adet, 2020 yılında 4.924 adet ve 2021 yılında ise 6.676 adet olarak gerçekleşmiştir.
- 2019 yılı itibariyle tüm branşlarda çiftçilere(müşterilere) ödenen toplam tazminat miktarı 16.538.452 lira, 2020 yılında 14.312.488 lira ve 2021 yılında da 29.038.729 lira olarak gerçekleşmiştir.

Bu veriler ışığında Yozgat ilindeki çiftçilerin tarım sigortası yaptırma eğilimleri giderek artmaktadır.

Tablo: Yozgat İlinin 2022 yılına ait tazminat tutarı – üretici sayısı verileri

BRANŞ	HASAR NEDENİ	ÖDENEN TAZMİNAT	ÖDENEN MÜŞTERİ SAYISI
ARI	Vahşi Hayvan Saldırısı	1.778,40	1
BÜYÜKBAŞ HAYVAN HAYAT	Yavru Atma	331.912,50	65
	Yavru Ölümü	1.043.150,00	92
	Zorunlu Kesim	1.095.722,18	57
	Ölüm	2.134.924,33	70
BİTKİSEL ÜRÜNLER	Dolu	13.744.675,80	452
	Don	134.870,00	2
	Fırtına	10.417.417,72	463
	Hortum	4.563,00	1
	Kuraklık	1.286.083,09	262
	Kuş Zararı	8.960,00	1
	Sel ve Su Baskını	378.067,00	50
	Yaban Domuzu	99.046,00	27
	Yangın	3.749,00	3
	Yağmur	3.385.063,00	2
KÜÇÜKBAŞ HAYVAN HAYAT	Yavru Atma	100.675,50	109
	Zorunlu Kesim	1.253.376,68	304
	Ölüm	3.237.186,66	378
SERA	Fırtına	126.706,18	4
Genel Toplam		**38.787.927,04**	**1.805**

Kaynak: Tarsim, 2022

Yozgat ilinde tarım sigortaları uygulanma düzeyi son zamanlarda ki artışa rağmen istenen seviyede değildir. Bunun sebepleri olarak; çiftçilerde TARSİM'e karşı güven sorunu olduğu, TARSİM tarafından düzenlenen raporlara güvenilmediği sonucu ortaya çıkmıştır. Bu durumun TARSİM'i tam olarak tanımadıklarından kaynaklandığını, çiftçilerin genel olarak tarım sigortası konusunda bilinçsiz oldukları ve bildikleri birçok şeyin ise kulaktan dolma yanlış bilgilerden kaynaklandığı söyleyebiliriz. Tarım İl ve İlçe

Müdürlüklerinin çiftçiyi bilgilendirme konusunda zaman zaman eksik kaldığı, ama buna rağmen İl ve İlçe Müdürlüğü tarafından yapılan yayım çalışmalarına da (toplantılar veya demonstrasyonlar) çoğu zaman çiftçilerin iştirak etmediğini ortaya çıkmıştır. Bilgilendirme toplantılarına ve seminer, çalıştay gibi önemli etkinliklere çiftçilerin katılmadığı, broşürlerin okunmadan yırtılıp atıldığı, broşür içinde şapka ya da kalem varsa onları aldıklarını ve sonrasında broşürü yırtıp attıklarını Tarım ve Orman Bakanlığına mensup kamu personeli birçok defa raporlamıştır.

Tarım sektörünü etkileyen tüm riskler özünde tarımsal üretim miktarını ve ürün kalitesinde kayıplara aynı zamanda çiftçilerin gelirinde düşüşlere neden olmaktadır. Gıda değer zincirindeki tüm aktörleri ve tüm tedarik zincirini olumsuz yönde etkilemektedir. Türkiye'de tarım sektörünün istikrarlı ve öngörülebilir bir konuma gelmesi, tarımsal üretimin sürekliliğinin sağlanması ve gıda tedarik zincirinin temel halkası olan çiftçilerin bu risklerden korunması eğer bu risklere maruz kalsa bile üretimlerine devam edebilmesi gerekmektedir. Tarım sigortası; sadece var olanın korunmasına yardımcı olmakla kalmayıp ayrıca tarım sektörünün ilerlemesini destekleyen bir araçtır (Çiftyıldız vd. 2020).

Tarım sigortaları bankaların üreticilere kredi sağlamasında önemli rol oynamaktadır. Bu şekilde bankalar verdikleri kredilerin geri dönüşü konusunda daha rahat olmaktadırlar. Tarımsal finansmana erişen üretici mevcut varlıklarını korumaya alarak istikrarlı bir gelire ulaşarak bu güven duygusuyla yeni tarım teknolojileri ve tekniklerini işletmelerinde uygulamak için yatırım yaparak üretimdeki miktarını ve kalitesini artırmaktadırlar. Üreticinin geliri ve yaşam standardı yükselerek, kendi toprağını ve işletmesini terk etmez ve kente göç etmesine gerek kalmaz. Bu köyden kente göçüş problem Türkiye'de kırsal kalkınmanın en temel sorunlarından birisidir (Dinler vd. 2005).

4. TARIM SİGORTALARININ UYGULANMASINDA GÖZLENEN SORUNLAR

Tarımsal sektörü iki büyük riskle karşı karşıyadır. Bunlardan birincisi fiyatlardaki potansiyel dalgalanmanın neden olduğu fiyat riski ve üreticilerin tarım faaliyetlerinden elde edebilecekleri üretim miktarına ilişkin belirsizlikten kaynaklanan üretim riskidir (Iturrioz, 2009; Koneswaran, ve Nierenberg, 2008). Bu ana risklerin ise iklim değişikliğiyle birlikte artması muhtemeldir. Tarımsal

uzmanlaşma eğiliminin devam etmesi ve üreticilerin ürün miktarının azalması ve sonuç olarak riskleri etkin bir şekilde çeşitlendirememesi nedeniyle bu risklerin artması muhtemeldir. Tarımsal riskler sadece çiftçileri etkilemekle kalmaz, aynı zamanda tüm tarımsal ticaret değer zincirini de etkilemektedir. Girdi tedarikçilerinden son tüketiciye kadar tedarik zinciri boyunca yer alan katılımcıların her biri bu risklere maruz kalmaktadır. Değer zincirindeki katılımcılar arasındaki bağlantılar daha yakın ve karmaşık hale geldikçe, olumsuz olayların katılımcılar arasında aktarılma olasılığı da artmaktadır.

Tarım Sigortalarının uygulanmasında; beklenenin altında sigorta yaptıran olmasının nedenleri hem ulusal hem de iller bazında aynı değerlere sahip olup bunları aşağıdaki gibi sıralanabilir; (Dinler vd. 2005)(Özçelik, 2018)

1- Yapılan hasar değerlemesinin çoğu zaman çiftçinin beklentisinin altında olması,
2- Çiftçilerin üretim değerlerinin istatiksel bilgilerinin yetersizliği,
3- Sahada yeteri kadar teknik elemanın bulunmaması,
4- Sigortacı yani eksper sigortalı yani çiftçi ve teknik elemanların etik davranmaması, mutlak iyi niyet ilkesinin tam uygulanamamasıdır. Eskper ve çiftçi birbirlerine açık olmalı ve her şeyi bildirmek durumundadır.
5- Teknoloji kullanım düzeyindeki eşitsizlik, teknoloji kullanım düzeyinin bölgeler arasında büyük farklılıklar göstermesi,
6- Tarım sigortası konusunda yeteri kadar eğitim ve yayım çalışmalarının yapılmaması,
7- Çiftçilerin gelirlerin düşük olmasından dolayı sigorta primini ek bir yük olarak görmesi,
8- Çiftçilerin genel manada eğitim seviyelerindeki düşüklüğün sigorta sisteminin getirisi ve faydasının anlaşılmaması,
9- Sigorta kültürü ve bilincinin yeterince benimsenmemiş olması,
10- Tarım kredisi ile bitkisel ürün ve hayvan sigortaları arasındaki ilişkinin yeterince bilinmemesi,
11- Tarım arazilerindeki mülkiyet sorunları, arazilerin çok parçalı ve küçük olması,
12- Profesyonel anlamda reasürör ve reasürans şirketlerinin bu konuda yeterince destek vermemesi,

13- Çiftçilerin bulunduğu bölgeye göre ve yetiştirdiği ürün gruplarına göre sigorta duyarlılığının ve de prim ödeme istekliliğinin sigorta şirketleri tarafından bilinmemesi,
14- Üretici örgütleri ve Kooperatiflerin sisteme yeterince dahil edilememesi,
15- Bölgesel olarak risk analizlerinin yeterince yapılmış olmaması ya da risklerin bilinmemesi,
16- Kamu kurumlarının ve tarım eğitimi veren fakültelerin bu konuda yeteri kadar eğitim ve bilgilendirme çalışması yapmamaları.

5. SONUÇ

Çalışma sonucunda; tarım sigortalarının gerekliliği ve TARSİM hakkında tarımsal yayım çalışmalarının hem Bakanlık hem de TARSİM tarafından daha fazla sayıda çiftçiye ulaşacak bir şekilde planlanarak yayım çalışmalara hız verilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır. Bu kapsamda şunlar önerilebilir:

- TARSİM Çalıştaylar düzenleyerek farkındalığı ve konunun önemini tarım üreticilerine anlatmalıdır.
- TARSİM hem Türkiye hem de Yozgat özelinde daha yaygın hale getirilmelidir.
- Günümüzde yaş ortalamasının 50 olduğu, teknoloji ve çağın getirdiği yenilik ve kolaylıklara nispeten uzak olan Türkiye ve Yozgatlı çiftçilere TARSİM konusu iyi anlatılmalıdır. Bunun için teknik eleman yetersizliği giderilmelidir.
- Çiftçilerin gelir düşüklüğü göz önüne alınarak gerekirse birkaç dönem tüm primlerin devlet tarafından karşılanması gibi özendirici teşviklerin verilmesi.
- Verilecek kredilerde sigorta yaptırmış olma zorunluluğunun getirilmesi.

Son yıllarda yaşanan iklim değişikliği ile Yozgat İlinin sel, su basmalarına ve dolu yağmasına karşı olan riskli durumu daha da riskli hale gelmiştir. Görsel ve yerel basından ve İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğünün faaliyetlerinden de anlaşılacağı üzere her yıl birçok köy ve ilçede sel basmasına ve dolu yağması sonucunda mağdur olan çiftçilerin haberleri yer almaktadır. Yine 2021 yılı hasat dönemi de kuraklık açısından olumsuz olarak geçmiştir.

Bu baharda Yozgat İli ve ilçelerinde toz taşınımı (Kum ve Toz Fırtınaları) sebebiyle birçok tarım üreticisi meyve ve sebzelerinde çiçeklenme sorunları ile karşı karşıya kalarak ürün kaybına maruz kalmışlardır.

Sonuç olarak; tüm bu durumlar göz önünde tutularak çiftçilerin tarım sigortası yaptırmasının elzem olduğu, her türlü yayım aracı kullanılarak anlatılmalı ve özendirilmelidir. Bu bağlamda tarım sigortası gıda güvenliğine ve doğrudan gıda güvencesine yaptığı katkı ile sadece tarım sektörü için değil Türkiye'nin tarım politikaları açısından da stratejik bir adım olarak nitelendirilebilir.

KAYNAKÇA

Anonim, (2005). 5363 Sayılı Tarım Sigortaları Kanunu.

Bölükbaşı, Y. D., & Pamukçu, D. E. (2009). Sigortanın Temel Prensipleri. İstanbul, Türkmen Kitapevi.

Çetin, B. ve Turhan, Ş. (2013). Tarım Sigortaları Kitabı, Geliştirilmiş ikinci baskı, Nobel Yayınevi, 272 sayfa, 2013.

Çiftyıldız, K. ve İsel, M. (2020). Türkiye'de Tarım Sigortalarının Gelişimi TARSİM'e Geçiş Süreci ve Sigorta Sektörü İşgücü ve İstihdamı Açısından Değerlendirilmesi. ETÜ Sentez İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi. 1 (1), 105-119.

Çipil, M. (2008). Risk Yönetimi ve Sigorta. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.

Dinler, T., Yaltirik, A., Çetin, B., Özkan, B., Gülçubuk, B., Sürmeli, E., Ekmen, E. (2005). Tarımda Risk Yönetimi Ve Tarım Sigortaları. Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi (pp.1209-1231). Ankara, Turkey.

Iturrioz, R., (2009). Agricultural Insurance (No. 12), World, Primer Series on Insurance, Washington, DC 20433.

