



**T.C.
YALOVA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**DİSİPLİNLER ARASI
SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI**

**ENZİM VE MAYA UYGULAMALARI İLE FONKSİYONEL YEM KATKI
MADDESİ OLARAK *ULVA RIGIDA*'NİN POTANSİYELİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞEHİRA KABALATIMARDİNLİ

DANIŞMAN: Prof. Dr. Derya GÜROY

**YALOVA
ŞUBAT 2024**



T.C.
YALOVA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

DİSİPLİNLER ARASI
SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

ENZİM VE MAYA UYGULAMALARI İLE FONKSİYONEL YEM KATKI MADDESİ
OLARAK *ULVA RIGIDA*'NİN POTANSİYELİNİN ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞEHİRA KABLATIMARDİNLİ
205117005

DANIŞMAN: Prof. Dr. Derya GÜROY

YALOVA
ŞUBAT 2024

ETİK BEYAN

Yalova Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez/Proje Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım “ENZİM VE MAYA UYGULAMALARI İLE FONKSİYONEL YEM KATKI MADDESİ OLARAK *ULVA RIGIDA*’NİN POTANSİYELİNİN ARAŞTIRILMASI ” başlıklı bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir, aksinin tespiti halinde doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi taahhüt ve beyan ederim.

İmza

Şehira KABALATIMARDİNLİ



ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca yardımlarını esirgemeyen, akademik anlamda bana her zaman destek olan ve doğru yolu gösteren danışmanım Sayın Prof. Dr. Derya GÜROY'a, akademik kariyerimde bana her zaman destek olan Sayın Prof. Dr. Betül GÜROY'a, laboratuvar uygulamalarında kıymetli katkıları ve her konuda desteği için Sayın Dr. Öğr. Üyesi Serhan MANTOĞLU'na, analizlerde yardımcı olan Sayın Dr. Öğr. Üyesi Emre Kabil'e, ve değerli emeklerinden ötürü Öğr.Gör. İzzet ŞAHİN'e teşekkürü bir borç bilirim, her zaman yanımda olan ve desteğini sağlayan değerli eşim Muhammed KABALATIMARDİNLİ'ne ve aileme bir defa daha teşekkür ederim.

Bu tez çalışması, **Tübitak 22AG066 Tr.Aqua:** Gıda Arzı Güvenliği Çerçevesinde Su Ürünlerinde Yenilikçi Ve Sürdürülebilir Uygulamalar adlı Tübitak 1004 projesi kapsamında desteklenmiştir.

Şubat – 2024

Şehira KABALATIMARDİNLİ

İÇİNDEKİLER

ETİK BEYAN	i
ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
ÖZET.....	viii
ABSTRACT	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Su Ürünleri Sektörünün Güncel Durumu	1
1.2. Su Ürünleri Yem Sanayi	2
1.2.1. Balık unu ve balık yağı.....	4
1.2.2. Su ürünleri yem katkı maddeleri	6
1.3. Makroalgler	8
1.3.1. <i>Ulva</i> sp. ve su ürünleri yemlerinde kullanımı.....	10
1.4. Fermantasyon Teknolojisi	16
1.4.1. Mayalar.....	17
1.4.1.1. <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	18
1.4.2. Enzimler.....	18
1.4.3. Bromelain	19
1.5. Balık Yemlerinde Fermente Yosun Uygulamaları	21
1.6. Tezin Amacı	23
2. MATERYAL VE YÖNTEM	24
2.1. <i>Ulva</i> sp.....	24
2.2. Numune Toplanması	25
2.3. Analiz Öncesi Numune Hazırlığı	25
2.4. Deneme Dizaynı	27
2.4.1. Ultrasonik hidroliz	28
2.4.2. Bromelain işlemi.....	28
2.4.3. <i>Saccharomyces cerevisiae</i> fermantasyonu	29
2.5. Besin Bileşimi Analizleri	30
2.5.1. Nem analizi.....	30
2.5.2. Protein analizi	31

2.5.3. Ham lif analizi	31
2.5.4. Kül analizi.....	33
2.5.5. Lipit analizi.....	33
2.6. Antioksidan Analizleri	34
2.6.1. Total antioksidan (TAS)	34
2.6.2. Total oksidan (TOS)	34
2.6.3. Oksidatif stres indeksi (OSI)	35
2.6.4. Toplam fenolik madde miktarının belirlenmesi	35
2.6.5. DPPH yöntemi ile antioksidan aktivite tayini	36
2.6.6. FRAP yöntemi ile antioksidan aktivite tayini.....	36
2.6.7. Toplam Flavonoid Tayini	36
2.7. Minimal inhibisyon konsantrasyonu (mik) tayini	37
2.9. İstatistik	37
3. BULGULAR	38
3.1. Besin Kompozisyonu	38
3.2. Antioksidan İçeriği	42
3.2.1. TAS/TOS	42
3.2.2. DPPH, FRAP, Toplam Fenolik ve Toplam Flavonoid.....	43
3.3. Minimum İnhibisyon Konsantrasyonu	45
4. TARTIŞMA	47
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	61
6. KAYNAKLAR.....	64
7. ÖZGEÇMİŞ.....	76
8. TEZDEN TÜRETİLEN YAYIN VE ESERLER.....	76

SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

SİMGELER

%:Yüzde oranı
m: Metre
ppm: Milyonda parça
w/v: Ağırlık/Hacim
M: Molarite

KISALTMALAR

FAO: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
UNCLOS: Birleşmiş Milletler Deniz Hukuku Sözleşmesi
TÜİK: Türkiye İstatistik Kurumu
LAB: Laktik asit bakterileri
S. cerevisiae: Saccharomyces cerevisiae
FMW: Son ortalama ağırlık
SGR: Spesifik büyüme oranı
E/S: Enzim/substrat oranı
Ulva-B: Ulva, Bromelain ile işlenmiş
Ulva-M: Ulva, maya ile işlenmiş
Ulva-B+M: Ulva,(Bromelain + Maya) ile işlenmiş
AOAC: Resmi Analitik Kimyacılar Derneği
TAS:Toplam antioksidanlar
TOS:Toplam oksidanlar
OSI:Oksidatif stres indeksi

TABLO LİSTESİ

Tablo 3. 1. Deneme gruplarının besin bileşenleri (%)	38
Tablo 3. 2. TAS,TOS,OSI içeriği.....	43
Tablo 3. 3. Toplam fenolik , DPPH ve FRAP	44
Tablo 3. 4. MİK (Minimum İnhibisyon Konsantrasyonu) µg/mL	45



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Türkiye avcılık ve yetiştiricilik miktarları (ton) 2011–2021 (TÜİK, 2022)	2
Şekil 1.2. 2021 yılı Küresel Yem Piyasasının Yüzde Olarak Tahmini (FEFAC/Alltech, 2022).....	3
Şekil 1.3. Türkiye Balık Yemi Üretimi 1999-2016 (TÜİK, 2017).	4
Şekil 1.4. Deniz yosunu dünya üretimi 2019	9
Şekil 1.5 Ulva ile ilgili anahtar kelime istatistikleri.....	13
Şekil 2. 1. <i>Ulva rigida</i> toplama.....	25
Şekil 2. 2. <i>Ulva rigida</i> temizleme	26
Şekil 2. 3. <i>Ulva rigida</i> kurutma.....	26
Şekil 2. 4. <i>Ulva rigida</i> öğütme	27
Şekil 2. 5. <i>Ulva rigida</i> 'nın ultrasonik banyo ile hidrolizi	28
Şekil 2. 6. <i>Ulva rigida</i> 'nın Bromelain ile işlenmesinin son ürünü.....	29
Şekil 2. 7. <i>Ulva rigida</i> 'nın maya ile işlenmesinin son ürünü	30
Şekil 2. 8. Nem analiz aşamaları	30
Şekil 2. 9. Selüloz analiz aşamaları.....	32
Şekil 2. 10. TAS analiz aşamaları	34
Şekil 2. 11. TOS analiz aşamaları	35
Şekil 3. 1. Enzimatik muamelesi ve fermantasyon uygulamasının nem içeriğine etkisi	38
Şekil 3. 2 . Enzimatik muamelesi ve fermantasyon uygulamasının protein içeriğine etkisi	39
Şekil 3. 3 Enzimatik muamelesi ve fermantasyon uygulamasının yağ içeriğine etkisi	40
Şekil 3. 4. Enzimatik muamelesi ve fermantasyon uygulamasının kül içeriğine etkisi	41
Şekil 3. 5. Enzimatik muamelesi ve fermantasyon uygulamasının selüloz içeriğine etkisi	42
Şekil 3. 6. Enzimatik muamelesi ve fermantasyon uygulamasının TAS/TOS/OSI etkisi	43
Şekil 3. 7. Toplam fenolik, DPPH ve FRAP	44
Şekil 3. 8. Toplam Flavonoidler	45
Şekil 3. 9. Minimum inhibisyon konsantrasyonu MİK.....	46

ENZİM VE MAYA UYGULAMALARI İLE FONKSİYONEL YEM KATKI MADDESİ OLARAK *ULVA RIGIDA*'NIN POTANSİYELİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZET

Su ürünleri yetiştiriciliği, diğer büyük gıda üretim sektörlerinden daha hızlı büyümeye devam etmektedir. Su ürünleri yetiştiriciliğindeki büyümedeki bu artış, öncelikle kaliteli yemlerdeki gelişmeye bağlıdır. Fonksiyonel yem katkı maddeleri farklı kaynaklardan elde edilir. Bunlar balıklar ve çevre için organik ve çevre dostu olmalıdır. Bu fonksiyonel yem katkı maddeleri arasında prebiyotikler, probiyotikler, deniz yosunları, mantarlar, mikroalgler, enzimler, organik asitler, mikotoksin bağlayıcılar, fotojenik veya fitobiyotik bileşikler ve mayalar yer almaktadır

Bu çalışmada *Ulva rigida*, ultrason hidrolizi, enzimatik işlem ve maya fermentasyonuna tabi tutularak yem katkı maddesi üretilmesi amaçlandı. Elde edilen ürünler, kimyasal bileşimi, toplam antioksidan içeriği, toplam oksidan içeriği, toplam fenolikler, antioksidanların radikal temizleme aktivitesi (DPPH), antioksidan gücü (FRAP), Minimum inhibitör konsantrasyonları (MİK) gibi özellikleri açısından fermente edilmemiş alg küspesi ile karşılaştırıldı.

Ulva rigida, Marmara Denizi'nden toplanıp kurutulmuş ve alg unu elde edilerek kontrol grubu Ulva-Ham olarak değerlendirilmiştir. Deney grupları şunlardı: Ulva-B grubu: *Ulva rigida*, 50°C'de 3 saat boyunca bromelain enzimi ile muamele edildi. Ulva-M grubu: %1 *Saccharomyces cerevisiae* ile 30°C'de 24 saat fermente edilen Ulvarigida. Ulva-B+M grubu: bromelain enzimatik tedavisi ve ardından *Saccharomyces cerevisiae* fermentasyonu.

Enzimatik işlem ve fermentasyon işlemi sonunda deney gruplarındaki karışım, kurutma kabiniinde 40 °C'de kurutulduktan sonra öğütülerek "yosun katkılı fermente yem katkı maddesi" haline getirildi. Fermente edilmemiş kontrol grubuyla birlikte 4 farklı ürün elde edildi ve analiz edildi. Sonuçlara göre diğer gruplarla karşılaştırıldığında en iyi protein içeriği Ulva-B+M grubunda (%10.13) görüldü, gruplar arasında yağ içeriği Ulva-M grubunda (%1.3) arttı, Ulva-B grubunda selüloz içeriği daha az (%1.11) görüldü. %) tüm gruplar arasında oksidatif stres OSI, DPPH, FRAP, Fenolik değerleri Ulva-Ham grubunun diğer gruplara göre daha yüksek olduğu belirlendi. Pozitif ve negatif bakterilere karşı MİK (Minimum İnhibisyon Konsantrasyonu) en iyi sonuçları gösterdi Ulva-B grubu (625, 312.5, 1250)µg/mL.

Anahtar kelimeler: Alg, *Ulva sp.*, fermentasyon, ultrason, Bromelain, balık yemi, *Saccharomyces cerevisiae*

INVESTIGATION OF THE POTENTIAL OF *ULVA RIGIDA* WITH ENZYME AND YEAST AS A FUNCTIONAL FEED ADDITIVE

ABSTRACT

Aquaculture of aquatic products continues to grow faster than other major food production sectors. The increase in growth in aquaculture is primarily attributed to advancements in high-quality feeds. Functional feed additives are derived from various sources and are organic and environmentally friendly for both fish and the environment. Among these functional feed additives are prebiotics, probiotics, seaweeds, fungi, microalgae, enzymes, organic acids, mycotoxin binders, photogenic or photobiotic compounds, and yeasts.

In this study, *Ulva rigida*, was subjected to ultrasound hydrolysis, enzymatic treatment, and yeast fermentation aiming to produce feed additive. The obtained products were compared with unfermented algae meal in terms of their properties like: chemical composition, total antioxidant content, total oxidant content, total phenolics, radical scavenging activity of antioxidants (DPPH) , antioxidant power (FRAP), Minimum inhibitory concentrations (MIC).

Ulva rigida was collected from the Marmara Sea, dried and algae meal was obtained and considered as control group Ulva-Ham. Experimental groups were: Ulva-B group: *Ulva rigida* treated with bromelain enzyme at 50°C for 3 hours. Ulva-M group: *Ulva rigida* fermented with %1 *Saccharomyces cerevisiae* at 30°C for 24 hours. Ulva-B+M group: bromelain enzymatic treatment followed by *Saccharomyces cerevisiae* fermentation.

At the end of the enzymatic treatment and fermentation process, the mixture in the experimental groups was dried in the drying cabinet at 40 °C, and then ground into "algae added fermented feed additive". Together with the unfermented control group, 4 different products were obtained and analyzed. According to the results, the best protein content was in Ulva-B+M group (10.13%) compared with other groups, fat content increased in Ulva-M group (1.3%) among groups, Ulva-B group had less cellulose content (1.11%) of all groups, oxidative stress OSI , DPPH, FRAP , Fenolik values of the Ulva-Ham group were found to be higher than values of the other groups. MIC (Minimum Inhibition Concentration) against positive and negative bacteria showed the best results in the Ulva-B group (625, 312.5, 1250)µg/mL.

