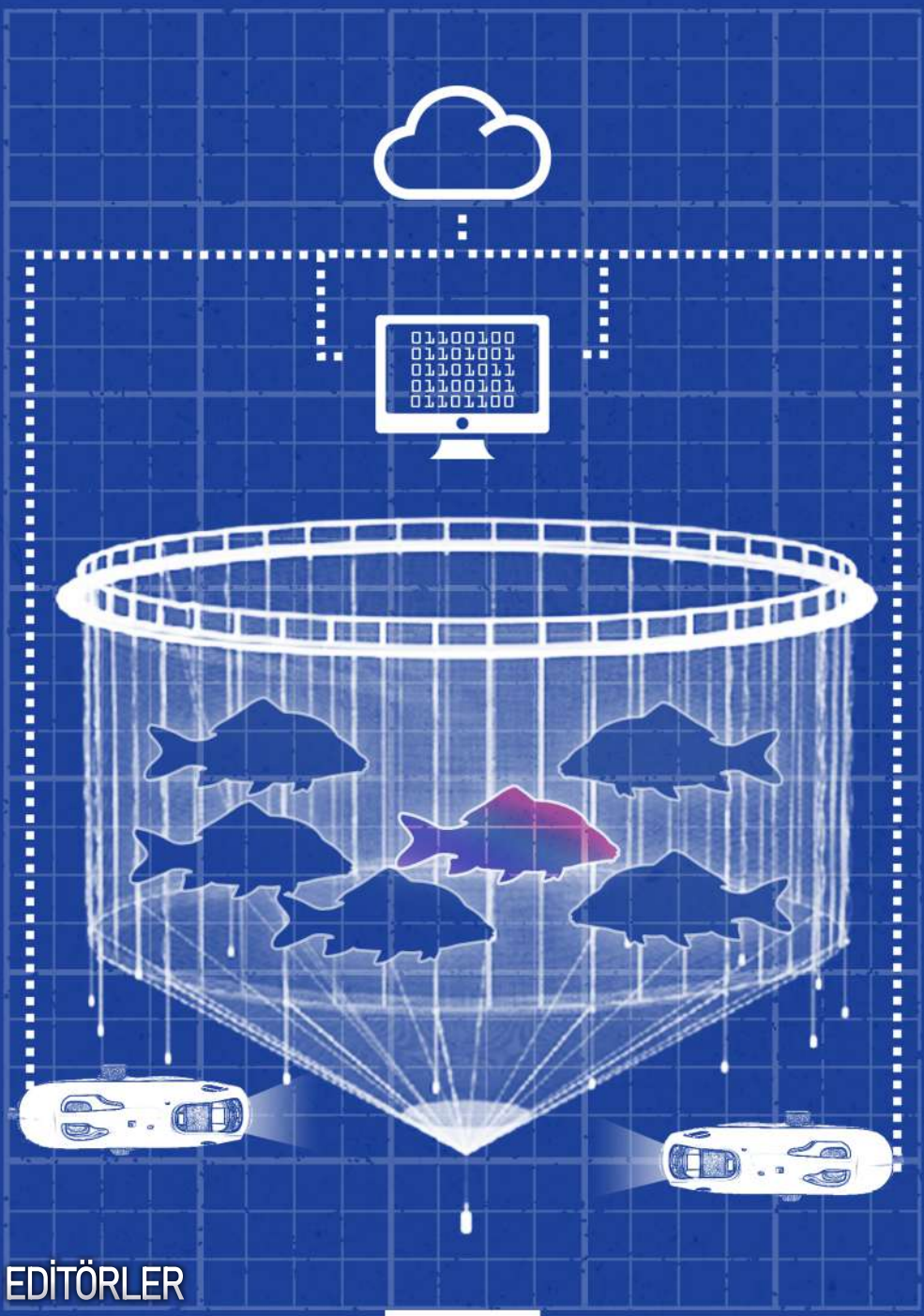
SU ÜRÜNÜLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİNDE TEKNOLOJİ KULLANIMI VE ÇEVRESEL ETKİLERİ



EDİTÖRLER

Prof. Dr. Suat DİKEL

Doç. Dr. İbrahim DEMİRKALE

İKSAD
Publishing House

Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Teknoloji Kullanımı ve Çevresel Etkileri

Editörler

Prof. Dr. Suat DİKEL

Doç. Dr. İbrahim DEMİRKALE

Yazarlar

Prof. Dr. Suat DİKEL

Doç. Dr. İbrahim DEMİRKALE

Öğr. Gör. Dr. Zeynep ERÇEN

Öğr. Gör. Dr. Ilgın ÖZŞAHİNOĞLU

Arş. Gör. Dr. Miray ETYEMEZ BÜYÜKDEVECİ

Dr. Şefik Surhan TABAKOĞLU

Öğr. Gör. Dr. Celal ERBAŞ

Çiğdem DİKEL

Mehmet Bedrettin DUMAN

Bülent Serdar YILDIRIM

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.
Iksad Publications – 2023©
ISBN: 978-625-367-404-5
Cover Design: Deniz DİKEL
November / 2023
Ankara / Türkiye
Size = 16 x 24 cm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE PREFACE……..……..1

BÖLÜM 1

Endüstriyel Akvakültürde Mekanizasyonun Vazgeçilmez Gerekliliği

Prof. Dr. Suat DİKEL……5

BÖLÜM 2

Balık Patojenlerine Karşı Tedavi Amaçlı Uygulanan Medikamentlerin Çevre İle Etkileşimi

Doç. Dr. İbrahim DEMİRKALE……...……..23

BÖLÜM 3

Sürdürülebilir Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Nanoteknolojik Gelişmeler

Öğr. Gör. Dr. Zeynep ERÇEN……....49

BÖLÜM 4

Su ürünleri Yetiştiriciliğinde Yem Katkı Maddesi Olarak Denizel Doğal Ürünlerin Kullanım Potansiyeli ve Geleceği

Çiğdem DİKEL……..…..69

BÖLÜM 5

İnorganik Nanopartiküllerin Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Hastalıklara Karşı Profilaktif Uygulamaları"

Arş. Gör. Dr. Miray ETYEMEZ BÜYÜKDEVECİ……....89

BÖLÜM 6

Makroalg Yetiştiriciliği Ve Kullanım Alanları

Mehmet Bedrettin DUMAN……...……..…105

BÖLÜM 7

Su Ürünleri Üretiminde Ölçüm Takip Ve Kayıt Sistemleri

Bülent Serdar YILDIRIM……...……..137

BÖLÜM 8

Su Ürünleri Beslemede Nano-Partikül Maddelerin Kullanımı

Öğr. Gör. Dr. Ilgın ÖZŞAHİNOĞLU……...157

BÖLÜM 9

Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde İnsansız Sistem Teknolojilerinin (Drone) Kullanımı

Dr. Şefik Surhan TABAKOĞLU – Öğr. Gör. Dr. Celal ERBAŞ……..…...169

BÖLÜM 10

Yakın Gelecekte Su Ürünleri Yetiştiriciliğinin Gıda Güvenliğine Katkılarının Ekonomik Analizi

Öğr. Gör. Dr. Ilgın ÖZŞAHİNOĞLU……...……193

BÖLÜM 11

Su Ürünleri Üretiminde Karbon Ayak İzi

Öğr. Gör. Dr. Celal ERBAŞ……..……207

ÖNSÖZ

Uçsuz bucaksız, parıldayan bir denizin kıyısında durduğunuzu, güneşin altın ışınlarının denizin yüzeyinde dans ettiğini ve bu dingin dış cephenin altında hayatla dolu, hareketli bir dünyanın olduğunu hayal edin. Yüzyıllar boyunca, su ekosistemleri insanlığa en kaliteli deniz ürünleri lezzetlerinden evlerimizi süsleyen süs balıklarının yetiştirilmesine kadar zengin bir besin kaynağı sağladı. Bu su alanlarıyla olan bağımız çok eski ve kalıcıdır ancak şu anda bir dönüşüm çağıyla karşı karşıyayız.

Su ürünleri yetiştiriciliği endüstrisinde inovasyon ve sürdürülebilirliğin kalbine sürükleyici bir yolculuk olan " **Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Teknoloji Kullanımı ve Çevresel Etkiler**i'ne hoş geldiniz. Bu sayfalarda bilim, teknoloji ve ekolojik bilincin birleşiminin su ürünleri yetiştiriciliğinin öyküsünü nasıl yeniden yazdığını keşfedeceğiniz, uzmanların ve öncülerin rehberliğinde büyüleyici bir yolculuğa çıkacaksınız.

Önümüzdeki bölümlerde, su ürünleri yetiştiriciliğindeki en son gelişmeleri ortaya çıkarmak için bilginin derinliklerine ineceğiz. Bu ilerlemeler yalnızca bilimsel kilometre taşları değildir; bunlar, su ürünleri yetiştiriciliğinin daha verimli, sürdürülebilir ve çevreye duyarlı bir uygulamaya dönüştüğü yeni bir çağın temel taşlarıdır.

Keşfimizin temel taşlarından biri hassas su ürünleri yetiştiriciliği sistemleri dünyası olacaktır. Yapay zekânın balık sağlığını ve büyümesini her açıdan izlediği, verimi en üst düzeye çıkarırken israfı en aza indirecek koşulları optimize ettiği çiftlikleri hayal edin. Bu sistemler aralıksız inovasyonun ürünüdür ve su ürünleri yetiştiriciliğinin doğa pahasına değil, doğayla uyum içinde çalıştığı bir gelecek vaat etmektedir.

Daha fazla girişimde bulundukça, modern su ürünleri yetiştiriciliği uygulamalarının ayrılmaz bir parçası olan etik hususları derinlemesine inceleyeceğiz. Sudaki yaşamın insani muamelesinden su kaynaklarının sorumlu yönetimine kadar, sürdürülebilirlik, koruma ve hayvan refahı hakkındaki kritik soruları ele alarak son gelişmelerin ahlaki pusulamızla nasıl uyumlu olduğunu keşfedeceğiz.

Ancak bu yeniliklerin etkisi su ürünleri yetiştiriciliği tesislerinin sınırlarının çok ötesine uzanıyor. Gıda güvenliği sorunlarının ele alınmasından ekonomik büyümenin desteklenmesine kadar bu ilerlemelerin küresel önemini ortaya çıkaracağız. Çevresel sürdürülebilirliğin çok önemli olduğu bir çağda, su ürünleri yetiştiriciliği sektörü, beslenmeye ve korunmaya ihtiyaç duyan bir gezegen için ölçeklenebilir çözümler sunan bir umut ışığı olarak duruyor.

Bu nedenle, ister deneyimli bir su ürünleri yetiştiricisi, ister öğrenmeye istekli meraklı bir öğrenci, ister sadece su altı dünyasının gizemlerine kapılan bir birey olun, "**Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Teknoloji Kullanımı ve**

Çevresel Etkileri"size su ürünleri yetiştiriciliğinin geleceği için aydınlatıcı ve düşündürücü bir rehber olmayı vaat ediyor. Su ve yaşamla olan ilişkimizi yeniden şekillendiren mavi devrimin derinliklerine dalarken bize katılın. Birlikte bu keşfedilmemiş sularda yol alacağız ve yüzeyin altında yatan vaat ve potansiyeli ortaya çıkaracağız.

Prof. Dr. Suat DİKEL, Doç. Dr. İbrahim DEMİRKALE

PREFACE

Imagine standing on the shores of a vast, shimmering sea, the sun's golden rays dancing on its surface, and beneath that serene exterior, a bustling world teeming with life. For centuries, aquatic ecosystems have provided humanity with a bountiful source of sustenance, from the finest seafood delicacies to the cultivation of ornamental fish that grace our homes. Our connection to these aquatic realms is ancient and enduring, but it is now facing an era of transformation.

Welcome to " **Technology in Aquaculture and Its Environmental Effects**," an immersive journey into the heart of innovation and sustainability within the aquaculture industry. Within these pages, you'll embark on a captivating voyage, guided by experts and pioneers, exploring how the convergence of science, technology, and ecological consciousness is rewriting the narrative of aquaculture.

In the chapters ahead, we will traverse the depths of knowledge to uncover the latest breakthroughs in aquaculture. These advances are not mere scientific milestones; they are the cornerstone of a new era in which aquatic farming is evolving into a more efficient, sustainable, and environmentally conscious practice.

One of the cornerstones of our exploration will be the world of precision aquaculture systems. Imagine farms where artificial intelligence monitors every aspect of fish health and growth, optimizing conditions to maximize yields while minimizing waste. These systems are the product of relentless innovation and promise a future where aquaculture operates in harmony with nature, rather than at its expense.

As we venture further, we will delve into the ethical considerations that are integral to modern aquaculture practices. From the humane treatment of aquatic life to the responsible stewardship of water resources, we will explore how recent advancements align with our moral compass, addressing critical questions about sustainability, conservation, and animal welfare.

Yet, the impact of these innovations extends far beyond the confines of aquaculture facilities. We will unravel the global significance of these advancements, from addressing food security challenges to fueling economic growth. In an era when environmental sustainability is paramount, the aquaculture sector stands as a beacon of hope, offering scalable solutions for a planet in need of nourishment and preservation.

So, whether you are an experienced fish farmer , a curious student eager to learn, or simply an individual captivated by the mysteries of the underwater world, " **Technology in Aquaculture and Its Environmental Effects**" promises to be an enlightening and thought-provoking guide to the future of aquatic farming. Join us as we plunge into the depths of the blue revolution that is reshaping our relationship with water and life itself. Together, we will navigate these uncharted waters and uncover the promise and potential that lie beneath the surface.

Prof. Dr. Suat DİKEL, Doç. Dr. İbrahim DEMİRKALE

BÖLÜM 1

Endüstriyel Akvakültürde Mekanizasyonun Vazgeçilmez Gerekliliği

Prof. Dr. Suat DİKEL[1]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10122987

[1] Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Yetiştiricilik Bölümü, Yetiştiricilik Anabilim Dalı http://orcid.org/0000-0002-5728-7052 dikel@cu.edu.tr

Giriş:

Dünya, deniz ürünlerine olan iştahını dizginleyemeyen bir küresel nüfus tarafından geniş bir talep artışı ile sürekli olarak büyümekte ve beslenme tercihlerini geliştirmektedir. Bunun sonunda, sucul organizmaların üretildiği akvakültür, bu hızla artan su ürünleri talebini karşılamanın tek temel taşı olarak ortaya çıktı. Geleneksel, emek yoğun bir uygulamadan modern, son derece verimli bir sektöre dönüşümde, mekanizasyon, endüstriyel akvakültürdeki ayrılık değişimlerinin basitleştirilmiş haline geldi. Bu bölüm, mekanizasyonun endüstriyel akvakültürünün içinde nasıl sadece bir tercih değil, aynı zamanda vazgeçilmez bir gereklilik haline getirilmiş etkileyici bir hikayeyi ele almaktadır.

Akvakültür, bir zamanlar mütevazı bir geçim aracı olan, dünya gıda üretim sisteminin temel bir taşı olarak ortaya çıktı. Şu anda, dünya su ürünleri arzının önemli bir bölümünü oluşturmakta, dünya çapında damak zevkini tatmin için çeşitli türler sağlamaktadır. Yüksek kaliteli protein kaynağı olarak güvenilir bir sağlayıcı olan akvakültür, hem gıda güvenliği hem de beslenmeyi karşılama konusunda kritik bir rol oynamaktadır. Özellikle yabani balık stokları aşırı avlanma ve stres bozuklukları nedeniyle artan zorluklarla karşı karşıya kaldığında önemi daha da belirginleşmektedir.

Ancak önceleri akvakültürün dikkati dağıtan karmaşıklıklar ve ikilemlerle dolu olması söz konusu değildi. Erken akvakültür yöntemleri manuel sisteme yoğun bir şekilde dayanıyordu ve bu, endüstriyel ölçekte ölçeklenebilirliği ve sürdürülebilirliği sınırlanıyordu. Bu sınırlamaları aşma ihtiyacını fark eden akvakültürcüler, ilerlemenin işareti olarak mekanizasyona yönelmişlerdir. Teknolojinin mütevazı bir değişikliği olarak başlayan bu süreç, artık bütün akvakültürün yüzleştiği, kuluçka tesislerinden hasat yapmaya ve suyu ücretsiz izlemekten işlemeye kadar olan tüm yönlerde ayrıntılı bir dönüşüm haline geldi.

Bu kitap, akvakültürün tarihî seyrini aydınlatmayı amaçlayarak mekanizasyonun endüstriyel akvakültürün döngülerini nasıl yapabileceğinize nasıl bir egzersiz programı haline geldiğini açıklamaya çalışmaktadır. Mekanizasyonun artan verimliliği ve ekonomik sürdürülebilirlik bakış açısının ötesinde, dikkatli bir şekilde ilgiyi çekmeyi hak eden çözümler, etik düşünceler ve sürdürülebilirlik kavramları da ince bir şekilde oluşmuştur.

Gelişmekte olan trendleri araştıran bu kitap, endüstriyel akvakültürde mekanizasyonun inkâr edilememesi konusunu açıklığa kavuşturacaktır. Bu, artan deniz ürünleri talebi ile sorumlu kaynak yönetimi arasındaki farkları kapatmada mekanizasyonun oynadığı temel rolü vurgular. Sonuç olarak, akvakültürdeki mekanizasyon hikâyesi, rekabete uyum gücü, bolluk ve sucul ekosistemlerimizi korurken bir aç gezegene besin sağlama taahhüdüne de bir şekilde hizmet vermektedir.

Mekanizasyonun tanımı

Su ürünleri mekanizasyonu, su ürünlerinin üretilmesinde, hedeflerin gerçekleştirilmesinde, üretimin her safhasında üreticiye üretim olanakları sağlayan, tüm üretim süreçlerini ve operasyonlarını insan yerine makineler, otomasyon sistemleri ve teknolojik çözümlerle daha etkin ve verimli hale getirme sürecini ifade eder (Dikel 2002). Bu kavram, su ürünlerinin üretiminde bir dizi farklı işlem ve görevi otomatikleştirme veya makineleştirme amacı taşır. Günümüzden sadece 20 yıl önce mekanizasyon kullanım nedenlerini açıklarken özellikle otomasyon ve odalarda bulunan kavramlardan yola çıkılıyordu. Ancak günümüzde mekanizasyona dayalı üretim tercihinin nedenleri arasında (belki de tercih sıralamasında) bazı değişikliklerin olması gerekir. Balık üretiminde mekanizasyon kullanımı ile yetiştirici mevcut olan, gücünü çok daha iyi bir şekilde kullanabilmektedir (Dikel 2009). Mekanizasyon özellikle çok sayıda isçi ve ayrı ayrı konularda yatırım ve enerji gereksinimi ile ilgili olarak üretimde etkin rol oynamaktadır ve üreticiye olanak sağlamaktadır.

Mekanizasyonun temel hedefi arasında iş süreçlerini optimize etmek, üretkenliği artırmak, işlemlerin maliyetlerini düşürmek ve işgücü ile ilgili sorunları ele almak gibi hedefler bulunur.

Su ürünlerinde mekanizasyon örnekleri:

1. Yemleme Sistemleri: Otomatik yem sunma sistemleri, balıkların ve diğer suların düzenli olarak beslenmesini sağlar. Bu, yem maliyetlerini azaltır ve ürün süreçlerini daha verimli hale getirir.
2. Su Kalitesi İzleme ve Kontrol: Otomatik su kalitelerini izleme sistemleri, suyun oksijen seviyeleri, pH değerleri, sıcaklık ve diğer parametreleri izleme su değerlerini optimize eder. Yapay zeka uygulamaları ile tüm senaryolar incelenir.

3. Havuz ve Kafes Temizliği: Özellikle kapalı devre havuzlarında ve deniz kafeslerinde kullanılan otomatik temizleme sistemleri, suyun temizliğini ve bağımsızlığını korur.
4. Hasat, Boylama ve İşleme: Balık boylanması, hasadı ve bakımı için kullanılan otomatik makineler, profesyonel hızlı ve etkili bir şekilde bakımı sağlar.
5. Veri Analitiği ve İzleme: İşletmeler, su ürünlerinin büyüme oranları, hastalık teşhisleri ve üretim verileri gibi bilgileri analiz ederek iş süreçlerini optimize etmek için veri analitiği ve izleme teknolojilerini kullanabilir.

Bu mekanizasyon süreçleri, su ürünleri yetiştiriciliğinde verimliliği artırırken, aynı zamanda işletmelerin sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmalarına da yardımcı olabilir. Bununla birlikte, mekanizasyonun uygulanması bazı zorluklar ve maliyetlerle de beraber gelebilir ve bu nedenle dikkatli bir planlama ve yatırım gerektirebilir.

Küresel gıda üretimi için su ürünleri yetiştiriciliği (akvakültür), bir dizi önemli nedenle giderek daha büyük bir rol oynamaktadır. Su ürünlerinin küresel gıda üretimindeki önemi oldukça belirgindir.

Dünya nüfusu sürekli olarak artıyor ve bu, gıda talebinin artmasına yol açıyor. Su ürünleri yetiştiriciliği, bu artan talebi karşılamak için önemli bir kaynak olarak hizmet ediyor. Deniz ürünleri, yüksek kaliteli protein, omega-3 yağ asitleri ve diğer besin maddeleri bakımından zengindir ve bu, dünya genelinde beslenme gereksinimlerini karşılamaya yardımcı olur.

Su ürünleri yetiştiriciliği, vahşi avcılığa kıyasla daha sürdürülebilir bir gıda kaynağı sunar. Denizlerdeki vahşi balık stokları aşırı avlanma ve çevresel faktörler nedeniyle giderek azalıyor. Akvakültür, bu doğal kaynakların korunmasına yardımcı olarak, gelecek nesillere temiz ve sağlıklı gıda sağlama potansiyeline sahiptir.

Su ürünleri yetiştiriciliği, gıda güvencesine katkıda bulunur. Deniz ürünleri, özellikle kıyı bölgelerinde ve gelişmekte olan ülkelerde önemli bir gelir kaynağıdır. Akvakültür, bu bölgelerdeki topluluklara istikrarlı bir geçim kaynağı sağlayabilir. Su ürünleri yetiştiriciliği, toprak kullanımına kıyasla daha yüksek bir verimlilik sunar. Aynı alanda daha fazla gıda üretme potansiyeli, tarım arazisinin sınırlı olduğu bölgelerde özellikle değerlidir.

Su ürünleri iklim şartları ve deniz şartlarının korunması gibi sürdürülebilirlik konularına daha iyi yanıtlar sunabilir (Dikel ve Demirkale 2022). Su ürünleri yetiştiriciliği, iklim değişikliği ve deniz yaşamının korunması gibi sürdürülebilirlik konularına daha iyi yanıtlar sunabilir. Daha iyi su kalitesi izleme, hastalık kontrolü ve çevresel etkilerin izlenmesi, akvakültürün sürdürülebilirliğini artırır.

Mekanizasyon, teknolojik gelişmelere hızla uyum sağlayarak daha verimli ve çevre dostu üretim yöntemleri sağlar. Otomasyon, su kalitesinin izlenmesi sistemleri ve veri analitiği gibi teknolojiler, verimliliği arttırırken kaynakları daha etkili bir şekilde kullanmaya yardımcı olur (Dikel ve Öz., 2022).

Su ürünleri yetiştiriciliği, teknolojik gelişmelere hızla uyum sağlayarak daha verimli ve çevre dostu üretim yöntemlerine olanak tanır. Otomasyon, su kalitesi izleme sistemleri ve veri analitiği gibi teknolojiler, verimliliği artırırken kaynakları daha etkili bir şekilde kullanmaya yardımcı olur.

Kısacası, su ürünleri yetiştiriciliği, küresel gıda üretim sistemi içinde sürdürülebilir bir şekilde artan talebi karşılayan, yüksek kaliteli gıda kaynakları sunan ve iklim değişikliği gibi önemli sorunlara çözüm sağlayan önemli bir bileşendir.

Makineleşme, deniz ürünlerine yönelik artan talebin çeşitli şekillerde karşılanmasında önemli bir rol oynamaktadır: Mekanizasyon, deniz ürünleri üretim sürecinde emek yoğun birçok görevi otomatikleştirerek verimliliğin artmasına yol açar. Örneğin otomatik besleme sistemleri, balıkların ve diğer suda yaşayan organizmaların tutarlı ve hassas bir şekilde beslenmesini sağlayarak daha hızlı büyümeyi teşvik eder ve yem israfını azaltır. Mekanize sistemler, su ürünleri tesislerinin daha büyük ölçekte çalışmasını sağlar. Su kalitesinin, sıcaklığın ve diğer çevresel faktörlerin otomatik olarak izlenmesi ve kontrolü, daha yüksek stoklama yoğunluklarına ve daha fazla üretim çıktısına olanak tanır. Mekanizasyon teknolojisine ilk yatırım olsa da, bu genellikle uzun vadeli maliyet tasarruflarına yol açar. Azalan işgücü maliyetleri, gelişmiş yem verimliliği ve daha iyi hastalık kontrolü, genel maliyet düşüşüne katkıda bulunur.

Mekanizasyon, tutarlı ürün kalitesinin korunmasına yardımcı olur. Otomatik işleme ve taşıma ekipmanları, deniz ürünlerinin hassas bir şekilde işlenmesini, hasarın en aza indirilmesini ve tazeliğin korunmasını sağlar.

Mekanizasyon, kaynakların sorumlu kullanımına yardımcı olur. Otomatik su kalitesi izleme sistemleri, su koşullarının yetiştirilen türler için ideal olmasını sağlayarak kaynak kullanımını optimize etmeye yardımcı olur. Bu, su israfını ve su ürünleri yetiştiriciliği operasyonlarının çevresel etkisini azaltır (Dikel ve Demirkale 2023). Birçok bölge, su ürünleri yetiştiriciliği için yeterli iş gücü sağlama konusunda zorluklarla karşı karşıyadır. Mekanizasyon, el emeğine olan bağımlılığı azaltarak işgücü eksikliğinin giderilmesine yardımcı olur ve vasıflı işçilere erişimin sınırlı olduğu bölgelerde bile operasyonların devam etmesini mümkün kılar. Hastalık tespiti ve tedavisine yönelik otomatik sistemler, hastalık salgınları riskinin azaltılmasına yardımcı olur. Erken teşhis ve hassas tedavi, su ürünleri yetiştiriciliği faaliyetlerinde önemli kayıpları önleyebilir. Mekanize sistemler genellikle ölçeklenebilir olup, su ürünleri yetiştiriciliği operasyonlarının artan talebe yanıt olarak üretimi genişletmesine olanak tanır. Mekanizasyon genellikle su ürünleri yetiştiriciliği operasyonlarının çeşitli yönlerine ilişkin verilerin toplanmasını içerir. Bu veriler bilinçli kararlar vermek, süreçleri optimize etmek ve verimliliği artırmak için analiz edilebilir. Mekanizasyon, çevresel etkiyi azaltarak deniz ürünleri üretiminin sürdürülebilirliğine katkıda bulunabilir. Örneğin, verimli su ve yem kullanımı, su ürünleri yetiştiriciliği operasyonlarının karbon ayak izini azaltabilir.

Özetle, su ürünleri yetiştiriciliği faaliyetlerini daha verimli, uygun maliyetli ve sürdürülebilir hale getirerek deniz ürünlerine yönelik artan talebin karşılanması için mekanizasyon şarttır. Bu, endüstrinin daha büyük miktarlarda ve tutarlı kalitede deniz ürünleri üretmesini sağlarken, iş gücü sıkıntısı ve çevresel kaygılar gibi zorlukları da ortadan kaldırabilmektedir.

Su Ürünleri Yetiştiriciliğinin Tarihsel Gelişimi:

Su ürünleri yetiştiriciliği, binlerce yıl öncesine dayanan eski bir uygulamadır. Antik Çin, Mısır ve Romalılar gibi medeniyetler, sucul organizmaları yetiştirerek gıda sağlama yöntemlerini geliştirmişlerdir. Ancak bu erken dönem uygulamaları, günümüz endüstriyel akvakültüründen oldukça farklıydı. İlk başlarda, su ürünleri yetiştiriciliği genellikle doğal su kaynaklarından toplanan organizmaların belirli alanlara aktarılması veya kontrol edilen su havuzlarında yetiştirilmesi şeklindeydi.

Modern su ürünleri yetiştiriciliği, 20. yüzyılın ortalarına doğru daha sistemli ve bilimsel bir şekilde gelişti. Bu dönemde, su ürünleri yetiştiriciliğinin daha sürdürülebilir hale getirilmesi ve verimliliğinin artırılması için çeşitli bilimsel çalışmalar ve teknolojik gelişmeler yapıldı. Su kalitesi izleme sistemleri, özel yemlerin geliştirilmesi, hastalık kontrolü ve genetik iyileştirme programları gibi önemli ilerlemeler kaydedildi.

İş gücüne Olan Bağımlılık ve Mekanizasyonun Rolü:

Tarihsel olarak, su ürünleri yetiştiriciliği el emeğine ve geleneksel yöntemlere dayalıydı. Balıkların ve diğer sucul organizmaların bakımı, beslenmesi ve hastalık kontrolü gibi süreçler büyük ölçüde insan işgücüne dayanıyordu. Bu, üretim süreçlerinin sınırlı ölçekte ve el becerilerine dayalı olmasına neden oldu.

Ancak mekanizasyonun su ürünleri yetiştiriciliğindeki yükselişi, bu bağımlılığı azalttı ve endüstriyi daha verimli hale getirdi. Otomatik yemleme sistemleri, su kalitesi izleme cihazları, havuz temizleme makineleri ve diğer teknolojiler, iş süreçlerini otomatikleştirmeye ve insan işgücünün yerini alarak daha verimli bir üretim sağlamaya yardımcı oldu.

Bu mekanizasyon, daha büyük üretim kapasitelerine ve daha sürdürülebilir bir su ürünleri yetiştiriciliğine olanak tanırken aynı zamanda endüstriyi daha az işgücüne dayalı hale getirdi. Ancak, mekanizasyonun uygulanmasıyla birlikte bazı zorluklar da ortaya çıktı, özellikle yatırım maliyetleri ve bakım gereksinimleri gibi. Bu nedenle, su ürünleri yetiştiriciliğinde mekanizasyonun dikkatlice planlanması ve denetlenmesi önemlidir.

Sonuç olarak, su ürünleri yetiştiriciliğinin tarihsel gelişimi, el emeğine dayalı geleneksel uygulamalardan mekanizasyona doğru bir evrimi yansıtıyor. Bu mekanizasyon, endüstrinin büyümesine ve daha fazla insanın gıda ihtiyaçlarını karşılamasına yardımcı olurken, sürdürülebilirlik ve verimlilik açısından önemli bir rol oynamaktadır.

Artan talep ve sürdürülebilirlik kaygıları, su ürünleri yetiştiriciliğinde mekanizasyonun giderek bir zorunluluk haline gelmesine yol açan önemli faktörlerdir.

Artan Gıda Talebi: Küresel nüfus sürekli olarak artıyor ve bu, gıda talebinin hızla büyümesine yol açıyor. Su ürünleri, yüksek kaliteli protein ve

sağlıklı yağlar açısından zengin bir kaynak olduğu için talep özellikle deniz ürünlerine yöneliyor. Bu artan talebi karşılayabilmek için üretim kapasitesini artırmak gerekiyor.

Vahşi Balık Stoklarının Azalması: Vahşi balık stokları, aşırı avlanma, çevresel faktörler ve iklim değişikliği gibi nedenlerle azalıyor. Bu nedenle, su ürünleri yetiştiriciliği gibi sürdürülebilir kaynakların kullanımı giderek daha önemli hale geliyor.

Su Kirliliği ve Çevresel Etkiler: Su ürünleri yetiştiriciliği, çevresel etkileri ve su kirliliğini yönetmek için mekanizasyonun kullanılmasını gerektirebilir. Su kalitesini izleme sistemleri ve atık yönetimi, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için önemlidir.

Hastalık Kontrolü: Su ürünleri yetiştiriciliği, hastalık tehditlerine karşı savunmasızdır. Mekanizasyon, hastalık teşhisi ve kontrolünde daha hassas ve hızlı olabilen otomatik sistemlerin kullanılmasına olanak tanır.

Verimlilik ve Maliyet Kontrolü: Mekanizasyon, su ürünleri yetiştiriciliğinde verimliliği artırırken aynı zamanda işletme maliyetlerini kontrol etmeye yardımcı olur. Daha verimli yemleme sistemleri, su izleme teknolojileri ve otomasyon, üretkenliği artırırken kaynakları daha etkili bir şekilde kullanmayı sağlar.

Büyüme ve İstikrar: Su ürünleri yetiştiriciliği, yerel ekonomilere ve istikrara katkıda bulunur. Bu nedenle, mekanizasyonun kullanılması, bu sektörün büyümesine ve yerel toplulukların refahına katkıda bulunabilir.

Artan talep ve sürdürülebilirlik kaygıları, su ürünleri yetiştiriciliğinde mekanizasyonun zorunlu hale gelmesini sağlayan dinamiklerdir. Mekanizasyon, su ürünleri yetiştiriciliğini daha verimli, sürdürülebilir ve büyüme potansiyeli olan bir endüstri haline getirirken, aynı zamanda çevresel ve ekonomik faktörleri daha iyi ele almayı amaçlar. Küresel nüfus sürekli olarak artmakta ve gıda talebinin hızla büyümesine yol açmaktadır. Su ürünleri, yüksek kaliteli protein ve sağlıklı yağlar açısından zengin bir kaynak olduğu için talep özel deniz ürünlerine yönelmektedir. Bu artan talebi karşılayabilmek için üretimin artırılması gerekir. Vahşi balık stokları, aşırı avlanma, sıcaklık özellikleri ve iklim değişikliği gibi değişiklikler nedeniyle azalmaktadır. Bu nedenle, akuakültür gibi sürdürülebilir verim kullanımı giderek daha önemli hale gelmektedir. Su ürünlerinin özellikleri, etkileri ve suların korunması için mekanizasyona dikkat çekilmesi gerekebilir. Suyu

izleme sistemleri ve atık yönetimi, sürdürülebilirliğin sağlanması için önemlidir. Mekanizasyon, hastalık teşhisi ve kontrolü daha hassas ve hızlı olabilen otomatik sistemlerin kullanılmasına imkan tanır. Mekanizasyon, su ürünlerinin verimliliğini arttırırken aynı zamanda işletme maliyetlerini kontrol etmeye yardımcı olur. Daha verimli yemleme sistemleri, su izleme teknolojileri ve otomasyon, üretkenliği arttırırken kaynakları daha etkili bir şekilde kullanmayı sağlar.

Su ürünlerinin kalitesi, yerel ekonomilere ve istikrara katkıda bulunur. Bu nedenle, mekanizasyonun kullanılması, bu sektörün büyümesine ve yerel toplulukların kalkınmasına katkı sağlayabilir.

Sonuç olarak artan talep ve sürdürülebilirlik kaygıları, su ürünleri mekanizasyonun zorunlu hale getirilmesini sağlayan dinamiklerdir. Mekanizasyon, su ürünlerini daha verimli, sürdürülebilir ve büyüme potansiyeli olan bir endüstri haline getirirken, aynı zamanda ekonomik faktörleri daha iyi elde edebilmek de mümkündür.

Su ürünleri yetiştiriciliğinin mekanizasyonundaki önemli kilometre taşları

Su ürünleri yetiştiriciliğindeki mekanizasyonun gelişimi, zaman içinde bir dizi önemli kilometre taşı ile karakterize edilmiştir. Bu kilometre taşları, su ürünleri yetiştiriciliğinin daha verimli, sürdürülebilir ve ölçeklenebilir hale gelmesini sağlamıştır. İşte bazı önemli mekanizasyon kilometre taşları:

Şekil.1 Açık deniz kafes sistemlerinde kullanılan yemleme sistemleri

Otomatik Yemleme Sistemleri: İlk otomatik yemleme sistemleri, su ürünleri yetiştiriciliğinde önemli bir devrimdi. Bu sistemler, balıkları ve diğer

organizmaları düzenli olarak ve hassas bir şekilde beslemeyi sağladı. Bu, daha hızlı büyümeyi teşvik etti ve yem maliyetlerini azaltmıştır (şekil 2).

Şekil 2.Merkezi olarak yönetilen otomatik yemlikler (Dikel ve Öz 2022)

Şekil 3. Otomatik yemleme sistemlerinin Yönetim Barjından çıkış üniteleri

Su Kalitesi İzleme ve Kontrol Sistemleri: Su kalitesini izlemek ve kontrol etmek, su ürünleri yetiştiriciliğinin başarısı için kritik bir faktördür. Otomatik su kalitesi izleme sistemleri, oksijen seviyeleri, pH değerleri, sıcaklık ve diğer parametreleri izler ve gerektiğinde müdahale eder (Şekil 4.).

Şekil 4. Kafes sitemlerinde kullanılan izleme ve Kontrol sistemleri (Dikel ve Öz., 2022)

Havuz Temizleme ve Sirkülasyon Sistemleri: Mekanik havuz temizleme ve su sirkülasyon sistemleri, suyun temizliğini ve kalitesini korumak için kullanılır. Bu sistemler su ürünlerinin daha sağlıklı bir ortamda yetiştirilmesine yardımcı olur.

Şekil 5. Otomatik sayma ve boylama makinaları ile veriler kolayca toplanmaktadır.

Otomatik Hasat ve İşleme: Otomatik hasat ve işleme makineleri, balıkların veya diğer sucul organizmaların verimli bir şekilde toplanmasını ve işlenmesini sağlar. Bu, ürün kalitesini ve işletme verimliliğini artırır (Şekil 5).

Genetik İyileştirme Programları: Genetik iyileştirme çalışmaları, su ürünleri türlerinin daha hızlı büyümesi, hastalıklara daha dayanıklı olması ve diğer olumlu özelliklere sahip olması için mekanizasyonun bir parçası olarak geliştirildi. Bu, ürün verimliliğini artırır.

Otomatik Veri İzleme ve Analiz Sistemleri: Su ürünleri yetiştiriciliği işletmeleri, veri izleme ve analiz sistemlerini kullanarak üretim süreçlerini optimize edebilir. Bu, daha iyi kararlar almayı ve kaynakları daha etkili bir şekilde kullanmayı sağlar (Şekil 6).

Çevre Dostu Enerji Kullanımı: Mekanizasyon, çevre dostu enerji kullanımını teşvik eder. Daha verimli pompalar, ısıtma ve soğutma sistemleri, su ürünleri yetiştiriciliğinin enerji verimliliğini artırır.

Uzaktan İzleme ve Kontrol Sistemleri: İnternet ve uzaktan iletişim teknolojileri, su ürünleri yetiştiriciliği işletmelerine uzaktan izleme ve kontrol imkanı sunar. Bu, işletmelerin uzaktan sorunları çözmesine ve verimliliği artırmasına yardımcı olur (Şekil 6).

Şekil 6. Özellikle açık denizlerde kullanımı zorunlu hale gelen Otomatik Veri İzleme ve Analiz Sistemleri (Anonim 2023a).

Bu kilometre taşları, su ürünleri yetiştiriciliğinin daha verimli, sürdürülebilir ve büyüme potansiyeli olan bir endüstri haline gelmesine katkıda bulunmuştur. Gelecekteki gelişmeler, su ürünleri yetiştiriciliğinde daha fazla mekanizasyon ve otomasyonun benimsenmesini teşvik edebilir.

Mekanizasyonun Seçilmesi ve Uygulanmasında Karşılaşılan Zorluklar

Su ürünlerinin bileşenlerinde mekanizasyonun sağladığı, bir dizi potansiyel dezavantajı ve zorluklarla birlikte gelir. İşte bu zorluklar ve dezavantajları:

İlk Yatırım Maliyetleri: Su ürünlerinde mekanizasyonun ilk yatırım maliyetleri genellikle yüksektir. Otomatik yemleme sistemleri, su kalitesi izleme cihazları, temizleme makineleri ve diğer mekanizasyon çözümleri olabilir. Küçük işletmeler için bu büyüklükte büyük bir engel oluştururlar. Ayrıca Mekanizasyon ekipmanlarının düzenli bakımı ve onarımı gereklidir. Bu ürünlerin işletme maliyetinin ortaya çıkması veya arızalanması durumunda, onarımları zaman alabilir ve işletme faaliyetleri aksatılabilir. Su ürünlerinin işletmeleri için yeni teknolojilerin benimsenmesi, işletme sahipleri ve çalışanlar için teknik bilgi gerektirebilir.

Enerji Tüketimi: Bazı mekanizasyon ekipmanları, yüksek enerji tüketimine sahip olabilir. Bu da, işletme dönemi giderlerini artırır.

Çevresel Etkiler: Su ürünlerinin mekanizasyonundaki ilişkileri göz önünde bulundurulmalıdır. Özellikle su tüketimi ve atık yönetimi gibi konularda dikkatli olunmalıdır.

İşgücü Dönüşümü: Mekanizasyon, geleneksel iş gücü yerine otomatik sistemler getirilmemiştir. Bu, bazı parçaların kaybolmasına veya yeni becerileri öğrenmelerine neden olabilir. İş gücünün önemi büyüktür. Bu nedenle işgücüne her türlü gereksinim olacaktır.

Ölçek Ekonomileri: Mekanizasyon, genellikle büyük yapıların işleyişi için daha ekonomik olabilir. Küçük işletmelerde, mekanizasyon miktarı ve maliyetlerin karşılanması konusunda daha fazla zorluklarla karşılaşılabilir.

Riskler: Otomatik sistemlerin veya mekanizasyonun arızalanması, olasılık potansiyelleri veya elektrik kesintileri, sistem ve yazılım hataları gibi beklenmedik olaylar işletmeyi riske atabilir. Bu tür durumlarda, stresli ciddi kayıplar yaşamasına neden olabilir.

Bu dezavantajlar ve zorluklar, su ürünlerinin mekanizasyonunda ayrıntılı planlanması, bütçelenmesi ve bölünebilirliği gösterilir. Ancak bir şekilde başarısızlık olduğu anlarda dahi doğru planlamalar ile mekanizasyon su ürünleri ürünlerinin işletmelerini daha verimli, sürdürülebilir ve karlı hale getirebilmektedir.

Enerji Tüketimi Ve Atık Yönetimi Gibi Mekanize Su Ürünlerine İlişkin Sürdürülebilirlik Kaygıları Nelerdir?

Mekanize su ürünleri üretimi, büyüme ve sürdürülebilirlik kaygılarına yönelik bazı önemli sorunları da beraberinde getirebilir. Mekanize su ürünleri ile ilgili sürdürülebilirlik kaygıları şunlar olabilir.

Enerji Tüketimi: Mekanize su ürünleri sağlar, su sirkülasyonu, ısıtma, soğutma ve diğer işlemler için büyük enerji tüketilebilir. Fosil yakıt kaynaklarına dayalı enerji kullanımı, sera gazı emisyonlarına yol açabilir ve iklim değişikliğinin azaltılması bulunabilir. Bu nedenle enerji verimliliği önemli bir sürdürülebilirlik içermektedir.

Su Kullanımı: Mekanizasyon, daha fazla suyun tüketilmesine yol açabilir. Özellikle sucul organizmaların daha yüksek bölgelerde yetiştirildiği kapalı döngüsel sistemler, suyun daha verimli bir şekilde kullanılmasını sağlar. Ancak bazı işletmeler hala su tüketimi konusunda dikkatli olmalıdır, çünkü su kaynakları mevcut ve korunmalıdır.

Atık Yönetimi: Su ürünleri işletmeleri, onların, yem atıkları ve diğer organik ve kimyasal atıkları etkili bir şekilde yönetilmelidir. Bu atıkların sucul ekosistemlere sızması, su ürünleri pazarlamasında zararlara yol açabilir. Sürdürülebilir üretim yapan işletmelerde atık yönetimine büyük önem verilmelidir.

Hastalık ve İlaç Kullanımı: Mekanize su ürünlerinin özellikleri, organizma sağlığına odaklanırken bazen antibiyotikler ve kimyasal sistemler

gibi bölümlerin birleştirilmesi. Yanlış ilaç kullanımı veya aşırı kullanım, sucul ekosistemleri ve vahşi balık stoklarını tehdit edebilir.

Genetik Etkiler: Mekanize yetiştiricilikte kullanılan organizmaların kaçışı, yerel vahşi populasyonları değişebilir ve genetik olarak değişimlere yol açabilir. Bu, yerel türlerin genetik çeşitliliğini tehlikeye atabilir.

Çevre ve Ekosistem Etkileri: Mekanize su ürünleri üretirken, sucul ekosistemlere doğrudan etki eder. Özellikle su değişimleri, su gidişatları ve kaçak organizmaların ekosisteme salınması gibi faktörler, dengesizliğe neden olabilir.

Bu sürdürülebilirlik kaygılarına karşı çıkmak için, su ürünleri işletmeleri genellikle çevre dostu ve enerji verimli teknolojileri tüketmeli, su tüketimi optimize edilmeli, atık yönetimini iyileştirmeli ve ilaç kullanılmalıdır. Ayrıca yerel düzenlemelere ve çevre korumanın sürdürülmesinde de önemlidir. Bu şekilde mekanize su ürünleri sürdürülebilir bir şekilde gerçekleştirilebilir ve etkiler en aza indirilebilir.

Mekanize su ürünleri, geleneksel balıkçı toplulukları üzerinde etik ve sosyal hususların gündeme getirilmesi mümkündür. İşte bu konuda göz önünde bulundurulması gereken bazı etik hususlar şunlardır.

İstihdam ve Geçim Kaynakları: Mekanize su ürünlerinin ürünleri büyüyerek, geleneksel balıkçılıkla geçimini sağlayan üretim için istihdam olanakları azalabilir. Bu, yerel ekonomiler ve toplulukların geçim kaynakları mevcuttur.

Topluluk Kimliği ve Kültürel Değerler: Geleneksel balıkçı toplulukları genellikle kendi kimliklerini ve kültürel faaliyetleri balıkçılıkla özdeşleştirirler. Mekanizasyon ve endüstrileşme, bu grupların geleneksel yaşam tarzlarına ve kültürel miraslarına zarar verme.

Toprak ve Su Kaynakları: Mekanize su ürünleri üretimi için genellikle büyük miktarda toprak ve su kaynağına ihtiyaç vardır. Bu, yerel toplulukların bu kaynaklara olan erişimini ve iletişimini sınırlayabilir.

Çevresel Etkiler: Mekanize su ürünleri, verim etkilerini artırabilir ve doğal sucul ekosistemlere zarar verebilir. Bu, geleneksel balıkçılıkla geçimini sağlayan birimleri barındırır, çünkü bu birimler doğal kaynaklara dayalıdır.

Adil Ticaret ve Gelir Adaletsizliği: Su ürünleri yetiştiriciliği endüstrisi içinde gelir adaletsizliği olabilir. Büyük işletmeler, küçük işletmeleri ve geleneksel balıkçıları rekabetçi piyasada geride bırakabilir. Bu, ekonomik adalet sorunlarını gündeme getirebilir.

İşçi Hakları: Su ürünleri yetiştiriciliği işletmeleri, işçi haklarına ve çalışma koşullarına dikkat etmelidir. İşçilerin adil ücretler, güvenli çalışma koşulları ve sosyal haklara sahip olmaları önemlidir

Bu etik meseleler, su ürünleri yetiştiriciliğinin toplumsal ve çevresel etkilerini değerlendirirken dikkate alınmalıdır. Sürdürülebilir ve etik bir şekilde su ürünleri yetiştiriciliği yapmak, yerel toplulukların ve çevrenin korunmasını sağlamak için önemlidir. Bu, yerel topluluklarla işbirliği yapmayı ve onların ihtiyaçlarını ve endişelerini anlamayı gerektirir

Kaynaklar

Anonim (2023a). https://www.gosmartfarming.com/

Dikel, S. (2002). Su Ürünlerinde Mekanizasyon Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Ders Kitapları Yayın no 12. *Adana. Lotus Yayıncılık, 150*.

Dikel, S. (2009). Su Ürünlerinde Mekanizasyon. *Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları Yayın*, (12), 2.Baskı.

Dikel, S., & Demirkale, İ. (2023). Su Ürünleri Üretiminin Su Ayakizi. *International Congresses of Turkish Science and Technology Publishing*, 14-18.

Dikel, S., & Öz, M. (2022). Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Yapay Zekâ Uygulaması. Ispec 10th Internatıonal Conference On Agrıculture, Animal Scıences And Rural Development, Sivas, Türkiye, 18 - 19 Temmuz 2022, Ss.1252-1262

Dikel, S., Demirkale, İ., (2022). Sorular İle Su Ürünleri Yetiştiriciliği. İksad yayınevi. Ankara.

BÖLÜM 2

Balık Patojenlerine Karşı Tedavi Amaçlı Uygulanan Medikamentlerin Çevre İle Etkileşimi

Doç. Dr. İbrahim DEMİRKALE[1]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10123005

[1] Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Yetiştiricilik Bölümü, Hastalıklar Anabilim Dalı https://orcid.org/0000-0002-0074-2309 idemirkale@gmail.com

GİRİŞ

Global eksende bakıldığında nüfusun artmasıyla doğru orantılı olarak gıda ürünlerine olan ihtiyaç hızlı bir şekilde artmaktadır. Toplumların ve bireylerin gıda maddelerine ihtiyaçları toplumsal durumlarına(yaşam biçimi, tüketim alışkanlıkları, gelir düzeyleri vb.) bağlı olarak değişmektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde su ürünleri sektörü insanların besinsel ihtiyaçlarını sağlayabilecekleri en önemli protein kaynaklarını sağlayan sektörlerden bir tanesidir. Üretim zamanlaması ve alan olarak ele alındığında gıda arzı açısından potansiyeli en yüksek sektörlerden bir tanesidir. Bu kapsamda dünya çapında ister ekonomik düzeyi yüksek olsun ister ekonomik düzeyi düşük olsun, toplumlarda su ürünleri tüketim düzeyi dikkat çekicidir(Kuşat, 2020).

Akuakültür çalışmaları toplumsal tüketim talepleri doğrultusunda maliyet fiyat ve talep doğrultusunda şekillenmedir. Ayrıca küresel piyasalardaki talep ve arz dengesi üretimin nicel ve nitel olarak şekillenmesini sağlamaktadır(Gümüş ve Yılmaz, 2011). Ülkemizde son yıllarda üretim miktarı ve üretim işletmesi açısından sayıları ve miktarları hızla artan Türk Somonu yetiştiriciliği örnek olarak verilebilir. Global eksende bakıldığında akuakültür çalışmalarında elde edilen ürünleri dış piyasalara sunan 58 ülke sıralanabilmektedir.(Karataş, 2016).

Dünya akuakültür üretimi 2020 yılında 178 milyon tona ulaşmıştır. Üretilen bu ürünlerin 157 milyon tonu farklı alanlarda insani gıda üretimi geriye kalan kısmı ise balık unu ve yağı, aynı zamanda da gıda dışı sektörlere hammadde olarak kullanılmıştır. (FAO, 2022a). 2019 yılında kişi balık tüketimi sırasıyla; gelir düzeyi düşük, orta ve yüksek olan toplumlarda 5,4 kg, 15,2 kg, 26,5 kg olarak saptanmıştır (FAO, 2022b).

Türkiye'deki 2022 yılı toplam su ürünleri üretimi 849.808 ton olarak gerçekleşmiştir(Tablo 1). Bunun 514.805 tonu yetiştiricilik çalışmalarından elde edilmiştir. Bu üretimin 368 bin 742 tonu denizel ortamlarda, 146 bin 63 tonu ise iç su ortamlarında gerçekleşmiştir. Yapılan çalışmalarda iç su ortamlarında en çok üretimi yapılan balı türü 145 bin 649 ton ile gökkuşağı alabalığı, denizel ortamlarda ise 156 bin 602 ton ile levrek ve 152 bin 469 ton ile çipura türleri olmuştur(TUİK,2022).

Tablo 1. Türkiye' deki Son 4 Yılın Balık Üretim Miktarları

	Avcılık (ton)	Yetiştiricilik (ton)	Toplam Üretim (ton)	Yetiştiriciliğin toplam üretime oranı
2019	463.168	373.356	836.524	44,61
2020	364.400	421.411	785.811	53,61
2021	328.165	471.686	799.851	58,97
2022	335.003	514.805	849.808	60,57

Sadece su değil aynı zamanda da çevre ile etkileşim halinde olan akuakültür çalışmaları esnasında yapılan uygulamalar çevre üzerine olumsuz etkileşimlere neden olmaktadır. Hastalıklar, hem ekonomik hem de sağlık açıdan akuakültür üretimini en çok sınırlayan faktör olarak kabul edilmektedir. Balıklar sağlığını etkileyen iki tür hastalık vardır; bunlardan birincisi bulaşıcı olmayan (çevresel, besinsel veya genetik) ve diğeri ise bulaşıcı hastalıklar. Bulaşıcı hastalıklar ölü balık kayıpları, tedavi maliyetleri veya hastalıklı ve iyileşen balıkların büyüme hızındaki azalma yem değerlendirme oranındaki değişimler nedeniyle üretim maliyetini artırdığı için su ürünleri yetiştiriciliğindeki en önemli ekonomik girdilerden olan hastalıkları temsil etmektedirler. Daha önce benzer değişimler geçiren diğer hayvansal üretim sistemlerinde de gözlemlendiği gibi, balık yetiştiriciliğinin yoğunlaşması ve balık nakilleri ile yeni türlerin getirilmesi, kaçınılmaz olarak bazı bulaşıcı hastalıkların artmasına ve diğerlerinin ortaya çıkmasına yol açmıştır. Bu faktörleri yüksek stok yoğunluğu ve yoğun yetiştiriciliğin stresi desteklemektedir. İlgili farklı faktörler nedeniyle gerçek ekonomik kayıpları değerlendirmek zordur. Ancak, kültürü yapılan tüm su hayvanlarının %10'unun bulaşıcı hastalıklar nedeniyle kaybedildiği tahmin edilmektedir (Leong ve Fryer, 1993).

Buna ek olarak, patojen mikroorganizmalarla ilişkili gıda kaynaklı enfeksiyonlar, su ürünleri yetiştiriciliği ürünlerinde olası tehlikeler olarak tanımlanmıştır. Bu tehlikeler genellikle çevresel habitatın genel durumu,

yetiştirilen türler ve gıda hazırlama ve tüketimine ilişkin kültürel alışkanlıklarla ilişkilidir. Bulaşıcı hastalıklar, çevrede bulunan veya diğer balıklar tarafından taşınan patojenik organizmalardan (parazitler, bakteriler, virüsler ve mantarlar) kaynaklanır. Aslında, balıklar genellikle patojenlere veya potansiyel patojenlere maruz kalırlar, ancak balık hastalıklarında mikroorganizma ile konakçı balık arasında basit bir ilişki oluşmaz. Enfeksiyöz hastalıklar patojen, konakçı ve çevrenin bir dizi karmaşık etkileşim değişkeninden kaynaklanır. Patojenlerin birçok özelliği hastalık gelişimiyle doğrudan ilgilidir (Hedrick, 1998). Bunlar arasında mikroorganizmanın her zaman konağın enfeksiyonu ile ilişkili olup olmadığı (zorunlu) veya konağın yokluğunda hayatta kalıp kalamayacağı (fakültatif) yer almaktadır. Patojenin virülansı, etkenin suşuna, biyotipine, serotipine veya genotipine bağlıdır (Engelkin ve ark., 1991). Patojenin balıkla etkileşimi üzerine hastalığın ortaya çıkması, yaş, büyüklük, gelişme aşaması, beslenme ve üreme durumları ve konağın immünolojik savunması gibi çeşitli konak faktörlerine bağlıdır. Ayrıca, bulaşıcı hastalığın gelişimine katkıda bulunan birçok başka predispozan faktör de vardır. Genellikle yoğun balık yetiştiriciliği sistemlerinde ortaya çıkan çevresel koşullar (kötü su kalitesi, sıcaklık değişiklikleri, kötü beslenme, kalabalık, taşıma, vb), balıkları çok çeşitli patojenlere karşı daha duyarlı hale getiren önemli bir stresi temsil eder (Reno, 1998). Balık sağlığı yönetiminde yer alan en önemli faktör su kalitesidir. Balıklar tüm vücut fonksiyonlarını suda gerçekleştirirler. Balıklar nefes almak, beslenmek ve büyümek, atıklarını atmak, tuz dengesini korumak ve üremek için tamamen suya bağımlı olduklarından, suyun fiziksel ve kimyasal niteliklerini anlamak başarılı bir akuakültür için kritik öneme sahiptir. Bulaşıcı olmayan hastalıklar genellikle düşük su kalitesinin bir sonucu olarak ortaya çıkar. Mevcut çözünmüş oksijen miktarı, pH ve atık ürünlerin miktarı dikkate alınması gereken en önemli faktörlerdir (Richards, 1983). Mevcut çözünmüş oksijen, sıcaklıktan, suyun kaynağından ve biyolojik talepten (yani yüksek bakteri ve çürüyen madde konsantrasyonları) etkilenerek muhtemelen bunlar arasında en kritik olanıdır. Suyun pH'ı sabit ve 7'nin hemen altında olmalıdır. Atık ürünlerin seviyesi düşük olmalı ve balıkların çoğu için toksik olacak aşırı karbondioksit varlığına özellikle dikkat edilmelidir ve amonyak birikimi pH'ın 7.5'in üzerine çıkmasına neden olabilir (Cawley, 1983). Öte

yandan, su genellikle balıklar ve/veya insanlar için potansiyel patojen olan mikroorganizmalar için bir araçtır. Su ürünleri yetiştiriciliği ürünlerinin patojenik ajanlarla kirlenme seviyesi, balığın yetiştirildiği ortama ve suyun mikrobiyolojik kalitesine bağlı olacaktır. Su ürünleri yetiştiriciliği ürünlerini kirletecek halk sağlığı açısından önemli iki geniş mikroorganizma grubu vardır: çevrede doğal olarak bulunanlar ve evcil hayvan dışkısı ve/veya insan atıkları ile çevresel kirlenme yoluyla gelenler. Yerli olmayan mikroorganizmalar, çiftlik sularıyla ilişkili kuşlar ve karasal hayvanlar tarafından kaçınılmaz kontaminasyon yoluyla su ürünleri yetiştiriciliği havuzlarına sokulabilir ve bunların önemli bir kısmı balıkların derisinde ve bağırsaklarında kalır ve tüketiciler için sağlık riski oluşturabilir. Ayrıca, suda bulunan mikroorganizmaların bazıları da balıklar için potansiyel patojenlerdir. Aslında, bazı hastalıkların bulaşması, çiftliklerin yüksek yoğunluğunun komşu tesisler tarafından kirletilmiş suyun kullanılmasını gerektirdiği alanlarda meydana gelebilir.

Beslenme, ekonomik su ürünleri üretiminde olduğu kadar balık çiftliklerinin sıhhi durumunda da önemli bir rol oynar. Aslında, beslenme bozuklukları genellikle pazarlanabilirlik kayıpları ve bulaşıcı hastalıklarla ilişkilidir. Sağlıklı balıklar açıkça beslenme durumuna bağlıdır ve yetersiz beslenme ile hastalık arasında açık bir bağlantı vardır. Yetersiz beslenme balığı enfeksiyona karşı daha duyarlı hale getirir ve istilacı patojenlere karşı bağışıklık savunmasını azaltır. Dolayısıyla, yetersiz beslenme balıkları enfeksiyonlara yatkın hale getirir. Aynı şekilde, enfeksiyonlar da besin alımındaki, emilimindeki ve besin gereksinimlerindeki değişikliklerin ve endojen besin kayıplarının aracılık ettiği beslenme durumunu değiştirebilir (Calder ve Jackson, 2000). Beslenme hastalıklarının teşhisi zordur ve histopatolojik inceleme ve laboratuvar analizlerine dayanır. Çoğu balık, üreticiler tarafından sağlanan yemleme tabloları kullanılarak yapay olarak oluşturulmuş diyetlerle beslendiğinden, aşırı veya yetersiz beslenmeye bağlı beslenme hastalıklarına nadiren rastlanır. Bununla birlikte, beslenme eksiklikleri, özellikle de vitamin eksikliği, zaman zaman teşhis edilmiştir. Hastalıklar doğal popülasyonlarda görülür ve patojenlerin varlığı hastalık yokken de ortaya çıkabilir. Patojenin ortadan kaldırılması gerçekçi olmayan bir seçenek olduğundan, bulaşıcı hastalık riskinin nasıl en aza indirileceğini bilmek önemlidir. Bu anlamda, balık sağlığı yönetimi uygulamaları,

sanitasyon ve hastalık kontrol prosedürleri gibi ortamın hijyenik ve önleyici tedbirlerinin uygulanması, balık hastalıklarını önlemek için kritik faktörlerdir. Su ürünleri yetiştiriciliği, üretim sistemini kontrol etmenin mümkün olması ve üretim seviyesindeki potansiyel tehlikelerin çoğunun iyi balık çiftliği yönetimi uygulamaları kullanılarak kontrol edilebilmesi avantajına sahiptir. Balık davranışlarının ve yemleme faaliyetlerinin günlük olarak gözlemlenmesi, sorunların ortaya çıktıklarında erken tespit edilmesini sağlar, böylece balıklar hastalanmadan önce teşhis konulabilir. Balık hareketi veya aşırı kalabalıktan kaynaklanan stres durumları genellikle akuakültürde bulunur ve parazitler ve bakteriler tarafından balık hastalıklarının ortaya çıkmasına katkıda bulunabilir. Su da bir balık çiftliğinin hayati bir bileşenidir ve kimyasal (oksijen, amonyak ve nitrit konsantrasyonları, pH değerleri) ve mikrobiyolojik analizlerle iyice kontrol edilmelidir. Sanitasyon uygulamaları, balık grupları arasında dezenfeksiyon, balıklar büyürken temizlik ve tesisler, ekipman, personel veya su için sanitasyon işlemlerini içermelidir. Bazı bulaşıcı hastalıklar, özellikle dış mantar ve bakteri enfeksiyonları ve parazit hastalıkları genellikle kültür ünitesinde organik madde birikimine bağlanır. Havuzlar balık grupları arasında boşaltma, kurutma ve bazı durumlarda hidratlı kireç gibi kimyasal bir sterilant kullanılarak sterilize edilebilir. Bir balık havuzunda kullanılan herhangi bir ekipman başka bir havuzda kullanılmadan önce iyice kurutulmalı veya kimyasal olarak dezenfekte edilmelidir. Binaların girişine ve bina odaları arasına ayak banyoları ve çalışanların dezenfekte edici bir sabunla ellerini yıkayabilecekleri alanlar yerleştirilmelidir. Su filtrasyonundaki teknolojik gelişmeler ve probiyotiklerin kullanımı ve biyolojik büyütme, sucul çevre kalitesinin iyileştirilmesi için en iyi prosedürleri sunuyor gibi görünmektedir.