Koneswaran, G. Nierenberg, D. (2008). Global farm animal production and global warming: impacting and mitigating climate change, Environ. Health Perspect. 116 (5) (2008), pp. 578-582.

Sümer, G. ve Polat, Y. (2016). Dünyada Tarım Sigortaları Uygulamaları ve Tarsim. Gazi Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 18(1), 236-263.

Özçelik, (2018). Tarım Sigortaları Kitabı.

Özdemir, A. ve Baylan, G. (2017). Türkiye'de Tarım Sigortacılığının Gelişimi ve Yarattığı Etkiler. Kesit Akademi Dergisi (12), 89-115.

Tarsim, (2016). Türkiyede Tarım Sigortaları Sistemi 2016, www.tarsim.gov.tr

Tarsim, (2022). Kayseri Bölge Müdürlüğü ile Röportaj kayıtları.

Tarsim, (2022). 2022 Yılı Faaliyet Raporu.

Yozgat Tarım ve Orman İl Müdürlüğü, 2022.

BÖLÜM 6

TOPRAK ORTAMINDA MİKROPLASTİKLERİN TOPRAK CANLILARI VE BİYOKİMYASAL SÜREÇLERE ETKİSİ

Prof. Dr. Hikmet GÜNAL[1]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10407019

[1] Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Şanlıurfa, Orcid ID: 0000-0002-4648-2645

Giriş

Mikroplastik kirliliği, özellikle tarım arazilerinde ciddi bir çevresel sorun haline gelmiştir. Bu kirlilik, tarımsal faaliyetler, atık su kullanımı, plastik örtüler ve tohum kaplamaları gibi çeşitli kaynaklardan topraklara karışmakta ve toprak özelliklerinde önemli fizikokimyasal değişikliklere neden olmaktadır. Mikroplastik kirliliği, toprak canlıları, bitkiler ve insanlar üzerinde olumsuz etkilere neden olabilmektedir. Bu kapsamlı inceleme, mikroplastik kirliliğinin toprakta yaşan canlıların yaşamı ve aktivitelerine etkisini incelemektedir. Mikroplastikler toprak fiziksel özelliklerini değiştirir, gözeneklilikte değişikliklere yol açar ve su döngüsünü etkiler. Bu değişiklikler, toprak oksijen içeriğini ve mikroorganizma bolluğunu etkiler. Mikroplastikler aynı zamanda topraktaki diğer kirleticileri de taşıyabilir, toprak kimyasını değiştirebilir ve mikrobiyal çeşitliliği tehdit edebilir. Topraktaki mikroplastik kirliliği, toprak organizmalarının mikroplastikleri tüketmesine neden olur. Toprak solucanları ve nematodları üzerinde yapılan çalışmalar, mikroplastiklerin bu canlıların büyümesini ve üremelerini azaltabileceğini göstermektedir. Mikroplastiklerin toprak bakteri ve mantar toplulukları üzerindeki etkileri incelenmiş ve mikroplastiklere maruz kalan topraklarda enzim aktivitelerinin arttığı gözlemlenmiştir. Mikroplastiklerin toprak mikroorganizmalarının türlerin oransal bolluğunu değiştirdiği ve toprak bakteri ve mantar topluluklarını önemli düzeyde etkileyebileceği belirtilmiştir. Sonuç olarak, mikroplastik kirliliğiyle mücadelede çoklu bir yaklaşım benimsemek, çevresel sürdürülebilirliği artırmak ve toprak ekosistemlerini korumak için kritik bir öneme sahiptir. Politika yapıcıların, bilim insanlarının ve toplumun iş birliği içinde çalışması, mikroplastik kirliliğini azaltmak ve uzun vadeli çözümler bulmak için önemlidir. Bu, sağlıklı toprakların ve sürdürülebilir tarımın korunmasına katkıda bulunarak gelecek nesillere daha sağlıklı bir çevre bırakma amacını destekleyecektir.

Topraklarda Mikroplastik Kirliliği

Plastik malzemelerin günlük yaşantımızda çok yaygın kullanımı ve oluşan plastik atıkların kötü yönetimi, toprak ve su kaynaklarının mikro plastiklerle kirlenmesine neden olmuştur. Ekosistemler üzerindeki potansiyel etkileri açısından en fazla araştırılan plastik kirletici sınıfı mikroplastikler (≤5 mm) olarak adlandırılmaktadır (Jacques ve Prosser, 2021). Karasal

ekosistemlerin mikroplastik içeriğinin okyanuslardan çok daha yüksek olduğu tahmin edilmektedir (Horton ve ark., 2017). Mikroplastikler, tarımsal üretim, endüstriyel faaliyetler ve örtü malzemeleri, kompost, sulama, depo alanları ve lastik parçaları gibi günlük aktiviteler aracılığıyla doğrudan toprağa karışabilmekte ve miktarı zamanla artarak kirlilik boyutuna ulaşabilmektedir (Guo ve ark., 2020). Mikroplastikler yüzey akışı ve atmosferden katılım ile de toprak ortamına dolaylı olarak taşınabilmektedir (Evangeliou ve ark., 2020). Mikroplastiklerin toprak matrisine entegrasyonu, toprak özellikleri ve toprakta yaşayan canlı toplulukları üzerine olumlu veya olumsuz etkilere neden olabilmektedir. Toprak işleme, biyolojik müdahale ve kuruma-ıslanma döngüsü gibi işlemler, mikroplastiklerin toprağa entegre edilmesine katkıda bulunur. Bu entegrasyonun toprak hacim ağırlığında, gözeneklilikte, elektriksel iletkenlikte, su tutma kapasitesinde, pH değerinde ve besin içeriğinde değişikliklere neden olabilmektedir. Toprak özelliklerinde belirtilen bu değişiklikler, mikrobiyal toplulukların çeşitliliği ve enzim aktivitelerinin değişimlerine neden olabilmektedir (de Souza Machado ve ark., 2019).

Mikroplastikler konusunda yapılan çalışmalar, mikroplastikler ile kirlenmiş tarım arazilerindeki topraklarda mikroplastik konsantrasyonlarının 50 parça/kg ile 5000 parça/kg'den fazla olabileceği bildirilmektedir (Zhang ve ark., 2020). Mikroplastiklerin, toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine etkilerinin yanında, mikro boyuttaki (nanometre ölçeğinde, <100 nm) ve submikrometre ölçeğinde, <1 μm) plastiklerin bitkiler tarafından alınıp üst organlara taşındığına dair de çok sayıda araştırma bulunmaktadır (Dong ve ark., 2021). Mikroplastiklerin bitkiler tarafından alımı konusunda araştırma yapan Liu ve ark. (2022a), nanometre ve mikrometre boyutlu polistiren mikrosferleri, pirinç fidelerinin köklerinde, gövdelerinde ve yapraklarında tespit etmişlerdir. Hem 80 nm hem de 1 μm'lik polistiren mikrosferleri, bitki dokularının vasküler sistemlerinde, özellikle kök iç silindiri, gövde vasküler demetleri ve yaprak damarlarında biriktiği ve çoğunlukla hücre duvarlarında ve hücreler arası bölgelerde toplandıkları tespit edilmiştir.

Mikroplastik kirliliği düzeyi, tarımsal uygulamalara bağlı olarak önemli ölçüde değişebilir ve tarımsal uygulamalar topraktaki mikroplastik varlığı ve miktarı üzerinde belirgin bir etkiye sahiptir (Zhang ve ark., 2020). Atık su arıtma çamurları, organik madde ve besin kaynağı olarak düşünüldüklerinden, tarım arazilerine yaygın bir şekilde uygulanmaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu

2022 verilerine göre, belediyeler tarafından işletilen atıksu arıtma tesislerinde, 348 bin ton (kuru madde bazında) atıksu arıtma çamuru oluşmuştur (TÜİK, Atık İstatistikleri, 2020). Atıksu arıtma tesislerinde biriken arıtma çamurunun yüksek besin ve organik madde içeriği dolayısı ile gübre veya toprak iyileştirici materyal olarak kullanımı tavsiye edilmektedir (Filibeli ve ark., 2022). Ancak, Corradinive ark. (2019), atık su çamurunun uygulama miktarı arttıkça tarım arazilerindeki toprakta mikroplastik konsantrasyonunun artma eğilimi gösterdiğini ve bir uygulama sonrasında ~1073 parça/kg'den beş uygulama sonrasında ~3200 parça/kg'e yükseldiğini göstermiştir. Tarım arazilerinde toprakların mikroplastik kirliliğinin bir diğer önemli kaynağı ise sulamada atık suyun kullanılmasıdır. Atık sular, kişisel bakım ürünlerinden gelen mikroplastikler, yağmur suyuyla kanalizasyon sistemine taşınan plastik parçacıklar veya yıkama makinelerinde yıkanan giysilerden gelen sentetik lifler gibi plastikler ile zengin olabilmektedir (Chen ve ark., 2020). İspanya'nın Kanarya Adalarında kurak bir bölgedeki geri dönüştürülmüş sulama sularındaki mikroplastiklerin durumunu inceleyen Pérez-Reverón ve ark. (2022), su örneklerinde mavi ve şeffaf renklerde (sırasıyla% 55.6 ve 33.3) ve ortalama uzunluğu 786.9 ± 812.1 µm olan selülozik ve polyester mikrofiberlerin (sırasıyla% 84.4 ila 100) baskın olduğunu göstermiştir. Bu suların uygulandığı kumlu tın ve killi tın tekstüre sahip iki farklı arazinin 0–5 cm derinliğinde bulunan mikroplastik türleri ve boyutları arasında benzerlikler gözlemlenmiştir. Araştırmacılar, atık suların kullanılmadığı, sulama yapılmayan veya ekilmeyen arazilerde topraklarda mikroplastik varlığına rastlamamışlardır. Bulgular, kurak bölgelerde, topraklarındaki mikroplastiklerin tek kaynağının tarımsal faaliyetler olduğunu göstermektedir.

Tarım arazilerinde topraklardaki mikroplastik kirliliğinin bir diğer kaynağı da daha büyük plastik atık parçalarının zamanla aşınma ve ultraviyole ışığa maruz kalmaları ile daha küçük parçacıklara dönüşmeleridir (Zhou ve ark., 2020). Li ve ark. (2022), plastik film örtüsünü, küresel olarak tarımsal üretimin büyük ölçüde artmasına neden olan ancak aynı zamanda topraklar için ciddi bir plastik kirliliğine neden olabilen iki ucu keskin bir tarım teknolojisi olarak tanımlamaktadır. Bir tarla denemesinde, 32 yıl boyunca plastik örtüleme ve azot gübrelemenin mısır verimi üzerindeki etkisini inceleyen Li ve ark. (2022), plastik örtü filmi uygulanan parsellerde, azotlu gübre kullanılan parsellere kıyasla yaklaşık olarak 10 kat daha fazla makroplastik partikül

bulunduğunu (6796'ya karşı 653 parça/m2) ve film mikroplastik miktarının, gübrelenmiş parsellerde gübrelenmemiş parsellere göre yaklaşık iki kat daha fazla (3.7 × 106'ya karşı 2.2 × 106 partikül/kg toprak) olduğunu rapor etmişlerdir. Bu farklılıklar, plastiklerin bitki kökleri ve gövdeleri ile karışmasından dolayı, hasattan sonra plastik filmlerin çıkarılmasının daha zor hale gelmesi ile ilişkilendirilmiştir. Plastik örtülerin topraklardaki mikroplastik kirliliğine etkisini araştıran bir başka çalışmada Qi ve ark. (2023), Çin'deki üç farklı bölgede, sera ve geleneksel tarla tabanlı film örtme şeklinde plastik film örtme şeklinin tarım topraklarında mikroplastik dağılımının özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Genel olarak, tarım topraklarındaki mikroplastik bolluğu ve morfolojik özellikleri, ekim bölgelerine bağlı olarak önemli ölçüde değişirken, mikroplastik bileşeni önemli ölçüde örtme moduna bağlı olarak değiştiği ortaya konulmuştur.

Toprağa mikroplastiklerin bir diğer potansiyel giriş yolu ise tohum kaplamalar olarak belirtilmiştir (Accinelli ve ark., 2019). Tohumları belirli maddelerle kaplamak için kullanılan kaplama maddeleri, tohumu hasardan korumak ve/veya bitkinin gelişimini artırmak amacıyla sistemik insektisitler veya fungisitler gibi özel maddelerle kaplanmaktadır.