Keywords: Algae, *Ulva Sp.*, Fermentation, Ultrasound, Bromelain, Fish Feed, *Saccharomyces cerevisiae*

1. GİRİŞ

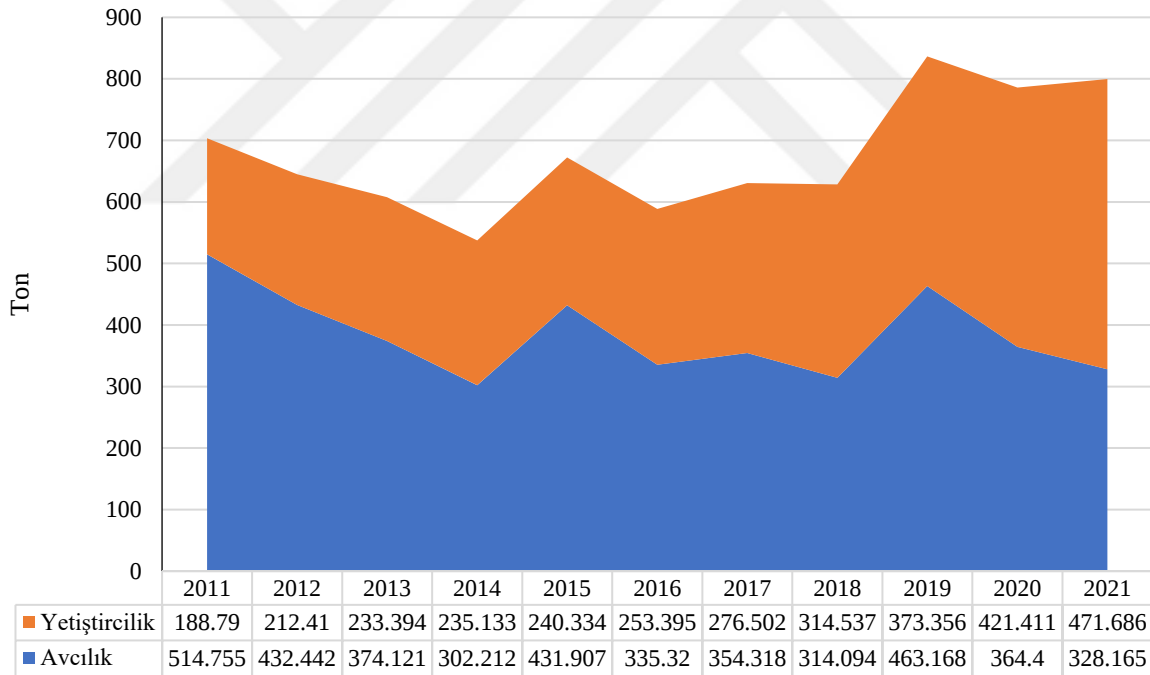
Su ürünleri, antik çağlardan beri gıdanın en önemli kaynaklarından biri olarak kabul edilmiş ve hala dünya genelinde tüm ülkelerde hayvansal protein açısından önemli bir kaynak olarak öne çıkmaktadır. Son yıllarda dünya nüfusunda önemli bir artış olması nedeniyle, ülkeleri hem karasal hem de denizel doğal kaynaklarını, insanların gıda ihtiyaçlarını karşılamak için kullanmaya yöneltmiştir. Bu kitlesel ve kontrolsüz kullanım, bu kaynakların tükenmesine neden olmuş ve balık stokları da bu tükenmiş kaynaklardan biri olmuştur; bu da bu alandaki uzmanları, bu zenginliği kendileri ve gelecek nesiller için koruyacak çözümler bulmaya teşvik etmiştir. Bu bağlamda, balık yetiştiriciliğinin önemi, doğal balık stoklarındaki arz ve talep arasındaki boşluğu kapatmak için güvenebileceğimiz temel unsurlardan biri olarak ortaya çıkmıştır. Balık yetiştiriciliği antik çağlardan beri bilinse de, mevcut formu ve modern yöntemleriyle ancak II. Dünya Savaşı'ndan sonra tam anlamıyla benimsenmiştir.

1.1. Su Ürünleri Sektörünün Güncel Durumu

Balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliği dünya genelinde çeşitli istihdam fırsatları sunmakta ve gıda ile küresel ekonomide önemli bir rol oynamaktadır. Ancak, illegal avlanma veya aşırı avlanma gibi birçok engelle karşılaşmaktadır. Bu nedenle, su ürünleri kaynaklarının sürdürülebilirliğini korumak ve balık kaynaklarının bolluğunu muhafaza etmek için, Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ve Deniz Hukuku Sözleşmesi (UNCLOS) gibi uluslararası kuruluşlar tarafından çeşitli anlaşmalar yapılmıştır. Balık yetiştiriciliği ve avcılık kurumlarını denetlemek, kirliliği azaltmak ve su ürünleri yaşamının sürdürülebilirliğini korumak amacıyla. Ekonomik faydalar, çevresel sürdürülebilirlik ve su ürünleri yetiştiriciliği arasında bir denge sağlamak için daha fazla çaba, araştırma, ortak projeler ve en önemlisi, tüketici farkındalığını artırmak gerekmektedir (Safran, 2009). Bu sektörlerin geleceği, gelecekteki makroekonomik ortam, uluslararası ticaret kuralları, olayların sıklığı ve kaynaklara etkileri; su ürünleri türlerini etkileyen ortaya çıkan hastalıklar ve avcılık ve su ürünleri yetiştiriciliği yönetimi önlemlerinin, avlanma kısıtlamaları dahil olmak üzere, iyileştirilmiş olduğu bir dizi öneri ışığında nasıl evrilebileceğine dair birçok olası senaryo sunmaktadır. Bu nedenle, kullanılan varsayımlara dayanarak, alg hariç toplam balıkçılık ve su ürünleri üretiminin 2030 yılına kadar 202 milyon ton seviyesine çıkması beklenmektedir. Bu, 2020'ye kıyasla %14'lük bir artışı temsil etmekte olup, mutlak terimlerde 2027'ye kadar ek 24 milyon tonluk bir artışı içermektedir. Küresel su ürünleri yetiştiriciliği pazarının beklentilerine gelince,

2020'de %49'dan 2030'da %53'e çıkması ve su ürünleri yetiştiriciliği üretim oranının 2030'da 106 ton seviyesine ulaşması beklenmektedir (FAO, 2022).

Geçmişte, Türkiye'nin balık zenginliği ekonomisi balıkçılığa dayanıyordu, ancak zaman içinde üretimde su ürünleri yetiştiriciliğinin payı arttı. Son yıllarda su ürünleri yetiştiriciliği sistemlerinde önemli gelişmeler yaşandı. Yeni teknolojiler hem deniz suyunda hem de kara üzerindeki balık çiftliklerinde kullanıldı. Bu doğrultuda, besleme sistemlerinde, ağlarda ve yapılar üzerinde uluslararası standartlardan daha yüksek standartlara dayalı olarak iyileştirmeler yapıldı (Bilgüven, 2018). Türkiye'de su ürünleri üretimi, 2021'de bir önceki yıla göre %2 artarak 799 bin 851 ton olarak kaydedilmiştir. Avcılıkla yapılan üretim ise %10'luk bir düşüşle 328 bin 165 tona gerilemiştir. Ancak yetiştiricilik üretimi %12 artarak 471 bin 686 tona yükselmiştir. Bu durum, su ürünleri üretiminde avcılıktan elde edilen miktarın azalması ve yetiştiricilikten elde edilen miktarın artması, küresel olarak üretimin doğru yönde ilerlediğinin bir göstergesidir (Şekil 1.1) (TÜİK,2022).

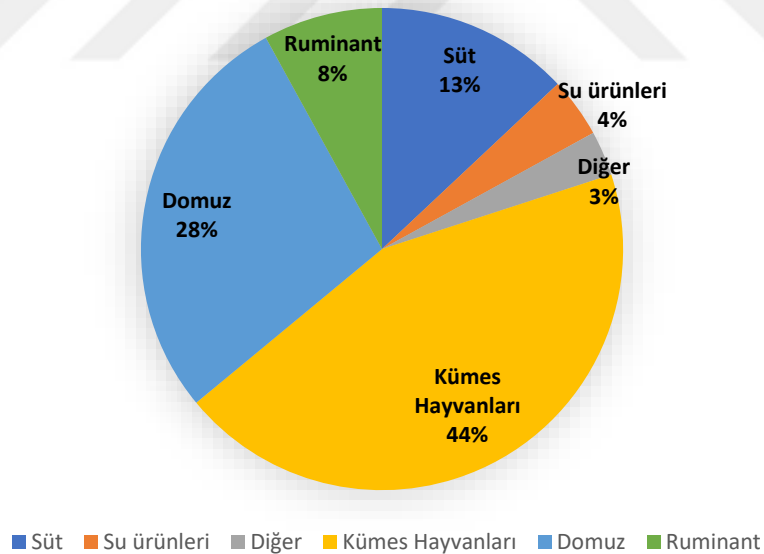


Şekil 1.1. Türkiye avcılık ve yetiştiricilik miktarları (ton) 2011–2021 (TÜİK, 2022).

1.2. Su Ürünleri Yem Sanayi

Su ürünleri yetiştiriciliğinde başarıya ulaşmak kaliteli yemle ve uygun besleme gerçekleşir. Su ürünleri yemlerinde, bitkisel ve hayvansal proteinler, yağlar, karbonhidratlar, vitaminler ve mineraller gibi çeşitli içerikler kullanılır." şeklinde ifade edilebilir. Bu kaynaklar, sucul hayvanların çeşitli beslenme ihtiyaçlarını karşılamaya yardımcı olur (Glencross vd., 2007). Su

ürünleri yem üretimi, optimum formülasyonu sağlamak ve yem sindirilebilirliğini artırmak için ekstrüzyon ve kurutma gibi gelişmiş teknolojileri içerir. Su ürünleri yem endüstrisi, araştırma ve inovasyon aracılığıyla sucul hayvanların ihtiyaçlarını karşılamak ve performanslarını artırmak için yemlerin bileşimi ve kalitesinde sürekli iyileşme görmektedir (Glencross vd., 2007). Yenilenebilir ve sürdürülebilir içerikleri kullanmak ve çevresel kirliliği azaltmak, su ürünleri yemi geliştirme ve üretimindeki temel hedeflerden biridir. (McLean, 2023). Balık yemlerinde türe bağlı olarak balık unu ve yağı kullanılmaktadır. Balıklar için önemli olan bu iki hammaddenin temin sürecinde yaşanan sıkıntılar, balık stoklarının azalması ve fiyat dalgalanmaları sektör paydaşlarını alternatif yeni ürünlerin balık yemi üretiminde kullanımına yönlendirmiştir. Alg gibi alternatif gıda kaynaklarını kullanarak sürdürülebilir yem kullanımı mümkün olabilir (McLean, 2023). Yem endüstrisi, nihai ürünlerin kalitesini ve güvenliğini sağlamak için uluslararası ve yerel standartlara tabidir. 2021 yılı itibarıyla, su ürünleri yetiştiriciliği endüstrisinin büyümesinden kaynaklı küresel su ürünleri yemi tüketiminde önemli bir artış yaşanmıştır (Velasco-Escudero & Montoya-Ospina, 2022). su ürünleri yetiştiriciliğinde yaşanan sürekli artış ve hızlı gelişme, su ürünleri yemi talebinde artışa neden olmuştur. (Şekil 1.2) (FEFAC/Alltech, 2022).

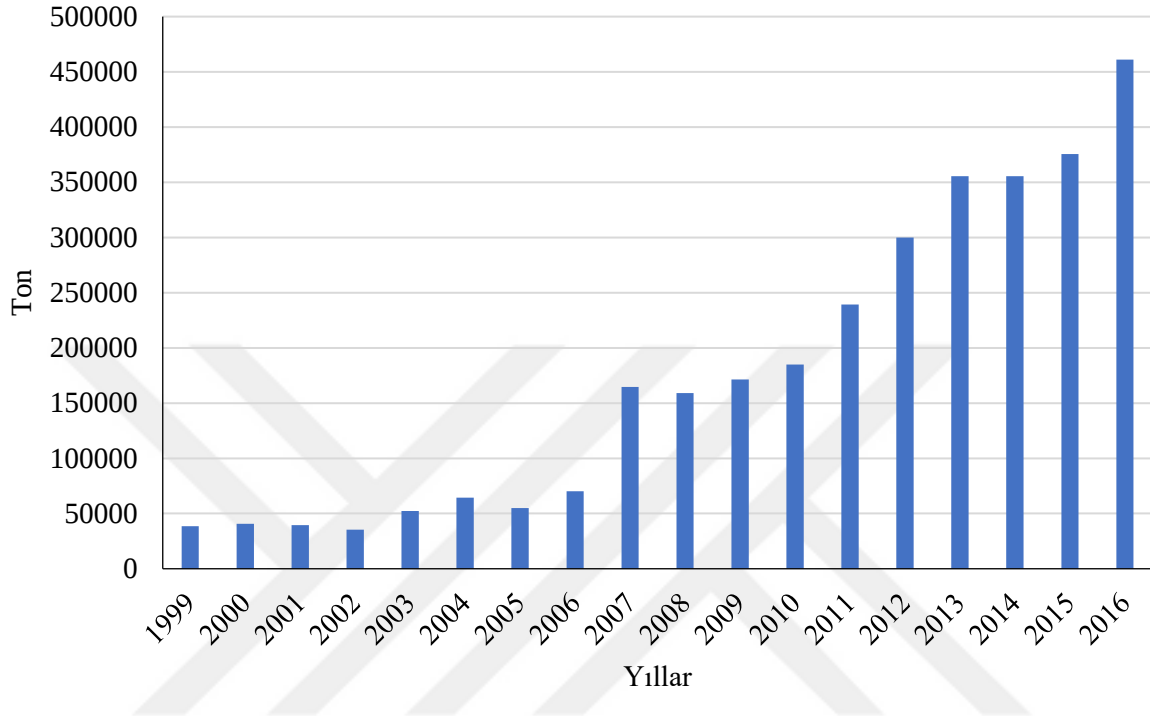


Şekil 1.2. 2021 yılı Küresel Yem Piyasasının Yüzde Olarak Tahmini (FEFAC/Alltech, 2022).

Su ürünleri yetiştiriciliği yem sektörünün sürekli gelişimi, 1977 yılında Bilecik'te kurulan ilk balık yemi üretim tesisi olan Bilyemtaş Fabrikası'nı desteklenmesi ile başlamıştır. İlerleyen yıllarda İzmir'de Pınar Yem Şirketi, Denizli'de Abaloğlu Yem Şirketi ve Muğla'da Köyceğiz Yem Fabrikaları üretim yapmaya başlamıştır (Erteken ve Hasimoğlu, 2007). Su ürünleri yetiştiriciliği üretimi 1999 yılında yaklaşık 60 bin ton iken, balık yemi üretimi 38 bin tondur.

2015 yılında su ürünleri yetiştiriciliği üretimi 240 bin tona, balık yemi üretimi ise 375 bin tona ulaştı.

2016 yılında balık yemi üretimi, 1999 yılına kıyasla 12 kat arttı, bu iki yıl arasındaki su ürünleri yetiştiriciliğindeki artışın yaklaşık 4.5 katına denk geldi (Şekil 1.3) (Emiroğlu vd., 2019).



Şekil 1.3. Türkiye Balık Yemi Üretimi 1999-2016 (TÜİK, 2017).

1.2.1. Balık unu ve balık yağı

Balık unu, balık işleme endüstrisinin atık ürünlerinden elde edilen bir gıda ürünüdür. Balık, karides ve kabuklu hayvan yemleri üretiminde protein ve yağın ana kaynağı olarak kabul edilir. Balık ununun su ürünleri yetiştiriciliği için önemi ve avantajları:

1. Zengin protein kaynağı: Kas ve dokuların büyüme ve gelişimine yardımcı olur (Scawah, 2003).
2. Çoklu doymamış yağ kaynağı: Et kalitesini iyileştirmeye katkıda bulunur (Jackson, 2006).
3. Büyümeyi ve bağışıklığı teşvik eder: Balık unundaki vitaminler, yağlar ve proteinler, bağışıklığı ve büyümeyi güçlendirir (Jackson, 2006).
4. Et kalitesini iyileştirme: Balıkların tadı, rengi ve dokusu üzerinde doğrudan bir etkisi vardır (Wood vd., 1999).

5. Yem kaynaklarının sürdürülebilirliği açısından önemli bir gelişme, balık endüstrisi atıklarının balık ununa dönüştürülme sürecidir. Bu süreç, su ürünleri yetiştiriciliği sektörünün sürdürülebilirliğine katkı sağlayan değerli bir gıda ürünüdür (Ayyappan & Ali, 2007).