Karantina ve sağlık sertifikasyonu, epizootik bakteriyel ve viral bulaşıcı hastalıkların balıkların, yumurtaların ve bazı durumlarda suyun farklı balık çiftlikleri arasında taşınması yoluyla yayılmasını önlemeye yönelik hastalık kontrol programlarının bir parçasını oluşturur. Bu önleyici tedbirler aynı zamanda egzotik balık ve kabuklu deniz hayvanlarının girişinden veya transferinden kaynaklanan olası olumsuz etkilere karşı ilk savunma hattı olmalıdır. Bu nedenle, "hastalıktan ari bölgeler" oluşturulmasına yönelik daha geniş bölgesel, ulusal ve uluslararası planlar bağlamında geliştirilmelidirler.

Bu alanda danışmanlık hizmetlerinin varlığı ve sertifikalandırılabilir patojenlerin bölgesel olarak üzerinde mutabık kalınan listelerinin geliştirilmesi, teşhis tekniklerinin standartlaştırılması ve anlamı açık olan sağlık sertifikalarının üretilmesi çok önemlidir. Daha güvenli ve hızlı teşhis yöntemleri ile akut hastalıklar için geliştirilmiş tedavi yöntemlerinin oluşturulması için de araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Son yıllarda, özellikle geleneksel yöntemlerle tespit edilmesi zor olan önemli balık patojenlerinin hassas ve hızlı bir şekilde tespit edilmesine yönelik moleküler tekniklerin faydasını ortaya koyan birçok çalışma yapılmıştır. DNA probları ve PCR testleri, çevresel örneklerde (O'Brien vd., 1994) ve anaç ve dokular gibi klinik örneklerde (Miriam vd., 1997) patojenin varlığını izlemek için başarıyla geliştirilmiştir. Ribotipleme, rastgele çoğaltılmış polimorfik DNA ve DNA'nın darbeli alan jel elektroforezi gibi diğer DNA tabanlı teknikler, farklı coğrafi bölgelerden izolatlar arasındaki genetik akrabalık için önemli yöntemlerdir ve daha sonra epidemiyolojik çalışmalarda faydalıdırlar (Arias ve ark., 1998).

Bakteriyel hastalıkların kontrolü kemoterapötik ajanlar ve aşıların kullanımı ile yapılabilir. Şu anda su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılan başlıca antimikrobiyal ilaçlar ya antibiyotikler ya da sentetik bileşiklerdir. Birçok balık patojeni bakterinin enfekte alanlarda, çevrede veya taşıyıcı balıklarda hayatta kaldığı gösterildiğinden, bakteriyel hastalıkların olası gelişimini önlemek için kemoprofilaksi balık çiftliklerinde olağan bir uygulama haline gelmiştir. Ayrıca, bu antimikrobiyaller büyümeyi teşvik edici olarak da kullanılmaktadır (örn. tetrasiklinler). Antimikrobiyallerin yanlış uygulanmasının bir sonucu olarak, son yıllarda bakteriyel balık patojenleri arasında ilaç direncinde bir artış rapor edilmiştir. Bu dirençler balık hastalıklarının kontrolünün etkinliğini azaltmakta, ancak aynı zamanda insan patojenlerine bulaşmalarına da katkıda bulunabilmektedir. Balık çiftliklerinde antimikrobiyallerin kullanımından kaynaklanan bir diğer önemli sorun da balık etinde kalıntıların birikmesi ve bu antimikrobiyallerin çevresel etkileridir. Su ortamında ilaç kullanımı 1990'lı yıllarda ciddi bir sorun haline gelmiştir. İnsan klinisyenleri, çevreciler ve tüketici derneklerinin baskısı altında daha sıkı bir mevzuat talep edilmiş ve tüm bu olumsuz etkileri önlemek amacıyla su ürünleri yetiştiriciliği için izin verilen antimikrobiyal ilaçların sayısının azaltılmasıyla sonuçlanmıştır (Michel, 1998). Su ürünleri

yetiştiriciliğinde antimikrobiyal ilaçların kullanımı büyük balık üreticisi ülkelerde hızla azalıyor olsa da (Reno, 1998), yeni antibiyotik ve ilaçların kullanımı akut enfeksiyon hastalıklarının tedavisinde yardımcı araçlar olup, farmakoloji ve yem endüstrileri arasında büyük bir işbirliğini gerekli kılmaktadır. Balıkların aşılanması, bulaşıcı hastalıkların kontrolü için antimikrobiyallere alternatiftir. Balık çiftliklerinde bulaşıcı hastalıkların önlenmesi ve kontrol altına alınması ve antimikrobiyal ilaçların kullanımının azaltılması amacıyla su ürünleri yetiştiriciliğinin giderek daha önemli bir parçası haline gelmektedir. Son yıllarda balık aşılaması, balıkların bağışıklık sisteminin daha iyi anlaşılmasından ve ana balık patojenlerinin virülans faktörlerinin tanımlanmasından büyük ölçüde faydalanmıştır (Gudding ve ark., 1999). Canlı, zayıflatılmış aşılar, hücresel bağışıklığı uyararak ve antijenin popülasyonda etkili bir şekilde yayılmasını sağlayarak balık enfeksiyonunu önlemede potansiyel olarak birçok avantaja sahip olmalıdır (Benmansour ve de Kinkelin, 1997).

Türkiye'de akuakültür sektörü ülke ekonomisinde hem potansiyeli hem de yapısal olarak önemli bir yer tutmaktadır. Teknolojik gelişmeler nedeni ile son yıllarda üretimin artışı ve farklı piyasaların oluşması sebebi ile dış ticarette olumlu gelişmeler olmaktadır. Türkiye ihracatında, su ürünleri üretimi ve satışında yüzdesel olarak küçük bir artışın olduğu gözlemlenmektedir.

Su ürünlerinin yetiştiricilik ortamlarına alınmasıyla birlikte canlının yaşamsal faaliyetlerini devam ettirmesi için gerekli koşullar sağlanmaya çalışılmıştır. Bunun yanı sıra gerek su kalitesi ve gerekse diğer etmenlerden kaynaklanan hastalık problemlerine karşı ilk başta tarımsal ve hayvancılıkta kullanılan bazı kimyasal maddeler kullanılmaya başlanmıştır. Bu kimyasallar su canlıları için olduğu kadar çevre ile de olumsuz yönde etkileşim içerisinde olan kimyasallardır. Genellikle deneme yanılma yolu ile ve nedeni ve çözümü ile ilgili herhangi araştırma yapılmadan uygulanan bu tedavi yöntemleri oldukça olumsuz sonuçlara neden olmuştur.

Su canlılarında hastalıklara neden olan birçok etmen sıralanabilir bu etmenleri gruplara ayırdığımızda;

Bakteriyel hastalıklar

Viral hastalıklar

Mantar hastalıkları
Parazitlerin neden olduğu hastalıklar
Balıklarda rastlanabilecek diğer hastalıklar
olarak sıralanabilmektedir.

Bu etmenler ayrı ayrı hastalıklara sebebiyet vermekle birlikte bazı zaman ve koşullarda ise birden fazla etmenin aynı anda hastalık oluşturması muhtemeldir. Ayrıca su ortamında olan bireylerin bazen bireysel olarak patojenler ile mücadele ederken bazen ise salgın (Epizootik) özellik gösterebilmektedir. Salgın koşullarında hastalık çok daha hızlı bir şekilde yayılım gösterebilmektedir. Su ortamında bulunan ölü veya hasta balıklar enfeksiyonun yayılmasında ve önün geçilemez hale gelmesinde oldukça önemli rol oynayabilmektedirler. Bu amaç ile ortamdan hemen uzaklaştırılmaları canlı olanların veya kurtarılabilecek olanların karantina ortamlarında tedavilerini,n yapılması gerekmektedir. Ayrıca ortam da kullanılan her türlü alet ve ekipmanların dezenfeksiyonların rutin olarak yapılması önem arz etmektedir(Cengizler, 2006).

Aynı zaman da canlının yaşam aşamasındaki evrelerine göre hassasiyetleri ve gereksinimlerinin değişkenlik arz etmesi sebebi ile farklı zaman dilimlerinde farklı patojen ve hastalıklar ile mücadele etmesi gerekmektedir.

Tablo 2. Tarım bakanlığının hastalıklar ile mücadele kapsamında uyulması gereken kurallar ve uygulamada yapılması gerekenleri özetlediği bilgiler(TOB., 2023).

Tedaviler	**Uygunluk Kriteri**
Yetiştiriciler, sadece belirli türler ve su ürünleri yetiştiriciliği için ilgili yetkili otoriterler tarafından onaylanan ilaçları mı kullanıyor?	Yetiştiriciler, sadece belirli türler ve su ürünleri yetiştiriciliği için ilgili yetkili otoriterler tarafından onaylanan ilaçları kullanabilir. VSP'nın bir parçası olarak tesiste kullanılabilen bütün ilaçların listesi mevcut olmalıdır. SK 5.4.1. ile karşılıklı referans.
İlaç listelerinde aşağıdaki içeriklerin biri veya daha fazlasını hiçbir ilacın içermediği belgelendiriliyor mu?: Nitrofuranlar (veya türevleri),	Uygulanan ilaçlar aşağıda verilen bir yada daha fazla bileşikleri içeremez: Nitrofuranlar (veya türevleri), Triarilmetan boyalar (malahit yeşili, kristal mor ve parlak yeşil dahil, fakat sınırlı

Triarilmetan boyalar (malahit yeşili, kristal mor ve parlak yeşil dahil, fakat sınırlı değil) Stilbenler (Stilben, Dienestrol, Dietilstilbestrol, Hexoestrol dahil, fakat sınırlı değil), Kloramfenikol, Nitroimidazoller (Dimetridazole, Ipronidazole, Metronidazol dahil, fakat sınırlı değil) veya ß-agonistler (Clenbuterol dahil, fakat sınırlı değil)	değil) Stilbenler (Stilben, Dienestrol, Dietilstilbestrol, Hexoestrol dahil,fakat sınırlı değil), Kloramfenikol, Nitroimidazoller (Dimetridazole, Ipronidazole, Metronidazol dahil, fakat sınırlı değil) veya ß-agonistler (Clenbuterol dahil, fakat sınırlı değil)
İlaçlar ulusal mevzuatlara göre ve eğitimli balık sağlığı uzmanları tarafından tesiste mi uygulanır? Uygulamalar VSP talimatlarına göre mi yapılmaktadır?	Tesiste uygulanan ilaçlar ulusal mevzuat ihtiyaçlarına göre ve eğitimli balık sağlığı uzmanları tarafından düzenlenmelidir. Uygulamalar, VSP da dahil olduğu talimatlara göre yürütülmelidir.
Tesis düzeyinde yeme katkı maddesi eklenmesi tavsiye edilmez ve bu durum sadece ilaç için ihtiyaç duyulduğu zaman mı yürütülür, bütün tedaviler ve uygulamalarda VSP listesi ve tutulan kayıtlar mı esas alınır?	Tesis düzeyinde yeme katkı maddesi eklenmesinden kaçınılmalıdır. Bu uygulamayı sadece VSP altında listelenen ilaçlar izler. Bu uygulama ile ilgili kayıtlar şunları içerir: -VSP'de tavsiye edilen hedefler; - Reçete için sorumlu personel; -Uygulama için sorumlu personel; - Etken madde yada marka ismi; -Kullanılan konsantrasyon ve karıştırma prosedürü etiket talimatları; - Uygulama prosedürü.
Yetiştirici, ürünlerin ticaretinin yapılacağı düşünülen (ulusal veya uluslararası) pazarlarda Maksimum Rezidü Limitleri (MRL) ile ilgili uygunluğu gösterebiliyor mu?	Yetiştiriciler (yada yetiştiricilerin müşterileri) yetiştiricilik ürünleri ticaretinin yapıldığı yerlerde (yerel yada uluslararası) pazar(lar) için MRL'lerinin uygulanabilir güncel listesine sahip olmalıdır. MRL'leri, ya pazar(lar)da müşterilerin onayını amaçlayan ilişkiyi gösterecek ya da yetiştiricilik ürünlerinin ticaretine niyetlenen seçilmiş özel ülke(ler) (yada ülke grupları) tanımlanacak ve MRL'lerini güncel uygulanabilir ülke(ler)yi

	karşılayan uyumun kanıtlarını sunacaktır. Ticaret için grup ülkelerini hedefleyen yetiştirici, güncel uygulanan MRL'lerine özellikle uymalıdır.
Doğal/sentetik hormonlar veya antibakteriyel ajanlar büyümeyi arttırıcı etkisi nedeniyle kullanılıyor mu? Antibakteriyel ajanlar sadece enfeksiyon hastalığın tedavisinde mi uygulanmaktadır?	Hormonlar ve antibakteriyel ajanlar büyümeyi arttırmak için kullanılamaz. Antibakteriyel ajanlar profilaktik olarak kullanılamaz ancak sadece enfeksiyon hastalık problemleri teşhis edildiği yerlerde uygulanır.
Yetiştiriciliği yapılan su ürünlerinde rezidü analizi, onaylanan ilaçlar için MRL'leri ile uygunluğu onaylı ve onaylanmamış içerikler için rezidüsü olmadığı doğrulanan gıda güvenliği risk analizine dayanarak mı yürütülmektedir? Analizler bağımsız ISO 17025-akredite (veya eşit standartta) laboratuarlar da mı yapılıyor? Ulusal denetim ve kontrol programı, kayıt için kullanılabilen ilgili yetkili otorite tarafından ele alınmalıdır.	Yetiştiriciliği yapılan su ürünlerinde etteki rezidü analizi, onaylanan ilaçlar için MRL'leri ile uygunluğu onaylı ve onaylanmamış içerikler için rezidüsü olmadığı doğrulanan gıda güvenliği risk analizine dayanarak yürütmeye ihtiyaç duyar. Analizler, ISO 17025-akredite (veya eşit standartta) bağımsız laboratuarlarda (SK 7.2'ye referans) yapılmalıdır.
Kullanılmayan, son kullanma tarihi geçmiş ilaçlar ile boş ilaç kutuları kontrollü ve yanlış kullanımla sonuçlanmayacak bir şekilde mi bertaraf edilmektedir?	Bertaraf ve denetleme yöntemi detaylarına ilişkin prosedür uygulanmalıdır.
Tedavi Kayıtları	

Tesislerin satın aldığı tüm ruhsatlı ilaçların belgelerinin ve yönetim kaydının güncellenmesi yapılıyor mu?	Kullanılan/muhafaza edilen ürünler standart gereklilikler ile uyumlu kaydedilmelidir ve kayıtlar yerinde olmalıdır. Satın alma kayıtları için: Satın alma tarihi; Ürün ismi; Satın alınan miktar, Parti numarası; Geçerlilik süresi, Tedarikçinin ismi. İdari Kayıtlar için: Parti numarası; Yönetim tarihi; Tedavi edilen su ürünleri/grubun tanımı, Tedavi edilen su ürünlerinin miktarı yada biyokütlesi; Toplam kullanılan ilaç miktarı; Tedavinin bitiş tarihi; İlaç kalıntı arınma süresinin bitiş tarihi; Tüketim için su ürünlerinin en erken hazır olduğu tarih; Tarihe göre ilacı uygulayan kişi(lerin) adı
Yetiştirici, tüm geçmişi ve su ürünlerine yapılan güncel tedavileri, uygulama metotlarını ulusal düzenlemelere ve VSP'na göre yürütmeyi sağlayabiliyor mu?	Ulusal mevzuata uygun olarak tedavi edilen bütün su ürünleri kaydedilmelidir (Bak SK 5.4.1).
Tedavi gören su ürünleri gruplarında hasat öncesi ilaç kalıntı arınma süresi için ihtiyaç duyulan yerlerde bir sistem var mı?	Sistem, araziyi tanımlamak ve tedavi görmüş ve hasat öncesi ilaç kalıntı arınma süresinde olan su ürünlerinin kaza ile hasatını engellemek için yerinde olmalıdır. Çalışanlar görüşmede farkındalık gösterebilmelidir.
İlgili tedaviler ve ilgili üretim üniteleri için hasat öncesi ilaç kalıntı arınma süresi biliniyor ve kesinlikle uyuluyor mu?	Tedavinin tarihi ve içeriğinin onayı ile hasat öncesi ilaç kalıntı arınma süresi bitiş tarihi yazılı olmalıdır. Hasat öncesi periyodu dolmadan önce başka bir tesise satılan su ürünleri tanımlanmalıdır. Başka bir üretim ünitesinin (örneğin dökülen yemler ve aynı suyun paylaşımı gibi) tedavisini direkt etkileyebilen üretim ünitelerinde gereksinim duyulan ilaç kalıntı arınma süresi risk değerlendirmesine dayanmalı ve ulusal mevzuatlar ile minimum uyumlu olmalıdır.

	Çalışanlar görüşmede yukarıda belirtilen hususlarla ilgili olarak farkındalık gösterebilmelidir.

Balıklarda kullanılan ilaçlama yöntemleri

Balık hastalıklarında kullanılacak olan ilaçların hedef dokuya direk etki etmesi ve belirli bir süre dolasşımda kalarak etkisinin uzun sürmesi istenir. Kullanılan medikamentin patejene etki yapabilmesi için gerekli olan doz miktarına kullanılan ilacın minimum etki konsantrasyonu(MEK/MİC) denir. Verilen ilacın veriliş şekline bağlı olarak değişmekle birlikte sistemik dolaşıma geçmesi ve hedef organa ulaşması beklenir. Bu amaçla en kısa sürede ve miktarda hedef dokuya ulaşması için uygun dozlar belirlenmiştir. Balık hastalıklarında kullanılam medikamaentler 3 farklı yöntem ile uygulanmaktadır.

- Banyo şeklinde
  - Uzun süreli
  - Püskürtme
  - Daldırma
  - Akıcı su uygulaması
- Yeme karıştırma
- Enjeksiyon

Banyo Şeklinde İlaç Uygulaması: Genellikle ekto parazitlere ve bakterşyel hastalıklara karşı uygulanan bir yöntemdir. Uygulamada kullanılan ilacın su içerisinde çözünebilecek özelliğe sahip olması gerekmektedir. Cengizler, 2006'in bildirdiğine göre "Bu uygulamada göz önünde bulundurulması gereken önemli noktalar sıralanacak olursa;

- ❖ Balıklara banyo tarzında ilaç uygulanımı yapmadan önce uygulama mutlaka 5-10 balık üzerinde denenmelidir.
- ❖ Uygulama sırasında havalandırma sürekli yapılmalı zamanlayıcı kullanılıyorsa çıkarılmalıdır.

- İlaç dozunun doğru olarak hesaplanması gerekir.
- Banyo süresini aşmamalı ve ilaçlı su değişimi tam zamanında sağlanmalıdır.
- Deneme amaçlı yapılan banyo uygulaması sonrasında balıklar en az 6 saat kontrol altında tutulmalı ve uygulama boyunca balıkların davranışları, yüzmeleri sürekli gözlenmelidir.
- Balıkların olası bir ters durumda yeni bir tanka aktarılabilmesi için hazırda temiz su dolu bir tank hazırlanmalıdır.
- Uygulayan kişilerin tecrübeli olması ve personelin ilaçlama sırasında maske ve eldiven takması sağlanmalıdır.
- Banyo tarzında ilaç uygulaması sabah erken saatlerde veya gece su sıcaklığının düşük olduğu zamanlarda yapılmalıdır.
- İlaç uygulaması yapılmadan 1 gün önce balıklar aç bırakılmalıdır.

Yukarda sayılan hususlar göz önünde bulundurularak banyo uygulamasını şöyle açıklayabiliriz.

a) Uzun süreli banyo; Bu uygulamada su akışı kesilir ve balıklar ilaçlı suda uzun süre bekletilirler. Belirli zaman periyotlarında yapılan banyo uygulamasında O_2 azlığına bağlı ölümlerden kaçınılmalıdır.

b) Püskürtme; Havuza su giriş yerine ilaç uygulanarak gelen su ile tüm havuza ilacın dağılması sağlanır ve suyun döngüsü ile ilaç tüm havuz alanına dağılır. Dezavantajı çok miktarda ilaca gereksinim duyulmasıdır. Alabalık havuzlarında genellikle tercih edilen bir yöntemdir.

c) Daldırma Yöntemi; Cam veya plastik bir kap içerisinde ilaç solüsyonu hazırlanır ve ağ kepçe ile alınan bir grup balık hazırlanan solüsyona birkaç dakika kadar daldırılır. Çok stresli bir uygulamadır.

d) Akıcı olarak uygulama; Su değişimi çok olan kafes balıkçılığında kafes su içerisinde katranlı muşamba ile çevrelenir ve kimyasal madde suya eklenir. Bu uygulama O_2 ve çözünmüş hava az ise yapılmamalıdır. Sağaltım sonrasında katranlı muşamba çıkartılarak ilacın akıntı ile temizlenmesi sağlanır. Uygulama zorluğu vardır. Havuz ve tanklarda ise su kaynağına ilaç karıştırılarak ilacın su akıntısı ile havuza dağılması sağlanır.”

Yeme karıştırma Yöntemi: bu yöntem genellikle bakteriyel enfeksiyonlara ve endoparazitlere karşı kullanılan yöntemdir. Bu yöntemde balıkları yem alıyor olması bu yöntemin seçiminde dikkat edilmesi gereken en önemli konudur. Ayrıca verilecek olan medikamentin dozu ve kullanım süresi kullanılacak olan ilacın türüne ve saflık düzeyine göre değişmektedir. Direk vücut içerisine alındığı için en etkili yöntem olarak kabul edilebilir.

Enjeksiyon Yöntemi: bu yöntem genellikle aşı uygulamalrında kullanılmaktadır. Bu yöntemde genellikle intraperitonal boşluk veya intramuskular olarak yapılmaktadır.

Banyo tarzında ilaç uygulamasında kullanılacak olan kimyasal madde dozunun çok dikkatli hesaplanması gerekir. Bazı ilaçlar toz formda olup bazıları ise sıvı formdadır. Uygulanacak ilaç miktarı hesaplanırken mutlaka o ilacın aktif madde oranı hesaba katılmalı ve ilacın suda çözünürlüğü göz önüne alınmalıdır. Suda kolay çözülebilen ilaçlar hidrofilik, yağda kolay çözülebilen ilaçlara ise lipofilik ilaçlar denir(100 kısım yeme 2-3 kısım sıvı yağ katılır). Banyo tarzında ilaç uygulanımında ilacın hidrofilik olması bir avantajdır.

Kemoterapotiklerin Çevre İle Etkileşimleri

Özellikle pestisit ve organofosfatlı maddeler içeren bu kimyasallar çevre ve balık sağlığına olan olumsuz yan etkilerinin ortaya çıkması ile birlikte kullanımına kısıtlamalar ve yasaklar getirilmiştir. Dünya çapında ve ülkemizde kullanılan medikamentler ve bunların kullanım şekilleri yasaklanan maddeler ve kullanımına izin verilen maddeler burada kısaca özetlenmeye çalışılacaktır.

Kullanılan medikamentlerin çevre ile etkileşimi nasıl önlenebilir?

Kullanılan medikamentlerin seçimi balık ve çevre için minimum etkileşimde olan doğal ürünlerin tercih edilmesi istenmektedir. Çevreye ve balık üzerinde toksik etkiye sahip olan medikamentler tercih edilmemelidir. Özellikle insan gıdası olarak üretilen balıklardaki kalıtım düzeyleri iyi hesaplanmalı ve kalıntı düzeyin kabul edilen sınırın altın düşmediği sürece hasat ve pazarlama işlemi yapılmamalıdır.

Medikementlerin önerilen dozları genellikle balık, ortam ve çevre ile etkileşiminin minimum düzeyde olduğu etkili dozlardır. Önerilen dozda ve

uygulama yönteminde kullanıldıklarında etkileşimi minimumdur. Ama yüksek dozlarda uygulama zorunluluğu olduğu durumlarda temas ettikleri yüzey iyice arındırılmalıdır. Tahliye suları mümkünse belirli bir süre dinlendirilmesinin ardından tahliye edilmelidir.

Patojenlerin medikamentlere karşı direnç geliştirebilir mi?

Günümüzde kullanılan medikamentlere karşı özellikle bakteri türlerinin direnç gelişiminden dolayı antibiyotik kullanımı sınırlandırılmaya çalışılmaktadır. Çünkü aynı tür olmasalar bile, farklı bakteri türlerinin birbirlerine bu direnç genlerini aktarma durumunun varlığı yapılan çalışmalar ile ortaya konulmuştur. Özellikle insan gıdası olarak kullanılan balık türlerinde bu konu oldukça önemsenmektedir. Bu sebepler ile kullanılan medikamentlerin ortam ve balık ile sınırlandırılması, aynı zamanda önerilen alt ve üst dozu aşılmamalıdır.

Balık hastalıklarının tedavisi tipik olarak antibiyotikler, antiparaziter ilaçlar ve diğer terapötik ajanlar gibi ilaçların kullanımını içerir. Bu ilaçlar çevreyle çeşitli şekillerde etkileşime girerek potansiyel olarak hem kısa hem de uzun vadeli etkilere neden olabilir. Balık hastalığı ilaçları ve çevre arasındaki bazı önemli etkileşimler sıralanacak olursa;

Su Kalitesi

Suya salınan ilaçlar pH, sıcaklık ve çözünmüş oksijen seviyeleri gibi su kalitesi parametrelerini değiştirebilir. Su kalitesindeki değişiklikler balıkları ve diğer suda yaşayan organizmaları strese sokabilir ve potansiyel olarak olumsuz sağlık etkilerine yol açabilir.

Ekotoksisite

Bazı balık ilaçları omurgasızlar, diğer balıklar ve amfibiler de dahil olmak üzere su ortamındaki hedef olmayan türler için toksik olabilir. Bu maddelere uzun süre maruz kalmak ekolojik bozulmalara yol açabilir.

Kalıntılar

İlaç kalıntıları suda ve çökeltilerde kalıcı olabilir ve zaman içinde sucul yaşamı potansiyel olarak etkileyebilir. Kalıntıların birikmesi uzun vadeli çevresel etkilere yol açabilir.

Antibiyotik Direnci

Balık yetiştiriciliği ve su ürünleri yetiştiriciliğinde antibiyotik kullanımı, çevrede antibiyotiklere dirençli bakterilerin gelişmesine katkıda bulunabilir. Antibiyotik direncine potansiyel katkıları da dahil olmak üzere, balık hastalığı ilaçlarının suda yaşayan organizmalar üzerindeki etkileri önemli olabilir. Bu etkilerin daha ayrıntılı bir şekilde açıklayacak ve sıralayacak olursak;

Sucul Organizmalar Üzerindeki Etkisi

Doğrudan Toksisite: Antiparazitik kimyasallar veya antibiyotikler gibi balık hastalığı ilaçları, sadece hedeflenen balıklar için değil, çeşitli su organizmaları için de doğrudan toksik olabilir. Bu toksisite farklı şekillerde ortaya çıkabilir:

Omurgasızlar: Kabuklular ve böcekler gibi sucul omurgasızlar özellikle savunmasız olabilir. Bu organizmalar sucul besin zincirlerinde ve besin döngüsünde çok önemli roller oynarlar. İlaçların toksik etkileri bu ekosistemleri bozabilir.

Diğer Balık Türleri: Aynı su kütlesindeki hedef olmayan balık türleri de etkilenebilir. Bu durum biyoçeşitliliğin azalmasına ve su topluluğunda dengesizliklere yol açabilir.

Yırtıcılar ve Avlar Üzerindeki Dolaylı Etkiler: İlaçların kullanımı tüm besin ağını etkileyebilir. Örneğin, bir ilaç belirli bir av türüne zarar verirse, dolaylı olarak onunla beslenen türleri de etkileyebilir. Bu bozulmanın ekosistem boyunca basamaklı etkileri olabilir.

Biyoakümülasyon: Bazı ilaçlar suda yaşayan organizmaların dokularında, özellikle de uzun ömürlü türlerde birikebilir. Bu biyoakümülasyon, besin zincirinin daha yukarısındaki organizmalarda daha yüksek ilaç konsantrasyonlarına yol açabilir, potansiyel olarak yırtıcıları ve hatta yüksek kalıntı seviyelerine sahip balıkları tüketen insanları etkileyebilir.

Antibiyotik Direncinin Gelişmesi:

Su ürünleri yetiştiriciliğinde antibiyotik kullanımı, su ortamında antibiyotiğe dirençli bakterilerin gelişmesine katkıda bulunabilir. Bu, çeşitli nedenlerden dolayı önemli bir endişe kaynağıdır:

Seçici Baskı: Antibiyotikler, çevrede bulunan bakteri popülasyonları üzerinde seçici baskı yaratır. Antibiyotiğe doğal olarak dirençli olan veya mutasyon yoluyla direnç kazanan bakteriler hayatta kalma avantajına sahiptir.

Gen Transferi: Bakteriler antibiyotik direnç genlerini sadece kendi soylarına değil, aynı zamanda ortamdaki diğer bakterilere de yatay olarak aktarabilir. Bu yatay gen transferi direnci daha hızlı yayabilir.

Direnç Rezervuarı: Sucul ortamlar antibiyotiklere dirençli bakterilerin rezervuarı haline gelebilir. Bu dirençli bakteriler potansiyel olarak insan patojenlerine yayılabilir ve insanları enfekte etmeleri halinde sağlık riski oluşturabilir.

Çapraz Kontaminasyon: Dirençli bakteriler potansiyel olarak su ürünleri yetiştiriciliği ortamlarından yabani su ekosistemlerine veya kontamine deniz ürünlerinin tüketimi yoluyla insanlara bulaşabilir. Su ortamlarında antibiyotik direncinin gelişimini azaltmak için, su ürünleri yetiştiriciliğinde sorumlu antibiyotik kullanım uygulamalarını takip etmek çok önemlidir. Antibiyotikleri yalnızca gerekli olduğunda ve son çare olarak, bir veteriner hekim veya balık sağlığı uzmanının rehberliğinde kullanılmalıdır. Akuakültürde kullanımına onay verilmiş antibiyotikler kullanılmalı ve sınıflandırılması bir üstte olan yüksek kuşak antibiotikler kullanılmamalıdır. Kullanılan antibiotikler doğru dozajda ve önerilen tedavi süresi boyunca uygulanmalıdır. Hastalık salgınlarını önlemek ve antibiyotik ihtiyacını azaltmak için biyogüvenlik önlemlerini uygulanmalıdır. Su ortamı üzerindeki etkisini en aza indirmek için antibiyotik kullanımını takip edilmeli ve denetlenmelidir. Genel olarak, balık hastalıkları ilaçlarının sorumlu kullanımı, suda yaşayan organizmalar üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirmek ve çevrede antibiyotik direncinin gelişmesini önlemek için kritik öneme sahiptir.

Bakteriler, genellikle antibiyotiklerin uyguladığı seçici baskıya karşı bir hayatta kalma tepkisi olarak, çeşitli mekanizmalar yoluyla antibiyotik direnci

geliştirebilir. İşte bakterilerin antibiyotik direnci geliştirdiği temel mekanizmalar şunlardır;

Mutasyon:

Spontane Mutasyon: Bakteriler DNA'larındaki rastgele mutasyonlar yoluyla direnç kazanabilirler. Bazen, bir mutasyon bir antibiyotiğe karşı direnç kazandırabilir. Antibiyotiğe maruz kaldıklarında, bu mutasyona sahip bakteriler hayatta kalır ve çoğalır, bu da antibiyotiğe dirençli bir bakteri popülasyonuna yol açar.

Yatay Gen Transferi:

Konjugasyon: Bakteriler direnç genlerini konjugasyon adı verilen bir süreçle doğrudan diğer bakterilere aktarabilir. Bu mekanizmada, dirençli bir bakteri bir plazmidi (direnç genlerini içeren küçük, dairesel bir DNA parçası) alıcı bir bakteriye aktarır. Bu, alıcı bakterinin hızlı bir şekilde antibiyotik direnci kazanmasını sağlar.

Transformasyon: Bakteriler, direnç genleri içeren DNA parçaları da dahil olmak üzere çevrelerinden serbest DNA da alabilirler. Bu süreç transformasyon olarak bilinir.

Transdüksiyon: Bakterileri enfekte eden virüsler olan bakteriyofajlar, direnç genlerini bir bakteriden diğerine taşıyabilir. Bu süreç transdüksiyon olarak adlandırılır.

Efflux Pompaları:

Bazı bakteriler efluks pompalarının aktivitesini artırarak direnç geliştirir. Bu pompalar, ilaçlar hücreye zarar vermeden önce antibiyotikleri bakteri hücresinden dışarı atar. Bu mekanizma antibiyotiklerin hücre içi konsantrasyonunu azaltarak bakterileri etkilerine karşı daha az duyarlı hale getirir.

Enzimatik Bozunma:

Bakteriler antibiyotikleri parçalayabilen veya değiştirebilen enzimler üretebilir. Örneğin, beta-laktamaz enzimleri antibiyotik molekülündeki beta-laktam halkasını parçalayarak beta-laktam antibiyotikleri (penisilin ve sefalosporinler gibi) inaktive edebilir.

Hedef Bölge Modifikasyonu:

Bakteriler antibiyotiklerin bağlandığı hedef bölgeyi değiştirebilir. Hedef bölgenin değiştirilmesiyle, antibiyotikler artık etkili bir şekilde bağlanamaz ve bakteriyel hedefi inhibe edemez. Örneğin, bazı bakteriler belirli antibiyotiklerin etkisinden kaçınmak için ribozomlarını değiştirir.

Biyofilm Oluşumu:

Biyofilmler (koruyucu bir matris içinde yer alan karmaşık bakteri toplulukları) içindeki bakteriler antibiyotiklere karşı daha fazla direnç geliştirebilir. Biyofilm matrisi, antibiyotiklerin nüfuzunu sınırlayan bir bariyer görevi görerek ilaçların içindeki bakterilere ulaşmasını zorlaştırır.

Persisterler:

Bazı bakteriler, antibiyotiklere karşı oldukça toleranslı hale geldikleri hareketsiz veya persister bir duruma girebilirler. Bu durum antibiyotik tedavisinden sağ çıkmalarını sağlar. Antibiyotik kaldırıldıktan sonra, bu persisterler yeniden canlanabilir ve enfeksiyonu yeniden oluşturabilir.

DNA Onarımında Verimlilik:

Gelişmiş DNA onarım mekanizmalarına sahip bakteriler, antibiyotiklerin neden olduğu DNA hasarını daha iyi onarabilir. Bu da antibiyotiğe maruz kaldıklarında daha etkili bir şekilde hayatta kalmalarını sağlar.

Bakteriler antibiyotik direnci geliştirmek için bu mekanizmalardan birini veya bir kombinasyonunu kullanır. Zaman içinde, direnç özelliklerine sahip bakteriler antibiyotiğe maruz kaldıkça ve çoğaldıkça, popülasyonda antibiyotiğe dirençli suşlar giderek daha baskın hale gelir. Bu nedenle tıpta ve tarımda sorumlu antibiyotik kullanımı, antibiyotik direncinin gelişimini yavaşlatmak ve bu hayati ilaçların etkinliğini korumak için çok önemlidir.

Düzenleyici Önlemler:

Birçok ülkede, çevresel etkilerini en aza indirmek için su ürünleri yetiştiriciliğinde ilaç kullanımına ilişkin düzenlemeler ve kılavuzlar bulunmaktadır. Bu düzenlemeler, balıklar hasat edilmeden önce ilaç kalıntılarının temizlenmesine izin vermek için geri çekme sürelerini içerebilir.

Biyoakümülasyon:

Bazı ilaçlar balık dokularında biyolojik olarak birikebilir ve uygun şekilde yönetilmezse potansiyel olarak besin zincirine girebilir. İlaç kalıntıları içeren balıkların insan tüketimi sağlık açısından endişe verici olabilir. Balık hastalıklarının tedavisinde kullanılan ilaçların çevresel etkilerini azaltmak için, aşağıdakiler de dahil olmak üzere uygun yönergeleri ve en iyi uygulamaları takip etmek önemlidir.

İlaçların yalnızca gerekli olduğunda ve bir veteriner hekim veya balık sağlığı uzmanının rehberliğinde kullanılması.

Balık yetiştiriciliği ve su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanımı onaylanmış ilaçların kullanılması.

Öngörülen dozaj ve tedavi rejimlerine uymak.

Tedavi sırasında ve sonrasında su kalitesinin izlenmesi.

Kullanılmayan ilaçların ve ambalajların yerel yönetmeliklere göre uygun şekilde imha edilmesi.

Balık popülasyonlarında hastalık salgını riskini azaltacak ve böylece ilaç kullanım ihtiyacını azaltacak uygulamaların hayata geçirilmesi.

Balık hastalığı ilaçlarının çevresel etkisi, kullanılan spesifik ilaca, tedavi yöntemine ve çevresel koşullara bağlı olarak değişebilir. Etkili hastalık yönetimi ihtiyacı ile su ortamını koruma sorumluluğunu dengelemek çok önemlidir.

SONUÇ

Dünyada ve ülkemizde her geçen gün akuakültür çalışmalarından elde edilen ürün miktarı artmaktadır. Bu artış ile birlikte kullanılan mekanizasyon teknikleri, yem teknolojisi, sağlıklı bireylerin üretimi için genetik olarak bağışıklık sistemi yüksek canlıların seçimi ile birlikte yeni fikirler ön plana çıkmaktadır. Bunlardan bir tanesi de kullanılan ilaçların miktarsal olarak sınırlanması ve kantitatif olarak çevre ile etkileşimi daha az olan ve etkinliği yüksek kimyasallar kullanılmaya başlamıştır. Ayrıca farklı biyopolimer gibi doğada kısa sürede yok olabilen immünostimülantların yem katkı maddesi olarak kullanılmasının yanı sıra, uygulama sonrası çevre ile etkileşimin minimuma indirilmesi amacı ile farklı bağlayıcılar da kullanılmaktadır. Her ne kadar da akuakültürde ki su ayak izinin protein üretiminde oldukça yüksek bir orana sahip olduğu düşünülse de diğer protein kaynakları(küçükbaş büyükbaş

vb) üretiminden daha az miktarda su kullanılmaktadır. Ancak çevre ile etkileşimi açısında sağlıksız ortamlarda yetiştiricilik yapılması ve medikament uygulamaları sun ayak izinin miktarını artırmaktadır. Geleceğimiz için ve kullanılabilir su kaynaklarının korunması ve geleceğe bırakılması açısından da kullanılan medikament miktarının ve etkileşimin azaltılması oldukça önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

Arias, C.R., Pujalte, M.J., Garay, E. and Aznar, R. (1998). Genetic relatedness among environmental, clinical, and diseased-eel Vibrio vulnificus isolates from different geographic regions by ribotyping and randomly amplified polymorphic DNA PCR. Applied and Environmental Microbiology, 64: 3403-3410.

Benmansour, A. and de Kinkelin, P. (1997). Live fish vaccines: history and perspectives. Developments in Biolological Standardization, 90: 279-289.

Cawley, G.D. (1983). Management, nutrition and housing of farmed fish. The Veterinary Record. Jan., 112: 101-104.

Cengizler İbrahim, 2006. Balık Hastalıkları, Nobel kitabevi.133.

Engelking, H.M., Harry, J. and Leong, J.C. (1991). Comparison of representative strains of infectious hematopoietic necrosis virus by serological neutralization and cross-protection assays. Applied and Environmental Microbiology, 57: 1372-1378.

FAO, (2023a). *The State of World Fisheries and Aquauculture*, https://www.fao.org/3/cc0874en/cc0874en.pdf (Erişim tarihi: 24.10.2023)

FAO, (2023b). *FishStat Plus-Universal software for fishery statistical time series* http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstat/en (Erişim tarihi: 24.10.2023)

Gudding, R., Lillehaugh, A. and Evensen, O. (1999). Recent developments in fish vaccinology. Veterinary Immunology and Immunopathology, 72: 203-212.

Gümüş, E. Yılmaz, S. (2011). Antalya İli'nde Su Ürünleri Yetiştiricilik Sektörü ve Pazarlama Durumu, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* (MAKUFEBED) 3: 15-31.

Hedrick, R.P. (1998). Relationships of host, pathogen, and environment: Implications for diseases of cultured and wild fish populations. Journal of Aquatic Animal Health, 10: 107-111.

Karataş S. (2016). Balıkçılık Sektörü Raporu. Ordu Ticaret Borsası. 32s.

Kuşat, N. (2020). Türkiye-AB 28 ticaretinde su ürünleri sektörünün 'endüstri içi ticaret' analizi. *Acta Aquatica Turcica*, 16(4), 535-544

Leong, J.C. and Fryer, J.L.. (1993).Viral vaccines for aquaculture. Annual Review of Fish Diseases, 4: 225-240. Michel, C. (1998). Role of international organizations in the prevention of infectious diseases spreading and harmonization of therapy and vaccines. In Eurovetofish chemotherapy and vaccines.

O'Brien, D., Mooney,J., Ryan, D., Powell, E., Hiney, M., Smith, P.R. Powell, R. (1994). Detection of Aeromonas salmonicida, causal agent of furunculosis in salmonid fish, from the tank effluent of hatchery-reared atlantic salmon smolts. Applied and Environmental Microbiology, 60: 3874-3877.

Reno, P.W. (1998). Factors involved in the dissemination of disease in fish populations. Journal of Aquatic Animal Health, 10: 160-171.

Richards, R.H. (1983). Diseases of farmed fish: Salmonids. The Veterinary Record, Feb.112: 124-126.

TOB., 2023. Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı**.** https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/Belgeler/Bitkisel%20%C3%9Cretim/%C4%B0yi%20Tar%C4%B1m%20Uygulamalar%C4%B1/%C4%B0TU%20Su%20%C3%9Cr%C3%BCnleri/SU%20%C3%9CR%C3%9CNLER%C4%B0%20YET%C4%B0%C5%9ET%C4%B0R%C4%B0C%C4%B0L%C4%B0%C4%9E%C4%B0%20MOD%C3%9CL%C3%9C.doc Erişim Tarihi: 27.10.2023

BÖLÜM 3

Sürdürülebilir Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Nanoteknolojik Gelişmeler

Öğr. Gör. Dr. Zeynep ERÇEN[1]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10123022

[1] Çukurova Üniversitesi, Adana Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Adana, Türkiye. zercen@cu.edu.tr, Orcid ID: https://orcid.org/0000-0002-1487-744X

GİRİŞ

Küresel nüfusun sürekli artışı, sağlıklı ve güvenilir hayvansal protein kaynaklarına olan ihtiyacı artırmaktadır. Bu ihtiyacı karşılamada tarım endüstrisi, özellikle su ürünleri yetiştiriciliği gibi sektörler önemli bir rol oynamaktadır. Son yıllarda gerçekleştirilen kapsamlı araştırmalar, su ürünleri yetiştiriciliği sektörünün hızla büyüdüğünü ve üretimin arttığını açıkça göstermektedir. Dünya genelinde üretilen balığın yaklaşık yarısı su ürünleri yetiştiriciliği tarafından sağlanmaktadır (FAO, 2018). Ancak, su ürünleri yetiştiriciliği başarısı bir dizi faktöre bağlıdır ve bu sektörün sürekli büyümesi için çok yönlü bir yaklaşım gerektiği açıktır.

Su ürünleri yetiştiriciliğinin genel büyümesi ve başarısı, bir dizi faktörle ilişkilidir. Bu faktörler arasında tür seçimi, kültür teknikleri, su kalitesinin korunması, yem kalitesi ve hastalık yönetimi gibi konular yer almaktadır. Su ürünleri yetiştiriciliği, yüksek kaliteli ürünlerin üretilmesini hedeflerken, günümüzde uygulanan bazı yöntemler, özellikle antibiyotik kullanımı ve kimyasal ilaçlar gibi hastalık tedavisi için kullanılan uygulamalar, organizma ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle eleştiri almaktadır (Cabello, 2006).

Bu nedenle, su ürünleri yetiştiriciliği sektörünün sürdürülebilir büyümesi için bu faktörlerin dikkatlice yönetilmesi ve çevresel etkilerin azaltılması gerekmektedir. Sağlıklı ve güvenilir bir hayvansal protein kaynağı sağlarken, doğal kaynakların korunması ve çevresel sürdürülebilirlik sağlama amacıyla su ürünleri yetiştiriciliği yöntemlerinin geliştirilmesi ve iyileştirilmesi önemlidir. Bu, gelecek nesillere beslenme güvencesi sağlarken çevresel dengenin korunmasına da katkı sağlar.

Nanoteknoloji, farklı disiplinleri, fizik, kimya, biyoteknoloji ve mühendisliği içerir (Chandra, 2016) ve 1-100 nm aralığında çalışırken, nanomalzemelerde çeşitli boyutlarda yapısal öğeler bulunmaktadır. Bu boyutlar arasında sıfır boyut (nanopartiküller, nanokümeler ve kuantum noktalar), bir boyut (karbon nanotüpleri ve çok katmanlı nanotüpler), iki boyut (grafen tabakaları ve ultrathin filmler), ve üç boyut (nano yapı malzemeler) bulunmaktadır. Nanopartiküllerin farklı formları ve şekilleri kullanılmaktadır, örneğin dendrimerler (Wu ve ark., 2015a), nanokapsüller (Torchilin, 2006), nanosferler (Donbrow, 1991), nanotüpler (Reilly, 2007) gibi.

Ek olarak, nanomalzemelerin birçok avantajı vardır, örneğin dokuya özgü hedefleme, doz ve toksisite azaltma, biyoyararlılığı artırma, ilaç etkinliği artırma ve ikincil olumsuz etkileri azaltma (Shah ve Mraz, 2019; Toyokawa ve ark., 2008; Xu ve ark., 2018a) gibi. Nanomalzemelerin fizikokimyasal özellikleri, gıda koruma, su arıtma ve sağlık hizmetleri gibi birçok alanda geniş uygulamaları desteklemektedir (Baranwal ve ark., 2018; Ogunkalu, 2019).

Nanoteknoloji, tarım-gıda endüstrisi dahil olmak üzere birçok alanda potansiyel sunan yeni bir teknoloji olarak öne çıkmaktadır (Kumari ve Yadav 2014, Rodrigues ve ark. 2017). Bu teknoloji, tekstil, elektronik, mühendislik ve ilaç endüstrilerinde zaten temellendirilmiştir (Smith ve ark. 2007). Bilim insanları, metrenin milyarda biri kadar küçük olan nanometre ölçeğinde malzemeleri incelemek, işlemek ve üretmek için nanoteknolojiyi kullanabilirler. Su ürünleri yetiştiriciliği endüstrisinde nanoteknolojiye dayalı son tekniklerin kullanımının olası faydaları rapor edilmiştir. Nanoteknolojik formülasyonlar, su ürünleri yetiştiriciliğinde aşılar, antibiyotikler, farmasötikler ve nutrasötikler gibi bir dizi uygulama için uygun görünmektedir (Rather ve ark. 2011).

Nanoteknoloji, tarım alanında çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır. Bu uygulamalara örnek olarak, gıda muhafazası için malzemelerin kaplanması, taze meyve ve sebzelerin korunması, su ürünleri yetiştiriciliği gibi alanlarda kullanılan balık yemi ve yem paketleme, balık/kabuklu deniz ürünleri yönetimi, nano aşılar, su ürünleri yetiştiriciliği malzemeleri mühendisliği, transgenik organizmalar ve benzerleri sayılabilir. Uluslararası pazarda 300'den fazla nano gıda ürünü bulunmaktadır (Kuzma ve VerHage, 2006).

Nanoteknoloji, su ürünleri yetiştiriciliği alanında geniş bir uygulama yelpazesi sunmakta olup bu endüstriyi önemli ölçüde dönüştürebilme potansiyeline sahiptir. Bu alanlarda mevcut uygulamalar arasında patojenlerin tespiti ve kontrolü, su arıtma, göletlerin sterilizasyonu, besin maddeleri ve ilaçların etkili bir şekilde taşınması gibi konular bulunmaktadır (Jimenez-Fernandez ve ark., 2014; Bhattacharyya ve ark., 2015; Huang ve ark., 2015; Sibaja-Luis ve ark., 2019). Örneğin, DNA-nano aşıları, balıkların bağışıklık sistemini güçlendirmek için kullanılmaktadır. Benzer şekilde, demir nanopartiküller aynı zamanda balık büyümesini artırmak için kullanılabilir (Mohammadi ve Tukmechi, 2015).

Günümüzde, bu teknolojilerin gelecekteki uygulama olasılıkları oldukça fazladır. Tarım-gıda sektörü içinde, teslimat sistemleri için nano malzemelerin uygulanmasına yönelik araştırmalar, nanopartiküller, miseller, liposomlar, biyopolimerler, emülsiyonlar, protein-şeker kompleksleri, dendrimerler ve katı nano-lipit partiküller gibi yöntemlerle gerçekleştirilmektedir. Bu nanomalzemelerin avantajlarını sağlayan başlıca özellikler yüksek emilim ve biyouyarlanabilirlik, daha iyi dağılım ve çözünürlük, gıda işleme sırasında çevresel bozunmaya karşı daha iyi stabilite ve kontrol edilebilir salım kinetiği içermektedir (Chen ve ark., 2006; Ogunkalu, 2019; Pathakoti ve ark., 2017).

Ayrıca, teslimat sistemleri için nanomalzemelerin kullanılması, yemlerin besin profillerini ve yem dönüşüm oranlarını geliştirebilir (Bhattacharyya ve ark., 2015). Bu avantajlar, verimliliği artırır, atığı azaltır,

finansal yükü hafifletir ve üretim verimliliği ve kalitesini artırır (Chena ve Yadab, 2011).

Diğer teknolojilere kıyasla, nanoteknoloji uygulamaları aracılığıyla moleküllerin teslimatı, ilaç ve aşıların hassas teslimatı ve kontrol edilebilir salımı sayesinde hastalıkların önlenmesi/tedavisinde daha etkili olabilir, sağlık ve çevresel faktörlere bağlı riskleri azaltabilir ve kimyasalların kullanımını azaltabilir. Hedefe yönelik teslimat için nanopartiküller, daha hızlı, invaziv olmayan ve maliyet açısından daha etkili yeni ilaç uygulama yöntemlerine olanak tanıyabilir. Ayrıca, tanı ve tedaviyi tek bir adımda birleştirebilen hastalıkları önleyen tedaviler (teranjostik), hastalık tedavisinin etkinliğini artırabilir ve maliyetleri önemli ölçüde düşürebilir (Chena ve Yadab, 2011; Morris, 2009).

Nanoteknoloji aynı zamanda balık paketleme yöntemlerinin geliştirilmesi ve tat, doku, koku, görünüm ve lezzet gibi kalite açısından iyileştirmeleri, ayrıca balık besin maddelerinin emilimini artırmayı içermektedir. Aynı şekilde, nanoteknoloji, biyoyararlanabilirliği artırmak için (fonksiyonel bileşenler dâhil) mikrokapsüllü antimikrobiyallerin paketlenmesi ve salımını izlemek için kullanılır. Ayrıca, nanopartiküllerin bakterilere karşı dirençli yüzeyler oluşturmak için kullanılabilen bakteriyostatik özellikleri de vardır. Örneğin, gıda tarım endüstrisinde et ürünlerinin patojenlerin azaltılması ve raf ömrünün uzatılması amacıyla gümüş nanopartikülleri kullanılmıştır (Ogunkalu, 2019).

Ancak, nanopartiküllerin çevre ve sağlık üzerinde olumsuz etkileri olabileceğini göz önünde bulundurmak önemlidir (Otles ve Yalcin, 2008), çünkü bu partiküllerin emilimi, DNA replikasyonunu etkileyebilir ve genetik mutasyonlara neden olabilir (Suppan, 2011). Bu nedenle, nanoteknolojinin daha fazla uygulama için sürdürülebilir ve güvenli olabilmesi için nanomalzemelerin ömrü ve raf ömrünün incelenmesi gerekmektedir, aynı zamanda olası sağlık ve çevresel riskleri içeren maruz kalma, emilim, birikim, salım ve birikme gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır (Handy, 2012).

1. Nanoteknolojinin Su Ürünleri Yetiştiriciliğinin Farklı Alanlarında Uygulanması

1.1. Su Arıtmada Nanoteknoloji Kullanımı

Su kalitesi, balık sağlığı için kritik bir faktördür. Yoğun su ürünleri yetiştiriciliği sistemi her zaman su kalitesi sorunlarıyla ilişkilidir. Su kalitesinin kaybı, balıklar dahil sucul organizmalarda kötü performansa ve yaralanmalara yol açmaktadır (Boyd ve Tucker, 2012). Yoğun su ürünleri yetiştiriciliği pratiği tarafından karşılaşılan suyla ilgili sorunlar arasında, azotlu atık birikiminin daha sinsice ve zararlı bir etkisi olduğu iddia edilmektedir. Azotlu atıkların su ürünleri yetiştiriciliği sisteminden uzaklaştırılması zor bir işlemdir (Handy ve Poxton, 1993). Buna ek olarak, atık birikimi, bakteri, virüs ve alg gibi zararlı patojenlerin istenmeyen girişine yol açar. Kimyasal maddelerin su ürünleri yetiştiriciliği sistemine girmesi,

hem balık sağlığı hem de tüketicilerin sağlığı için ciddi bir endişeye neden olur. Bu soruna müdahale etmek için benzersiz bir yaklaşım olan nanoteknolojinin kullanımı en yeni uygulamadır. Nanoteknoloji tabanlı müdahale, su ürünleri yetiştiriciliği sistemindeki azotlu atık birikimi ile ilişkili sorunları minimize edebilir. Azadbakht ve ark. (2016), sulu çözeltilerden nitrat uzaklaştırmak için nanokristalin selüloz (NCC) sentezlemişler ve pH 6'da nitratın %25'lik en yüksek düzeyde uzaklaştırıldığını bulmuşlardır. Ayrıca, nanomalzemeler, patojenleri doğrudan uzaklaştırmak veya ultraviyole (UV) işlemi ile patojenlerin fotodegradasyonunu artırmak için kullanılmıştır (Li ve ark., 2008).

Nanomalzemeler, su arıtma süreçlerinde fotokataliz ve adsorpsiyon verimliliği konusunda etkili ve ekonomik yaklaşımlar sunarak su arıtımına katkı sağlamaktadır. Örneğin yeraltı suyundan arsenit kirliliğini ortadan kaldırmak için manyetik konjac glucomannan aerogeller geliştirilmiştir (Ye ve ark., 2016). Bununla birlikte, son birkaç yılda suyun çeşitli kirleticilerini uzaklaştırma ile ilişkilendirilen grafen nano levhaları ve grafen oksit, büyük ilgi çekmiştir (Liu ve ark., 2016; Motamedi ve ark., 2014). Grafen oksit-titanyum oksit nanokompozit, artık suyun içindeki ağır metalleri ve organik bileşikleri adsorpsiyon ve uzaklaştırma için kullanılmıştır (Atchudan ve ark., 2017; Hu ve ark., 2013). Düşük maliyet, toksik olmayan, etkili bir fotokatalizör, biyolojik ve kimyasal açıdan stabil olan özellikler, titanyum oksiti, atık su arıtımı için umut vadeden bir aday olarak işaret etmektedir. Ayrıca, titanyum dioksitin fotokatalitik aktivitesini incelemek için birçok çalışma yürütülmüş ve bu çalışmalar, Gram-negatif ve Gram-pozitif bakteriler, filamentli ve tek hücreli mantarlar, algler, protozoalar, memeli virüsleri ve bakteriyofajlar gibi geniş bir mikroorganizma yelpazesini öldürme yeteneğine sahip olduğunu göstermiştir (Foster ve ark., 2011). Bu etki, reaktif oksijen radikalleri ve peroksitlerin üretimine dayanır; bu maddeler hücre duvarlarını ve membranlarını tahrip edebilir. Nanopartiküller, reaktif oksijen türlerinin üretilmesi yoluyla antibiyotikleri parçalayabilir. Benzer tekniklerin uygulanmasıyla, demir nanopartiküllerinin poliklorlu bifenilleri ve dioksinleri yeraltı sularından daha az toksik karbon bileşiklerine parçalamak için kullanılması mümkün olmuştur (Majumder ve Dash, 2017).

1.2. Balıkların Büyümesinde Nanoteknolojinin Etkisi

Geleneksel olarak, balık beslemesi, balıklara yem peleti şeklinde yem sunma temeline dayanır. Bu pelet, balıkların günlük besin ihtiyaçlarına dayalı olarak oluşturulur. Nanoteknolojinin mevcut bir yaklaşımı, su ürünleri yemlerinde, besin maddelerinin, nanopartiküllerin balığın bağırsak dokusunu geçip balığa ulaşmadan önce doğrudan balık sindirim sisteminden geçme oranını artırarak, balığın bağırsak dokusunu geçmesi ve daha etkili kullanılmasını sağlayabilir (Handy, 2012). Yetiştirilen balık türlerinin optimum büyümesi, su ürünleri yetiştiriciliği endüstrisinin karlılığını belirler. Su ürünleri yetiştiricileri ve balık bilimcileri her zaman istenen balık türlerinin

büyümesini teşvik edebilen yeni bir bileşen arayışında olmuşlardır. Çeşitli balık türlerinde büyümeyi teşvik etme etkisi değerlendirmek için bir dizi nanopartikül test edilmiştir. Bazı nanopartiküllerin büyümeyi artırma etkisine sahip olduğu yapılan çalışmalar sonucu ortaya konmuştur (Zhou ve ark., 2009). Farklı nanopartiküller, mikro ölçekte balık diyetine takviye edildiğinde büyüme teşvikçileri ve immünomodülatörler olarak işlev görebilir. Selen nanopartiküllerinin temel diyetle takviye edilmesi, sazan balığında (*Carassius auratus gibelio*) kilo alımı, antioksidan profili ve kas biyo birikiminde iyileşme göstermiştir (Wang ve ark., 2017; Zhou ve ark., 2009). Ayrıca, nanoskala selenyumun, metalik selenyumla karşılaştırıldığında daha düşük toksisiteye sahip olduğu ve seleno-enzimlerin daha fazla yukarı regülasyonunu gösterdiği gözlemlenmektedir (Sarkar ve ark., 2015a). Nil tilapyalarda, balıklara yüksek dozda nano selenyum verildiğinde kontrol grubuna kıyasla daha yüksek bir ağırlık artış hızı elde edilmiştir (Deng ve Chen 2003).

Nanoboyuttaki mineraller, hücrelere büyük benzerlerinden daha kolay girebilir, bu da balığın bunları daha hızlı benimsemesini hızlandırır. Ayrıca, bu teknoloji doğru bir şekilde kullanılırsa, su ürünleri yemi sürecinin çevresel etkisini azaltabilir. Balıkların kullandığı yem miktarını artırmak, su ürünleri yetiştiriciliği tarafından çevreye boşa atılan yem miktarını azaltır. Selenyum ve demir nanopartikülleri, balık yemine katılmış ve balık büyümesini artırmak için kullanılmıştır. Araştırmacılar, demir nanopartikülleriyle beslenen genç sazan ve mersin balığının sırasıyla %30 ve %24 daha hızlı büyüdüğünü bulmuşlardır (Rather ve ark., 2011). Bu nanopartiküller, balıkların sağlığını artırarak daha verimli hale getirmiştir. Nanoteknoloji entegre çoklu tropik su ürünleri yetiştiriciliği yaklaşımlarının tanıtılması, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliği teşvik eden teknikler artmaktadır. Bu yeni teknik, su arıtma maliyetlerini azaltmak için akvaryumlar ve diğer ticari balık havuzlarına uygulanabilir. Nanoteknolojik yaklaşım, balık havuzlarını hastalıklardan ve organik kirlilikten korumak için faydalı olabilir.

1.3. Balık Hastalığı Kontrolü ve Teşhisinde Nanoteknoloji Kullanımı

Hastalık oluşumu, yoğun su ürünleri yetiştiriciliği sistemleri için başlıca tehditlerden biridir (Toranzo ve ark., 2005) ve sağlık yönetimi, balık türlerinin patojen istilasından korunması ve tedavisi için önemlidir. Su ürünleri yetiştiriciliği üretiminin artmasıyla birlikte, çeşitli zararlı hastalıkların ortaya çıkışı da artmaktadır (Murray, 2013, Lafferty ve ark., 2015). Su ürünleri yetiştiriciliği endüstrisi, çeşitli patojenler tarafından meydana gelen bir dizi hastalık nedeniyle yıllık büyük kayıplarla karşılaşabilir. Bu nedenle hastalıkların etkili bir şekilde tespiti ve kontrol önlemleri, üretkenliği en üst düzeye çıkarmak ve balık ürünlerinin kalitesini sağlamak için temel bir unsur olarak kabul edilir (Ninawe ve ark., 2016). Su ürünleri yetiştiriciliği kurulumlarında karşılaşılan çeşitli hastalıklarla başa çıkmak için

antibiyotikler, immünostimulanlar, kimyasallar, aşılar gibi farklı stratejiler geliştirilmiştir (Evelyn, 2002, Faruk ve ark., 2008, Barman ve ark., 2013).

Nanoteknoloji, bu alanlarda yeni yöntemler ve geleneksel teknolojiyi yeniden yapılandırma yoluyla önemli katkılarda bulunabilir (Kaul ve ark., 2018). Nanopartiküllerin su ürünleri yetiştiriciliği hastalık yönetimindeki uygulamaları araştırılmış ve Ag-NPs, Au-NPs, ZnO-NPs ve TiO2-NPs gibi nanopartiküllerin çeşitli hastalık yapıcı patojenlere karşı savaşma prensibine sahip olduğu bulunmuştur (Cheng ve ark., 2009). Gümüş nanopartiküller, bakteriyel hücre membranlarını bozan Ag+ iyonlarını salgılayarak etkili bir antibakteriyel ajan olarak kullanılır ve bu, bakteriyel hücrelerin ölümüne yol açar (Lara ve ark., 2010). Ayrıca, Ag-NPs, bazı çoklu ilaç dirençli bakteri izolatlarına karşı da etkilidir ve metisilin dirençli *Staphylococcus aureus* bunlardan biridir (Ayala-Nunez ve ark., 2005).