Zayıf biyolojik parçalanabilirlikleri nedeniyle, mikroplastikler, toprakta uzun bir süre boyunca varlıklarını sürdürebilmektedir (Jacques ve Prosser, 2021). Geleneksel mikroplastiklerin aksine, biyobozunur plastikler, enzimler ve mikroorganizmalar tarafından tamamen CO_2, H_2O, CH_4 ve biyokütle gibi çevre dostu maddelere dönüştürülebilen polimerlerdir (Luyt ve ark., 2019). Toprakta mikroorganizmalar tarafından tamamen ayrıştırılabildikleri için biyobozunur plastikler, çöp torbaları, tarım örtüsü, yemek hizmeti ürünleri ve taze ve dayanıklı gıda ambalajları gibi tek kullanımlık ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır (Shen ve ark., 2020). Biyobozunur plastiklerin aksine, geleneksel mikroplastikler toprak sistemine girdiklerinde, kuruma-ıslanma döngüsü, toprak yönetimi ve biyolojik müdahaleler aracılığıyla toprak matrisi ile etkileşime girer ve toprak fizikokimyasal özelliklerini bozarak, mikrobiyal toplulukları ve toprak organizmalarını olumsuz etkiler (Ding ve ark., 2021).

Toprak Canlılarının Yaşamları ve Aktiviteleri Üzerine Mikroplastiklerin Etkileri

Toprak ekosistemleri, organik maddenin parçalanması, besin elementlerinin döngüsü, gıda üretimi, zararlıların kontrolü, toprak yapısının korunması, gaz alışverişi, karbon tutma ve suyun tutulması gibi çeşitli önemli ekosistem hizmetleri sunmaktadır (Adhikari ve Hartemink, 2016). Ancak, mikroplastikler, toprağın sunmuş olduğu ekosistem hizmetleri ile ilişkili olan fonksiyonları üzerine olumsuz etkileri olduğu birçok çalışmada gösterilmiştir (Zhou ve ark., 2021; Pérez-Reverón ve ark., 2022). Mikroplastikler (<5 mm), küçük boyutları ve canlılarda tutunma kapasiteleri nedeniyle geleneksel plastiklere göre doğada çok daha hızlı yayılabilmektedir. Bu, mikroplastiklerin gıda zincirine girmesine ve farklı trofik seviyelerde birçok canlı organizma tarafından ardışık olarak tüketilmesine yol açmaktadır (Kane ve ark., 2020). Özellikle, aminler ve ftalat esterleri gibi plastiklerin parçalanma ürünleri karsinojenik, mutajenik veya üreme toksik etkilere sahip oldukları ve bu nedenle biyolojik çeşitliliğin kaybı ve ekosistem işlev değişiklikleri konusunda ciddi ekolojik riskler oluşturdukları belirtilmiştir (Espinosa ve ark., 2020).

Mikroplastiklerin toprakların fiziksel özelliklerini değiştirdiği, özellikle, bazı küçük parçacıkların veya tozların toprak gözeneklerinin içindeki boşlukları kolayca doldurabildiği ve bunun da toprak porozitesini etkilediği bildirilmiştir. Toprak gözenekliliğindeki değişiklik, buharlaşma veya yer çekimi hareketi gibi su döngüsü elementlerini ve toprak gözenek su içeriğini değiştirmektedir. Porozite ve su döngüsündeki değişiklikler ise toprak oksijen içeriğinin değişmesine ve topraktaki anaerobik veya aerobik mikroorganizmaların bolluğuna etki yapmaktadır (Rillig ve Lehmann, 2020, Wang ve ark., 2023). Toprağın fiziksel parametrelerindeki bu değişiklikler (örneğin su, hava içeriği), mikroorganizmaların yaşam ortamlarında dolaylı olarak kimyasal ve biyolojik değişikliklere yol açmaktadır (Zhang ve ark., 2021). Mikroplastikler toprakta uzun süre kaldığında, poliklorlu bifeniller, polisiklik aromatik hidrokarbonlar, pestisitler, herbisitler ve ağır metaller gibi diğer kirleticileri yüzeylerinde tutabilir, transfer edebilir ve toprak çözeltisine yeniden vererek toprak kimyasını dolaylı olarak etkiler (Guo ve ark., 2020; Ribeiro ve ark., 2019). Toprak besin maddelerindeki değişiklikler, toksinlerin salınımı ve toprak pH'ının değişiklikleri, topraktaki mikrobiyal toplulukların çeşitliliğini ve varlığını tehdit etmektedir Zhnag ve ark., 2021).

Topraktaki mikroplastik kirliliği toprak organizmalarının mikroplastikleri tüketmesine neden olmaktadır. Toprak faunası, mikroplastikler ile diğer kirletici maddeleri de yutabilmekte ve bu durum, bağırsak mikrobiyotasında ve ilgili toprak mikrobiyal topluluklarda değişikliklere yol açabilmektedir (Lwanga ve ark., 2018). Toprak solucanlarının topraktaki mikroplastik artışı ile önemli miktarda mikroplastik yuttuğu rapor edilmektedir. Toprak solucanları tarafından yutulan mikroplastikler daha sonra solucanlar tarafından dışkıları ile toprağa yeniden verilmektedir. Bu şekilde mikroplastiklerin yüzey toprağından daha derinlere taşınması söz konusudur. Lwanga ve ark. (2017), ev bahçesi topraklarında solucan dışkılarında gram başına 14.8 ± 28.8 mikroplastik parçacık ve tavuk dışkısında gram başına 129.8 ± 82.3 parçacık tespit etmiştir. Yoğun miktarda mikroplastik içerebilen dışkılar, toprak mikroarthropodları tarafından tüketilebilmektedir (Gutierrez-Lopez ve ark., 2011). Bu nedenle, çeşitli ve karmaşık tür ilişkilerinden oluşan toprak ekosistemlerindeki karmaşık besin ağları, tek bir mikroorganizma türünün katkısına kıyasla mikroplastiklerin toprak profili içerisindeki hareketini önemli düzeyde kontrol etmektedir (Guo ve ark., 2020).

Topraktaki mikroplastiklerin, toprak canlıları üzerine etkilerinin araştırıldığı yayınlanmış 92 makaledeki sonuçları inceleyen Liu ve ark. (2023), mikroplastiklerin genel olarak toprak mikrobiyal biyokütlesini önemli ölçüde arttırdığını ancak toprak faunasının (nematodlar ve solucanlar) büyüme ve üremesini azalttığını bildirmişlerdir. Buna ilaveten, mikroplastiklerin toprak bakteri çeşitliliğini önemli ölçüde azaltırken mikrobiyal topluluk yapısını değiştirdiği de ifade edilmiştir. Araştırmacılar mikroplastiklerin toprak bakterileri üzerindeki etkisinin ise toprak mantarları üzerindekinden daha yoğun olduğunu da belirtmişlerdir. Bu meta analizde belirtilen en önemli noktalardan bir tanesi, toprak canlılarının tepkilerinin, mikroplastiklerin türlerine, boyutlarına, konsantrasyonlarına ve toprakta kalma sürelerine göre değişiyor olmasıdır. Genelde, küçük boyutlu olan mikroplastikler, toprak bakteri çeşitliliği ve nematodların büyüme ve üremesi üzerinde daha olumsuz etkilere sahip gibi görünse de bu eğilim solucanların üremesinde tam tersi olarak rapor edilmiştir Ayrıca, toprak canlıları, mikroplastiklerin daha yüksek konsantrasyonlarına daha uzun süre maruz kaldıklarında daha fazla etkilendikleri anlaşılmıştır.

Mikroplastiklerin Solucanlar Üzerine Etkileri

Toprak solucanları, toprak ekosistemi ve verimliliği için hayati öneme sahip olan toprakta yaşayan organizmalardır (Mondal ve ark., 2023). Toprak kirliliğinin bir biyoindikatorü olarak solucanlar, mikroplastiklerin toprak ekosistemleri üzerindeki etkilerini değerlendirmek için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Cui ve ark., 2022; Liang ve ark., 2022). Toprak solucanları, topraktaki mikroplastikleri vücutlarına alıp boyutunu azaltarak bağırsaklarından geçirirken parçalanmalarına yardımcı olabilecekleri düşünülmektedir (Kwak ve An, 2021). Çevresel olarak önemli düzeyde yüksek olan mikroplastik konsantrasyonlarının solucanlarda genel olarak ölüme neden olmadığı, bununla birlikte nispeten yüksek konsantrasyonlarda solucan ölümlerinin görüldüğü bildirilmiştir (Jacques ve Prosser, 2021). Mikroplastiklerin toprak solucanları üzerine etkileri konusunda yayınlanmış 65 çalışmanın sonuçlarını inceleyen Cui ve ark. (2022), bu çalışmalardaki mikroplastiklerin solucanların büyümesi, davranışı, oksidatif tepkileri, gen ekspresyonu ve bağırsak mikrobiyotası üzerindeki etkilerini özetlemişlerdir. Araştırmacılar, solucanların mikroplastikleri seçici bir şekilde yuttuğu, özellikle daha küçük parçacık boyutlarına (özellikle 50 μm'den daha küçük) ve biyobozunur bileşimleri daha çok tercih ettikleri belirtmişlerdir. Yüksek mikroplastik konsantrasyonu ve daha küçük boyutlar olduğunda solucanların daha olumsuz etkilendikleri görülmüştür. Polipropilen karbonatın yüksek konsantrasyonlarına (250 ve 500 g/kg) maruz kalan solucanların büyüme hızını azalttığı tespit edilmiştir (Ding ve ark. 2021). Bu olumsuz etkilerin mikroplastiklerin solucanların bağırsak ve midesinde birikmesinin bir sonucu olduğunu ifade eden araştırmacılar, bu birikimin bağışıklık sistemine zarar verebileceği ve sonrasında solucanın beslenme davranışını ve gelişimini etkileyebileceğini belirtmişlerdir. Toprakta farklı konsantrasyonlardaki düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) mikroplastiklerin (MP'ler) (≤125 μm) toprak solucanlarının büyüme ve üreme üzerindeki etkisi araştıran Mondal ve ark. (2023), 14 gün ve 28 gün 3%'lük (w/w) LDPE mikroplastik konsantrasyonunun, *Eisenia fetida* türü solucanların ölümüne neden olmadığı gibi solucan ağırlıkları üzerinde de belirgin etkileri olmadığını bildirmişlerdir. Solucanların ürettiği yumurta sayısı, mikroplastik bulunmayan kontrol grubununkine benzer olduğu görülmüştür.

Daha büyük mikroplastiklerle karşılaştırıldığında, nanoplastikler (1 nm ila <100 nm), daha büyük spesifik yüzey alanına ve daha yüksek adsorpsiyon kapasitesine sahip olduklarından solucanlar üzerinde daha ciddi toksisiteye neden olabilecekleri düşünülmektedir (Li ve ark., 2019). *Lumbricus terrestris* solucanlarının plastik kirliliği olan doğal bir ortamdaki biyobozunur polibütilen adipat tereftalat (PBAT) ve düşük yoğunluklu LDPE mikroplastikler ile etkileşimini inceleyen Adhikari ve ark. (2023), solucanların mikroplastikleri yemesi ve bunları vücutlarına ve dışkılarına dahil edip etmediklerini, ayrıca mikroplastiklerin bağırsak ve toprak mikroorganizma topluluğunu değiştirip değiştirmediğini araştırmışlardır. Kavak yapraklarıyla karıştırılan mikroplastikler 20 gün boyunca solucanların yemesi için bırakılmıştır. Mikroplastik parçacıklarını solucan dışkılarında ve bağırsaklarında gözlemleyen araştırmacılar, solucanlarda gözle görünen bir kilo kaybı ve canlılık sorunu oluşmadığı belirtilmiştir. PBAT'in bağırsaklarda ve dışkılarda kısmen bozunduğu, ancak LDPE'nin değişmeden kaldığı görülmüştür.

Topraktaki mikroplastiklerin solucanlar üzerine etkilerini inceleyen araştırmalarda, mikroplastiklerin ağır metallerin toprak solucanları üzerindeki olumsuz etkilerini artırabileceğini göstermektedir (Cui ve ark., 2022). Solucanlar mikroplastikler ve kadmiyuma aynı zanda maruz bırakıldıklarında, yalnızca mikroplastiklere veya yalnızca kadminyuma maruz kaldıklarına kıyasla çok daha ciddi olumsuz etkilenmektedirler (Zhou ve ark., 2020). Bu etkinin, mikroplastiklerin ağır metal iyonlarının biyoaktifliğini artırma potansiyeli ile ilişkili olduğu düşünülmüştür. Ayrıca, mikroplastiklerin organik kirleticilerin birikimini kolaylaştırabileceği ve bunun da toprak solucanlarının büyümesini engelleyeceği belirtilmiştir. Liu ve ark. (2022b), mikroplastiklerin pyren birikimini artırdığını ve bağırsak dokularına zarar vererek solucanların büyüme hızını azalttığını rapor etmiştir.