Ancak, balık unu, balık yemlerinde diğer gıda kaynakları ile dengeli bir şekilde kullanılmalıdır ve balık yemlerinin üretimi sırasında sağlık ve çevresel standartlar göz önüne alınmalıdır. Son yıllarda su ürünleri yetiştiriciliğinin hızlı bir şekilde genişlemesi, su ürünleri yemi ve balık unu gibi temel bileşenlere yönelik aşırı talebin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Ancak balık unu (FM) kaynaklarının sınırlı olması nedeniyle, bu değerli malzemenin dünya fiyatları önemli ölçüde arttı. Birçok çalışma, FM'nin kısmen veya tamamen alternatif protein kaynaklarıyla değiştirildiğini bildirmiştir, oysa yüksek FM değiştirme seviyeleri genellikle balık performansında önemli düşüslere neden olur. Balıklar, büyüme performansı, üreme ve fizyolojik aktiviteler için yemlerinde protein, lipit, enerji, vitaminler ve minerallere ihtiyaç duyar.

Balık yağı; protein, karbonhidrat, vitamin ve mineraller gibi temel yem katkı maddelerinden biridir. Yağ ihtiyacı türden türe ve balığın yaşına ve büyüklüğüne göre değişir. Tatlı su ve deniz suyu balıklarının diyetlerinde farklı miktarlarda yağa ihtiyaç vardır. Bazı yazarlar, yağın antimikrobiyal, anti-oksidatif, büyümeyi teşvik edici yeteneklere sahip olduğunun yanı sıra yem özelliklerini (lezzet, sindirilebilirlik ve bağlama kapasitesi vb.) arttırdığını ortaya koymuştur. Diyette yağın istenilen miktarda kullanılması ve yağın kaynağının balığın büyümesini etkileyebileceği sonucuna varabiliriz. Petrolün doğru miktarda kullanılması çiftçilerin yanı sıra su ürünleri yetiştiriciliğinin büyümesine de faydalı olabilir (Kumar vd., 2019).

Alg unu, özellikle su ürünleri yetiştiriciliği ve hayvan yemi üretiminde olmak üzere çeşitli uygulamalarda balık unu ve balık yağının sürdürülebilir bir alternatifi olarak giderek daha fazla değerlendirilmektedir. Algler, balık ununun önemli bir bileşeni olan zengin bir protein kaynağı olabilir. Farklı hayvanlara uygun bir protein kaynağı sağlamak için çeşitli mikroalg ve makroalg türleri yetiştirilebilir. Balık yağı, özellikle eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA) olmak üzere yüksek omega-3 yağ asitleri içeriğiyle bilinir. Bu nedenle bazı alg türleri bu omega-3 yağ asitlerini üretebilir ve bu da alg ununu balık yağı yerine potansiyel bir alternatif haline getirir. (Pérez-Velázquez vd., 2019).

Bu nedenle, alternatif protein kaynaklarının sınırlamalarını en aza indirebilecek ve hedef türlerin performansını artırabilecek yem içerikleri veya katkı maddeleri, su ürünleri endüstrisi tarafından oldukça talep görmektedir (Bae vd., 2020).

1.2.2. Su ürünleri yem katkı maddeleri

Yem katkı maddeleri, balık yemi endüstrinin önemli bir parçasını oluşturur ve yetiştirilen balıkların beslenme sürecinde büyük bir rol oynar, bu ürünler balıkların genel performansı ve üretkenliğini artırır. Yem katkıları şu şekilde tanımlayabiliriz, az miktarlarda yemlere yada hammaddelere ilave edilen maddelerdir (Bhosale vd., 2010).

Balık yemi katkı maddeleri, su ürünleri yetiştiriciliğinde birçok önemli amaca hizmet etmektedir. Bu katkı maddeleri, yemin besin kalitesini arttırmak, balıkların sağlığını ve büyümesini iyileştirmek ve su ürünleri yetiştiriciliği operasyonlarının verimliliğini optimize etmek için kullanılır (Encarnaçao, 2016).

Balık yemi katkı maddelerinin kullanılmasının bazı temel nedenleri şunlardır:

- **Besin Zenginleştirme:** Balık yemi katkı maddeleri, yemin temel bileşenlerinde eksik olabilecek temel besin maddelerini desteklemek için kullanılır. Bu, balıkların dengeli ve eksiksiz beslenmesini sağlayarak büyümeyi, üremeyi ve genel sağlığı teşvik eder (Yadav vd., 2021).
- **Protein ve Amino Asit Takviyesi:** Protein konsantreleri veya amino asit takviyeleri gibi yem katkı maddeleri, kas gelişimi ve diğer fizyolojik süreçler için gerekli birincil moleküllerin sağlanmasına yardımcı olur. (Nunes vd., 2014).
- **Vitamin ve Mineral Takviyesi:** Balıklar, çeşitli metabolik işlevler için belirli vitamin ve minerallere ihtiyaç duyar. Katkı maddeleri, potansiyel eksiklikleri gidermek ve genel sağlığı, üremeyi ve bağışıklık fonksiyonunu desteklemek için balık yemlerine dahil edilir (Yadav vd., 2021).
- **Renk İyileştirme:** Su ürünleri yetiştiriciliğinde, özellikle süs veya pazarlanabilir balıkların üretiminde, genellikle renk iyileştirme arzu edilir. Astaksantin gibi karotenoidler gibi katkı maddeleri, balıklarda pigmentasyonu arttırmak ve canlı renkler üretmek için kullanılır (Ansari vd., 2021).
- **Büyüme Teşviki:** Büyümeyi teşvik eden katkı maddeleri, balıkların büyüme oranlarını arttırmak için kullanılır, bu da daha hızlı ve daha verimli üretim sağlar (Dada, 2013).
- **Bağışıklık Uyarımı ve Hastalıklara Direnç:** Bazı katkı maddeleri balığın bağışıklık sistemini güçlendirmek ve hastalıklara karşı direnç yeteneğini arttırmak için

tasarlanmıştır. Bu, balıkların enfeksiyonlara daha duyarlı olabileceği yoğun su ürünleri yetiştiriciliği sistemlerinde özellikle önemlidir (Dada, 2013).

- Lezzetin İyileştirilmesi: Katkı maddeleri balık yeminin lezzetini artırabilir, onu balıklar için daha çekici hale getirebilir ve daha yüksek yem alımını teşvik edebilir. Bu, balıkların gerekli besinleri almasını ve optimal büyüme oranlarına ulaşmasını sağlamak için çok önemlidir (Cyrus vd., 2014).
- Stres Azaltma: Balıkların üretim sırasında ellenmesi, taşınması veya çevresel parametrelerdeki değişiklikler gibi stresli koşullar sırasında stresi azaltmaya ve genel refahı iyileştirmeye yardımcı olan katkı maddelerinden yararlanabilir (Ciji ve Akhtar, 2021).

Katkı maddeleri, farklı balık türlerinin ve yaşam aşamalarının özel beslenme gereksinimlerine göre uyarlanmış yemlerin formüle edilmesine olanak tanır. Bu kişiselleştirme, büyüme ve sağlık sonuçlarını optimize etmek için gereklidir.

Yem katkı maddeleri balık yemlerinde kullanılması için bir dizi koşul ve standartları sağlaması gerekmektedir (Davis, 2015):

- Güvenlik: Balık yemi katkı maddeleri, kirleticilerden ve zararlı maddelerden arınmış olmalı ve insan tüketimi için uygun olmalıdır.
- Doğru Konsantrasyon: Yetkili otoriteler tarafından önerilen dozlar ve kombinasyonlar uygulanmalıdır. Katkı maddelerinin aşırı kullanımı, balıklarda sağlık sorunlarına, et kalitesini etkilemeye veya çevresel kirliliğe neden olabilir.
- Yemlerin Besin Gereksinimleri ile Uyumluluk: Katkı maddeleri, balıkların besin ihtiyaçlarını karşılamalı ve onların sağlıklı bir şekilde büyümelerine ve gelişmelerine yardımcı olmalıdır.
- Çevresel Etkiler: Yem katkı maddelerinin kullanımı, çevre üzerinde etkilere neden olabilir ve artan kirliliğe yol açabilir.
- Düzeltme ve Kalite: Katkı maddeleri, balık büyümesini, et kalitesini ve nihai ürünü iyileştirmeye yardımcı olmalıdır.
- Mevzuata ve Yönetmeliklere Uyum: Yem katkı maddeleri ve gıda güvenliği ile ilgili yerel ve uluslararası mevzuata ve yasalara uyulmalıdır.

- Araştırma ve Geliştirme: Yem katkı maddelerinin kullanımını geliştirmek ve etkilerini daha iyi anlamak için her zaman araştırma ve geliştirmeye güvenilmesi tercih edilmelidir.

Bu gereksinimler ülkeye ve yerel mevzuata göre değişebilir, bu nedenle her zaman yerel yönergeler takip edilmeli ve su ürünleri yetiştiriciliği ve hayvan besleme alanında ilgili yem katkılarına üzerine Ar-Ge çalışmaları yapılmalıdır.

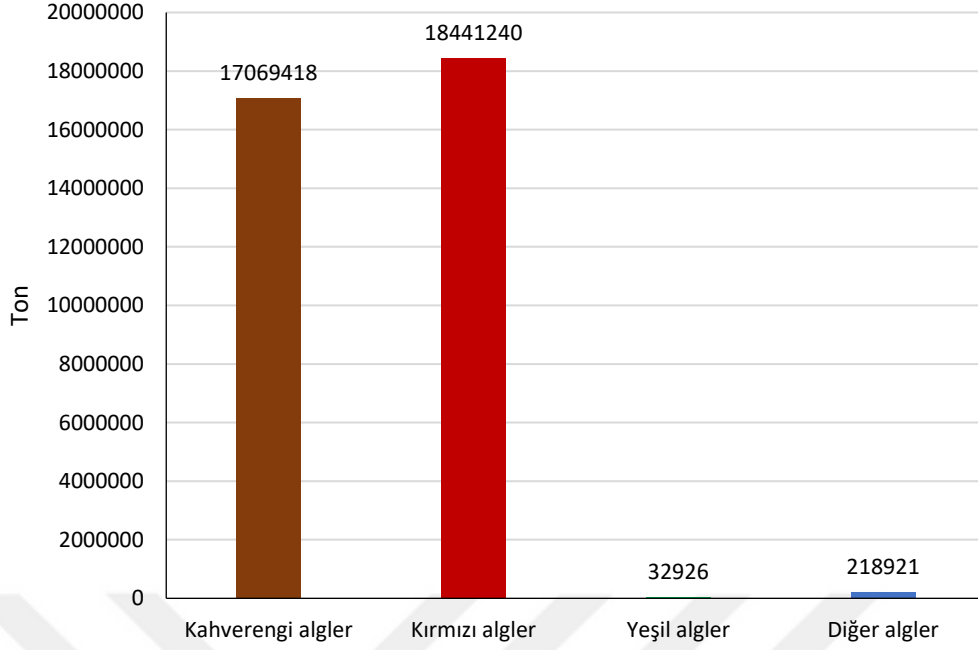
1.3. Makroalgler

Makroalg, gözle görülebilen büyük, alg benzeri yosunlardır. Genellikle mikroskopla sadece görülebilen mikroalglerden daha büyüklüktedir. Bu makroalgler, yaprak veya sap gibi bitki gelişimi ile ilişkilendirilen başka organlara sahip değildir, bu nedenle besinlerini sudan alırlar. Deniz yosunu, insanlar tarafından dördüncü yüzyıldan itibaren hasat edilmiştir. Makroalgler olarak adlandırılan bu bitki materyali, günlük hayatta birçok farklı rol oynar (Kenicer vd., 2000).

Makroalgler, tuzlu veya tatlı sularda var olan ve büyüklük, renk ve fonksiyonlarına göre değişen geniş bir organizma yelpazesi olarak kabul edilir. Hücresel yapı veya biyolojik özelliklere göre sınıflandırılırlar ve genellikle aşağıdaki şekilde ayrılırlar:

1. Yeşil algler (*Chlorophyta*): Klorofil nedeniyle yeşil renkte olup tatlı ve tuzlu suda bulunur.
2. Kahverengi algler (*Phaeophyta*): Rengi fukoksantin bileşiğine bağlıdır ve genellikle tuzlu ve soğuk sularda bulunur.
3. Kırmızı algler (*Rhodophyta*): Renkleri Fikosiyanin ve p-fikoeritrin bileşiklerine bağlıdır ve genellikle tuzlu sularda bulunur (Baweja ve Sahoo, 2015).

2019 yılında dünya deniz yosunu üretimi 1950'den 2019'a 0,56 milyon tondan 35 milyon tona çıkmıştır (Şekil 1.4) (FAO,2021).



Şekil 1.4. Deniz yosunu dünya üretimi 2019

Veri kaynağı: FAO 2021. FAO Küresel Balıkçılık ve Su Ürünleri Üretim İstatistikleri

Makroalg ve mikroalg türleri, Dünya'nın en eski yaşam formları arasında yer alır ve erken Kambriyen döneminden bu yana varlığını sürdürmektedir. Farklı alg türlerinin sayısı 40.000 ila 140.000 arasında değişmektedir (Chapman, 2009). Algler, fotosentez yapabilen ve güneş ışığını karbon ve suyu organik maddeye ve oksijene dönüştürmek için kullanan bir süreci gerçekleştirebilir.

Alglerin uygulama alanları oldukça geniştir. Algler birkaç endüstri alanında kullanılmaktadır.

1. Gıda: Protein, lif, vitamin ve mineraller gibi besin maddeleri içerdiği için algler gıda sanayinde kullanılır (Matos vd., 2022).
2. Hayvan ve balık yemleri: Bazı algler, hayvan beslenmesini iyileştirmek ve üretkenliğini artırmak için yeme eklenir (Packer vd., 2016).
3. İlaç Endüstrileri: Antioksidan bileşikler (Karotenoidler, Tokoferoller (E Vitamini), Askorbik Asit, Fenolik Bileşikler) içerdiği için iltihap önleyici maddeler, cilt ve saç bakım ürünlerinde kullanılır (Michalak ve Chojnacka, 2015).
4. Çevreyi Koruma: Su arıtma ve çevresel atıklardan kurtulma amacıyla kullanılır (Stevenson ve Smol, 2003).
5. Biyoyakıt Üretimi: Alglerden biyoyakıt elde edilir ve geleneksel fosil yakıtlara umut verici ve sürdürülebilir bir alternatif olarak kabul edilir. Algler, fotosentez yoluyla güneş

ışığını verimli bir şekilde biyokütleye dönüştürebilen fotosentetik organizmalardır. Bazı alg türlerindeki lipitler (yağlar) ekstrakte edilebilir ve biyodizel ve biyoetanol gibi biyoyakıtlara dönüştürülebilir (Demirbas, 2010).

1.3.1. *Ulva* sp. ve su ürünleri yemlerinde kullanımı

Günümüzde bilim dünyasını ilgilendiren en önemli araştırma yönlerinden biri dünya kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasıdır. Biyoaktif moleküllerin ve fonksiyonel ürünlerin yeni kaynaklarının bulunmasına yönelik artan ilgi göz önüne alındığında, birçok araştırma çalışması ilgilerini atık su arıtımı ve doğal gübre için hammadde olarak deniz makroalg biyokütlesinden yararlanmanın, yeşil biyoyakıtlara dönüştürmenin, farmasötik ve nutrasötiklerdeki aktif bileşenlerin sürdürülebilirliğini göstermeye odaklanmıştır. Bu ürünler fonksiyonel bileşenlerin üretimi ve insan gıda zincirine entegrasyon için oldukça önemlidir (Biris-Dorhoi vd., 2020). *Ulva* sp. *Ulvaceae* familyasının dünya çapında bulunabilen düz yeşil alg türüdür. *Ulva rigida*'da yaygın olarak bulunan kimyasal ve biyokimyasal bileşenlere ilişkin bazı genel bilgiler yer almaktadır:

- Karbonhidratlar:

Ulva rigida, Ulvan gibi polisakkaritler de dahil olmak üzere çeşitli karbonhidratlar içerir. Ulvan, ramnoz, ksiloz, glikoz ve üronik asitler dahil olmak üzere çeşitli şeker birimlerinden oluşan karmaşık bir polisakarittir (Korzen vd., 2015). Eşsiz özelliklerine katkıda bulunan sülfat gruplarının varlığı ile karakterize edilir. Ulvan, antikoagülan, antiviral, antioksidan ve immünomodülatör etkileri de dahil olmak üzere potansiyel biyolojik aktiviteleri açısından incelenmiştir (García-Márquez vd., 2023).