1.4. Balıkların Gonadal Olgunlaşması ve Üremesi İçin Nanoteknoloji

Balık üreme ve üretimi, su ürünleri yetiştiriciliği araştırmasının kritik bir bölümünü oluşturur. Üreme protokolünde ilk adım olan üretici stok yönetimi, üreme matürasyonunu, enjeksiyonlar veya besleme takviyeleri yoluyla hormonların çoklu aşamalı uygulanması ile elde edilir. Örneğin, insan koryonik gonadotropin (HCG) gibi uyarıcı hormonların enjeksiyonları, balıkları yumurtlama sürecine hazırlar, ancak bu işlem sırasında balıklar işlem stresi, ağrı gibi sorunlarla karşılaşabilirler. Ayrıca, progesteron veya testosteron gibi matürasyonel hormonların diyet takviyeleri, hormonların çevresel suda yayılmasına neden olabilecek ek bir problem yaratır. Bu sorunları çözmek amacıyla hormon içeren peletlerin deri altına yerleştirilmesi denemiştir (Kailasam ve ark., 2006). Ancak, hormon yüklü nanonakliyeler, daha yavaş salım ve yüksek retansiyon süresi sayesinde yumurtlama öncesi dönemde balığın derisi altına yerleştirilerek matürasyonu tetiklemek için daha etkili bir alternatif sunmaktadır (Kumari ve ark., 2013).

Vitaminler ve mineraller, üreme stok yönetimi ve balıkların üretimi (Izquierdo vd., 2001) için önemli bir rol oynar. Örneğin, E vitamini gonado-somatik indeksi (GSI) artırır, yumurta kalitesini ve çıkma oranlarını iyileştirir. Benzer şekilde, C vitamini steroid üretimi ve balık sistemlerinde vitelogenezi etkiler (Volkoff ve London, 2018). Üreme programına başlamadan önce, yüksek verimliliğe sahip üstün üretici stoklar geliştirmek için önemli mikro ve makro besin maddeleri ile zenginleştirilmiş balık yemleri verilir. Bu besin maddelerinden biri olan selenyum, balıklar arasındaki erkek kısırlığında çeşitli sorunları çözer ve nanoskal selenyum daha verimli bir şekilde işlev görür (Sarkar ve ark., 2015a). Benzer şekilde, fosfor eksikliği düşük dişi verimliliğine neden olurken, kalsiyum yumurta aktivasyonunda önemli bir rol oynar. Nanoskal makro ve mikromineral sentezi protokolü ve vitaminlerin nano-taşıyıcı tabanlı teslimatı standart hale getirilmiş olmasına rağmen, bunların tohum üretimi üzerindeki rolüne dair çok az araştırma kaydı

bulunmaktadır. Bu bağlamda, gümüş nanopartikülle indüklenmiş bir üreme programı, zebrabalığı (*Danio rerio*) ile yapılan çalışmalarda, düşük dozlarda (13.6 ve 21.6 μgL− 1) gümüş nanopartikülünün zebrabalığında çıkma ve üreme performansını tetikleyebileceğini göstermiştir (Sarkar ve ark., 2018).

1.5. Su Ürünleri Biyoteknolojisinde Nanoteknoloji

Nanopartiküller, genetik asitler için cazip bir reseptör sağlar ve nükleik asitler için iskelet görevi görür. Balıkçılık alanında nano-fabrikasyon teknolojisi, genetik polimorfizmi analiz etmek, yeni biyobelirteçler keşfetmek ve farklı gen ifadesini incelemek gibi amaçlarla DNA ve protein mikro dizilerde kullanılabilir. Biyoçipler ve mikroakışkan çipler yüksek verimli tarama gerçekleştirebilir ve DNA ve protein belirteci bağımlı tespit ve tanı sistemleri geliştirmek için kullanılabilir (Su ve ark., 2006). Nanopartiküller, balıklarda yeni ve yenilikçi gen transfer yöntemleri tasarlamaya yardımcı olur. Mikroelektronik-mekanik sistem (MEMS) tarafından üretilen elektropore (EP) biyoçip, yeşil floresan protein (GFP) ve trypan mavisi boyasını içeren genlerin zebra balığı embriyolarına transfekte edilmesi için başarıyla uygulanmıştır (Hung ve ark., 2005). Farklı balık dokularına gen teslimi için şitosan tripolifosfat (CS/TPP) nanopartiküllerinin oral uygulama yoluyla kullanımı sergilenmiş ve doğrulanmıştır (Xing ve ark., 2019; Vinay ve ark., 2018; Vimal ve ark., 2012).

Küçük müdahale eden RNA (siRNA), moleküler tedavilerde büyük bir umut kaynağı olmuştur. Nanopartiküller, geliştirilmiş siRNA tabanlı teslimat sistemleri oluşturmak için benzersiz özelliklere sahiptir. Bir çalışmada, zebra balığındaki kalp yaralarına siRNA teslimatının poliamidoamin (PAMAM) nanopartiküller aracılığıyla etkinliği test edilmiştir. Nanopartiküllerin farklı kalp hücrelerinde dağılımı nicel olarak değerlendirilmiş ve hücresel alımı tetiklemedeki nanopartiküllerin önemli rolü gözlemlenmiştir (Wang ve ark., 2019).

1.6. Balık Kalite Testinde Nanoteknoloji

Kalite testi, hasattan sonra temel bir teknolojidir ve nanoteknoloji, balıkların kalitesini artırmak için uygulanabilir.

Su ürünlerinin tazeliği, gerçek bir sağlık ve kalite endişesidir. Bu sorunu ele almak için lazerle uyarlanmış kalay oksit kuantum noktalardan (SnO_2 QD'ler; 1-5 nm) oluşan bir nanosensör geliştirilmiştir. Bu kuantum noktaları sentezlenmiş ve kolloidal bir çözelti içinde homojen olarak dağıtılmış, ardından indiyum kalay oksit (ITO) cam üzerine immobilize edilmek üzere kullanılmıştır. Bu sayede, sürekli bir su ürünleri tazeliği biyosensörü oluşturulmuştur. Elektrokimyasal sonuçlar, daha yüksek hassasiyet, daha hızlı tepki süresi ve geniş bir lineer aralık göstermiştir (Reza ve ark., 2013).

Formalin, modern günlerde 'balık gıda güvenliği' alanında büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Bangladeş'te yapılan bir pazar araştırması, toplam

balık örneklerinin %50'sinin, bunlar arasında %70'inin rohu (*Labeo rohita*) gibi türlerin formalin ile kontamine olduğunu tespit etmiştir (Uddin ve ark., 2011). Taşıma sırasında tazeliklerini korumak amacıyla bir koruyucu madde olarak kullanılmaktadır. Tayland'ın Kalasin Eyaleti, Somdet pazarında yapılan başka bir rapor ise balık pazarındaki formalin kontaminasyonunun derecesini göstermektedir. Bu rapor, beyaz karides, uskumru, kalamar ve diğer örneklerde daha yüksek düzeylerde kontaminasyon bulunduğunu ortaya koymuştur (Suwanaruang, 2018).

1.7. Balık Atıklarından Nanomateryal Sentezi ve Biyoaktiviteleri

Dünya genelinde, (%30-35) balık ve kabuklu deniz ürünlerinin tüketilmeyen atık olarak atıldığı, aksi takdirde patojen istilası merkezi olarak işlediği ve kötü kokuların yayılmasına neden olduğu görülmektedir. Tüketilmeyen balık atıkları, su ürünleri yetiştiriciliğinde ürüne %100 değer sağlayan ve sürdürülebilirliği artıran cazip bir pazar oluşturmak için nanomalzemeler geliştirmek üzere mühendislik açısından kullanılmıştır.

Kolajen, hayvan vücudunda bol miktarda bulunan bir proteindir. Genellikle kozmetik cerrahi ve yanık yaralarının tedavisinde kullanılır. Balık atığı kullanılarak kolajen çıkarma işlemi, soğuk asetik asit, sodyum klorür ve disodyum hidrojen fosfat kullanarak basit bir yöntemle ortaya konulmuştur. Bu kolajen, gümüş nitrat çözeltisi ile karıştırılmış ve antibakteriyel etki sergileyerek *E. coli, P. aeruginosa* ve *B. subtilis* gibi ilaca dirençli bakterilere karşı gümüş nanopartikül hazırlanmıştır (Grigore ve Grumezescu, 2017; Ramya, 2012).

Jelatin, farmasötik pazarda kritik bir nano-teslimat aracı olarak başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Verma ve ark., 2018a, 2018b). Günümüzde, balık kaynaklı jelatin, hastalık riskinin olmaması nedeniyle dikkat çekmektedir. Atomik kuvvet mikroskobu (AFM), yayın balığı (*Ictalurus punctatus*) derisinden sentezlenen jelatin nano yapısını değerlendirmek ve karakterize etmek için kullanılan faydalı bir araçtır (Wang ve ark., 2008). Labeo rohita balık pullarının sulu ekstresi, basit bir radyasyon ile birleştirildiğinde çevre dostu ve daha ucuz bir süreç sağlayarak kendiliğinden oluşturulan nano gümüş üretimi için kullanılmaktadır. Pulların başlıca bileşenlerinden biri olan jelatin, Ag NP'lerin sentezinde indirgeme ve stabilizasyon için uygulanmaktadır (Sinha ve ark., 2014).

Karbon kuantum noktaları (C-QD'ler), hücresel görüntüleme ve hastalık tespiti için bir prob olarak kullanılan, yarı küresel bir karbon maddesi biçimidir. Yayın balığı pulları kullanılarak basit, kolay, hidrotermal bir yol kullanarak azot ve oksijen işlevselliği içeren floresan karbon noktalarını (CD'ler) sentezlemek için yeni bir yöntem gösterilmiştir. Sentezlenen CD'ler, çevresel demirin klinik ve artık tespiti için başarılı bir şekilde floresan nanoprob olarak kullanılabilir (Zhang ve ark., 2019) ve su ürünleri yetiştiriciliği için bir nanosenso tasarımında kullanılabilir.

1.8. Balıklarda Nanomateryallerin Toksisitesi

Nanomalzemeler, balık sistemindeki toksisite üzerinde büyük farklılıklar gösterir. Selenium nanopartikülleri, Medaka balığı (*Oryzias latipes*) üzerinde selenitten daha yüksek biyoikincilenebilirlik ve toksisite sergiler (Li ve ark., 2008). *Carassius gibelio*'da (Stanca ve ark., 2013) yapılan değerlendirmeler, karaciğerin antioksidan korumasının, QD'lere maruz kalmış oksidatif stresi nötralize etmediğini gösterir. Su ortamına nanomalzemelerin eklenmesi, solungaçlara doğrudan maruziyete yol açar. Coherent anti-stokes Raman saçılma (CARS) mikroskopik analiz, solungaç epitel hücrelerinde bazı metal nanopartiküllerinin bulunduğunu gösterir (Johnston ve ark., 2010). Handy ve ark., (2008), dolaşım sistemi içindeki nanopartiküllerin kolloidal özelliklerinin balık fizyolojisini etkilemede belirleyici bir faktör olabileceğini göstermiştir. Farklı vücut sıvılarının özgül pH değerleri, nanomalzemelerin pıhtılaşmasını etkileyebilir ve bunların kan hücrelerine yapışma eğilimini neden olur (Chen ve ark., 2013). TiO_2 NP'leri, doza ve zamana bağlı olarak zebrabalığı üzerinde büyüme inhibisyonu ve karaciğer ağırlığının azalmasını tetikleyebilir (Shah ve ark., 2017).

1.9. Nanopartiküllerin Su Ortamına Etkileri

Balıklar sucul ortamda yaşadıklarından, her nanopartikül, olumlu etkisini göstermeden önce bir su ortamından geçer. Bu, çözünürlüğüne ve çökelme hızı dinamiklerine bağlı olarak nanopartikül su etkileşimine yönelik çok sınırlı çalışma yürütülmüştür. Araştırmalar, gümüş nanopartiküllerin, sucul ortamda taşıma, toksisite süreçlerini ve özelliklerini değiştirdiğini göstermiştir (Levard ve ark., 2012). Salari ve ark., (2013), gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) üzerinde nanogümüşün biyoakümülasyon ve toksikolojik fenomeninin konsantrasyon ve tuzluluk aralığında değiştiğini göstermiştir. Çalışmada, gökkuşağı alabalığı üzerinde yapılan incelemeler sonucunda kolloidal gümüşün askıdaki katı forma göre daha toksik olduğu bulunmuş, ayrıca gümüş nanopartikül boyutunun artmasının toksisite etkisini azaltabileceği gösterilmiştir (Jiang ve ark., 2017).

2. Sonuç

Günümüzde, su ürünleri yetiştiriciliği endüstrisini geliştirmek için çeşitli nanoteknolojik uygulamalar mevcuttur ve bu, gelecekte bu endüstrinin gelişiminde ve sürdürülebilirliğinde önemli bir rol oynayabilir. Şu anda, balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliği endüstrisinde nano malzemelere yönelik birçok potansiyel uygulama bulunmaktadır. Bu alandaki en umut verici alanlardan bazıları, balık sağlığı yönetimi ile ilgili uygulamalar, nanometre ölçekli içerik katmanının kullanımı, su ürünleri yetiştiriciliği yemlerinde ve gıda paketlemesinde nanoteknolojinin kullanımı, katma değerli ürünlerle ilgili uygulamalar, stres azaltma ve sağlık yönetimi gibi konuları içerir. Bu uygulamaların çoğu erken aşamadadır ve geniş çapta uygulanmalarının önündeki ana sınırlayıcı faktör yüksek maliyettir.

Balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliği endüstrilerinde nanoteknolojinin sürdürülebilir gelişimi, olası negatif etkilerinin detaylı bir değerlendirmesini gerektirecektir. Bu nedenle, yeni nanomalzemelerin ömrü ve raf ömrünün dikkatli bir analizi, olası sağlık ve çevresel risklerin, maruziyet, salım ve birikme dâhil olmak üzere bir değerlendirmesi ile birleştirilmelidir. Ancak böyle endişeler, su ürünleri yetiştiriciliği sektöründe nanoteknolojik uygulamaların uygulanmaya çalışılmasını engellememelidir. Bunlar, dikkatli izleme ve kontrollü kullanım ile ilişkilendirilmelidir, böylece riskleri en aza indirmeye ve faydaları en üst düzeye çıkarmaya yönelik çabalar desteklenmelidir.

KAYNAKLAR

FAO (2018). The state of world fisheries and aquaculture 2018 - meeting the sustainable development goals. Rome: Food & Agriculture Organization. Retrieved from http:// www.fao.org/3/i9540en/i9540en.pdf. (Accessed 16 December 2021).

Cabello, F. C. (2006). Heavy use of prophylactic antibiotics in aquaculture: a growing problem for human and animal health and for the environment. Environmental Microbiology, 8, 1137-1144.

Chandra, P. (2016). Nano-biosensors for personalized and onsite biomedical diagnosis (1st ed., p. 637). The Institution of Engineering and Technology.

Wu, L. P., Ficker, M., Christensen, J. B., Trohopoulos, P. N., & Moghimi, S. M. (2015a). Dendrimers in medicine: Therapeutic concepts and pharmaceutical challenges. Bioconjugate Chemistry, 26, 1198–1211. https://doi.org/10.1021/acs. bioconjchem.5b00031

Torchilin, V. P. (2006). Nanoparticulates as drug carriers. London, UK: Imperial College Press.

Donbrow, M. (1991). Microcapsules and nanoparticles in medicine and pharmacy. CRC press.

Reilly, R. M. (2007). Carbon nanotubes: Potential benefits and risks of nanotechnology in nuclear medicine. Journal of Nuclear Medicine, 48, 1039. https://doi.org/10.2967/ jnumed.107.041723

Shah, B. R., & Mraz, J. (2019). Advances in nanotechnology for sustainable aquaculture and fisheries. Reviews in Aquaculture, 1–18. https://doi.org/10.1111/raq.12356

Toyokawa, H., Nakao, A., Bailey, R. J., Nalesnik, M. A., Kaizu, T., Lemoine, J. L., Ikeda, A., Tomiyama, K., Papworth, G. D., Huang, L., Demetris, A. J., Starzl, T. E., & Murase, N. (2008). Relative contribution of direct and indirect allorecognition in developing tolerance after liver transplantation. Liver Transplantation, 14, 346–357. https://doi.org/10.1002/lt.21378

Xu, W., Huang, K., Jin, W., Luo, D., Liu, H., Li, Y., & Liu, X. (2018a). Catalytic and anti-bacterial properties of biosynthesized silver nanoparticles using native inulin. RSC Advances, 8, 28746–28752. https://doi.org/10.1039/C8RA03386B

Baranwal, A., Srivastava, A., Kumar, P., Bajpai, V. K., Maurya, P. K., & Chandra, P. (2018). Prospects of nanostructure materials and their composites as antimicrobial agents. Frontiers in Microbiology, 9, 422. https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00422

Ogunkalu, O. A. (2019). Utilization of nanotechnology in aquaculture and seafood sectors. EJFST, 19, 26–33.

Kumari, A. & Yadav, S.K. (2014). Nanotechnology in Agri food sector. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 54, 975-984.

Rodrigues, S.M., Demokritou, P. & Dokoozlian, N. (2017). Nanotechnology for sustainable food production: promising opportunities and scientific challenges. Environmental Science: Nano, 4, 767-781.

Smith, C.J., Shaw, B.J. & Handy, R.D. (2007). Toxicity of single walled carbon nanotubes to rainbow trout, (Oncorhynchus mykiss): respiratory toxicity, organ pathologies, and other physiological effects. Aquatic Toxicology, 82, 94-109.

Rather, M.A., Sharma, R., Aklakur, M., Ahmad, S., Kumar, N., Khan, M. & Ramya, V.L. (2011). Nanotechnology: a novel tool for aquaculture and fisheries development. A prospective mini review. International Journal of Fisheries and Aquaculture, 16, 1-5.

Jimenez, A., Sanchez-Gonzalez, L., Desobry, S., Chiralt, A., & Tehrany, E. A. (2014). Influence of nanoliposomes incorporation on properties of film forming dispersions and films based on corn starch and sodium caseinate. Food Hydrocolloids, 35, 159–169. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.05.006

Bhattacharyya, A., Reddy, J., Hasan, M. M., Adeyemi, M. M., & Marye, R. R. (2015). Nanotechnology-a unique future technology in aquaculture for the food security. International Journal of Bioassays, 4(7), 4115–4126.

Huang, S., Wang, L., Liu, L., Hou, Y., & Li, L. (2015). Nanotechnology in agriculture, livestock, and aquaculture in China. A Review Agronomy for Sustainable Development, 35(2), 369–400. https://doi.org/10.1007/s13593-014-0274-x

Sibaja-Luis, A. I., Ramos-Campos, E. V., de Oliveira, J. L., & Fernandes, L. (2019). Trends in aquaculture sciences: From now to use of nanotechnology for disease control. Reviews in Aquaculture, 11(1), 119–132. https://doi.org/10.1111/raq.12229

Mohammadi, N., & Tukmechi, A. (2015). The effects of iron nanoparticles in combination with Lactobacillus casei on growth parameters and probiotic counts in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) intestine. J. Vet. Res., 70, 47–53. https://doi. org/10.22059/JVR.2015.52968

Chen, H., Weiss, J., & Shahidi, F. (2006). Nanotechnology in nutraceuticals and functional foods. Food Technology, 60(3), 30–36.

Pathakoti, K., Manubolu, M., & Hwang, H. M. (2017). Nanostructures: Current uses and future applications in food science. Journal of Food and Drug Analysis, 25(2), 245–253. https://doi.org/10.1016/j.jfda.2017.02.004

Ogunkalu, O. A. (2019). Utilization of nanotechnology in aquaculture and seafood sectors. EJFST, 19, 26–33.

Chena, H., & Yadab, R. (2011). Nanotechnologies in agriculture: New tools for sustainable development. Trends in Food Science & Technology, 22(11), 585–594. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.09.004

Morris, K. (2009). Nanotechnology crucial in fighting infectious disease. The Lancet Infectious Diseases, 9, 215. https://doi.org/10.1016/S1473-3099(09)70100-8

Otles, S., & Yalcin, B. (2008). Intelligent food packaging. LogForum, 4, 4–3. Retrieved from https://www.logforum.net/pdf/4_4_3_2008.pdf. (Accessed 16 December 2021).

Suppan, S. (2011). Racing ahead: US agri-nanotechnology in the absence of regulation. Institute for Agriculture and Trade Policy. https://doi.org/10.17844/jphpi. v11i2.907

Handy, R. D. (2012). FSBI briefing paper: Nanotechnology in fisheries and aquaculture. Fisheries Society of the British Isles.

Boyd, C.E. & Tucker, C.S. (2012). Pond aquaculture water quality management. Springer Science and Business Media, Berlin.

Handy, R. D., & Poxton, M. G. (1993). Nitrogen pollution in mariculture – toxicity and excretion of nitrogenous compounds by marine fish. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 3(3), 205–241. https://doi.org/10.1007/BF00043929

Azadbakht, P., Pourzamani, H., Petroudy, S.J. & Bina, B. (2016). Removal of nitrate from aqueous solution using nanocrystalline cellulose. International Journal of Environment, Health and Engineering, 5, 1-6.

Li, Q.L., Mahendra, S., Lyon, D.Y., Brunet, L., Liga, M.V., Li, D. & Alvarez, P.P.J. (2008). Antimicrobial nanomaterials for water disinfection and microbial control: potential applications and implications. Water Research, 42, 4591-4602.

Ye, S., Jin, W., Huang, Q., Hu, Y., Shah, B. R., Li, Y., & Li, B. (2016). Development of Mag-FMBO in clay-reinforced KGM aerogels for arsenite removal. International Journal of Biological Macromolecules, 87, 77–84. https://doi.org/10.1016/j. ijbiomac.2016.01.087

Liu, F., & Tang, C. H. (2016). Reprint of Soy glycinin as food-grade Pickering stabilizers: Part. III. Fabrication of gel-like emulsions and their potential as sustained-release delivery systems for b-carotene. Food Hydrocolloids, 60, 631–640. https://doi.org/ 10.1016/j.foodhyd.2016.05.004

Motamedi, E., Talebi-Atouei, M., & Kassaee, M. Z. (2014). Comparison of nitrate removal from water via graphene oxide coated Fe, Ni and Co nanoparticles. Materials Research Bulletin, 54, 34–40. https://doi.org/10.1016/j.materresbull.2014.02.019

Atchudan, R., Edison, T. N. J. I., Perumal, S., Karthikeyan, D., & Lee, Y. R. (2017). Effective photocatalytic degradation of anthropogenic dyes using graphene oxide grafting titanium dioxide nanoparticles under UV-light irradiation. Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, 333, 92–104. https://doi.org/10.1016/ j.jphotochem.2016.10.021

Hu, C., Lu, T., Chen, F., & Zhang, R. (2013). A brief review of graphene–metal oxide composites synthesis and applications in photocatalysis. Journal of Chinese Advanced Materials and Society, 1(1), 21–39. https://doi.org/10.1080/22243682.2013.771917

Foster, H. A., Ditta, I. B., Varghese, S., & Steele, A. (2011). Photocatalytic disinfection using titanium dioxide: Spectrum and mechanism of antimicrobial activity. Applied Microbiology and Biotechnology, 90(6), 1847–1868. https://doi.org/10.1007/s00253- 011-3213-7

Majumder, D., & Dash, G. (2017). Application of nanotechnology in fisheries and aquaculture. Everyman Sci, 51(6), 358–364. Retrieved from http://www.sciencecon gress.nic.in/pdf/e-book/Feb17-March17.pdf. (Accessed 16 December 2021).

Zhou, X., Wang, Y., Gu, Q., & Li, W. (2009). Effects of different dietary selenium sources (selenium nanoparticle and selenomethionine) on growth performance, muscle composition and glutathione peroxidase enzyme activity of crucian carp (Carassius auratus gibelio). Aquaculture, 291, 78–81. https://doi.org/10.1016/j. aquaculture.2009.03.007

Wang, Z., Leung, M. H. M., Kee, T. W., & English, D. S. (2009). The role of charge in the surfactant-assisted stabilization of the natural product curcumin. Langmuir, 26, 5520–5526. https://doi.org/10.1021/la903772e

Sarkar, B., Bhattacharjee, S., Daware, A., Tribedi, P., Krishnani, K.K., Minhas, P.S., 2015a. Selenium nanoparticles for stress-resilient fish and livestock. Nanoscale Res. Lett. 10, 371.

Deng, Y.S. & Chen, Q.J. (2003). Effects of nano-selenium the growth of Nile tilapia (Oreochromis niloticus). Inland Aquatic Products, 6, 28-30.

Rather, M.A., Sharma, R., Aklakur, M., Ahmad, S., Kumar, N., Khan, M., et al., 2011. Nanotechnology: anovel tool for aquaculture and fisheries development-aprospective mini-review. Fish. Aquacult. J. 16, 1–4.

Toranzo, A.E., Magarinos, T.B., Romalde, J.L., 2005. A review of the main bacterial fish diseases in mariculture systems. Aquaculture 246, 37–61.

Murray, A.G. (2013). Epidemiology of the spread of viral diseases under aquaculture. Current Opinion in Virology, 3, 74-78.

Lafferty, K.D., Harvell, C.D., Conrad, J. M., Friedman, C.S., Kent, M.L. & Kuris, A.M. (2015). Infectious diseases affect marine fisheries and aquaculture economics. Annual Review of Marine Science, 7, 471-496.

Ninawe, A.S., Hameed, A.S.S. & Selvin, J. (2016). Advancements in diagnosis and control measures of viral pathogens in aquaculture: an Indian perspective. Aquaculture International, 25, 251-264.

Evelyn, T.P.T. (2002). Finfish immunology and its use in preventing infectious diseases in cultured finfish. In: Diseases in Asian Aquaculture IV. (Eds) Lavilla-Pitogo C R and Cruz-Lacierda E R. Fish Health Section, Asian Fisheries Society, Manila. pp 303-324.

Faruk, M., Ali, M. & Patwary, Z. (2008). Evaluation of the status of use of chemicals and antibiotics in freshwater aquaculture activities with special emphasis to fish health management. Journal of Bangladesh Agricultural University, 6, 381-390.

Barman, D., Nen, P., Mandal, S.C. & Kumar, V. (2013). Immunostimulants for aquaculture health management. Journal of Marine Science Research and Development, 3, 134. Doi:10.4172/2155-9910.1000134.

Kaul, S., Gulati, N., Verma, D., Mukherjee, S., Nagaich, U., 2018. Role of nanotechnology in cosmeceuticals: a review of recent advances. J. Pharma., 3420204 https://doi. org/10.1155/2018/3420204.

Cheng, T.C., Yao, K.S., Yeh, N., Chang, C.I., Hsu, H.C. & Chien, Y.T. (2009). Visible light activated bactericidal effect of TiO2/Fe3O4 magnetic particles on fish pathogens. Surface and Coating Technology, 204, 1141-1144.

Lara, H.H., Ayala-Nunez, N.V., Turrent, L.D.C.I. & Padilla, C.R. (2010). Bactericidal effect of silver nanoparticles against multidrug-resistant bacteria. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 26, 615-621.

Ayala-Nunez, N.V., Lara, H.H., Turrent, L.D.C.I. & Padilla, C.R., (2005). Silver nanoparticles toxicity and bactericidal effect against methicillin resistant Staphylococcus aureus: nanoscale does matter. Nanobiotechnology, 5, 2-9.

Kailasam, M., Thirunavukkarasu, A.R., Chandra, P.K., Pereira, S., Rajendran, K.V., 2006. Induction of maturity and spontaneous spawning of captive brood stock of bhetki, Lates calcarifer (Bloch) through hormonal manipulation. In: Singh, B.N., Pandey, A.K. (Eds.), Recent Advances in Hormonal Physiology of Fish and Shell Fish Reproduction. Ms. Narendra Publishing House, New Delhi, pp. 185–195.

Kumari, R., Gupta, S., Singh, A.R., Ferosekhan, S., Kothari, D.C., Pal, A.K., Jadhao, S.B., 2013. Chitosan nanoencapsulated exogenous trypsin biomimics zymogen-like enzyme in fish gastrointestinal tract. PLoS One 8 (9), e74743. https://doi.org/ 10.1371/journal.pone.0074743.

Izquierdo, M. S., Ghrab, W., Roo, J., Hamre, K., Hernandez-Cruz, C. M., Bernardini, G., Terova, G., & Saleh, R. (2017). Organic, inorganic and nanoparticles of Se, Zn and Mn in early weaning diets for gilthead seabream (Sparus aurata; Linnaeus, 1758). Aquaculture Research, 48(6), 2852–2867. https://doi.org/10.1111/are.13119

Volkoff, H., London, S., 2018. Nutrition and reproduction in fish. In: Book: Reference Module in Life Sciences. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809633-8.20624-9.

Sarkar, B., Verma, S.K., Akhtar, J., Netam, S.P., Gupta, S.K., Panda, P.K., Mukherjee, K., 2018. Molecular aspect of silver nanoparticles regulated

embryonic development in zebrafish (Danio rerio) by Oct-4 expression. Chemosphere 206, 560–567.

Su, F., Chakrabarty, K., Fair, R.B., 2006. Microfluidics-based biochips: technology issues, implementation platforms, and design-automation challenges. In: IEEE Trans. Computer-aided Design of Integrated Circuits and Systems, 25, pp. 211–223.

Hung, C.Y., Huang, H.H., Su, K.C., Wang, Y.T., Lin, Y.C., 2005. Utilizing genes and quantum dots to verify the design and experimental performance of the electroporation biochip for transgenic zebrafishes. IEEE Int. Conf. Mechatron. https://doi.org/10.1109/ICMECH.2005.1529364.

Xing, J., Xu, H., Tang, X., Sheng, X., Zhan, W., 2019. A DNA vaccine encoding the VAA gene of Vibrio anguillarum induces a protective immune response in flounder. Front. Immunol. 10, 499.

Vinay, T.N., Bhat, S., Choudhury, T.G., Paria, A., Jung, M.H., Kallappa, G.S., Jung, S.J., 2018. Recent advances in application of nanoparticles in fish vaccine delivery. Rev. Fish. Sci. Aquacult. 26, 29–41.

Vimal, S., Taju, G., Nambi, K.S.N., Abdul Majeed, S., Sarath Babu, V., Ravi, M., Sahul Hameed, A.S., 2012. Synthesis and characterization of CS/TPP nanoparticles for oral delivery of gene in fish. Aquaculture 358-359, 14–22.

Wang, F., Wang, X., Gao, L., Meng, L.Y., Xie, J.M., Xiong, J.W., Ying-Luo, Y., 2019. Nanoparticle-mediated delivery of siRNA into zebrafish heart: a cell-level investigation on the biodistribution and gene silencing effects. Nanoscale 11, 18052–18064.

Reza, K.K., Singh, M.K., Yadav, S.K., Singh, J., Agrawal, V.V., Malhotra, B.D., 2013. Quantum dots based platform for application to fish freshness biosensor. Sensors Actuators B Chem. 177, 627–633.

Suwanaruang, T., 2018. Formalin contaminated in seafood and frozen meat at Somdet market, Kalasin Province. J. Environ. Prot. 9, 1286–1293.

Grigore, M.E., Grumezescu, A.M., 2017. Collagen-nanoparticles composites for wound healing and infection control. Metals 7, 516.

Ramya, R., 2012. Synthesis of ecofriendly silver nanoparticles from collagen of fish waste (Catla catla). J. Biotechnol. Biomater. 2, 6.

Verma, D., Gulati, N., Kaul, S., Mukherjee, S., Nagaich, U., 2018a. Protein based nanostructures for drug delivery. J. Pharm. 2018, 1–18.

Verma, S.K., Jha, E., Panda, P.K., Mishra, A., Thirumurugan, A., Das, B., Parashar, S.K.S., Suar, M., 2018b. Rapid novel facile biosynthesized silver nanoparticles from bacterial release induce biogenicity and concentration dependent in vivo cytotoxicity with embryonic zebrafish—a mechanistic insight. Toxicol. Sci. 161, 125–138.

Wang, Y., Yang, H., Regenstein, J.M., 2008. Characterization of fish gelatin at nanoscale using atomic force microscopy. Food Biophy. 3, 269–272.

Sinha, T., Ahmaruzzaman, M., Sil, A.K., Bhattacharjee, A., 2014. Biomimetic synthesis of silver nanoparticles using the fish scales of Labeo rohita and their application as catalysts for the reduction of aromatic nitro compounds. Spectrochim. Acta A 131, 413–423.

Zhang, Y., Gao, Z., Yang, X., Chang, J., Liu, Z., Jiang, K., 2019. Fish-scale-derived carbon dots as efficient fluorescent nanoprobes for detection of ferric ions. RSC Adv. 9, 940–949.

Li, H., Zhang, J., Wang, T., Luo, W., Zhou, Q., Jiang, G., 2008. Elemental selenium particles at nano-size (Nano-Se) are more toxic to Medaka (Oryzias latipes) as a consequence of hyper-accumulation of selenium: a comparison with sodium selenite. Aquat. Toxicol. 89, 251–256.

Stanca, L., Petrache, S.N., Serban, A.I., Staicu, A.C., Sima, C., Munteanu, M.C., et al., 2013. Interaction of silicon-based quantum dots with gibel carp liver: oxidative and structural modifications. Nano Express 8, 254. https://doi.org/10.1186/1556-276X- 8-254.

Johnston, B.D., Scown, T.M., Moger, J., Cumberland, S.A., Baalousha, M., Linge, K., et al., 2010. Bioavailability of nanoscale metal oxides TiO2, CeO2, and ZnO to fish. Environ. Sci. Technol. 44, 144–1151.

Chen, L.Q., Kang, B., Ling, J., 2013. Cytotoxicity of cuprous oxide nanoparticles to fish blood cells: hemolysis and internalization. J. Nanopart. Res. 15, 1–9.

Handy, R.D., Henry, T.B., Scown, T.M., Johnston, B.D., Tyler, C.R., 2008. Manufactured nanoparticles: their uptake and effects on fish - a mechanistic analysis. Ecotoxicology 17, 396–409.

Shah, S.N.A., Shah, Z., Hussain, M., Khan, M., 2017. Hazardous effects of titanium dioxide nanoparticles in ecosystem. Bioinorgan. Chem. Appl. https://doi.org/ 10.1155/2017/4101735.

Levard, C., Hotze, E.M., Lowry, G.V., Brown, G.E., 2012. Environmental transformations of silver nanoparticles: Impact on stability and toxicity. Environ. Sci. Technol. 46, 6900–6914.

Salari, H., Reza, J.M., Je, K.I., Hyun, Y.J., Joharid, L.S.A., 2013. Bioaccumulation of silver nanoparticles in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss): influence of concentration and salinity. Aquat. Toxicol. 140–141, 398–406.

Jiang, H.S., Yin, L., Ren, N.N., Xian, L., Zhao, S., Li, W., Gontero, B., 2017. The effect of chronic silver nanoparticles on aquatic system in microcosms. Environ. Poll. 223, 395–402.

BÖLÜM 4

Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Yem Hammaddesi Olarak Denizel Doğal Ürünlerin Kullanım Potansiyeli ve Geleceği

Çiğdem DİKEL[1]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10123036

[1] Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoteknoloji Anabilim Dalı
atlasdikel01@gmail.com https://orcid.org/0000-0002-5533-8899

GİRİŞ

Avcılıkla yapılan balıkçılığın son yıllarda durgunluk içinde olduğu göz önüne alındığında, su ürünleri yetiştiriciliğinin deniz ürünlerine olan talebin çoğunluğunu karşılaması beklenmektedir (FAO, 2020). Ancak su ürünlerinin gelişimi, alan, su kullanımı ve yem hammaddeleri gibi temel kaynaklar üzerindeki sınırlamalar nedeniyle zorluklarla karşılaşmaktadır. Su ürünleri yetiştiriciliği yapılan canlılar, harici yem eklenerek beslenen organizmalar ve harici yem eklenmeden kültürlenen organizmalar olmak üzere iki gruba ayrılabilir (Hua ve ark., 2019; FAO, 2020).

Son 20 yılda küresel su ürünleri yetiştiriciliği işletmeleri çevresel, ekonomik ve toplumsal sürdürülebilirlik gibi kritik hedeflere ulaşırken başarılı olmuştur ve sektör büyümeye devem etmektedir. Su ürünleri yetiştiriciliği en hızlı büyüyen gıda üretim teknolojisidir ve yenilebilir olmayan miktarlar da dahil edildiğinde, bu küresel olarak avcılık balıkçılığından daha fazla balık biyokütlesi ve sığır etinden daha fazla toplam biyokütle anlamına gelmektedir (Edwards ve ark.,2019). Bu gelişmenin büyük kısmı son 50 yılda meydana gelmiştir ve dolayısıyla sürdürülebilirlik, özellikle de çevresel sürdürülebilirlik giderek artan bir endişeye dönüşmektedir. Çevre sorunlarına ilişkin farkındalığın arttırılmasına ve su ürünleri yetiştiriciliğinin çevresel ayak izini azaltmak için tasarlanan uygulamalara giderek daha fazla önem verilmektedir. 50 yıl önce çevrenin bozulması endüstrinin en acil kaygısı olarak görülmese de günümüzde ister akademik, ister hükümet, ister üretim, isterse piyasa temelli olsun, hayati bir odak noktası haline gelmektedir. Günümüz dünyasında su ürünleri üretiminin çevreye duyarlı ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi gerekliliği artık tartışılamaz hale gelmiştir (Engle ve D'Abramo, 2018). Sürdürülebilirlik fikri belirsizlikten, su ürünleri yetiştiriciliği firmalarının yönetimini ve düzenlemelerini, kamu algısını ve ürünlerin pazarlanmasını belirleyen hususların ön plana çıkması şeklinde evirilmektedir.

Su ürünleri yetiştiriciliği şu anda üretilen mavi gıdaların yaklaşık olarak yarısını oluşturmaktadır ve bu nedenle gıda güvenliğini artırmak için güçlü bir araçtır (FAO, 2022):

Su ürünleri yetiştiriciliği, avlanma avcılık ile yapılan balıkçılık üzerindeki hasat baskısını hafifletebilir, stokların yeniden oluşturulmasına ve iklime duyarlı balıkçılık yönetim planlarının benimsenmesine olanak tanıyabilir;

Su ürünleri yetiştiriciliği, birçok tür ve yetiştiricilik sistemini içeren, deniz ürünlerinin tüketicilere daha yakın yerlerde üretilmesine olanak sağlayan bir girişimdir (Gephard ve ark.,2021) ;

Suda yaşayan hayvanlar, karadaki hayvanlara göre önemli ölçüde daha verimlidir ve daha az yem girdisi, daha az içilebilir su kullanımı ve daha küçük bir karbon ayak izi ile yetiştirilebilmektedir. Mavi gıdalar arasında çiftlik balıklarının akuakültürü çoğunluğu temsil etmektedir. Onlarca yıldır

balık besleme uzmanları, maliyetleri kontrol ederken kültür balıklarının büyümesini destekleyen veya arttıran su ürünleri yemi formülasyonları geliştirmeye çabalamaktadır. Su ürünleri yetiştiriciliği büyümeye devam ettikçe, çevresel açıdan sürdürülebilir ve uygun maliyetli su ürünleri yemlerine olan ihtiyaç da artmaktadır, talebin 2025 yılına kadar 87 milyon tona çıkması beklenmektedir (Tacon ve Metian, 2015).

Onlarca yıldır su ürünleri yemlerinde yaygın bir protein ve lipid kaynağı olan balık unu ve balık yağının dahil edilmesi, bu ürünlerin ortam fiyatları ve bunları üretmek için kullanılan küçük pelajik balıkların hasadına ilişkin sürdürülebilirlik endişeleri nedeniyle önemli ölçüde azalmıştır (Hua ve ark., 2019). Sonuç olarak su ürünleri yemlerindeki ham maddelerin çoğu su, alan ve diğer çevresel kaynakların kıt hale geldiği karasal sistemlerde üretilen tarımsal ürünlerdir. Diğer yandan deniz ekosistemi ise deniz ürünleri ve su ürünleri yem hammaddelerinin üretimi için geniş fırsatlar sunmaktadır (Gentry ve ark., 2017).

Su ürünleri yem tedarikini etkileyen insan kullanımından kaynaklanan yoğun hammadde rekabeti, su ürünleri yetiştiriciliği sektörünün deniz kaynaklarından yem hammaddeleri üretmesi için önemli bir motivasyondur. İnsanla ilgili çeşitli uygulamalar için yüksek kaliteli malzemelere olan talep artmaktadır ve bu durum hayvancılık gibi diğer gıda üreten sektörler de dahil olmak üzere, su ürünleri yetiştiriciliği sektörünün çeşitli insan ihtiyaçları için deniz bazlı yüksek kaliteli hammaddeler üretmesi için daha fazla fırsat yaratmaktadır.

Su Ürünleri Yem Hammaddeleri İçin Seçim Kriterleri

Uygun su ürünleri yem hammaddesi seçerken aşağıdaki kriterler dikkate alınmalıdır (Glencross ve ark., 2020):

Kültür hayvanının ihtiyacına göre besin değeri ve hedef hayvan tarafından sindirilebilirliği, antinutrisyonel faktörlerin (ANF'ler) ve kontaminantların varlığı, tedarik güvenliği ve fiyatlardaki dalgalanmalar

Yem maddelerinin besin bileşimi ve sindirilebilirliği, beslenen su ürünleri türlerinin büyüme sonuçları üzerinde sinerjik etkilere sahiptir. Ayrıca hammaddelerin fiziksel ve besinsel nitelikleri, üretim süreçlerindeki özelliklerini ve bunların pelet kalitesini nasıl etkilediğini de içermelidir (Turchini ve ark., 2019). Yüksek sindirilebilirlik, hayvan tarafından yüksek besin biyoyararlılığı ve kullanımını sağlamaktadır.

Küresel Gıda Üretiminin Giderek Önem Kazanan Su Ürünleri Kaynakları İçin Sürdürülebilirliğe Giden Yol

Gıda üretiminde sürdürülebilirlik, gezegenin mal ve hizmetlerin insanlar tarafından çevresel devamlılığa zarar vermeyecek şekilde kullanılmasının ve yararlanılmasının nasıl olması gerektiğini tanımlamak için kullanılan öznel bir terimdir. Küresel düzeyde sürdürülebilir su ürünleri yetiştiriciliğinde izlenecek yol, hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler

için hem iç tüketim hem de ihracat açısından eşit düzeyde başarılardan oluşmalıdır. Sürdürülebilirliğin 'üç ayağı' ekonomik sürdürülebilirlik- insanların bir faaliyet aracılığıyla geçimlerini sağlamaya devam edebilmesi; sosyal sürdürülebilirlik, yani bir faaliyetin toplum tarafından kabul görmesi; ve çevresel sürdürülebilirlik- bir faaliyetin çevreye zarar vermeden yürütülebilmesi, böylece faaliyet için duyulan kaynakların gelecekteki kullanım için tehlikeye atılmamasıdır. Dolayısıyla sürdürülebilir kalkınma, tüm bu unsurların belirli bir insan faaliyetine dahil edilmesini gerektirir. İnsanlar kendi türlerini korumaya çalışan canlılar olduklarından, sürdürülebilir kalkınma sürdürülebilirliğin temel unsurlarına öncelik verme eğilimindedir, öyle ki çevresel bileşen daha insani temelli ekonomik ve sosyal unsurlara göre üçüncül konumdadır. Ayrıca, su ürünleri yetiştiriciliğinde doğrudan veya benzer endüstriler aracılıyla çeşitli paydaşlar arasında birbiriyle rekabet mevcuttur.

Sürdürülebilir su ürünleri yetiştiriciliğinin amacı, mevcut ekosistemlere zarar vermeden veya gezegenin su ürünleri yetiştiriciliği üretimi için gereken doğal kaynakları yenileme kabiliyetini aşmadan, insanların beslenmesi için yetiştirilen su ürünlerinin sürekli olarak tedarik edilmesini sağlamaktır. Ancak sürdürülebilirliğin temel unsurları birbirine karşı üstün olamaz ve bu kritik bir önem taşımaktadır. Bir unsurun diğerinden üstün tutulması sürdürülemez su ürünleri yetiştiriciliğine yol açacak ve dolayısıyla sürdürülebilir su ürünleri yetiştiriciliğinin gelişimini de engelleyecektir.

Doğal kaynakların verimli kullanımı

Doğal kaynakların verimliliği, gezegenin daha fazla bozulmasını önlemek için temel öneme sahiptir. Sürdürülebilirlik için su ürünleri yetiştiriciliğinin çiftlik ürünü çıktısı başına fosil yakıt, su, toprak ve yabani balık kullanımını azaltarak doğal kaynakların kullanımındaki verimliliği hızlandırması gerekmektedir. Bu hedef, tarım uygulamalarında ve yem üretiminde verimlilik artışı sağlayacak değişiklikleri gerektirmektedir. Su bitkileri ve yumuşakçalar karbonu tutabilir ve atmosferdeki karbondioksit içeriğinin okyanuslara akarak giderilmesine yardımcı olmak için deniz yosunlarından geniş ölçekte yararlanmaktadır. Alternatif enerji kaynakları, üreticilerin işletme sermayesinden de tasarruf sağlamaktadır. Kafes işletmecileri ve yem şirketleri daha yüksek standartlara tabi tutulmakta ve bu akuakültür faaliyetlerinin çevreye verdiği atıkların geri kazanması istenmektedir. Havuz üretiminde su kullanımı, belirli çevresel kaygılardan değil, biyogüvenlik kaygılarından dolayı azalmıştır. Yeni filtreleme, devridaim ve su arıtmaları, kültür suyunun ardışık kullanımlar için yeniden temizlenmesine olanak tanımaktadır.

Yem, yem üretimi ve hammadde üretiminde değişiklik yapılması gerekmektedir. Alternatif yem kaynaklarının kullanılması, birincil üretim veya böcekler, algler, küfler, mantarlar ve bakteriler vb. gibi insan faaliyetlerinin atık ve yan ürünlerinde bulunan diğer alternatif bileşenlerin

kullanılması gibi iyileştirmeler daha iyi yem kaynaklarına dönüşmelidir. Böyle bir yaklaşım, su ürünleri yetiştiriciliği ve diğer hayvansal üretim sektörleri arasında yem hammaddesine yönelik sıkı rekabeti azaltacaktır.

Deniz Ürünleri Atıklarından Protein Ve Yağın Kazanılması

Su ürünleri avcılığından elde edilen FM (Balık unu) ve FO (Balık yağı) kullanımı, su ürünleri yetiştiriciliğinin 2018 yılında yıllık %6.9 oranında büyüyerek 114.5 milyon tona ulaşmasını sağlamıştır (FAO,2020). Ancak deniz ürünleri atıklarından elde edilen geri kazanılmış denizel protein ve yağların avcılık ve su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanımı yeterince değerlendirilmeyen bir kaynaktır. Bunlar balık ve kabuklu deniz hayvanlarının insan besin zincirine yönlendirilmeyen kısımlarını veya hedef dışı yakalanan türleri içerebilir. Bunlar döngüsel deniz ürünleri üretim sisteminin önemli bir parçasını oluşturabilir. Bu bileşenler, diğer rejenere bileşenler ve bitki yan ürünleri gibi geleneksel olarak kullanılan deniz ürünü olmayan diğer bileşenlerde eksik olabilecek temel besin maddelerini (Örneğin belirli aminoasitler, yağ asitleri, vitaminler, pigmentler ve eser elementler) sağlayabildiğinden, özellikle avantajlı olabilir.

Su ürünleri yemi olarak geri kazanılabilecek ve döngüsel su ürünleri yemi konseptinin bir parçasını oluşturabilecek birçok farklı balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliği atığı bulunmaktadır. Ayrıca, balık işlemeden kaynaklanan atıklar (Örneğin, iç organlar, yağlı parçalar, kafalar, deri, kuyruk ve kan) üretimi, uygun atık bertaraf yöntemlerine duyulan ihtiyaç nedeniyle işletmeler üzerinde mali bir yük oluşturabilmektedir. Kabuklular için hayvanın tüm olarak işlenmesinde kabuk, gonadlar, solungaçlar ve sindirim sistemi gibi atıklar ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, kabuklu hayvanların etinin çıkarılması için işlenmesi (yani kabuklarının soyulması) tipik olarak uç kısımlarda protein ve yağ kalıntıları bırakabilmektedir. Bazı durumlarda, bu işleme atıkları daha sonra evcil hayvan gıdaları, karasal hayvan yemleri ve su ürünleri yemleri üretilmek üzere rendering tesislerine gidebilir (Stevens ve ark., 2018). Konserve endüstrisi, su ürünleri yemi üretimi için önemli ve yeterince kullanılmayan bir başka protein ve yağ kaynağı sunabilir. Örneğin sardalya ve uskumru konserve endüstrisi büyük miktarlarda protein ve yağ açısından zengin atık sular, pişirme suyu, konserve yıkama suyu gibi. Ton balığı konserve endüstrisinin işleme, pişirme ve konserve aşamalarında %45 veya daha fazla atıkla karşı karşıya olduğu tahmin edilmektedir (Abejon ve ark., 2018). Bu atıklardan çözünebilir proteinler, peptitler ve serbest aminoasitleri içeren ve ısıya duyarlı bileşiklerden yüksek oranda sindirilebilir proteinli yem bileşenleri oluşturmak için ters osmoz, nano filtreleme ve sprey kurutma gibi yeni teknolojiler kullanılabilmektedir (Ferraro ve ark., 2013). Yağın geri kazanılması için, yağın atık sudan ayrılması ve rafine edilmesi için santrifüjleme ve pH'ın süperkritik ekstraksiyonda daha yeni yöntemlerle elde edilmesi gibi önerilen yöntemler mevcuttur (Okada ve Morrissey, 2007).

Balık ve kabuklu deniz hayvanlarının hidrolizleri hem insan gıdalarının (örneğin çorba bazları, et suları ve et dolguları) hem de sağlık takviyelerinin (örneğin kas geliştirme ve protein takviyeleri) oluşturulmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ticari ölçekli hidroliz tipik olarak yağ, katı mineral (kemiklerden), yağ-protein emülsiyonu, çözünür protein hidrolizatı ve kısmen çözünür protein hidrolizatlarında son ürünlerin kalitesi üzerinde yüksek derecede kontrol sağlamak için proteaz gibi bir enzimatik işlem (ekzojen veya otolitik) kullanılmaktadır (Egerton ve ark., 2020). Hidroliz işleminin kapsamına bağlı olarak her bir fraksiyonun verimi değişebilir, ancak aynı zamanda işlevselliğe ve biyoaktiviteye sahip hidrolizat ürünleri de oluşabilir. Bu son ürünler su ürünleri yemine değer katabilir; örneğin balık proteini hidrolizatlarının antioksidatif özelliklere sahip olduğu bilinmektedir, bu da yemin stabilize edilmesinde rol oynayabilmektedir. Ya da hidrolizatlarda bulunan küçük peptitler (örneğin di veya tri peptitler) lezzet, büyüme performans artırıcılar ve bağışıklık teşviki gibi spesifik olarak yemden yararlanmak için kullanılabilmektedir (Siddik ve ark., 2021). Hidroliz teknolojisi uygulanması kıyma, pişirme ve ayırma gibi geleneksel balık eti ve balık yağı üretim yöntemleriyle karşılaştırıldığında balıkçılık ve su ürünleri atıklarından protein ve yağların daha etkili bir şekilde geri kazanılmasına olanak sağlayabilmektedir. Hidroliz işlemi pullarda, deride, kıkırdakta ve solungaç atıklarında yaygın olarak bulunan keratin, kolajen ve kondrin gibi sindirilmeyen lifli proteinleri parçalayabilmektedir. İkinci olarak işleme balıklarda kemiklere ve kabuklularda kitine bağlanacak olan proteinleri serbest bırakabilmektedir (Nguyen ve ark., 2016).

Balıkçılık ve su ürünleri işleme atıklarından protein ve yağ kazanımının yanı sıra kabuklulardan da glukozamin, kitin ve kitosan türevli ürünler ve pigment (astaksantin) üretmek için yararlanılabilmektedir Bu fonksiyonel bileşenler antimikrobiyal, büyümeyi teşvik edici, antioksidan aktivite, daha iyi et kalitesi, prebiyotik ve bağışıklık uyarıcı etkileri tetikleme yetenekleri açısından çiftlik hayvanlarında birçok olumlu özelliğe sahiptir (Abdel-Ghany ve Salem., 2020). Benzer şekilde kabuklu su ürünleri atıkları, somon balıkları, tilapya, kabuklu su ürünleri ve süs balıkları türlerinde deri ve et pigmentasyonu için su ürünleri yemlerinde kullanılan yüksek değerli yem katkı maddeleri olarak astaksantin ve diğer önemli deniz karotenoidlerin için ekstrakte edilebilmektedir (Dikel ve ark., 2022). Ancak ticari açıdan uygun bir ekstraksiyon yönteminin, sentetik olarak veya kril, mikroalg ve karasal bitkilerden üretilen mevcut piyasa ürünleriyle ekonomik açıdan rekabetçi olması gerekmektedir (Routray ve ark., 2019). Balık kemiğinden ve su ürünleri yemi katkı maddesi olarak kalsiyumun geri kazanımı yumuşakça atıklarından da elde edilmektedir (Iizuka ve ark., 2009).

İşleme Atıklarının Yem Hammaddesi Olarak Kullanılma Potansiyeli

Balıkçılıkta Avcılık ve İşleme Yan Ürünlerinin Tipolojisi

Balıkçılık av ve işleme yan ürünleri, toplam balık gövdesinin değişken yüzdelerini oluşturan baş, kuyruk, deri, pullar, kemikler ve iç organlar dahil olmak üzere farklı doku ve organ tiplerini içermektedir (Tablo 1).

Tablo 1. Balık gövdesinin ortalama bileşimi (Ghaly ve ark.'dan alınarak modifiye edilmiştir)

Bileşen	**Ortalama Ağırlık(%)**
Fileto	36
Baş	21
Kemikler	14
Yüzgeçler	10
Bağırsak	7
Karaciğer	5
Deri	3
Yumurtalıklar	4

Hayvan Kaynaklı Maddeler

Denizel kaynaklı hayvansal yem hammaddeleri, çoğu su ürünleri yetiştiriciliği yapılan hayvanlar için çoğunlukla esansiyel aminoasit ve esansiyel yağ asidi kaynağı olarak kullanılmaktadır. Su ürünleri yemlerinde protein kaynağı olarak kullanılma potansiyeline sahip en az üç hayvansal kökenli kaynak vardır: midye, artemia ve amfipodlar. Bu hayvanlar, su ortamındaki mikroalg ve partiküllü organik maddeler gibi birincil üreticilerden besinleri alan düşük trofik seviyeli organizmalardır. Midyeler kuru ağırlıkta oldukça yüksek protein (%50-70) ve lipit (%5-16) içermektedir ve esansiyel yağ asitleri içerikleri balık unu ile karşılaştırılabilir (Jusadi ve ark., 2020). *Artemia nauplii* neredeyse tüm akuakültür kuluçkahane üretimlerinde önemli bir canlı yem olarak kullanılmaktadır. Ancak, *Artemia nauplii* tedariği büyük ölçüde doğadan toplanan kistlere dayanmaktadır. Bu nedenle, *Artemia*'yı kist üretmek üzere kültürlemek için birçok çaba sarf edilmiştir. Ayrıca, yetişkin *Artemia*'nın yem olarak kullanımı da dikkat çekmeye başlamıştır. *Artemia*, yan ürünler veya atıklar yem olarak kullanılarak sığ havuzlarda nispeten yüksek bir verimlilikte (yaklaşık 2

ton/ha/ürün) yetiştirilebilmektedir (Anh ve ark., 2009b). *Artemia* biyokütlesinin protein içeriği %51-61, lipit içeriği ise %5 ila 10 arasında değişmektedir (Anh ve ark., 2009a).

Tek Hücre Proteinleri

SCP (Tek hücre proteinleri) ürünleri mikroalg, maya, mantarlar ve bakteriler dahil olmak üzere farklı mikrobiyal kaynaklardan hazırlanabilmektedir (Tablo 2).

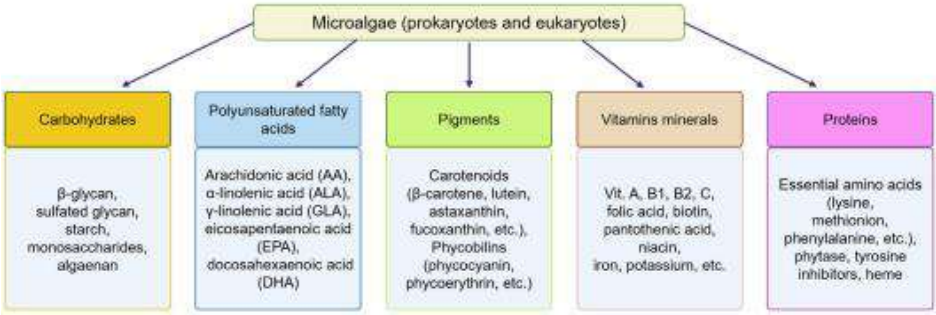
SCP Kaynakları	Protein içerikleri	Özel nitelikler	Spesifik organizmalara örnek	Zorluklar	Mevcut ticari aktiviteler
Mikroalg	60-70% (Tibbets, 2018; Ritala ve ark., 2017)	- Fototrofik büyüme - Omega-3 yağ asidi üretimi	*Chlorella vulgaris* *Desmodesmus sp.*	Ekonomik ölçeklendirme Besin maddelerini serbest bırakmak için hücre bozulması	Cellana Pond Technologies BioProcess Algae
Mayalar	30–50% (Ritala ve ark., 2017)	- Çeşitli hammaddelerin kullanımı - Vitamin ve mikro besin üretimi	*Saccharomyces cerevisiae* *Candida utilis*	- Protein ve EAA (Esansiyel amino asitler) içeriğini geliştirme	ADM Alltech Flint Hills Resources ICC Brazil Pacific Ethanol
Bakteri	50–80% (Ritala ve ark., 2017)	Yüksek protein içeriği C1 substratları üzerinde büyüme	*Methylococcus capsulatus* *Cupravidus nectar*	- Lezzet sorunları	Calysta Kiverdi KnipBio NovoNutrients White Dog Labs
Protistler	10–20% (Moran ve ark., 2018; Sucu ve ark., 2017)	-Omega-3 yağ asitleri üretimi	*Schizochytrium limacinum*	Protein içeriğini iyileştirme	Veramaris

Mikroalg

Mikroalgler su ürünleri yemlerinde geleneksel hammaddelere olan bağımlılığı azaltma potansiyeline sahiptir. Mikroalglerin kullanımı besin kalitesi, kaslarda artan trigliserit ve protein birikimi, hastalıklara karşı gelişmiş direnç, çevreye azot çıkışının azalması, Omega-3 yağ asiti içeriği, fizyolojik aktivite ve karkas kalitesi gibi suda yaşayan türlerin büyüme hızı üzerindeki olumlu etkisi nedeniyle geleneksel yem hammaddelerinin yerini alabilir ya da bunlara olan ihtiyacı azaltabilir (Becker, 2004). Mikroalglerin çok çeşitli habitatlarda yetişebilmesi, bazı türlerin bitkilerden birkaç kat daha yüksek biyokütle üretimine sahip olması, basit besin gereksinimleri ile hızlı bölünebilmesi, yararlı metabolitleri biriktirebilmesi ve kullanılabilirliğinin balık unu gibi balık hasatına bağlı olmaması şeklinde başka avantajları da vardır (Hemaiswarya ve ark., 2011).

Döngüsel biyoekonomi konusunda artan farkındalık, sürdürülebilir su ürünleri yetiştiriciliği için alternatif yem kaynağı olarak mikroalglerin yoğun kullanımını etkilemektedir. Mikroalgal kaynaklar, fikobiliproteinler/fikobilinler, yağ asitleri, karotenoidler ve antioksidanlar gibi besin ve yüksek katma değerli bileşiklerin sürdürülebilir kaynakları olarak kabul edilmektedir (Velea ve ark., 2017; Oliveira ve ark., 2021).

Mikroalgler organik atıklardaki besin maddelerinin iyileştirilmesindeki yararlılıkları ve yemdeki yağ asitleri, amino asitler, vitaminler ve karotenoidler gibi farklı besin maddelerinin kaynağı olarak araştırılmaktadır. Birçok mikro alg türünde (örneğin *Nannochloropsis, Dunaliella, Chlorella* cinsleri) temel çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA'lar) ve amino asitlerin yüksek besin içeriğine rağmen, FM veya FO'nun mikroalgal biyokütle ile ikame edilmesine ilişkin veriler, balık yeminin ne kadar büyük bir kısmının mikroalgal biyokütle türevlerinden oluşabileceğine dair bir üst sınır olduğunu göstermektedir (Eroldogan ve ark., 2022). Birçok mikroalgal pigment ve fikobiliproteinin de antioksidan özelliklere sahip olduğu gösterilmiştir. Bunlar arasında özellikle β-karoten ve astaksantin bulunmaktadır (Dikel, 2021; Rammuni ve ark., 2019). Mikroalglerden elde edilen diğer mikroalgal pigmentlerin ve fenolik maddelerin antioksidan özelliklere sahip olduğu gösterilmiştir (Goiris ve ark., 2012; Guedes ve ark., 2011). Mikroalgler protein ve değerli yağlar, pigmentler ve antioksidanlar açısından zengindir; aynı zamanda mikroalgal biyokütle vitaminler ve çeşitli biyoaktif bileşikler gibi diğer faydalı bileşikleri de içerir. Bu biyoaktif bileşikler, bağışıklık sistemini uyarıcı özellikleri ve hatta anti-parazitik etkileri nedeniyle yenilikçi akuakültür araştırmalarının merkezinde yer almaktadır. Örneğin, tatlı su karidesi *Macrobrachium rosenbergii*'nin bağışıklık tepkisi, balık ununun %8'inin *Chlorella vulgaris* ile değiştirilmesinden sonra artmıştır. Pozitif bağışıklık tepkisi, karideslerin *Aeromonas hydrophila* enfeksiyonuna karşı direncini arttıran daha yüksek toplam hemosit sayısı ve fenol oksidaz aktivitesi ile kanıtlanmıştır (Maliwat ve ark., 2017).



Şekil 1. Mikroalglerin içerikleri

Mayalar ve Mantarlar

Mayalar ve mantarlar, özellikle karasal hayvancılık ve doğrudan insan tüketimi için hayvan yemi bileşenleri olarak uzun bir geçmişe sahiptir. En yaygın olarak bilinen türler *Saccharomyces cerevisiae*, çeşitli *Aspergillus* ve *Fusarium venenatum*'dur, ancak *Candida utilis* ve *Kluyveromyces marxianus* gibi diğer suşların da protein kaynağı olarak kullanılması ilgi çekmektedir (Overland ve ark., 2013). Çoğu durumda, *Rhodotorula mucilaginosa* biyokütlesi ve EPA üreten *Yarrowia lipolytica* immünomodülasyon ve antioksidan özellikler gibi ek faydalar sağlamaktadır (Tocher ve ark., 2019).