Genel olarak, toprak solucanlarının yüksek üreme hızları vardır, ancak üreme çevresel toksik maddelere karşı savunmasızdır (Jiang ve ark., 2020). Mikroplastiklerin toprak solucanlarının üremesi üzerinde olumsuz etkileri olduğu gösterilmiştir. Düşük yoğunluklu polietilenin farklı konsantrasyonlarının (250, 1000, 6000, 12,000 ve 25,000 mg kg^{-1}) toprak solucanları (*Eisenia fetida*) üzerine etkisini araştıran Angmo ve ark. (2023), uygulama dozlarının hiçbirinde solucan ölümleri görülmediğini rapor etmişlerdir. Yirmi sekizinci günde kontrolle karşılaştırıldığında solucanların

vücut ağırlığında en yüksek azalma 25000 mg'da (%28.4) uygulamasında görülmüş ve bunu 12000 mg (%12.2) ve 6000 mg (%3.4) takip etmiştir. Aynı zamanda, kokon (yumurta) ve yavruların miktarı da mikroplastik dozu arttıkça önemli ölçüde azalmıştır.

Mikroplastiklerin Nematodlar Üzerine Etkileri

Nematodların yüksek ekolojik önemleri, doğada yaygın bulunmaları ve çok yüksek bireysel yoğunlukları nedeniyle, çevre kirliliğinin ve özellikle de mikroplastik kirliliğinin biyoindikatörleri olarak değerlendirilebilecekleri belirtilmektedir. Çünkü nematodların şeffaf vücutlarında sindirilmiş mikroskobik parçacıklar kolayca tespit edilebilmektedir (Mueller ve ark., 2020). Birçok nematod türünün, çapları 0.5 ila 10.0 µm arasında değişen polistiren boncuklarını yutma yeteneğine sahip olduğu ve yutma verimliliklerinin nematodların beslenme alışkanlığı ve ağız boşluğu boyutu tarafından etkilendiği belirlenmiştir (Fueser ve ark., 2019). Mikroplastiklerin, yaşam döngüsü stratejileri ve özellikle nesil sürelerinde farklılık gösteren üç farklı bakteri ile beslenen nematod türünün (*C. elegans, Acrobeloides nanus ve Plectus acuminatus*), popülasyon büyümesi üzerindeki etkilerini araştıran Mueller ve ark. (2020), yarı-akışkan bir ortamda 1.0 µm çapındaki polistiren boncukları yiyebildiğini göstermiştir. Nematod bağırsaklarında bulunan boncuk sayısının türlere göre değiştiği tespit edilmiştir. Hızlı çoğalan ve yüksek besin taleplerine sahip bir nematod olan *Caenorhabditis elegans*, yavaş çoğalan *P. acuminatus*'a kıyasla mikroplastiklere karşı daha hassas olduğu anlaşılmıştır.

Mikroplastiklerin Mantarlar ve Bakteriler Üzerine Etkileri

Toprak ortamında mikroplastikler, toprak canlılarının hayatta kalma, büyüme ve üremeleri üzerinde potansiyel bir tehdit oluşturmakta ve bu durum karasal ekosistemlerde biyoçeşitliliği, mikroorganizmaların işlevlerini ve hizmetlerini tehlikeye atmaktadır. Mikroorganizmalar, substrat ve toprak özelliklerindeki değişikliklere uyum sağlama yetenekleri nedeniyle mikroplastiklere karşı son derece duyarlıdır. Metabolik ve mineralizasyon süreçleri ile, mikroorganizmalar plastik parçalanmasında da aktif rol almaktadırlar (Zhang ve ark., 2021). Toprakta bulunan ve organik maddeyi parçalama yeteneğine sahip olan bakteri ve mantar toplulukları, ekosistem fonksiyonlarını ile toprak biyo-jeokimyasını düzenlemede önemli roller

oynarlar (Delgado-Baquerizo ve ark., 2018). Bakteriler topraklarda hızlı karbon döngüsünün önemli düzenleyicileri olarak kabul edilirken, mantarlar genellikle dirençli organik maddenin parçalanmasından sorumlu olan toprak mikroorganizma gruplarıdırlar (Fierer ve ark., 2007)

Toprak ekosisteminde mantarların büyüme ve üreme için bakterilerden farklı çevresel koşullara ihtiyaç duyduğu ve çevresel bozulmalara karşı duyarlılıklarının farklı olduğu bilinmektedir (Ren ve ark., 2019). Toprakta bulunan mikroplastikler, topraktaki mantarların çeşitliliğini değiştirebileceği belirtilmektedir. Bazı biyobozunur plastik mikro filmlerin, *Aspergillus, Fusarium* ve *Penicillium* gibi belirli mantar cinslerinin popülasyonunu artırmak için karbon kaynağı olarak kullanıldıkları tespit edilmiştir (Accinelli ve ark., 2020). Bu durumun aynı zamanda, kök bölgesinde arbusküler mikoriza mantarlarının hiflerinin artışı ile toprak yapısı ve su dinamiklerinde meydana gelen değişiklikler ile ilişkili olabileceği bildirilmiştir (de Souza Machado ve ark., 2019). Polietilen (PE), polistiren (PS) ve polivinil klorür (PVC) mikroplastiklerin (%7 ve %14 w/w) toprak enzim aktiviteleri ile toprak bakteri ve mantar toplulukları üzerindeki etkilerini incelemek için 310 günlük bir toprak inkübasyon denemesi kuran Fan ve ark. (2022), kullanılan mikroplastiklerin toprak enzim aktivitelerini uyardığını bildirmiştir. Mikroplastikler, bu bakteri ve mantarların türlerini değil, ancak bunların topraktaki oransal bolluğunu değiştirmemiştir. Mikroplastikler, *Proteobacteria, Actinobacteria* ve *Ascomycota*'nın sayısını artırırken, *Acidobacteria, Basidiomycota* ve *Chytridiomycota*'nın sayısında azalmaya neden olmuştur. Araştırmacılar, mantarların mikroplastiklere tepkilerinin bakterilere kıyasla daha güçlü olduğunu ve mantar topluluklarının çeşitliliğinin bakteri topluluklarına göre mikroplastiklerin etkisine daha duyarlı olduğunu rapor etmişlerdir.

Nişasta-bazlı mikroplastiklerin (50-1000 μm) kök bölgesindeki mikrobiyal toplulukları üzerinde önemli bir etkisi olabileceğini ve dodekanal gibi uçucu bileşikler üretebileceği bildirilmektedir. Kök bölgesindeki mikroorganizmalar ise topraktaki besin elementlerinin döngüsünde aktif olan canılardır ve çevresel değişikliklere hızlı bir şekilde tepki verirler (Qi ve ark., 2020). Düşük yoğunluklu polietilen ve polibütilenadipat-ko-tereftalat (PBAT) ile karıştırılmış polilaktik asit (PLA) içeren biyobozunur mikroplastik (Bio-MP) olmak üzere iki tür mikroplastiğin, fasulye bitkisinin kök bölgesindeki

bakteri toplulukları üzerindeki etkilerini ararştıran Meng ve ark. (2023). Bio-MP'ler ve LDPE-MP'lerin, kontrol grubuna kıyasla önemli ölçüde daha yüksek α-çeşitlilik (Chao 1, ACE, Shannon ve Simpson) gösterdiğini ortaya koymuştur. Her mikroplastik türü için, LDPE-MP'lerin ve Bio-MP'lerin %2.5'lik dozlarının %0.5 ve %1.0'lik dozlara kıyasla daha düşük α-çeşitliliği gösterdiği belirlenmiştir. NBu çalışmada, mikroplastiklerin, familya düzeyinde bakterilerin göreceli bolluğunu etkilediği anlaşılmıştır. Mikroplastiklerin, toprak mikroorganizma topluluklarının yapılarını değiştirmesi, azot döngüsüne dahil olan fonksiyonel mikroorganizmalarda da değişikliklerin olmasına ve nihayetinde ilgili azot süreçlerinin de etkilenmesine neden olabilmektedir (Sun ve ark., 2022). Mikroplastiklerin azot döngüsü üzerine önemli düzeyde etkisi olduğunu bildiren araştırmalardan yola çıkarak mikroplastiklerin azot döngüsü üzerine etkisini araştıran 60 çalışmanın sonuçları Su ve ark. (2023) tarafından incelenmiştir. Çalışmalarda, mikroplastik kirliliğinde topraktan gerçekleşen N_2O emisyonlarının önemli ölçüde arttığı (140.6%), buna karşılık nitrat redüktaz aktivitelerinin ise çok küçük bir artış (%4.8) gösterdiği anlaşılmıştır.

Sonuç ve Öneriler

Mikroplastikler, son yıllarda çevresel bir endişe kaynağı haline gelmiştir. Toprak, su ve hava gibi farklı ortamlarda bulunan mikroplastikler, canlı organizmalar üzerinde olumsuz etkilere neden olabilmektedir. Mikroplastik kirliliği, tarımsal faaliyetler, atık su kullanımı, plastik örtüler ve tohum kaplamaları gibi çeşitli kaynaklardan topraklara karışmakta ve fizikokimyasal özelliklerde değişikliklere neden olmaktadır. Bu değişiklikler, toprak hacim ağırlığı, gözeneklilik, elektriksel iletkenlik, su tutma kapasitesi, pH değeri ve besin içeriği gibi temel özellikleri etkilemektedir.

Mikroplastikler, toprak solucanları, nematodlar, mantarlar ve bakteriler gibi toprak canlılarının büyüme, üreme ve davranışlarını olumsuz etkileyebilmektedir. Bu olumsuz etkiler, toprakların biyolojik çeşitliliği ve işlevleri üzerinde olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir. Ayrıca, mikroplastik kirliliği, toprak ekosistemlerinin sunduğu organik maddenin parçalanması, besin elementlerinin döngüsü, gıda üretimi, zararlıların kontrolü, toprak yapısının korunması, gaz alışverişi, karbon tutma ve suyun tutulması gibi önemli ekosistem hizmetlerinin zarar görmesine neden olabilir.

Plastik atıkların azaltılması için, plastik kullanımının azaltılması, geri dönüşümün teşvik edilmesi ve plastik atıkların uygun şekilde bertarafı gibi önlemler alınması oldukça önem arz etmektedir. Ayrıca biyobozunur plastiklerin kullanılması, topraktaki mikroplastik kirliliğini azaltmada önemli bir rol oynayabilir. Biyobozunur plastikler, toprakta mikroorganizmalar tarafından parçalanarak, toksik etkilerin azaltılmasına yardımcı olur. Atık su arıtma çamurlarının tarımsal uygulamalarda kullanılması, topraktaki mikroplastik kirliliğini artırabilir. Bu nedenle, atık su arıtma çamurlarının tarımsal uygulamalarda kullanılmasında dikkatli olunmalı ve toprakta mikroplastik kirliliği açısından düzenli olarak kontrol yapılmalıdır. Ayrıca, atık su arıtma tesislerinde mikroplastikleri daha etkili bir şekilde uzaklaştırmak için yeni arıtma teknolojilerinin geliştirilmesi ve uygulanmasına gereksinim olduğu görülmektedir. Bunlara ilaveten, çiftçiler, tarım uzmanları ve toplum genelinde mikroplastik kirliliği konusunda eğitim ve farkındalığın oluşturulması önemlidir. Bu, daha sürdürülebilir tarım uygulamalarına yönelik geçiş sürecini destekleyebilir. Bu önlemlerin alınması, topraktaki mikroplastik kirliliğini azaltmaya ve toprakların biyolojik çeşitliliği ve işlevlerini korumaya yardımcı olacaktır.

Kaynakça

Accinelli, C., Abbas, H. K., Bruno, V., Nissen, L., Vicari, A., Bellaloui, N., ... & Shier, W. T. (2020). Persistence in soil of microplastic films from ultra-thin compostable plastic bags and implications on soil Aspergillus flavus population. Waste Management, 113, 312-318.

Adhikari, K., & Hartemink, A. E. (2016). Linking soils to ecosystem services—A global review. Geoderma, 262, 101-111.

Adhikari, K., Astner, A. F., DeBruyn, J. M., Yu, Y., Hayes, D. G., O'Callahan, B. T., & Flury, M. (2023). Earthworms Exposed to Polyethylene and Biodegradable Microplastics in Soil: Microplastic Characterization and Microbial Community Analysis. ACS Agricultural Science & Technology, 3(4), 340-349.