- Proteinler:

Diğer deniz yosunları gibi *Ulva rigida* da protein içerir. Deniz yosunlarındaki proteinlerin bileşimi farklılık gösterebilir ve alglerin besin değerine katkıda bulunabilir. Deniz yosunlarında bulunan yaygın amino asitler şunları içerir:

Aspartik Asit, Glutamik Asit, Alanin, Glisin, Arginin, Prolin Serin, Treonin, Valin, Lösin, İzölösin, Fenilalanin, Tirozin, Metiyonin, Lizin, Histidin.

Bu amino asitler, protein sentezi, enzim fonksiyonu ve metabolik yollar dahil olmak üzere çeşitli biyolojik süreçlerde önemli roller oynar (Shuuluka vd., 2012).

- Lipitler:

Ulva rigida da dahil olmak üzere deniz yosunları, biyokimyasal bileşimlerinin bir parçası olarak lipitler içerir. Deniz yosunundaki lipitler, enerji depolama, membran yapısı ve metabolik süreçlerde rol oynama gibi çeşitli işlevlere hizmet eder. Genel olarak *Ulva rigida*'nın aşağıdakiler gibi çeşitli yağ asitleri içerdiği bilinmektedir: Omega-3 yağ asitleri. Bunlar arasında alfa-linolenik asit (ALA) ve eikosapentaenoik asit (EPA), linoleik asit gibi omega-6 yağ asitleri bulunur. Palmitik asit ve stearik asit dahil doymuş yağ asitleri ve oleik asit gibi tekli doymamış yağ asitleri de mevcut olabilir (Satpati & Pal, 2011).

- Vitaminler ve mineraller:

Ulvarigida da dahil olmak üzere deniz yosunları aşağıdakiler gibi iyi bir vitamin kaynağı olabilir: A, C, K, B B1 (tiyamin), B2 (riboflavin), B3 (niyasin), B5 (pantotenik asit), B6 (piridoksin), B9 (folat) ve B12 (kobalamin). İyot, Demir, Kalsiyum, Magnezyum, Potasyum, Çinko gibi minerallerin kaynağı (Yaich vd., 2011).

Ulva rigida'daki Biyoaktif Bileşikler:

Ulva rigida, birçok deniz yosunu gibi, anti oksidanlar olarak rol oynayarak potansiyel sağlık yararlarına ve çeşitli uygulamalara katkıda bulunan çeşitli biyoaktif bileşikler içerir. *Ulva rigida*'da yaygın olarak bulunan bazı biyoaktif bileşikler şunlardır:

- Fenolik Bileşikler (Polifenoller): Suda çözünen antioksidanların en önemli grubunu oluştururlar. En basit fenolik bileşik fenoldür (C₆H₅OH). Tüm fenolik maddeler fenolden türetilir. Bitkisel besinlerin renk, tat ve koku gibi kendilerine özgü özelliklerinin oluşmasını etkilerler. Bitkilerde antioksidatif özelliklere sahip sekonder metabolitler olarak üretilirler ve patojenlere, UV ışınlarına ve parazitlere karşı koruyucu özelliklere sahiptirler. Fenolik bileşikler antioksidatif özelliklere sahiptir. Bu nedenle radikal temizleyici, antimikrobiyal, antihipertansif, antiinflamatuvar, hipoglisemik ve antitrombotik özelliklere sahiptirler (Vermerris & Nicholson, 2007).
- Klorofil: Yeşil bir deniz yosunu olan *Ulva rigida*, fotosentezde rol oynayan bir pigment olan klorofil içerir. Klorofil, antioksidan ve antiinflamatuvar etkileri nedeniyle incelenmiştir (Martins vd., 2021).
- Karotenoidler: *Ulva rigida*, beta-karoten de dahil olmak üzere karotenoidler içerebilir. Karotenoidler antioksidan özelliklere sahiptir ve görme, bağışıklık fonksiyonu ve cilt sağlığı için gerekli olan A vitamininin öncüleridir (Martins vd., 2021).

- Süperoksit Dismutaz (SOD): Bazı çalışmalar *Ulva rigida*'nın, süperoksit radikallerinin parçalanmasında rol oynayan bir antioksidan enzim olan süperoksit dismutaz gibi enzimler içerebileceğini düşündürmektedir (Cruces vd., 2019).
- Flavonoidler: serbest radikal yakalayıcı özellikleri, enzim aktivitelerinde görev almaları, antidiyaretik, antiülser, antiallerjen, antibiyotik, antiinflamatuvar özellik göstermeleri önemli dikkatleri üzerine çekmektedir (Meral, 2012).

Ulva sp. çok sayıda alanda kullanılmasından dolayı en kullanışlı deniz yosunlarından biri olarak kabul edilir:

- Farmasötik Endüstrisinde:

*Ulv*an adlı biyolojik olarak aktif bileşikler içerir; Ramnoz, Ksiloz, Glukoz ve Sülfonik asit içerir. Aynı zamanda antioksidanlar, antitümörler, antikoagülanlar, antiviraller, antilipidler, karaciğer koruyucuları ve bağışıklık uyarıcıları içerir (Cardoso vd., 2014).

- Biyoyakıt Üretiminde:

Ulva sp.'nin üretimi tarım arazisi veya gübre gerektirmediği ve zorlu koşullara dayanma yeteneğine sahip olduğu için geleneksel yağ bitkilerine alternatif olabilir çünkü biyoyakıt üretimi için uygun yağ içerir ve bu yağın esterifikasyon reaksiyonu için uygundur (Soliman vd., 2018). Aynı şekilde, *Ulva sp.*'nin biyokütlesi, fermantasyon için uygun Heksoz şekerleri içeren karbonhidratları içerir; ancak selülozdan kurtulmak için hidroliz veya termal kimyasal ayrışma gibi bir başlangıç işlemine ihtiyaç duyabiliriz. Bu, monosakkaritlerin fermantasyon sürecini başlatmak için mikroorganizmaların eklenmesi ve monosakkaritlerin fermantasyon sürecini başlatmak için mikroorganizmaların eklenmesi ve biyogaz üretimi (Harchi vd., 2018) sürecini elde etmek için uygun bir fermantasyon ortamını elde etmek için kullanılır.

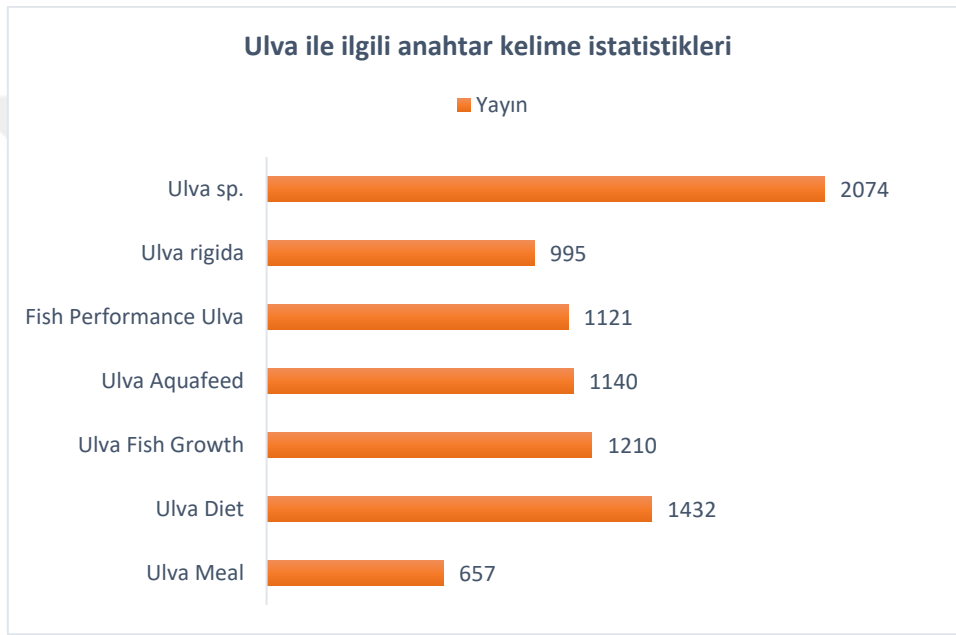
- Gıda ve Yem Endüstrisinde:

Ulva sp., histidin gibi esansiyel amino asitleri içerir. İnsan gıdası olarak doğrudan tüketilebilir, gübre veya yem haline getirilebilir; bu durumda içindeki ağır metallerin konsantrasyonunun izlenmesi önemlidir (Li vd., 2018). Şu anda, yüksek protein içeriği nedeniyle su ürünleri yetiştiriciliğinde yem katkısı olarak kullanılmaktadır (Laramore vd., 2018).

Balık yemlerinde *Ulva sp.* kullanımı üzerine çok sayıda araştırma yürütülmüş olup, 01/09/2023 tarihinde <https://worldwidescience.org/> adresinde “*Ulva meal, Ulva diet, Ulva fish growth, Ulva aquafeed, fish performance Ulva, Ulva rigida, Ulva sp.*” gibi terimlerle literatür taraması yapılmıştır (Tablo 1.1)(Şekil 1.5).

Tablo 1.1. Ulva ile ilgili anahtar kelime istatistikleri

Anahtar kelime	Yayın
Ulva Meal	657
Ulva Diet	1432
Ulva Fish Growth	1210
Ulva Aquafeed	1140
Fish Performance Ulva	1121
Ulva rigida	995
Ulva sp.	2074



Şekil 1.5 Ulva ile ilgili anahtar kelime istatistikleri 2023

(Güroy vd., 2012) tarafından yürütülen bir çalışma, gökkuşağı alabalıklarda (*Oncorhynchus mykiss*) beslenme öğelerinin yetersiz olduğu bir süreçte, kilo kaybı ve proximate kompozisyon üzerinde alg takviyesinin etkisini belirlemek amacıyla gerçekleştirildi. Alg içermeyen kontrol diyeti (C) ve değişen oranlarda ham *Ulva* unu (5% = U5; 10% = U10) ve *Spirulina* unu (5% = S5; 10% = S10) içeren dört deneme diyeti formüle edildi. Alg içeren diyetle beslenen balıkların birikmiş kilo kaybı, 2 ve 3 hafta süren açlık döneminden sonra kontrol grubuna kıyasla neredeyse %50 daha azdı ($p < 0.05$).

Demirtaş ve ark (2007) çalışmada, alg unu olan *Ulva rigida*'nın yaygın sazan (*Cyprinus carpio*) diyetinde uygun maliyetli ve yerel olarak bulunabilen bir yem malzemesi olarak değerlendirilmesine yönelik ilk denemeyi temsil etmektedir. Beş deneme diyeti, buğday ununun *Ulva* unu ile değiştirilmesinin yaygın sazan (*Cyprinus carpio*) için etkisini incelemek

amacıyla sırasıyla %0, %5, %10, %15 ve %20 oranında *Ulva* unu ile takviye edildi (sırasıyla C0, U5, U10, U15 ve U20). Deneme süresi 112 gün boyunca sürdü. Test diyetleri ile beslenen balıkların performansları, canlılık, nihai ortalama ağırlık, ağırlık artış yüzdesi, özel büyüme hızı, yem dönüş oranı, protein verimlilik oranı ve vücut kompozisyonu açısından değerlendirildi. En düşük büyüme performansı, %20 *Ulva* unu takviyesi içeren diyetle beslenen balıklardan kaydedildi (U20) ($p < 0.05$). %5 *Ulva* unu içeren diyetle beslenen balık grubu (U5), en iyi büyüme performansını elde etti ($p > 0.05$). Sonuçlar, sazan diyetlerinde buğday ununun *Ulva* unu ile değiştirilmesi amacıyla %5 ile %15 arasında değişen oranlarda *Ulva* unu katkısının kabul edilebilir olabileceğini önermektedir.

(Güroy vd., 2007) tarafından yürütülen 12 haftalık bir besleme denemesinde, iki farklı alg unu (*Ulva rigida* veya *Cystoseira barbata*) kullanımının genç Nil tilapyası (*Oreochromis niloticus*) üzerindeki etkisi olan yem alımı, büyüme ve besin kullanımı araştırıldı. Bu, *Cystoseira barbata*'nın Nil tilapyası için bir yem takviyesi olarak ilk kez kullanıldığı bir girişimdi. Balıklar, formüle edilmiş diyetlerle beslendi ve çeşitli oranlarda *Ulva* unu (5%, 10% veya 15%) veya *Cystoseira* unu (5%, 10% veya 15%) ile takviye edildi. Ağırlık artışı için en yüksek değerler sırasıyla %156, %151 ve %150 olan 5% *Cystoseira* diyeti, kontrol diyeti ve 5% *Ulva* diyetiyle beslenen balıklar için elde edildi, ancak diğer tedavilere kıyasla ($P > 0.05$) değerler anlamlı bir fark göstermedi, 15% *Ulva* diyeti ile beslenen balıklar hariç ($P < 0.05$), bu grup en düşük ağırlık artışını sergiledi. %15 *Ulva* unu içeren diyetle beslenen balıklar en kötü yem dönüş oranına (FCR) sahipti. Sonuçlar, *Ulva rigida* veya *Cystoseira Barbata* unlarının Tilapia diyetlerinde küçük oranlarda kullanılabileceğini önermektedir.

U.lactuca tozu ile beslenen Nil tilapia (*Oreochromis niloticus*) yavrularının büyüme hızları sırasıyla %53 ve %68 artarak 18.47 ± 1.25 grama ulaştı (M, 2015).

(Güroy vd., 2013) tarafından Otoklavlanmış ve çiğ (otoklavlanmamış) *Ulva* diyetle eklenmesinin yavru gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) büyümesi, besin kullanımı, vücut kompozisyonu, diyet sindirilebilirliği ve yağ asidi kompozisyonu üzerindeki etkilerini araştırmak için bir besleme denemesi yapıldı. Alg içermeyen bir kontrol diyeti ve %5 veya %10 oranında çiğ *Ulva* (%5 = RU5; %10 = RU10) veya otoklavlanmış *Ulva* (%5 = AU5; %10 = AU10) içeren dört deneysel diyet formüle edildi. RU10 diyetiyle beslenen balıkların büyümesi, AU10 diyetiyle beslenen balıklara göre önemli ölçüde daha yüksekti. Yem dönüşüm oranı (FCR), RU10 diyetiyle beslenen balıklarda önemli ölçüde daha iyiydi.

(Ergün vd., 2008) tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada, genç *Nil tilapyası* (*Oreochromis niloticus*) üzerinde beslenme denemesi yapılarak, besin maddesi düzeyleri ve ek olarak kullanılan *Ulva* ununun büyüme performansı, yem verimliliği, besin kullanımı ve vücut kompozisyonu üzerindeki etkileri incelendi. Dört farklı diyet formüle edildi; bunlardan ikisi %0 ve %5 *Ulva* unu içerirken, diğer ikisi ise %10 (düşük lipid; DL) ve %20 (yüksek lipid; YL) ham lipid içeriyordu. %5 *Ulva* unu içeren diyetle beslenen balıklar, *Ulva* takviyesi almayan gruplara kıyasla daha iyi bir büyüme performansı sergiledi ($P < 0.05$), lipid düzeyine bakılmaksızın. Özellikle, *Ulva* unu katkısının, özel büyüme hızını (SGR), yem dönüş oranını (FCR) ve protein verimlilik oranını (PER) artırdığı gözlemlendi. %5 *Ulva* unu içeren diyetlerle beslenen balıkların, daha düşük bir et yağ içeriğine sahip olduğu belirlendi. Elde edilen sonuçlar, *Ulva* unu katkısının %5 seviyesindeki kullanımının, her iki besin düzeyinde de *Nil Tilapyası*'nın büyüme performansını, yem verimliliğini, besin kullanımını ve vücut kompozisyonunu artırdığını göstermektedir.