Mantar biyokütlesi, protein, esansiyel amino asitler, PUFA'lar, lifler, mineraller ve vitaminler dahil olmak üzere besin içeriği göz önüne alındığında, giderek artan bir şekilde potansiyel bir yem kaynağı olarak kabul edilmektedir (Finnigan ve ark., 2017). Mantar biyoaktif molekülleri antioksidan, anti-kanser, anti-mikrobiyal ve immünstimülasyon gibi çeşitli biyolojik özellikler gösterir; Aslında, doğuştan gelen bağışıklık sistemini, bağışıklık hücrelerinin doğrudan uyarılması ve bağırsak mikrobiyotasının büyümesinin iyileştirilmesi yoluyla iki yoldan biriyle etkinleştirebilirler (Mohan ve ark., 2019). Hayvanların bağırsak yolları, patojenik bakterilerin inhibisyonu, bağışıklık sistemi ve metabolizmanın olgunlaşması dahil ancak bunlarla sınırlı olmamak üzere fizyolojik süreçlerde çok sayıda role sahip karmaşık bir bağırsak mikrobiyomu oluşturan geniş bir mikrobiyota çeşitliliğine ev sahipliği yapmaktadır (Ma ve ark.,2019; Pagliari ve ark., 2018). Süngerlerden elde edilen mantarlar, farklı balık patojenlerine, yani *Lactococcus garvieae*, *Vibrio anguillarum*, *Vibrio harveyi*, *Yersinia ruckeri* ve *Vagococcus salmoninarum*'a karşı aktif antimikrobiyal bileşiklerin üretimi için taranmıştır (Altunok ve ark., 2015; Özkaya ve ark., 2017; Xu ve ark; 2020; Wang ve ark; 2021). Bakteriyel patojenler su ürünleri yetiştiriciliğinde ciddi bir tehdit oluşturduğundan ve kültüre alınan suda yaşayan hayvanlardaki antimikrobiyal direnç endişe verici düzeylerde olduğundan, su ürünleri yetiştiriciliğini sürdürülebilir bir şekilde yönetmek için yeni araçlara ve yaklaşımlara olan ihtiyaç giderek artmaktadır (Schar ve ark., 2021).

Su ürünleri yemleri ve probiyotikler için kaynak olarak deniz bakterileri

Bakteriyel tek hücre protein suşları çok yüksek ham protein içeriği (ağırlıkça >%80) ve esansiyel aminoasit değerlerinin yanı sıra vitaminler, fosfolipidler ve diğer fonksiyonel bileşikleri üretebilir ve ayrıca çok çeşitli hammaddeleri kullanabilir (Ritala ve ark., 2017; Nasseri ve ark., 2011; Suman ve ark., 2015). Ticari olarak temin edilebilen bakteri unları esas olarak, bir kısmı deniz ortamında da bulunabilen tek veya karışık metanotrof türleri kullanılarak doğal gaz fermantasyonundan üretilmektedir (Jones ve ark., 2020). Bakteri unu, su ürünleri yetiştiriciliği türleri de dahil olmak üzere çeşitli hayvanların beslenmesinde kullanılabilen bir tek hücre proteinidir (Øverland ve ark., 2010). Önemli bir su ürünleri yemi hammaddesi, esas olarak heterojen bir bakteri karışımından oluşan biofloc küspesidir. Biofloc, balık veya karides atıksu arıtımından üretilebilir ve %23-49 oranında protein içeriğine sahiptir (Dantas ve ark., 2016). Bu malzeme karides yemlerinde %60'a varan oranlarda kullanılabilmektedir (Bauer ve ark., 2012; Promthale ve ark., 2019).

Özellikle bakteriler, su ürünleri yetiştiriciliği patojenlerinin baskılanmasına da yardımcı olur. En yaygın su ürünleri yetiştiriciliği patojenleri *E. coli, Salmonella, Pseudomonas, Streptococcus* ve *Vibrio*'dur (Olmos ve ark., 2020). Patojenlerin bakteriler tarafından engellenmesi, yararlı bakteriler ve patojenler arasındaki besin rekabeti nedeniyle meydana gelmektedir. Birçok bakterinin demir için patojenlerle rekabet ettiği rapor edilmiştir. Bazı yararlı bakteriler, patojenleri inhibe etmek veya öldürmek için inhibitör bileşikler üretebilir. Örneğin *Lactococcus lactis* TW34, bir balık patojeni olan *Lactococcus garvieae*'yi inhibe eden bakteriyosin nisin Z'yi üretebilmektedir (Sequeiros ve ark., 2015).

Makroalg

Makroalgler (veya deniz yosunları): yeşil (*Chlorophyta*), kırmızı (*Rhodophyta*) ve kahverengi (*Phaeophyta*) algler olmak üzere üç ana gruba ayrılabilir. Taksonomik olarak oldukça çeşitli olan bu sucul organizmalar grubu, sürdürülebilirlik özelliklerinden dolayı uzun süredir potansiyel bir su ürünleri yem bileşeni olarak araştırılmaktadır. Bazı makroalg (deniz yosunu) türleri, flavonoidler, prebiyotikler ve karotenoidler gibi biyoaktif bileşiklere katkıda bulunan bu bitkisel katkı maddeleri yem hammaddesi olarak yoğun bir şekilde incelenmektedir. Makroalgler, çevrelerindeki çeşitli besin maddelerini uzaklaştıraan etkili besin biyosorbentleri olarak da bilinmektedir. *Ulva spp*. cinsinin üyeleri su ürünleri yem hammaddeleri açısından en büyük potansiyele sahip deniz yosunlarıdır. Bu yeşil makroalgler (Chlorophyta) yüksek yıllık verime sahiptir (yaklaşık 838 C/m²/yıl) ve yem hammaddesi olarak ve insan tüketimi için kullanılma potansiyeline sahiptir (Chemodanov ve ark., 2017). Örneğin toplam yüksek azotu (%89) ve fosfat (%44) giderme kapasitesiyle *U. pertusa*, yoğun balık ve karides havuzlarında, kıyı

bölgelerinde ve/veya multitrofik akuakültür (IMTA) sistemlerinde bir fitoremediatör olarak yetiştirilme potansiyeline sahiptir (Kang ve ark., 2021; (Aníbal ve ark., 2014). *Ulva spp*. 'nin protein içeriği %32'ye kadar ulaşabilmektedir, fonksiyonel polisakkarit, fikokolloid(örneğin agar, aljinat ve karragenan) üretim endüstrisi için geniş ölçekte kullanılmaktadır. Ayrıca önemli miktarlarda makroalg denizde (örneğin uzun halatlar, sallar ve ağlar) ya da karadaki tesislerde (örneğin tanklar ve havuzlar) yetiştirilebilmektedir. Alternatif olarak, yetişkin bireylerden sporlar (gametofitler) toplanır; iplere ve ağlara püskürtülür, buralarda yerleşir ve hasat edilebilir boyuta kadar büyütülür. Ancak kıyı şeridindeki erişilebilirlikleri ve kıyı habitatlarını korumak için yasal kısıtlamalar nedeniyle miktar sınırlaması vardır (Mac Monagail ve ark., 2017).

KAYNAKLAR

Abdel-Ghany HM, Salem ME-S. Effects of dietary chitosan supplementation on farmed fish; a review. Rev Aquac. 2020;12:438-452.

Abejon R, Belleville MP, Sanchez-Marcano J, Garea A, Irabien A. Optimal design of industrial scale continuous process for fractionation by membrane technologies of protein hydrolysate derived from fish wastes. Sep Purif Technol. 2018;197:137-146.

Altunok M, Ozkaya FC, Engin S, Tanrıkul TT, Aydınlık S, Ulukaya E. In vitro antibacterial activity of sponge-associated fungi against bacterial aquaculture pathogens. Fresen Environ Bull. 2015;24(6A):2158-2166.

Anh, N. T. N., Hien, T. T. T., Mathieu, W., Van Hoa, N., and Sorgeloos, P. (2009a). Effect of fishmeal replacement with Artemia biomass as a protein source in practical diets for the giant freshwater prawn Macrobrachium rosenbergii. Aquac. Res. 40, 669–680. doi: 10.1111/j.1365-2109.2008.02143.x.

Anh, N. T. N., Van Hoa, N., Van Stappen, G., and Sorgeloos, P. (2009b). Effect of different supplemental feeds on proximate composition and Artemia biomass production in salt ponds. Aquaculture 286, 217–225. doi: 10.1016/j.aquaculture.2008.09.030.

Aníbal, J., Madeira, H. T., Carvalho, L. F., Esteves, E., Veiga-Pires, C., & Rocha, C. (2014). Macroalgae mitigation potential for fish aquaculture effluents: an approach coupling nitrogen uptake and metabolic pathways using Ulva rigida and Enteromorpha clathrata. *Environmental Science and Pollution Research*, *21*, 13324-13334.

Bauer, W., Prentice-Hernandez, C., Tesser, M. B., Wasielesky Jr, W., & Poersch, L. H. (2012). Substitution of fishmeal with microbial floc meal and soy protein concentrate in diets for the pacific white shrimp Litopenaeus vannamei. *Aquaculture*, *342*, 112-116.

Becker W (2004) Microalgae in human and animal nutrition. In: Richmond A (ed) Handbook of microalgal culture: biotechnology and applied phycology. Blackwell Science Ltd, Cambridge, pp 312–351.

Chemodanov, A., Jinjikhashvily, G., Habiby, O., Liberzon, A., Israel, A., Yakhini, Z., & Golberg, A. (2017). Net primary productivity, biofuel production and CO2 emissions reduction potential of Ulva sp.(Chlorophyta) biomass in a coastal area of the Eastern Mediterranean. *Energy Conversion and Management*, *148*, 1497-1507.

Dantas Jr, E. M., Valle, B. C. S., Brito, C. M. S., Calazans, N. K. F., Peixoto, S. R. M., & Soares, R. B. (2016). Partial replacement of fishmeal with biofloc meal in the diet of postlarvae of the P acific white shrimp L itopenaeus vannamei. *Aquaculture nutrition*, *22*(2), 335-342.

Dikel, Ç. (2021). Astaksantin'in kimyası ve uygulamaları üzerine bir inceleme. *Journal of Advances in VetBio Science and Techniques*, *6*(3), 318-330.

Dikel, Ç., Yanar, Y., & Demirkol, O. (2022). Extraction and characterization of astaxantin from the waste of deep water pink shrimp (Parapenaeus longirostris) obtained from İskenderun Bay. *Journal of Advances in VetBio Science and Techniques*, *7*(2), 228-232.

Edwards, P., Zhang, W., Belton, B., & Little, D. C. (2019). Misunderstandings, myths, and mantras in aquaculture: Its contribution to world food supplies has been systematically over reported. Marine Policy, 106, 103547.

Egerton S, Wan A, Murphy K, et al. Replacing fishmeal with plant protein in Atlantic salmon (Salmo salar) diets by supplementation with fish protein hydrolysate. Sci Rep. 2020;10:4194.

Engle, C., & D'Abramo, L. (2018). Showcasing research focusing on sustainability of aquaculture enterprises and global food security. Journal of the World Aquaculture Society, 47(3), 311–313.

Eroldoğan, O. T., Glencross, B., Novoveska, L., Gaudêncio, S. P., Rinkevich, B., Varese, G. C., ... & Rotter, A. (2023). From the sea to aquafeed: A perspective overview. *Reviews in Aquaculture*, *15*(3), 1028-1057.

FAO (2020). The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in Action. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. Brief to the State of World Fisheries and Aquaculture 2022. FAO; 2022. doi:10.4060/cc0463en

Ferraro V, Carvalho AP, Piccirillo C, Santos MM, Castro PML, Pintado ME. Extraction of high added value biological compounds from sardine, sardine-type fish and mackerel canning residues—a review. Mater Sci Eng C. 2013;33:3111-3120.

Finnigan T, Needham L, Abbott C, et al. Mycoprotein: a healthy new protein with a low environmental impact. In: Nadathur SR, ed. Sustainable Protein Sources. Academic Press; 2017:305-325.

Ghaly, A. E., Ramakrishnan, V. V., Brooks, M. S., Budge, S. M., & Dave, D. (2013). Fish processing wastes as a potential source of proteins. *Amino acids and oils: A critical review. J. Microb. Biochem. Technol*, *5*(4), 107-129.

Gentry, R. R., Froehlich, H. E., Grimm, D., Kareiva, P., Parke, M., Rust, M., et al. (2017). Mapping the global potential for marine aquaculture. Nat. Ecol. Evol. 1, 1317–1324. doi: 10.1038/s41559-017-0257-9.

Gephart JA, Henriksson PJG, Parker RWR, et al. Environmental performance of blue foods. Nature. 2021;597:360-36.

Glencross, B. D., Baily, J., Berntssen, M. H. G., Hardy, R., MacKenzie, S., and Tocher, D. R. (2020). Risk assessment of the use of alternative

animal and plant raw material resources in aquaculture feeds. Rev. Aquac. 12, 703–758. doi: 10.1111/raq.12347.

Goiris K, Muylaert K, Fraeye I, Foubert I, De Brabanter J, De Cooman L. Antioxidant potential of microalgae in relation to their phenolic and carotenoid content. J Appl Phycol. 2012;24(6):1477- 1486. doi:10.1007/s10811-012-9804-6

Guedes AC, Amaro HM, Malcata FX. Microalgae as sources of carotenoids. Mar Drugs. 2011;9(4):625-644. doi:10.3390/ md9040625.

Hemaiswarya S, Raja R, Kumar RR, Ganesan V, Anbazhagan C (2011) Microalgae: a sustainable feed source for aquaculture. World J Microb Biot 27:1737–1746.

Hua, K., Cobcroft, J. M., Cole, A., Condon, K., Jerry, D. R., Mangott, A., et al. (2019). The future of aquatic protein: implications for protein sources in aquaculture diets. One Earth 1, 316–329. doi: 10.1016/j.oneear.2019.10.018.

Iizuka A, Kuji Y, Kitajima Y, Kumagai K, Yamasaki A, Yanagisawa Y. Recycling of shellfish wastes with a combined process of carbonate production and methane fermentation. J Chem Eng Jpn. 2009;42: s43-s49.

Jones, S. W., Karpol, A., Friedman, S., Maru, B. T., & Tracy, B. P. (2020). Recent advances in single cell protein use as a feed ingredient in aquaculture. *Current opinion in biotechnology*, *61*, 189-197.

Jusadi, D., Aprilia, T., Setiawati, M., Agus Suprayudi, M., and Ekasari, J. (2020). Dietary supplementation of fulvic acid for growth improvement and prevention of heavy metal accumulation in Nile tilapia fed with green mussel. Egypt J. Aquat. Res. 46, 295–301. doi: 10.1016/j.ejar.2020.04.002.

Kang, Y. H., Kim, S., Choi, S. K., Lee, H. J., Chung, I. K., & Park, S. R. (2021). A comparison of the bioremediation potential of five seaweed species in an integrated fish-seaweed aquaculture system: implication for a multi-species seaweed culture. *Reviews in Aquaculture*, *13*(1), 353-364.

Ma N, Guo P, Zhang J, et al. Nutrients mediate intestinal bacteria– mucosal immune crosstalk. Front Immunol. 2018;9:5. doi:10.3389/ fimmu.2018.00005.

Mac Monagail M, Cornish L, Morrison L, Araújo R, Critchley AT. Sustainable harvesting of wild seaweed resources. Eur J Phycol. 2017; 52:371-390.

Maliwat GC, Velasquez S, Robil JL, et al. Growth and immune response of giant freshwater prawn Macrobrachium rosenbergii (De man) postlarvae fed diets containing Chlorella vulgaris (Beijerinck). Aquacult Res. 2017;48(4):1666-1676. doi:10.1111/are. 13004.

Mohan K, Ravichandran S, Muralisankar T, et al. Potential uses of fungal polysaccharides as immunostimulants in fish and shrimp aquaculture: a review. Aquaculture. 2019;500:250-263. doi:10. 1016/j.aquaculture.2018.10.023.

Moran CA, Morlacchini M, Keegan JD, Fusconi G: The effect of dietary supplementation with Aurantiochytrium limacinum on lactating dairy cows in terms of animal health, productivity and milk composition. J Anim Physiol Anim Nutr 2018, 102:576-590.

Nasseri AT, Rasoul-Amini S, Morowvat MH, Ghasemi Y: Single cell protein: production and process. Am J Food Technol 2011, 6:103-116.

Nguyen TT, Zhang W, Barber AR, Su P, He S. Microwave-intensified enzymatic deproteinization of Australian rock lobster shells (Jasus edwardsii) for the efficient recovery of protein hydrolysate as food functional nutrients. Food Bioproc Tech. 2016;9:628-636.

Okada T, Morrissey MT. Recovery and characterization of sardine oil extracted by pH adjustment. J Agric Food Chem. 2007;55: 1808-1813.

Oliveira CYB, Oliveira CDL, Prasad R, et al. A multidisciplinary review of Tetradesmus obliquus: a microalga suitable for large-scale biomass production and emerging environmental applications. Rev Aquac. 2021;13(3):1594-1618. doi:10.1111/raq.12536.

Olmos, J., Acosta, M., Mendoza, G., & Pitones, V. (2020). Bacillus subtilis, an ideal probiotic bacterium to shrimp and fish aquaculture that increase feed digestibility, prevent microbial diseases, and avoid water pollution. *Archives of microbiology*, *202*, 427-435.

Overland M, Karlsson A, Mydland LT, Romarheim OH, Skrede A: Evaluation of *Candida utilis*, *Kluyveromyces marxianus* and *Saccharomyces cerevisiae* yeasts as protein sources in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture 2013, 402-403:1- 7.

Özkaya FC, Peker Z, Camas M, Camas AS, Altunok M. Marine fungi against aquaculture pathogens and induction of the activity via coculture. Clean-Soil Air Water. 2017;45(8):1700238. doi:10.1002/clen. 201700238.

Pagliari D, Saviano A, Newton EE, et al. Gut microbiota-immune system crosstalk and pancreatic disorders. J Mediat Inflamm. 2018; 2018:1-13. doi:10.1155/2018/7946431.

Promthale, P., Pongtippatee, P., Withyachumnarnkul, B., & Wongprasert, K. (2019). Bioflocs substituted fishmeal feed stimulates immune response and protects shrimp from Vibrio parahaemolyticus infection. *Fish & shellfish immunology*, *93*, 1067-1075.

Øverland, M., Tauson, A. H., Shearer, K., & Skrede, A. (2010). Evaluation of methane-utilising bacteria products as feed ingredients for monogastric animals. *Archives of animal nutrition*, *64*(3), 171-189.

Rammuni MN, Ariyadasa TU, Nimarshana PHV, Attalage RA. Comparative assessment on the extraction of carotenoids from microalgal sources: Astaxanthin from H. pluvialis and beta-carotene from D. salina. Food Chem. 2019;277:128-134. doi:10.1016/j.foodchem. 2018.10.066.

Ritala A, Hakkinen ST, Toivari M, Wiebe MG: Single cell proteinstate-of-the-art, industrial landscape and patents 2001-2016. Front Microbiol 2017, 8:2009.

Routray W, Dave D, Cheema SK, Ramakrishnan VV, Pohling J. Biorefinery approach and environment-friendly extraction for sustainable production of astaxanthin from marine wastes. Crit Rev Biotechnol. 2019;39:469-488.

Schar D, Zhao C, Wang Y, Larsson DG, Gilbert M, Van Boeckel TP. Twenty-year trends in antimicrobial resistance from aquaculture and fisheries in Asia. Nat Commun. 2021;12(1):1-10. doi:10.1038/ s41467-021-25655-8.

Sequeiros, C., Garcés, M. E., Vallejo, M., Marguet, E. R., & Olivera, N. L. (2015). Potential aquaculture probiont Lactococcus lactis TW34 produces nisin Z and inhibits the fish pathogen Lactococcus garvieae. *Archives of microbiology*, *197*, 449-458.

Siddik MAB, Howieson J, Fotedar R, Partridge GJ. Enzymatic fish protein hydrolysates in finfish aquaculture: a review. Rev Aquac. 2021;13:406-430.

Stevens JR, Newton RW, Tlusty M, Little DC. The rise of aquaculture by-products: increasing food production, value, and sustainability through strategic utilisation. Mar Policy. 2018;90:115-12.

Sucu E, Udum D, Gunes N, Canbolat O, Filya I: Influence of supplementing diet with microalgae (Schizochytrium limacinum) on growth and metabolism in lambs during the summer. Tuk J Vet Anim Sci 2017, 41:167-174.

Suman G, Nupur M, Anuradha S, Pradeep B: Single cell protein production: a review. Int J Curr Microbiol Appl Sci 2015, 4: 251-262.

Tacon AGJ, Metian M. Feed matters: satisfying the feed demand of aquaculture. Rev Fish Sci Aquac. 2015;23:1-10.

Tibetts SM: The potential for' Next-Generation', microalgaebased feed ingredients for salmonid aquaculture in context of the blue revolution. In Microalgal Biotechnology. Edited by Jacob-Lopes E, Zepka LQ, Queiroz MI. IntechOpen; 2018:151-175.

Tocher DR, Betancor MB, Sprague M, Olsen RE, Napier JA: Omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids, EPA and DHA: bridging the gap between supply and demand. Nutrients 2019, 11.

Turchini, G. M., Trushenski, J. T., and Glencross, B. D. (2019). Thoughts for the future of aquaculture nutrition: realigning perspectives to reflect

contemporary issues related to judicious use of marine resources in aquafeeds. N. Am. J. Aquac. 81, 13–39. doi: 10.1002/naaq.10067.

Wang W, Li Q, Lai Q, Lin Y, Zhang Q. Chen j. screening of anti-vibrio activity of marine fungal methanolic fractions to control vibriosis in white shrimp (Litopenaeus vannamei). Aqua Res. 2021;52(11):5517-5526. doi:10.1111/are.15425.

Xu P, Ding L, Wei J, et al. New aquatic pathogen inhibitor produced by the marine fungus aspergillus sp. LS116. Aquaculture. 2020;520: 734670. doi:10.1016/j.aquaculture.2019.734670.

Vázquez, J. A., Fernández-Compás, A., Blanco, M., Rodríguez-Amado, I., Moreno, H., Borderías, J., et al. (2019a). Development of bioprocesses for the integral valorisation of fish discards. Biochem. Eng. J. 144, 198–208. doi: 10.1016/j.bej. 2019.02.004

Vázquez, J. A., Sotelo, C. G., Sanz, N., Pérez-Martín, R. I., Rodríguez-Amado, I., and Valcarcel, J. (2019b). Valorization of aquaculture by-products of salmonids to produce enzymatic hydrolysates: process optimization, chemical characterization and evaluation of bioactives. Mar. Drugs 17:676. doi: 10.3390/ md17120676.

Velea S, Oancea F, Fischer F. Heterorophic and mixotrophic microalgae cultivation. In: Gozalez-Fernandez C, Munoz R, eds. Microalgaebased Biofules and Bioproductions from Feedstock Cultivation to Endproducts. 1st ed. Elsevier; 2017:45-58.

BÖLÜM 5

İnorganik Nanopartiküllerin Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Hastalıklara Karşı Profilaktik Uygulamaları

Arş. Gör. Dr. Miray BÜYÜKDEVECİ[1]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10123058

[1] Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yetiştiricilik Bölümü
ORCID No: https://orcid.org/0000-0002-8860-0849, miray.etymz@gmail.com

GİRİŞ

Günümüzde su ürünleri sektörü, insan beslenmesinde hayvansal protein ihtiyacının karşılanması açısından önemli bir alan olmasına karşın, su ürünleri yetiştiriciliğinde ortaya çıkan hastalık salgınları su ürünleri üretiminin sürdürülebilir büyümesinin önünde önemli engeller oluşturmaktadır. Balıklar, başta virüsler ve bakteriler olmak üzere birçok patojen tarafından tehdit edilmekte olup, bu durum genellikle ciddi sonuçlar doğurmaktadır (Swain ve ark., 2014). Bakterilerin antibiyotiklere direncinin artması çağımızın en büyük sorunlarından biridir. Antibiyotik direncinin gelişimini sınırlamaya yönelik stratejilerden biri alternatif antimikrobiyallerin araştırılmasıdır. Hastalık salgınlarına neden olan balık patojenleri, özellikle antibiyotiğe dirençli birçok bakteriyel patojenin ortaya çıkmasından sonra, su ürünleri yetiştiriciliği için büyük bir tehdit olarak kabul edilmektedir (Cabello ve ark., 2013). Yetiştirilen balıkların sağlıklı ve hastalıklardan ari olması, ekonomik ve ekolojik açıdan önemlidir. Hayvan çiftlikleri ve su ürünleri yetiştiriciliğinde bakteriyel enfeksiyonların kontrolü için geleneksel antibiyotiklere olan bağımlılığın azaltılmasına yönelik artan bir ihtiyaç vardır. Antibiyotiklerin yeni alternatiflerinden biri nanopartiküllerin kullanılmasıdır. Nanopartiküllerin, balık ilaçları da dahil olmak üzere insan ve veteriner hekimliğinde antimikrobiyal ajanlar olarak potansiyel uygulamaları oldukça aktif bir araştırma alanıdır (Shaalan ve ark., 2016). Yüksek antimikrobiyal yeteneğe sahip nanopartiküller, çeşitli patojenlerle mücadelede antibiyotikler de dahil olmak üzere antimikrobiyal ilaçların kullanımını azaltan en gelişmiş ve umut verici reaktifler olarak kabul edilmektedir (Shaalan ve ark., 2016). Nanoteknoloji, balık hastalıkları teşhisi ve tedavisine yönelik yeni uygulamalarda nano boyutlu parçacıkların kullanımına yönelik modern ve yenilikçi bir yaklaşım sağlamaktadır (Shaalan ve ark.,2018; Shaalan ve ark.,2020). Farklı nanopartikül türleri arasında metaller ve metal oksitler, geniş antimikrobiyal aktivite spektrumu, dayanıklılıkları, yüksek dirençleri, seçicilikleri ve özgüllükleri nedeniyle büyük ilgi uyandırmıştır (Swain ve ark. 2014). Yapılan bazı araştırmalar, metal bazlı nanopartiküllerin çok iyi bir antimikrobiyal ajan olduğunu ve bakteri, mantar ve virüslere karşı geniş spektrumlu antimikrobiyal aktivite gösterdiğini bildirmiştir (Alavi,2022; Galdiero ve ark., 2011; Nasrollani ve ark., 2011).

Bu bölümde; nanopartiküllerin tanımı, metal nanopartiküllerin etki mekanizmaları, bu nanopartiküllerin su ürünleri yetiştiriciliğinde hastalıklara karşı profilaktik uygulamaları hakkında bilgiler verilmesi amaçlanmıştır.

Nanopartküllerin tanımı, sentezi ve üretimi

Nanomalzemeler, 1-100 nm arasındaki boyut özelliklerine göre tanımlanır ve karbon, metal, metal oksitler veya organik maddeden oluşur (Ealia ve ark., 2019). Avrupa Komisyonu tarafından 18 Ekim 2011 tarihinde verilen nanomalzeme tanımda sayı boyut dağılımında bir malzemenin

parçacıklarının %50 veya daha fazlasının, 1 ila 100 nm boyut aralığında bir veya daha fazla dış boyuta sahip doğal veya üretilmiş bir malzeme olduğu belirtilmektedir (Rauscher ve ark., 2019). İnorganik NP'lere bakıldığında, bu tür nanomateryallerin yapısında karbon yoktur (metal ve metal oksit NP'ler) ve organik olanlarla karşılaştırıldığında oldukça stabildir. Yaygın olarak kullanılan metaller alüminyum (Al), kadmiyum (Cd), kobalt (Co), bakır (Cu), altın (Au), demir (Fe), kurşun (Pb), gümüş (Ag) ve çinkodur (Zn). Metal oksit bazlı NP'ler ise, reaktivitelerini arttırmak amacıyla metal bazlı NP'lerin özelliklerinin değiştirilmesiyle üretilir. Alüminyum oksit (Al_2O_3), Demir oksitler (Fe_2O_3 ve Fe_3O_4), Silikon dioksit (SiO_2), Titanyum dioksit (TiO_2), Seryum dioksit (CeO_2) ve Çinko oksit (ZnO) yaygın metal oksit NP'lerdir (Ealia ve ark., 2019).

Nanobilimin başlangıcından bu yana, yüksek verimli ve düşük maliyetli nanomateryal sentezi önemli bir konu olmuştur. Çeşitli şekillere, kimyasal bileşime ve boyutlara sahip nanopartiküller üretebilme, bunların su ürünleri yetiştiriciliği ve balık ilaçlarında kullanımları açısından kritik öneme sahiptir (Shah ve Yoon 2017).

İstenilen özelliklere sahip nanopartiküllerin sentezi aşağıdan yukarıya ve yukarıdan aşağıya olmak üzere iki farklı yaklaşıma göre gerçekleştirilmektedir.

Şekil 1. Nano malzeme üretiminde kullanılan başlıca yöntemler (Ateş ve Bahçeci 2015).

Yukarıdan aşağıya yaklaşım, bütün haldeki malzemenin makro veya mikro ölçekten nano ölçeğe dönüştürülmesi için mekanik olarak öğütülmesini içerir; bunu, nanopartiküllerin oksitlenmemesini veya yeniden mikro ölçeğe gelmemesini sağlamak için kolloidal koruyucu maddeler gibi stabilize edici maddelerin eklenmesi takip eder. Kimyasal veya fiziksel yaklaşımların

aracılık ettiği "yukarıdan aşağıya" tekniğinin dezavantajı, üretilen nanopartiküllerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkileyen morfolojinin tek biçimli olmamasıdır (Okeke ve ark., 2022).

Aşağıdan yukarıya yaklaşımda ise; atomik veya moleküler boyuttaki yapıları kimyasal reaksiyonlar ile büyüterek partikül oluşumunun gerçekleştirilmesine dayanmaktadır (Gürmen ve Ebin, 2008). Sol-jel, kimyasal buhar yoğunlaştırma, piroliz ve biyosentez, NP üretimi için en yaygın kullanılan aşağıdan yukarıya yöntemlerdir (Sánchez-Lopez ve ark., 2020; Ealia ve ark., 2019). Bu yaklaşım, metalik nanoparçacıkları hiçbir kusur olmadan ve kimyasal bileşim homojenliği ile sentezleyebilmesi açısından önemli bir avantaja sahiptir (Okeke ve ark., 2022). Kimyasal prosedürlerin çevreye olumsuz etkileri olduğundan, nanopartikül sentez prosedürlerinde toksik maddeler kullanılmayan, çevre dostu yöntemlerin geliştirilmesine duyulan ihtiyaç giderek artmaktadır (Nithya ve ark., 2019). Bitki özleri kullanılarak nanopartiküllerin yeşil sentezi, kimyasal sentez yöntemleriyle karşılaştırıldığında basitliği, maliyeti, güvenliği ve biyouyumluluğu nedeniyle daha fazla önem kazanmaktadır. Ayrıca bitki ekstraktlarından üretilen nanopartiküller, diğer yöntemlerle üretilenlere göre daha stabil, şekil ve boyut bakımından daha çeşitlidir (Gour ve Jain, 2019).

Su ürünleri Yetiştiriciliğinde Nanoteknoloji

Su ürünleri yetiştiriciliği, hem ekonomik hem de gıda güvenliği açısından en önemli gıda üretim sistemlerinden biri olarak kabul edilmektedir ve bu endüstrinin gelişimi, küresel beslenme güvenliğini garanti etme stratejisinde önemli bir faktördür. Günümüzde üretimini, verimliliğini ve sürdürülebilirliğini artırmak için farklı türde nanoteknoloji tabanlı sistemler kullanılmaktadır. Sağlık yönetimi, nutrasötiklerle besin takviyesi yoluyla balık ve kabuklu deniz hayvanlarının gelişiminin arttırılması, aynı zamanda deniz ürünlerinin işlenmesi ve korunması ve su arıtma gibi alanlarda bu sistemlerden yararlanılmaktadır. Bu nedenle nanoteknolojinin bu endüstrinin verimliliğinin ve çevresel etkisinin iyileştirilmesinde önemli bir rolü vardır (Fajardo ve ark., 2022).

Su ürünleri Yetiştiriciliğinde İnorganik Nanopartikül Uygulamaları

Nanotıp, balık sağlığını iyileştirmek için farklı nanopartikül formlarının doğal özelliklerini kullanma konusunda iyi bir fırsata sahip, hızla büyüyen bir nanoteknoloji alanıdır (Sarkar ve ark., 2022).

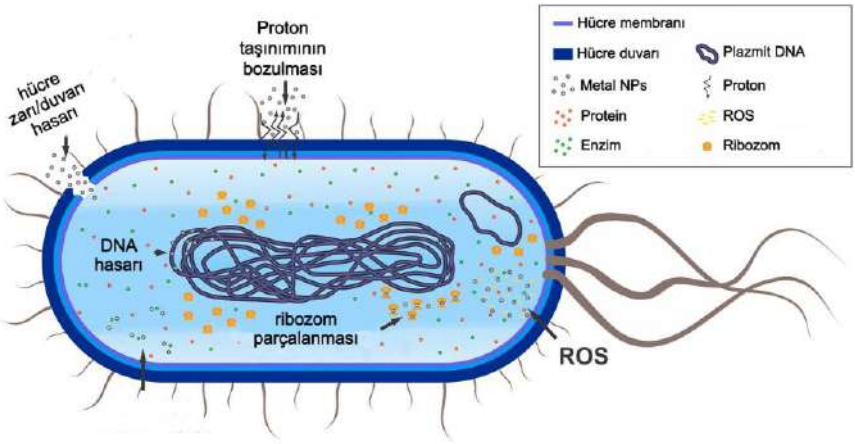
Su ürünleri yetiştiriciliğinde nanopartikül uygulamaları, yetiştiriciliğe alınan türlerin kalitesinin arttırılmasında ve hastalıklarla mücadele edilmesinde önemli rol oynamaktadır. Ag-NP'ler, Au NP’ler, ZnO-NP'ler, Fe-NP'ler, FeO-NP'ler, Se-NP'ler gibi inorganik NP'ler direk ve indirek uygulamalarıyla bu alanda çalışılan önemli nanopartikül türleri olmuştur (Vijayaram ve ark., 2022; Okeke ve ark., 2022; Shaalan ve ark., 2016).

Nanopartiküllerin alternatif antimikrobiyal olarak kullanılması, su ürünleri yetiştiriciliğinde antibiyotiklere karş mikrobiyal direncin ortaya çıkmasına bir çözüm olarak önerilmiştir (Swain ve ark. 2014; Shaalan ve ark., 2016). Çeşitli metal nanopartiküller, mikrobiyal hücre zarına/hücre duvarına zarar vermek, protein taşınmasını bozmak, hayati enzimleri etkisiz hale getirmek gibi farklı mekanizmalar yoluyla bakteriyel, fungal ve viral patojenlere karşı umut verici antimikrobiyal etkiler göstermiştir (Galdiero ve ark., 2011; Nasrollahi ve ark., 2011; Seil ve Webster, 2012; Sánchez-Lopez ve ark., 2020; Nasr-Eldahan ve ark. 2021).

Metal Nanopartiküllerin Etki Mekanizması

Bakterilerin metal nanopartiküllerle temas halindeki davranışlarını açıklayan spesifik özellikleri vardır. Bakterilerde antimikrobiyal bileşiklerin neden olduğu ana toksikolojik etki, hücre yüzeyi ile doğrudan temas yoluyla meydana geldiğinden, öncelikle Gram-pozitif ve Gram-negatif bakterilerin hücre duvarı arasındaki farklılıkları anlamak önemlidir (Wang ve ark., 2017). Hem Gram pozitif hem de Gram negatif bakteriler negatif yüklü bir yüzeye sahiptir (Slavin ve ark., 2017). Gram pozitif bakteriler, birbirini çapraz bağlayan 3 ila 5 amino asitlik bir dizi ile birbirine bağlanan N-asetilglukozamin (NAG) ve N-asetilmuramik asit (NAM) kalıntılarının dönüşümlü doğrusal zincirlerinden oluşan kalın bir peptidoglikan tabakasına sahiptir. Buna ek olarak, negatif yüklü teikoik asitler Gram-pozitif bakterilerin çoğunun hücre duvarından yüzeyine kadar uzanmaktadır. Gram negatif bakteriler ise ince peptidoglikan tabakasına ek olarak, hücre duvarının negatif yüzey yükünün artmasına katkıda bulunan, lipopolisakkarit (LPS) ve fosfolipidlerden oluşan bir dış membrana sahiptir (Bruslind, 2017). Negatif yüklü bakteri hücre duvarları, elektrostatik etkileşimler nedeniyle pozitif yüklü nanopartikülleri yüzeylerine çeker. Öte yandan pozitif yüklü metal bazlı nanopartiküller, membranlarla güçlü bir bağ kurarak hücre duvarlarının bozulmasına ve dolayısıyla geçirgenliklerinin artmasına neden olur. Ayrıca, nanopartiküller hücre dışı alandan hücreye girebilen ve biyolojik süreçleri bozabilen metal iyonlarını da serbest bırakabilmektedir (Stensberg ve ark., 2011). Hücrenin içinde metal iyonları veya nanopartiküller reaktif oksijen türlerinin (ROS) üretimini artırabilir ve oluşan oksidatif stres, glutatyonun oksidasyonuna yol açarak bakterilerin ROS'a karşı antioksidan savunma mekanizmasını baskılar (Kilercioğlu ve ark., 2023). Daha sonra hücresel yapılarla (örn. proteinler, membranlar, DNA) etkileşime girerek hücre fonksiyonlarına zarar verir (Stensberg ve ark., 2011). Metal iyonları, organik bileşiklerde ve biyomoleküllerde bol miktarda bulunan N, O veya S atomlarıyla güçlü koordinasyon bağları oluşturabilir. Metal iyonları ve biyomoleküller arasındaki bağ genellikle spesifik olmadığından, metal bazlı nanopartiküller genellikle geniş spektrumlu bir aktivite sergiler (Yuan ve ark., 2018).

Mikrobiyal dezenfeksiyon, hastalık tedavisi ve önleme amacıyla metal nanopartiküllerin (NP'ler) bakterilerin üzerindeki etkilerinin; hem hücre zarına hem de hücre duvarına bağlanabileceği ve yapısını bozabileceği, iyonlarla ve iyon kanallarıyla birleşerek iyon taşınımını etkileyebileceği, DNA'nın çift sarmallı yapısında kırılmalara neden olabileceği ayrıca proteinlere, lipitlere ve DNA'ya zarar verebilecek reaktif oksijen türlerinin (ROS) miktarını artırarak daha yüksek bir oksidatif stres durumunu tetikleyebileceği Fajardo ve ark., 2022 tarafından da bildirilmiştir (Şekil 2)



Şekil 2. Metal nanopartiküllerin bakterilerin farklı elementleri üzerindeki etkileri (Fajardo ve ark., 2022)

Antimikrobiyal fonksiyonlara sahip bazı NP'ler aşağıda başlıklar altında sunulmuştur.

Gümüş Nanopartiküller (Ag-NP)

Gümüş bileşikleri eski çağlardan beri yara ve yanıkların tedavisinde kullanılmaktadır. Gümüşün antimikrobiyal özelliği, gümüş miktarı ve açığa çıkan gümüş oranı ile ilişkilidir (Kostenko ve ark., 2010). Diğer nanopartiküllerle karşılaştırıldığında AgNP'lerin, mikroorganizmalarla daha iyi temas sağlayan son derece geniş yüzey alanına sahip düşük düzeyde gümüş iyonlarını sürekli serbest bırakmaları nedeniyle etkili antimikrobiyal özellik sergilediği bildirilmiştir (Faedmalekia ve ark., 2014). Gümüş nanopartiküller üzerinde en çok çalışılan nanoantibakteriyel ajandır. Genellikle tek bir mekanizma yoluyla etki gösteren antibiyotiklerin aksine (Antony ve ark. 2013), Ag-NP'ler hastalığa neden olan bakterilere karşı birden fazla mekanizma yoluyla etki ederek bakteriyel direncin üstesinden gelmelerini sağlar (Knetsch ve Koole, 2011). Araştırmacılar, nanopartiküllerin bakteriyel hücrelerin morfolojisi ve yapısındaki değişikliklerle ilişkili

olabilecek çeşitli olası mekanizmalar olabileceği hipotezinde bulunmuşlardır. Nanopartiküllerin küçük boyutu, bakteri hücresi ile daha fazla etkileşimin yanı sıra daha kolay nüfuz etmesine olanak tanır (Rai ve ark. 2009). AgNP'lerin, nanopartikülün pozitif yüzey yükünün hücre zarının negatif yüküne elektrostatik olarak bağlandığı ve nanopartikül membran yapışmasını teşvik ettiği elektrostatik yükler yoluyla hücre zarına bağlandığı düşünülmektedir. Nanopartiküller, bakteri hücre zarı proteinine bağlanan, geçirgenlik de dâhil olmak üzere hücre zarının yapısında değişiklikleri tetikleyen ve hücre ölümüne yol açan Ag+ iyonlarının salınmasını sağlayabileceği (Sondi ve Salopek-Sondi 2004), ayrıca hücre içi sitokrom ve nükleonik asitlere bağlanarak hücre hasarına neden olabileceği ve hücre bölünmesini engelleyebileceği bildirilmiştir (Alavi, 2022). Ag nanopartiküllerin canlı organizmalar veya bunların metabolitleri tarafından biyosentezi, kimyasal veya fiziksel yöntemlere kıyasla daha fazla ilgi görmüştür (Alavi, 2022). AgNP'ler mikroorganizmalarla biyosentez yapılması sonucunda antifungal, antiviral, antiinflamatuar, antianjiyogenik ve antikanser ajanlar olarak kullanılabileceği bildirilmiştir (Zhang ve ark. 2016). Ayrıca insanlarda, balıklarda ve diğer hayvanlarda yüksek dirençli bakterilerin neden olduğu enfeksiyonların tedavisinde antibiyotiklerde alternatif antimikrobiyal ajanlar olarak kullanılmaktadır (Akram ve ark. 2006). Bu nedenle, çevre dostu mikroorganizmalar tarafından sentezlenen nanopartiküllerin antibakteriyel özellikleri, su ürünleri yetiştiriciliğinde bakteriyel balık hastalıklarına karşı kullanılmaktadır (Raut ve ark. 2009). Balık hastalıkları ile mücadelede nanopartiküllere olan talebin artması nedeniyle, farklı mikroorganizmalardan nanopartiküllerin sentezine yönelik çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Ag-NP'ler (Nanocid), *Streptococcus iniae, Lactococcus garvieae , Yersinia ruckeri* ve *Aeromonas Hydrophila* gibi Gram-pozitif ve Gram-negatif balık patojenlerini inhibe etme açısından test edilmiş ve 90 dakikalık maruz kalmanın *Yersinia ruckeri* ve *Aeromonas hydrophila'ya* karşı güçlü aktivite için yeterli olduğu sonucuna varılmıştır (Soltani ve ark., 2009). Ag-NP'lerin, Japon balığı ve diğer süs balığı türlerinde beyaz benek hastalığına (*Ichthyophthirius multifilis)* ve epizootik ülseratif sendromuna (*Aphanomyces invadans)* neden olan protozoan ve mantar enfeksiyonların tedavisinde kullanıldığı bildirilmiştir (Daniel ve rak., 2016). Mangrov bitkisinin (*R. mucronata*) yaprak tomurcuğu ekstraktı kullanılarak biyosentezlenen AgNP'lerin sentetik antibiyotiklere eşit derecede etkili bulunduğu, AgNP konsantrasyonu arttığında inhibisyon bölgesinin boyutunda artış olduğu ve *Pseudomonas fluorescens, Flavobacterium spp.* ve *Proteus spp*. patojenlerine karşı antimikrobiyal etki gösterdiği bildirilmiştir (Umashankari ve ark., 2012).

Yapılan diğer çalışmalarda gümüş nanopartiküllerin, *Aeromonas hydrophila, Aeromonas salmonicida, Flavobacterium sp., Proteus sp., Pseudomonas fluorescens, Vibrio harveyi* ve *Y. ruckeri* gibi farklı balık patojenlerine karşı *in vitro* antibakteriyel aktivite göstermiştir (Shaalan ve

diğerleri, 2016). Ag NP'nin Gökkuşağı alabalığında (*Rainbow trout*) *Aeromonas salmonicida subsp salmonicida'*ya karşı *in vivo* antibakteriyel aktivitesinin değerlendirildiği çalışmada, gümüş nanopartiküllerle tek seferlik daldırmanın (3 saat boyunca 100 µg/mL) veya intraperitoneal enjeksiyonunun (17 µg/mL) alabalıklarda *Aeromonas salmonicida subsp. salmonicida'*ya karşı etkili olduğu sonucuna varılmıştır (Shaalan ve ark., 2018). Gümüş nanopartikül ilave diyet ile beslenen Rohu (*Labeo rohita*) balıklarında 15 µg/kg veya daha az bir dozda AgNP içeren diyet uygulamasının, bağışıklık sistemini ve antioksidan kapasitesini güçlendirdiği, bunun üzerindeki herhangi bir doz uygulamasının balıklar için potansiyel olarak zararlı olacağı bulgusuna varılmıştır (Popoola ve ark., 2023).

Çinko ve Çinko oksit Nanopartiküller (Zn ve Zn-O NP)

Çinko, birçok canlı organizmada olduğu gibi balıkların metabolik süreçlerinde, protein sentezinde ve enerji tüketiminde kritik rol oynayan bir mikroelementtir (18). Ayrıca çinko, bağışıklık sistemi, antioksidan durumu ve antibakteriyel aktivite gibi önemli işlevleri de desteklemektedir. Özellikle bazı balık türleri üzerinde (*Oncorhynchus kisutch; Clarias gariepinus; Cirrhinus mrigala*), çinko takviyesinin vücut ağırlığında ve büyüme hızında artışa neden olduğu, bağışıklık sistemi üzerinde olumlu etkileri bulunduğu bildirilmiştir (Yu ve rak., 2021; Mahboub ve rak., 2020; Rajan ve Rohini, 2021). Ancak çinko takviyesinin etkisinin doza bağlı olduğu ve yüksek düzeyde çinko takviyesinin balıklar için zararlı olabileceği de bildirilmiştir. Bu nedenle, en uygun çinko dozunun belirlenmesi önemlidir (Swain ve ark., 2016).

ZnO nanopartikülleri (ZnO NP'ler), çeşitli patojenlere karşı önemli antibakteriyel özellikler sergileyen en popüler metal oksit nanopartiküllerinden biridir. ZnO-NP'ler balıklar da dâhil olmak üzere hayvanların fizyolojik gelişimi için gerekli olan eser element çinkonun (Pati ve Mondal, 2019) kaynağı olarak da değerlendirilmektedir. Su ürünleri yetiştiriciliğinde bağışıklığı teşvik etmek amacıyla yem katkı maddesi olarak geleneksel çinko kaynaklarına alternatif olarak ZnO-NP'lerin uygulanmasına ilişkin çalışmalar bulunmaktadır (Anjugam ve ark., 2018; Awad ve ark., 2019). Nano boyutları ve yüksek spesifik yüzey alanları nedeniyle ZnO-NP'ler, geleneksel ZnO'ya göre daha yüksek biyoyararlanım, moleküler dağılım ve antibakteriyel özellikler gibi çeşitli avantajlara sahiptir (Swain ve ark., 2016). ZnO NP'nin antibakteriyel etkisi konsantrasyona bağlıdır. Çinko oksit nanopartikülleri proteinleri etkisiz hale getirerek membran geçirgenliğini azalttığı ve sonuçta hücresel ölüme neden olduğu, ayrıca bakteri hücresinin içine nüfuz edebildiği ve DNA gibi fosfor ve kükürt içeren bileşiklerle etkileşime girerek hücre hasarına neden olabildiği bildirilmiştir (Swain ve ark., 2016).

Altın Nanopartiküller (Au-NP)

Altın nanopartikülleri (AuNP'ler), benzersiz boyut, şekil ve bileşime bağlı optik, fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı çeşitli biyolojik uygulamalar için uygundur (Saleh ve ark., 2015). Ökaryot hücreler üzerinde düşük toksisite göstermesi, günümüzde gümüş nanaopartiküllerin antimikrobiyal etkileri üzerinde yapılan çalışmalara ilgiyi arttırmıştır. Su ürünleri yetiştiriciliğinde, altın nanopartikülleri etkili antibakteriyel maddeler olma ve mikrobiyal enfeksiyonun neden olduğu ölümleri azaltma potansiyeline sahiptir (Okeke ve ark., 2022). Deniz yosunu (*H. dilatata)*'nun sulu ekstraktlarından sentezlenen Au NP'lerin antioksidan, sitotoksik ve antibakteriyel aktivitesinin araştırıldığı çalışmada *Aeromonas hydrophila* patojenine karşı antimikrobiyal etki gösterdiği bildirilmiştir (Vinosha ve ark., 2019). Karideste yem takviyesi yoluyla Au NP (~18 nm) uygulanmasının, 0,2 ile 20 µg/g aralığındaki dozlarda uygulandığında ne toksisite belirtileri ne de histolojik hasar gösterdiği, 2 µg/g AuNP dozunun, bağışıklık parametreleri üzerinde olumlu etkileri olduğu ve *V. parahaemolyticus* ile deneysel enfeksiyona karşı koruma sağladığı bildirilmiştir (Tello-Olea ve ark., 2019).

KAYNAKLAR

Alavi, M. (2022). Bacteria and fungi as major bio-sources to fabricate silver nanoparticles with antibacterial activities. Expert Review of Anti-infective Therapy, 20(6), 897-906.

Akram FE, El-Tayeb T, Abou-Aisha K, El-Aziz A (2016) A combination of silver nanoparticles and visible blue light enhances the antibacterial efficacy of ineffective antibiotics against methicillin-resistant Staphylococcus aureus (MRSA). Ann Clin Microbiol Antimicrob 15(48):1–13.

Antony JJ, Nivedheetha M, Siva D et al (2013) Antimicrobial activity of Leucas aspera engineered silver nanoparticles against *Aeromonas hydrophila* in infected *Catla catla*. Colloids Surfaces B Biointerfaces 109:20–24.

Anjugam, M., Vaseeharan, B., Iswarya, A., Gobi, N., Divya, M., Thangaraj, M. P. & Elumalai, P. (2018). Effect of β-1, 3 glucan binding protein based zinc oxide nanoparticles supplemented diet on immune response and disease resistance in *Oreochromis mossambicus* against *Aeromonas hydrophila*. Fish and Shellfish Immunology, 76, 247-259.

Awad, A., Zaglool, A. W., Ahmed, S. A. & Khalil, S. R. (2019). Transcriptomic profile change, immunological response and disease resistance of Oreochromis niloticus fed with conventional and Nano-Zinc oxide dietary supplements. Fish and Shellfish Immunology, 93, 336-343.

Bruslind, L. Bacteria: Internal components. In Microbiology; Open Oregon Stat: Corvallis, OR, USA, 2017.

Cabello, F. C., Godfrey, H. P., Tomova, A., Ivanova, L., Dölz, H., Millanao, A., & Buschmann,A. H. (2013). Antimicrobial use in aquaculture re-examined: Its relevance to antimicrobial resistance and to animal and human health. Environmental Microbiology, 15(7), 1917–1942.

Daniel S, Sironmani TA, Dinakaran S. Nano formulations as curative and protective agent for fish diseases: studies on red spot and white spot diseases of ornamental gold fish *Carassius auratus*. Int J Fish Aquat Stud. 2016;4: 25-261.

Ealia SAM, Saravanakumar MP. A review on the classification, characterisation, synthesis of nanoparticles and their application. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol 263. IOP Publishing; 2017:32019.

Fajardo, C., Martinez-Rodriguez, G., Blasco, J., Mancera, J. M., Thomas, B., & De Donato, M. (2022). Nanotechnology in aquaculture: Applications, perspectives and regulatory challenges. Aquaculture and Fisheries, *7*(2), 185-200.

Faedmalekia F., Shirazi F.H., Salarian A.A., Ashtiani H.A. & Rastegar H. (2014) Toxicity effect of silver nanoparticles on mice liver primary

cell culture and HepG2 cell line. Iranian Journal of Pharmaceutical Research 13, 235–242.

Galdiero S, Falanga A, Vitiello M, Cantisani M, Marra V, Galdiero M (2011) Silver nanoparticles as potential antiviral agents. Molecules 16(10):8894–8918.

Gürmen, S., Ebin, B., & İtü, M. (2008). Nanopartiküller ve üretim yöntemleri-1. Metalurji Dergisi, 150, 31-38.

Gour A, Jain NK. Advances in green synthesis of nanoparticles. Artif Cells Nanomed Biotechnol. 2019;47(1):844–851.

Hakan, ATEŞ., & Bahçeci, E. (2015). Nano malzemeler için üretim yöntemleri. Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology, *3*(2), 483-499.

Knetsch MLW, Koole LH (2011) New strategies in the development of antimicrobial coatings: the example of increasing usage of silver and silver nanoparticles. Polym 3: 340–366.

Kostenko V., Lyczak J., Katherine T. & John M.R. (2010) Impact of silver-containing wound dressings on bacterial biofilm viability and susceptibility to antibiotics during prolonged treatment. Antimicrobial Agents and Chemotherapy 54, 5120–5131.

Kilercioglu, S., Atli, G., Evliyaoglu, E., Buyukdeveci, M. E., Aydın, F., Sangun, L., ... & Ozdes, A. (2023). The effects of 100 nm pure boron nanoparticles on the primary antioxidant system of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Chemosphere, 339, 139727.

Mahboub HH, Shahin K, Zaglool AW, Roushdy EM, Ahmed SAA. Efficacy of nano zinc oxide dietary supplements on growth performance, immunomodulation and disease resistance of African catfish *Clarias gariepinus*. Dis Aquat Organ. 2020; 142:147-160.

Márquez, J. C. M., Partida, A. H., del Carmen, M., Dosta, M., Mejía, J. C., & Martínez, J. A. B. (2018). Silver nanoparticles applications (AgNPS) in aquaculture. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies, 6(2), 5-11.

Nasr-Eldahan S, Nabil-Adam A, Shreadah MA et al (2021) A review article on nanotechnology in aquaculture sustainability as a novel tool in fish disease control. Aquac Int 29: 1459–1480.

Nasrollahi A, Pourshamsian K, Mansourkiaee P (2011) Antifungal activity of silver nanoparticles on some of fungi. Int J Nano Dim 1(3): 233–239.

Nithya K, Kalyanasundharam S. Effect of chemically synthesis compared to biosynthesized ZnO nanoparticles using aqueous extract of *C. halicacabum* and their antibacterial activity. Open Nano. 2019;4: 100024–100036.

Okeke, E. S., Chukwudozie, K. I., Nyaruaba, R., Ita, R. E., Oladipo, A., Ejeromedoghene, O., ... & Okoye, C. O. (2022). Antibiotic resistance in aquaculture and aquatic organisms: a review of current

nanotechnology applications for sustainable management. Environmental Science and Pollution Research, 29(46), 69241-69274.

Pati, P. & Mondal, K. (2019). A review on the dietary requirements of trace minerals in freshwater fish. Journal of Environment and Sociobiology, 16(2), 171-206.

Popoola, O. M., Behera, B. K., & Kumar, V. (2023). Dietary silver nanoparticles as immunostimulant on rohu (*Labeo rohita*): Effects on the growth, cellular ultrastructure, immune-gene expression, and survival against *Aeromonas hydrophila*. Fish and Shellfish Immunology Reports, 4, 100080.

Rai M, Yadav A, Gade A (2009) Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials. Biotechnol Adv 27: 76–83.

Rauscher H, Roebben G, Mech A,.. An Overview of Concepts and Terms Used in the European Commission's Definition of Nanomaterial. Publ Off Eur Union; 2019.

Rajan MR, Rohini R. Impact of different quantity of zinc oxide nanoparticles on growth and hematology of Mrigal *Cirrhinus mrigala*. J Water Environ Nanotechnol. 2021;6(1):62-71.

Saleh, M., Soliman, H., & El-Matbouli, M. (2015). Gold nanoparticles as a potential tool for diagnosis of fish diseases. Veterinary infection biology: Molecular diagnostics and high-throughput strategies, 245-252.

Sánchez-Lopez E, Gomes D, Esteruelas G, et al. Metal-based nanoparticles as antimicrobial agents: an overview. Nanomaterials. 2020; 10(2):292.

Sarkar, B., Mahanty, A., Gupta, S. K., Choudhury, A. R., Daware, A., & Bhattacharjee, S. (2022). Nanotechnology: A next-generation tool for sustainable aquaculture. *Aquaculture*, *546*, 737330.

Seil JT, Webster TJ (2012) Antimicrobial applications of nanotechnology: methods and literature. Int J Nanomed 7: 2767–2781.

Shaalan, M., Saleh, M., El-Mahdy, M., & El-Matbouli, M. (2016). Recent progress in applications of nanoparticles in fish medicine: A review. Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine, 12(3), 701–710.

Shaalan, M., El-Mahdy, M., Theiner, S., Dinhopl, N., El-Matbouli, M., & Saleh, M. (2018). Silver nanoparticles: Their role as antibacterial agent against *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida* in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Research in Veterinary Science*, *119*, 196–204.

Shaalan, M., Sellyei, B., El-Matbouli, M., & Székely, C. (2020). Efficacy of silver nanoparticles to control flavobacteriosis caused by *Flavobacterium johnsoniae* in common carp *Cyprinus carpio*. *Diseases of Aquatic Organisms*, *137*(3), 175–183.

Shah M ve Yoon SC (2017) Bacterial polyester nanoparticles for drug delivery. Nanostructures Oral Med 1–25.

Slavin, Y.N.; Asnis, J.; Häfeli, U.O.; Bach, H. Metal nanoparticles: Understanding the mechanisms behind antibacterial activity. J. Nanobiotechnol. 2017, 15, 1–20.

Swain, P., Nayak, S. K., Sasmal, A., Behera, T., Barik, S. K., Swain, S. K., ... & Jayasankar, P. (2014). Antimicrobial activity of metal based nanoparticles against microbes associated with diseases in aquaculture. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 30, 2491-2502.

Stensberg, M.C.; Wei, Q.; McLamore, E.S.; Porterfield, D.M.; Wei, A.; Sepúlveda, M.S. Toxicological studies on si Sepúlveda, Toxicological studies on silver nanoparticles: Challenges and opportunities in assessment, monitoring and imaging. Nanomedicine 2011, 6, 879–898.

Sondi I, Salopek-Sondi B (2004) Silver nanoparticles as antimicrobial agent: a case study on *E. coli* as a model for Gram-negative bacteria. J Colloid Interface Sci 275:177–182.

Soltanı, M., Ghodratnema, M., Ahari, H., Ebrahımzadeh, M. H., Atei, M., Dastmalchi, F . R. N. J., & Rahmanıa, J. (2009). The inhibitory effect of silver nanoparticles on the bacterial fish pathogens, *Streptococcus iniae, Lactococcus garvieae, Yersinia ruckeri* and *Aeromonas hydrophila* Int.J.Vet.Res. 3,2:137-142.

Swain, P. S., Rao, S. B., Rajendran, D., Dominic, G. & Selvaraju, S. (2016). Nano zinc, an alternative to conventional zinc as animal feed supplement: A review. Animal Nutrition, 2(3), 134-141.

Tello-Olea, M., Rosales-Mendoza, S., Campa-Córdova, A. I., Palestino, G., Luna-González, A., Reyes-Becerril, M., ... & Angulo, C. (2019). Gold nanoparticles (AuNP) exert immunostimulatory and protective effects in shrimp (*Litopenaeus vannamei*) against *Vibrio parahaemolyticus*. Fish & shellfish immunology, 84, 756-767.

Umashankari, J., Inbakandan, D., Ajithkumar, T. T., & Balasubramanian, T. (2012). Mangrove plant, *Rhizophora mucronata* (Lamk, 1804) mediated one pot green synthesis of silver nanoparticles and its antibacterial activity against aquatic pathogens. Aquatic biosystems, 8(1), 1-7.

Vinosha, M., Palanisamy, S., Muthukrishnan, R., Selvam, S., Kannapiran, E., You, S., & Prabhu, N. M. (2019). Biogenic synthesis of gold nanoparticles from *Halymenia dilatata* for pharmaceutical applications: Antioxidant, anti-cancer and antibacterial activities. Process Biochemistry, 85, 219-229.

Wang, L.; Hu, C.; Shao, L. The antimicrobial activity of nanoparticles: Present situation and prospects for the future. Int. J. Nanomed. 2017, 12, 1227–1249.

Yuan, P.; Ding, X.; Yang, Y.Y.; Xu, Q.H. Metal Nanoparticles for Diagnosis and Therapy of Bacterial Infection. Adv. Healthc. Mater. 2018, 7, 1–17.

Yu HR, Li LY, Shan LL, Gao J, Ma CY, Li X. Effect of supplemental dietary zinc on the growth, body composition and anti-oxidant enzymes of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) alevins. Aquac Rep. 2021; 20:100744.

Zhang XF, Liu ZG, Shen W, Gurunathan S (2016) Silver nanoparticles: synthesis, characterization, properties, applications, and therapeutic approaches. Int J Mol Sci 17(9):1–34.

BÖLÜM 6

Makroalg Yetiştiriciliği ve Kullanım Alanları

Mehmet Bedrettin DUMAN[1]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10123081

[1] Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Yetiştiricilik Anabilim Dalı, Adana, Türkiye duman40mehmet@gmail.com http://orcid.org/0000-0002-5212-4502

GİRİŞ

Sektörlerin tamamında kullanılmakta olan, insanlar ve hayvanlar tarafından gıda olarak tüketilen ve karasal tarım faaliyetleri ile üretilmekte olan (buğday, mısır, soya v.b.) ürünler birinci nesil hammaddeler olarak adlandırılmaktadır. Gıda olarak tüketilmeyen, tarım, orman ve hayvancılık gibi sektörlerin artıkları ve birinci nesil hammaddelerin yan ürünleri (küspe, mezbahane artıkları v.b.) ikinci nesil hammadde olarak adlandırılmaktadır. Hem birinci hem de ikinci nesil hammaddeler, gıda üretimine yönelik arazilerde ekim yapılmasını gerektirir ve bu nedenle gezegenimizin sınırlı kaynaklarının tükenmesi tehlikesi oluşturmaktadır. Geleneksel olmayan hammaddeler üçüncü nesil olarak sınıflandırılmakta ve elde edilmesinde ekilebilir arazi kullanılmamakta ve makro algler/makro alg bu kategoride değerlendirilmektedir (Coppola ve ark., 2021). Mavi bir biyokütle olarak makro alg, tatlı su veya arazi kullanımına bağlı değildir ve başka türlü gıda sisteminde kullanılabilecek materyalleri kullanmaz. Makro alg, birinci nesil hammaddelere göre daha hızlı büyüme gösterir, daha az yer kaplar ve gübre ilavesi gerektirmez. Karasal alanlarda hektar başına 2,3 ton soya ve 5,1 ton mısıra kıyasla, kıyıya yakın denizel alanlarda hektar başına yaklaşık 26 ton makro alg (kuru ağırlık) yetiştirmek mümkündür (Bellona, 2017). Bu özellikleri nedeniyle, gelecekte makro alglerin birçok durumda birinci veya ikinci nesil hammaddelere tercih edilmesi beklenmektedir.