Angmo, D., Dutta, R., Singh, J., Chowdhary, A. B., Quadar, J., Thakur, B., ... & Vig, A. P. (2023). Biochemical responses, growth and reproduction of earthworm in low density polyethylene (LDPE). Environmental Quality Management.

Chen, Y., Leng, Y., Liu, X., & Wang, J. (2020). Microplastic pollution in vegetable farmlands of suburb Wuhan, central China. Environmental Pollution, 257, 113449.

Corradini, F., Meza, P., Eguiluz, R., Casado, F., Huerta-Lwanga, E., & Geissen, V. (2019). Evidence of microplastic accumulation in agricultural soils from sewage sludge disposal. Science of the total environment, 671, 411-420.

Cui, W., Gao, P., Zhang, M., Wang, L., Sun, H., & Liu, C. (2022). Adverse effects of microplastics on earthworms: A critical review. Science of the Total Environment, 850, 158041.

Delgado-Baquerizo, M., Oliverio, A. M., Brewer, T. E., Benavent-González, A., Eldridge, D. J., Bardgett, R. D., ... & Fierer, N. (2018). A global atlas of the dominant bacteria found in soil. Science, 359(6373), 320-325.

de Souza Machado, A. A., Lau, C. W., Kloas, W., Bergmann, J., Bachelier, J. B., Faltin, E., ... & Rillig, M. C. (2019). Microplastics can change soil properties and affect plant performance. Environmental science & technology, 53(10), 6044-6052.

Ding, W., Li, Z., Qi, R., Jones, D. L., Liu, Q., Liu, Q., & Yan, C. (2021). Effect thresholds for the earthworm Eisenia fetida: Toxicity comparison between conventional and biodegradable microplastics. Science of the Total Environment, 781, 146884.

Dong, Y., Gao, M., Qiu, W., & Song, Z. (2021). Uptake of microplastics by carrots in presence of As (III): Combined toxic effects. Journal of Hazardous Materials, 411, 125055.

Espinosa, M. J. C., Blanco, A. C., Schmidgall, T., Atanasoff-Kardjalieff, A. K., Kappelmeyer, U., Tischler, D., ... & Eberlein, C. (2020). Toward biorecycling: isolation of a soil bacterium that grows on a polyurethane oligomer and monomer. Frontiers in microbiology, 11, 404.

Evangeliou, N., Grythe, H., Klimont, Z., Heyes, C., Eckhardt, S., Lopez-Aparicio, S., & Stohl, A. (2020). Atmospheric transport is a major pathway of microplastics to remote regions. Nature communications, 11(1), 3381.

Fan, P., Tan, W., & Yu, H. (2022). Effects of different concentrations and types of microplastics on bacteria and fungi in alkaline soil. Ecotoxicology and Environmental Safety, 229, 113045.

Fierer, N., Bradford, M. A., & Jackson, R. B. (2007). Toward an ecological classification of soil bacteria. Ecology, 88(6), 1354-1364.

Filibeli, A., Azize, A. Y.O.L., & Büyükkamacı, N. (2022). Arıtma Çamurlarının Yönetimi ve Maliyeti: Gediz Havzası Arıtma Çamuru Yönetimi Projesi. Çevre İklim ve Sürdürülebilirlik, 23(1), 79-90.

Fueser, H., Mueller, M. T., Weiss, L., Höss, S., & Traunspurger, W. (2019). Ingestion of microplastics by nematodes depends on feeding strategy and buccal cavity size. Environmental Pollution, 255, 113227.

Guo, J. J., Huang, X. P., Xiang, L., Wang, Y. Z., Li, Y. W., Li, H., ... & Wong, M. H. (2020). Source, migration and toxicology of microplastics in soil. Environment international, 137, 105263.

Gutiérrez-López, M., Salmon, S., & Trigo, D. (2011). Movement response of Collembola to the excreta of two earthworm species: Importance of ammonium content and nitrogen forms. Soil Biology and Biochemistry, 43(1), 55-62.

Horton, A. A., Walton, A., Spurgeon, D. J., Lahive, E., & Svendsen, C. (2017). Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the

current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. Science of the total environment, 586, 127-141.

Jacques, O., & Prosser, R. S. (2021). A probabilistic risk assessment of microplastics in soil ecosystems. Science of The Total Environment, 757, 143987.

Kane, I. A., Clare, M. A., Miramontes, E., Wogelius, R., Rothwell, J. J., Garreau, P., & Pohl, F. (2020). Seafloor microplastic hotspots controlled by deep-sea circulation. Science, 368(6495), 1140-1145.

Kwak, J. I., & An, Y. J. (2021). Microplastic digestion generates fragmented nanoplastics in soils and damages earthworm spermatogenesis and coelomocyte viability. Journal of Hazardous Materials, 402, 124034.

Li, B., Lan, Z., Wang, L., Sun, H., Yao, Y., Zhang, K., & Zhu, L. (2019). The release and earthworm bioaccumulation of endogenous hexabromocyclododecanes (HBCDDs) from expanded polystyrene foam microparticles. Environmental Pollution, 255, 113163.

Li, S., Ding, F., Flury, M., Wang, Z., Xu, L., Li, S., ... & Wang, J. (2022). Macro- and microplastic accumulation in soil after 32 years of plastic film mulching. Environmental Pollution, 300, 118945.

Liang, X., Zhou, D., Wang, J., Li, Y., Liu, Y., & Ning, Y. (2022). Evaluation of the toxicity effects of microplastics and cadmium on earthworms. Science of The Total Environment, 836, 155747.

Liu, Y., Guo, R., Zhang, S., Sun, Y., & Wang, F. (2022a). Uptake and translocation of nano/microplastics by rice seedlings: Evidence from a hydroponic experiment. Journal of hazardous materials, 421, 126700.

Liu, Y., Xu, G., & Yu, Y. (2022b). Effects of polystyrene microplastics on accumulation of pyrene by earthworms. Chemosphere, 296, 134059.

Luyt, A. S., & Malik, S. S. (2019). Can biodegradable plastics solve plastic solid waste accumulation? In Plastics to energy (pp. 403-423). William Andrew Publishing.

Lwanga, H. E., Mendoza Vega, J., Ku Quej, V., Chi, J. D. L. A., Sanchez del Cid, L., Chi, C., ... & Geissen, V. (2017). Field evidence for transfer of plastic debris along a terrestrial food chain. Scientific reports, 7(1), 14071.

Lwanga, E. H., Thapa, B., Yang, X., Gertsen, H., Salánki, T., Geissen, V., & Garbeva, P. (2018). Decay of low-density polyethylene by bacteria

extracted from earthworm's guts: A potential for soil restoration. Science of the Total Environment, 624, 753-757.

Meng, F., Harkes, P., van Steenbrugge, J. J., & Geissen, V. (2023). Effects of microplastics on common bean rhizosphere bacterial communities. Applied Soil Ecology, 181, 104649.

Mondal, T., Jho, E. H., Hwang, S. K., Hyeon, Y., & Park, C. (2023). Responses of earthworms exposed to low-density polyethylene microplastic fragments. Chemosphere, 333, 138945.

Mueller, M. T., Fueser, H., Höss, S., & Traunspurger, W. (2020). Species-specific effects of long-term microplastic exposure on the population growth of nematodes, with a focus on microplastic ingestion. Ecological indicators, 118, 106698.

Qi, Y., Ossowicki, A., Yang, X., Lwanga, E. H., Dini-Andreote, F., Geissen, V., & Garbeva, P. (2020). Effects of plastic mulch film residues on wheat rhizosphere and soil properties. Journal of Hazardous Materials, 387, 121711.

Qi, R., Tang, Y., Jones, D. L., He, W., & Yan, C. (2023). Occurrence and characteristics of microplastics in soils from greenhouse and open-field cultivation using plastic mulch film. Science of the Total Environment, 905, 166935.

Pérez-Reverón, R., Álvarez-Méndez, S. J., Kropp, R. M., Perdomo-González, A., Hernández-Borges, J., & Díaz-Peña, F. J. (2022). Microplastics in agricultural systems: analytical methodologies and effects on soil quality and crop yield. Agriculture, 12(8), 1162.

Ren, C., Liu, W., Zhao, F., Zhong, Z., Deng, J., Han, X., ... & Ren, G. (2019). Soil bacterial and fungal diversity and compositions respond differently to forest development. Catena, 181, 104071.

Rillig, M. C., & Lehmann, A. (2020). Microplastic in terrestrial ecosystems. Science, 368(6498), 1430-1431.

Ribeiro, F., O'Brien, J. W., Galloway, T., & Thomas, K. V. (2019). Accumulation and fate of nano-and micro-plastics and associated contaminants in organisms. TrAC Trends in analytical chemistry, 111, 139-147.

Shen, M., Song, B., Zeng, G., Zhang, Y., Huang, W., Wen, X., & Tang, W. (2020). Are biodegradable plastics a promising solution to solve the global plastic pollution? Environmental Pollution, 263, 114469.

Sun, X., Zhang, X., Xia, Y., Tao, R., Zhang, M., Mei, Y., & Qu, M. (2022). Simulation of the effects of microplastics on the microbial community structure and nitrogen cycle of paddy soil. Science of The Total Environment, 818, 151768.

TUIK, 2022. Atık İstatistikleri, 2022. Erişim tarihi 16 Aralık 2023. https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Atik-Istatistikleri-2022-49570#:~:text=Belediyeler%20taraf%C4%B1ndan%20i%C5%9Fletilen%20at%C4%B1ksu%20ar%C4%B1tma,ar%C4%B1tma%20%C3%A7amuru%20olu%C5%9Ftu%C4%9Fu%20tespit%20edildi.&text=At%C4%B1k%20bertaraf%20ve%20geri%20kazan%C4%B1m%20tesislerinde%20i%C5%9Flenen%20133%2C2%20milyon,milyon%20tonu%20ise%20geri%20kazan%C4%B1ld%C4%B1.

Wang, Z., Li, W., Li, W., Yang, W., & Jing, S. (2023). Effects of microplastics on the water characteristic curve of soils with different textures. Chemosphere, 317, 137762.

Zhang, B., Yang, X., Chen, L., Chao, J., Teng, J., & Wang, Q. (2020). Microplastics in soils: a review of possible sources, analytical methods and ecological impacts. Journal of Chemical Technology & Biotechnology, 95(8), 2052-2068.

Zhang, X., Li, Y., Ouyang, D., Lei, J., Tan, Q., Xie, L., ... & Yan, W. (2021). Systematical review of interactions between microplastics and microorganisms in the soil environment. Journal of hazardous materials, 418, 126288.

Zhou, J., Wen, Y., Marshall, M. R., Zhao, J., Gui, H., Yang, Y., ... & Zang, H. (2021). Microplastics as an emerging threat to plant and soil health in agroecosystems. Science of the Total Environment, 787, 147444.

Zhou, Y., Liu, X., & Wang, J. (2020). Ecotoxicological effects of microplastics and cadmium on the earthworm Eisenia foetida. Journal of Hazardous Materials, 392, 122273.

BÖLÜM 7

TÜRKİYE'DE ARAZİ BOZULMASININ DENGELENMESİ ÇALIŞMALARINA GENEL BİR BAKIŞ

Prof. Dr. Hikmet GÜNAL[1]
Doç. Dr. Mesut BUDAK[2]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10407025

[1] Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Şanlıurfa. Orcid ID: 0000-0002-4648-2645
[2] Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Siirt, Orcid ID: 0000-0001-5715-1246

Giriş

Bu çalışma, Türkiye'deki arazi bozulmasının genel bir değerlendirmesini sunmaktadır. Toprak bozulmasının en bilinen göstergeleri, biyoçeşitliliğin kaybı, ekosistem hizmetlerinde azalma ve toprak organik karbon stoğunda azalma olarak tanımlanmaktadır. Birleşmiş Milletler'in Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri ve Toprak Bozulmasının Dengelenmesi hedefine odaklanan çalışmada çoğunlukla toprak bozulmasıyla mücadelede ulusal düzeyde yapılan faaliyetler ele alınmıştır. Çalışmada, Türkiye'nin coğrafi ve topografik özelliklerinin arazi bozulmasındaki rolü vurgulanmıştır. Türkiye'nin kurak ve yarı kurak bölgelerinde arazi bozulmasıyla mücadele çabaları, Çölleşme ve Arazi Bozulması ile Mücadele Ulusal Strateji ve Eylem Planı çerçevesinde ele alınmıştır. Türkiye'nin LDN (Toprak Bozulmasının Dengelenmesi) hedefleri ve bu hedeflere ulaşmak için yürütülen projeler, ağaçlandırma, mera ıslahı ve tarım alanı ıslahını içermektedir. Arazi bozulmasını önleme ve iyileştirme çabalarının yanı sıra, Türkiye'de arazi bozulmasının ana nedenleri de ele alınmıştır. İklim, su, toprak, arazi örtüsü, arazi kullanımı, topografya, sosyo-ekonomik faktörler ve arazi yönetimi gibi çeşitli etmenlerin arazi bozulmasına katkıda bulunduğu belirtilmiştir. Çalışma, Türkiye'nin arazi bozulmasıyla mücadelede attığı adımları değerlendirmiş ve Türkiye'nin bu alandaki zorlukları ele alarak sürdürülebilir arazi yönetimi için çözümler önermiştir. Türkiye'de arazi bozulmasının önlenmesi ve iyileştirilmesine yönelik çalışmaların daha da güçlendirilmesi, ülkenin sürdürülebilir kalkınması açısından büyük önem taşımaktadır.