Ayrıca, (Abdel Warith vd., 2016), Afrika yılanbaşı balığı (*Clarias gariepinus*) için kontrol diyetleri ile karşılaştırıldığında, %20 veya %30 *U. lactuca* unu içeren diyetlerle beslenen balıkların en kötü büyüme performansına ve yem kullanımına sahip olduğunu bildirdi. Bu olumsuz etkiler, deneysel diyetin düşük protein içeriği, yüksek kül içeriği ve yüksek çözünür lif düzeyine bağlandı .

Sonuçlar, akvaryum yemlerinde düşük düzeyde alg içerme uygulamasının, balıkların kısa süreli açlık dönemine maruz kaldıklarında kilo kaybını azaltma açısından ekonomik avantajlara sahip olabileceğini göstermektedir. Bu durum bazen yoğun yağış sonrasında veya balık stokları talebi karşılamak için tutulduğunda gereklidir.

Ulva spp. takviyesi, levrek (*Liza ramada*) balığında *Ulva spp.* seviyesinin balık diyetinde %28'e kadar artmasıyla birlikte, nihai vücut ağırlığını, ağırlık artışını ve özel büyüme hızını önemli ölçüde artırdı (ElMorshedy, 2016).

Öte yandan, (Legarda vd., 2021), *U. fasciata* tozu miktarını artırmanın (5, 10 ve 20 g kg⁻¹) (*Seriola dorsalis*) somatik özellikleri ve büyüme performansı üzerinde herhangi bir etkisi olmadığını buldu.

(Peixoto vd., 2015) çalışmasında, 2.5% ve 7.5% oranında *Ulva* unu ile takviye edilmiş bir diyetle beslenen Avrupa levreği (*Dicentrarchus labrax*) büyüme parametreleri etkilenmedi.

1.4. Fermantasyon Teknolojisi

Fermantasyon, istenilen gıda ürünlerini uzun raf ömrü ve iyi organoleptik özelliklerle üretmek için antik çağlardan beri kullanılan önemli tekniklerden biridir. En eski muhafaza yöntemleri arasında yer alan fermantasyon (Pérez-Alva vd., 2022), başlangıçta gıdanın organoleptik profilini ve stabilitesini arttırmak için kullanılmıştır. Daha yeni uygulamalar, gıda ve ilaç endüstrileri için değerli olan çeşitli bileşiklerin varlığına odaklanmıştır. Hem mikro hem de makroalgler, zengin ve sürdürülebilir bir biyoaktif bileşik kaynağı olarak kabul edildikleri için fermantasyon substratları olarak dikkat çekmişlerdir. Alglerin fermantasyonu genellikle ya biyoyakıt üretmeye ya da antioksidan kapasite, antimikrobiyal özellikler, anti-inflamatuar potansiyel gibi biyoaktif özelliklere sahip bileşikler elde etmeye yoğunlaşmıştır.

Fermantasyonun en yaygın anlamı, birçok yiyecekte doğal olarak şekerin organik asit veya alkol dönüşümüdür. "Fermantasyon" terimi, bakteri, maya ve mantar gibi mikroorganizmaların laboratuvar ve endüstriyel ölçekte insanlar için faydalı bileşikler üretmek amacıyla kullanımını ifade eder (biyokütle, enzimler, birincil ve ikincil metabolitler ve biyo-dönüştürülmüş ürünler) (Prajapati vd., 2008). 1970'ler ve 1980'ler boyunca, alglerden biyoyakıt elde etmek için fermantasyon üzerine yoğun çalışmalar yapılmıştır. Deniz yosunlarının fermantasyon teknolojisi için başlıca dezavantajı, fermantasyon için tercih edilmeyen polisakkaritleri içermeleridir. Ancak yapılan araştırmalar sonucunda enzimler kullanarak laktik asit fermantasyonu için bir yol bulunmuştur (Uchida & Miyoshi, 2013).

Deniz yosunlarını laktik bakteri veya maya ile fermante etme süreci, fermente yosunlardaki besin miktarındaki artış nedeniyle kültüre edilen balıklarda bağışıklığı ve probiyotikleri geliştirmeye ve büyümeyi teşvik etmeye yardımcı olabilir. Ayrıca, ham yosunda bulunan anti-nutrientleri içermez ve sindirimi çok kolay olduğu düşünülür. Dolayısıyla, yosun fermantasyon süreci, balık yemini belirli oranlarda değiştirerek balık sağlığı ve performansını artırarak yem maliyetlerini azaltmaya yardımcı olacaktır (Felix & Brindo, 2014).

Deniz yosunlarını fermente etmenin enerji üretimi amacıyla mükemmel bir geri dönüş sağladığını ve araştırmanın hızlandığını göstermektedir (Reboleira vd., 2021). Substrat, fermente ürünlerin besinsel, duyuşsal ve fonksiyonel niteliklerini şekillendirmede önemli bir belirleyicidir. Uygun bir substratın seçimi, fermantasyon teknolojisinde beslenme kalitesini ve fermantasyon sürecinin genel başarısını etkileyen çok önemli bir faktördür. Çünkü substrat, fermantasyon sırasında mikroorganizmaların metabolize ettiği hammadde görevi görür (Pérez-Alva vd., 2022).

Alg fermentasyonu tipik olarak maya yerine bakteri veya spesifik alg türleri gibi mikroorganizmaların kullanımını içerir. Maya geleneksel olarak alg fermentasyonu ile ilişkilendirilmese de mayanın alg veya alg türevi substratların fermentasyonunda rol oynayabileceği belirli senaryolar vardır. Algler veya alglerden türetilen substrat şeker içeriyorsa, bu şekerleri etanol veya diğer metabolitlere fermente etmek için maya kullanılabilir veya mayanın bakteri veya spesifik alg türleri gibi diğer mikroorganizmalarla birlikte kullanıldığı ortak kültür sistemleri kullanılabilir.

Alg fermentasyonu alanında araştırmalar devam etmektedir ve mikroorganizma seçimi, fermentasyon sürecinin arzu edilen sonuçlarına göre geliştirilmeye devam etmektedir. Alglerden elde edilen hammaddelerin değerli ürünlerini verimliliğini ve verimini optimize etmek için farklı stratejiler ve mikrobiyal kombinasyonlar araştırılmaktadır.

1.4.1. Mayalar

Maya, oksijen içeren ortamlarda bulunan tek hücreli mikroplar olarak bilinir. Bu, onların oksijeni soludukları anlamına gelir ve bazıları hava ile solunmaz. Yaklaşık 39 tür maya bulunmaktadır, bunların çoğu *Ascomycetes filumuna* ve diğerleri ise *Basidiomycetes filumuna* aittir. Çevredeki şekerin analizinden arasında enerji elde eder ve yiyecekleri dışarıdan sindirirler.

Bazı önemli mantar türleri “*Schizosaccharomyces pombe*, *Penicillium bilaiae*, *camemberti*, *candida*, *Saccharomyces cerevisiae*, *boulardii*, *carlsbergensis*, *uvarum*, *Candida albicans*, *utilis*, *Brettanomyces bruxellensis*, *Pichia pastoris*” yer alır (Kurtzman ve Pişkur, 2007).

Tarihsel olarak, bir tür maya insan hayatında önemli bir rol oynamaktadır. Antik dünya ülkeleri ve Doğu Akdeniz'deki medeniyetler arasında eski zamanlardan bu yana, insanların bunun belirli bir mantar olduğunu bildiklerini düşünmek zordur. Mayalar, çoğu gıda endüstrisinde süt ürünleri (peynir), ekmek yapımı, şarap veya alkollü içkilerin üretiminden sorumludur. İnsanlar, mayayı ekmek ve hamur işi yapımında kullanırken aynı zamanda alkollü içkilerin üretiminde de kullanır. Bazı maya türleri, antibiyotiklerin ana kaynağı olarak kullanılmaya başlanmıştır (Barnett, 2004). Gıda, su ve toprak kaynaklarının aşırı kullanımı nedeniyle birinci nesil fermentasyon substratı (gıda biyokütlesi), bir fermentasyon stratejisi olarak istenmez. Bu nedenle, ikinci nesil fermentasyon substratları olarak adlandırılan diğer kaynaklar aranmaya başlanmıştır. Bu, genellikle selüloz, hemiselüloz ve lignin gibi karmaşık şekerleri içeren tarımsal atıklar ve yosunlar (gıda dışı biyokütle) anlamına gelir. Mayalar, bu biyokütleyi endüstriyel uygulamalara sahip çoklu ürünlere dönüştürme fırsatı sunar. Ancak bunun için,

kimyasal veya fiziksel olarak veya her ikisiyle birlikte ön işleme tabi tutulmalıdır, böylece mayaların beslenmesi için kullanabilecekleri şekerlere dönüştürülür (Mosier vd., 2005)

1.4.1.1. *Saccharomyces cerevisiae*

Saccharomyces cerevisiae en yoğun olarak araştırılan ökaryotik organizmaların biri olarak kabul edilir ve en yaygın fermantasyon türünden sorumludur. Şekli yuvarlaktan ovale olup, çapı 5-10 mikrometre arasındadır. Fırıncı mayası, bira mayası, yüksek fermantasyon mayası gibi diğer yaygın isimlere sahiptir (Kurtzman, 1994). *S. cerevisiae*'nin tüm suşları, fermentasyon ortamında glukoz, maltoz ve trehaloz varsa aerobik olarak büyüyebilir. Galaktoz ve fruktoz, fermentasyon için tercih edilen şekerlerdir. Bununla birlikte, laktoz ve selüloz gibi bazı şekerleri fermante edemezler. Tabii ki, fermentasyon kapasitesi fermantasyon türüne bağlı olarak değişir, aerobik veya anaerobik olup olmadığına bağlıdır (Botstein vd., 1997).

Saccharomyces cerevisiae'nin kimyasal bileşimi yüksek protein içeriği, orta düzeyde karbonhidratlar (predominantly polisakkaritler ve düşük oranda monosakkaritler), doymamış lipidlerden oluşan düşük yağ içeriği, yüksek miktarda kül, vitaminler (özellikle B vitaminleri), mineraller ve enzimler içerir (Tablo 1.2) (Agboola vd., 2020).

Tablo 1.2. *Saccharomyces cerevisiae*'nin besin bileşimi (g/kg kuru kütle)

Besin Bileşeni	g/kg kuru kütle
Kuru kütle	939
Protein	501
Lipid	18
Kül	75
Karbonhidrat	46
Nükleik asit	48

1.4.2. Enzimler

Balık yemlerinde proteazların kullanımı, 1977'ye kadar gitmektedir ve o zamanlarda yaygın olarak sazan yemlerinde çeşitli düzeylerde ticari olarak temin edilen sığır *tripsinin* kullanıldığı görülmüştür (Bao vd., 2013). Bazı çalışmalar, ekzojen proteaz takviyesinin alabalık (*Oreochromis aureus* × *O. niloticus*) ve sazan (*Cyprinus*) (X. Li vd., 2015), Atlantik somonu (*Salmo salar* L.) (Carter vd., 1994), Pasifik karidesi (*Litopenaeus vannamei*) ((Divakaran vd., 1999) ve gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) (Dalsgaard vd., 2012) gibi su ürünleri yemine eklenmesini araştırmışlar ve olumlu sonuçlar bulmuşlardır.

Balık yemlerine eklenen yaygın enzimler:

1. Proteaz: Proteazlar, proteinin ortasındaki peptit bağlarını parçalar eder (Endopeptidazlar) veya proteinin C veya N terminusundaki peptit bağlarını analiz eder (Ekzopeptidazlar). Bu, balıkların sindirim sistemindeki enzimlerden biridir ve bu nedenle endojen enzimlere besinleri sindirme ve kullanımlarını artırma konusunda yardımcı olur (Tavano vd., 2018).
2. Amilaz: Balık yemlerindeki nişastanın sindirilebilir polisakkarit, doğrudan balık büyümesini etkiler (Francis vd., 2001).
3. Lipaz: Trigliseridleri hidrolize eden ve gliserol ile yağ asitleri oluşturan enzimlerdir. Bazı çalışmalar, lipaz içeren ticari çoklu enzim ürününün balıkların büyüme performansını artırdığını göstermiştir (Weil vd., 2013).
4. Selüloz: Selüloz eksikliğinde, balıklar selülozu kötü sindirir ve bu nedenle pektin ve galaktan gibi polisakkaritlerin safranin asitleri ile bağlanması ve sindirim enzimlerini ve bağırsak hareketini engellemesi nedeniyle besin emilimine olumsuz etkileri olur (Francis vd., 2001).
5. Hemiselülozlar: Hemiselülozlar, galaktan, ksilan, mannan ve arabin gibi karmaşık polisakkaritlerin parçalanmasında yer alan bir grup enzimi içerir. Bu nedenle, hemiselüloz takviyesi, NSP (non starch polysaccharides) nişasta olmayan polisakkaritler sindirimi sorununu çözmenin ve balık büyümesini artırmanın ana yolu haline gelmiştir (Chadha vd., 2019).
6. Fitazlar: Fitat, bitkisel yem hammaddelerinde bulunan antibesleyici bir ajandır. Kalsiyum, demir, magnezyum ve çinko emilimini azaltır, çünkü bunlarla kimyasal kompleksler oluşturur (Humer vd. 2015).

1.4.3. Bromelain

Bromelain, ananastan (*Ananas comosus*) elde edilen proteolitik enzimlerin karışımıdır. Bromelain'i ilk keşfeden bilim adamı Vicente Marcano, 1891'de buldu. Heinecke, 1957'de bromelainin ananas sapında, gerçek meyvesinden daha fazla miktarda bulunduğunu ortaya koydu. Bromelain, proteinleri daha küçük peptitlere ve amino asitlere parçalayabilen monoglikozile protein formunda çıkarılır. Bromelain'in gıda ve ilaç endüstrilerindeki uygulamaları yaygın ve eskiye dayanmasına rağmen, su ürünleri yemlerindeki kullanımı hala yeni ve daha fazla araştırmaya ihtiyaç duymaktadır (De Lencastre Novaes vd., 2015).

Bromelain kullanımının potansiyel faydaları:

- Protein sindirilebilirliğini artırmak: Bromelain'in proteaz aktivitesi, yem içindeki karmaşık protein yapılarını parçalamaya yardımcı olarak su ürünleri tarafından proteinin daha iyi sindirilmesine ve besinlerin emilimine yol açabilir (Sharma vd., 2021).
- Besin emilimini artırmak: Bromelain, protein sindirimini artırır ve bu da emilmiş esansiyel amino asitleri artırır ve yem verimliliğini ve büyümeyi artırır (Wiszniewski vd., 2019).
- Çevresel etkiyi azaltma: Yemden besin maddelerinin daha iyi kullanılması, besin atığını azaltabilir ve besin deşarjını su ortamına azaltabilir, sürdürülebilir su ürünleri yetiştiriciliğini teşvik eder (Chaurasiya & Hebbar, 2013).
- Balık ununa olan bağımlılığı azaltma potansiyeli: Bromelain, bitki proteinlerini parçalamada etkili olursa, su ürünleri yem formülasyonlarında balık ununa olan bağımlılığı azaltmaya katkıda bulunabilir (Wiszniewski vd., 2019).