MAKRO ALG ÇEŞİTLERİ VE ÜRETİM MİKTARLARI

Makro algler genellikler renklerine göre; kahverengi, kırmızı ve yeşil makro algler olmak üzere üç geniş grupta değerlendirilmektedir. Botanikçiler bu geniş grupları sırasıyla Phaeophyceae, Rhodophyceae ve Chlorophyceae olarak adlandırmaktadır. Kahverengi makro algler genellikle büyüktür ve genellikle 20 m uzunluğundaki dev yosundan, 2-4 m uzunluğundaki kalın, deri benzeri makro algler ve 30-60 cm uzunluğundaki daha küçük türlere kadar çeşitlilik gösterir. Kırmızı makro algler genellikle daha küçüktür, genellikle birkaç santimetreden yaklaşık bir metre uzunluğa kadar değişim gösterirler. Yeşil makro algler küçüktür ve kırmızı makro alglere benzer bir boyut aralığına sahiptir.

Kırmızı Makro algler

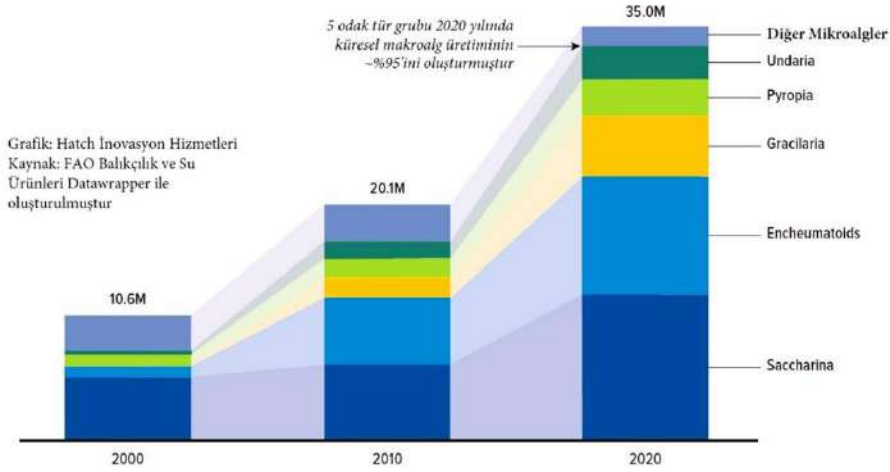
Kırmızı makro algler gıda olarak kullanılmalarının yanında agar ve karragenan kaynağı olarak da kullanılmaktadır. Kırmızı makro algler Kanada ve Güney Şili gibi soğuk denizlerden, Fas ve Portekiz kıyıları gibi daha ılıman denizlere ve Endonezya ve Filipinler gibi tropikal bölgelerde olmak üzere dünyanın hemen her bölgesinde dağılım göstermektedir. 2019 yılında kırmızı makro algler, tonaj bakımından dünya makro alg yetiştiriciliğinin %52,6'sını, değer bakımından ise %47,6'sını oluşturmuştur. Kırmızı makro alg yetiştiriciliği iki sıcak su cinsi (Kappaphycus/Eucheuma ve Gracilaria) ve bir soğuk su cinsi (Porphyra, nori) üzerinde yoğunlaşmıştır.

Kahverengi Makro algler

Kahverengi makro algler hem Kuzey hem de Güney Yarımküre'deki soğuk sularda yetişir ve 20°C'ye kadar olan sularda en iyi şekilde gelişim gösterirler. Kahverengi makro alglernın başlıca kullanım alanları gıda olarak ve hidrokolloid olan aljinatın çıkarılması için hammadde olarak kullanılmaktadır Ayrıca aljinat, hayvan yemleri, biyostimülanlar, farmasötik veya nutrasötik ürünler ve kompostlanabilir biyo-paketleme üretmek için hammadde olarak da kullanılmaktadır (McHugh, 2003; FAO, 2018). 2019 yılında kahverengi makro algler, dünya makro alg yetiştiriciliğinin tonaj bakımından %47,3'ünü, değer bakımından ise %52'sini oluşturmuştur. Kahverengi makro alg yetiştiriciliği Laminaria/Saccharina (kelp) ve Undaria (wakame) olmak üzere iki soğuk su cinsi üzerinde yoğunlaşmıştır.

Yeşil Makro algler

Yeşil makro algler yetiştiriciliği en az yapılan makro alg çeşididir. Kahverengi makro algler (3 kat) ve kırmızı makro algler (15 kat) yetiştiriciliğinde 1992 ve 2019 yılları arasında yaşanan hızlı büyümenin aksine, 2019 yılında dünyada 16.696 ton yeşil makro alg yetiştiriciliği yapılmış ve bu değer 1992 yılındaki en yüksek seviyenin yarısından daha az bir değere denk gelmektedir (FAO, 2021).



Şekil 1: Dünya makro alg üretim miktarları (FAO 2021)

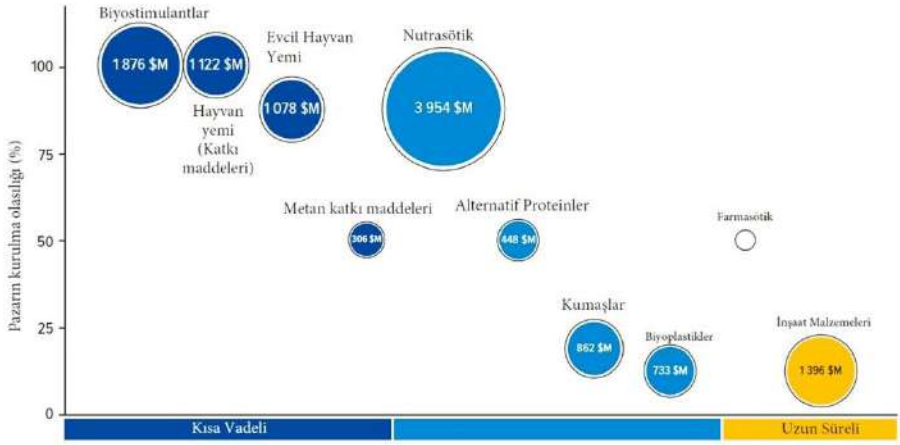
Yetiştirme yöntemleri

Makro alg kültürü için en önemli unsurlardan bir tanesi üretim döngüsünü sağlayabilmektir. Bunun için üretim için seçilecek türün üreme yöntemleri hakkında gerekli bilginin elde edilmesi gerekmektedir. Kültürü yapılmakta olan türlerden bazıları vejetatif olarak yetiştirilebilirken, bazı türlerde sporla üreme görülmektedir. Vejetatif üreme ile çoğalan türlerde, küçük makro alg parçaları alınır ve büyümelerini sürdürebilecekleri bir ortama yerleştirilir. Uygun bir boyuta ulaştıklarında ya tüm bitkinin çıkarılması ya da büyük bir kısmının çıkarılıp tekrar büyüyecek küçük bir parçanın bırakılması yoluyla hasat edilirler. Tüm bitki çıkarıldığında, küçük parçalar halinde kesilir ve bu parçalar daha sonraki yetiştiricilik dönemi için fide görevi görür. Bu fidelerin yetiştiricilik ortamına sabitlenmesi için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Fideler ahşap kazıklar arasında suda asılı duran uzun iplere bağlanabilir veya sal üzerindeki iplere bağlanabilir; bazen ipler yerine ağ kullanılır, bazı durumlarda fideler havuzun dibine yerleştirilir ve herhangi bir şekilde sabitlenmez; daha açık sularda, fide bir çubuk yardımıyla çamur tabakasının içerisine ekilir ya da kum dolu plastik tüplere bağlanarak kumlu zemine sabitlenir.

Sporla üreyen türlerde üreme döngüsünü kontrol edebilmek için yetiştiricilik sistemleri gerekmektedir. Laminaria türleri buna iyi bir örnektir; yaşam döngüleri büyük bir sporofit ve mikroskobik bir gametofit arasında

değişim gösterir. Sporofit, makro alg olarak hasat edilen yapıdır ve yeni bir sporofit yetiştirmek için gametofitleri içeren bir aşamadan geçmek gerekir. Olgun sporofit, çimlenen ve mikroskobik gametofitlere dönüşen sporları serbest bırakır. Gametofitler doğurgan hale gelir, embriyonik sporofitleri oluşturmak için birleşen sperm ve yumurtaları serbest bırakır. Bunlar yavaş yavaş gelişerek hasat ettiğimiz büyük sporofitlere dönüşür. Bu tür yetiştiricilikte meydana gelen temel zorluklar, spordan gametofite ve embriyonik sporofite geçiş dönemlerinde yaşanmaktadır. Bu geçişler genellikle tüm değişkenlerin kontrol altında tutulduğu entansif sistemlerde gerçekleştirilir. Elde edilen embriyonik sporofitlerin tutunması için ortama halatlar yerleştirilir ve embriyonik sporofitler halatlar yoluyla denizlerde yetiştiriciliklerinin yapılacağı uzun halat veya sal sistemlerine taşınırlar ve bu sistemlerde hasat olgunluğuna ulaşana dek gelişimlerini sürdürürler.

Çok çeşitli kullanım alanlarına sahip olan makro alglerin dünya çapında kullanımı her geçen gün artmakta ve yapılan araştırmalar sonucunda yeni kullanım alanları keşfedilmektedir (Şekil 2).



Şekil 2: Kullanım alanlarına göre makro alglerin piyasa değerleri (kısa, orta, uzun vadeli) (Anonim 2023)

İnsan Gıdası Olarak Kullanımı

İnsanların makro alg tüketimi yüzyıllar öncesine dayanmaktadır ve yaklaşık 700 yenilebilir makro alg türü (yaklaşık 195 kahverengi, 345 kırmızı ve 125 yeşil) belgelenmiştir (Pereira, 2016). Bununla birlikte birçok ülkedeki

kıyı topluluklarının makro alg tüketimi konusunda kültürel gelenekleri bulunmaktadır. Laminaria/Saccharina, Porphyra ve Undaria Doğu Asya'da yaygın gıdalar haline gelmiştir ve diğerlerinin yanı sıra çorba malzemeleri, salatalar, suşi dürümleri ve atıştırmalıklar olarak yaygın ve sık bir şekilde tüketilmektedir. Asya mutfağının bir parçası olarak diğer ülkelerde de tanıtılmış ve küresel ölçekte popülerlik kazanmışlardır. Birçok makro alg, uygun şekilde hazırlanıp yenildiğinde lezzetli yiyecekler olabilir ve modern mutfak ve beslenme alışkanlıklarına uyarlanabilir veya entegre edilebilir (Rhatigan, 2009; Mouritsen, 2013; Tinellis, 2014; Pérez Lloréns ve ark., 2018).

Genellikle diyet lifleri, mikro besinler ve biyoaktif bileşikler açısından zengin besleyici sucul gıdalar olan (Holdt ve Kraan, 2011) makro algler, özellikle düşük karbonhidratlı veya bitki bazlı diyetleri tercih eden kişiler tarafından tercih edilen sağlıklı, düşük kalorili gıdalar olarak kabul edilmektedir (Shannon ve Abu-Ghannam, 2019).

Gıda Takviyesi Olarak Kullanımı

Doğrudan insan tüketimine ek olarak, makro algler gıda katkı maddeleri veya gıda takviyeleri olarak da işlenmektedir (McHugh, 2003; FAO, 2018). Japon yosunu (*Laminaria japonica*), umami tadı için lezzet arttırıcı olarak yaygın şekilde kullanılan monosodyum glutamat üretiminde kullanılan en eski hammaddelerden biridir (Milinovic ve ark., 2021). Gracilaria ve diğer agarofitlerden elde edilen agar, Kappaphycus/Eucheuma ve diğer karragenofitlerden elde edilen karragenan ve Laminaria/Saccharina ve diğer kahverengi makro alglerden elde edilen aljinat, çeşitli gıdaların kalitesini artırmak için gıda katkı maddesi olarak yaygın şekilde kullanılan makro alg bazlı hidrokolloidlerdir. Ayrıca iyot, fucoidan, fucoxanthin ve phlorotannins gibi makro alg özleri, sağlık yararları için gıda takviyesi olarak kullanılmaktadır.

İlaç olarak kullanımı

Makro algler eski çağlardan beri alternatif ilaçlar olarak kullanılmaktadır. Günümüzde, diğer kullanım alanlarının yanı sıra antioksidan, antimikrobiyal ve antiviral özelliklerle ilişkilendirilen makro alg türevi biyoaktif bileşikler tıbbi araştırmaların konusu olmaktadır. Gıda endüstrisindeki uygulamaların yanı sıra, karragenan, agar ve aljinatın stabilize

edici, koyulaştırıcı ve jelleştirici özellikleri, kalite derecesine bağlı olarak ilaç endüstrisinde de kullanılmaktadır (Lomartire ve Gonçalves, 2022). Örneğin agar, ilaç sektöründe farklı uygulamalara sahiptir. Orta dereceli agar, kültür ortamında jel substratı olarak kullanılırken, yüksek oranda saflaştırılmış substrat formunda agar, moleküler biyoloji alanındaki ayırma işlemlerinde uygulama alanı bulmaktadır (Cardozo ve ark., 2007). Karragenan ve aljinat ilaç formülasyonunda uygulama alanı bulmakta, böylece kapsülleme, tat maskeleme ve salım kontrol ajanları olarak işlev görmektedir (Polat ve ark., 2021). Ayrıca, karragenan üzerine yapılan araştırmalarda antitümör aktiviteler (Yuan ve ark., 2006) ve soğuk algınlığı semptomlarına karşı terapötik özellikler bildirmiştir (Eccles ve ark., 2010).

Hidrokolloidlerin yanı sıra makro algler, nöroprotektif, antidiyabetik, antioksidan, anti-enflamatuar ve/veya antimikrobiyal özellikleriyle çeşitli çalışmalarda tanınan diğer polisakkaritler (örneğin fukoidan ve ulvan), klorotanninler, çoklu doymamış yağ asitleri ve karotenoidler gibi çok çeşitli biyoaktif bileşikler sağlamaktadır (Polat ve ark., 2021; Shrestha ve ark., 2021). Klinik deneylerdeki alg bileşikleri, ilaç öncülerinin keşfi ve üretimi için alg biyokütlesinin potansiyelini göstermektedir (Banerjee ve ark., 2022). Bunlar arasında ağrı yönetimi için neosaksitoksin (Rodriguez-Navarro ve ark., 2007) ve şu anda balıklardan izole edilen farklı onaylı deniz yağ asidi esterleri gibi bileşikler bulunmaktadır.

Makro alg tüketiminin bağırsak sağlığının iyileştirilmesi, obezite ve Tip II diyabet gibi bulaşıcı olmayan hastalık risklerinin azaltması gibi sağlık açısından birçok faydasının olduğu yapılan çalışmalar ile ortaya konmuştur (Zhang ve ark., 2007; Wan-Loy ve Siew-Moi, 2016; Pirian ve ark., 2017; Cherry ve ark., 2019; Gómez-Zorita, 2020).

Buna ek olarak, denizel hammaddelerin kullanıldığı ilaçlarının geliştirilmesiyle ilgili 300'den fazla patent küresel olarak onaylanmıştır ve klinik denemenin farklı aşamalarında birçok makro alg bileşikleri bulunmaktadır. Onaylanan ilaçlarının %60'ı kanseri hedeflemektedir ve çeşitli terapötik biyoaktiviteler için listeye alınan patentlerin filogenetik analizi, aktif bileşiklerin %55'inin deniz mantarlarından izole edildiğini, bunu deniz bakterileri ve süngerlerin izlediğini göstermektedir (Banerjee ve ark., 2022).

Hayvan Yemi Olarak Kullanımı

Kıyı bölgelerinde yaşayan koyun, sığır ve at gibi hayvanlar, özellikle büyük kahverengi deniz yosunlarının kıyıya vurduğu Avrupa ülkelerinde uzun süre bunlarla beslenmişlerdir. Günümüzde makro alglerin hayvanlar için kullanılabilirliği; öğütülerek ince bir toz haline getirilmiş ve kurutulmuş ürünlerin de piyasaya sürülmesiyle büyük bir artış göstermiştir. Norveç, bu unun ilk üreticileri arasındadır ve gelgitte açığa çıktığında kesilip toplanabilmesi için kıyı bölgelerde yetişen bir makro alg olan *Ascophyllum nodosum*'u kullanmaktadır. Fransa *Laminaria digitata*'yı, İzlanda hem Ascophyllum hem de Laminaria türlerini, Birleşik Krallık ise Ascophyllum'u kullanmıştır.

Evcil hayvan yemi olarak kullanımı

Evcil hayvan yemlerinde hemen her tür makro alg kullanımı mevcuttur. Kappaphycus gibi ekili kırmızı alglerden elde edilen karragenanlar, evcil hayvan gıdalarında onlarca yıldır ucuz kıvam arttırıcı olarak kullanılmaktadır (Waters ve ark., 2019). Bununla birlikte, son yıllarda pazar uygulamalarından biri, evcil hayvanlar için belirli bağırsak sağlığı veya sindirim faydaları sunan fonksiyonel yem bileşenleri veya katkı maddeleri olarak kullanılması olmuştur. Makro alglerin içeriğinde evcil hayvan sağlığını etkileyebilecek bir dizi biyoaktif polisakkarit, protein ve antioksidan bileşenlerin prebiyotik olarak hareket edebildikleri belirlenmiştir (Sands, 2022). Makro alg prebiyotikleri, bağırsak sağlığını iyileştirmek ve zararlı mikroorganizmaların büyümesini bastırmak da dahil olmak üzere evcil hayvan sağlığında çeşitli potansiyel uygulamalara sahiptir. Bu konuda yapılan çalışmalar makro alg türevi evcil hayvan takviyelerinin tüketilmesinin köpeklerin %88'inin sindirim veya cilt sağlığını iyileştirebileceğini göstermiştir (Sands, 2022). Özellikle, *A. nodosum* gibi makro alglerde bulunan sülfatlı polisakkaritlerin köpeklerde ağız, kürk ve cilt sağlığını iyileştirdiği bulunmuştur. Makro alglerdeki yüksek çözünür lif içeriği, son bağırsak bakterileri için de iyi bir substrat sağlayabilir. Sonuç olarak, dünyanın dört bir yanındaki şirketler makro alg unu veya özlerini evcil hayvan mamalarına, evcil hayvan ödüllerine ve evcil hayvan besin takviyelerine dahil etmektedir.

Hayvan Yemi Katkısı Olarak Kullanımı

Makro alg yem katkı maddeleri bir veya daha fazla spesifik mikro besinsel, teknolojik, duyusal veya zooteknik işlevi yerine getirirken aktif maddelerin elde edilebilmesi için ek saflaştırma ve standardizasyon adımlarından geçerek (Bremmers, 2016), hayvan yemlerine %1'den daha az oranlarda eklenmektedir.

Hayvan yemi katkı maddeleri pazarı (Yıldız, 2021) genel olarak şu şekilde bölümlere ayrılabilir:

Teknolojik katkı maddeleri: Üretim sırasında yemin fiziksel yapısını iyileştirerek veya stabilize ederek yemlerin bozulmadan uzun süre saklanmasını sağlayan koruyucular ve emülgatörler. Genellikle hayvansal üretim üzerinde doğrudan biyolojik etkileri bulunmamaktadır.

Besinsel katkı maddeleri: Yemin besin değerini ve buna bağlı olarak hayvanların sağlığını veya atletik performansını artıran takviyeler. Bunlar arasında vitaminler, pro-vitaminler ve vitaminlerle benzer etkiye sahip kimyasal olarak iyi tanımlanmış maddeler; iz element bileşikleri; amino asitler, bunların tuzları ve analogları; üre ve türevleri yer almaktadır.

Zooteknik katkı maddeleri: Sağlıklı hayvanların performansını, fizyolojik işlevlerini ve refahını artırabilen veya çevre üzerinde olumlu bir etkiye sahip olan katkı maddeleri. Genellikle antibiyotik yerine kullanılan doğal büyüme artırıcı yem katkılarını içerirler.

Koksidiyostatlar ve histomonostatlar: Protozoaları (bakteriler/ mikroorganizmalar) öldürerek veya üremelerini engelleyerek tavukları koksidiyozdan (bağırsaklarına yerleşen Eimeria tipi protozoaların neden olduğu kanlı ishal) korumak için kullanılan maddeler. AB tarafından 2009 yılında yasaklanmış ve probiyotik alternatifleri ile değiştirilmiştir, ancak bazı ülkelerde hala kullanılmaktadır.

Alternatif Protein Kaynağı Olarak Kullanımı

Dünya genelinde kişi başına düşen et tüketimi şimdiye kadarki en yüksek seviyededir. Bazı tahminlere göre insanlar her yıl yaklaşık 350 milyon ton et tüketmektedir ve küresel et üretiminin 2050 yılına kadar iki katına çıkacağı öngörülmektedir (Good Food Institute, 2022; Hooper ve Dace,

2021). Bu durum, söz konusu talebi karşılama kabiliyetine ilişkin soru işaretlerini de beraberinde getirmektedir.

Makro algler potansiyel alternatif protein kaynakları olarak görülmektedir. Makro algler binlerce yıldır gıda olarak tüketilmektedir ve türler arasında büyük farklılıklar gösterse de kuru ağırlık olarak %47'ye kadar protein içeren türleri bulunmaktadır. Ayrıca insan beslenmesi için gerekli olan temel amino asitleri sağlayabilir yeterliliktedir (Machado ve ark., 2020; Fleurence ve ark., 2018). Kırmızı deniz yosunu *Palmaria palmata*'nın içerdiği esansiyel amino asitler, toplam amino asit fraksiyonunun neredeyse %46'sını oluşturmaktadır ve bu oran yumurta akı ile benzerlik gösterir (Fleurence ve ark., 2018) ve birçok deniz yosunu türü esansiyel aminoasitlerin tümünü (histidin, izolösin, lösin, lizin, metiyonin, fenilalanin, treonin, triptofan ve valin) içermektedir. Ayrıca farklı türlerin protein özleri, esansiyel amino asitlerin besinsel olarak daha uygun oranlarını sunmak için karışımlar halinde bir araya getirilebilmektedir (Reynolds ve ark., 2022).

İçeriğinde yosun bulunduran alternatif proteinli ürünler, içerdiği hidrokolloidler sayesinde gıda bileşenlerini stabilize edebilir, jelleştirmek ve birbirine bağlamak için sağladığı bir dizi tekstüre etme ve stabilizasyon işlevinden faydalanılabilir ve bu sayede doku ve şekil açısından daha geniş bir gıda ürünü yelpazesi oluşturmaya yardımcı olabilir.

Genel olarak, makro algler hayvan yemlerinde biyoaktif madde ve mineral kaynağı olarak, daha az oranda protein kaynağı olarak kullanılmaktadır. Bileşim açısından, makro alglerin protein ve esansiyel amino asit içeriği büyük ölçüde değişebilmekte ve protein sindirilebilirliği makro alg içeriğindeki belirli bileşiklerden etkilenebilmektedir. Bu durum, bütün makro alglerin protein kaynağı olarak kullanımı hakkında genelleme yapmanın önüne geçer ve birçok tür, hayvan yeminde uygulanabilir bir alternatif protein kaynağı olamayacak kadar az sindirilebilir proteine sahiptir. Bu sorunun üstesinden gelmek için araştırmacılar, makro alglerin protein içeriğini artırmak için ekstraksiyon yöntemlerini geliştirerek biyorafineri teknolojileri, laminarin, fukoidan ve klorotanninler gibi biyoaktif kimyasalların çıkarılması için uygun maliyetli ve çevre dostu yöntemler üzerinde çalışmaktadır.

Metan azaltıcı katkı maddesi olarak kullanımı

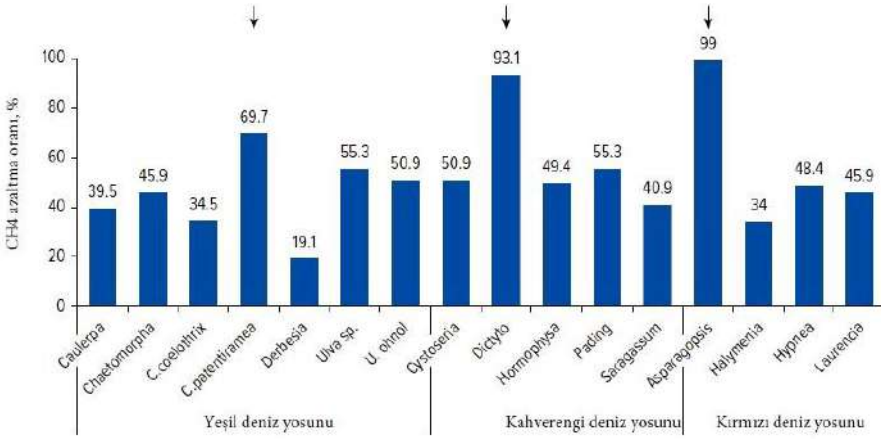
Geviş getiren hayvanlarda, sindiririm sistemi bakterileri tarafından basit ve kompleks karbonhidratların fermantasyonu yoluyla üretilen uçucu yağ asitleri, konak hayvanın enerji ihtiyacının %70'inden fazlasını sağlarken aynı zamanda hidrojen üretir ve bu da metan üreten bakteriler tarafından besin olarak kullanılır. Metan, birim olarak karbondioksitten 28 kat daha fazla küresel ısınma potansiyeline sahiptir. Bu nedenle, sığır eti ve süt ürünleri üretimi sera gazı emisyonlarının kaynağı konumundadır. Sadece ABD'de, enterik fermantasyonun insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının yaklaşık %2,7'sini (CH4 emisyonlarının %26,7'si) oluşturduğu tahmin edilmektedir (Vijn ve ark., 2020).

Küresel iklim değişikliği ile mücadele kapsamında son yıllarda geviş getiren hayvanlar için metan azaltma stratejileri geliştirmeye yönelik çalışmalar hız kazanmıştır. Bu kapsamda Makro alg ürünlerinin çiftlik hayvanlarında metan salınımını azaltıcı etkisinin olduğu belirlenmiş ve yapılan çalışmalar, *Asparagopsis taxiformis, Asparagopsis armata, Alaria esculenta, Ascophyllum nodosum* ve *Chondrus crispus* gibi makro algler, yem takviyesi olarak uygulandığında geviş getiren hayvanlarda CH4 emisyonlarını azaltabileceğini göstermektedir. Bu türler arasında Asparagopsis, düşük oranlarda bile etkili olması nedeniyle en iyi aday olarak görünmektedir (Wasson ve ark., 2022). Besi sığırlarının diyetlerine %0,2 gibi küçük miktarlarda *A. taxiformis* eklenmesi, CH4 emisyonlarını %98'e kadar azaltabildiği (Kinley ve ark., 2020) koyunlarda *A. taxiformis*'in organik madde bazında %0,5 ila %3 takviyesi de 72 gün boyunca CH4 emisyonlarını %80'e kadar azaltabildiği belirtilmektedir (Li ve ark., 2018) (Şekil 3). Asparagopsis'in başlıca Avrupa Ekonomik İş Birliği Örgütü (OEEC) ülkelerinde sığır eti ve süt ürünleri yemlerinde %20 kadar az bir oranda pazara girmesi, toplam küresel enterik CH4 emisyonlarının %15'ini ortadan kaldırabilecek niteliktedir (Kinley ve ark., 2020). Buna ek olarak, metan üretiminin durdurulması enerjiyi hayvanın büyümesine yönlendirir çünkü metan üretimi geviş getiren hayvanlarda toplam yem enerjisinin %12'sine varan enerji kayıplarından sorumludur (Glasson ve ark., 2022). Metan üretiminin azaltılması, daha az yemle daha iyi verim elde edilmesini sağlayarak besi ve süt hayvancılığı için toplam işletme maliyetlerini azaltabilir ve uygulanacak olan emisyon azaltma etkinliği sığır eti, süt

ürünleri, deri ve yün üretimini daha sürdürülebilir ve çevreci bir modele yönlendirebilecektir.

Sucul Canlı Beslenmesinde Kullanımı

Balık unu geleneksel olarak sucul canlıların beslenmesinde birincil protein kaynağı olmuştur. Ancak, aşırı avlanma ve doğal içeriklere olan talebin artması nedeniyle, birçok yemde soya gibi alternatif bitki bazlı proteinler kısmi bir ikame olarak kullanılmaktadır. Ne yazık ki, bu bitki bazlı alternatifler bazen lizin ve metiyonin de dahil olmak üzere bazı temel amino asitlerden yoksundur. Yem formülasyonunda amino asitleri ikame etmek mümkün olsa da, bu amino asitler hali hazırda makro alglerde doğal olarak bulunmaktadır.



Şekil 3: Yeşil, kahverengi ve kırmızı makro alg katkılarının geviş getiren hayvanlarda CH4 azaltma oranları (Min ve ark., 2021).

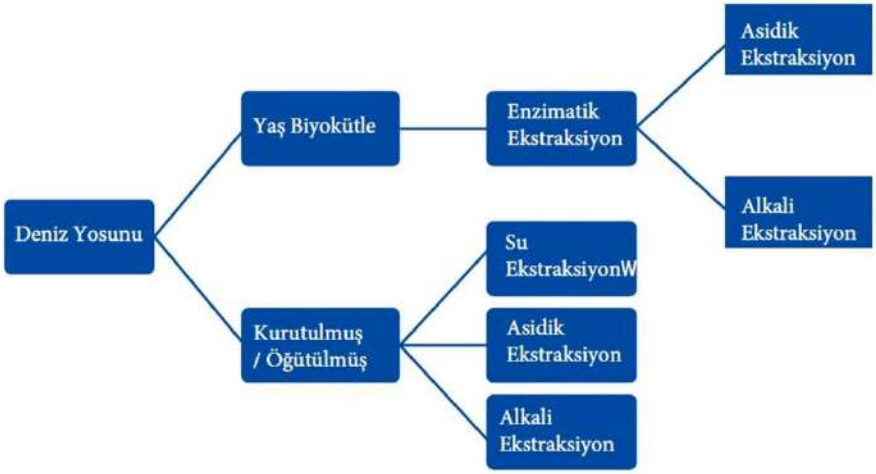
Makro algler balıklara değerli yağ asitleri olan DHA ve EPA gibi bir dizi faydalı organik bileşik ve balık sağlığı için gerekli olan bir dizi biyoaktif polisakkarit sağlayabilir. Birçok çalışma, büyüme oranlarını ve bağışıklık sistemlerini geliştirmek için balık yemlerinde makro alg kullanımının etkinliğini göstermiş (Wan ve ark., 2018), *Ulva lactuca, Gracilaria sp.* ve *Ulva rigida* gibi makro alglerin, Avrupa levreğinin gelişimini artırmak için uygun katkı maddeleri olduğu vurgulanmıştır (Wassef ve ark., 2013). Buna ek

olarak, yetiştirilen kahverengi kelp ve Gracilaria'nın yaklaşık %20-30'u Çin ve Güney Kore'deki su ürünleri yetiştiriciliği endüstrisinde çoğunlukla deniz kulağı, deniz hıyarı ve deniz kestaneleri için taze yem olarak kullanılmaktadır. Ayrıca makro alglerin içerdiği lif, karasal bitkilerdeki liften daha iyi sindirebilen karideslerin doğal diyetinin bir parçasını oluşturduğu için karides yetiştiriciliğinde kullanılmaktadır (Fletcher, 2021b; Schleder ve ark., 2020). Makro alglerin diğer kullanım olanakları ile ilgili yapılan çalışmalarda makro alglerin, balık türüne göre hazırlanmakta olan formülasyonlarda, alternatif protein kaynağı olarak kullanılma potansiyelinin yanı sıra ürün dokusunu ve lezzetini iyileştirici, verimini artırıcı, sentetik ve kimyasal katkı maddelerinin kullanımını azaltıcı etkileri üzerinde yoğunlaşılmaktadır.

Bitkisel Gübre Olarak Kullanımı

Makro algler eski çağlardan beri deniz kıyılarından toplanmış, doğrudan tarlalara ve bahçelere atılarak tarımsal gübre olarak kullanılmıştır ve hala kullanılmaktadır (Nabti ve ark., 2017). Makro alg bazlı ürünlerin kullanımı, benzersiz biyoaktif bileşenleri ve etkileri nedeniyle bitkisel üretimde özellikle son yıllarda kullanımı artış göstermektedir. Makro algler, biyolojik gübreler, kireçleme malzemeleri, toprak iyileştiriciler, bitki biyostimülanları ve gübreleme ürün karışımları gibi farklı formlarda biyolojik tarımsal girdi ürünleri olarak uygulanabilmektedir (Şekil 4).

Makro alg özütünün bitkilerin hastalıklara karşı direncini artırdığı (Mukherjee ve Patel, 2020; Salehi ve ark., 2019), toprağın su tutma kapasitesi ve mikrobiyal yapısını destekleyici özellikler gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca makro alg biyostimülanlarının uygulanması ve buna eşlik eden toprak ve bitkiler için potansiyel faydaları ile üretim verimi artırılabilmektedir (Deepika ve ark., 2022; Salehi ve ark., 2019).



Şekil 4: Biyostimülan üretim şeması (Anonim 2023)

Özellikle son yıllarda abiyotik stresi azaltması ve biyolojik aktiviteyi artırıcı etkisi ile bitki verimliliğini artıran tarımsal enstrümanlar olarak öne çıkan makro alg özleri, oksinler ve sitokininler gibi bitki büyüme hormonlarının varlığı sayesinde kuraklık, tuzluluk ve aşırı sıcaklıklar gibi olumsuz çevresel faktörlere karşı ürün direncini ve oksidatif strese karşı direnci artırma yetenekleri nedeniyle bazı tarım ekonomilerinde uzun bir kullanım geleneği ile biyostimülan pazarının temel bir parçasını oluşturmuştur (Sujeeth ve ark., 2022). Gübre kullanımını artırmadan hatta azaltarak ürün verimini ve kalitesini korumak veya artırmak için uygulanan makro alg özütleri, üretimi artırmak için yenilikçi seçenek olarak her geçen gün daha fazla kabul görmektedirler. Bununla birlikte ticareti yapılan birçok sentetik gübre ve tarım ilacının organik standartları karşılamaması nedeniyle biyostimülan ürünlerin organik tarım sektöründe daha fazla öne çıkmaktadır.

Biyoplastik Olarak Kullanımı

Günümüzde, dünyadaki plastiklerin %99'u petrol bazlıdır ve biyoplastikler yılda üretilen 390 milyon ton plastiğin yalnızca %1'ini temsil etmektedir (Plastics Europe, 2022). Halihazırda, çoğu uygulamada, petrol bazlı plastikler biyolojik temelli malzemelerden daha üstün teknik özelliklere ve daha düşük üretim maliyetine sahiptir. Bununla birlikte, plastiklerin yaygın kullanımı geri dönüşümü olmayan küresel bir kirliliğe yol açmaktadır. Çünkü

tüm plastik malzemeler geri dönüştürülememekte ve dünyanın birçok bölgesinde yeterli atık yönetim sistemleri bulunmamaktadır. Plastiklerin olumsuz çevresel etkileri nedeniyle ticari işletmeler alternatif plastik malzemeler ararken, hızlı büyüme oranları, yüksek verim ve yetiştiricilik için ekilebilir araziye ihtiyaç duyulmaması, makro alglerin biyoplastik üretimi için en yüksek potansiyele sahip aday olmasının sebeplerindendir (Farghali ve ark., 2022).

Gıda ambalajı için kullanılan geleneksel polimerlerle karşılaştırıldığında, polisakkarit bazlı filmler biyolojik olarak parçalanabilir olma avantajına sahiptir, ancak gerilme mukavemeti ve su direncinden yoksundurlar. Bununla birlikte, diğer biyopolimerlerle karıştırılması, polisakkarit bazlı filmlerin işlevselliğini artırabilir (Zhao ve ark., 2021). Buna ek olarak, makro alglerde bulunan biyopolimerlerin ve özellikle hidrokolloidlerin bolluğu, biyoplastik ambalaj endüstrisi için hammadde olarak kullanılmasında büyük bir avantaj sağlamakta ve çok sayıda makro alg türü, yüksek polisakkarit içerikleri nedeniyle biyoplastik film üretiminde kullanılmaktadır. Bunlar arasında kırmızı makro algler (Eucheuma, Kappaphycus, Gracilaria, Porphyra, Pterocladia ve Gelidium), yeşil makro algler (Enteromorpha, Ulva ve Codium) ve kahverengi makro algler (Laminaria, Lessonia, Macrocystis ve Ascophyllum) bulunmaktadır (Lomartire ve ark., 2022). Makro alg kaynaklı yaygın hidrokolloidlerden bazıları özellikle film oluşturucu malzemeler olarak kullanışlıdır. Üstün mekanik ve gaz bariyeri özellikleri nedeniyle aljinat ve karragenan biyopolimerleri sıklıkla biyofilm olarak ağırlıklı olarak gıda ürünlerinin paketlenmesinde kullanılmaktadır.

Yapı Bileşeni Olarak Kullanımı

2021 yılında Dünya Yeşil Bina Konseyi, binaların inşası ve işletilmesinin küresel karbon emisyonlarının yaklaşık %40'ını oluşturduğunu, %11'inin ise malzeme ve inşaattan kaynaklandığını tahmin etmektedir. (WorldGBC, 2019). Bu nedenle, dünyanın dört bir yanındaki girişimler, inşaatın çevre üzerindeki zararlı etkilerini azaltmak, inşaat süreciyle ilişkili karbon emisyonlarını en aza indirmek ve potansiyel olarak CO2'yi yapısal alana hapsetmek amacıyla "yeşil inşaat" malzemeleri geliştirmektedir.

Deniz biyokütlesi yüzyıllardır inşaatlarda kullanılmaktadır. Örneğin, Orta Çağ'da Danimarka'daki kadınlar deniz otu olarak da bilinen yılan balığı otundan çatı sazları yapmışlardır. Bu malzeme çürümeye karşı dayanıklıdır ve eğimli çatıları, iç duvarları ve bina zarflarını yalıtmak için kullanılabilir özelliktedir (Larsen, 2019; Praveena ve Muthadhi, 2016). Yılan otunun aksine, makro algler inşaatta yaygın olarak kullanılmamıştır, ancak bütün makro algler ve makro alg özleri, yeşil inşaat malzemeleri olarak uygun özelliklere sahiptir. Doğal biyopolimerler, katkı maddeleri, viskozite değiştirici katkılar (VMA) ve dolgu malzemeleri olarak çeşitli paneller, tuğlalar, beton ve kaplamalar yapmak için kullanılmaktadır (Praveena ve Muthadhi, 2016).

Karragenan gibi makro alglerde bulunan polisakkaritlerde, mükemmel alev geciktiriciler olarak işlev görürler. Lifler haline getirilerek geleneksel, tehlikeli geciktiricilerin yerine toksik olmayan, insan için güvenli ve çevre dostu yangın geciktiriciler oluşturmak amacıyla makro alg biyopolimerlerini panellere, tuğlalara ve alçı levha ürünlerine eklenebilmektedir (James ve Dyson, 2021; Thomas, 2023; Veneza, 2021).

Deniz yosunları kullanılarak %40 Sargassum ve %60 kerpiç ve kil gibi organik malzemelerden üretilen tuğlaların santimetrekare başına 75-120 kilogram kuvvet direncine ve 120 yıla kadar dayanıklılığa sahip olduğu (Desrochers, 2020; López Miranda ve ark., 2021), ayrıca depremlere ve fırtınalara da dayanıklı oldukları belirlenmiştir (Material District, 2019). Benzer şekilde, Sargassum'un kurutulması ve 40:60 oranında betonla karıştırılmasıyla yapılan tonoz, kiriş, blok ve kaldırım yapımında kullanılabilir ürünler üretilmektedir (López Miranda ve ark., 2021). Ayrıca orta yoğunlukta lif levha (MDF) üretiminde ahşaba alternatif olarak *Kappaphycus alvarezii*'den elde edilen lifler kullanılabilmektedir. (Alamsjah ve ark., 2017; Rossignolo ve ark., 2022). Makro algler içerdikleri polisakkaritler ve biyoplastik yapımında kullanılmaları nedeniyle inşaat iç tasarım ürünlerinde, döşeme yapımında, panel ve gölge yapıları üretiminde, iç tasarım ürünleri ürünlerinde kullanım olanakları üzerindeki çalışmalar devam etmektedir. Yapı sektöründe makro alg kullanmanın önemli bir yönü de yapı içerisinde karbondioksit tutma potansiyelidir. Binalar yüzyıllarca dayanabilir, bu nedenle karbon tutulması için potansiyel olarak umut verici bir yol sunmaktadırlar.

Arıtma Materyali Olarak Kullanımı

Biyoremediasyon, bir alandaki zararlı kirleticileri temizlemek, nötralize etmek veya uzaklaştırmak için kontrollü koşullar altında biyolojik organizmaların kullanılmasını içeren bir arıtma yöntemidir. Hem tatlı su hem de deniz makro algleri bu şekilde kara tabanlı su ürünleri yetiştiricilik tesislerinde veya açık deniz tesislerinde kullanılabilmektedir. Uygulanan yöntem ile organik madde kirliliği, özellikle de tarımsal gübrelerin aşırı kullanımından kaynaklanan azot ve fosfor kirliliği veya atık su arıtma tesisleri gibi yoğun endüstrilerden doğrudan deşarjlar nötralize edilebilmektedir. Arıtım materyali olarak makro algler, zararlı alg patlamalarına ve ekosistemde toplu ölümlere neden olabilen ötrofikasyonun önlenmesine yardımcı olmak için su ürünleri yetiştiriciliği sahalarının çevresinde atık su arıtımı ve biyoremediasyon için kullanılabilmektedir.

Biyoremediasyon odaklı, ticari makro alg yetiştiriciliği çoğunlukla tek bir yerden kaynaklanan kirlilik için kara tabanlı sistemlerde gerçekleştirilmektedir. Örneğin, Güney Afrika'daki deniz kulağı çiftlikleri 2002 yılından beri deniz kulağı atık sularında amonyak giderimi için Ulva kullanmaktadır. Kara tabanlı Ulva ve deniz kulağı çiftliklerinin entegre multi-trofik akuakültürü (IMTA), suyun kısmen devridaimine, pompalama maliyetlerinin azalmasına, deniz kulağı verimliliğinin artmasına ve çevresel ayak izinin azalmasına olanak tanır. Nihayetinde, bu makro alg uygulaması, üretim maliyetlerini azaltarak ve birincil su ürünleri yetiştiriciliği hedefinin verimini artırarak üreticiye ekonomik sağlamaktadır (Clark ve ark., 2021).

Okyanus bazlı makro alg yetiştiriciliği ve IMTA kullanılarak azot ve fosforun asimilasyonu, 2030 yılına kadar Avrupa makro alg endüstrisi kıyı sularından her yıl 6.000-20.000 ton nitrojen ve 600-2.000 ton fosforu uzaklaştırabilecek kapasitededir. Bu durum, deniz suyu kalitesini önemli ölçüde artıracaktır. Bu ölçekte besin maddesi giderimi, 2014 yılında Baltık Denizi'ne giren tahmini insan kaynaklı azot ve fosforun sırasıyla %2-6 ve %4-13'ünün giderilmesine eşdeğer olacaktır (Vincent ve ark., 2020). Karşılaştırma yapmak gerekirse, Çin'de makro alg yetiştiriciliği yılda yaklaşık 75.000 ton azot ve 9.500 ton fosforu ortadan kaldırmaktadır (Xiao ve ark., 2017).

Alternatif Kullanım Alanları

Balık yemi için bağlayıcılar

Su ürünleri yetiştiriciliğindeki dünya çapındaki büyüme, ham aljinatın somon ve diğer balık yemlerinde, özellikle de çeşitli kuru bileşenlerle karıştırılmış taze atık balıklardan yapılan nemli yemlerde bağlayıcı olarak kullanılmasına yol açmıştır. Aljinat bağlayıcılığı tüketimi %40'a kadar düşürebilir ve kültür havuzlarının kirliliği keskin bir şekilde azalır.

Oda spreyi jelleri

Kappa karragenan, bir potasyum tuzu, su ve parfümden yapılırlar. Karıştırıldığında parfümlü jel oluşur ve tutucuya uyacak şekilde kalıplanır. Satın alındığında, tutucu kapatılır; kullanmak için tutucu hafifçe açılır ve nemli parfüm jelden yavaş yavaş salınır. Sonunda jel kuruyarak tutucuda küçük bir kalıntı bırakır ve bu kalıntı da atılır. Bu uygulama için tahmini tüketim yaklaşık 200 ton/yıl makro alg unu sınıfı karragenandır.

Diş macunu

Diş macunu içeriğindeki bileşenlerin bağlanmasını, kıvamının korunmasını ve akışkanlığının sağlanmasını temin eden bileşenler deniz yosunlarından elde edilen karragenandır. Bu kapsamda iota karragenan, yaklaşık %1 oranında, en kullanışlı kıvam arttırıcı maddelerden biridir, yukarıdaki kriterleri karşılar ve diş fırçasından kolayca durulanan bir macun verir. Diş macunu pazarının büyüklüğü düşünüldüğünde, %1 konsantrasyonda bile bu, iota karragenan için büyük bir pazarı temsil etmektedir.

Biyoyakıt

Atık biyolojik materyaller ve gıda dışı mahsullerden üretilen biyoyakıtlar, 2021 yılında pazarda yaklaşık %9'luk bir paya sahipken bunun büyük bir kısmını ABD tarafından üretilmektedir. Bu üretimin büyük bir kısmını mısır kaynaklı etanol oluşturmaktadır. Elde edilen etanol için harcanan enerjide düşünüldüğünde bu üretim modelinin sürdürülebilir olmadığı açıktır. Halen endüstriyel üretime geçememiş, üzerinde birçok araştırma yürütülen ve yüksek potansiyel barındıran alternatif biyoyakıt kaynaklarının başında makro algler gelmektedir. Makro alglerin yüksek karbon tutma kapasitesinin olması, üretiminde açığa çıkan karbon ayak izinin düşük olması, üretimi için alan probleminin olmaması ve endüstriyel ölçekte

üretim yapılabilmesi, kara tabanlı biyoyakıt hammaddeleri karşısında büyük avantaj sağlamaktadır.

Kozmetik

"Makro alg özü", özellikle yüz, el ve vücut kremleri veya losyonlarında bulunan önemli bir katkı maddesidir. Özellikle güneş kremlerindeki yaygın kullanımı, güneşten gelen UV ışınların ciltte meydana getirebileceği olumsuz etkilerin engellenebilmesi için gerekli antioksidan bileşenler ve yaşlanmaya sebep olan radikallerin engellenmesinde önemli rolü olan inhibitör bileşikler deniz yosunu özünden elde edilmektedir. Yine su tutucu özellikleri ve zengin kollajen içeriği sayesinde deniz yosunları kozmetik sektörünün vazgeçilmez hammaddesi konumundadır.

Kağıt

Aljinatın kağıt endüstrisindeki ana kullanım alanı yüzey boyutlandırmadır. Normal nişasta boyutlandırmasına eklenen aljinat, pürüzsüz ve sürekli bir film ve daha az kabarık bir yüzey sağlar. Aljinat filmlerin yağ direnci, daha iyi yağ direncine sahip bir boyut verir ve yağ geçirmezlik özelliklerini geliştirir. Yüksek parlaklıkta mürekkeplerle gelişmiş bir parlaklık elde edilir. Kağıtlar veya levhalar mumlanacaksa, boyuttaki aljinat mumu esas olarak yüzeyde tutacaktır. Özellikle sıcak, makine üzeri kaplama uygulamalarında diğer kıvamlaştırıcılara göre daha iyi kaplama akışkanlığı sağlarlar. Aljinatlar aynı zamanda mükemmel film oluşturuculardır ve mürekkep tutunmasını ve basılabilirliği artırırlar. Kullanılan aljinat miktarı genellikle boyuttaki nişasta ağırlığının %5-10'udur. Ayrıca oluklu mukavva yapımında kullanılan nişasta yapıştırıcılarında da kullanılır çünkü yapıştırıcının viskozitesini stabilize eder ve nüfuz etme oranının kontrol edilmesini sağlar. Kullanılan nişastanın ağırlığına bağlı olarak % bir sodyum aljinat genellikle yeterlidir. %1'e kadar aljinat, kaplama süspansiyonunun silindirle temas ettiği yüksek kesme koşulları altında viskozitesinin değişmesini önleyecektir. Aljinat aynı zamanda kaplamanın uygulandığı nokta ile fazlalığın takip bıçağı tarafından alındığı nokta arasında kaplama süspansiyonundan kağıta su kaybını kontrol etmeye yardımcı olur. Kaplama süspansiyonunun viskozitesinin kağıta su kaybıyla artmasına izin verilmemelidir çünkü bu, çektirme bıçağı tarafından eşit olmayan bir şekilde çıkarılmasına ve kaplamanın çizilmesine neden olur. Orta ila yüksek

viskoziteli aljinatlar, kil katılarının %0,4-0,8'i oranında kullanılır. Aljinat filmlerin solvent direnci nedeniyle, bitmiş kağıdın baskı kalitesi artar.

Kumaş

Makro alglerin tekstil hammaddesi olarak kullanılması ile halihazırda bu sektörde kullanılmakta olan başta petrol ve pamuk olmak üzere çevreye daha zararlı hammaddelerin yerini alması ve çevreci topluma katkı sağlaması beklenmektedir. Son yıllarda artan hava sıcaklıkları ve beraberinde gelen kuraklık nedeniyle tarımsal ürünlerin üretimi sekteye uğramakta ve sürüdürülebilir model arayışına girilmektedir. Özellikle pamuğun yüksek su ihtiyacı, iklim değişikliği nedeniyle kuraklıkların sıklığı, süresi ve şiddeti arttıkça bu ürünün elde edilmesinde çeşitli zorluklar meydana gelecektir. Petrol bazlı ürünlerden elde edilen kumaşların ise doğada geri dönüşümlerinin olmaması ve birçok ülkenin atık yönetimi konusunda başarısız olması alternatif kaynak arayışına hız vermiştir. Bu kaynaklardan biri olan Makro alg bazlı tekstillerin, biyolojik olarak parçalanabilirliğinin artması atık yönetimi için bir avantaj olarak görülsede, biyolojik olarak parçalanan bir giysi eninde sonunda liflerinde sabitlenen karbonu serbest bırakacaktır (Miller ve ark., 2007). Ancak tüketicilerin çevreye yönelik artan ilgisi nedeniyle, çevre dostu veya geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanımı da dahil olmak üzere sürdürülebilir moda kavramı moda endüstrisinde önem kazanmaktadır (Saricam ve ark., 2017). Bu bağlamda, moda endüstrisinin tekstil üretimi için makro alg gibi alternatif malzemeler kullanmaya olan ilgisi, makro algin sera gazı emisyonlarını, aşırı tatlı su kullanımını ve su kirliliğini azaltma ile olan ilişkisi nedeniyle artmıştır.

Kaynak çubukları

Kaplamalar, kaynak çubuklarına veya elektrotlara akı görevi görmek ve kaynağın yakın çevresindeki sıcaklık veya oksijen ve hidrojen mevcudiyeti gibi koşulları kontrol etmek için uygulanmaktadır. Kaplamanın kuru bileşenleri, kaplamanın çubuk üzerine ekstrüzyonu için gerekli olan plastikliğin bir kısmını veren sodyum silikat (su-camı) ile karıştırılır; aynı zamanda çubuk üzerindeki kurutulmuş kaplama için bağlayıcı görevi görür. Ancak, ıslak silikatın bağlayıcı etkisi yoktur ve etkili ve düzgün ekstrüzyona izin vermek için yeterli yağlama sağlamaz. Ek bir yağlayıcıya ve ekstrüzyondan önce nemli kütleyi bir arada tutacak ve kurutma ve fırınlama

sırasında çubuk üzerindeki kaplamanın şeklini koruyacak bir bağlayıcıya ihtiyaç vardır. Aljinatlar bu gereksinimleri karşılamak için kullanılır. Kullanılan aljinat miktarları, kaplanan kaynak çubuğunun türüne ve kullanılan ekstrüzyon ekipmanına çok bağlıdır.

Salım ajanları

Aljinat filmlerinin birçok yüzeye zayıf yapışması, sulu olmayan çözücülerdeki çözünmezliği ile birlikte, başlangıçta alçı kalıpları için ve daha sonra fiberglas plastiklerin şekillendirilmesinde kalıp ayırıcı maddeler olarak kullanılmasına yol açmıştır. Sodyum aljinat ayrıca sentetik reçine olarak dekoratif levhaların üretiminde kalıp ayırıcı olarak kullanılan yapışma önleyici kağıt için iyi bir kaplama oluşturur. Bir kağıt üzerinde yerinde oluşturulan kalsiyum aljinat filmleri, sıcak presleme sisteminde oluşturulduktan sonra dekoratif laminatları ayırmak için kullanılmaktadır.

KAYNAKLAR

Anonim 2023. Global Seaweed New and Emerging Markets Report. https://documents1.worldbank.org/curated/en/099081423104548226/pdf/P175786073c14c01609fe409c202ddf12d0.pdf

Alamsjah, M. A., Sulmartiwi, L., Pursetyo, K. T., Amin, M. N. G., Wardani, K. A. K., and Arifianto, M. D. 2017. "Modifying bioproduct technology of Medium Density Fibreboard from the seaweed waste Kappaphycus alvarezii and Gracilaria verrucosa." Journal of the Indian Academy of Wood Science 14(1), 32–45. https://doi.org/10.1007 /s13196-017-0185-y.

Banerjee, P., Mandhare, A., and Bagalkote, V. 2022. "Marine natural products as source of new drugs: an updated patent review." July 2018–July 2021. Expert opinion on therapeutic patents 32(3) 317–363. https://doi.org/10.1080 /13543776.2022.2012150.

Bellona. 2017. Pros and Cons Seaweed for Biofuel: Factsheet. Bellona Europa. https://bellona.org/assets/sites /3/2017/03/FACTSHEET-seaweed-for-energy.pdf.

Bremmers, R. 2016. "How to determine which feed ingredients are 'EU approved.'" Feed Strategy. June 16, 2016. https://www.feedstrategy.com/business-markets/feed-production-by-region/article/15438657/how-to-determine -which-feed-ingredients-are-eu-approved.

Cardozo, K. H. M., Guaratini, T., Barros, M. P., Falcão, V. R., Tonon, A. P., Lopes, N. P., Campos, S., et al. 2007. "Metabolites from algae with economical impact." Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology and Pharmacology 146(1), 60–78. https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2006.05.007.

Cherry, P., Yadav, S., Strain, C.R., et al. 2019. Prebiotics from seaweeds: an ocean of opportunity? Marine Drugs, 17(6): 327. doi:10.3390/md17060327

Clark, D., Newcombe, E., Clement, D., Magnusson, M., Lawton, R., Glasson, C., Major, R., and Adams, S. 2021. Stocktake and characterization of Aotearoa New Zealand's seaweed sector: Environmental effects of seaweed wild-harvest and aquaculture (National Science Challenge).

Coppola, G., Gaudio, M. T., Lopresto, C. G., Calabro, V., Curcio, S., and Chakraborty, S. 2021. "Bioplastic from Renewable Biomass: A Facile Solution for a Greener Environment." Earth Systems and Environment 5(2) 231–251. https://doi .org/10.1007/s41748-021-00208-7.

Deepika, C., Ravishankar, G. A., and Rao, A. R. 2022. "Potential Products from Macroalgae: An Overview." In Sustainable Global Resources of Seaweeds Volume 1: Bioresources, Cultivation, Trade and Multifarious Applications, edited by Ambati Ranga Rao and Gokari A. Ravishankar, 17–44. New York: Springer International Publishing. https://doi .org/10.1007/978-3-030-91955-9_2.

Desrochers, A., Cox, S.-A., Oxenford, H. A., and van Tussenbroek, B. 2020. Sargassum Uses Guide: A Resource for Caribbean Researchers, Entrepreneurs and Policy Makers. Centre for Resource Management and Environmental Studies (CERMES) Technical Report No. 97. Rome: Food and Agriculture Organization (FAO). https://www.cavehill .uwi.edu/cermes/projects/Sargassum/docs/desrochers_et_al_2020_Sargassum_uses_guide_advance.aspx.

Eccles, R., Meier, C., Jawad, M., Weinmüllner, R., Grassauer, A., and Prieschl-Grassauer, E. 2010. "Efficacy and safety of an antiviral Iota-Carrageenan nasal spray: a randomized, double-blind, placebo-controlled exploratory study in volunteers with early symptoms of the common cold." Respiratory Research 11(1), 108. https://doi.org/10.1186/1465 -9921-11-108.

FAO. 2018. The global status of seaweed production, trade and utilization: Globefish Research Programme Volume 124. Rome: Food and Agriculture Organization (FAO). https://www.fao.org/documents/card/en?details=CA1121EN.

FAO. 2021. Report of the Expert Meeting on Food Safety for Seaweed Current Status and Future Perspectives. Rome: Food and Agriculture Organization (FAO). https://www.fao.org/3/cc0846en/cc0846en.pdf.

Farghali, M., Mohamed, I. M. A., Osman, A. I., and Rooney, D. W. 2022. "Seaweed for climate mitigation, wastewater treatment, bioenergy, bioplastic, biochar, food, pharmaceuticals, and cosmetics: a review." Environmental Chemistry Letters 21, 97–152. https://doi.org/10.1007/s10311-022-01520-y.

Fletcher, R. 2021b. “Should seaweed be more widely used in shrimp feeds?” The Fish Site, June 29, 2021. https://thefishsite.com/articles/should-seaweed-be-more-widely-used-in-shrimp-feeds.

Fleurence, J., Morançais, M., and Dumay, J. 2018. “Seaweed proteins.” In Proteins in Food Processing (Second Edition), edited by Rickey Y. Yada, 245–262. Sawston, Cambridge, UK: Woodhead Publishing.https://doi.org/10.1016/B978 -0-08-100722-8.00010-3.

Glasson, C. R. K., Kinley, R. D., de Nys, R., King, N., Adams, S. L., Packer, M. A., Svenson, J., Eason, C. T., and Magnusson, M. 2022. “Benefits and risks of including the bromoform containing seaweed Asparagopsis in feed for the reduction of methane production from ruminants.” Algal Research 64, 102673. https://doi.org/10.1016/j .algal.2022.102673.

Gómez-Zorita, S., González-Arceo, M., Trepiana, J., Eseberri, I., Fernández-Quintela, A., Milton-Laskibar, I., Aguirre, L., González, M. & Portillo, M.P. 2020. Anti-obesity effects of macroalgae. Nutrients, 12(8): 2378. doi: 10.3390/nu12082378. PMID: 32784488; PMCID: PMC7469045.

Good Food Institute. 2022. Defining alternative protein. GFI, July 12, 2022. https://gfi.org/defining-alternative-protein.

Holdt, S.L. & Kraan, S. 2011. Bioactive compounds in seaweed: functional food applications and legislation. Journal of Applied Phycology, 23: 543–597.

Hooper, K., and Dace, H. 2021. The Protein Problem: How Scaling Alternative Proteins Can Help People and Planet. Tony Blair Institute for Global Change. https://institute.global/policy/protein-problem-how-scaling-alternative -proteins-can-help-people-and-planet.

James Dyson Award. 2021. AlgoBio. James Dyson Award website. Last accessed May 13, 2023. https://www.jamesdysonaward.org/en-CA/2021/project/algobio.

Kinley, R. D., Martinez-Fernandez, G., Matthews, M. K., de Nys, R., Magnusson, M., and Tomkins, N. W. 2020. “Mitigating the carbon footprint and improving productivity of ruminant livestock agriculture using a red seaweed.” Journal of Cleaner Production 259, 120836. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120836.

Larsen, K. 2019. Seaweed Architecture: Eelgrass as a Construction Material. Issuu. https://issuu.com/kathrynlarsen /docs/seaweedarchitecture.

Li, X., Norman, H. C., Kinley, R. D., Laurence, M., Wilmot, M., Bender, H., de Nys, R., and Tomkins, N. 2018. "Asparagopsis taxiformis decreases enteric methane production from sheep." Animal Production Science 58, 681–688. DOI:10.1071/AN15883.

Lomartire, S., and Gonçalves, A. M. M. 2022. "An Overview of Potential Seaweed-Derived Bioactive Compounds for Pharmaceutical Applications." Marine Drugs 20(2), 141. https://doi.org/10.3390/md20020141.

Lomartire, S., Marques, J. C., and Gonçalves, A. M. M. 2022. "An Overview of the Alternative Use of Seaweeds to Produce Safe and Sustainable Bio-Packaging." Applied Sciences 12(6), 3123. https://doi.org/10.3390/app12063123.

López Miranda, J. L., Celis, L. B., Estévez, M., Chávez, V., van Tussenbroek, B. I., Uribe-Martínez, A., Cuevas, E., et al. 2021. "Commercial Potential of Pelagic Sargassum spp. In Mexico." Frontiers in Marine Science 8. https://doi .org/10.3389/fmars.2021.768470.

Machado, M., Machado, S., Pimentel, F. B., Freitas, V., Alves, R. C., and Oliveira, M. B. P. P. 2020. "Amino Acid Profile and Protein Quality Assessment of Macroalgae Produced in an Integrated Multi-Trophic Aquaculture System." Foods 9(10). https://doi.org/10.3390/foods9101382.

Material District. 2019. "A House Built with Seaweed." January 14, 2019. https://materialdistrict.com/article/house-built -seaweed.

McHugh, D.J. 2003. A guide to the seaweed industry. Fisheries Technical Paper No. 441. Rome, FAO. 105 pp.

Milinovic, J., Mata, P., Diniz, M. & Noronha, J.P. 2021.Umami taste in edible seaweeds: The current comprehension and perception. International Journal of Gastronomy and Food Science, 23, 100301.

Miller, S., Landis, A., and Theis, T. 2007. "Feature: Environmental Trade-offs of Biobased Production." Environmental Science and Technology 41(15), 5176–5182. https://doi.org/10.1021/es072581z.