Arazi Bozulmasının Dengelenmesi

Toprak bozulması, dünya genelinde karasal ekosistemlerde var olan canlıların yaşamlarının kalitesini ve devamlılığını etkileyen önemli bir sorundur (Schulze ve ark., 2021). Gelecek nesillerin yaşamını ciddi bir şekilde tehdit eden ve toprak sıkışması, erozyon, kirlenme, tuzluluk gibi süreçlerin yansıması olan arazi bozulması, biyoçeşitliliğin kaybı, toprak organik karbon stoğunda azalma ve karasal ekosistemde birincil üretkenliğin azalması olarak kendini göstermektedir (Lal ve ark., 2021). Genel olarak ***arazi bozulması***, kara ve ilişkili sucul ekosistemlerde biyoçeşitlilik, ekosistem işlevleri veya

ekosistem hizmetlerinde azalmaya veya kayba neden olan birçok insan kaynaklı süreci tanımlamaktadır (IPBES, 2018).

Birleşmiş Milletler tarafından 2015 yılında kabul edilen 17. Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi arasında, karasal yaşama odaklanan 15. hedef, "Karasal ekosistemleri korumak, iyileştirmek ve sürdürülebilir kullanımını desteklemek; sürdürülebilir orman yönetimini sağlamak; çölleşme ile mücadele etmek; arazi bozulmasını durdurmak ve tersine çevirmek; biyolojik çeşitlilik kaybını engellemek" olarak özetlenebilir. Doğal kaynakların bozulmasından kaynaklanan zorluklarla başa çıkmak amacıyla birçok ülke, Toprak Bozulmasının Dengelenmesi (LDN: Land Degradation Neutrality) hedefine ulaşmayı gönüllü olarak benimsemiştir. Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi (SDG) 15, doğal ekosistemleri sürdürülebilir bir şekilde yönetmeye, bozulmuş arazi ve toprağı restore etmeye yönelik çabaları kapsamaktadır (Schillaci ve ark., 2023). SDG 15 çerçevesinde, Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi (UNCCD), toprak bozulmasının dengelenmesine doğru ilerlemeyi izlemek için bir gösterge çerçevesi tanımlamıştır. LDN, UNCCD tarafından 2015'te şu şekilde tanımlanmıştır: "ekosistem işlevlerini ve hizmetlerini desteklemek ve gıda güvenliğini artırmak için gerekli olan toprak kaynaklarının miktarı ve kalitesi belirli zamansal ve mekânsal ölçeklerde ve ekosistemlerde sabit veya artmaktadır". LDN için temel koşullar, bir referans dönemi boyunca (2000-2015) belirlenmesi gerekmektedir. Toprak Bozulmasının Dengelenmesi için referans noktasının belirlenmesi ve buna karşılık gelen Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi göstergesi olan SDG 15.3.1'in bozulmuş toprak oranının toplam arazi alanına oranının izlenmesi, doğal kaynakların bozulmasından kaynaklanan küresel değişim sorununa karşı alınabilecek önlemler ciddi bir tedbir olarak ifade edilmektedir (Sims ve ark., 2021). Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi 15 göstergesini (SDG15.3.1) izlemek için 2030 yılına kadar yedi yıl daha bulunmaktadır ve LDN'nin uygulanmasına dair bilimsel temel dünyanın farklı ülkelerinde yapılan çalışmalar ile geliştirilmeye devam etmektedir.

Arazi kullanımı ve arazi örtüsünde zaman içerisinde meydana gelen değişiklikler, toprak bozulma süreçlerine öncülük anlayışı ile doğal örtü kaybıyla ilişkilendirilen geçişler, referans ve izlenen dönemlerdeki arazi örtüsü değişim kriterlerine dayalı olarak tanımlanmaktadır. Bu kriterler, arazi örtüsü geçişlerini bozulmaya uğrayan ve bozulmayan süreçlerle ilişkilendirmek amacıyla geliştirilmiştir. Bu tür geçişler, çayırların ağaç kaplı alanlara ve tarım

arazilerinin yerleşim geliştirmeye bağlı olarak yapay yüzeylere dönüşmesi gibi geçişler içeriyordu. Bununla birlikte, Türkiye dahil olmak üzere birçok ülkede yeterli çözünürlüğe sahip yıllık arazi kullanımı-arazi örtüsü haritaları ve sayısal toprak haritaları gibi veri tabanlarının bulunmaması, ulusal ve yerel düzeydeki değerlendirmenin önündeki önemli engellerdir. Arazi örtüsü değişikliği, toplam arazi alanı içinde bozulmuş olan arazi oranını değerlendirmek için kullanılan LDN'nin alt göstergelerinden biridir (SDG15.3.1). Bu kapsamda, ağaç kaplı alan, çayır, tarım arazisi, sulak alan, yapay yüzeyler, diğer araziler ve su yüzeyi olmak üzere 7 farklı arazi tipi için arazi örtüsü değişikliği değerlendirilmektedir. SDG 15.3 göstergesi, analiz edilen dönemde, herhangi bir alan için üç alt göstergeden birinde azalma varsa bozulmuş olarak değerlendirir. En az bir göstergede olumlu bir eğilim olsa ve diğer ikisinde olumsuz bir eğilim olmaz ise, bu bir kazanç olarak kabul edilir. Tüm göstergelerin durumlarında herhangi bir değişim olmadığında ise arazinin durumu stabil olarak kabul edilmektedir (Schillaci ve ark., 2023).

Toprak Bozulmasının Dengelenmesi, toprak kaynaklarının miktarını ve kalitesini korumak veya iyileştirmeyi hedeflerken, bozulmuş arazilerin, çölleşme, kuraklık ve sellerden etkilenen toprakların daha fazla bozulmasını önlemek, azaltmak ve onarmayı amaçlamaktadır (UNCCD, 2019). Toprak bozulmasını izlemek ve raporlamak için arazi kullanımındaki değişiklik için bir ölçüt olarak arazi örtüsü değişikliği (AÖD), arazi üretkenlik dinamikleri (AÜD) ve karbon stok ölçütü olarak toprak organik karbon (TOK) stokları şeklinde üç alt gösterge kullanılmaktadır (Gonzalez-Roglich ve ark., 2019).

Arazi örtüsü değişikliğinin LDN sonuçları üzerindeki etkisi oldukça belirgindir, çünkü arazi örtüsündeki önemli düzeyde meydana gelen değişiklik diğer iki alt göstergeyi, özellikle bitki örtüsü ve karbon değişikliklerini etkilemektedir. Bu nedenle, AÖD, toprak bozulması, iklim değişikliği ve biyoçeşitlilik azalması gibi süregelen sürdürülebilirlik krizlerine de dahil edilmiştir (Biyoçeşitlilik ve Ekosistem Hizmetleri Konusunda Hükümetler arası Bilim-Siyaset Platformu (IPBES), 2018; IPCC, 2019; IPCC, 2022). Birleşmiş Milletler Çölleşme İle Mücadele Sözleşmesinde (BMÇMS), 2000-2015 dönemi olarak tanımlanan bir referans dönemini, toprak bozulma durumunun 2030'a kadar izlendiği temel dönem olarak seçmiştir (Sims ve ark., 2021). Toprak tabanlı doğal sermayenin durumu ve durumu ile bu topraktan

kaynaklanan ekosistem hizmetleri, üç TBN göstergesinin başlangıç sayısal değerleri kullanılarak çıkarılabilir (BMÇMS, 2019). Yıllık izlemeler temelde arzu edilse de, ülkeler şu anda SDG 15.3.1'i her 4 yılda bir rapor etmektedirler. Bu, birçok ülkenin TBN'yi işler hale getirmede karşılaştığı bazı zorluklardan kaynaklanmaktadır. Bunlar yerel ve ulusal düzey veri setlerinin uygun olmaması ve mevcut teknik uzmanlık seviyelerinin yetersizliği gibi faktörlerdir (Akinyemi vd., 2021; Ifejika vd., 2019). 125'ten fazla ülke TBN hedeflerini belirlemiştir, ancak çoğu tahminleri 2018'de düşük bir güven seviyesi ile raporlanmıştır. Bu durumun temel nedeni, bu tahminlerin küresel verilerden elde edilmiş olması ve birçok bağlamda alan doğrulamanın eksik olmasıdır (Akinyemi vd., 2021). Yukarıdaki, arazi örtüsü ile ilgili göstergeleri izlemek için küresel verilerin faydalı olma gerekliliğini yok saymaz. Örneğin, bu tür bir bilgi, o ölçekte uygun politika rehberliğinin geliştirilmesini desteklemek için gereklidir. Eksik yerel veriler olmadığında ülkeler tarafından kullanılması önerilen mevcut küresel veriler (Sims vd., 2021), ancak küresel verilerin yerel düzeyde kullanmanın sınırlamaları giderek daha belirgin hale gelmektedir. Soru, yerel ve/veya ulusal düzeyde politika uygulamak için küresel verilere güvenmenin uygunluğu hakkında devam etmektedir (Akinyemi vd., 2021; Sims vd., 2021). Bu nedenle, bu sınırlamaları ele almak için çözümlere ihtiyaç vardır.

Türkiye’de Arazi Bozulması

Dünyada özellikle kurak ve yarı kurak alanlarda daha yoğun gerçekleşen arazi bozulması, dünyanın toplam yüzeyinin yaklaşık %41'ini kaplayan, insanların doğup büyüdükleri arazileri terk etmesine neden olan oldukça önemli bir çevresel sorundur (Jafari ve ark., 2016). Oldukça engebeli olarak tanımlanan Türkiye’nin topografyasının ortalama rakımı 1132 m olup tüm Avrupa Kıtası'nın ortalama yüksekliğinden 3.5 kat daha fazladır. Deniz seviyesinden 250 metre yüksekliğe kadar yer alan ovalar ülkenin sadece onda birini kaplarken, 800 metreden yüksek yerler ülkenin üçte ikisini kaplamakta ve ülkenin yarıdan fazlasında rakım 1000 metreden daha yüksektir. Topografyası nedeniyle, Türkiye'nin toplam alanının %46'sında arazi eğimi %40'tan ve toplam alanın %62.5'inde ise eğimi %15'ten fazladır. (Dinç ve ark., 1997; Anonim, 2016). Arazilerin topografik özellikleri, geniş alanlarda yarı kurak koşulların hâkim olması, tarımsal üretim ve mera kullanımındaki geleneksel alışkanlıklar, nüfustaki hızlı artışı gibi sorunlar çok uzun zamandır çeşitli

medeniyetlere ev sahipliği yapan Türkiye'nin kurak ve yarı kurak bölgelerinde arazilerin kırılgan ve toprak bozulmasına karşı hassas hale gelmesine neden olmuştur.