Bromelain Enzimi Kullanımında Düşünülmesi Gerekenler ve Karşılaşılan Zorluklar:

Keşfedilmesinden birkaç yıl sonra, Bromelain üretimi hızla genişledi. Ticarileştirilmesi, üreticilerin büyük ölçekli üretim ve saflaştırma elde etmek için daha hızlı ekstraksiyon teknolojileri geliştirmesine yol açtı. Günümüzde Bromelain takviyeli birçok ürün sağlık sektöründe kullanılmaktadır.

- Tür spesifik etkiler: Bromelain'in su ürünleri yemlerinde etkinliği, türler, sindirim fizyolojileri ve beslenme tercihlerine bağlı olarak değişebilir (Dubey vd., 2012).
- Kimyasal bileşim ve dozaj: Bromelain'in kimyasal bileşim türü ve yeme eklenen dozaj, aşırı enzimatik aktivitenin sindirilebilirliği artırmasına veya besinlerin kullanımının eksik olmasına neden olabilecek çok hassas bir faktördür (Mohan vd., 2016).
- Enzim stabilitesi: Bromelain gibi enzimler, yem üretimi sırasında sıcaklık, pH ve işleme koşulları gibi faktörlere duyarlı olabilir. Enzim stabilitesini ve aktivitesini yem üretim süreci boyunca sağlamak önemlidir (Arshad vd., 2014).
- Düzenleyici onaylar: Bölgeye bağlı olarak, balık yemlerinde Bromelain gibi enzimlerin kullanımı için düzenleyici düşünceler olabilir, bunlar arasında güvenlik değerlendirmeleri ve onay süreçleri bulunabilir (Brien vd., 2004).

- Bromelain veya başka bir enzimin ticari yem karışımına eklenmeden önce, hedeflenen su ürünlerinin türleri ve beslenme gereksinimleri belirlenmelidir. Bu, araştırma ve kontrollü çalışmalar aracılığıyla yapılır.

1.5. Balık Yemlerinde Fermente Yosun Uygulamaları

Balık yemlerinde son yıllarda fermente edilmiş soya, kanola gibi ürünler kullanılmaktadır. Bu ürünler üretiminde genellikle laktik asit fermantasyonu kullanılır ve bu yöntem büyük kahverengi yosunları fermente etmek için de uygundur. Ancak laktik asit fermantasyonun zorluğu hızlı fermante şekerlerin düşük içeriğinden kaynaklanır (Black, 1955). Yosunları besin amaçlı fermante etmek için selüloz enzim eklemenin ve ardından bakteriyel başlatıcının eklenmesinin faydalı olabileceğini bildirmişlerdir (Uchida ve Miyoshi, 2013b). Deniz yosunları, hücre duvarındaki aljinat ve fukoidan ile birlikte karmaşık polisakkaritleri içerir; bunlar sindirilebilirliklerini sınırlar ve ANF'ler (besinsel olmayan faktörler) olarak hareket eder (Da Silva vd., 2015). Fermantasyon, bu kompleks karbonhidratları azaltabilir ve balığın büyümesini ve besin değerini artırabilir (Wan vd., 2018).

Kırmızı yosun *Kappaphycus alva*-rezii'nin *Saccharomyces cerevisiae* mayası kullanılarak 26-28 °C sıcaklıkta fermente edilmiştir. Fermantasyon süreci, amino asitleri % 20'ye ve yağ asitlerini %48'e kadar artırdı, bu da onu beyaz karides türünün beslenmesinde besin takviyesi olarak kullanma olasılığını desteklemiştir (Microjpm, 2023).

Sargassum kahverengi yosununun *Aspergillus niger*, *Lactobacillus spp.* ve *Saccharomyces cerevisiae* ile fermente edilmesi üzerine yapılan bir çalışmada, ham proteinin önemli ölçüde arttığı ve karbonhidratların, yağların ve antibesleyici faktörlerinin azaldığı gösterilmiştir (Ali vd., 2018).

Brain-Isasi ve diğ. (2021) tarafından yapılan araştırma, besin katma değeri olan bir ürün sağlamak için yeşil makroalg biyokütlesinin selüloolitik bir mantar tarafından sakrifikasyonu ve fermantasyonunu incelemeyi amaçladı. Bu amaçla yeşil deniz yosunu *Ulva rigida*, ipliksi mantar *Trichoderma reesei* Rut-C30 kullanılarak doğrudan şekere dönüştürüldü ve partiler halinde fermente edildi. *T. reesei* Rut-C30'un *Ulva rigida* üzerinde tek karbon kaynağı olarak 72 saatte büyütülmesinden elde edilen fermantasyon ürününe fermente *Ulva rigida*'dan mantar biyokütle proteini (FBP) adı verildi. Fermente *Ulva rigida*'dan elde edilen FBP, tüm temel amino asitleri içeriyordu ve FAO kılavuz profilleriyle olumlu bir şekilde karşılaştırıldı. Ayrıca, *Ulva rigida*'dan elde edilen FBP'nin sınırlayıcı amino asit metiyonin içeriği, ham alg ile karşılaştırıldığında 4 kat arttı (toplam protein içeriğinin %0.65'inden %3'üne) ve ovalbümin

proteininin metiyonin seviyelerine benzerdi. Fermente *Ulva rigida*'dan elde edilen FBP'nin in vitro sindirilebilirliği, ham alglerle karşılaştırıldığında %71'den %94'e çıkmıştır ve baklagil tohumlarından daha yüksek ve soya fasulyesi küspesine benzerdir. Çalışmamızın sonuçları, yem üretmeye uygun yüksek kaliteli proteinler sağlamak için *Ulva rigida*'nın, karasal bir mantar tarafından 72 saat içinde su altında fermentasyon altında tek bir aşamada sakrifiye edilebileceğini ve fermente edilebileceğini göstermektedir.

Rafiquzzaman ve diğ. (2015) tarafından yapılan araştırma, *Aspergillus oryzae* kullanılarak tek substrat olarak *Saccharina japonica*'nın su altında fermentasyon olasılığını araştırmak için gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, *A. oryzae* için fermentasyon ortamı olarak %2 oranında *S. japonica* tozu kullanıldı. Fermentasyon süresi, fermente numunenin 7 günlük bir süre boyunca düzenli aralıklarla izlenmesiyle optimize edildi. Sonuçlar, 5 günlük bir fermentasyon periyodunun, toplam şeker, toplam fenolik ve flavonoid içerikleri gibi arzu edilen maksimum özelliklerde etkili olduğunu buldu. Optimum fermentasyon süresi altında, fermente ekstraktlar, DPPH radikal temizleme, ABTS temizleme ve fosfomoliden testi gibi farklı analizlerle belirlendiği gibi, gelişmiş antioksidan aktivite gösterdi.

Balık Yemi İçin Enzim Kullanımı

Oreochromis mossambicus yemi içerisine *Spirulina*'nın Bromelain, Papain ve Tripsin enzimleri ile birleştirilmesi, Bromelain'in bağırsakta sindirilebilirliği artırmada daha iyi performans sergilediğini gösterdi (Sharma vd., 2021). Hayvar içeren ve dünyanın en pahalı türlerinden biri olarak kabul edilen yavru mersin balığı (*Acipenser ruthenus*) üzerinde Bromelain'in etkisini değerlendirmek için yapılan bir çalışmada, balığın yemine 10 ve 20 g/kg dozunda Bromelain eklenmesiyle ağırlık, protein içeriği ve lipaz, pepsin ve lizozim enzimlerinin aktivitesinde artış gözlenmiştir (Wiszniewski vd., 2019). Bromelain'in *Nil tilapia* balığı (*Oreochromis niloticus*) üzerindeki etkisini değerlendirmek için yapılan bir çalışmada, Bromelain içeren ortamlarda yüksek oranda yumurta açılım oranı elde edilmiştir (Fariedah vd., 2020). Bir tatlısu levreği türü olan *Anabas testudineus* balığının yemine %5 ananas özü ilavesi, daha yüksek bir büyüme hızına neden oldu (Masniar vd., 2016). *Tilapia* (*Oreochromis niloticus*) balıklarına %1 ananas özü içeren yemle besleme, daha iyi bir büyüme ve daha yüksek bir yem dönüşüm oranı sağlamıştır (Yuangsoi vd., 2018). Beyaz karides (*Litopenaeus vannamei*) türüne %0,2 ml/kg ananas özü içeren yemle besleme, büyüme verimliliğini ve yem dönüşüm oranını artırmıştır (Mudiarti vd., 2023).

1.6. Tezin Amacı

Balık yetiştiriciliğindeki ana hedef, sağlıklı ve et kalitesi yüksek ürünleri minimum maliyetle en kısa sürede pazara sunmaktır. Su ürünleri yetiştiriciliğinde başarıya ulaşmak birçok faktöre bağlıdır; ancak, bir işletmenin maliyetinin %60'ından fazlasını oluşturan yem ve yemlemeyle ilişkili giderler genellikle işletme sahipleri için en önemli faktör olarak kabul edilir. Balık yemi maliyetinin en pahalı bileşeni olan balık unu ve balık yağının kullanım oranlarını azaltmaya yönelik alternatif hammadde arayışı halen devam etmektedir. Ancak, bu iki önemli hammadde yerine alternatif ürünler kullanıldığında balıkların et kalitesinde veya sağlığında olumsuz yönde değişimler meydana gelebilmektedir. Balıkların yemden optimum şekilde yararlanmasını arttırmak ve besinle alınan doğal biyoaktif maddelerin oranını yükselterek daha sağlıklı balık üretimi yapmak için fonksiyonel yem katkı maddesi geliştirilmesi, su ürünleri yetiştiricilik sektörünün verimliliğini artıracaktır.

Bu bağlamda, ülkemiz kıyı sularında bol miktarda bulunan *Ulva rigida* türü makroalg türünün Bromelain enzimi ve *Saccharomyces cerevisiae* kullanılarak fonksiyonel bir yem katkı maddesi elde edilmesi, bu tez çalışmasının amacını oluşturmaktadır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. *Ulva* sp.

Ulva rigida veya yaygın adıyla deniz marulu, okyanus kıyılarında yaygın olarak bulunan yeşil alglerden biridir ve şu özelliklere sahiptir:

Division: *Chlorophyta*

Class: *Ulvophyceae*

Order: *Ulvales*

Family: *Ulvaceae*

Genus: *Ulva*

Species: *Ulva. rigida*



Ulva rigida

Ulva'nın rengi yeşilden koyu yeşile kadar değişir ve *Ulva*'nın boyu 18 cm'ye kadar, genişliği ise 30 cm'ye kadar olabilir. Çeşitli formlara sahiptir; formları, su tuzluluğunun derecesine veya bakteri ile birlikte yaşama durumuna bağlıdır.

Ulva alg cinsi birçok farklı türü içerir. Bazı popüler *Ulva* alg türleri:

1. *Ulva lactuca*: Bu alg türü aynı zamanda "deniz marulu" olarak bilinir ve en yaygın *Ulva* türlerinden biridir. Düz, ince yeşil yapraklara sahiptir ve kıyı bölgelerinde kayalıkların ve sert yüzeylerin üzerinde büyür.
2. *Ulva rigida*: Bu tür, *Ulva lactuca*'ya çok benzer, ancak daha sağlam ve kalındır. Genellikle sığ, tuzlu su alanlarda bulunur.
3. *Ulva intestinalis*: Bu tür, kıvrık ve bağırsak benzeri şekli ile ayırt edilir ve deniz sulardaki kayalıkların ve sert yüzeylerin üzerinde yaşar.
4. *Ulva expansa*: Bu tür, *Ulva lactuca*'ya benzer, ancak daha çok sığ ve kıyı bölgelerinde yaygındır.
5. *Ulva compressa*: Bu tür, ince ve dar yaprakları ile ünlüdür ve genellikle kıyı bölgelerinde bulunur.

Bu türler dünya çapında farklı bölgelerde büyür ve etraflarındaki çevresel koşullardan etkilenir. Şekil, doku ve büyüdükları ortam bakımından farklılık gösteren başka *Ulva* alg türleri olabilir (Rybak, 2018).

Ulva'nın kimyasal bileşimi yılın mevsimine, kimyasal bileşimine ve suyun fiziksel koşullarına göre değişir.

2.2. Numune Toplanması

Araştırmada, bilimsel adı *Ulva rigida* olan deniz marulu makro alg türü ana malzeme olarak kullanılmıştır. *Ulva rigida* örnekleri 40°30'42.98"K ve 28°48'50.20"D koordinatlarından toplanmıştır. İstasyondan alınan örnekler, Yalova Üniversitesi Armutlu Meslek Yüksekokulu Su Ürünleri Uygulama Biriminde bulunan kapalı devre su ürünleri yetiştiricilik sisteminde yaklaşık 3 hafta süresince adaptasyonu sağlanmış ve yetiştirilmiştir.



Şekil 2. 1. *Ulva rigida* toplama

2.3. Analiz Öncesi Numune Hazırlığı

40°30'42.98"K ve 28°48'50.20"D koordinatlarından toplanan ve yetiştiricilik sistemine adapte edilen algler fermentasyon işlemine tabii tutulmadan ve analiz edilmeden aşağıdaki işlemler uygulanmıştır:

- Algler, kum ve kalıntıların temizlenmesi için temiz suyla yıkanmış ve ardından üzerlerindeki fazla su uzaklaştırılmıştır
- Örnekler, 45 °C'de 24 saat boyunca fırında kurutulmuştur.
- Kurumuş *Ulva*, ince ve homojen bir toz elde etmek için öğütülmüştür.
- Numuneler, denemelere kadar -4 °C'de plastik torbalarda saklanmıştır.



Şekil 2. 2. *Ulva rigida* temizleme



Şekil 2. 3. *Ulva rigida* kurutma



Şekil 2. 4. *Ulva rigida* öğütme

2.4. Deneme Dizaynı

Bu tez çalışmasında, *Ulva rigida* türü, Bromelain enzimatik işlemine, ekmek mayası *Saccharomyces cerevisiae* ile maya fermentasyonuna ve her iki uygulamanın bileşimine dayalı olarak üç farklı deneme grubu oluşturulmuştur. Bu deneme gruplarına karşılık olarak, kontrol grubu olarak hiçbir işlem uygulanmamış *Ulva rigida* kullanılmıştır.

1.Denemede(Ulva-Ham), *Ulva rigida* yıkanmış, kurutulmuş ve öğütülerek. Sonunda Ulva-Ham (katkısız) grubu "alg katkılı yem hammadde" elde edilmiştir.

2.Denemede (Ulva+ Bromelain), *Ulva rigida* öğütüldükten sonra ultrason dalgaları kullanılarak hidrolize edilmiş ve daha sonra 50°C sıcaklıkta üç saat boyunca bromelain enzimi ile işlenmiştir. Daha sonra, Bromelain enzimi ile *Ulva*'nın reaksiyonu durdurulmuş için 95°C'de ısıtılmış, filtrelendi, 45 °C'de kurutulmuş ve ardından öğütülerek un haline getirilmiştir. Sonunda Ulva-B grubu elde edilmiştir.

3.Denemede (Ulva+ *Saccharomyces cerevisiae* mayası), *Ulva rigida* öğütüldükten sonra ultrason dalgaları kullanılarak hidrolize edilmiş, ardından %1 *Saccharomyces cerevisiae* mayası ile 24 saat fermente edilmiş, daha sonra filtrelendi, 45 °C'de kurutulmuş ve un haline getirilerek "fermente alg katkılı yem hammadde" Ulva-M grubu elde edilmiştir.