Min B.R., Parker D.B., Brauer D., Waldrip H.M., Lockard C., Hales K.H., Akbay A., Augyte S. 2021. The Role of Seaweed as a Potential Dietary Supplementation for Enteric Methane Mitigation in Ruminants:

Challenges and Opportunities Animal Nutrition (Elsevier BV)-Vol. 7, Iss: 4, pp 1371-1387. https://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.10.003

Mouritsen, O.G. 2013. Seaweeds: edible, available and sustainable. Chicago, University of Chicago Press. 272 pp.

Mukherjee, A., and Patel, J. S. 2020. "Seaweed extract: biostimulator of plant defense and plant productivity." International Journal of Environmental Science and Technology 17(1), 553–558. https://doi.org/10.1007/s13762 -019-02442-z.

Nabti, E., Jha, B., and Hartmann, A. 2017. "Impact of seaweeds on agricultural crop production as biofertilizer." International Journal of Environmental Science and Technology 14(5), 1119–1134. https://doi.org/10.1007/s13762 -016-1202-1.

Pereira, L. 2016. Edible seaweeds of the world. Boca Raton, CRC Press. 463 pp. https://doi.org/10.1201/b19970

Pérez Lloréns, J.L., Hernández, I., Vergara, J.J., Brun, F.G. & León, Á. 2018. Those curious and delicious seaweeds: a fascinating voyage from biology to gastronomy. Cádiz, Spain, UCA Press. ISBN 978-84-9828-666-3

Pirian, K., Moein, S., Sohrabipour, J. et al. 2017. Antidiabetic and antioxidant activities of brown and red macroalgae from the Persian Gulf. Journal of Applied Phycology, 29: 3151–3159. https://doi.org/10.1007/s10811-017-1152-0

Praveena, R., and Muthadhi, A. 2016. "A Review on Application of Seaweed in Construction Industry." International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering 6(9), 139–144. https://dl.icdst.org/pdfs/files1 /b65b2b51ed1743d22d4a29cc05aae509.pdf.

Plastics Europe. 2022. "Plastics – the Facts 2022." October 2022. https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics -the-facts-2022.

Polat, S., Trif, M., Rusu, A., Šimat, V., Čagalj, M., Alak, G., Meral, R., Özogul, Y., Polat, A., and Özogul, F. 2021. "Recent advances in industrial applications of seaweeds." Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 1–30. https://doi.org/10.1080/10408398.2021.2010646.

Reynolds, D., Caminiti, J., Edmundson, S., Gao, S., Wick, M., and Huesemann, M. 2022. "Seaweed proteins are nutritionally valuable

components in the human diet." American Journal of Clinical Nutrition 116(4), 855–861. https://doi.org/10.1093/ajcn/nqac190.

Rhatigan, P. 2009. Irish seaweed kitchen: the comprehensive guide to healthy everyday cooking with seaweeds. Holywood, Ireland, Booklink. 288 pp.

Rodriguez-Navarro, A. J., Lagos, N., Lagos, M., Braghetto, I., Csendes, A., Hamilton, J., Figueroa, C., Truan, D., Garcia, C., and Rojas, A. 2007. "Neosaxitoxin as a local anesthetic: preliminary observations from a first human trial." The Journal of the American Society of Anesthesiologists 106(2), 339–345.

Rossignolo, J. A., Felicio Peres Duran, A. J., Bueno, C., Martinelli Filho, J. E., Savastano Junior, H., and Tonin, F. G. 2022. "Algae application in civil construction: A review with focus on the potential uses of the pelagic Sargassum spp. Biomass." Journal of Environmental Management 303, 114258. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114258.

Salehi, B., Sharifi-Rad, J., Seca, A. M. L., Pinto, D. C. G. A., Michalak, I., Trincone, A., Mishra, A. P., Nigam, M., Zam, W., and Martins, N. 2019. "Current Trends on Seaweeds: Looking at Chemical Composition, Phytopharmacology, and Cosmetic Applications." Molecules 24(22), 4182. https://doi.org/10.3390/molecules24224182.

Sands, J. 2022. "Seaweed as a Premium Natural Prebiotic for Dogs." Ocean Harvest Technology. https://oceanharvesttechnology.com/natural-prebiotic-dogs.

Saricam, C., Erdumlu, N., Silan, A., Dogan, B. L., and Sonmezcan, G. 2017. "Determination of consumer awareness about sustainable fashion." IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 254(17), 172024. https://doi.org/10.1088/1757-899X/254/17/172024.

Schleder, D. D., Blank, M., Peruch, L. G. B., Poli, M. A., Gonçalves, P., Rosa, K. V., Fracalossi, D. M., Vieira, F. do N., Andreatta, E. R., and Hayashi, L. 2020. "Impact of combinations of brown seaweeds on shrimp gut microbiota and response to thermal shock and white spot disease." Aquaculture 519, 734779. https://doi.org/10.1016/j .aquaculture.2019.734779.

Shannon, E. & Abu-Ghannam, N. 2019. Seaweeds as nutraceuticals for health and nutrition. Phycologia, 58(5): 563–577. doi: 10.1080/00318884.2019.1640533

Shrestha, S., Zhang, W., and Smid, S. D. 2021. Phlorotannins: "A review on biosynthesis, chemistry and bioactivity." Food Bioscience 39, 100832. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100832.

Sujeeth, N., Petrov, V., Guinan, K. J., Rasul, F., O'Sullivan, J. T., and Gechev, T. S. 2022. "Current Insights into the Molecular Mode of Action of Seaweed-Based Biostimulants and the Sustainability of Seaweeds as Raw Material Resources." International Journal of Molecular Sciences 23(14), 7654. https://www.mdpi.com/1422-0067/23/14/7654.

Thomas, S. 2023. "Extracted alginate from harvested brown seaweed aid in the fire resistance and acts as a natural binder of biocomposites made for sustainable building materials." Paper presented at the 24th International Seaweed Symposium (ISS), Hobart, Tasmania, Australia.https://iss2023.net/2022/08/17/extracted-alginate-from-harvested-brown-seaweed-aid-in-the-fire-resistance-and-acts-as-a-natural-binder-of-biocomposites-made-for-sustainable-building-materials.

Tinellis, C., ed. 2014. Coastal chef: culinary art of seaweed and algae in the 21st century. Ulladulla, Australia, Harbour Publishing House. 258 pp.

Veneza, R. 2021. "University of Waterloo students recognized for seaweed-inspired fire retardant." CTV News, August 25, 2021. https://kitchener.ctvnews.ca/university-of-waterloo-students-recognized-for-seaweed-inspired-fire -retardant-1.5561368.

Vijn, S., Compart, D. P., Dutta, N., Foukis, A., Hess, M., Hristov, A. N., Kalscheur, K. F., et al. 2020. "Key Considerations for the Use of Seaweed to Reduce Enteric Methane Emissions From Cattle." Frontiers in Veterinary Science 7. https://doi.org/10.3389/fvets.2020.597430.

Vincent, A., Stanley, A., and Ring, J. 2020. "Hidden champion of the ocean: Seaweed as a growth engine for a sustainable European future." Seaweed for Europe. https://www.seaweedeurope.com/hidden-champion.

Wan, A. H. L., Davies, S. J., Soler-Vila, A., Fitzgerald, R., and Johnson, M. P. 2018. "Macroalgae as a sustainable aquafeed ingredient." Reviews in Aquaculture 11(3), 458–492. https://doi.org/10.1111/raq.12241.

Wan-Loy, C. & Siew-Moi, P. 2016. Marine algae as a potential source for anti-obesity agents. Marine Drugs, 14(12): 222. doi: 10.3390/md14120222. PMID: 27941599; PMCID: PMC5192459.

Waters, T. J., Lionata, H., Prasetyo Wibowo, T., Jones, R., Theuerkauf, S., Usman, S., Amin, I., and Ilman, M. 2019. Coastal Conservation and Sustainable Livelihoods through Seaweed Aquaculture In Indonesia: A Guide for Buyers, Conservation Practitioners, and Farmers. Arlington, Virginia and Jakarta, Indonesia: The Nature Conservancy. https://www.nature.org/content/dam/tnc/nature/en/documents/Indonesia_Seaweed_Guide_FINAL.pdf.

Wassef, E. A., El-Sayed, A.-F. M., and Sakr, E. M. 2013. "Pterocladia (Rhodophyta) and Ulva (Chlorophyta) as feed supplements for European seabass, Dicentrarchus labrax L., fry." Journal of Applied Phycology 25(5), 1369–1376. https://doi.org/10.1007/s10811-013-9995-5.

Wasson, D. E., Yarish, C., and Hristov, A. N. 2022. "Enteric methane mitigation through Asparagopsis taxiformis supplementation and potential algal alternatives." Frontiers in Animal Science 3. https://www.frontiersin.org /articles/10.3389/fanim.2022.999338.

WorldGBC. 2019. Bringing embodied carbon upfront: Coordinated action for the building and construction sector to tackle embodied carbon. World Green Building Council (WGBC) Report. https://worldgbc.org/advancing-net-zero /embodied-carbon.

Xiao, X., Agusti, S., Lin, F., Li, K., Pan, Y., Yu, Y., Zheng, Y., Wu, J., and Duarte, C. M. 2017. "Nutrient removal from Chinese coastal waters by large-scale seaweed aquaculture." Scientific Reports 7(1). https://doi.org/10.1038/srep46613.

Yıldız, D. 2021. "Global Feed Additives Market and Trends." Feed & Additive Magazine, July 13, 2021. https://www.feedandadditive.com/global-feed-additives-market-and-trends.

Yuan, H., Song, J., Li, X., Li, N., and Dai, J. 2006. “Immunomodulation and antitumor activity of κ-carrageenan oligosaccharides.” Cancer Letters 243(2) 228–234. https://doi.org/10.1016/j.canlet.2005.11.032.

Zhang, J.Z., Tiller, C., Shen, J., Wang, C., Girouard, G.S., Dennis, D., Barrow, C.J., Miao, M. & Ewart, H.S. 2007. Antidiabetic properties of polysaccharide- and polyphenolic-enriched fractions from the brown seaweed Ascophyllum nodosum. Canadian journal of physiology and pharmacology, 85(11): 1116–23. doi: 10.1139/Y07-105. PMID: 18066114.

Zhao, Y., Li, B., Li, C., Xu, Y., Luo, Y., Liang, D., and Huang, C. 2021. “Comprehensive Review of Polysaccharide-Based Materials in Edible Packaging: A Sustainable Approach.” Foods 10(8), 1845. https://www.mdpi.com/2304 -8158/10/8/1845.

BÖLÜM 7

Su Ürünleri Üretiminde Ölçüm Takip ve Kayıt Sistemleri

Bülent Serdar YILDIRIM[1]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10123103

[1] Akuamaks Su ürünleri Denizcilik Medikal Tarım İthalat İhracat İmalat Teknik Hizmetler Şti. serdar@akuamaks.com

Giriş

Dünyada en hızlı büyüme rakamlarına sahip olan sektörlerden biri olan su ürünleri yatırımları, artan rekabet ve uluslararası ticaret koşullarında, pazar değerine sahip olan türler ve alternatif yeni türler için, hızla devam ediyor. Diğer taraftan su kaynaklarındaki azalma, çevresel faktörler, iklim değişikliği, su kullanımının sınırlandırılması etkileri, verim odaklı, kontrol altında, teknolojinin ve mühendisliğin kullanıldığı sürdürülebilir yetiştiricilik sistemleri kullanımını dahada zorunlu kılıyor.

Ölçüm takip ve kayıt sistemleri, ölçüm sonuçlarına göre, hayati önem taşıyan oksijen ve sıcaklık gibi bazı parametrelerin, tesisin bulunduğu ortam, teknik altyapı, donanım, olanak ve yeteneğine bağlı olarak kontrol edilmesine ve bu sayede, kuluçkahaneden, canlı balık nakil dönemine, büyütme ve hasat dönemine kadar optimum koşulların sürekli olarak korunarak, risklerin kontrol altında yönetildiği bir üretim yapılmasına olanak tanımaktadır.

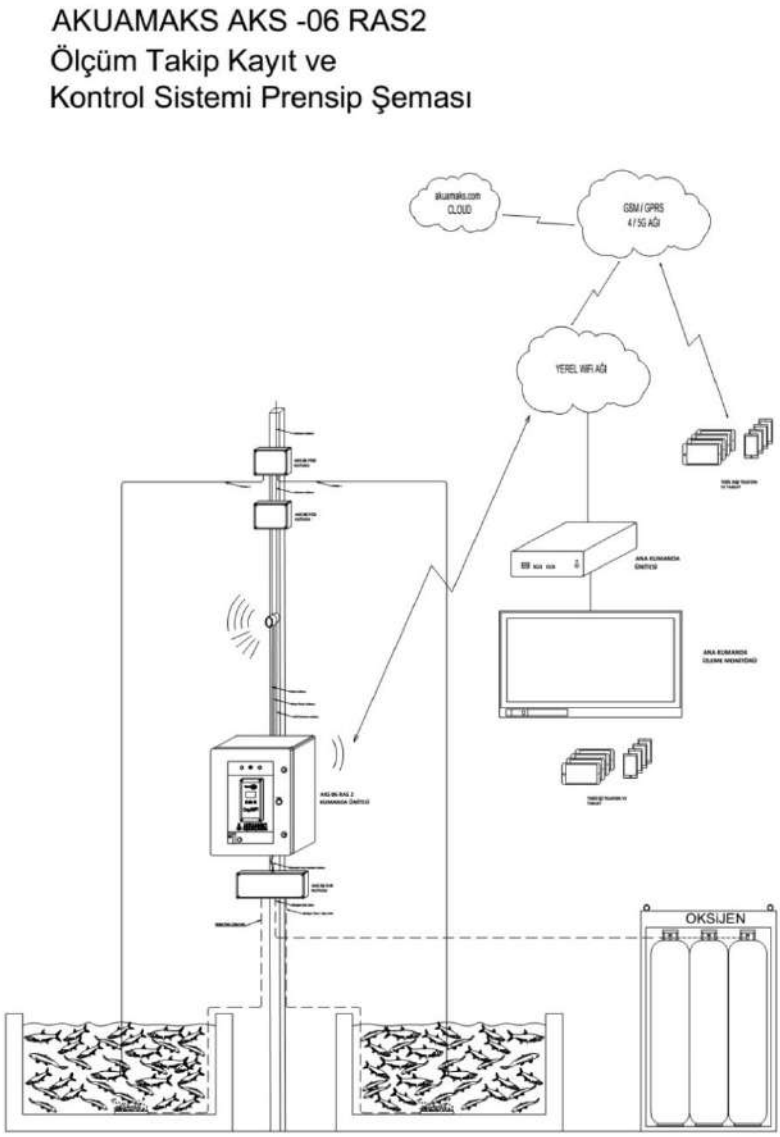
Su ürünleri yetiştiriciliği, yavru üretiminden hasat dönemine kadar, türlere ve hasat ağırlığına bağlı olarak aylar/yıllar süren bir üretim dönemini kapsamakta ve bu dönemde özellikle sarf yem maliyetleri, canlı stok kaybı riskleri, su kalitesinin bozulması neticesinde hastalık ve ölüm riskleri, hastalık kontrolü ve tedavisi için kullanılan ilaç ve dezenfektan maliyetleri, değişken pazar koşulları ve ağır rekabet koşulları işletme verimliliğini birebir etkilemektedir.

ÖLÇÜM TAKİP VE KAYIT SİSTEMİ NEDEN ÖNEMLİ VE GEREKLİ

1- Üretim tesisinin kurulacağı bölgedeki su kaynaklarının uygunluğu ve risklerinin değerlendirilmesi; tesis kurulumu öncesinde bölgesel etütler oldukça önemlidir. Değişken su parametreleri, kapasite ve uygunluk hesapları, işletme teknik yatırım altyapısı ve işletme maliyeti gibi çok önemli ve gerekli hesaplamalar bu sayede yapılabilir ve doğru kapasitede bir planlama, tesis kurulmadan gerçekleştirilebilir. Su parametrelerinin yeterli sürede izlenmemesi ve gerekli analiz ve hesaplamaların tesis kurulumu öncesi yapılmaması sebebi ile kurulum sonrasında proje kapasitesinin çok

altında çalışmak zorunda kalan, verimsiz ve sürdürülebilir olmayan birçok tesis, ticari kayıplara uğramış, rekabet edememiş ve kapanmıştır.

2- Artan kapasiteler; aynı su koşullarında kapasite artışı yanında risklerde barındırır. Yüksek kapasite kullanımında yani artan stoklama oranlarında su parametrelerinin izlenebilmesi ve kontrol edilebilir olması çok önemlidir.
3- Su kalitesindeki bozulma; Tesis kullanım suyundaki değişimler, canlı stoğu anlık etkilemektedir.
4- Sınırlı su kullanımı: su kullanımındaki sınırlandırmalar canlı stok üzerinde riskler barındırmaktadır.
5- Yemleme yönetimi; yemleme planlanması, yemlemenin verimli yapılması, gerektiğinde yemlemenin durdurularak yem kaybının önüne geçilmesinde ölçüm takip ve kayıt sistemi oldukça önem taşımaktadır
6- Üretim, transfer ve hasat planı
7- Hastalıkların kontrolü
8- Acil durum ve değişen su parametrelerine karşı işletme yönetimi
9- Balık refahı
10- Risklerin izlenip, risk kontrol yönetiminin uygulanması
11- Balık kaybının engellenmesi
12- Et kalitesi, fiziksel görünüm ve tat
13- Sürdürülebilir yetiştiricilik ve işletme yönetimi
14- İklim değişikliği risklerine karşı tesis su ortamının yıl boyu izlenmesi
15- Meteorolojik anlık değişimlerin takibi ve alarm yönetimi
16- Kontrollü yetiştiricilik
17- Kontrollü canlı nakil
18- Kontrollü hasat
19- Bir sonraki dönemin planlanması



Şekil 1. AKUAMAKS AKS-06 RAS 2 ölçüm takip kayıt ve kontrol sistemi prensip şeması

PARAMETRE ÖLÇÜM TEKNOLOJİSİ

Korozyona dayanıklı, optik teknoloji ile donatılmış ölçüm sensörleri kullanılmaktadır. Bu sensörler ölçüm sonuçlarını ana işlemciye iletirler. Ağır koşullara dayanıklı olan bu teknolojide, sensörler düzenli kontrol ve sensör temizliği ile uzun yıllar verimli bir şekilde çalışmaktadır.

VERİ İLETİM TEKNOLOJİSİ

Sensörlerden gelen ölçüm sonuçlarının iletim hatları üzerinden yerel tesiste anlık olarak takibi, bulut üzerinden anlık takibi, acil durum yönetimi, geçmiş kayıtlara ve alarm durumlarına ulaşılması, grafiksel analizler ve veri kayıtları çıktılarına olanak tanıyan yazılımlar ve donanımlar geliştirilmiştir. Bu sistemlerde, el tipi ölçüm cihazlarında olduğu gibi, kalibrasyon sorunları, personel kullanım zorunluluğu, meteorolojik koşullara bağlı kalınması ve kötü hava koşullarında ölçüm yapılamaması gibi dezavantajlar yoktur. İnsana bağımlı olmayan, tüm hava koşullarında sürekli ölçüm yaparak sonuçları ileten ve bu sayede izlenebilir bir yetiştiricilik sistemine imkân tanıyan bir teknolojidir.

ANLIK VE GEÇMİŞ VERİLERİN ANALİZ EDİLMESİ DEĞERLENDİRME

Anlık değerlerin izlenmesi ve değişen durum kontrolüne olanak tanır. Stok kaybı, yem kaybı önlenebilir, işletme kayıplarının önüne geçilebilir. Üretim planı, oksijen ve sarf yem tüketimi, transfer planlaması gibi stratejik önemli konularda veri kontrolü sağlanır.

KULUÇKAHANE, KAPALIDEVRE (RAS) VE SERBEST AKIŞLI KARASAL TESİSLERDE ÖLÇÜM TAKİP VE KAYIT SİSTEMİ UYGULAMALARI

Kuluçkahane, kapalı devre ve serbest akışlı karasal tesislerde, balıkların bulunduğu tank ve havuzlar, tesis giriş – çıkış su hatlarının sürekli izlenmesi, ölçüm sonuçlarının iletilmesi, optimum su değerlerinin tanımlanması, alarm limitlerinin tanımlanması, optimum değerlerin altına inildiğinde, kontrol donanımı sayesinde otomatik olarak müdahale ve optimum değerlerin korunması, alarm durumlarında ilgili birimlere alarm ölçümünün iletilmesi ve ikazı sayesinde acil durum yönetimine olanak tanıması sayesinde kontrollü ve verimli bir üretim gerçekleştirilir.

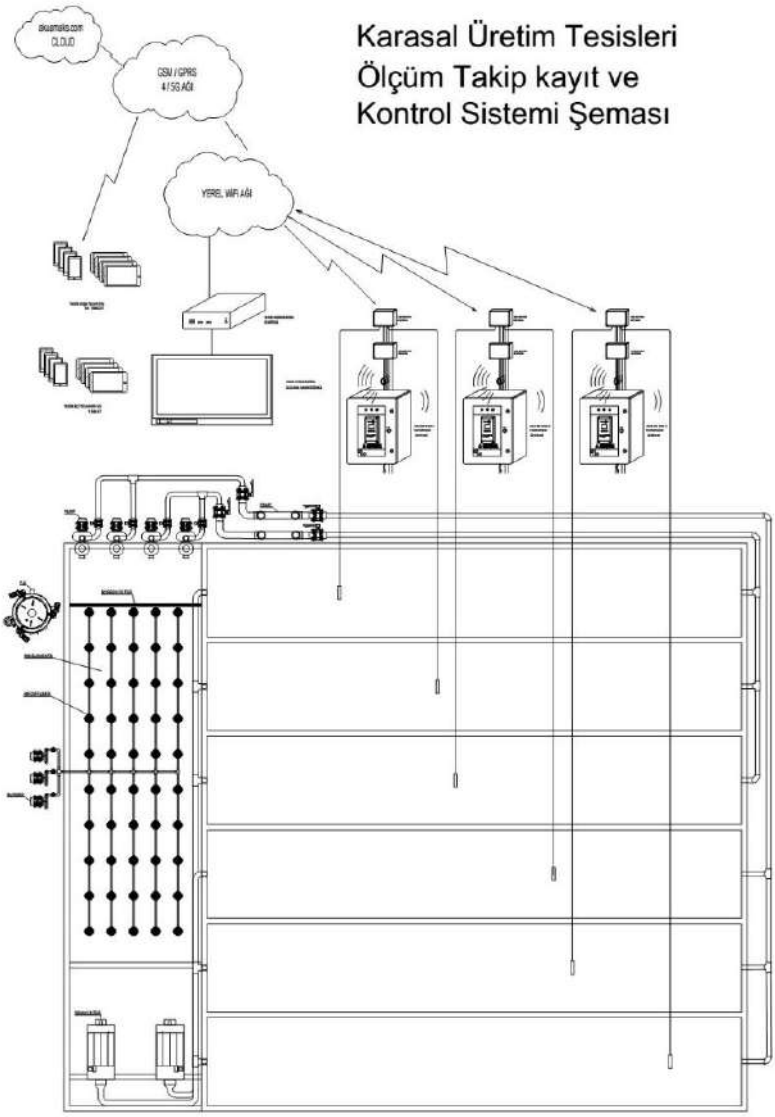
Karasal su ürünleri üretim tesislerinde ölçüm takip ve kayıt sistemi, kontrol donanımı ile beraber aşağıdaki şekilde çalışmaktadır;

- Tesis içerisinde yerel bir wifi ağı oluşturulur.
- Balık üretim tanklarının yakınında, IP65 koruma sınıfına sahip kumanda ünitesi konumlandırılır.
- Kumanda ünitesi, enerji besleme, iki adet optik prob, iki adet selenoid vanalı oksijen besleme donanımı ile, iki ayrı balık tankında ölçüm takip kayıt ve kontrol sisteminin ilk basamağını oluşturur.
- Her bir kumanda ünitesi, tesis içinde oluşturulan wifi ağı sayesinde, kablosuz olarak ana kumanda ünitesine bağlıdır. Tüm ölçümler, alarm durumları, oksijen besleme durumları anlık olarak ana kumanda ünitesine kablosuz olarak aktarılır.
- Tesis wifi ağı içerisinde, yetkili personel, akıllı telefon ve tabletleri üzerinden sisteme bağlanıp tüm tankların anlık durumlarını izleyebilir, prob kalibrasyonlarını yapabilir, alarm ve optimum ölçüm limitlerini programlayabilir.
- Ana kumanda ünitesi yerel wifi ağı üzerinden kablosuz olarak gelen tüm tankların verilerini anlık olarak ana ekranda görüntüler. Sahip olduğu yazılım sayesinde, anlık ve geçmiş ölçüm sonuçları, devam eden ve geçmiş alarm durumları görüntülenebilir, grafik analizleri yapılıp excel formatında çıktılar alınabilir.
- Yazılım ve donanım teknolojisi ile, tüm ölçüm sonuçları, anlık değerler, geçmiş değerler, alarm durumları, gün -saat-dakika bazında bulut a aktarılır. Yetkili kullanıcılar, Dünya üzerinde herhangi bir yerden, istedikleri anda, internet bağlantılı akıllı telefon, tablet ve bilgisayar aracılığı ile sayfalarına bağlanıp ölçüm takip kayıt ve kontrol verilerine ulaşabilir, tank bazında veya tüm tankların anlık ve geçmiş tüm verilerini analiz edebilir, gerekli kontrolleri ve izlemeyi yapabilirler.
- Tanklarda bulunan optik problar, sürekli ölçüm yaparak ölçüm sonuçlarını tank grubu başında bulunan, IP65 koruma sınıfına sahip kumanda ünitesine aktarırlar.
- Kumanda ünitesi üzerindeki ekranda ölçüm sonuçları anlık olarak görünür.

- Kumanda ünitesi bünyesindeki ana işlemci sayesinde alt ve üst alarm ölçüm limitleri, optimum ölçüm limitleri değerleri tanımlanır.
- Tanımlanan alarm limitleri ölçüldüğünde, ana işlemci ekranında hangi tankta alarm durumu olduğu görünür. Aynı anda kumanda ünitesi üzerinde yer alan ışıklı ve sesli alarm ikaz lambası yanarak tesisteki ekibi ilgili tanklara yönlendirir. Bir durum örneği ile açıklayacak olursak, Optimum çözünmüş oksijen seviyesi 10 ppm olarak programlanmış olan bir balık üretim tankında, balık gramajı, stoklama miktarı, su debisi, su sıcaklığı, yemleme programı, hastalık tedavi uygulaması, karantina uygulaması ve üretim ekibinin karar verdiği herhangi bir risk hesaplamasından dolayı, çözünmüş oksijenin alt seviyesi 6 ppm ve üst seviyesi 12 ppm olarak programlanmış ise, ölçüm değeri bu limitlere ulaştığı anda, hem sesli hem ışıklı alarm ikazı aynı anda devreye girer. Ayrıca sisteme tanımlanmış olan e-posta adreslerine anında alarm ikaz bilgisi, tank numarası, tarih saat bazında gönderilir. Bu sayede ilgili personelin alarm durumuna derhal müdahale olanakı sağlanmış olur.
- Kumanda ünitesi üzerinde oksijen besleme girişi, solenoid vana donanımı ve oksijen besleme çıkışı bulunur. Besleme çıkışı üzerinden her tanka, tankta mevcut olan oksijen besleme hatlarından ayrı olarak bir oksijen difuzeri yerleştirilir. Bu hat normalde oksijen beslemesi yapmadan hazır konumda bekler. Ölçüm değeri, tanımlanmış olan optimum seviyenin altında ölçüldüğü anda, sistem otomatik olarak solenoid vanayı açar ve tanktaki difuzer hattına oksijen beslemesi yapar. Bu işlem, ölçüm değeri programlanmış olan optimum seviyeye ulaşana kadar devam eder. Optimum seviye ölçüldüğünde sistem otomatik olarak solenoid vanayı kapatır. Bu sayede gerektiğinde devreye girip çıkarak tank içerisindeki optimum çözünmüş oksijen seviyesi korunmuş olur. Bir yandan da gereksiz oksijen sarfiyatının önüne geçilerek hem yüksek oksijenin yaratacağı risklerden hem de oluşacak maliyetten koruma sağlanmış olur. Bir durum örneği ile açıklayacak olursak, tank içerisinde programlanmış olan optimum çözünmüş oksijen seviyesi 10 ppm (mg/l) olan bir üretim tankında, yemleme esnasında, balıkların stres faktörü ile oksijen tüketimini arttırması neticesinde, su debilerinde düşme olduğu anda, mevcut

oksijen besleme hatlarında bir sorun oluştuğunda ve yetersiz oksijen beslemesi olduğunda veya herhangi bir sebepten tank içinde çözünmüş oksijen seviyesi optimum değer olan 10 ppm in altına düştüğünde (örneğin 9 ppm ölçüldüğünde) Kumanda ünitesi, otomatik olarak solenoid vanayı açar ve kendi hattından tanka oksijen vermeye başlar. Bu işlem ölçüm değeri 10 ppm e ulaşıncaya kadar devam eder. 7/24 çalışan bu sistemde, gerekli her durumda oksijen beslemesi otomatik olarak gerçekleştirilir.

Şekil 2. AKS-RAS 2 ölçüm takip kayıt ve kontrol sistemi kumanda ünitesi



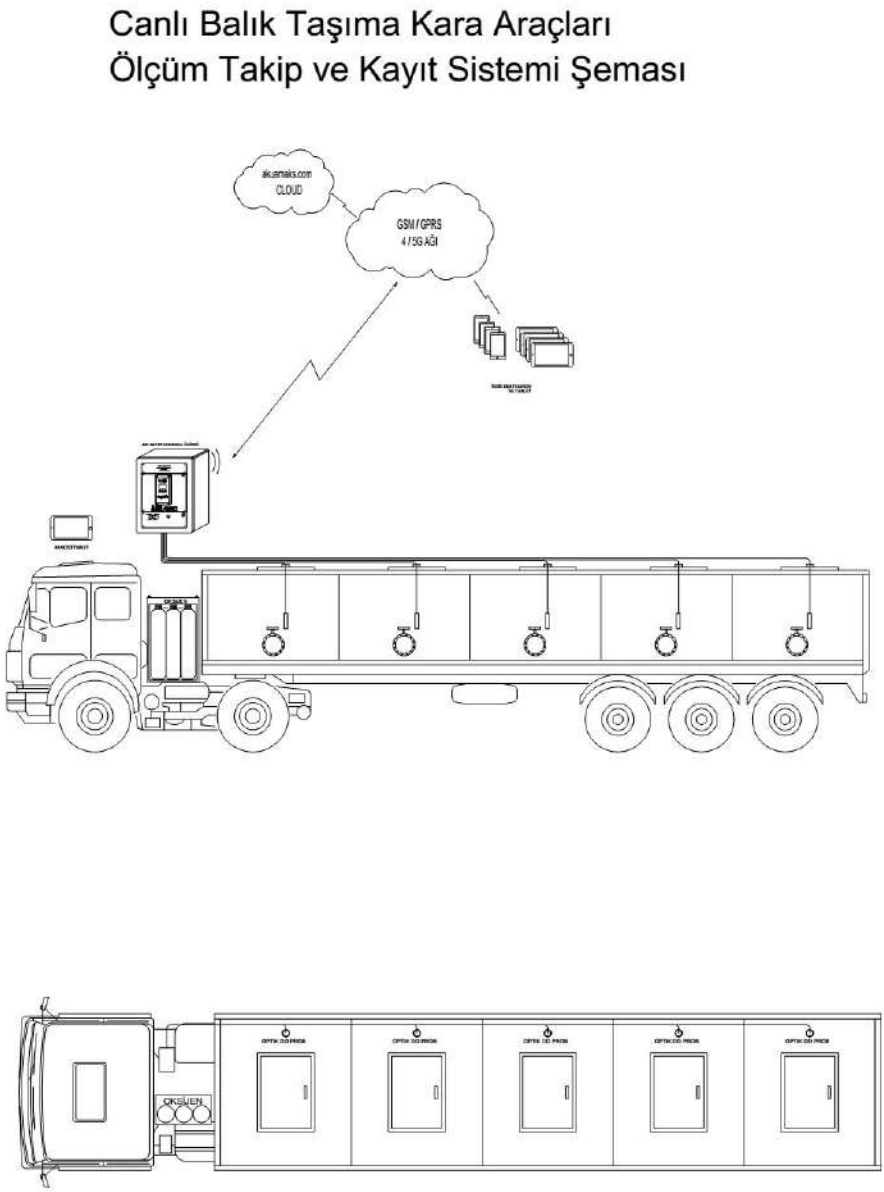
Şekil 3. Karasal üretim tesisleri ölçüm takip kayıt ve kontrol sistemi şeması (Orijinal)

CANLI BALIK NAKLİNDE ÖLÇÜM TAKİP VE KAYIT SİSTEMİ UYGULAMALARI

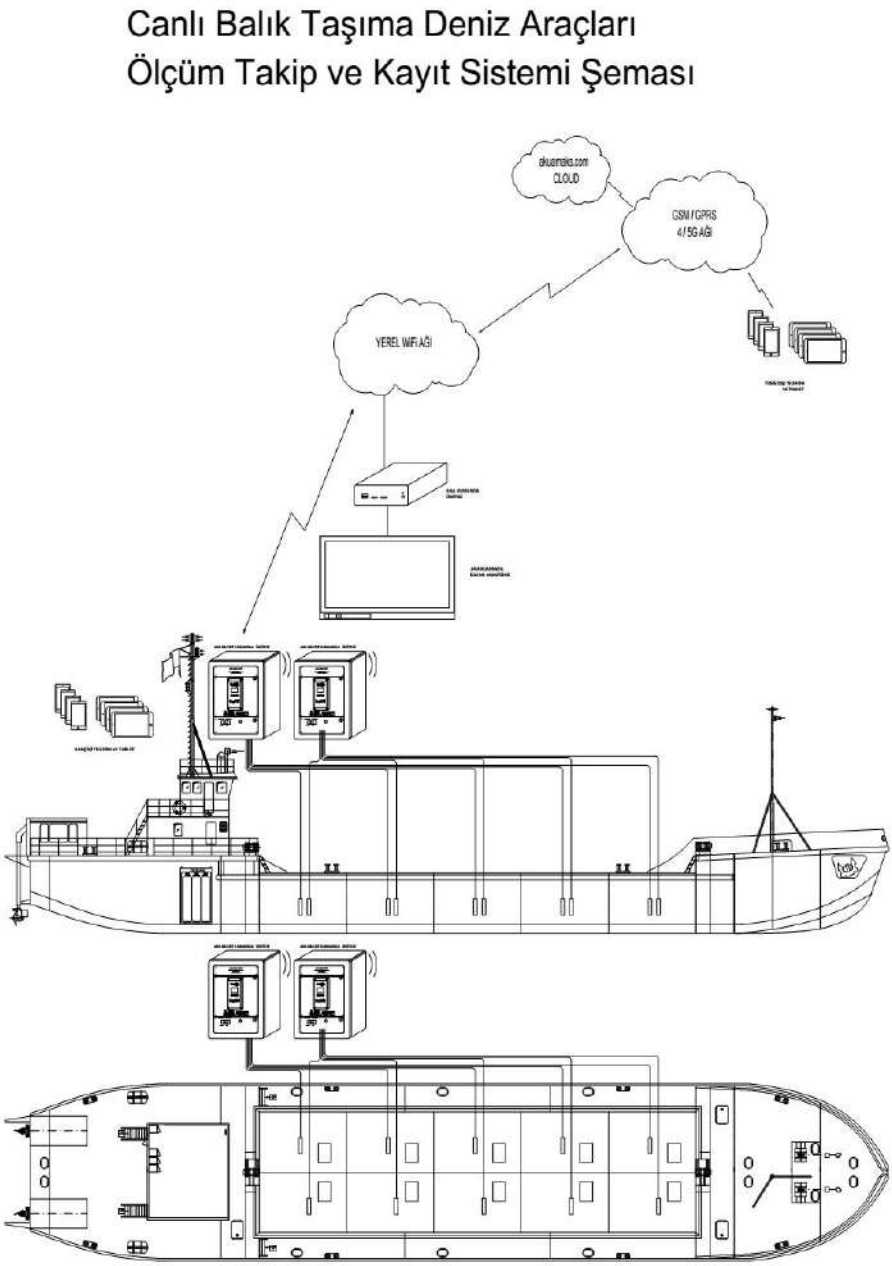
Canlı balık nakil tankları taşıyan kara ve deniz taşıtlarında, canlı olarak nakledilen yavru ve ileri gramajdaki balıklar önemli bir ticari değere sahiptir. Sevkiyat süresince özellikle çözünmüş oksijen seviyesi kontrolü ve çözünmüş oksijen değerinin emniyet limitlerinde tutulması, balık kaybının önüne geçilmesi açısından hayati önem taşır. Belirli bir ticari değere sahip olan bu balıklar nakil sonrası konulacakları tesiste, hasat a kadar sürecek yetiştiricilik sürecinin ilk adımını oluşturur. Bu süreçte yaşanacak kayıplar, işletmenin verimliliği ve başarısını direk etkilemektedir.

Canlı balık bulunan her tankta, çözünmüş oksijen ve sıcaklık ölçen bir optik prob bulunur. Burada ölçülen değerler anlık olarak, wifi ağı ile kara taşıtlarında şöför mahallinde, deniz taşıtlarında kontrol kamarasında bulunan tablet ekranına iletilir. Tablet üzerinde bulunan data hattı ile ölçüm verileri bulut a aktarılarak, Dünya üzerindeki herhangi bir yerden, internet bağlantısı olan, akıllı telefon, tablet ve bilgisayar ile yetkili kullanıcılar sistemlerinin sayfasına bağlanır ve anlık değerleri uzaktan izleyebilirler. Sistemde bulunan konum vericisi ile aracın yeride anlık olarak takip edilebilir.

Ölçüm takip ve kayıt sistemine eklenebilen kontrol donanımı ile, tank içerisindeki çözünmüş oksijen seviyesi limit değerin altına düştüğünde, oksijen hattı ile beslenmiş olan selenoid vana donanımlı oksijen difuzeri ile oksijen beslemesi yapılarak limit değerlere ulaştırılır. Limit değere ulaşınca sistem solenoid vanayı otomatik olarak kapatır. Bu sayede hem oksijen tasarrufu yapılır hemde tank içerisinde optimum çözünmüş osijen seviyesi kontrol edilmiş olur. Alt ve üst oksijen ölçüm alarm değerleri tanımlanarak alarm değeri ölçüldüğünde anında ilgili personele alarm mesajı iletilir. Bu sayede personelim alarm yönetimi uygulaması ve anında tanka müdahale etmesi sağlanır.



Şekil 4. Canlı balık taşıma kara araçları ölçüm takip ve kayıt sistemi şeması (Orijinal)



Şekil 5. Canlı balık taşıma deniz araçları ölçüm takip ve kayıt sistemi şeması (Orijinal)

KAFES YETİŞTİRİCİLİK TESİSLERİNDE ÖLÇÜM TAKİP VE KAYIT SİSTEMİ UYGULAMALARI

Barajlar, nehirler, denizler ve okyanuslardaki kafes tesislerinde kafesin üst borusuna bağlanan ve enerjisini, üzerindeki solar panelden alan, tüm hava koşullarına dayanıklı ve 7/24 çalışan sistemlerdir. Bu sistemde IP68 koruma sınıfına sahip gövde içerisinde bulunan elektronik işlemci, optik prob dan gelen verileri düzenli olarak, yaklaşık her on dakikada bir bulut a gönderir.

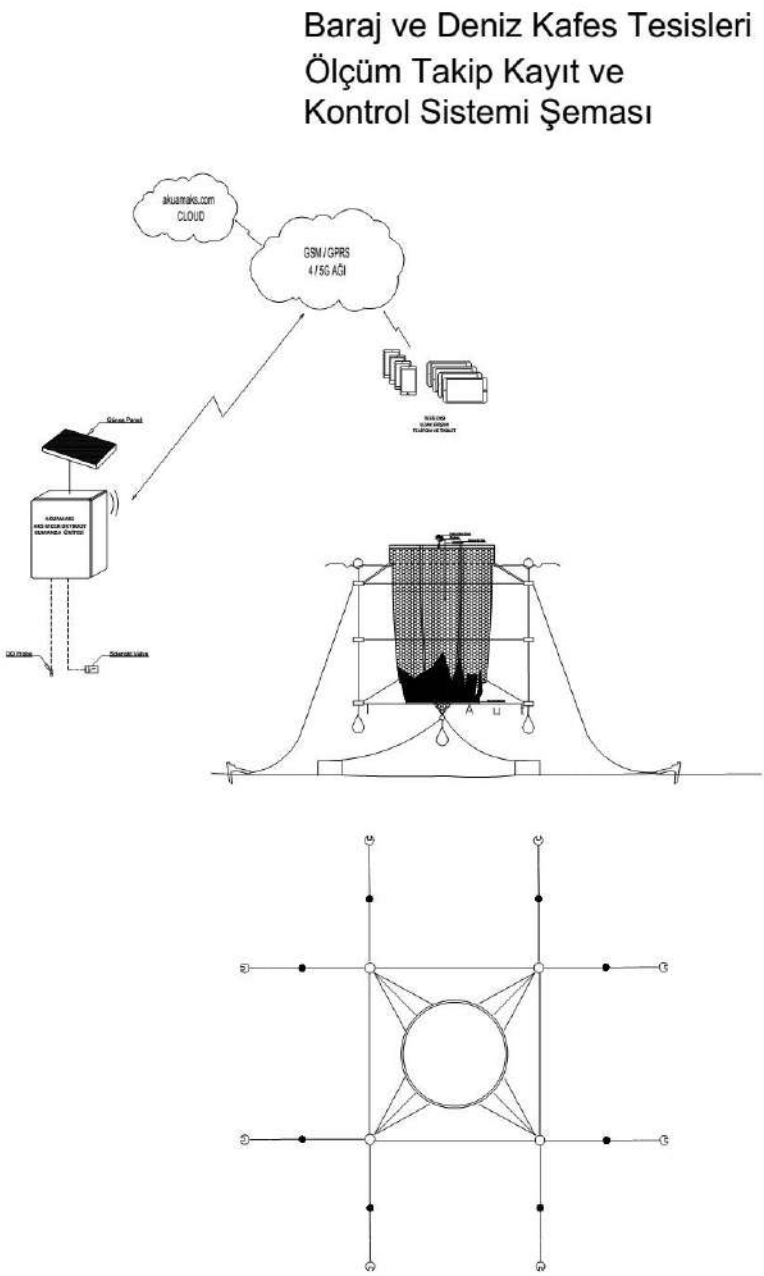
Konum donanımı ile sistemin bulunduğu uydu koordinatları, enlem ve boylam verisi olarak ölçüm verileri ile bulut a gönderilir.

Güneş enerjisi ile çalışıyor olması sebebi ile başka bir enerji kaynağına ihtiyaç duymadan, besleme tesisatı gerektirmeden kolayca kafes üst borusuna monte edilebilen bu sistemler tüm hava koşullarında, insana bağımlı olmadan görevini yerine getirmektedir.

Sahip olduğu yazılım sayesinde, bulut üzerinden optimum ölçüm değeri, alt ve üst alarm limiti değerleri programlanabilir, uzaktan kalibrasyon ve sistem kontrolü yapılabilir.

Kafes üst borusu üzerine monte edilen kontrol ünitesinden, kafes içine yada dışına indirilen optik prob ile standart olarak çözünmüş oksijen, sıcaklık ve satürasyon değerleri anlık ölçülür ve elektronik işlemciye gönderilir. Sezon boyunca, kafes tesisi yönetim ekibinin değerlendirmesine göre aynı yada, prob mesafesine bağlı olarak farklı derinliklerde yapılabilen ölçümler ile, transfer dönemi planı, balık stok yoğunluğu, yemleme planı, hasat planı başta olmak üzere acil durum yönetimi ve uygulamaları için analizler yapılmaktadır.

Son dönemlerde, iç su ve denizlerde, ani değişen oksijen düşüşü ve buna bağlı risklere karşı, kafes oksijen kontrol sistemleri geliştirilmiştir. Kafes altına yerleştirilen, oksijenlendirme ekipmanları, karasal sistemlerde olduğu gibi oksijen veya havalandırma hatları ile beslenmiş ve optimum değerin altı ölçüldüğünde otomatik olarak kafes içerisinde, ölçüm takip kayıt ve kontrol sistemleri sayesinde oksijenlendirme görevi görmektedir.



Şekil 6. Baraj ve deniz kafes tesisleri ölçüm takip kayıt ve kontrol sistemi şeması (Orijinal)

Şekil 7. Baraj ve deniz kafes tesisleri ölçüm takip kayıt sistemi uygulaması (Orijinal)

Şekil 8. Canlı balık taşıma kara araçları ölçüm takip ve kayıt sistemi uygulaması

(Orijinal)

Şekil 9. Deniz kafes tesisleri ölçüm takip kayıt sistemi uygulaması (Orijinal)

Sonuç

Bu bölümde, endüstriyel akvakültürdeki mekanizasyonun evrimini inceledik ve bu dönüşümün nasıl gerekli ve vazgeçilmez bir unsura dönüştüğünü gördük. Mekanizasyon, sadece verimlilik ve ekonomik sürdürülebilirlik açısından değil, aynı zamanda gıda güvenliği ve çevresel

sürdürülebilirlik açısından da kritik bir rol oynamaktadır. Gelecekte, teknolojik gelişmelerin ivme kazanmasıyla birlikte, akvakültür sektörü daha da yenilikçi hale gelecek. Akıllı sensörler, veri analitiği ve yapay zeka gibi teknolojiler, su ürünleri üretimini daha etkili ve çevre dostu hale getirecek. Ancak bu ilerlemelerle birlikte, etik düşünceler ve sürdürülebilirlik ilkeleri de daha da önem kazanacak. Akvakültürün geleceği, hem endüstriyel büyüme hem de doğal kaynakları koruma arasında bir denge bulma çabalarımıza bağlı olacaktır. Sonuç olarak, bu kitap, akvakültürün tarihini ve mekanizasyonunun bu sektördeki önemli rolünü anlamak isteyen herkes için bir rehberdir. Umarız, su ürünleri endüstrisindeki bu heyecan verici dönemde, sürdürülebilirlik ilkesini benimsemek ve teknolojik gelişmeleri akıllıca kullanmak, gelecekteki nesillere daha sağlıklı ve daha sürdürülebilir bir dünya bırakmamıza yardımcı olacaktır.

KAYNAKÇA

Anonim 2023. https://www.akuamaks.com/tr

BÖLÜM 8

Su Ürünleri Beslemede Nano-Partikül Maddelerin Kullanımı

Öğr. Gör. Dr. Ilgın ÖZŞAHİNOĞLU[1]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10123122

[1] Çukurova Üniversitesi, Adana Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Adana, Türkiye. i.ozsahinoglu@gmail.com, Orcid ID: https://orcid.org/0000-0002-3341-4061

Giriş

Nanoteknoloji, nanopartikül bazlı (1-100 nm) organik ve inorganik malzemelerle ilgilenen yükselen bir teknolojidir. Bu teknoloji, ilaç, nükleer enerji, yakıt ve enerji, elektronik ve biyomühendislik gibi çeşitli endüstriyel sektörlerde hayati bir role sahip olmakla birlikte insan, hayvan, bitki ve çevre sağlığı açısından da potansiyel uygulamalara sahiptir. Nanomateryal uygulamaları biyolojik ve doğal alanların birçok alanını kapsayabilmesine rağmen, su ürünleri yetiştiriciliği alanında sınırlı bilgi mevcuttur. Günümüzde su ürünleri yetiştiriciliği sektörü, insan beslenmesinde hayvansal protein ihtiyacının karşılanması için en zorunlu alandır ve su ürünleri yetiştiriciliğinde hastalık salgınlarının yanı sıra sucul çevre kirleticileri de sağlıklı su ürünleri üretiminde önemli engellerdir. Mevcut derleme, su ürünleri yetiştiriciliği alanında su hayvanlarının beslenmesinin yanı sıra antimikrobiyal, antibiyofilm ve fotokatalitik ajanlar gibi çeşitli uygulama türlerini geliştirmek için kullanılan nanopartiküllerin inor-ganik formları hakkında daha spesifik bilgiler sunarken, su ürünleri yetiştiriciliği endüstrisinde nanoteknolojinin yönünü aydınlatmayı amaçlamaktadır. Çok sayıda inorganik nanopartikül ve bunların hayvan yemi olarak ve su arıtımı için kullanımı kapsamlı bir şekilde açıklanmıştır. Su ürünleri yetiştiriciliğindeki potansiyel riskleri de sunulmuş ve tartışılmıştır. Akuakültür nanoteknoloji uygulamalarının önümüzdeki yıllarda balık sağlığının iyileştirilmesine, zararlı mikropların kontrolüne ve su ürünlerinin nano dağıtımına katkıda bulunması beklenmektedir.

Nanoteknoloji, yenilikçi beklentilere elverişli anahtar erişim olarak somutlaşmıştır. Nanoteknoloji, farklı kaynak yüzeyleri aracılığıyla nano boyutlardaki (1-100 nm) unsurları ilerletme ve kontrol etme disiplinidir (Matteucci ve ark, 2018,Shaalan ve ark, 2016). Günümüzde nanoteknoloji, bilgi teknolojisi, enerji, çevre bilimi, tıp, iç güvenlik, gıda güvenliği ve ulaşım gibi birçok teknolojinin ve endüstri sektörünün iyileştirilmesine ve geliştirilmesine yardımcı olmaktadır (Mobasser ve ark, 2016).Su ürünleri yetiştiriciliğinde, nanoteknolojideki ilerleme mikronütrient dağıtımı, yem üretimi ve su hayvanlarının büyümesinin desteklenmesinde önemli bir role sahiptir (Khosravi ve ark,2017). Son zamanlarda, nanoteknoloji tarımla ilgili alanlarda, özellikle de su ürünleri yetiştiriciliği ve balıkçılık sektöründe büyük bir farkındalık kazanmıştır. Literatüre göre, nanoteknolojinin besin takviyelerinin hazırlanması, gen iletimi, tedavi edici faktörler, su arıtma ve

koruma gibi alanlarda faydalı olduğu kanıtlanmıştır (Dar ve ark, 2020). Nanoteknolojinin uygulanması, hastalıkların tespit edilmesini ve patojenlere karşı önlem alınmasını desteklemenin yanı sıra su ürünleri yetiştiriciliğinin kalitesini de artırmaktadır. Bu nedenle, balık sağlığını iyileştirmesi, sudaki zararlı mikropları etkili bir şekilde kontrol etmesi ve su ürünlerini nano olarak dağıtması beklenmektedir (Muruganandam ve ark, 2019). Ayrıca, geliştirilmesi balık paketleme teknikleri için yararlı olmakla birlikte, balıklarda besin alımını artırmanın yanı sıra lezzet, koku, doku ve tat kalitesini iyileştirmek için de kullanılmaktadır.

Nanoteknoloji ayrıca biyoyararlanımı (fonksiyonel faktörler) iyileştirmek, antimikrobiyalleri ambalajda mikro kapsüllemek, bozunma sürecini azaltmak ve ince bileşenlerin stabilitesini ve raf ömrünü artırmak için de savunulmaktadır. Buna ek olarak, nanopartiküller (NP'ler) mikrobiyal dirençli yüzeyler oluşturabilen bakteriyostatik özelliklerle karakterize edilir. Örneğin, gümüş (Ag) NP'ler patojenlerin büyümesini desteklemek ve tarımsal gıda endüstrilerinin çeşitli sektörlerinde et ürünlerinin raf ömrünü artırmak için kullanılmıştır (Dar ve ark,2020; Ogunkalu, OA. 2019). Ayrıca, nanoteknoloji su ürünleri yetiştiriciliğinde su kirliliğiyle başa çıkmak için en etkili ve verimli araçlardan biridir ve böyle bir teknoloji, su arıtma işlemi için daha az toksik, uygun maliyetli, çevre dostu bir yöntemdir (Ye ve ark,2016). Örneğin, manyetik konjak-glukomannan aerojelleri geliştirmek için yeşil sentez yöntemi, yeraltı sularındaki arsenik kirliliğini ortadan kaldırmak için kullanılmaktadır.Bununla birlikte, ilaç dağıtımı ve yem katkı maddelerinde yer alan NP'lerin en önemli işlevi, biyolojik süreçte hücre zarından geçmek için biyolojik alt-durumlar olarak yetenekleridir.

NP'ler öncelikle belirli bir pato-gen antijenini hedeflemek ve hücresel düzeyde replikasyon sürecini bastırmak için eklenir. Bu işlev, hücre yoluyla farklı türde tepkilere yol açmış ve balıkların ölüm oranını azaltmıştır. Ayrıca, çeşitli NP türleri farklı yollardan antijen sunan hücreye girme ve antijene karşı bağışıklık tepkilerini uyarma yeteneğine sahiptir(Delgado, CL. 2020; Kwasek ve ark, 2020). Karbon nanotüpler, biyolojik olarak parçalanabilir polimerler, nanolipozomlar ve bağışıklık uyarıcı kompleksler gibi çeşitli nanomalzeme türleri balık aşısı için kullanılmaktadır.

Diyet uygulaması, balık yetiştirme tekniklerinde en çok kabul gören yöntemdir. Aslında, çeşitli takviyelerin balıkların bağışıklık sistemini

geliştirebildiği veya hastalıkların şiddetini kontrol edebildiği gösterilmiştir (Menanteau ve ark,2015; Menanteau ve ark, 2017). Tüm eser elementlerin kültür hayvanlarının bağışıklık sisteminde belirli bir rolü vardır.

Bununla birlikte, çinko (Zn), manganez (Mn), bakır (Cu) ve selenyum (Se) gibi bazı temel mineraller, yabancı faktörlerin detoksifikasyonuna yardımcı olan bağışıklık sistemi ile ilişkilidir ve bu sistemi geliştirir veya düzenler (El Basuini ve ark,2017).Se, Zn ve Mn gibi farklı nanomateryallerin diyet takviyeleri genellikle çipura balığının (Sparus aurata) stres direncini artırmak ve kemik mineralizasyonu için kullanılmaktadır (Izquierdo ve ark, 2017). Ayrıca, NP'lerin çeşitli sektörlerdeki artan uygulamaları, çevredeki akıbetleri ve canlı organizmalar üzerindeki etkileriyle ilgili yeni zorluklara yol açmaktadır(Bundschuh ve ark, 2018). Ayrıca, NP'ler, kütle formlarına kıyasla canlı mikroorganizmalar üzerinde daha fazla toksik etkiye neden olmuştur.

Bunun yanında, NP'lerin çeşitli sektörlerdeki artan uygulamaları, çevredeki akıbetleri ve canlı organizmalar üzerindeki etkileri ile ilgili yeni zorluklara yol açmaktadır. Ayrıca, NP'ler, kütle formlarına kıyasla canlı mikroorganizmalar üzerinde daha fazla toksik etkiye neden olmuştur (Abbas, WT.2021). Antimikrobiyal ve fotokatalitik aktiviteler, anti-biyo-kirlenme, su arıtma ve su ürünleri yetiştiriciliği uzmanlığında sucul hayvan besleme gibi farklı uygulama türlerini geliştirmek için kullanılan farklı NP'lerin inorganik formları ve bu formların, kullanımlarının faydalarını ve potansiyel risklerinin olduğu belirtilmiştir.

1.Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde İnorganik Nanopartiküllerin Faydaları

Yemlerde kullanılan inorganik Nano partikül takviyesi suda yaşayan canlıların besin değerlerini etkilediği ve büyüme performansını iyileştirmede yardımcı olduğu kanıtlanmıştır Kızıldeniz çipurası (Pagrus major) ve yavru ot sazanı (Ctenopharyngodon idella) gibi balık türlerinde bağışıklık, hayatta kalma ve enfeksiyon direnci yüksek oran da arttırdığı bildirilmiştir (El Basuini ve ark, 2016; Faiz ve ark, 2015).

NP'lerin işlenmesi vitaminlerin ve karotenoidlerin çözündürülmesi için faydalıdır su ürünleri yetiştiriciliğinde besin takviyelerinin biyoyararlanımının artırılması. Aslında, akuakültür yemlerine dahil edilen mikro besinlerin nano

ölçekli boyutlarda hücrelere daha verimli bir şekilde nüfuz edebildiği belirtilmiştir(Mobasser ve ark, 2016).

1.1. Yem Katkı maddeleri

1.1.1. Çinko (Zn) kullanımı

Zn, birçok metabolik durumda, proteinde ve diğer maddelerde önemli bir elementtir. Optimal doz kullanıldığında farklı balık türlerinin bağışıklık sisteminde vücut ağırlığında büyüme oranında özellikle Afrika yayın balığı (Clarias gariepinus), Mrigal (Cirrhinus Mrigala) gibi türlerde vücut direncini arttırdığı bildirilmiştir(Ru ve ark, 2021; Rajan ve ark,2021).

1.1.2. Fe (Demir) kullanımı

Suda yaşayan hayvanlarda demir kullanımı birçok fizyolojik olayda önemli bir rol oynamaktadır .Redoks reaksiyonlarında ve elektron taşınımında, büyüme hızı ve yağ asidi metabolizmasına etkileri olduğu bildirilmiştir. Örneğin goldenfish'le yapılan 60 günlük çalışmada yemlere (0,5 g/kg) Fe/Np kulanımın balığın alakalin fosfat aktivitesinde ve büyüme performansında gelişim gösterdiğidiğer bir çalışmada ise Fe eksikliğinin dere alabalığı (Salvelinus fontinalis) ve adi sazanda (Cyprinus carpio) büyümede ve metabolik hızda olumsuz etkileri olduğunu bildirmişlerdir(Kawatsu H,1972; Sakamato, S, 1978; Akbary ve ark,2019).

1.1.3.Au (Altın) Kullanımı

Au-NP'ler yaygın su kaynaklı hastalıklara karşı güçlü antibakteriyel ajanlardır. Escherichia coli ve Salmonella typhi gibi patojenler e karşı Au-NPs (5 nm) formunun kullanılması sonucu bu patojenlerin . %90-95'inin ortadan kaldırılmasında etkili olduğu bildirilmiştir(Lima ve ark,2013).

1.1.4.Mg (Magnezyum) kullanımı

Magnezyum (Mg) enzimlerin aktivasyonunda önemli bir rol üstlenmektedir. Hücre içi ve hücre dışı homeostazın korunması, hücre içi ve hücre dışı fosfat gruplarını ve ATP'ye bağlı iyon pompalarını kontrol eder. Bağışıklık mekanizmasında kilit rol oynamaktadır(Mir ve ark, 2022).

1.1.5.Se (Selenyum) Kullanımı

Se, protein aracılığıyla suda yaşayan hayvanların fizyolojisinde hayati bir rol oynar. Biyosentezi, antioksidan aktiviteleri ve bağışıklık fonksiyonların

da büyümeyi, yem verimliliğini, doğurganlığı arttırdığı bildirilmiştir. 64 Se-NP'lerin birçok balık türü içi,n balığın büyümesine kas kütlesinin artmasına katkısı olduğu gözlemlenmiştir (Khalil ve ark,2023).

2. Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde İnorganik Nanopartiküllerin Potansiyel Riskleri

İnorganik NP'lerin su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanımı, doğrudan hayvan beslenmesinde veya takviye olarak ya da dolaylı olarak su ve atık sudaki kirleticilerin ayrıştırıcı ajanları olarak belirgin faydalar sunmaktadır. Bu tür işlevler, inorganik NP'lerin benzersiz özellikleri, daha yüksek yüzey alanı, daha yüksek çözünürlük, sistemik aktivitenin indüklenmesi, daha yüksek hareketlilik ve yüksek biyoyararlanım ile ilgili etkinlik nedeniyle hastalık kontrolü, anti-biyo-kirlenme, su arıtma ve su beslenmesi yoluyla su sağlığının korunmasını sağlar (Auffan ve ark, 2009; Manjunatha ve ark,2016). Bununla birlikte, uygulamaları doza bağlı toksisite ve düşük biyolojik parçalanabilirlik ile ilişkili potansiyel riskler sunar (Sengul ve ark, 2020).İnorganik NP'ler, çeşitli su hayvanlarının doku ve organlarına potansiyel translokasyon yoluyla olumsuz biyolojik kaygılar, sitotoksisite ve genotoksisite oluşturabilir, toksik iyonları serbest bırakabilir, oksidatif strese, iltihaplanmaya, lizozomal bozulmaya ve ardından protein ve enzimlere, hücre zarlarına ve DNA'ya zarar verebilir (Khan ve ark, 2009).Yeşil NP'ler, çevre dostu ve uygun maliyetli NP'lerin üretimi için uygun bir yol olarak görünmektedir, ancak sucul biyotaya karşı toksisitelerinin değerlendirilmesi gerekmektedir(Kamarj ve ark, 2022). Ayrıca, metal bazlı NP'lerin, kütle formlarına kıyasla canlı organizmalar üzerinde daha fazla toksik etkiye neden olduğu bildirilmiştir(Abbas,WT. 2021).

3. Sonuç

Nanoteknoloji, su hayvanlarındaki çeşitli bakteriyel ve viral hastalıkları kontrol ederek su ürünleri yetiştiriciliği ve deniz ürünleri endüstrilerinin ilerlemesi için modern bir araç olarak görünmektedir. Akuakültür sektöründe NP'ler atık su arıtımı, biyolojik kirlenme kontrolü, balık havuzu sterilizasyonu, hasat paketleme, hayvan besleme ve hayvan sağlığı bakımı gibi farklı uygulama alanlarında kullanılmaktadır. Bu bölüm de, sentez ve karakterizasyon tekniklerinin yanı sıra optimum su ürünleri yetiştiriciliği uygulamaları geliştirmek için kullanılan katkı madedeleri dahil olmak üzere

çeşitli inorganik NP'ler hakkında bilgi vermektedir. NP'ler, metaller ve antibiyotikler gibi su ve atık sudaki kirleticilerin fotokatalitik bozunmasında etkiliyken, antimikrobiyal özellikleri deakuakültürde hastalık kontrolü açısından faydalıdır. İnorganik NP'lerin hayvan yemlerine düşük seviyelerde eklenmesi, olumsuz tepkiler olmaksızın su hayvanlarının büyümesini, hastalık kontrolünü, enzimatik reaksiyonunu ve bağışıklık sistemi tepkisini artırmıştır. Gelecekte, toksisiteyi azaltmak için uygun maliyetli yeşil sentez yöntemleri kullanılarak farklı türde (nanosen-sorlar, nanomembranlar, nanorodlar, bimetalik, kolloidal, polimerler) nanopartiküllerin geliştirilmesi üzerine daha fazla çalışma yapılabilir.