Türkiye, çeşitli iklim ve toprak özellikleri ve topografik yapısı nedeniyle çölleşme ve kuraklığa son derece duyarlıdır. Su erozyonu, Türkiye'de arazilerin bozulmasının en önemli nedenidir. Farklı yoğunluklarda erozyon, tarım alanının %59'unu etkilemekte olup, su erozyonu ülkedeki meraların %64'ünü ve orman alanlarının ise %54'ünü etkilemektedir (Anonim, 2016). TÜBİTAK BİLGEM Yazılım Teknolojileri Araştırma Enstitüsünün Orman ve Su İşleri Bakanlığı ile yürüttüğü Havza İzleme ve Değerlendirme Sistemi'nin Geliştirilmesi (HİDS) Projesinde Türkiye'de arazi bozulmasının ana nedenleri; iklim, su, toprak, arazi örtüsü, arazi kullanımı, topografya, sosyo-ekonomik nedenler ve arazi yönetimi olarak belirtilmiştir. İklim ile ilgili olarak yağışların yetersizliği, yağış dalgalanmaları, sıcaklıklar, rüzgar ve kuraklığın Türkiye'de arazi bozulmasının %35.6'sının nedeni olduğu rapor edilmiştir. Su kaynaklarının bulunurluğu, akiferler ve etkili su kullanımı Türkiye'deki arazi bozulmasının %18.4'ünün nedeni olduğu belirtilmiştir. Toprak erozyon riski, toprak derinliği, toprak yapısı, toprak organik madde içeriği, toprak reaksiyonu, toprak ana materyali, drenaj, tuzlanma ve alkalileşme, toprak kireç içeriği ve toprak kirliliği gibi faktörler toplam arazi bozulmasının %17.2'sinin nedeni olarak rapor edilmiştir. Arazi Örtüsü ve Arazi Kullanımı ile ilgili olarak, bitki örtüsü oranı, esneklik, kuraklık direnci ve toprak erozyonunu önleme özellikleri Türkiye'de arazi bozulmasının %11.6'sının nedeni olarak belirlenmiştir. Topografik özellikler ile ilgili, fizyografya, hidrografik drenaj yoğunluğu, yamaçların yönü, eğimi ve yamaç oluşumunun Türkiye'de toprak bozulmasının %6.3'ünün nedeni olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmada sosyo-ekonomi kriterlerden, kırsal gelir ve toprak dağılımı, tarımda maliyet - net yönetim, terkedilmiş ve işgal edilmiş araziler, tarım ve orman köylerinde yasa dışı istihdam ve düşük gelir düzeyleri, insanların toprak bozulması konusundaki farkındalık düzeyi; eğitim ve uzatma hizmetleri, farkındalık artırma, ekonomik olarak önemli doğal türlerdeki değişiklikler ve toprak bozulması algısı gibi faktörler ülkedeki arazi bozulmasına katkısı %6.2 olduğu belirtilmiştir. Havza yönetimi politikaları, kırsal kalkınma politikaları, toprak bozulmasıyla mücadele için ulusal stratejik planlar ve programlar, ulusal ölçekte toprak

bozulması ölçme, izleme ve değerlendirme sistemleri, çölleşme konusunda uzman sayısı, ormanlar, tarım arazileri, otlaklar ve koruma alanları üzerine politikalar, sera gazı emisyonu politikaları ve maden sahası rehabilite etme politikalarının da ülkedeki arazi bozulmasının %4.7'ünden sorumlu olduğu ifade edilmiştir (Anonim, 2016).

Türkiye'de Arazi Bozulmasının Önlenmesi ve İyileştirilmesi Adına Gerçekleştirilen Faaliyetler

Toprak bozulması algısı, kişilerin dünya görüşüne ve toprakla olan ilişkilerine bağlı olarak radikal şekilde farklılık gösterebilmektedir (Willemen ve ark., 2020). Her ne kadar farklılık gösterse de çoğu toprak bozulma sürecinin, kritik sonuçlarıyla birlikte durdurulabilir veya en azından hafifletilebilir ve önlenebilir olduğu gerçeği birçok kişi tarafından kabul edilmektedir (Pásztor, 2021). LDN, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi 15.3 içinde yer alan ve bilimsel olarak UNCCD uygulanmasını güçlendirmek için geliştirilmiş son derece önemli bir araçtır (Orr ve ark., 2017). Arazi bozulmasının mevcut durumu ve eğilimleri hakkında bilgi sahibi olmak, olumsuz gelişmeleri tersine çevirmek ve gerçekleştirilen faaliyetlerden elde edilen olumlu sonuçları iyi uygulamalar olarak yaymak için çok önemlidir. Bu nedenle, uygulanmakta olan veya uygulanılması planlanan LDN izleme sistemleri, arazi bozulmasını belirleyebilmeli ve çölleşme ve arazi bozulması ile mücadele ve LDN hedeflerine ulaşmanın yanında arazi bozulma eğilimlerini izleme yeteneğine de sahip olmalıdır (Anonim, 2016). Bir Akdeniz ülkesi olarak Türkiye, LDN'ye taahhütte bulunan ve bu taahhütleri ulusal politikalara çevirmek için UNCCD'nin 2014 pilot projesine katılan ilk ülkelerden biri olmuştur (The Global Mechanism of the UNCCD, 2016).

Dünyanın birçok bölgesinde olduğu gibi, arazi bozulması Türkiye'yi etkisi altına alan en önemli tehditlerden biridir ve ülkenin kurak ve yarı kurak bölgelerindeki arazilerde giderek daha fazla etkili olmaktadır. LDN'ye ilk taahhütte bulunan ülkelerden biri olan Türkiye, arazilerindeki kalitenin azalmasındaki ana eğilimlerin, daralan orman alanları ve orman, çayır ve tarım arazilerinde azalan verimlilik olarak belirlenmiş ve LDN hedefleri arasında ağaçlandırma, yangın etkisi altındaki orman alanlarını azaltma, bozulmuş orman, çayır ve tarım arazilerini rehabilite etme, sulama alanlarını artırma önlemlerini daha etkin bir şekilde hayata geçirmeye başlamıştır (Anonim,

2016). Türkiye’de Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, TÜBİTAK BİLGEM iş birliğiyle, "Havza İzleme ve Değerlendirme Sistemi" (HIDS) adlı bir çatı proje kapsamında, Türkiye'ye özgü coğrafi ve matematiksel bir model olan Türkiye Çölleşme Modelini (TÇM) oluşturmuştur. Ülke özelinde TÇM, arazi bozulma ve çölleşme riskini değerlendirmek ve havza düzeyinde risk haritaları oluşturmak, çölleşme ve arazi bozulma riskini dinamik bir şekilde izlemek amacıyla önemli bir araç olarak tasarlanmış ve geliştirilmiştir. Türkiye'nin "Çölleşme Risk Haritası", ulusal düzeyde özel istatistiksel hataların kaynaklarını dikkate alarak, mevcut iklim, toprak, topografya ve arazi örtüsü veri setleri kullanarak, analitik hiyerarşi yöntemini de dâhil ederek elde edilmiştir. Bu çalışmada eldee dilen verilere göre, Türkiye topraklarının %12.7'si çölleşme riski açısından düşük risk grubunda, %53.2'si orta risk ve %25.5'i ise yüksek risk grubundadır. Orta ve yüksek risk grubundaki arazilerde acil ve etkili önlemler alınmazsa, bu araziler yakın gelecekte yüksek arazi bozulması ve çölleşme riski taşıyacaklardır. Diğer taraftan, Türkiye'deki diğer bölgelere kıyasla nemli-ılıman ve nemli çoğunluğu kıyılarda olan havzalar, nispeten daha düşük bir arazi bozulması ve çölleşme riski taşımaktadır (Türkeş ve ark., 2020).

Arazi bozulmasını önleme ve restorasyon adına orman alanların genişletilmesi, meraların ve tarım arazilerinin korunması adına çıkarılan yasalar ve korumalı tarımsal üretim için teşvikler çıkarılmış olmasına rağmen toprak bozulması Türkiye için önemli ve ülkenin geleceğini tehdit eden çok önemli bir sorun olmaya devam etmektedir. Arazi kaynaklarının korunması ve düzenlenmesine dair yasalar çıkartılmış olmasına rağmen, uygulamaların yeterince etkili olmaması, arazilerin amaç dışı kullanımının önüne geçememektedir. Orman ve mera alanlarını yasa dışı olarak kullanan veya işgal edenlerle ilgili çıkarılan aflar, yasaların caydırıcılığını kaybetmesine neden olmaktadır (Gökbulak ve ark., 2018).

Arazilerinin büyük bir bölümünde bozulma ve çölleşme riski olan Türkiye, Çölleşme ve Arazi Bozulması ile Mücadele Ulusal Strateji ve Eylem Planı temelinde, ulusal ölçekte çölleşme kriterlerini ve göstergelerini belirleyerek çölleşmeyi izlemek için bir çölleşme modeli geliştirmiş ve Türkiye için bir çölleşme risk haritası oluşturmuştur. Ulusal Eylem Planı için web tabanlı bir izleme, değerlendirme ve raporlama sistemi kurulmuştur. Erozyonla

etkili mücadele için bir erozyon izleme sistemi kurulmuş ve erozyon risk haritası oluşturulmuştur. Ülke genelinde ormancılık faaliyetleri kapsamında da bir toprak veri tabanı oluşturulmuştur. Tarım mera alanlarından elde edilen toprak verileri, ilgili kuruluşların sistemleriyle entegre edilerek sürekli olarak güncellenmektedir. Ayrıca, Türkiye LDN hedefleri belirlenmiş ve bu kapsamda 2030 yılına kadar 1.000.000 ha ağaçlandırma, 750.000 ha mera ıslahı ve 2.000.000 ha tarım alanı ıslahının yapılması planlanmıştır (Anonim, 2016).

LDN, arazi tahribatının gerçekleşmeden önlenmesi, azaltılması ve tahrip olan alanların iyileştirilmesi yoluyla arazi kaynaklarının korunmasını ve geliştirilmesini amaçlayan bir yaklaşımdır. LDN yaklaşımının başarılı bir şekilde uygulanması için, ulusal düzeyde gerekli altyapının kurulması ve kapasite gelişiminin sağlanması gerekmektedir. Bu amaçla, BM Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ve Tarım ve Orman Bakanlığı iş birliğiyle "Arazi Tahribatının Dengelenmesi Yukarı Sakarya Havzası Projesi" hayata geçirilmiştir. Projenin temel amacı, Türkiye'de LDN yaklaşımını yaygınlaştırmak ve arazi tahribatının etkilerini azaltmaktır. Proje, Türkiye'nin önemli tarım, sanayi ve ormancılık alanlarında en önemli havzalarından birisi olan Yukarı Sakarya Havzasında uygulanmaktadır. Havzada arazi tahribatı, başta erozyon olmak üzere, çeşitli sorunlara yol açmaktadır. Proje kapsamında, LDN eğitimi ve farkındalık çalışmaları, arazi tahribatı izleme ve değerlendirme çalışmaları ve arazi tahribatı ile mücadeleye yönelik teknik destek çalışmaları gerçekleştirilmektedir. Projenin başarılı bir şekilde tamamlanması ile Türkiye'de LDN yaklaşımının yaygınlaştırılması ve arazi tahribatının etkilerinin azaltılması için önemli bir adım atılmış olması beklenmektedir.

“Sürdürülebilir Arazi Yönetiminin Yaygınlaştırılması ve Ölçeklendirilmesi için Karar Destek” başlıklı proje 2018-2020 yılları arasında Çölleşme ile Mücadele Genel Müdürlüğü koordinasyonu ile gerçekleştirilmiştir. Projenin temel amacı, arazi bozulmasının değerlendirilmesi ve sürdürülebilir arazi yönetimine destek olmak ve iyi uygulamaların izlenmesi şeklindedir. Proje ile ulaşılmak istenenler ise, arazi bozulması ve çölleşme ile mücadele, iklim değişikliğine uyum, biyoçeşitliliğin korunması; tarım ve orman alanlarının etkili, verimli ve sürdürülebilir bir şekilde kullanımının arttırılması, ilgili konularda kamuoyu oluşturulması, iyi uygulamaların yayılması, arazi yönetiminde iyi uygulama örneklerinin derlenmesi ve kriterlerin standartlaştırılması, kapasite geliştirme faaliyetlerinin

düzenlenmesidir. Proje kapsamında, Konya-Karapınar bölgesinde, Çevre Tabanlı Tarımsal Arazi Koruma Programı (ÇATAK) kapsamında, toprak ve su kalitesinin korunması, doğal kaynakların sürdürülebilirliği, erozyonun önlenmesi ve tarımın olumsuz etkilerinin azaltılmasına yönelik alanların korunması amacı ile üreticilerin iyi uygulamalarına ilave destekler verilmiştir. Bölgedeki devlet ve özel sektör paydaşları, kuraklık etkisi altındaki verimsiz arazilerde karlı bir tarım sistemini desteklemek amacıyla bu ortaklığa dahil edilmiştir. Ayrıca, etkili kapasite geliştirme ve Sürdürülebilir Arazi Yönetimi bölgesel planlaması için ilgili paydaşlarla birlikte operasyonel strateji ve başlangıç eylem planı, önceliklendirme ve uygulama eylem planı için gözden geçirilmiştir.