3.Denemede (Ulva+Bromelain + *Saccharomyces cerevisiae* mayası) , *Ulva rigida* öğütüldükten sonra ultrason dalgaları kullanılarak hidrolize edilmiş, daha sonra 50°C sıcaklıkta üç saat boyunca bromelain enzimi ile işleminden geçirilmiş ve ardından bromelain enzimi ile *Ulva*'nın reaksiyonu ısıtılarak durdurulmuştur. 95°C'de ısıtılmış, sıcaklık 30°C'ye düşürülerek %1

oranında *Saccharomyces* mayası ile 24 saat fermante edilmiş, daha sonra filtrelendi, 45 °C'de kurutulmuş ve ardından öğütülerek un haline getirilmiştir. Sonunda Ulva-B-M grubu elde edilmiştir.

Uygulanan enzimatik arıtma ve fermentasyon yöntemiyle, besin metabolizması için algleri hidrolize etmek amacıyla bromelain ve maya kullanılmasının, alglerin makromoleküllerini küçük moleküllere ve suda çözünebilen maddelere dönüştürülmesi hedeflenmiştir.

2.4.1. Ultrasonik hidroliz

U. rigida, damıtılmış su ile karıştırılmıştı (katı:sıvı oranı 1:6 w/v) ve 50-60 Hz frekansında, 35 °C sıcaklıkta 1 saat boyunca ultrasonik bir banyoya konulmuştu.

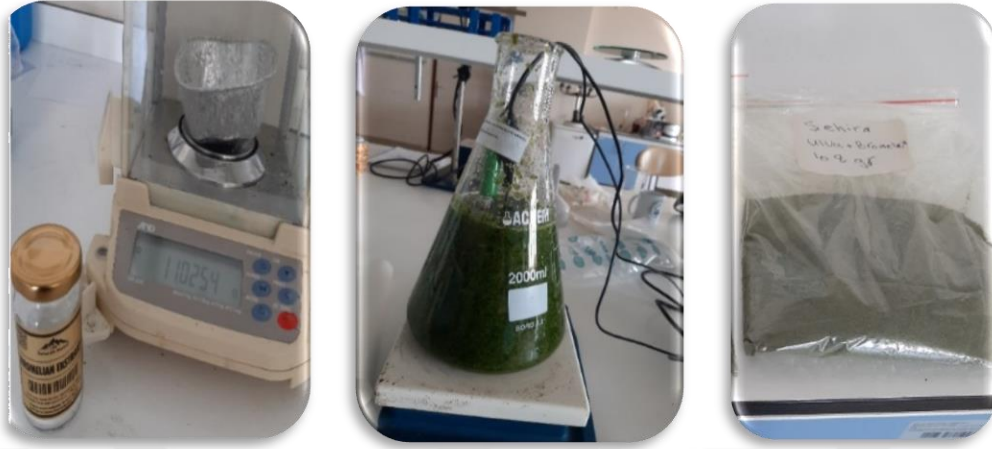


Şekil 2. 5. *Ulva rigida* 'nın ultrasonik banyo ile hidrolizi

2.4.2. Bromelain işlemi

- Hidroliz süresi tamamlandıktan sonra, pH değeri 1 N HCl ile 6.0'a ayarlanmıştır.
- Ulva alt tabakası, optimum Bromelain aktivitesini sağlamak için 50 °C'de 10 dakika boyunca su ile inkübe edilmiştir.
- Bromelain, 10% (kurutulmuş Ulva ağırlığı / enzim ağırlığı) enzim/alt tabaka oranında (E/S) eklenmiştir.
- Alt tabakanın Bromelain ile 50 °C'de 3 saat boyunca inkübasyonu gerçekleştirilmiştir.
- Hidroliz süresinin sonunda, reaksiyon 95 °C'de 15 dakika boyunca ısıtılarak sonlandırılmıştır.
- Fermente deniz yosunu yemi süzülerek alınmış ve 45 °C'de 48 saat boyunca sıcak hava fırınında kurutulmuştur.

- Fermente deniz yosunu tozu, yem hazırlamak için kullanılmıştır.
- Son ürün Ulva-B olmuştur.



Şekil 2. 6. *Ulva rigida*'nın Bromelain ile işlenmesinin son ürünü

2.4.3. *Saccharomyces cerevisiae* fermantasyonu

- Tüm cam malzemeleri 2 saat boyunca 175°C'de sterilize edilmiş, katı ve sıvı tüketilebilir malzemeler ise 60 dakika boyunca 120°C'de sterilize edilmiştir.
- *U. rigida*, damıtılmış su ile karıştırılmıştı (katı: sıvı oranı 1:9 w/v) ve 50-60 Hz'de 35°C'de 1 saat boyunca ultrasonik bir banyoda yerleştirilmiştir.
- Ultrasonik hidroliz tamamlandıktan sonra, %1 *Saccharomyces cerevisiae* ve +%5 dekstroz şeker kaynağı olarak eklenmiştir.
- pH 6.2'ye ayarlanmıştır.
- Fermantasyon süreci, sabit bir sıcaklıkta başlamış ve 30°C'de statik bir fermantasyon tankında 24 saat sonra sona ermiştir.
- Fermantasyon, pH 4'a ulaşana kadar devam etmiştir.
- Yem içeriklerinin fermantasyonu için pH 4 ile 5 arasındaki bir değer tercih edilmişti, çünkü pH 4.00'ın altında yem alımı azalır ve 5.00'ın üzerinde bakteriyel bozulma meydana gelebilir.
- Fermente deniz yosunu yemi, fermenterden süzülerek alınmış ve 45°C'de 48 saat boyunca sıcak hava fırınında kurutulmuştur.
- Fermente deniz yosunu tozu, yem hazırlamak için kullanılmıştır.

- Son ürün Ulva-M olmuştur.



Şekil 2. 7. *Ulva rigida*'nın maya ile işlenmesinin son ürünü

2.5 Besin Bileşimi Analizleri

2.5.1. Nem analizi

Nem analizi için örnekler alüminyum kaplara konulmuş ve tartılmıştır. 1-2 gram örnek, 105°C'de 24 saat boyunca fırında kurutulmuş, ardından desikatörde soğuyana kadar bekletilmiştir. Desikatörden çıkarıldıktan sonra mümkün olan en kısa sürede tartılarak analiz edilmiştir.

Örnek içindeki nem yüzdesinin hesaplanması:

$$\text{Nem İçeriği}\% = ([\text{Başlangıç Ağırlığı} - \text{Bitiş Ağırlığı}] / \text{Başlangıç Ağırlığı}) \times 100$$



Şekil 2. 8. Nem analiz aşamaları

2.5.2. Protein analizi

AOAC (2000)'e göre belirlenen Kjeldahl yöntemi ile protein analizi yapılmıştır. Örnekler üç tekrarda analiz edilmiştir. Kjeldahl yönteminde belirtilen üç aşama uygulanmıştır: ıslak sindirim, damıtma ve titrasyon. Örnekler kurutulduktan sonra un haline getirilmiştir. Hassas terazi üzerinde 0.5 g örnekler tartılmış ve 1 Kjeldahl tablet ile 15 mL H₂SO₄ Kjeldahl tüplerine konulmuştur. Aynı zamanda, örnek tüpleri ile birlikte bir boş örnek de hazırlanmış ve örnek içermeyen tüplere aynı miktarda tablet ve sülfürik asit eklenmiştir. İlk aşamada, Kjeldahl tüpleri 275°C'de 60 dakika boyunca ve ardından 380°C'de 150 dakika boyunca yanmıştır. Islak yanma işleminden sonra, tüpler kapatılmış bir havalandırma dolabına konulmuş ve soğumalarına izin verilmiştir. İkinci aşama damıtma işlemi başlatılmış, bir Kjeldahl tüpü ünitenin girişine yerleştirilmiş ve örnek toplama için çıkışa 25 mL doymuş borik asit çözeltisi içeren bir konik balon yerleştirilmiştir. Saf su ile seyreltilir ve distilasyon ünitesinde %40 sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisi ile nötralize edilmiştir. Üçüncü aşamada titrasyon yapılmış ve damıtma işlemi tamamlandıktan sonra balon, 0.1 mol HCl ile titre edilmiştir. Titrasyon işlemi, balonun rengi pembe olana kadar devam etmiş ve hidroklorik asit (HCl) tüketimi belirlenmiş ve not alınmıştır. Ham protein oranı aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Ham Protein} = \frac{(V_{\text{örnek}} - V_{\text{kür}}) \times 0.1 \times 14.007 \times 6.25}{\text{örnek ağırlığı}} \times 100$$

$V_{\text{örnek}}$: Örnek titrasyonunda kullanılan 0.1N H₂SO₄'ün hacmi (ml)

$V_{\text{kür}}$: Boş titrasyonda kullanılan 0.1N H₂SO₄'ün hacmi (ml)

0.1 = mol cinsinden HCl değeri,

14.007 = Nitrojenin moleküler kütlesi

6.25 = örnek protein içeriği ile nitrojen arasındaki ilişkiyi belirleyen sabit katsayı.

2.5.3. Ham lif analizi

AOAC 962.09 standartlarına dayanarak GERHARDT Manual FibreBag-System kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her bir örneğin 2 gramı FibreBags'e tartıldıktan sonra, örnekler 100 ml petrolether 40/60 kullanılarak yağdan arındırılmıştır. Yağdan arındırma işleminden sonra, örnekler petrolether tamamen buharlaşana kadar bir emme havuzunda kurutulmuştur.

Sindirim:

Cam spacer'ı içeren örnekler, FIBRE THERM'in örnek karuseline yerleştirilmiş ve ham lif yöntemi başlatılmıştır. Örnekler, 15 ml sülfürik asit (0.128 M) ile 30 dakika boyunca kaynatılmış, ardından sıcak su ile yıkanmış, 200 ml Sodyum Hidroksit (0.313 M) eklenerek tekrar 30 dakika kaynatılmış ve sıcak su ile yıkanmıştır. Örnekler karuselden çıkarılmış ve FibreBags'li cam spaserlar, kurutma fırınında en az 4 saat veya bir gece boyunca 105 °C'de kurutulmuştur. FibreBags'li cıva kaplar, oda sıcaklığına soğuyana kadar bir desikatöre konulmuş ve tartılmıştır. Kurutulmuş örnekler daha sonra en az 4 saat boyunca 500 °C +/-25 °C'de bir fırında yakılmıştır. Yakılmanın ardından cıva kapları, 105 °C'de yaklaşık 30 dakika boyunca bir kurutma fırınında soğutulmuş ve ardından oda sıcaklığına soğuyana kadar bir desikatöre konulmuştur. Kupa daha sonra tartılmıştır.

Ham lif yüzdesi aşağıdaki formül kullanılarak hesaplandı.

$$\text{HamLif \%} = \frac{(W1-W2)}{W0} \times 100$$

W1= küllendirme öncesi içeriğe sahip silika kupanın ağırlığı

W2= küllendirme sonrası içeriğe sahip silika kupanın ağırlığı

W0 = örnek ağırlığı



Şekil 2. 9. Selüloz analiz aşamaları

2.5.4. Kül analizi

Numunelerin kül analizi için yüksek sıcaklıklara dayanıklı bir kroze kullanılmıştır. İlk olarak, kroze ağırlığı ölçülmüş ve yaklaşık 0.5 gramlık gruplar halinde kullanılan örnekler tartılmış ve içlerine konmuştur. Sonraki aşamada, 525°C'de 8 saat boyunca bir muf fırında yakma işlemi uygulanmıştır. Yakma işlemi tamamlandıktan sonra soğumaya bırakılmış ve hassas bir terazi üzerinde tartılmıştır.

$$\text{Kül içeriği } \% = \frac{(W_1 - W_2)}{W_0} \times 100$$

W1= küllendirme öncesi içeriğe sahip silika kupanın ağırlığı

W2= küllendirme sonrası içeriğe sahip silika kupanın ağırlığı

W0 = örnek ağırlığı

2.5.5. Lipit analizi

11. Metanol-Kloroform karışımı hazırlanır, Metanolden 1 birim Kloroformdan 2 birim olmak üzere metanol ve kloroform karıştırılmıştır.

2. 0,5 gram kuru örnek tartılmıştır.

3. 25 ml'lik balona konulmuş ve üzerine 10 ml Metanol-Kloroform karışımı eklenmiştir.

4. 1 gece karanlık ortamda dolapta bekletilmiştir.

5. Boş 250 ml'lik cam balonun darası alınmıştır.

6. Örnek Sartorius filtrede süzölmüştü.

7. Örneğin filtreye boşaltıldığı 25 ml'lik balona 5 ml Metanol-Kloroform karışımı eklenmiş, hafifçe çalkalanıp filtrede süzölmesi sağlanmıştı.

8. Süzölen örnek filtreden alınıp daha önce darası alınan 250 ml'lik cam balona konulmuştu.

9. Süzölmüş örnek evaporatörde 80 dönüş hızı ve 60 °C'de sudan uzaklaştırılmıştı.

10. Sudan uzaklaşmış örnek etüvde 1 saat bekletilmiştir.

11. Etüvden çıkan cam balon tartılmış ve 5. adımda boş darası alınan cam balonun değerinden çıkarılmıştı (Aradaki fark yağı vermektedir. Genelde 0,15-0,25 gram arası bir değer çıkarılmıştı).

%Yağ miktarı = (Etüvden çıkan cam balon ağırlığı- boş darası ağırlığı) *100/ örnek ağırlığı

2.6 Antioksidan Analizleri

2.6.1. Total antioksidan (TAS)

TAS, Gaziantep, Türkiye'de bulunan Rel Assay Diagnostics kit (Rel Assay Mega Tip) tarafından geliştirilen yeni bir otomatik ölçüm yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Örnekteki antioksidanlar, koyu mavi-yeşil renkli ABTS radikalini renksiz indirgenmiş ABTS formuna indirgerler. 660 nm'deki absorbans değişimi, numunenin toplam antioksidan düzeyi ile ilişkilendirilmiştir. Test, geleneksel olarak Trolox Eşdeğeri olarak adlandırılan, E vitamini analogu olan stabil bir antioksidan standart solüsyon ile kalibre edilmiştir.



Şekil 2. 10. TAS analiz aşamaları

2.6.2. Total oksidan (TOS)

TOS (Total Oxidant Status), Gaziantep, Türkiye'de bulunan Rel Assay Diagnostics kit (Rel Assay Mega Tip) tarafından geliştirilen yeni bir otomatik ölçüm yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Numunede bulunan oksidanlar, demir iyonu o-dianisidin kompleksini demir iyonuna oksitlemektedirler. Oksidasyon reaksiyonu, reaksiyon ortamında bol miktarda bulunan gliserol molekülleri tarafından güçlendirilmektedir. Ferrik iyon, asidik bir ortamda ksilenol turuncusu ile renkli bir kompleks oluşturmaktadır. Spektrofotometrik olarak ölçülebilen renk yoğunluğu, numunede bulunan oksidan moleküllerin miktarıyla ilişkilidir. Test, hidrojen peroksit ile kalibre edilmiş ve sonuçlar, litre başına mikromolar hidrojen peroksit eşdeğerleri cinsinden ifade edilmiştir ($\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ eq/L}$).



Şekil 2. 11. TOS analiz aşamaları

2.6.3. Oksidatif stres indeksi (OSI)

OSI (Oxidative Stress Index), yüzde olarak ifade edilen TOS'un TAS düzeyine oranı olarak tanımlanır. Bu hesaplama için TAS birimleri mmol/L olarak değiştirilir ve OSI değeri aşağıdaki formüle göre hesaplanır:

$$\text{OSI (arbitrary unit)} = \text{TOS (mikromole H}_2\text{O}_2 \text{ eq/L)} / \text{TAS (mmol Trolox eq/L)}.$$

2.6.4. Toplam fenolik madde miktarının belirlenmesi

Örnekler 1 gram olarak tartılmış ve üzerlerine %80'lik metanol (20 mL) eklenmiş ve 6 saat boyunca 250 rpm'de çalkalamalı inkübatörde çalkalanmıştır.