KAYNAKLAR

Matteucci F, Giannantonio R, Calabi F, Agostiano A, Gigli G, Rossi M.Deployment and exploitation of nanotechnology nanomaterials and nanomedicine. AIP Conference Proceedings. Vol 1990. AIP Publishing LLC; 2018:20001.

Shaalan M, Saleh M, El-Mahdy M, El-Matbouli M. Recent progress in applications of nanoparticles in fish medicine: a review. Nanomed Nanotechnol Biol Med. 2016;12(3):701-710.

Mobasser S, Firoozi AA. Review of nanotechnology applications in science and engineering. J Civ Eng Urban. 2016;6(4):84-93.

Khosravi-Katuli K, Prato E, Lofrano G, Guida M, Vale G, Libralato G. Effects of nanoparticles in species of aquaculture interest. Environ Sci Pollut Res. 2017;24(21):17326-17346.

Dar AH, Rashid N, Majid I, Hussain S, Dar MA. Nanotechnology interventions in aquaculture and seafood preservation. Crit Rev Food Sci Nutr. 2020;60(11):1912-1921.

Muruganandam M, Chipps SR, Ojasvi PR. On the advanced technologiesto enhance fisheries production and management. Acta Sci Agric. 2019;3(8):216-222.

Ogunkalu OA. Utilization of nanotechnology in aquaculture and seafood sectors. Eurasian J Food Sci Technol. 2019;3(1):26-33.

Ye S, Jin W, Huang Q, et al. Development of Mag-FMBO in clayreinforcedKGM aerogels for arsenite removal. Int J Biol Macromol.2016;87:77-84.

Delgado CL. Fish to 2020: Supply and Demand in Changing GlobalMarkets. Vol 62.

Kwasek K, Thorne-Lyman AL, Phillips M. Can human nutrition be improved through better fish feeding practices? A review paper. Crit Rev Food Sci Nutr. 2020;60(22):3822-3835.

El Basuini MF, El-Hais AM, Dawood MAO, et al. Effects of dietary copper nanoparticles and vitamin C supplementations on growth performance, immune response and stress resistance of red seabream, Pagrus major. Aquac Nutr. 2017;23(6):1329-1340.

Izquierdo MS, Ghrab W, Roo J, et al. Organic, inorganic and nanoparticles of Se, Zn and Mn in early weaning diets for gilthead seabream (Sparus aurata; Linnaeus, 1758). Aquacult Res. 2017;48(6):2852-2867.

Bundschuh M, Filser J, Lüderwald S, et al. Nanoparticles in the environment: where do we come from, where do we go to? Environ Sci Eur. 2018;30(1):1-17.

Abbas WT. Advantages and prospective challenges of nanotechnology applications in fish cultures: a comparative review. Environ Sci Pollut Res. 2021;28(7):7669-7690.

Auffan M, Rose J, Bottero JY, Lowry GV, Jolivet JP, Wiesner MR. Towards a definition of inorganic nanoparticles from an environmental, health and safety perspective. Nat Nanotechnol. 2009;4(10):634-641.

Manjunatha SB, Biradar DP, Aladakatti YR. Nanotechnology and its applications in agriculture: a review. J Farm Sci. 2016;29(1):1-13.

Sengul AB, Asmatulu E. Toxicity of metal and metal oxide nanoparticles: a review. Environ Chem Lett. 2020;18(5):1659-1683.

Khan I, Saeed K, Khan I. Nanoparticles: properties, applications and toxicities. Arab J Chem. 2019;12(7):908-931.

Kamaraj C, Karthi S, Reegan AD, et al. Green synthesis of gold nanoparticles using Gracilaria crassa leaf extract and their ecotoxicological potential: issues to be considered. Environ Res. 2022;213: 113711.

El Basuini MF, El-Hais AM, Dawood MAO, et al. Effect of different levels of dietary copper nanoparticles and copper sulfate on growth performance, blood biochemical profiles, antioxidant status and immune response of red sea bream (Pagrus major). Aquaculture. 2016;455:32-40.

Faiz H, Zuberi A, Nazir S, Rauf M, Younus N. Zinc oxide, zinc sulfate and zinc oxide nanoparticles as source of dietary zinc: comparative effects on growth and hematological indices of juvenile grass carp (Ctenopharyngodon idella). Int J Agric Biol. 2015;17(3):568-574.

Yu HR, Li LY, Shan LL, Gao J, Ma CY, Li X. Effect of supplemental dietary zinc on the growth, body composition and anti-oxidantenzymes of coho salmon (Oncorhynchus kisutch) alevins. Aquac Rep. 2021;20:100744.

Rajan MR, Rohini R. Impact of different quantity of zinc oxide nanoparticles on growth and hematology of Mrigal Cirrhinus mrigala. J Water Environ Nanotechnol. 2021;6(1):62-71.

Kawatsu H. Studies on the anemia of fish-V. Dietary iron deficient anemia in brook trout, Salvelinus fontinalis. Bull Freshw Fish Res Lab. 1972;22:59-67.

Sakamoto S. Iron deficiency symptoms of carp. 1978.

Akbary P, Jahanbakhshi A. Nano and macro iron oxide (Fe2O3) as feed additives: effects on growth, biochemical, activity of hepatic enzymes, liver histopathology and appetite-related gene transcript in goldfish (Carassius auratus). Aquaculture. 2019;510:191-197.

Lima E, Guerra R, Lara V, Guzmán A. Gold nanoparticles as efficient antimicrobial agents for Escherichia coli and Salmonella typhi. Chem Cent J. 2013;7(1):1-7.

Mir Rasekhian ME, Khara H, Pourali HR. Effects of dietary magnesium supplementation on the growth performance, body composition, and immune indices of juvenile Persian sturgeon, Acipnser Persicus. Casp J Environ Sci. 2022;20(3):557-564.

Khalil HS, Maulu S, Verdegem M, Abdel-Tawwab M. Embracing nanotechnology for selenium application in aquafeeds. Rev Aquac. 2023;15(1):112-129.

BÖLÜM 9

Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde İnsansız Sistem Teknolojilerinin (Drone) Kullanımı

Dr. Şefik Surhan TABAKOĞLU[1] , Öğr. Gör. Dr. Celal ERBAŞ[2]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10123137

[1] Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yetiştiricilik Bölümü /ADANA
https://orcid.org/0000-0001-9926-3000 surhan@cu.edu.tr
[2] Çukurova Üniversitesi, Yumurtalık Meslek Yüksekokulu, Yumurtalık, Adana
https://orcid.org/0000-0001-9924-8505 erbaş_erbas@hotmail.com

Giriş

Dünya nüfusu hızla artarken, gıda üretimi ve erişimi giderek daha kritik bir hale gelmektedir. Bu bağlamda, su ürünleri yetiştiriciliği, deniz ve tatlı su kaynaklarından elde edilen balık, karides, istiridye ve diğer deniz ürünleri gibi önemli protein kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde üretilmesini hedefler. Bu büyüyen talebi karşılamak için tarım sektörü sürekli olarak yenilikler aramaktadır. Ancak, bu sektörle ilgili karşılaşılan çeşitli zorluklar vardır. İşte bu noktada insansız hava araçları (drone) teknolojisi ve insansız hava aracı sistemleri (UAS), su ürünleri yetiştiriciliğinin geleceğinde önemli bir rol oynayabilecek potansiyele sahiptir.

İnsansız araçlar veya uçaklar, başta askeri alanda olmak üzere çeşitli şahıslar, işletmeler ve devletler için farklı amaçlara yönelik gelişen teknolojilerden biridir. Son zamanlarda, mevcudiyeti ve satın alınabilirliği nedeniyle, tarım ve su ürünleri yetiştiriciliğinde balıkların yönetimi ve izlenmesinde iyi bir şekilde kullanılmaktadır (Murugan ve ark., 2017). Az miktarda zaman ve çaba gerektiren uzak bölgelere ulaşabilirler. Kullanıcılar uçuşu veya navigasyonu yalnızca bir uzaktan kumanda veya bir mobil uygulama kullanarak kontrol edebilir. İHA'lar 20. yüzyılda tanıtıldığında, amaçlanan işlevi askeri amaçlardı (Krishna, 2021; Ko ve ark., 2021; Choudhary ve ark., 2019). Bununla birlikte, son birkaç yılda, insansız hava araçlarının kapasitesi gelişti ve artık birden fazla ve eşzamanlı işlevi yerine getirme yeteneğine sahip. Bu tür yetenekler hava fotoğrafçılığı (Liu ve ark., 2019), nakliye ve teslimat (Cokyasar, 2021; Wang ve ark., 2019; Rahman ve ark., 2021), veri toplama (Pan ve ark., 2018; Yao ve ark., 2019)a, afetler veya felaketler sırasında arama ve kurtarma operasyonları (Kurt ve ark., 2021), tarımsal mahsul izleme (Maddikunta ve ark., 2021), doğal afet izlemedir ve izleme (Avanzota ve Beritelli, 2019). İHA'lar ayrıca deniz bilimi ve korumaya başarıyla entegre edildi. De Lima ve ark. (2021) deniz bilimini korumak için boş uçak sistemlerinin (UAS) uygulanmasına genel bir bakış sağladığını bildirmiştir.

Wang ve iş arkadaşlarına göre, akıllı su ürünleri yetiştiriciliği artık sadece verileri toplamaktan öteye geçiyor ve karar alma süreçlerine yöneliyor. Akıllı su ürünleri çiftlikleri, akıllı yemleme, su kalitesi izleme, davranış analizi, biyokütle tahmini, hastalık teşhisi, ekipman işleyiş durumu ve arıza uyarıları gibi çeşitli unsurlarda çok yönlü hassas kontrol sağlayabilmelidir.

Daha akıllı bir balık çiftliği oluşturmak için su ürünleri yetiştiriciliği alanından veri toplamak ve bu verileri yapay zeka (AI) ile bütünleştirmek için sensörler ve insansız sistemler gibi teknolojileri kullanmak önemlidir.

Örneğin, yemleme yönetimine baktığımızda, yem maliyeti üretim sürecinde en yüksek paya sahiptir (Baki ve ark.,2017). Bu nedenle, ek maliyet oluşturmadan balıkların aşırı beslenmediğinden emin olmak ve üretim kalitesini korurken karı maksimize etmek için maliyetleri düşürmek gereklidir. Yem makineleri yemleme sürecini otomatikleştirmeye yardımcı olabilir, ancak tam optimizasyon için balıkların doygunluk veya açlık düzeyleri hakkında bilgi gereklidir.

Su yüzeyindeki hareketlilik gibi bilgiler, balık açlığı seviyesini veya yemleme yoğunluğunu belirlemek için temel olabilir. Bu tür veriler, insansız hava araçları (İHA) tarafından kamera sensörleri kullanılarak yakalanabilir ve buluta gönderilerek derin öğrenme teknikleri gibi yapay zeka hizmetleri ile analiz edilir. Analiz sonuçları, yemleme makinesine ne kadar yem verileceğini belirlemek için iletilir. Balık besleme yoğunluğu yüksekse, yemleme makinesi yemlemeye devam eder, aksi takdirde yemleme durdurur (Ubina ve ark., 2021).

İnsansız Hava Aracı Sistemleri (UAS), geleneksel hava araçlarının sınırlamalarını aşarak su ürünleri yetiştiriciliği alanında önemli bir role sahiptir. Jones ve arkadaşlarına göre, UAS'lar, gözetleme için yüzlerce dolarlık maliyetler gerektirmez ve jeo-uzamsal doğruluk ve veri tekrarlana bilirliği açısından en iyi sonuçları sunar. UAS'ler, su ürünleri yetiştiriciliği için bir dizi avantaj sunar, bu avantajlar arasında daha düşük işletme maliyetleri, tutarlı uçuş izleme ve veri kaybını önleme yeteneği bulunur (Verfuss ve ark., 2023).

Üç temel UAS bileşeni, insansız hava aracı, yer kontrolü ve iletişim veri bağlantısını içerir. Bu bileşenler, UAS'lerin etkili bir şekilde çalışmasını sağlar (Colomina ve ark., 2014).

Farklı UAS türleri, farklı ihtiyaçlara göre uyarlanabilir. Düşük maliyetli veya çok rotorlu UAS'lar, hafif malzemelerle üretilmiş ve kolayca kontrol edilebilir, ancak uçuş süreleri ve rüzgar dayanıklılığı açısından sınırlıdır (Johnston ve ark., 2019). Tek rotorlu veya helikopter UAS'lar, ağır yük kapasitesine ve uzun uçuş sürelerine sahiptir, ancak daha karmaşık kullanım gereksinimleri vardır (Klaer ve ark., 2020). Sabit kanatlı dronlar, daha büyük

alanları kapsayabilir, yük taşıma kapasitesine sahiptir ve uzun süreli operasyonlar gerçekleştirebilir. Bunlar ayrıca otonom olarak çalışabilir ve pilotluk becerileri gerektirmez (Delavarpour ve ark., 2021).

Taşıyıcı olmayan Hava Araçları (UAV), popüler olarak "dronlar" olarak bilinen son derece esnek araçlardır. Dron ve kamera teknolojisi hızla ilerlediğinden, potansiyelleri yalnızca kullanıcının hayal gücü ile sınırlı gibi görünmektedir. Tarım sektöründe, hiperspektral kameralar ve otomasyon yazılımı ile birlikte kullanılan uzun menzilli dronlar, saha içinde daha az insan saati, artan gözetim ve olası sorunlara daha hızlı yanıt verme yeteneklerine sahiptir ve muhtemelen çiftlik düzeyinde finansal faydalara yol açabilir. Bununla birlikte, teknoloji genellikle onu düzenlemek için yasaların önünde gider. Dronların nerede, ne zaman ve kimin tarafından uçurulabileceğine dair birçok federal ve eyalet düzenlemesi, teknolojinin potansiyel kullanımlarını karmaşık hale getirebilir ve sınırlayabilir.

I. Deniz Yüzeyi Fotoğrafçılığı ve Deniz Su Numunesi Alma Dron Sistemi

Bu bölümde, şüpheli HAB oluşumu alanından deniz suyu örnekleme amacıyla deniz yüzeyi hava fotoğrafçılığı dronu ve deniz suyu örnekleme dronu sistemi açıklanmaktadır.

1. Hava Fotoğrafçılığı Dronu

Geleneksel yöntemde, analiz için su örnekleme işlemi, belirlenmiş sabit noktalarda veya deniz yüzeyinde deniz kararmasının belirtilerini gözlemlediğinde gemi devriyeleri tarafından gerçekleştirilirdi. Ancak, alg patlaması belirtileri görünse bile, denizin geniş bölgelerini gözlemlemek önemli miktarda zaman alır ve kapsamlı bir gözlem yapmak pratik olmadığı için her zaman önemli bir bölgenin gözden kaçma riski vardır.

Sistemimizde deniz yüzeyi bir dron tarafından havadan fotoğraflanır ve alg patlaması belirtileri, çekilen fotoğrafların bir referans renk örneği ile karşılaştırılmasıyla tespit edilir. Dron kullanarak, denizin geniş bir alanını kısa sürede yüksek bir rakımdan izlemek ve örneğin gemilere göre yakıt maliyetini azaltmak mümkündür.

2. Deniz Suyu Örnekleme Dronu

Alg patlaması belirtileri hava fotoğrafı dronu tarafından tespit edildiğinde, konum bilgileri üs istasyonuna gönderilir. Ardından zararlı planktonun gerçekten bulunup bulunmadığını bir mikroskop kullanarak onaylamak amacıyla deniz suyu numunesi alınır.

UAV'leri Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Nasıl Kullanabiliriz?

Dronlar, tarım alanında farklı türde kamera sensörleri (yakın kızılötesi, kızılötesi, multispektral, hiperspektral) kullanarak fayda sağlarlar. Çiftçiler, dron görüntülerini ürünlerinin sağlığını değerlendirmek için dizinlerle karşılaştırarak kullanabilirler. Bu sayede sadece etkilenen tarla alanlarını tedavi etmek yerine tüm tarlayı gereksiz yere işlemekten kaçınabilirler. Bu teknoloji, "hassas tarım" alanını geliştirdi ve çiftçilere daha az maliyetle daha fazla ürün üretme imkânı sunmaktadır.

Benzer teknolojinin büyük su ürünleri çiftliklerinde fitoplankton çiçeklerini yönetme potansiyeline sahip olduğu düşünülmektedir. Kislik ve ark. (2018), uygun bir kamerayla donatılmış bir dronun doğru indekslerle birleştiğinde göletteki fitoplanktonun yoğunluğunu, sağlığını ve hatta türünü mikroskopi veya su örnekleri olmadan tanımlama potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, uçuşu ve görüntü yakalamayı otomatikleştiren ve görüntüleri bir arazi haritası oluşturmak için bir araya getiren birkaç yazılım bulunmaktadır. Eğer bir dron otomatik olarak kalkabilseydi, veri toplayabilseydi, ana üssüne geri dönebilseydi, verileri bir bilgisayara yükleyip analiz edebilseydi ve gölette anlamlı verilerle bir harita oluşturabilseydi, bu, bir çiftlik yöneticisinin tüm çiftlik boyunca fitoplankton çiçeklerini yönetme görevini büyük ölçüde hızlandırabilirdi. Çiftlikler, kimyasal uygulama aletleri ile donatılmış dronları kullanarak gübre veya herbisit uygulaması yapabilecekleri bir adım daha ileri gidebilirler; bu görevler şu anda personel işçiliği, güvenlik ve sorumluluk maliyetleri içermektedir.

II. Drone Teknolojisinin Su Ürünleri Yetiştiriciliği Alanındaki Potansiyeli

Görsel İzleme: Su ürünleri yetiştiriciliği tesislerinin büyüklüğü ve karmaşıklığı nedeniyle, bu tesislerin düzenli olarak izlenmesi ve yönetilmesi oldukça önemlidir. Drone'lar, bu görevi üstlenmek için mükemmel birer

araçtır. Yüksek çözünürlüklü kameralar ve sensörlerle donatılan drone'lar, yetiştirme tesislerinin genel durumunu ve su ürünlerinin davranışını izlemek, hastalık tespiti ve daha iyi bakım sağlama, su kalitesi, su seviyeleri, sıcaklık, tuzluluk gibi kritik parametreleri izleyebilir. Bu veriler, yetiştiricilerin çevresel koşulları sürekli olarak değerlendirmelerine yardımcı olur ve anlık müdahale gerektiren durumları tespit edebilir (Ubina ve ark., 2021; Føre ve ark., 2018; O'Donncha ve Grant, 2019).

Veri Toplama ve Analiz: Drone'lar, su ürünleri yetiştirme tesislerinin su kalitesini izlemek ve çevresel değişiklikleri izlemek için kullanılabilir. Su sıcaklığı, tuzluluk, pH seviyeleri gibi verilerin düzenli olarak toplanması, ürünlerin büyümesini ve sağlığını optimize etmek için önemlidir. Drone'lar tarafından toplanan veriler, veri analitiği ve yapay zeka algoritmaları ile işlenebilir. Bu, su ürünleri yetiştiricilerine daha iyi kararlar alabilmeleri için önemli bilgiler sağlar. Örneğin, bu veriler, hasat zamanını ve miktarını optimize etmek, su ürünleri yetiştiriciliği tesislerinin verimliliğini artırmak ve kaynakları daha sürdürülebilir bir şekilde yönetmek için kullanılabilir (Ubina ve ark., 2021; O'Donncha ve Grant, 2019).

Su Ürünleri Sayımı: Drone'lar, su ürünleri yetiştiriciliği tesislerinde hızlı ve hassas sayım işlemleri için kullanılabilir. Geleneksel olarak, bu işlem insan gücü gerektirir ve zaman alır. Ancak drone'lar, bu süreci hızlandırabilir ve insan hatalarını azaltabilir. Bu, envanter yönetimi ve hasat planlaması açısından önemlidir. Ayrıca, doğal yaşamın minimal etkilenmesi için bu tür sayım işlemlerinde drone'lar tercih edilir (Chang ve ark., 2021; Ditria ve ark., 2020; Connolly ve ark., 2021; Fan ve Liu, 2013).

Çevresel Sürdürülebilirlik: Drone'lar, su ürünleri yetiştiriciliği tesislerinin çevresel etkilerini izlemek ve azaltmak için kullanılabilir. Su kalitesini sürekli olarak izlemek, su kirliliği veya diğer olumsuz çevresel etkilerin erken tespiti için yardımcı olabilir. Bu, sürdürülebilir su ürünleri yetiştiriciliği uygulamalarını teşvik eder (O'Donncha ve ark., 2021).

III. Drone Kullanımının Avantajları

Su ürünleri yetiştiriciliğinde drone kullanımının bazı avantajları şunlardır:

Veri Hassasiyeti: Drone'lar, yüksek çözünürlüklü kameralar ve sensörlerle donatılmıştır, bu da hassas veri toplama ve analiz sağlar. Bu,

yetiştirme tesislerinin verimliliğini artırabilir (Chang ve ark., 2021, O'Donncha ve ark., 2021).

Hız ve Verimlilik: Dronelar, büyük su ürünleri yetiştirme tesislerini hızlı bir şekilde tarama ve inceleme kapasitesine sahiptir. Bu, işçilik maliyetlerini azaltabilir ve zaman kazandırabilir (Ore ve ark., 2015; Dunbabin ve ark., 2009; Doi ve ark., 2017).

Sürdürülebilirlik: Drone kullanımı, su ürünleri yetiştiriciliğinde çevresel sürdürülebilirliği artırabilir. Su kalitesini izlemek ve yönetmek, doğal kaynakların daha etkin kullanılmasını sağlayabilir (Ahmed ve ark., 2019; Frankic ve Hershner, 2003; Bjelland ve ark., 2015; Joffre ve ark., 2017).

Hava ve Deniz Erişimi: Drone'lar, karatabanlı ekipmanlarla erişilemeyen bölgelere kolayca ulaşabilir. Denizden veri toplama veya su ürünleri izleme, drone'larla daha kolay hale gelir (Offshore Wind Solitions, 2021).

Güvenlik ve Gözetim: Su ürünleri yetiştiriciliği tesislerinin güvenliği önemlidir. Drone'lar, tesislerin sınırlarını gözetlemek, yetkisiz girişleri izlemek ve hatta hırsızlık olaylarını tespit etmek için kullanılabilir. Böylece, tesis sahipleri ve yöneticileri, güvenlik önlemlerini artırabilirler (Bjelland ve ark., 2015).

Maliyet-Etkinlik: UAS'ler, geleneksel hava araçlarına göre daha düşük maliyetli bir seçenektir. Bu, su ürünleri yetiştiricilerinin bütçelerini optimize etmelerine yardımcı olur (Zhu ve ark., 2019).

Tehlikeli Ortamlarda Kullanım: UAS'ler, tehlikeli veya erişilmesi zor olan bölgelerde görev yapabilir. Bu, su ürünleri yetiştiricilerinin riskli alanlarda gözlem yapmalarını sağlar (Kurt ve ark., 2021; Avanzato ve Beritelli, 2019).

Acil Durum Müdahalesi: Su ürünleri yetiştiriciliği alanında meydana gelen doğal afetler veya kirlilik olaylarına hızlı müdahale gerekebilir. Drone'lar, acil durumlar sırasında tesislerin durumunu izlemek ve yardım sağlamak için kullanılabilir (Kurt ve ark., 2021; Avanzato ve Beritelli, 2019).

Haritalama ve Planlama: Dronlar, su ürünleri yetiştiriciliği sitelerinin ayrıntılı haritalarını ve 3D modellerini oluşturarak tesislerin planlanmasına ve düzenlemesine yardımcı olabilir. Bu bilgiler, alan kullanımının ve altyapı tasarımının optimize edilmesi için kullanılabilir.

Kuş ve Zararlı Kontrolü: Dronlar, su ürünleri yetiştiriciliği operasyonlarına tehdit oluşturabilecek kuşlar ve diğer zararlıları uzak tutmak için kullanılabilir. Potansiyel tehditleri korkutmak için yüksek ses veya ışık gibi öldürücü olmayan caydırıcılarla donatılabilirler.

IV. Teknik Sınırlamalar Nelerdir?

Genellikle bu teknoloji, tarım için zaten mevcuttur, ancak akvakültürde kullanılması için bilgisayar programlarının ve endekslerin muhtemelen yeniden kalibrasyon gerektireceği düşünülmektedir. Ayrıca, su yüzeyinden gelen yansıma ve parlama, görüntüleme işini engelleyebilir. Bu sorunun üstesinden gelmek için kamera filtreleri, spektrum türü veya görüntülerin hangi saatte çekileceği gibi faktörlerin incelenmesi gerekecektir.

Pil ömrü de potansiyel bir sorun olabilir, çünkü çoğu tüketici seviyesi dronun sadece yaklaşık yarım saat veya daha az bir uçuş süresi vardır ve daha sonra pil değiştirilmesi veya şarj edilmesi gerekir. Sabit kanatlı dronlar, çoğu rotor tipi drondan daha fazla alanı tek bir şarjla kaplayabilir, ancak yüzlerce veya binlerce dönüm büyüklüğündeki çiftliklerin muhtemelen hala tek bir uçuşta tüm çiftliği görüntüleyemeyeceği tahmin edilmektedir. Benzer bir sorun, iletişim menzili ile ilgilidir, çünkü çoğu tüketici seviyesi dron yalnızca uzaktan kumanda ile iletişimi kaybetmeden yaklaşık iki veya üç mil uzağa uçabilir.

V. Düzenleyici Sınırlamalar Nelerdir?

Belki de su ürünleri yetiştiriciliğinde dronların yaygın pratik kullanımı için aşılması en zor sınırlamalar, dron kullanımıyla ilgili federal ve eyalet yasaları ve düzenlemelerdir. Dronlar, insanlı uçaklarla potansiyel olarak ölümcül durumlara yol açabileceğinden, FAA kullanımlarını belirli parametreler içinde sınırlar:

Pilot, FAA Part 107 Ticari İnsansız Hava Aracı Lisansına sahip olmalıdır.

Zemin seviyesinin 400 feet üzerinde uçamaz.

Gece uçamaz.

Air Traffic Control'den izin almadan (temel olarak küçük belediye havaalanlarından uzak olmayan yaklaşık 5 mil) sınıf B, C, D veya E hava sahasında uçamaz.

Uçağın görüş hattı içinde uçmalıdır (dronu her zaman görebilmelidir).

İnsanlı hava trafiği yakınında derhal iniş yapmalıdır.

Dron her zaman gerektiğinde kontrolü devralabilecek bir pilota sahip olmalıdır.

Dronlar su ürünleri yetiştiriciliğinde büyük bir potansiyele sahiptir, ancak üstesinden gelinmesi gereken önemli zorluklar vardır. Neyse ki, bu alandaki teknolojik ilerlemeler hızla gelişiyor ve yakın gelecekte dronların balık çiftliklerinde kullanılabilecek araçlar haline gelmesi beklenmektedir.

VI. Gelecekte Su Ürünleri Gözetiminde Dronlar

Dronlar, radyo frekansları altında çalışan ve önceden programlanmış GPS rehberli uçuş komutlarına sahip 'insansız hava araçları/sistemleri' olarak faaliyet gösterirler ve denetledikleri insanlar, süreçler ve manzaralar hakkında neredeyse gerçek zamanlı veriler sağlarlar (Clarke, 2014). Dronlar, tartışmalı askeri operasyonlardan türemiş olsalar da, çoğunluğu bugün silahsız bilimsel, eğlence ve MCS (Denetleme, İzleme ve İstihbarat) uygulamalarına sahiptir (Hodgson ve ark., 2013; Sandbrook, 2015). Dronların karasal uygulamaları, tarımsal ürünlerin izlenmesi ve ilaçlanması (Peña ve ark., 2013), koruma alanlarında kaçak avcılığa karşı mücadele stratejileri (Mulero-Pázmány, ve ark., 2014) ve orman yönetimi ve ekolojisi (Anderson ve Gaston, 2013; Paneque-Gálvez, ve ark., 2014) gibi konuları içerir. Balıkçılık yönetiminde, dronlar şu anda MCS için hedeflenen veya deneysel cihazlardır, ancak IUU (İzinsiz, Yasadışı ve Tükenmekte Olan) avcılıkla mücadelede hem karada hem de açık denizde dikkat çeken politika yapıcıları, çevreciler ve araştırmacıların ilgisini çekmektedir (Bergseth ve ark., 2015; Kopaska, 2014).

IUU (İzinsiz, Yasadışı ve Tükenmekte Olan) dron gözetiminin ilgilendiği konular, balıkçılar, gemiler ve balık stoklarının bir kombinasyonunu içermektedir. Kamera donanımlı dronlar, balıkçılık gemilerini tespit edebilir ve belirli bir yargı alanına kayıtlı olup olmadıklarını saptayabilirler (Howard, 2016; Miller ve ark., 2013). Ayrıca hem gemilerden hem de karadan kullanılan balıkçılık ekipmanlarının kullanımını gözlemleyebilirler ve bu ekipmanların konumlarını ve hareketlerini neredeyse gerçek zamanlı olarak iletebilirler (Kopaska, 2014). Örneğin, AB'nin IUU balıkçılığına karşı aldığı yaptırımlara bir yanıt olarak, Belize hükümeti, 200'den fazla adayı ve 390 km sahil hattını denetleme sorumluluğuna sahip olan 70 personelden oluşan balıkçılık denetimi biriminin MCS kapasitesini

artırmak amacıyla canlı video yayını yapan "quadcopter" dronlarını kullanmıştır (Howard, 2016). Benzer teknolojiler aynı zamanda Palau, Jamaika ve Costa Rica tarafından da kabul edilmiş ve yasa dışı balıkçılığı tespit etmek ve yargılamak amacıyla kullanılmaktadır. Ayrıca Sea Shepherd, Black Fish ve Earthrace Conservation gibi STK'lar da yasa dışı faaliyetlerde bulunan gemileri tespit etmek, kayıt altına almak veya müdahale etmek veya yargılama sürecine yardımcı olacak sağlam bilgi sağlamak amacıyla benzer teknolojileri benimsemektedir (Andrews, 2016). Okyanusografik veriler, IUU balıkçılık olaylarının olasılığını belirlemek için kullanılan radyometreler tarafından toplanabilir. Algal patlamaları veya kirlilik olaylarına ilişkin veriler ile hava koşulları ve (yüzey) su sıcaklığına ilişkin veriler, meteorolojik veya termal cihazlar tarafından sağlanır ve bu veriler balık ve/veya gemilerin varlığı veya yokluğuna dair bir gösterge sunar (Lukaczyk ve ark., 2016).

Dronların kullanım alanı, tasarımına bağlı olarak belirlenir. 200-900 kg taşıma kapasitesine sahip büyük dronlar, 2 günlük bir süre boyunca 3 ila 20 km yükseklikte 500 km yarıçapında uçabilirler. Bu dronlar büyük bir sahil şeridi veya bir ülkenin milli bölgesinin (münhasır ekonomik bölgesi ile tanımlanan) geniş bir alanını kapsayabilirler. Mikro veya nano dronlar, 5 kg'dan az taşıma kapasitesine sahip ve 10 km'den az menzile, maksimum 1 saat uçuş süresine ve 250 m yüksekliğe sahiptirler ve yakın taramalar için kullanışlıdırlar, ancak bu nedenle maliyetlidirler (Anderson ve Gaston, 2013). Gelecekte kara ve sahil güvenlik gemileri dahil olmak üzere birden fazla dron kullanmak da mümkündür. Sonuç olarak, ulusal yargı alanlarının neredeyse tamamen kapsanabileceği bir sonuç ortaya çıkabilir, bu da hem kıyı hem de kıyıya yakın bölgeleri kapsar. Bu, geçen gemileri denetlemek için devletlerin daha geniş yargısının bir parçasıdır (UNCLOS, Bölüm II, madde 2.2). Ancak bu teknolojilerin kapsama alanının genişlemesine rağmen, dronların okyanusları anlaşılır hale getirme kapasitesi konusunda sorular gündeme gelmiştir (Lancaster ve ark., 2017). Örneğin, genel kapsama alanları geniş olabilir, ancak herhangi bir anda okyanusun bir anlık görüntüsünü elde edebilirler ve uyumsuzlukla ilgili özel davranışlar hakkında sınırlı bir bilgi sunarlar.

Dron gözetiminin ana konusu, ya yasa dışı donanım kullanımı veya yasa dışı avlanma alanlarına girme veya izinli alanlarının dışına veya içine girmek gibi balıkçılardır. Dronların anlık doğasına rağmen, ana avantajları

gizlilikleridir - hızları ve boyutları nedeniyle balıkçıların yaklaşmalarını zor görünürler (Howard, 2016). Bununla birlikte, gizlilik sorunları, gözlemledikleri şeylerde seçici olmadıkları için dronların kullanımıyla ortaya çıkar (Finn ve Wright, 2012; Sandbrook, 2015). Devletler, ulusal topraklarında ilgi odağındaki nesneleri denetleme hakkını sürdürseler de, dronlar ne gözlemlediklerinde seçici değillerdir ve bu nedenle konuları "kapatırlar". Belize'deki IUU avcılığıyla mücadelede dron kullanımıyla ilgili gizlilik endişeleri ve dron kullanımı üzerine yaptığı çalışmada, Wright (2015), denizdeki hakların, bir ulus-devletin kara suları içinde gemilere verdiği düzenlemelerle ilişkili olduğunu ve balıkçıların gizlilik haklarının ihlal edilmediğini savunur. Bununla birlikte, bu, Münhasır Ekonomik Bölgeler ve yüksek denizlerde daha karmaşık hale gelir. Bu yargı alanlarında, devletlerin toprak iddiaları olmasa da bayrakları altında uçan gemiler de dahil olmak üzere sorumlu oldukları gemiler için dronlar da dahil olmak üzere sorumlu olurlar.

Dronlar ve yakaladıkları veriler, deniz yönetimi alanında devlet, STK'lar ve çok uluslu havacılık şirketlerini içeren yeni bir uzman topluluğu oluşturuyor. Dronların kullanımını test eden mevcut projeler, devlet kurumları ile kurulmuş çevre örgütleri arasındaki koalisyonlardan oluşuyor. Örneğin Belize'de, Wildlife Conservation Society, Belize Fisheries Department ve Conservation Drones adlı küçük (ancak büyüyen) kar amacı gütmeyen bir kuruluşla işbirliği yapmaktadır (Howard, 2016; Wright, 2015). Dron kullanımı oldukça basit olsa da, tasarım ve komut dosyası programlama konularında teknik bilgi gereklidir. Ancak, dron kullanımı uzman topluluğu potansiyel olarak oldukça geniştir, çünkü amatör kamera donanımlı dronlar giderek daha yaygın bir şekilde tüketici mağazalarında bulunmaktadır (Sandbrook, 2015). Sıkça vurgulanan projelerden biri, National Geographic ve Lindblad Expeditions tarafından finanse edilen SoarOcean projesidir. Bu proje, hobi amaçlı dron teknolojisini askeri sınıf gözetleme cihazlarıyla birleştirerek "deniz koruma alanları için izleme kapasitesi sağlamak isteyen kıyı topluluklarına düşük maliyetli dron platformlarının kanıtlanmış yeteneklerini sağlamayı amaçlıyor" (SoarOcean, 2013). Bu tür hedefler doğrultusunda dron kullanımı ve dolayısıyla gözetim, aslında rekabetçileri (ve yasa dışı) balıkçıları keşif, balıkçılık ve potansiyel olarak gözetim amacıyla dronları kullanmaya itebilir. Ancak dronların sağladığı bilgilerin anlık ve

seçici olmayan doğası, aynı zamanda yasal balıkçıların dahil edilirliğini tehlikeye atabilir.

VII. Drone Teknolojisinin Geleceği

Su ürünleri sektöründe drone kullanımının geleceği oldukça parlak görünmektedir. İşte gelecekte drone kullanımının nasıl gelişebileceği hakkında bazı öngörüler:

1. Otonom Uçuş: Gelecekte, dronlar daha fazla otonom hale gelecek ve belirli görevleri otomatik olarak gerçekleştirebilecekler. Bu, çiftlik sahiplerine zaman ve kaynak tasarrufu sağlayacak ve sürekli izleme imkanı sunacaktır (Ubina ve ark., 2021; Bjelland ve ark., 2015).
2. Veri Analitiği ve Yapay Zeka Entegrasyonu: Dronlardan gelen verilerin işlenmesi için yapay zeka ve veri analitiği sistemleri daha yaygın hale gelecektir. Bu, daha kapsamlı ve anlamlı verilerin elde edilmesini sağlar (Moheddine ve ark., 2019; Motlagh ve ark., 2017; Qazi ve ark., 2015)
3. Çok Duyarlı Sensörler: Gelecekte kullanılacak dronlar, daha hassas sensörlerle donatılacak. Bu, su kalitesi, balık sürüleri ve çevresel parametrelerin daha iyi izlenmesini sağlar (Yeong ve ark., 2021; Balestrieri ve ark., 2021; Martin ve ark., 2019).
4. Daha Verimli Su Ürünleri Yetiştiriciliği: Dronlar, su ürünleri yetiştiriciliğini daha verimli hale getirmek için kullanılabilir. Otomatik besleme sistemleri, çevresel değişikliklere daha hızlı tepki verebilir ve ürünlerin büyümesini optimize edebilir (Ubina ve ark., 2021; Segner ve ark., 2019).
5. Çevresel Koruma ve Sürdürülebilirlik: Dronlar, deniz ve su kaynaklarının korunmasına yardımcı olacak. Su ürünleri yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliği için izleme ve koruma önlemleri daha da artacaktır (Segner ve ark., 2019; Yao ve ark., 2019b).

Sonuç

Dronlar, özellikle deniz alanlarında su ürünleri yetiştiriciliğinde balık çiftliklerini izleme konusunda üstün bir yeteneğe sahiptir. Ayrıca, uygun fiyatları ve taşınabilirlikleri sayesinde, daha geniş bölgeleri kapsayabilir ve zorlu ve riskli alanlara erişimi sağlayabilirler. Dronlar, çiftlik izleme süreçlerini sensörler ve yapay zeka kullanarak otomatikleştirebilir, bu da

çiftçilere daha fazla bilgi sunar ve çiftliklerini etkili bir şekilde yönetmelerine yardımcı olur. Su ürünleri endüstrisinin hızlı büyümesi ile birlikte, dronlar büyüyen çiftlik sahalarını sürekli olarak izleme kapasitesine sahiptirler. Ayrıca, su ürünleri endüstrisinde işçi talebini ve yüksek maliyetli işleri azaltarak balık çiftliği yönetimini daha istikrarlı hale getirme potansiyeline sahiptirler."

Bu belge, su ürünleri yetiştiriciliği çiftliklerini yönetmek ve izlemek için insansız sistemlerin kullanımını değerlendirmekte ve ilerlemeyi değerlendirmektedir. Dronların farklı yetenekleri, bir iletişim geçidi ve veri toplayıcı, su ürünleri alanı gözetimi ve su ürünleri çiftliği yönetimi ve izlemesi olarak tanımlanmıştır. Açık deniz su ürünleri yetiştiriciliği sahası yönetimi ve izlenmesine yönelik bazı zorluklar da bu belgenin bir parçasıdır. Bu zorlukları aşmak için insansız araç sistemleri kullanarak teknolojik yeniliklerin kullanılması, hassas su ürünleri yetiştiriciliği hedefine ulaşmak için alternatif bir yöntemdir.

Ayrıca insansız araçlar için ilgili işlevlere ve sınırlamalara sahip üç platform sunduk. İHA'lar veya İHA'lar en çok hava araştırmaları, saha gözetimi, izleme ve inceleme ve fotogrametrik araştırmalar için uygundur. Bununla birlikte, yüzey akış haritası gibi su gözlemi için bazı İHA'lar da vardı. LTE hücresel ağlar ve LPWAN teknolojileri ile donatılmış insansız araçlar, bir iletişim ağ geçidi ve IoT veri toplayıcı görevi görebilir. İyi hava koşulu, sörveyler ve teftişler için bir gerekliliktir.

AUV'lerin çoğu, kuvvetli rüzgar ortamında çalışmakta güçlük çeker ve birçoğu sert hava koşullarında uçamaz. Bu durumda çalışabilen AUV'ler çok pahalıdır ve işletim için devlet sertifikaları ve resmi eğitim gerektirdiğinden oldukça karmaşıktır. Sensörlerle donatılmış AUV'ler, ROV'ler ve USV'ler, su sıcaklığı, derinlik seviyesi, kimyasal, biyolojik ve fiziksel özellikleri kullanarak analiz için veri toplayabilir. Su kalitesini izlemek için bazı ilgili parametreler sıcaklık, oksijen seviyesi, tuzluluk, asitlik, iletkenlik, pH seviyesi, oksijen konsantrasyonu ve amonyak, nitrat ve nitrit konsantrasyonu gibi azotlu bileşiklerdir. USV'ler, yüzey akışı ve hız ölçümü gibi su koşullarını izlemek için yaygın olarak kullanılır.

DJI Phantom ticari insansız sistemi literatürde toplanan eserlere göre en çok tercih edilen tiptir. Bazı özelleştirilmiş insansız sistemler de vardı. İHA'lar için kullanılan ortak sensörler akustik kameralardır ancak termal

kameralarla donatılmış bazı araçlar da vardır. Kameralar kullanılarak veri yakalama için hareket kararlılığı sağlamak, gimbal pitch eklenebilir, ancak bu husus, özellikle AUV'ler için daha iyi stabilite sağlamak için daha fazla araştırılmalıdır. Su hızıyla yapılan çekimlerde, görüntülerde bozulmalara neden olan kamera sarsıntıları belirgindir. Güçlü bir su akıntısına veya basıncına rağmen çalışabilme kapasitesi, bir su altı aracı seçilirken tamamen dikkate alınmalıdır. Bu durum için tasarlanmış AUV'ler ve ROV'ler var, ancak daha yüksek bir fiyatı var. Diğerleri, ekonomik değerlendirmeler için daha az yetenek ve güce sahip düşük maliyetli araçları seçmeyi düşünebilir. Ayrıca İHA'lar havada çalıştıkları için şiddetli rüzgar ve yağmur gibi öngörülemeyen hava koşullarına karşı daha hassastırlar.

Birçok insansız sistem performansının, daha uzun navigasyon süresi ve daha yavaş görev yürütme nedeniyle görevi veya operasyonu etkileyen güç veya pil açısından sınırlamaları vardır. UV'lerin navigasyon süresini optimize etmek için birçok karşı önlem tasarlandı. Bazıları, uçuş süresini, sensör konumlandırmasını ve yörünge optimizasyonlarını azaltmak için uçuş yolu planlamasını entegre eder. Daha uzun navigasyon kapsamı için artırılmış bir güç kaynağı için verimli güneş pillerine sahip güneş enerjisiyle çalışan UV'ler de vardır. Drone'un navigasyon süresi açısından sınırlamalarını ele almak için gözetim sırasında birden fazla drone da kullanılabilir. Kaliteyi artırmak ve gürültüyü azaltmak için görüntü bulanıklığını, düşük kontrastı, düşük görünürlüğü ve küçük boyutlu yakalamaları, görüntü iyileştirmeyi ve düzeltmeleri düzeltmek için; derin öğrenme ve bilgisayarla görme teknikleri ve algoritmaları bu tür işlevleri yerine getirebilir.

Yetiştiricilik işlemlerinin ve fonksiyonlarının tamamını gerçekleştirebilecek insansız bir sistem bulunmamaktadır. Bu sistemler, sağlamlığı ve verimliliği artırmak için karmaşık görevleri gerçekleştirmek için işbirliği yapabilir. Heterojen araçların işbirliği, daha büyük ölçekli ve kapsamlı izleme sağlayabilir. Bu tür bir işbirliği için birçok açık konuya rağmen, yeteneğini keşfetme olasılığı yüksek performans, uyarlanabilirlik, esneklik ve hata toleransı elde etmeye yardımcı olabilir.

Karşılık gelen özellikleri ve sınırlamaları da dahil olmak üzere farklı sensörler de sunuldu. Sensörler ayrıca sert hava koşullarına karşı hassastır. AUV'ler için sensörler rüzgarlardan, dalgalardan, deniz sisinden ve su yansımasından etkilenir. Bu endişelerle başa çıkmak için görüntü sabitleme

veya görüntü buğusunu giderme gibi çeşitli restorasyon yöntemleri vardır. Su kalitesi sensörleri için entegrasyonunda göz önünde bulundurulması gereken faktörler, düşük bakım, düşük maliyet, düşük pil tüketimi, sağlam, su geçirmez, metalik olmayan, biyolojik kirlenmeye karşı dirençli ve organizmalar üzerinde hiçbir etkisinin olmaması olabilir. Sensör birleştirme olasılığı, UV potansiyellerinden yararlanmak ve daha yüksek hassasiyet elde etmek için kullanılabilir.

Yasalara uyulmamasının yasal sonuçlarından kaçınmak için düzenlemeler hakkında farkındalık ve sürekli güncellemeler yapılmalıdır. UV operasyonları için standartlaştırılmış politikalar, bazı ortak noktalar olmasına rağmen, her ülkede düzenlemeler farklı olduğundan, hala olgun değildir. Çok çeşitli ve çeşitli UV türleri ve uygulamaları, operatörlerin ve mal sahiplerinin her işlemin yasal durumu ve düzenlemelerinden haberdar olmasını gerektiren ek bir zorluktur. Piyasada çok çeşitli ve geniş bir ticari UV yelpazesi ile, araç tipi, takılı sensörler, güç, insan gücü gereksinimi ve maliyet arasındaki uzlaşma ve takaslar, kullanıcının maksimum performansa ve potansiyele dayalı olarak nasıl elde edileceğini tartma kararına bağlıdır. karşılık gelen işlevleri üzerinde. Bir UV'nin potansiyelini en üst düzeye çıkarmak için, her tür, gücüne ve yeteneklerine göre maksimize edilmelidir.

İnsansız sistemler, megafauna gibi balıkçılık biliminde ve deniz korumada halihazırda yaygın olarak kullanılmaktadır, ancak bu tür sistemin su ürünleri yetiştiriciliğinde uygulanmasına ilişkin literatür ve araştırma çalışmaları, olgunluğa ulaşmak için hala daha fazla araştırılabilir; su ürünleri yetiştiriciliği alanında bu tür sistemlerin başarılı bir şekilde entegrasyonu için daha fazla girişimde bulunulmalıdır.

KAYNAKLAR

Ahmed, N.; Thompson, S.; Glaser, M. Global Aquaculture Productivity, Environmental Sustainability, and Climate Change Adaptability. Environ. Manag. 2019, 63, 159–172. [CrossRef] [PubMed]

Anderson, K., & Gaston, K. J. (2013). Lightweight unmanned aerial vehicles will revolutionize spatial ecology.Frontiers in Ecologyand the Environment,11(3), 138–146.

Andrews, S. (2016). Drones: Keeping a watchful eye on illegal fishing.The Fish Site.

Avanzato, R.; Beritelli, F. An Innovative Technique for Identification of Missing Persons in Natural Disaster Based on DroneFemtocell Systems. Sensors 2019, 19, 4547. [CrossRef]

Baki, B.; Yucel, Ş. Feed cost/production income analysis of seabass (Dicentrarchus labrax) aquaculture. Int. J. Ecosyst. Ecol. Sci. 2017, 7, 859–864.

Balestrieri, E.; Daponte, P.; De Vito, L.; Lamonaca, F. Sensors and Measurements for Unmanned Systems: An Overview. Sensors 2021, 21, 1518. [CrossRef]

Bergseth, B. J., Russ, G. R., & Cinner, J. E. (2015). Measuring and monitoring compliance in no-take marine reserves.Fish andFisheries,16(2), 240–258.

Bjelland, H.A.; Føre, M.; Lader, P.; Kristiansen, D.; Holmen, I.; Fredheim, A.; Grøtli, E.; Fathi, D.; Oppedal, F.; Utne, I.; et al. Exposed Aquaculture in Norway. In Proceedings of the Oceans 2015 MTS/IEEE Washington, Washington, DC, USA, 19–22 October 2015; pp. 1–10. [CrossRef]

Chang, C.C.; Wang, J.H.; Wu, J.L.; Hsieh, Y.Z.; Wu, T.D.; Cheng, S.C.; Chang, C.C.; Juang, J.G.; Liou, C.H.; Hsu, T.H.; et al. Applying Artificial Intelligence (AI) Techniques to Implement a Practical Smart Cage Aquaculture Management System. J. Med. Biol. Eng. 2021, 41, 652–658. [CrossRef]

Choudhary, G.; Sharma, V.; You, I. Sustainable and secure trajectories for the military Internet of Drones (IoD) through an efficient Medium Access

Control (MAC) protocol. Comput. Electr. Eng. 2019, 74, 59–73. [CrossRef]

Clarke, R. (2014). Understanding the drone epidemic.Computer Law & Security Review,30(3), 230–246. doi:10.1016/j.clsr.2014.03.0

Cokyasar, T. Optimization of battery swapping infrastructure for e-commerce drone delivery. Comput. Commun. 2021, 168, 146–154. [CrossRef]

Colomina, I.; Molina, P. Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. ISPRS J. Photogramm. Remote Sens. 2014, 92, 79–97.

Connolly, R.; Fairclough, D.; Jinks, E.; Ditria, E.; Jackson, G.; Lopez-Marcano, S.; Olds, A.; Jinks, K. Improved accuracy for automated counting of a fish in baited underwater videos for stock assessment. Front. Mar. Sci. 2021, 8, 1511. [CrossRef]

De Lima, R.L.P.; Paxinou, K.; Boogaard, C.F.; Akkerman, O.; Lin, F.-Y. In-Situ Water Quality Observations under a Large-Scale Floating Solar Farm Using Sensors and Underwater Drones. Sustainability 2021, 13, 6421. [CrossRef]

Delavarpour, N.; Koparan, C.; Nowatzki, J.; Bajwa, S.; Sun, X. A Technical Study on UAV Characteristics for Precision Agriculture Applications and Associated Practical Challenges. Remote Sens. 2021, 13, 1204.

Ditria, E.M.; Lopez-Marcano, S.; Sievers, M.; Jinks, E.L.; Brown, C.J.; Connolly, R.M. Automating the Analysis of Fish Abundance Using Object Detection: Optimizing Animal Ecology with Deep Learning. Front. Mar. Sci. 2020. [CrossRef]

Doi, H.; Akamatsu, Y.; Watanabe, Y.; Goto, M.; Inui, R.; Katano, I.; Nagano, M.; Takahara, T.; Minamoto, T. Water sampling for environmental DNA surveys by using an unmanned aerial vehicle: Drone water sampling for eDNA. Limnol. Oceanogr. Methods 2017, 15, 10214. [CrossRef]

Dunbabin, M.D.; Grinham, A.; Udy, J.W. An autonomous surface vehicle for water quality monitoring. In Proceedings of the 2009 Australasian Conference on Robotics and Automation (ACRA), Sydney, Australia, 2–4 December 2019; p. 13.

Fan, L.; Liu, Y. Automate fry counting using computer vision and multi-class least squares support vector machine. Aquaculture 2013, 380–383, 91–98. [CrossRef]

Finn, R. L., & Wright, D. (2012). Unmanned aircraft systems: Surveillance, ethics and privacy in civil applications.Computer Law &Security Review,28(2), 184–194.

Føre, M.; Frank, K.; Norton, T.; Svendsen, E.; Alfredsen, J.A.; Dempsterd, T.; Eguiraun, H.; Watsong, W.; Stahlb, A.; Sundea, L.M.; et al. Precision fish farming: A new framework to improve production in aquaculture. Biosyst. Eng. 2018, 173, 176–193. [CrossRef]

Frankic, A.; Hershner, C. Sustainable aquaculture: Developing the promise of aquaculture. Aquac. Int. 2003, 11, 517–530. [CrossRef]

Hodgson, A., Kelly, N., & Peel, D. (2013). Unmanned aerial vehicles (UAVs) for surveying marine fauna: A dugong case study.PLoS ONE,8(11), e79556.

Howard, B. C. (2016). Watch how drones fight pirate fishing from the sky.National Geographic.

Joffre, O.; Klerkx, L.; Dickson, M.; Verdegem, M. How is innovation in aquaculture conceptualized and managed? A systematic literature review and reflection framework to inform analysis and action. Aquaculture 2017, 470, 128–148. [CrossRef]

Johnston, D. Unoccupied Aircraft Systems in Marine Science and Conservation. Annu. Rev. Mar. Sci. 2019, 11, 439–463.

Jones, G.P.; Pearlstine, L.G.; Percival, H.F. An assessment of small unmanned aerial vehicles for wildlife research. Wildl. Soc. Bull. 2006, 34, 750–758.

Kislik, Chippie, et al. “UAVs in Support of Algal Bloom Research: A Review of Current Applications and Future Opportunities.” Drones, vol. 2, no. 4, 2018, p. 35., doi:10.3390/drones2040035.

Klaer, P.; Huang, A.; Sévigny, P.; Rajan, S.; Pant, S.; Patnaik, P.; Balaji, B. An Investigation of Rotary Drone HERM Line Spectrum under Manoeuvering Conditions. Sensors 2020, 20, 5940.

Ko, Y.; Kim, J.; Duguma, D.G.; Astillo, P.V.; You, I.; Pau, G. Drone Secure Communication Protocol for Future Sensitive Applications in Military Zone. Sensors 2021, 21, 2057. [CrossRef] [PubMed]

Kopaska, J. (2014). Drones–A fisheries assessment tool?Fisheries,39(7), 319–319.

Krishna, K.R. Agricultural Drones, A Peaceful Pursuit, 1st ed.; Apple Academic Press, Inc.: Palm Bay, FL, USA, 2021; ISBN 97801077188-595-0.

Kurt, A.; Saputro, N.; Akkaya, K.; Uluagac, A.S. Distributed Connectivity Maintenance in Swarm of Drones During Post-Disaster Transportation Applications. IEEE Trans. Intell. Transp. Syst. 2021, 22, 6061–6073. [CrossRef]

Lancaster, D., Dearden, P., Haggarty, D. R., Volpe, J. P., & Ban, N. C. (2017). Effectiveness of shore based remote camera moni-toring for quantifying recreational fisher compliance in marine conservation areas.Aquatic Conservation: Marine andFreshwater Ecosystems,27(4), 804–813.

Liu, C.-C.; Chen, J.-J. Analysis of the Weights of Service Quality Indicators for Drone Filming and Photography by the Fuzzy Analytic Network Process. Appl. Sci. 2019, 9, 1236. [CrossRef]

Lukaczyk, T., Bieri, T., de Sousa, J. T., Levy, J., & McGillivary, P. A. (2016).Unmanned aircraft as mobile components of OceanObserving Systems for management of marine resources. OCEANS 2016 MTS/IEEE Monterey.

Maddikunta, P.K.R.; Hakak, S.; Alazab, M.; Bhattacharya, S.; Gadekallu, T.R.; Khan, W.Z.; Pham, Q. Unmanned Aerial Vehicles in Smart Agriculture: Applications, Requirements, and Challenges. IEEE Sens. J. 2021, 21, 17608–17619. [CrossRef]

Martin, B.; Tarraf, D.; Whitmore, T.; Deweese, J.; Kenney, C.; Schmid, J.; DeLuca, P. Advancing Autonomous Systems: An Analysis of Current and Future Technology for Unmanned Maritime Vehicles; RAND Corporation: Santa Monica, CA, USA, 2019.

Miller, D. G. M., Slicer, N. M., & Hanich, Q. (2013). Monitoring, control and surveillance of protected areas and specially managedareas in the marine domain.Marine Policy,39,64–71. doi:10.1016/j.marpol.2012.10.004

Moheddine, A.; Patrone, F.; Marchese, M. UAV and IoT Integration: A Flying Gateway. In Proceedings of the 26th IEEE International

Conference on Electronics, Circuits and Systems (ICECS), Genova, Italy, 27–29 November 2019; pp. 121–122. [CrossRef]

Motlagh, N.H.; Bagaa, M.; Taleb, T. UAV based IoT platform: A crowd surveillance use case. IEEE Commun. Mag. 2017, 55, 128–134. [CrossRef]

Mulero-Pázmány, M., Stolper, R., Van Essen, L., Negro, J. J., & Sassen, T. (2014). Remotely piloted aircraft systems as a rhinocerosanti-poaching tool in Africa.PLoS ONE,9(1), e83873

Murugan, D.; Garg, A.; Singh, D. Development of an Adaptive Approach for Precision Agriculture Monitoring with Drone and Satellite Data. IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens. 2017, 10, 5322–5328. [CrossRef]

O'Donncha, F.; Grant, J. Precision Aquaculture. IEEE Internet Things Mag. 2019, 2, 26–30. [CrossRef]

O'Donncha, F.; Stockwell, C.L.; Planellas, S.R.; Micallef, G.; Palmes, P.; Webb, C.; Filgueira, R.; Grant, J. Data Driven Insight Into Fish Behaviour and Their Use for Precision Aquaculture. Front. Anim. Sci. 2021, 2, 695054. [CrossRef]

Offshore Wind Solutions. Available online: https://www.saildrone.com/ (accessed on 25 December 2021).

Ore, J.P.; Elbaum, S.; Burgin, A.; Detweiler, C. Autonomous aerial water sampling. J. Field Robot. 2015, 32, 1095–1113. [CrossRef]

Pan, Q.; Wen, X.; Lu, Z.; Li, L.; Jing, W. Dynamic Speed Control of Unmanned Aerial Vehicles for Data Collection under Internet of Things. Sensors 2018, 18, 3951. [CrossRef]

Paneque-Gálvez, J., McCall, M. K., Napoletano, B. M., Wich, S. A., & Koh, L. P. (2014). Small drones for community-based forestmonitoring: An assessment of their feasibility and potential in tropical areas.Forests,5(6), 1481–1507.

Peña, J. M., Torres-Sánchez, J., de Castro, A. I., Kelly, M., & López-Granados, F. (2013). Weed mapping in early-season maize fieldsusing object-based analysis of unmanned aerial vehicle (UAV) images.PLoS ONE,8(10), e77151.

Qazi, S.; Siddiqui, A.S.; Wagan, A.I. UAV based real time video surveillance over 4G LTE. In Proceedings of the 2015 International Conference on

OpenSource Systems & Technologies (ICOSST), Lahore, Pakistan, 17–19 December 2015; pp. 141–145. [CrossRef]

Rahman, M.S.; Khalil, I.; Atiquzzaman, M. Blockchain-Powered Policy Enforcement for Ensuring Flight Compliance in DroneBased Service Systems. IEEE Netw. 2021, 35, 116–123. [CrossRef]

Sandbrook, C. (2015). The social implications of using drones for biodiversity conservation.Ambio,44(4), 636–647.

Segner, H.; Reiser, S.; Ruane, N.; Rösch, R.; Steinhagen, D.; Vehanen, T. Welfare of Fishes in Aquaculture. In FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1189; FAO: Budapest, Hungary, 2019.

SoarOcean. (2013).Soarocean. Low cost drones for ocean conservation. Retrieved fromhttp://soarocean.org/

Ubina, N.; Cheng, S.C.; Chang, C.C.; Chen, H.Y. Evaluating fish feeding intensity in aquaculture with convolutional neural networks. Aquac. Eng. 2021, 94, 102178.

Ubina, N.; Cheng, S.C.; Chang, C.C.; Chen, H.Y. Evaluating fish feeding intensity in aquaculture with convolutional neural networks. Aquac. Eng. 2021, 94, 102178. [CrossRef]

Ubina, N.A.; Cheng, S.-C.; Chen, H.-Y.; Chang, C.-C.; Lan, H.-Y. A Visual Aquaculture System Using a Cloud-Based Autonomous Drones. Drones 2021, 5, 109. [CrossRef]

Verfuss, U.K.; Aniceto, A.S.; Biuw, M.; Fielding, S.; Gillespie, D.; Harris, D.; Jimenez, G.; Johnston, P.; Plunkett, R.; Sivertsen, A.; et al. Wyatt Literature Review: Understanding the Current State of Autonomous Technologies to Improve/Expand Observation and Detection of Marine Species. Available online: https://fdocuments.in/document/literature-review-understanding-the-current-state-literature-review-understanding.html (accessed on 31October 2023).

Wang, C.; Li, Z.; Wang, T.; Xu, X.; Zhang, X.; Li, D. Intelligent fish farm—The future of aquaculture. Aquacult. Int. 2021, 29, 2681–2711.

Wang, D.; Hu, P.; Du, J.; Zhou, P.; Deng, T.; Hu, M. Routing and Scheduling for Hybrid Truck-Drone Collaborative Parcel Delivery With Independent and Truck-Carried Drones. IEEE Internet Things J. 2019, 6, 10483–10495. [CrossRef]

Wright, B. (2015). Big brother watching mother nature: Conservation drones and their international and domestic privacy impli-cations.Vermont Journal of Environmental Law,17, 138.JOURNAL OF ENVIRONMENTAL POLICY & PLANNING137

Yao, D.; Cheng, L.; Wu, Q.; Zhang, G.; Wu, B.; He, Y. Assessment and prediction of fishery water quality using electrochemical sensor array carried by UAV. In Proceedings of the 2019b IEEE International Symposium on Olfaction and Electronic Nose (ISOEN), Fukuoka, Japan, 26–29 May 2019; pp. 1–4. [CrossRef]

Yao, J.; Ansari, N. QoS-Aware Power Control in Internet of Drones for Data Collection Service. IEEE Trans. Veh. Technol. 2019a, 68, 6649–6656. [CrossRef]

Yeong, D.J.; Velasco-Hernandez, G.; Barry, J.; Walsh, J. Sensor and Sensor Fusion Technology in Autonomous Vehicles: A Review. Sensors 2021, 21, 2140. [CrossRef]

Zhu, M.; Wen, Y.-Q. Design and Analysis of Collaborative Unmanned Surface-Aerial Vehicle Cruise Systems. J. Adv. Transp. 2019, 2019, 1323105. [CrossRef]

BÖLÜM 10

Yakın Gelecekte Su Ürünleri Yetiştiriciliğinin Gıda Güvenliğine Katkılarının Ekonomik Analizi

Öğr. Gör. Dr. Ilgın ÖZŞAHİNOĞLU[1]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10123151

[1] Çukurova Üniversitesi, Adana Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Adana, Türkiye. i.ozsahinoglu@gmail.com Orcid ID: https://orcid.org/0000-0002-3341-4061

Giriş

Beklenen nüfus artışının yanı sıra halen yetersiz beslenmeden mustarip olan çok sayıda insan nedeniyle gelecekteki balık tüketimi konusunda büyük endişeler bulunmaktadır. Aynı zamanda, balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliğinden elde edilen üretimin artırılması potansiyelinin de sınırları olabilir. Gelecekteki gıda güvenliğine ilişkin birçok çalışmada genellikle göz ardı edilen husus, arz ve talepteki değişikliklerin, örneğin gıda fiyatlarındaki, hane halkı gelirindeki ve tüketici tercihlerindeki değişikliklerin ekonomik etkileridir. Bu makale, su ürünleri yetiştiriciliğine vurgu yaparak 2030 yılına kadar balık arz ve talebini analiz etmek için ekonomik bir yaklaşım benimsemektedir. Üretimdeki yıllık ortalama büyüme oranının %2,4 ile %5 arasında değiştiği, ancak avcılık balıkçılığı üretiminde çok az değişiklik olduğu dört senaryo ele alınmaktadır. Su ürünleri yetiştiriciliğindeki büyüme oranlarındaki değişimlerin sadece gelecekteki balık fiyatları için değil, aynı zamanda 2030 yılına kadar kişi başına düşen balık tüketimi için de önemli sonuçları olduğu tespit edilmiştir. Sahra Altı Afrika özellikle su ürünleri yetiştiriciliği üretimindeki büyüme oranından etkilenmektedir.