Türkiye'de yapılan bir kısım küçük ölçekli çalışmalarda da tarım arazilerinde yapılan çeşitli uygulamaların LDN'ye katkısı tartışılmıştır. Bu kapsamda, Budak ve ark. (2020), İç Anadolu'da doğal koşullar altında oluşmuş tuzlu toprakların yer aldığı bir alanda, toprak kalitesinin iyileştirilmesi adına yapılan işlemler sonrası arazinin LDN durumunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar, önceleri tuzlu olan çalışma alanında LDN'yi değerlendirilmek amacı ile ıslah işlemleri öncesi (2008) ve sonrası dönemlere (2013 ve 2017) ait normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi (NDVI), net birincil verimlilik ile toprak organik karbon stoku verilerinden yararlanmışlardır. Çalışma alanı topraklarında ıslah öncesi ortalama 40.51 ton ha^{-1} olan organik karbon stoku miktarının, ıslah ve sonrasında başlayan iyi tarım uygulamaları sonrası 44.68 ton ha^{-1}'a çıktığı, başlangıçta -0.044 ve + 0.060 ve 125-250 g C m^{-2} arasında olan NDVI ve NPP değerlerinin, önemli düzeyde artarak ıslah sonunda 2013 ve 2017 yıllarında sırası ile 0.234-0.551 ve 0.419-0.631 ve 200-475 g C m^{-2} ve 200-407 g C m^{-2}'ye yükseldiğini bildirmişlerdir. Tuzluluğun göstergesi olan elektriksel iletkenlik değerleri, 4.08 dS m^{-1}'den 2.26 dS m^{-1}'e düşmüştür. Araştırmacılar, uygulanan arazi yönetim tarzının arazinin biyolojik üretkenliğini arttırdığını ve LDN'yi olumlu etkilediğini ortaya koymuşlardır.

Yüksek lisans tezi kapsamında bir çalışma yapan Baysal (2002), Türkiye'deki sulak alanlardaki arazi kullanım değişimlerini izlemeyi ve değerlendirmeyi amaçlamıştır. Buna ek olarak, LDN'ye yönelik olarak sulak alan ve çevresindeki değişimlere dayalı olarak risk değerlendirmesi yaparak, alınacak önlemlere ve oluşturulacak politikalara destek sağlamayı

hedeflemiştir. Araştırmacı, Türkiye'de sulak alanların önemli bir kısmının zaman içinde tarım arazilerine dönüştürüldüğünü (%35,38) ortaya koymuştur. 2000-2022 yılları arasında Türkiye'de sulak alanların orman, tarım, yerleşim ve diğer arazi sınıflarına dönüştürüldüğünü, bu süreçte sulak alan varlığının 3629.28 hektar azaldığını rapor etmiştir. Ayrıca, yağışların azalması, kuraklık, amaç dışı kullanım ve bilinçsizce yapılan kurutmalar nedeniyle sulak alanlarda 40991.47 hektar bozulma meydana geldiği belirlenirken, bazı bölgelerde alınan önlemler sonucunda toplamda 25683.03 hektar sulak alanda iyileşme olduğu gözlemlenmiştir.

Arazi tahribatının dengelenmesinin üç temel kriterinden biri olan toprak karbon stoklarının belirlenmesine yönelik, bireysel lokal çalışmalar olmakla birlikte, tüm ülkeyi kapsayan iki proje öne çıkmaktadır. Bunlar, "ülkesel coğrafi toprak verimliliği ve organik karbon bilgi yönetim sistemi projesi" ve "Türkiye toprak organik karbonu (TOK) projesi" dir. Bu projelerin ilkinde, Türkiye topraklarının organik karbon dağılım haritası ve Türkiye topraklarının karbon bütçesi haritası oluşturulmuştur. Türkiye TOK projesi 2017-2019 yılları arasında yürütülmüş ve TOK stokunun belirlenmesi, değişimin izlenmesi ve artırılmasına yönelik çalışmaların yapılması amaçlanmıştır (Topçu ve ark., 2022).

Sonuç ve Öneriler

Türkiye'de arazi bozulması, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde yoğun bir tehdit oluşturmaktadır. Bu çalışma, toprak bozulmasının genel bir değerlendirmesini sunmuş, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi 15 kapsamında toprak bozulmasının önlenmesi ve iyileştirilmesi için Türkiye'nin izlediği stratejileri ve bu stratejilere dair yürütülen çalışmaları ele almıştır.

Türkiye'nin toprak yapısı, topografyası ve iklim özellikleri nedeniyle arazi bozulması önemli bir sorundur. Çeşitli faktörler, su erozyonundan tarım alanlarının kaybına kadar, arazi bozulmasını etkileyen karmaşık bir ağ oluşturur. Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşabilmesi için bu sorunlarla başa çıkması gerekmektedir. Ülkedeki arazi bozulmasıyla mücadelede alınan önlemler arasında, Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi çerçevesinde Toprak Bozulmasının Dengelenmesi (LDN) hedefine ulaşma taahhüdü öne çıkmaktadır. Türkiye, bu hedef doğrultusunda çeşitli stratejiler ve projeler geliştirmiştir.

LDN için belirlenen hedeflere ulaşmak adına Türkiye, çeşitli projeleri hayata geçirmiş ve bu projelerin etkinliğini izlemek için çeşitli sistemler oluşturmuştur. Yukarı Sakarya Havzası Projesi ve "Sürdürülebilir Arazi Yönetiminin Yaygınlaştırılması ve Ölçeklendirilmesi için Karar Destek" projesi, bu çerçevede önemli adımlardır. Ancak, bu çalışmaların başarıyla sonuçlanabilmesi için yerel düzeyde daha fazla veriye ihtiyaç vardır. Türkiye, ulusal düzeyde arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişikliklerini daha ayrıntılı bir şekilde izleyebilmek için veri tabanları geliştirmelidir.

Türkiye'nin aldığı önlemler ve yürüttüğü projeler, arazi bozulmasının azaltılması adına olumlu adımlardır. Ancak, bu çabaların sürdürülebilirlikleri için toplumun da bu konuda bilinçlendirilmesi ve katılımının artırılması önemlidir. Türkiye'nin gelecekte arazi bozulmasıyla mücadelesinde başarılı olabilmesi için bilim, politika ve toplum iş birliğinin güçlendirilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda aşağıdaki öneriler yapılmıştır:

Farkındalık ve Eğitim:

- Toplumda arazi bozulmasının nedenleri ve etkileri konusunda geniş farkındalık yaratılmalıdır.
- Kampanyalar ve eğitim programlarıyla, sürdürülebilir arazi yönetimi bilinci artırılmalıdır.

İyi Uygulamalar:

- Başarılı arazi yönetimi uygulamaları belirlenmeli ve çiftçilerle paylaşılmalıdır.
- Yenilikçi tarım teknikleri ve teknolojik çözümlerle desteklenen pilot projeler teşvik edilmelidir.

İzleme ve Değerlendirme:

- İleri teknolojiler kullanılarak arazi bozulması izleme sistemleri güçlendirilmelidir.
- Veri paylaşımı teşvik edilmeli, şeffaf bilgi akışı sağlanmalıdır.

Bütüncül Yaklaşım:

- Sektörler arası iş birliği desteklenmeli, politika ve uygulamalarda bütüncül bir yaklaşım benimsenmelidir.
- Politika oluşturucular, yerel kültür ve ihtiyaçları dikkate alarak sürdürülebilir arazi yönetimi politikalarını hayata geçirmelidir.,

Kaynakça

Anonim. 2016. TURKEY Land Degradation Neutrality-National Report. UN CCD: United Nations Convention to Combat Desertification. Erişim tarihi: 15 Aralık 2023. https://faolex.fao.org/docs/pdf/tur175972.pdf

Baysal, B.U. (2022). Türkiye sulak alanlar arazi örtü/kullanım değişimlerinin arazi tahribatının dengelenmesi kapsamında izlenmesi ve değerlendirilmesi (Master's thesis, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Budak, M., Günal, H., Kiliç, O. M., & Nurullah, A. C. İ. R. (2020). Tuzlu ve Sodik Arazilerde Islah ve Tarımsal Faaliyetler Sonrası Arazi Tahribatının Dengelenmesinin İzlenmesi. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 7(2), 172-182.

Dinç, U., Şenol, S., Kapur, S., Cangir, C., Atalay, I. 1997. Soils of Turkey. University of Çukurova,

Faculty of Agriculture Pub. No. 51 Adana. 233 Gökbulak, F., Erdoğan, B. U., Yildirim, H. T., & Özçelik, M. S. (2018). Causes of land degradation and rehabilitation efforts of rangelands in Turkey. Forestist, 68(2), 106-113.

Gonzalez-Roglich, M., Zvoleff, A., Noon, M., Liniger, H., Fleiner, R., Harari, N., & Garcia, C. (2019). Synergizing global tools to monitor progress towards land degradation neutrality: Trends. Earth and the World Overview of Conservation Approaches and Technologies sustainable land management database. Environmental Science & Policy, 93, 34-42.

Jafari, R., & Bakhshandehmehr, L. (2016). Quantitative mapping and assessment of environmentally sensitive areas to desertification in Central Iran. Land Degradation & Development, 27, 108–119.

IPBES (2018). The IPBES assessment report on land degradation and restoration. In: Montanarella, L., Scholes, R., & Brainich, A. (Eds.), Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (p. 744). IPBES. https://doi.org/10.5281/zenodo.3237392

Lal, R., Bouma, J., Brevik, E., Dawson, L., Field, D. J., Glaser, B., Hatano, R., Hartemink, A. E., Kosaki, T., Lascelles, B., Monger, C., Muggler, C., Ndzana, G. M., Norra, S., Pan, X., Paradelo, R., Reyes-Sánchez, L. B., Sandén, T., Singh, B. R., … Zhang, J. (2021). Soils and Sustainable

Development Goals of the United Nations: An International Union of Soil Sciences perspective. Geoderma Regional. 25, e00398. https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2021.e00398

Pásztor, L. (2021). Advanced GIS and RS applications for soil and land degradation assessment and mapping. ISPRS International Journal of Geo-Information, 10, 128. https://doi.org/10.3390/ijgi10030128

Schillaci, C., Jones, A., Vieira, D., Munafò, M., & Montanarella, L. (2023). Evaluation of the United Nations Sustainable Development Goal 15.3. 1 indicator of land degradation in the European Union. Land Degradation & Development, 34(1), 250-268.

Schulze, K., Malek, Ž., & Verburg, P. H. (2021). How will land degradation neutrality change future land system patterns? A scenario simulation study. Environmental Science & Policy, 124, 254-266.

Sims NC., Newnham G.J., England JR., Guerschman J., Cox SJD., Roxburgh SH., Viscarra Rossel RA., Fritz S., Wheeler I. 2021. Good Practice Guidance. SDG Indicator 15.3.1, Proportion of land that is degraded over total land area. Version 2.0 Advanced unedited version. United Nations Convention to Combat Desertification, Bonn, Germany. https://www.unccd.int/sites/default/files/documents/2021-09/UNCCD_GPG_SDG-Indicator-15.3.1_version2_2021.pdf [access: 2023 October 19].

Topçu, P., Yavuz, Ö., & Tolunay, A. (2022). Sürdürülebilir toprak yönetiminde toprak organik karbonunun önemi. Turkish Journal of Forest Science, 6(2), 604-614.

The Global Mechanism of the UNCCD. 2016. Scaling up Land Degradation Neutrality Target Setting: From Lessons to Actions: 14 Pilot Countries' Experiences.

Türkeş, M., Öztaş, T., Tercan, E., Erpul, G., Karagöz, A., Dengiz, O., ... & Avcıoğlu, B. (2020). Desertification vulnerability and risk assessment for Turkey via an analytical hierarchy process model. Land Degradation & Development, 31(2), 205-214.

UNCCD 2019. Land Degradation Neutrality Transformative Projects and Programmes: Operational Guidance for Country Support. Global Mechanism of the UNCCD, Bonn, Germany. Erişim tarihi 13 Aralık,

2023. https://catalogue.unccd.int/1224_UNCCD_LDN_TPP_technical_guide_GM.pdf

Willemen, L., Barger, N. N., ten Brink, B., Cantele, M., Erasmus, B. F. N., Fisher, J. L., Gardner, T., Holland, T. G., Kohler, F., Kotiaho, J. S., von Maltitz, G. P., Nangendo, G., Pandit, R., Parrotta, J. A., Potts, M. D., Prince, S. D., Sankaran, M., Brainich, A., Montanarella, L., & Scholes, R. (2020). How to halt the global decline of lands. Nature Sustainability. Nature Research, 3, 164–166. https://doi.org/10.1038/s41893-020-0477-x

ISBN: 978-625-367-510-3