Genel olarak deniz ürünleri ve özel olarak balık, küresel olarak, ancak daha da önemlisi gelişmekte olan ülkelerde beslenme ve gıda güvenliğinin sağlanmasında önemli bir rol oynamaktadır (Thilsted ve ark., 2016; Belton ve ark., 2018; Cojocaru ve ark., 2022). Küresel balık arzına iki ayrı ancak birbiriyle bağlantılı sektör katkıda bulunmaktadır: avcılık (veya yabani olarak yakalanan) balıkçılık ve akuakültür (veya çiftlik balıkları). Su ürünleri yetiştiriciliği, birkaç on yıldır dünyanın en hızlı büyüyen gıda sektörü olmuştur (FAO, 2020). Aslında, avcılık balıkçılığı düzlüğe çıkarken, kişi başına balık tüketimini korumak veya artırmak için üretimde sürekli artışlar gerekecektir(FAO,2020).

Su ürünleri yetiştiriciliği üretimindeki artış, hem arz hem de talep tarafındaki faktörlerden kaynaklanmaktadır ve bu faktörler iyi bir karlılıkla sonuçlanmış ve üretimin zaman içinde genişlemesine olanak sağlamıştır. Tüketici tercihlerindeki değişikliklere ek olarak nüfus ve gelir artışı gibi talep tarafındaki çeşitli değişkenlerin gelecekte de su ürünleri yetiştiriciliğinin genişlemeye devam etmesi için olumlu bir iş ortamı yaratması muhtemeldir. OECD-FAO Tarımsal Görünüm (2017), başlıca gıdaların üretimi hakkında bilgi sunmakta ve ayrıca gelecekteki üretim ve fiyatlar hakkında tahminler

vermektedir. Genel Görünüm, AGLINK-COSIMO/FAO Balık Modeline dayanan projeksiyonlarla balıkları da içermektedir. Bu makalenin amacı, FAO Balık Modelinin özel çalışmalarına dayanarak 2030 yılına kadar balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliği üretimi için farklı senaryolar sunmak ve gıda güvenliği üzerindeki etkilerini vurgulamaktır. Bu, gelecekteki balık talebi ve arzına ilişkin farklı senaryolar için yapılacaktır.

1.Metodoloji

Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) ve FAO tarafından ortaklaşa yürütülen AGLINK-COSIMO modeline bağlı bir uydu modeli olan Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) FAO Balık modelini kullandık. OECD-FAO AGLINK-COSIMO, dünya çapında üretilen, tüketilen ve ticareti yapılan başlıca tarımsal ürünlerin arz ve talebini analiz eden kapsamlı bir kısmi denge ekonomik modelidir. AGLINK-COSIMO özyinelemeli-dinamik bir modeldir ve her yıl OECD-FAO Tarımsal Görünüm'de (OECD ve FAO, 2021) yayınlanan 10 yıllık tarımsal projeksiyonları oluşturmak için kullanılır. OECD-FAO Aglink-COSIMO modeli ve FAO Balık modelinin ayrıntılı dokümantasyonu sırasıyla OECD ve FAO (2022) ve FAO'da (2012, s. 186-193) mevcuttur. FAO Balık modeli 2016 yılında önemli bir revizyondan geçmiştir. Balık modeli gıda balığı (FH), balık unu (FM) ve balık yağı (FL) piyasalarını içermektedir. Modelde AH için birden fazla arz fonksiyonu bulunmaktadır; biri avcılık balıkçılığı (FHC) için, diğeri ise her bir önemli su ürünleri yetiştiriciliği türü (FHA) için. Genel olarak model, her biri spesifik esnekliğe, yem oranına ve zaman gecikmesine sahip 117 türe özgü arz fonksiyonuna sahiptir. Kapsanan başlıca su ürünleri türleri somon, alabalık, yayın balığı (Pangasius dahil), tilapia, karides, sazan, yumuşakçalar, çipura ve levrek, süt balığı, yengeç, kerevit ve yılan balığıdır. Model 45 endojen ülke bileşeni içermektedir, ancak tüm ülke bileşenleri tüm türlere sahip değildir. Karides ve tilapia çoğu ülkede yetiştirilen türlerdir. Model FH, FM ve FL için üç dünya takas fiyatı içermektedir. FHC ve FHA'nın dünya fiyatları içseldir ve istatistiksel ilişkilere dayalı olarak tahmin edilmektedir. Talep tarafında, iki endojen talep fonksiyonu vardır: her biri gıda tüketimi ve balık unu ve balık yağına indirgeme için. Endojen indirgeme talebi endojen balık unu (FM) ve balık yağı (FL) arzı ile bağlantılıdır. Arz ve talep fonksiyonlarındaki fiyat değişkenleri reeldir. Bu kitap bölümün de rapor

edilen Balık modelini tahmin etmek için kullanılan ana veri kaynağı FAO balıkçılık verileridir. Gelecekteki balık üretim senaryoları kârlılığın yanı sıra, diğer birçok değişken de akuakültürün gelecekteki gelişimini etkileyecektir. Akuakültür düzenlemeleri, özellikle de yeni sahaların gelişimini sınırlayan veya mevcut sahalardaki üretim artışı potansiyelini olumsuz etkileyen düzenlemeler, akuakültürün gelişiminin önünde bir engeldir. Çoğu ülkede, su ürünleri yetiştiriciliği çevreyle etkileşim halinde olduğu için bir balık çiftliği kurmak için çevresel değerlendirme yapılması gerekmektedir (Asche ve Bjorndal, 2011). Akuakültürün çevre üzerindeki olumsuz etkisi bir dışsallıktır. Bir dışsallığı içselleştirmenin endüstrinin çıkarına olduğu durumlar olsa da, bunu bir şekilde yapmak yine de hükümetlerin sorumluluğundadır. Buna ek olarak, su ürünleri yetiştiriciliğine uygun bir alanın seyrüsefer, rekreasyon, balıkçılık veya diğer amaçlar için birbiriyle çelişen kullanımları olabilir. Dolayısıyla, su ürünleri yetiştiriciliğinin devlet tarafından düzenlenmesi için pek çok neden bulunmaktadır. Bununla birlikte, birçok ülkede düzenlemeler, bazı durumlarda su ürünleri yetiştiriciliğinin tamamen yasaklanması da dahil olmak üzere, daha fazla gelişme üzerinde bağlayıcı bir kısıtlama haline gelmiştir. Bununla birlikte, çeşitli ülkeler akuakültür dostu düzenlemeler ve pazar politikaları uygulamaya başladığından, akuakültür üretiminin daha da genişlemesi mümkündür. Ayrıca, akuakültürün karlılığının teşvik ettiği yem gibi üretim girdilerindeki iyileştirmeler de dahil olmak üzere genetik iyileştirmeler ve teknolojik gelişmeler de üretim artışına katkıda bulunacağı tahmin edilmektedir.

Talep tarafında, bir dizi değişken balık tüketimini etkilemektedir. Bunlar arasında söz konusu malın fiyatının yanı sıra ikame malların fiyatları, gelir, nüfus artışı ve demografik değişkenler, eğitim ve tercihlerdeki değişiklikler yer almaktadır (Bjørndal ve Tusvik, 2020a). Projeksiyonlar için kullanılan OECD-FAO modelinde, talep ve gelir esneklikleri gibi nüfus ve GSYH'de gelecekte beklenen değişiklikler de dahil edilmiştir. Farklı etlerin perakende fiyatlarındaki değişiklikler gibi talep değiştiriciler de dahil edilmiştir. Arz tarafında, avcılık balıkçılığı ve su ürünleri yetiştiriciliğinin geliştirilmesi için çeşitli alternatifler değerlendirilmektedir.

2.Senaryolar

Gelecekteki su ürünleri yetiştiriciliği üretimine ilişkin farklı varsayımlara izin veren dört senaryo modellenecektir. Gelecekteki avcılık balıkçılığı üretimi söz konusu olduğunda ise, bazı farklılıklar olsa da senaryoların çoğu aynı varsayımlara dayanacaktır. Aşağıdakileri dikkate alacağız:

I. Yıllık ortalama su ürünleri yetiştiriciliği büyüme oranı %2,4
II. Yıllık ortalama %4 su ürünleri yetiştiriciliği büyüme oranı
III. Yıllık ortalama su ürünleri yetiştiriciliği büyüme oranı %5
IV. İklim değişikliği

Senaryo I (temel durum): yıllık ortalama büyüme oranı %2,4 Bu senaryoda, su ürünleri yetiştiriciliğindeki yıllık ortalama büyümenin %2,4 olacağı varsayılmaktadır. Simülasyon dönemi biraz farklı olsa da bu oran OECD-FAO (2017) Genel Görünüm Raporu ile aynıdır. Büyüme, son yıllarda yaşananlardan oldukça düşüktür. Bu nedenle, bu kötümser senaryo olarak kabul edilebilir.

Senaryo II: yıllık ortalama %4 su ürünleri yetiştiriciliği büyüme oranı Su ürünleri yetiştiriciliği halen hızlı bir büyüme ve yoğunlaşma sürecinden geçmektedir ve potansiyeli yeni yeni fark edilmeye başlanmıştır (örneğin bkz. Belton ve ark., 2018; Edwards, 2015; Little ve ark., 2016). Genetik iyileştirme, yemleme verimliliği ve diğer yönetim uygulamalarındaki teknik ilerleme iyi bir şekilde devam etmekte ve potansiyel göstermektedir.

1980'den 2016'ya kadar, üretimdeki ortalama yıllık büyüme oranı %8,2 olmuştur. 2000'den 2016'ya kadar yıllık ortalama büyüme oranı %5,8 olmuştur (Bjørndal ve Tusvik, 2020a). Dolayısıyla, bu senaryoda yansıtılan büyüme oranı düşmüştür. Bununla birlikte, daha düşük bir büyüme oranına rağmen, büyüme daha geniş bir tabana dayandığı için mutlak anlamda büyüme gelecekte daha büyük olabilir.

Senaryo III (iyimser durum): yıllık ortalama %5 su ürünleri yetiştiriciliği büyüme oranı Bu senaryo, daha elverişli düzenlemeler ve üretimde senaryo II'dekinden daha büyük bir artışa olanak tanıyacak gelişmiş teknolojilerin uygulamaya konulması temelinde gerekçelendirilecektir. Bununla birlikte, %5'lik yıllık büyüme oranının (%4'lük senaryoda olduğu

gibi) her yıl için eşit olmadığı, ancak aynı genel dinamikleri korumak için ortalama %5 olduğu unutulmamalıdır. Bunun başarılması için genel üretkenlik iyileştirmelerinin yanı sıra yem verimliliğinin de artırılacağı varsayılmaktadır.

Yukarıda tartışıldığı üzere, su ürünleri yetiştiriciliğinin gelişmesinin önünde çevresel ve diğer kısıtlamalar bulunmaktadır; ancak bazı ülkeler bu kısıtlamaların bazılarını çözmek ya da en azından hafifletmek ve su ürünleri yetiştiriciliği faaliyetlerine ve genel olarak denizcilik sektörüne yatırım yapmak için çalışmaktadır (ör. Mavi Büyüme).

Dünyanın bazı bölgelerinde genişleme konusunda kısıtlamalar olduğu görüldüğünden, yeni teknolojilerin geliştirilmesine daha fazla ilgi duyulmaktadır. Bunlar arasında şunlar yer almaktadır:

a. 2020'lerin ikinci yarısında önemli hale gelebilecek olan açık deniz - açık okyanus su ürünleri yetiştiriciliği. Bu teknolojilerden bazıları sadece mevcut kıyı üretiminin yerini alacak olsa bile, su ürünleri yetiştiriciliğine yeni bir boyut katacak ve düzenlemelerin kıyı bölgelerindeki kadar sınırlayıcı olmaması gereken bir ortamla sonuçlanacaktır.
b. Üretim teknolojileri çoğu deniz balığı türü için hala sınırlayıcıdır, ancak bu kısıtlama zaman geçtikçe gevşeyecektir ve bu nedenle 2020'lerin ikinci yarısında deniz balığı üretimi şimdikinden daha hızlı gelişecektir. Çin'de de deniz akuakültüründe büyüme görülmektedir (Cao ve ark., 2017).
c. Çin'in kıyı bölgelerinde ticari entegre multi-tropik akuakültürün (IMTA) uygulanması umut vericidir. Zorluklara rağmen, ticari IMTA'nın uygulanması kıyı bölgesinde akuakültürün genel sürdürülebilirliğini artırabilir (Wartenberg ve ark., 2017). Bununla birlikte, IMTA'nın dünyanın hiçbir yerinde önemli bir seviyeye ulaşmadığı ve üretim seviyeleri üzerinde önemli bir etkisi olmadan öngörülebilir gelecekte bir arzu olmaya devam edeceği görülmektedir.
d. Oransal büyümeden daha fazlası, dünyanın her yerinde ve bir dizi farklı yetiştirilen tür için devridaim akuakültür sistemlerinde (RAS) de beklenebilir.

e. Yeni tohumlama projeleri dünyanın birçok yerinde kabul gördükçe, akuakültür destekli balıkçılık üretime katkısını artırmalıdır.
f. Taşkın yataklarında toplum temelli balık kültürünün benimsenmesi balık üretimini daha da artıracaktır.

Bu teknolojilerden bazıları, örneğin somon balığının karada yetiştirilmesi, henüz büyük ölçekte ekonomik olarak uygulanabilir olmayabilir (Bjørndal ve Tusvik, 2019). Ancak çiftçiler teknolojiyle ilgili daha fazla deneyim kazandıkça ve verimlilik arttıkça bu durum zamanla değişebilir.

Senaryo 4 İklim değişikliği

Küresel iklim değişikliği politikası çoğunlukla aşağıdaki faaliyetler tarafından yönlendirilmiştir ancak en ağır sonuçları sanayileşmiş ülkelerin gelişmekte olan ülkeler tarafından hissedilmektedir, çünkü bu ülkelerin çoğu zaten iklim aşırılıklarına maruz kalmaktadır (Conway, 2012, s. 286). İklim değişikliğinin uzun vadeli sonuçlarını tahmin etmek zordur. Cheung ve diğerleri (2010), iklim değişikliğinin küresel avlanma potansiyelinin büyük ölçekli yeniden dağılımı, ortalama yüksek enlem bölgelerinde %30-70 oranında artış ve tropik bölgelerde %40'a varan düşüş meydana geldiğini bildirmişlerdir. İklim değişikliği ve iklim değişkenliğinin etkileri halihazırda avcılık balıkçılığından elde edilen balık arzındaki belirsizliğin artması ve su ürünleri yetiştiriciliğindeki belirsizlikler ülkelerin azaltma konusundaki öncelikleri ve odak noktaları iklim etkilerinin yanı sıra bu etkilere karşı dayanıklılıklarının artırılması, onları etkileyebilecek konuların sayısına göre değişir. Bir bir bölgelerin karşı karşıya olduğu risklerin ve kırılganlığının değerlendirilmesi balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliği kaynaklarının uygun yönetim tekniklerinin oluşturulması gerekmektedir.

3.Gelecekteki Balık Üretimi

Dünya Balık Merkezi, topluluk temelli balık kültürü olarak bilinen, sel mevsiminde balıkların ortaklaşa yetiştirildiği, ancak aynı arazinin kurak mevsimde pirinç için bireysel olarak yetiştirildiği yeni bir yaklaşım oluşturmuştur (Dey ve ark., 2005b). Taşkın yataklarında balık kültürüne yönelik toplum temelli yaklaşımın yenilikleri Bangladeş'te ve Asya'nın diğer ülkelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Dey ve ark., 2013a; Haque ve Dey, 2017) ve büyük bir potansiyele sahiptir.

Bu teknolojilerden bazılarının henüz ekonomik olarak uygulanabilir olduğunun kanıtlanmadığını belirtmek önemlidir. Bununla birlikte, dünyanın birçok yerinde önemli yatırımlar yapılmaktadır. Yeni teknolojilerden bazıları yaygın olarak kullanılmasa bile, söz konusu Ar-Ge'nin mevcut teknolojiler üzerinde de faydalı bir etkisi ve yayılma etkileri olması muhtemeldir

RAS gibi bazı "yeni" teknolojilerin önümüzdeki yıllarda ekonomik olarak verimli hale gelmesi (veya mevcut risklerini azaltması) beklenmektedir. Know-how paylaşımı ya da sadece başarı hikayelerinin kopyalanması bu teknolojilerin hızla yayılmasıyla sonuçlanacaktır. Ayrıca, bir şirket veya ülkenin üretim teknolojilerindeki yenilikleri veya gelişmeleri koruması çok zordur. Şirketler teknolojilerini diğer şirketlere ihraç etmeye veya yurtdışında kendi tesislerini geliştirmeye istekli olabilirler (bu da riskin azalmasına yol açabilir).

Endonezya veya Burma (Myanmar) gibi diğer ülkelerde su ürünleri yetiştiriciliğinin daha da genişlemesi beklenmektedir. Ancak bu ülkelerdeki büyüme hızı, su ürünleri yetiştiriciliği sektöründe yeni iş gücünün istihdam edilememesi nedeniyle önümüzdeki on yıllarda yavaşlayabilir. Örneğin Endonezya'da balık çiftçilerinin sayısı 2010 ve 2014 yıllarında sırasıyla 3.351.000 ve 3.344.000'dir (FAO-SOFIA, 2016, s. 34). Yapay yemlemedeki fiyat artışı, su ürünleri yetiştiriciliğindeki büyümeyi sınırlayan bir başka faktör olabilir. Bununla birlikte, balık unu ve yağının tarımsal bileşenlerle değiştirilmesine yönelik son eğilimler gelecekteki fiyatların dengelenmesine yardımcı olabilir.

Birçok Asya ülkesinde su ürünleri yetiştiriciliği için teknolojik gelişmeler beklenmektedir. Bunlar arasında yapay yemlerde iyileştirmeler, ırkların geliştirilmesi ve gelişmiş üretim yönetimi için bilgi teknolojisi (IT) ve yapay zeka (AI)1 kullanımı yer almaktadır. Bu tür teknolojiler, azalan iş gücünü ve gelecekteki su ürünleri yetiştiriciliği için diğer kısıtlamaları telafi edebilir. Ancak bunların üretim artışı üzerindeki kesin etkisi bu aşamada büyükölçüde bilinmemektedir.

Asya su ürünleri yetiştiriciliğinin (Çin dahil) 2001-2015 yılları arasındaki büyüme oranı %6'dır (FAO Su Ürünleri Bülteni No 56, Nisan 2017, s. 6). Bu bölgedeki gelecekteki büyümenin bu oranı aşmaması muhtemeldir.

Geleceğin dünyasının daha da küreselleşeceğini varsayarsak, yeni üretim teknolojileri, tarımsal ürünlerle birlikte, geçmişte olduğundan daha yoğun bir şekilde ticarete konu olacaktır. Üretim teknolojileri küresel olarak daha benzer hale gelebilir ve ülkelere göre üretim verimliliğindeki farklılıklar az çok dengelenebilir. Tüm bunlar Senaryo III varsayımlarının makul olduğunu göstermektedir.

AB'deki ana konu, su kaynaklarının alternatif kullanımlarından kaynaklanan çatışmalar da dahil olmak üzere, mekansal planlama ve kullanılabilirliktir. Mevcut koşullar altında üretimdeki herhangi bir artış, yeni başarılı teknolojilerden gelecektir. Bu durum, su ürünleri yetiştiriciliğinin ekonomik performansına ilişkin bazı AB Balıkçılık Bilimsel, Teknik ve Ekonomik Komitesi (STECF) raporlarında ve bazı özel AB projelerinde iyi bir şekilde belgelenmiştir (Prellezo ve Carvahlo, 2020). Norveç, hem geleneksel hem de yeni üretim teknolojilerini kullanarak üretimi artırmak için büyük bir potansiyele sahiptir. Ancak bunun gerçekleşmesi için çevresel sorunların kontrol altına alınması gerekmektedir (Bjørndal ve Tusvik, 2019, Bjørndal ve Tusvik, 2020).

Küresel üretim Dört senaryo için 2030 yılı projeleri hem avcılık balıkçılığı hem de su ürünleri yetiştiriciliği üretimi için. 2016 yılı üretimiyle karşılaştırıldığında, I-III senaryoları için 2030 yılında avcılık balıkçılığı üretiminde çok az değişiklik olacaktır. Ancak, iklim değişikliği senaryosu üretimde %7,1'lik bir azalma anlamına gelmektedir. Su ürünleri yetiştiriciliği üretiminin 2030 yılında I-III senaryoları için sırasıyla %39,3, %56,1 ve %70 oranında artacağı, iklim değişikliği durumunda ise sadece %22,7 oranında artacağı görülmektedir. Dolayısıyla, yıllık büyüme oranının yanı sıra iklim değişikliğinin de üretim üzerinde önemli bir etkiye sahip olacağı öngörülmektedir.

KAYNAKÇA

Thilsted, S.H., Thorne-Lyman, A., Webb, P., Bogard, J.R., Subasinghe, R., Phillips, M.J., Allison, E.H., 2016. Sustaining healthy diets: the role of capture fisheries and aquaculture for improving nutrition in the post-2015 era. Food Policy 61, 126–131.

Belton, B., Bush, S.R., Little, D.C., 2018. Not just for the wealthy: rethinking farmed fish consumption in the Global South. Glob. Food Sec. 16, 85–92.

Cojocaru, A.L., Liu, Y., Smith, M.D., Akpalu, W., Ch´avez, C., Dey, M.M., Tran, N., 2022. The "seafood" system: aquatic foods, food security, and the Global South. Rev. Environ. Econ. Policy 16 (2), 306–326.

FAO, 2012. The State of World Fisheries and Aquaculture 2012. Rome. www.fao. org/3/a-i2727e.pdf. FAO, 2016. The State of World Fisheries and Aquaculture - Contributing to Food Security and Nutrition for all. Rome.

FAO, 2017a. Regional Review on Status and Trends in Aquaculture Development in Sub- Saharan Africa – 2015, by Benedict P. Satia. FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1135/4. Rome, Italy.

FAO, 2017b. Regional Review on Status and Trends in Aquaculture Development in Latin America and the Caribbean – 2015, by Carlos Wurmann G. FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1135/3. Rome, Italy.

FAO, 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020.

Asche, F., Bjorndal, T., 2011. The Economics of Salmon Aquaculture, Second edition. John Wiley & Sons.

Bjørndal, T., Tusvik, A., 2020a. Economic Analysis of the Contributions of Capture Fisheries and Aquaculture to Future Food Security. Bergen: SNF report R04/20.

Belton, B., Bush, S.R., Little, D.C., 2018. Not just for the wealthy: rethinking farmed fish consumption in the Global South. Glob. Food Sec. 16, 85–92.

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

Little, D.C., Newton, R.W., Beveridge, M.C.M., 2016. Aquaculture: a rapidly growing and significant source of sustainable food? Status, transitions and potential. Proc. Nutr. Soc. 75, 274–286.

Cao, L., Chen, Y., Dong, S., Hanson, A., Huang, B.O., Leadbitter, D., Naylor, R.L., 2017. Opportunity for marine fisheries reform in China. Proc. Nat. Acad. Sci. 114 (3), 435–442.

Wartenberg, R., Feng, L., Wu, J.J., Mak, Y.L., Chan, L.L., Telfer, T., Lam, P.K.S., 2017. The impacts of suspended mariculture on coastal zones in China and the scope for integrated multi-trophic aquaculture. Ecosyst. Health Sustain. 3 (6). Art. No.: 1340268.

Bjørndal, T., Tusvik, A., 2019. Economic analysis of land-based farming of salmon. Aquac. Econ. Manag. 23 (4), 449–475. https://doi.org/10.1080/ 13657305.2019.1654558.

OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) & FAO, 2021. OECD-FAO Agricultural Outlook 2021-2030. OECD Publishing, Paris. https://doi.org/ 10.1787/19428846-en.

OECD and FAO, 2022. Aglink-Cosimo Model – a Partial Equilibrium Model of World Agricultural Markets. Paris and Rome.

OECD-FAO, 2017. Fish in seafood. In: OECD-FAO Agricultural Outlook 2017–2026. OECD Publishing, Paris. https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2017-12-en.

Conway, G., 2012. One Billion Hungry: Can we Feed the World? Cornell University Press, p. 456. ISBN 0-8014-7802-2. Dey, M.M., 2000.

Cheung, W.W., Lam, V.W., Sarmiento, J.L., Kearney, K., Watson, R.E.G., Zeller, D., Pauly, D., 2010. Large-scale redistribution of maximum fisheries catch potential in the global ocean under climate change. Glob. Chang. Biol. 16 (1), 24–35.

Dey, M.M., Prein, M., Haque, A.B.M.M., Sultana, P., Dan, N.C., Hao, N.V., 2005b. Economic feasibility of community-based fish culture in seasonally flooded rice fields in Bangladesh and Vietnam. Aquac. Econ. Manag. 9 (1 & 2), 65–88.

Dey, M.M., Spielman, D.J., Haque, A.B.M.M., Rahman, M.S., Valmonte-Santos, R., 2013a. Change and diversity in smallholder rice-fish systems: recent evidence and policy lessons from Bangladesh. Food Policy 43, 108–117. https://doi.org/10.1016/j. foodpol.2013.08.011.

Haque, A.B.M.M., Dey, M.M., 2017. Impact of community-based fish culture in seasonal floodplains on income, food security and employment in Bangladesh. Food Sec. 9, 25–38.

FAO, 2016. The State of World Fisheries and Aquaculture - Contributing to Food Security and Nutrition for all. Rome.

Prellezo, R., Carvahlo, N., 2020. Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries (STECF): The 2020 Annual Economic Report on the EU Fishing Fleet (STECF 20-06).

BÖLÜM 11

Su Ürünleri Üretiminde Karbon Ayak İzi

Öğr. Gör. Dr. Celal ERBAŞ[1]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10123169

[1] Çukurova Üniversitesi, Yumurtalık Meslek Yüksekokulu, Yumurtalık, Adana, https://orcid.org/0000-0001-9924-8505, erbaş_erbas@hotmail.com

Giriş

"Karbon ayak izi," bir bireyin, organizasyonun, olayın veya ürünün doğrudan ve dolaylı olarak neden olduğu sera gazı emisyonlarının toplam miktarını ifade eden bir terimdir. Başka bir değişle Karbondioksit (CO2), sera etkisinden sorumlu gazlardan biridir ve atmosferdeki konsantrasyonu gezegenimizdeki iklim değişikliğine katkıda bulunur. İnsan faaliyetlerinin atmosfere karbon dioksit yayması, karbon ayak izi olarak adlandırılan etkiyi oluşturur (Radu ve ark., 2013). Karbon Ayak İzi, CO2 emisyon değerini içerir ve genellikle ton cinsinden aylık veya yıllık olarak ölçülür, bu bilgiler emisyonların azaltılması ve mevcut emisyonların telafi edilmesi için eylemlerin planlanmasında kullanılır (Ferreira, 2011). Bu emisyonlar genellikle karbondioksit (CO2) gibi sera gazlarıdır. Karbon ayak izi, kişisel veya kurumsal faaliyetlerin çevresel etkisini ölçmek ve değerlendirmek için kullanılır. Karbon ayak izi hesaplamaları, bir kişinin veya kuruluşun enerji tüketimi, ulaşım alışkanlıkları, gıda tüketimi, atık yönetimi ve diğer aktiviteleri gibi bir dizi faktörü içerir. Bu faktörlerin her biri sera gazı emisyonlarına katkıda bulunabilir. Örneğin, araç kullanımı fosil yakıt tüketimiyle CO2 emisyonlarına neden olur, evlerin ısıtılması ve soğutulması enerji tüketimini artırabilir, et tüketimi ise hayvancılık endüstrisinin sera gazı emisyonlarına katkıda bulunduğu bir örnek olabilir (Wackernagel ve Rees., 1998; Williams., 2009).

Şekil 1. Karbon Ayak izi

Karbon ayak izi, temel olarak iki ana bileşenden oluşur: doğrudan/ayak izi ve dolaylı/ayak izi. Doğrudan/ayak izi, fosil yakıtların yanmasından kaynaklanan CO2 emisyonlarını içeren ve evsel enerji tüketimi ile ulaşım (örneğin, araç ve uçak kullanımı gibi) gibi faktörleri ölçen bir metriktir. İkincil/ayak izi ise, kullandığımız ürünlerin tüm yaşam döngüsünü kapsar ve bu ürünlerin imalatından kullanımına ve nihayetinde atılmasına kadar olan süreçte meydana gelen dolaylı CO2 emisyonlarını ölçer. Karbon ayak izi hesaplamaları, hem doğrudan/ayak izini hem de dolaylı/ayak izini içerir. Bu iki bileşen, kişisel veya kurumsal karbon ayak izini anlamamıza ve azaltmamıza yardımcı olan önemli bir bilgi sunar. (Kutay ve ark.,2010; Galli ve ark., 2012; Birkan, 2014; Toröz, 2015; Danışman ve Özalp., 2016).

Karbon Ayak İzi Hesaplamaları

Karbon ayak izini hesaplamak için iki belirli özellik bulunmaktadır: PAS 2050 ve ISO 14040/44. Birçok araştırma, istiridyenin karbon ayak izini tahmin eden Yen (2014) ve tilapianın karbon ayak izini değerlendiren Ku ve Miao (2013) gibi çalışmalar, PAS 2050 standartını kullanmıştır. Aynı şekilde ISO 14040/44 standartlarını benimseyen çalışmalar arasında Henriksson ve arkadaşlarının (2014) karidesin karbon ayak izini değerlendirdiği çalışma, Ziegler ve arkadaşlarının (2013) Norveç deniz ürünlerinin karbon ayak izini değerlendirdiği çalışma, ve Adom ve arkadaşlarının (2013) bir süt ürünleri yem fabrikasının karbon ayak izini hesapladığı çalışma bulunmaktadır. ISO (Uluslararası Standartlar Organizasyonu), çevresel etkilerle ilgili daha fazla odaklanmayı amaçlayan ISO/TS 14067 standardını önermiştir. Bu standart, iklim değişikliğinin çevresel etkilerini değerlendirmek için önceki ISO 14040:2006 ve ISO 14044 standartlarını temel almaktadır. Bu gelişmeler, karbon ayak izi hesaplamalarının daha güncel ve çevresel etkilere daha fazla vurgu yapan bir yaklaşımı benimsemesine yardımcı olmaktadır.

Karbon Ayak İzinin Su ürünleri Yetiştiriciliği ile İlişkisi

Şekil 2 Karbon Ayak İzinin Su ürünleri Yetiştiriciliği ile İlişkisi

Karbon ayak izi ve su ürünlerinin üretimi arasındaki ilişki, su ürünleri endüstrisinin çevresel etkilerini ölçmek ve sürdürülebilirlik çabalarını yönlendirmek için önemli bir faktördür. Su ürünleri üretimi, sera gazı emisyonlarına katkıda bulunabilir ve karbon ayak izi hesaplamalarına etki edebilir. Dünya genelinde, hayvansal protein talebindeki artışı karşılamak amacıyla su ürünleri üretimi yıllık %5 ila %11 oranında artmaktadır (Wu ve ark., 2014; FAO, 2023). Su ürünleri yetiştiriciliği, yoksulluğun azaltılması ve gıda güvenliğinin sağlanması için önemli bir araç olmasına rağmen, aynı zamanda çevresel maliyetlerle de karşı karşıyadır (Béné ve ark., 2016; FAO, 2023). Özellikle bazı su ürünleri yetiştiriciliği sistemlerinin yoğun sera gazı (GHG) emisyonları rapor edilmiştir ve bu durum endişe kaynağı olarak bildirilmiş (Williams ve Crutzen, 2010; Yuan ve ark., 2019). Bu emisyonların en önemlileri, yüksek küresel ısınma potansiyeline sahip metan (CH4) ve nitröz oksit (N2O) emisyonlarıdır, çünkü bu gazlar 100 yıllık bir zaman diliminde sırasıyla karbondioksitten (CO2) 34 ve 298 kat daha fazla ısınmaya neden olabilirler (Myhre ve diğerleri, 2013). Öte yandan, CO2 emisyonları, yakın zamanda üretilen CO2'yü (örneğin, organik balık yemlerinde) büyük ölçüde atmosfere geri verir. Bazı balık havuzları, birincil üretim çökelti ve su sütunundaki CO2 üretimini aştığında CO2'yı tutma kapasitesine sahiptir (Flickinger ve ark., 2020; Zhang ve ark., 2020). Tablo 1'de bazı su ürünleri yetiştiriciliğin 'de karbon gömme oraları verilmiştir.

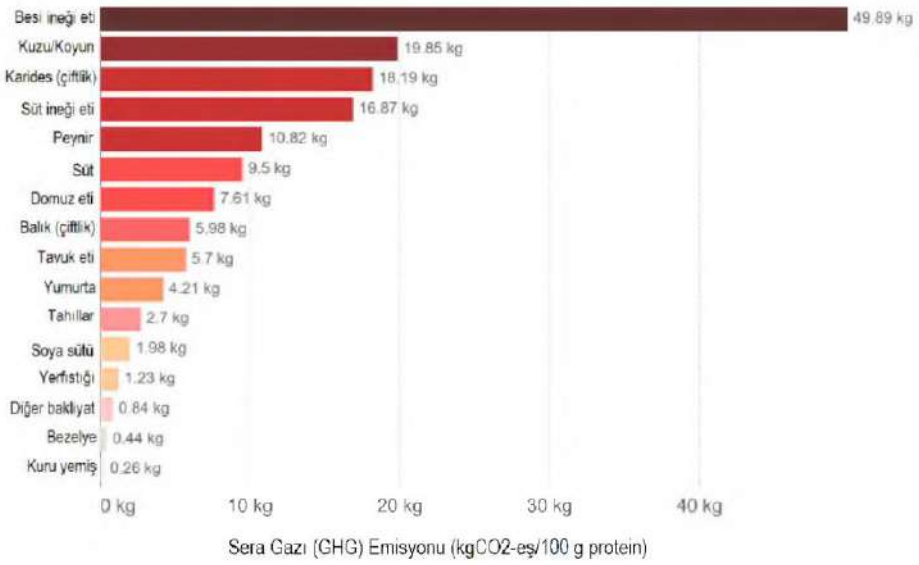
Tablo 1. Yetiştiriciliği yapılan bazı balık türlerinin Karbon gömme oranları (Thunjai ve ark., 2004; Boyd ve ark., 1999; Wudtinst ve Boyd, 2006;Munsiri ve ark., 1996; Tepe ve Boyd, 2002; Adhikari ve ark.,2012)

Kültür sistemleri	Karbon gömme oranı (g/cm2 / yıl)
Tilapia	0,0154
Tilapia	0,0076
Karides	0,0274
Sazan	0,0163
Clarias (yayın balığı)	0,0064
Tatlı su karidesi	0,0028

Kültür sistemleri	Karbon gömme oranı (g/cm2 / yıl)
Sazan	0,0318
Tilapia	0,0115
Gümüş balığ	0,0076
Gümüş balığ	0,0052
Gümüş balığ	0,0044
Hint sazanları + karideslerin polikültürü (organik gübre)	0.01530
Hint sazanları + karideslerin polikültürü (organik + inorganik gübre)	0.01463
Scampi (organik gübre)	0,00863
Kış aylarında Tilapia yetiştiriciliği (sığır gübresi ve talaş)	0,0087
	0,0146
Tilapia (kümes hayvanları dışkısı ve testere tozu)	0,0133
	0,0183
c) Tilapia (solucan gübresi ve testere tozu)	0,0265
	0,0342
Tilapia (sığır gübresi, kümes hayvanı dışkısı, solucan gübresi ve talaş tozu karışımı)	0,0376
	0,0431
Tilapia (solucan gübresi ile muhafaza edilen izo-karbonik durumlar)	0,0225
	0,0302
Tilapia (kümes hayvanları dışkılarıyla korunan izo-karbonik	0,0108
	0,0122

Kültür sistemleri	Karbon gömme oranı (g/cm2 / yıl)
durumlar)	

Su ürünleri yetiştiriciliği yapan ülkelerin ilk 21'sinde yer aldığını ve yıllık olarak CH4 olarak 218 Tg CO2 ve N2O olarak 11 Tg CO2 eşdeğeri saldığını göstermektedir (Yuan ve ark., 2019). Su ürünleri yetiştiriciliğinin, 2030 yılına kadar toplam antropojenik N2O emisyonlarının %5'ten fazlasına katkı sağlaması beklenmektedir (Hu ve diğerleri, 2012; Paudel ve ark., 2015). Toprak balık havuzları, en yaygın kullanılan tesislerdir ve tamamen toprak malzemelerden inşa edilen kazılmış havuzları içerir (FAO, 2023). Bu sığ göletler, sera gazı emisyonlarının önemli kaynaklarıdır ve su ürünleri yetiştiriciliğinin sera gazı emisyonlarının %80'den fazlasını ürettiği tahmin edilmektedir (Yuan ve ark., 2019). Su ürünleri yetiştiriciliği, düşük sera gazı emisyonlarına sahip bir kaynaktır ve sığır ve domuz eti üretimine kıyasla daha düşük bir Karbon Ayak İzi (CF) değerine sahiptir, kümes hayvanlarına benzemektedir (Cochrane ve ark. 2009; Sonesson ve ark. 2010; Boyd ve ark. 2020; Raul ve ark. 2020; D'Abramo 2021).



Şekil 3 Gıda ürünlerinin 100 gram protein içerikleri başına GHG Emisyonlar (Ritchie ve Roser, 2021)

Düşük CF'li su ürünleri yetiştiriciliği, ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik ilkelerinin her biri açısından ele alınması gereken bir üretim potansiyeline sahiptir ve CF değerleri daha da iyileştirilebilir (Cochrane ve ark,. 2009; Henriksson ve ark., 2013; Angel ve ark., 2019; Boyd ve ark., 2020). Dünya nüfusunu beslemek için su ürünleri, sürdürülebilir biyoekonomi kapsamında önemli bir potansiyele sahiptir (Boyd ve ark. 2020). Gıda üretimi ile ilgili stratejik hedefler, sürdürülebilirlik ve döngüsel ekonomi ilkelerine dayandırılmalıdır, ki bu konuda Boyd ve ark., (2020), Hamam ve arkadaşlarının (2021), Tacon ve ark. (2022) ve Viles ve ark., (2022) çalışmaları da aynı yönde vurgu yapmaktadır. Ancak, iklim değişikliğinin potansiyel stres etkisi, sistemin ne kadar kırılgan olduğuna bağlı olarak gıda güvenliği ve beslenmeyi olumsuz etkileyebilir, bu da Gitz ve arkadaşlarının (2016) çalışmasında belirtilmiştir. Bu nedenle, Karbon Ayak İzi (CF) analizi, su ürünleri yetiştiriciliğinin sürdürülebilirlik ve iklim değişikliği açısından potansiyel durumunun belirlenmesinde kullanılabilir bir yaklaşım olarak değerlendirilebilir (Henriksson ve ark. 2017; Boyd ve ark. 2020; Rossi ve ark. 2021; Diken ve ark. 2022). Bu amaçla, su ürünleri yetiştiriciliği emisyonlarının hesaplanması için yem ve üretici sektörlerinden elde edilen verilere dayanan CF değerlendirmelerinin standardizasyonu gereklidir. Bu çalışmaların yürütülmesi için özellikle su ürünleri emisyonlarının hesaplanması için yem ve üretici sektörlerindeki deneysel çalışmalara ihtiyaç vardır (MacLeod ve ark. 2020). Küresel gıda güvenliği ve diğer Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri'ne ulaşma hedefiyle uyumlu olarak, su ürünleri üretimi, aşırı su ve enerji tüketimi, sera gazı emisyonları (GHG), ötrofikasyon, su kaynaklarının bozulması ve habitatlar ile ekosistemlere zarar veren önemli kaynak tüketimi ve çevresel etkilerle ilişkilidir (MacLeod ve ark., 2020; Meng ve Feagin, 2019; Troell ve ark., 2014). Su ürünleri yetiştiriciliği, genellikle hayvancılık üretimine kıyasla daha fazla enerji girdisi gerektirir (Hilborn ve diğerleri, 2018) ve tatlı su ve kıyı suyu kalitesinin bozulmasına katkıda bulunabilir (Langford ve ark.,, 2014). Örnek olarak, 2006-2017 döneminde, su ürünleri üretimi, Çin'in tatlı su kaynaklarına ve kıyı denizlerine yılda 1,6 megaton nitrojen ve 0,2 megaton fosfor salınımına neden oldu (Wang ve diğerleri, 2019). Su ürünleri yetiştiriciliği üretimi arttıkça ve kaynak kullanım yoğunluğu arttıkça, çevresel etkilerin artma olasılığı yüksektir (Henriksson ve ark, 2015; Hilborn ve ark, 2018; Yuan ve ark, 2019). Ancak, küresel düzeyde

su ürünleri yetiştiriciliğiyle ilgili kaynak tüketimi ve çevresel tehditler dahil olmak üzere, su ürünleri yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliği konusunda eksik bir kapsamlı anlayış bulunmaktadır. Su ürünleri yetiştiriciliğinin küresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkileri göz önüne alındığında, bu ölçekte bir çalışma zorlu olsa da son derece önemlidir. Sürdürülebilir su ürünleri yetiştiriciliği, belirli Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SDG) hedefleri ile doğrudan ilişkilidir. Örneğin, Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi 14 (SDG 14), su altında yaşamı koruma ve deniz kaynaklarını sürdürülebilir bir şekilde kullanma amacını taşır. Aynı şekilde, sürdürülebilir su ürünleri yetiştiriciliği, yoksulluğun azaltılmasına ve insanlara gıda sağlanmasına katkıda bulunarak Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi 1 (SDG 1) ve Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi 2 (SDG 2) hedeflerini destekler. Balık tüketimi, zengin protein içeriği nedeniyle sağlık yararları ile ilişkilendirilmiştir ve hem insan sağlığına hem de iklim değişikliği ile mücadeleye katkı sağlar. Bu durum, Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi 3 (SDG 3) ve Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi 13 (SDG 13) ile ilgilidir. Bu nedenle, sürdürülebilir su ürünleri yetiştirme sistemlerinin mevcut durumunun kapsamlı bir analizine dayalı olarak en etkili yönetim stratejilerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Su ihtiyacı nedeniyle kaynak suyunda yetiştirildiğinde havalandırmaya olan ihtiyacı ortadan kaldırır ve bu, enerji girdisinin büyük bir kısmını oluşturan elektrik tüketiminde tasarruf sağlar.

Sonuç

Son yıllarda, küresel ısınma etkileri nedeniyle yüksek enerji tüketimi gerektiren su ürünleri yetiştiriciliği sistemlerinde recirculating aquaculture system (RAS) gibi kapalı devre su ürünleri yetiştiriciliği yöntemleri tercih edilmektedir. Ancak tür ve üretim sistemlerine bağlı olarak su ürünleri üretiminin sürdürülebilirliği farklılık göstermektedir. Bu nedenle, üretim sisteminin enerji kullanım verimliliğini belirlemek ve karbon ayak izini azaltmak için önemlidir. Enerji kullanım verimliliğinin sürdürülebilirlik açısından önemli bir gösterge olduğunu ve bir üretim sisteminin sürdürülebilirliğini değerlendirmek için bu göstergenin dikkate alınması gerektiğini vurgulamaktadır. Su ürünleri üretim sistemlerinin enerji bağımlılığını belirlemek ve politika yapıcılarına önleyici tedbirler hakkında gerekli bilgiler sunmak amacıyla geliştirilen metodolojik bir çerçeve, özellikle

balık yetiştiriciliğinin önemli bir büyüme yaşadığı bir dönemde, balık havuzlarından kaynaklanan emisyon yoğunluklarının genellikle göz ardı edildiği bir dönemde, belirsizlikleri değerlendirmek için örnekleme çabalarını optimize etmek açısından önemli bir adım olacaktır. Mikrobiyal süreçlerin ve fiziksel faktörlerin emisyon oranları üzerindeki etkileşimli etkilerinin daha iyi anlaşılması, su ürünleri yetiştiriciliğinin sera gazı emisyonlarını belirleyen temel faktörleri belirlemeye yardımcı olabilir.

İdeal olarak, havuz yönetimi, fitoplankton tarafından CO2'nin emilimini teşvik eder ve biyokütlenin uzun süreli gömülmesine olanak sağlar, bu da CH4 ve N2O emisyonlarını dengeler. Kültür balığı, gıda güvenliğini artırabilir ve gelişmekte olan ülkelerde sosyo-ekonomik refahı artırabilecek uygun maliyetli bir protein kaynağı olarak önemli bir rol oynayabilir. Sürdürülebilir su ürünleri yetiştiriciliği gelişimini teşvik etmek için, dünya çapında iklim açısından akıllı yönetim uygulamalarının geliştirilmesinin önemini vurguluyoruz.

KAYNAKLAR

Adhikari, S., Lal, R., & Sahu, B. C. (2012). Carbon sequestration in the bottom sediments of aquaculture ponds of Orissa, India. Ecological Engineering, 47, 198-202.

Adom, F., Workman, C., Thoma, G., & Shonnard, D. (2013). Carbon footprint analysis of dairy feed from a mill in Michigan, USA. International Dairy Journal, 31, S21-S28.

Angel, D. L., Jokumsen, A. & Lembo, G. 2019 Aquaculture production systems and environmental interactions. In: Organic Aquaculture Impacts and Future Developments (Lembo, G. & Mente, E., eds). Springer, Cham, Switzerland, pp. 103–118.

Béné, C., Arthur, R., Norbury, H., Allison, E. H., Beveridge, M., Bush, S., ... & Williams, M. (2016). Contribution of fisheries and aquaculture to food security and poverty reduction: assessing the current evidence. World development, 79, 177-196.

Birkan, İ. (2014). Küresel Isınma ve Karbon Ayak İzimiz. Erişim Adresi http://www.turkishnews.com/tr/content/wp-content/uploads/2014/08/KURESELISINMA-VE-KARBON-AYAK-IZIMIZ.pdf

Boyd, C. E., D'Abramo, L. R., Glencross, B. D., Huyben, D., Juarez, L. M., Lockwood, G. S., Aaron, A. M., Tacon, A. G. J., Teletchea, F., Tomasso Jr., J. R., Tucker, C. S. & Valenti, W. C. 2020 Achieving sustainable aquaculture: historical and current perspectives and future needs and challenges. J. World Aquac. Soc. 51, 578–633. https://doi.org/10.1111/jwas.12714.

Boyd, C. E., Queiroz, J., & Wood, C. W. (1999). Pond soil characteristics and dynamics of soil organic matter and nutrients. Seventeenth Annual Technical Report, 1996e1997, Pond Dynamics/Aquaculture CRSP. Office of International Research and Development, Oregon State University, Corvallis.

Cochrane, K., De Young, C., Soto, D. & Bahri, T. 2009 Climate Change Implications for Fisheries and Aquaculture, FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No 530. FAO, Rome, Italy.

D'Abramo, L. R. 2021 Sustainable aquafeed and aquaculture production systems as impacted by challenges of global food security and climate change. J. World Aquac. Soc. 52 (6), 1162–1167. https://doi.org/ 10.1111/jwas.12867.

Danışman, İ.K. ve Özalp, A.G. (2016). Karbon Ayak İzinin Azaltılmasında Yeşil Liman Uygulamasının Rolü: Marport Örneği. Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi, 99-116.

Diken, G. & Koknaroglu, H. 2022 Projected annual production capacity affects sustainability of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss Walbaum, 1792) reared in concrete ponds in terms of energy use efficiency. Aquaculture 551, 737958. https://doi.org/10.1016/j. aquaculture.2022.737958.

FAO. "The State of World Fisheries and Aquaculture 2022 (SOFIA): meeting the sustainable development goals." (2023).

Ferreira, C. R. (2011). Pegada de Carbono: a relação entre mudanças climáticas e hábitos insustentáveis. Revista Geográfica de América Central. 2. 1-16 Universidad Nacional Heredia, Costa Rica

Flickinger, D. L., Costa, G. A., Dantas, D. P., Proença, D. C., David, F. S., Durborow, R. M., ... & Valenti, W. C. (2020). The budget of carbon in the farming of the Amazon river prawn and tambaqui fish in earthen pond monoculture and integrated multitrophic systems. Aquaculture Reports, 17, 100340.

Galli, A., Wiedmann, T., Ercin, E., Knoblauch, D., Ewing, B., Giljum, S., 2012. Integrating Ecological, Carbon and Water footprint into a "Footprint Family" of indicators: definition and role in tracking human pressure on the planet. Ecol. Indic. 16, 100e112. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.017

Gitz, V., Meybeck, A., Lipper, L., Young, C. D. & Braatz, S. 2016 Climate Change and Food Security: Risks and Responses. FAO, Rome.

Hamam, M., Chinnici, G., Di Vita, G., Pappalardo, G., Pecorino, B., Maesano, G. & D'Amico, M. 2021 Circular economy models in agro-food systems: a review. Sustainability 13 (6), 3453. https://doi.org/10.3390/su13063453.

Henriksson, P. J. G., Tran, N., Mohan, C. V., Chan, C. Y., Rodriguez, U.-P., Suri, S., Mateos, L. D., Utomo, N. B. P., Hall, S. & Phillips, M. J. 2017

Indonesian aquaculture futures – evaluating environmental and socioeconomic potentials and limitations. J. Cleaner Prod. 162, 1482–1490. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.133.

Henriksson, P. J. G., Zhang, W., Nahid, S. A. A., Newton, R., Phan, L. T., Dao, H. M., ... & Guinée, J. B. (2014). Final LCA case study report. Results of LCA studies of Asian aquaculture systems for tilapia, catfish, shrimp, and freshwater prawn. Sustaining Ethical Aquaculture Trade (SEAT) Deliverable Ref: D, 3.

Henriksson, P. J., Pelletier, N. L., Troell, M. & Tyedmers, P. H. 2013 Life cycle assessments and their applications to aquaculture production systems. Christou, Savin, Costa-Pierce, Misztal, Whitelaw, pp. 1050–1066.

Henriksson, P. J., Rico, A., Zhang, W., Ahmad-Al-Nahid, S., Newton, R., Phan, L. T., ... & Guinée, J. B. (2015). Comparison of Asian aquaculture products by use of statistically supported life cycle assessment. Environmental Science & Technology, 49(24), 14176-14183.

Hilborn, R., Banobi, J., Hall, S. J., Pucylowski, T., & Walsworth, T. E. (2018). The environmental cost of animal source foods. Frontiers in Ecology and the Environment, 16(6), 329-335.

Hu, Z., Lee, J. W., Chandran, K., Kim, S., & Khanal, S. K. (2012). Nitrous oxide (N2O) emission from aquaculture: a review. Environmental science & technology, 46(12), 6470-6480.

Ku, Y. C., & Miao, S. (2013). Investigation the Carbon Footprint of Tilapia-The Malliao Farmers for Exemple.

Kutay Karaçor, E., Yerli, Ö., Girti Gültekin, P. ve Özdede, S. (2010). Peyzaj Tasarımında Kullanılan Yapısal Elemanların Karbon Ayak İzlerinin Değerlendirilmesi, III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Cilt: IV, s. 1558-1563

Langford, K. H., Øxnevad, S., Schøyen, M., & Thomas, K. V. (2014). Do antiparasitic medicines used in aquaculture pose a risk to the Norwegian aquatic environment?. Environmental science & technology, 48(14), 7774-7780.

MacLeod, M. J., Hasan, M. R., Robb, D. H. F. & Mamun-Ur-Rashid, M. 2020 Quantifying greenhouse gas emissions from global aquaculture. Sci. Rep. 10 (1), 11679. https://doi.org/10.1038/s41598-020-68231-8.

MacLeod, M. J., Hasan, M. R., Robb, D. H., & Mamun-Ur-Rashid, M. (2020). Quantifying greenhouse gas emissions from global aquaculture. Scientific reports, 10(1), 11679.

Meng, W., & Feagin, R. A. (2019). Mariculture is a double-edged sword in China. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 222, 147-150.

Munsiri, P. R. A. S. E. R. T., Boyd, C. E., Green, B. W., & Hajek, B. F. (1996). Chemical and physical characteristics of bottom soil profiles in ponds on Haplaquents in an arid climate at Abbassa, Egypt. Journal of Aquaculture in the Tropics, 11, 319-329.

Myhre, G., Shindell, D., & Pongratz, J. (2014). Anthropogenic and natural radiative forcing.

Naylor, R. L., Goldburg, R. J., Primavera, J. H., Kautsky, N., Beveridge, M. C., Clay, J., ... & Troell, M. (2000). Effect of aquaculture on world fish supplies. Nature, 405(6790), 1017-1024.

Paudel, S. R., Choi, O., Khanal, S. K., Chandran, K., Kim, S., & Lee, J. W. (2015). Effects of temperature on nitrous oxide (N2O) emission from intensive aquaculture system. Science of the Total Environment, 518, 16-23.

Radu, A. L., Scrieciu, M. A. & Caracota, D. M. (2013). Análise da pegada de carbono: rumo a um modelo de avaliação de projetopara a promoção do desenvolvimento sustentável. Procedia Economics and Finance.6, 353-63

Raul, C., Pattanaik, S. S. & Prakash, S. 2020 Greenhouse Gas Emissions from Aquaculture Systems. Available from: https://www. researchgate.net/publication/344748150_GHGs_article_Chittranjan_March_2020 (accessed 25 April 2022).

Ritchie, H., & Roser, M. (2020). Environmental impacts of food production. Our world in data.

Rossi, L., Bibbiani, C., Fierro-Sañudo, J. F., Maibam, C., Incrocci, L., Pardossi, A. & Fronte, B. 2021 Selection of marine fish for integrated multi-trophic aquaponic production in the Mediterranean area using

DEXi multi-criteria analysis. Aquaculture 535, 736402. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736402.

Sonesson, U., Davis, J. & Ziegler, F. 2010 Food Production and Emissions of Greenhouse Gases: An Overview of the Climate Impact of Different Product Groups. The Swedish Institute for Food and Biotechnology SIK-Report No 802. Available from: https://www.divaportal.org/smash/get/diva2:943607/FULLTEXT01.pdf (accessed 11 September 2022).

Tacon, A. G., Metian, M. & McNevin, A. A. 2022 Future feeds: suggested guidelines for sustainable development. Rev. Fish. Sci. Aquac. 30 (2), 271–279. https://doi.org/10.1080/23308249.2020.1860474.

Tepe, Y., & Boyd, C. E. (2002). Sediment quality in Arkansas bait minnow ponds. Journal of the World Aquaculture Society, 33(3), 221-232.

Thunjai, T., Boyd, C. E., & Boonyaratpalin, M. (2004). Bottom soil quality in tilapia ponds of different age in Thailand. Aquaculture Research, 35(7), 698-705.

Toröz, A.S. (2015). Gemi Kaynaklı Atıkları Alan Bir Atık Kabul tesisinde Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Troell, M., Naylor, R. L., Metian, M., Beveridge, M., Tyedmers, P. H., Folke, C., ... & De Zeeuw, A. (2014). Does aquaculture add resilience to the global food system?. Proceedings of the National Academy of Sciences, 111(37), 13257-13263.

Valderrama, D., Hishamunda, N., & Zhou, X. (2010). Estimating employment in world aquaculture. FAO Aquaculture Newsletter, (45), 24.

Viles, E., Kalemkerian, F., Garza-Reyes, J. A., Antony, J. & Santos, J. 2022 Theorizing the principles of sustainable production in the context of circular economy and industry 4.0. Sustain. Prod. Consum. 33, 1043–1058. https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.08.024.

Wackernagel, M., & Rees, W. (1998). Our ecological footprint: reducing human impact on the earth (Vol. 9). New society publishers.

Wang, J., Beusen, A. H., Liu, X., & Bouwman, A. F. (2019). Aquaculture production is a large, spatially concentrated source of nutrients in Chinese freshwater and coastal seas. Environmental Science & Technology, 54(3), 1464-1474.

Williams, A. S. (2009). Life cycle analysis: A step by step approach. Illinois Sustainable Technology Center TR Series, TR-040.

Williams, J., & Crutzen, P. J. (2010). Nitrous oxide from aquaculture. Nature Geoscience, 3(3), 143-143.

Wu, G. Y., Fanzo J., Miller D. D. , Pingali P., Post M., Steiner J. L. & Thalacker-Mercer A. E. 2014. Production and supply of high-quality food protein for human consumption: sustainability, challenges, and innovations Ann. N. Y. Acad. Sci.1321, 1–19.https://doi.org/10.1111/nyas.12500.

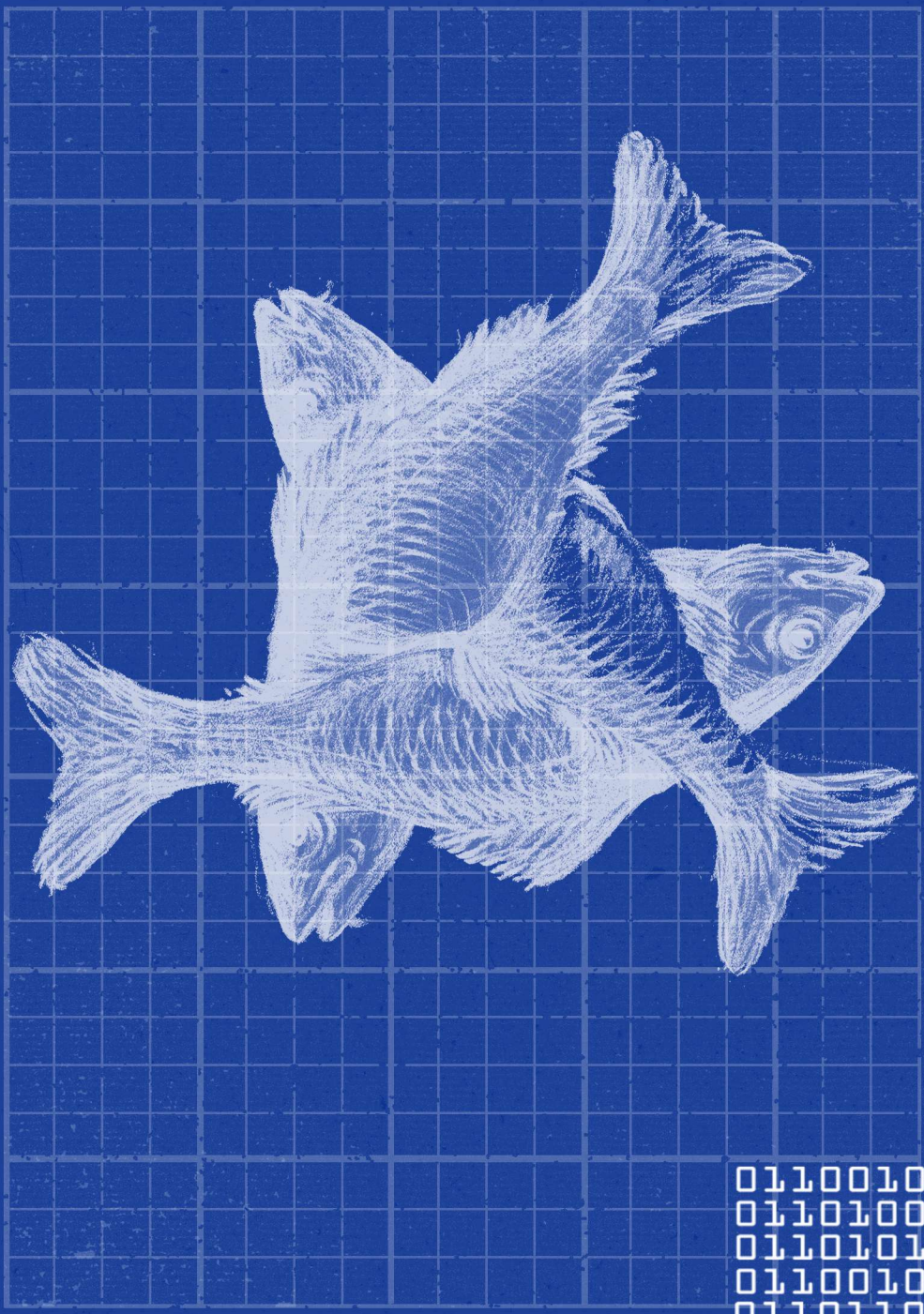
Wudtisin, I., & Boyd, C. E. (2006). Physical and chemical characteristics of sediments in catfish, freshwater prawn and carp ponds in Thailand. Aquaculture Research, 37(12), 1202-1214.

Yen, M.C. 2014. Estimation on the Carbon Footprint of Oyster Aquaculture – a Case Study in Chiku Lagoon Master National Cheng Kung University (NCKU), Tainan, Taiwan (2014) U0026–1009201418231000.

Yuan, J., Xiang, J., Liu, D., Kang, H., He, T., Kim, S., ... & Ding, W. (2019). Rapid growth in greenhouse gas emissions from the adoption of industrial-scale aquaculture. Nature Climate Change, 9(4), 318-322.

Zhang, D., Tian, X., Dong, S., Chen, Y., Feng, J., He, R. P., & Zhang, K. (2020). Carbon budgets of two typical polyculture pond systems in coastal China and their potential roles in the global carbon cycle. Aquaculture Environment Interactions, 12, 105-115.

Ziegler, F., Winther, U., Hognes, E. S., Emanuelsson, A., Sund, V., & Ellingsen, H. (2013). The carbon footprint of Norwegian seafood products on the global seafood market. Journal of Industrial Ecology, 17(1),


01100100
01101001
01101011
01100101
01101100