Ardından örnekler 5000 rpm'de 15 dakika boyunca santrifüj edilmiş ve ardından filtre kağıdı ile süzölmüştür. Elde edilen süzöntü, antioksidan aktivite tayini analizlerinde kullanılmıştır.

Toplam fenolik madde miktarı tayini, Folin-Ciocalteu ayracının indirgenmesiyle oluşan mavi rengin absorbansının ölçümüyle gerçekleştirilmektedir (Slinkard & Singleton, 1977). Oluşan renk şiddeti, fenolik madde konsantrasyonu ile doğru orantılıdır. Böylece analizi yapılan örnekteki toplam fenolik madde miktarı hesaplanmaktadır. Bu yöntemde 0.5 N Folin-Ciocalteu reaktifi ve %10 konsantrasyonda Na_2CO_3 hazırlanmıştır. Pipetleme işleminden 30 dakika sonra, absorbans 760 nm dalga boyunda MultiskanGO cihazında ölçülmüştür (Singleton & Rossi, 1965). Standart grafiğin hazırlanmasında fenolik bileşik olan gallik asit kullanılmıştır. Gallik asidin metanol ile farklı konsantrasyonları (10.0-8.0-6.0-4.0-2.0-1.0-0.5-0.25 mg/mL) hazırlanıp absorbansları ölçülmüş, konsantrasyona karşı absorbans grafiği çizilmiş ve bu grafik üzerinden örneklerin toplam fenolik madde miktarı gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak

belirlenmiştir.

2.6.5. DPPH yöntemi ile antioksidan aktivite tayini

DPPH Yöntemi ile antioksidan aktivite tayini için (Benvenuti vd., 2004) tarafından önerilen yöntem kullanılmıştır. Yöntem, DPPH radikalinin inhibisyonu sonucunda renginde oluşan azalmaların 517 nm dalga boyunda ölçülmesine dayanmaktadır. Reaksiyon ortamına örneklerden ve standartlardan 25 µL, kontrol olarak ise 25 µL su eklenmiştir. Ardından numune ve kontrol ortamlarına 225 µL 0.1 mM DPPH radikali ilave edilip vorteks cihazı ile karıştırılmış ve karanlık ortamda oda sıcaklığında 10 dakika inkübasyona bırakılmıştır. Kör olarak sadece su kullanılmıştır. Örnekler 96 kuyucuklu mikrotiplere aktarılmış ve 517 nm dalga boyunda UV-Vis Spektrofotometrede absorbans değerleri kaydedilmiştir. Standart olarak askorbik asidin farklı konsantrasyonları (1.0, 0.5, 0.25, 0.125, 0.0625, 0.03125 mg/mL) hazırlanıp absorbans değerleri kaydedilerek konsantrasyona karşı absorbans grafiği çizilmiştir. Çizilen grafiğe göre örneklerin antioksidan aktivitesi Askorbik asit eşdeğeri (AE) cinsinden belirlenmiştir.

2.6.6. FRAP yöntemi ile antioksidan aktivite tayini

FRAP yönteminde ferrik iyonlarını (Fe^{+3}) ferröz iyonlarına (Fe^{+2}) indirgeme kuvveti ilkesine dayanarak antioksidan aktivite belirlenmiştir (Benzie, 1996). 0,3 M'lık Asetik asit tamponu (pH: 3.6) hazırlanmıştır. 40 mM'lık HCl hazırlanmış ve 100 mL'si TPTZ hazırlamada kullanılmıştır. 10 mM'lık TPTZ 40 mM'lık 100 mL HCl içinde çözündürülmüştür. 20 mM'lık $FeCl_3$ hazırlanmıştır. FRAP Reaktifinin Hazırlanması: 10 hacim 0,3 M'lık Asetik asit tamponu, 1 hacim 10mM'lık TPTZ ve 1 hacim 20 mM'lık $FeCl_3.6H_2O$ çözeltisinden oluşturulmuştur. Standart olarak metanolde hazırlanan Troloksun seyreltilerek elde edilen farklı konsantrasyonları (0,1-10.0 mg/mL) hazırlanmış ve absorbans değerleri kaydedilerek konsantrasyona karşı absorbans grafiği çizilmiştir. Çizilen grafiğe göre örneklerin antioksidan aktivitesi troloks eşdeğeri cinsinden belirlenmiştir.

2.6.7. Toplam Flavonoid Tayini

Toplam flavonoid miktarı tayininde flavonoid miktarının konsantrasyonuyla doğru orantılı olarak pembe renk oluşumu gözlemlenmektedir. Böylece analizi yapılan örnekteki toplam flavonoid miktarı hesaplanmaktadır. Bu yöntemde %10 konsantrasyonda $AlCl_3$ çözeltisi hazırlanmıştır. %5 konsantrasyonda $NaNO_2$ ve 1 N NaOH çözeltileri de hazırlanmıştır. Pipetleme işlemi yapıldıktan sonra 510 nm'de absorbans ölçümü gerçekleştirilir.

Standart grafiğin hazırlanmasında kuersetin kullanılmıştır. Kuersetin'in metanol içinde farklı konsantrasyonları (5,0-100 mg/mL) hazırlanıp absorbans değerleri ölçülmüş, konsantrasyona karşı absorbans grafiği çizilmiştir. Çizilen grafiğe göre örneklerin toplam flavonoid miktarı kuersetin eşdeğeri olarak belirlenmiştir (Park et al., 2008).

2.7 Minimal inhibisyon konsantrasyonu (mik) tayini

Bu tez çalışmasında üç bakteriye (*Aeromonas hydrophila*, *Yersinia ruckeri*, *Lactococcus garvieae*) karşı *Ulva* gruplarının {(U) (U+B) (U+M) (U+B+M)} MİK değerleri mikropilaka mikrodilüsyon yöntemi (CLSI, 2006) kullanılarak belirlenmiştir. Bakteriler, Müller Hinton Broth (MHB) içine aşılandıktan sonra 12 saatlik inkübasyon süresinin bitiminde steril PBS kullanılarak yoğunlukları McFarland 0.5'e (108 CFU/mL) olacak şekilde ayarlanmıştır. Minimum inhibitör konsantrasyonu analizi Klinik ve Laboratuvar Standartları Enstitüsü (CLSI, 2006) tarafından belirtilen yöntemlere göre yapılmıştır. 10000µg/mL olacak şekilde konsantrasyonu ayarlanan madde özlerinden {(U) (U+B) (U+M) (U+B+M)} 100 µL, TSB besi yerinden ise 100 µL alınarak başlangıçta 5000 µg/mL olacak şekilde bakteri kültür ortamı 96 lık plate plakalarına dağıtılmıştı ve 39.06 µg/mL son doz olarak denenmiştir (500;2500; 1250; 625; 312.50; 156.25; 78.12; 39.06 µg/mL). Sonrasında bu plakalara 100 µL bakteri süspansiyonu eklenmiş olup, bakteriyel büyüme için optimum sıcaklıkta ve besleyici ortamlarda 24 saat boyunca inkübatörde bekletilmiştir. MİK değeri, mikroorganizmalarda büyümenin olmadığı en düşük öz konsantrasyonu olarak değerlendirilmiştir. 24 saat boyunca inkübe edildikten sonra, örneklerdeki mikrobiyal büyüme görsel olarak gözlemlenmiştir.

2.9. İstatistik

Denemeden elde edilen veriler, Shapiro Wilk W ve Levene testlerine tabi tutularak normalite ve homojenite analiz edilmiştir. Her deneme grubuna ait elde edilen verileri test etmek amacıyla tek yönlü varyans analizine tabii tutulmuştur. Analiz sonucunda söz konusu farklılığın hangi gruplar arasında olduğunu tespit etmek için işlem sonrası (post-hoc) testlerden Tukey testi uygulanmıştır. Tüm testler için anlamlılık düzeyi (α) 0,05 olarak belirlenmiştir. Sonuçlar ortalama $\pm$ standart hata olarak verilmiştir. Verilerin bilgisayar ortamında istatistiksel değerlendirilmesi Statgraphics C1enturion XVI (Manugistics Incorporated, Rockville MD, USA) paket programıyla sağlanmış ve grafikler MS Office Excel programıyla oluşturulmuştur (Zar, 1999).

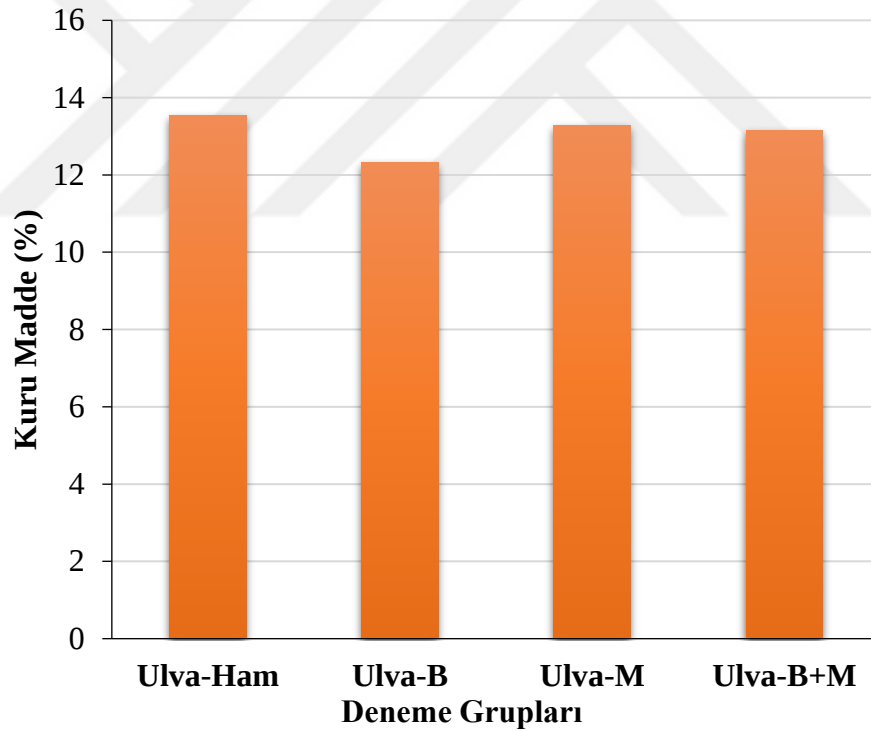
3. BULGULAR

3.1. Besin Kompozisyonu

Fermente ve enzimatik işlemlere maruz bırakılmış ve işlem uygulanmamış *Ulva* sp. türünün besin içeriklerine ilişkin veriler Tablo 3.1’de sunulmuştur.

Tablo 3. 1. Deneme gruplarının besin bileşenleri (%)

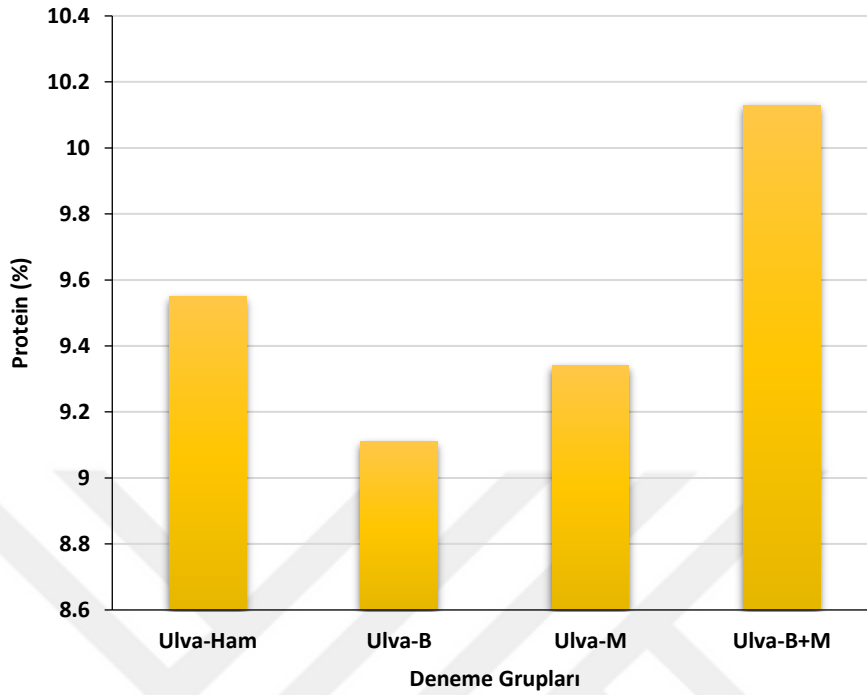
Deneme Grupları	Nem (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Kül (%)	Selüloz (%)
Ulva-Ham	13.53±0.22	9.55±0.04	0.62±0.01	12.88±0.01	3.19±0.17 ^{ab}
Ulva-B	12.32±0.08	9.11±0.08	0.57±0.14	13.56±0.05	1.11±0.02 ^c
Ulva-M	13.28±0.86	9.34±0.03	1.3±0.23	13.55±0.34	3.57±0.27 ^a
Ulva-B+M	13.14±0.02	10.13±0.55	0.83±0.01	14.16±0.04	2.33±0.04 ^b



Şekil 3. 1. Enzimatik muamelesi ve fermentasyon uygulamasının nem içeriğine etkisi

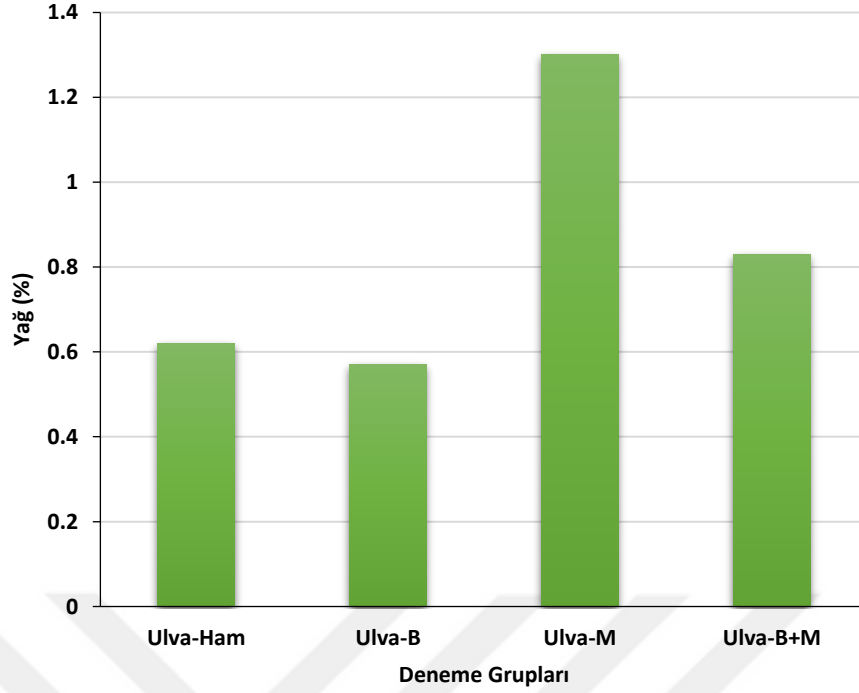
Fermentasyona maruz bırakılmayan kurutulmuş Ulva-Ham grubunun nem miktarı %13,53'e ulaşırken, fermentasyona maruz bırakılan deney gruplarında (Ulva-B, Ulva-M Ulva-B+M) %12.32 ile 13.28% arasında değişmektedir. Deney grupları arasında nem miktarının Ulva-B deney grubunda diğer deney gruplarına göre en az olduğu tespit edilmiştir. Tüm deney

gruplarında nem miktarının kontrol grubuna göre daha düşük olmasına rağmen, gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktu ($P>0.05$).



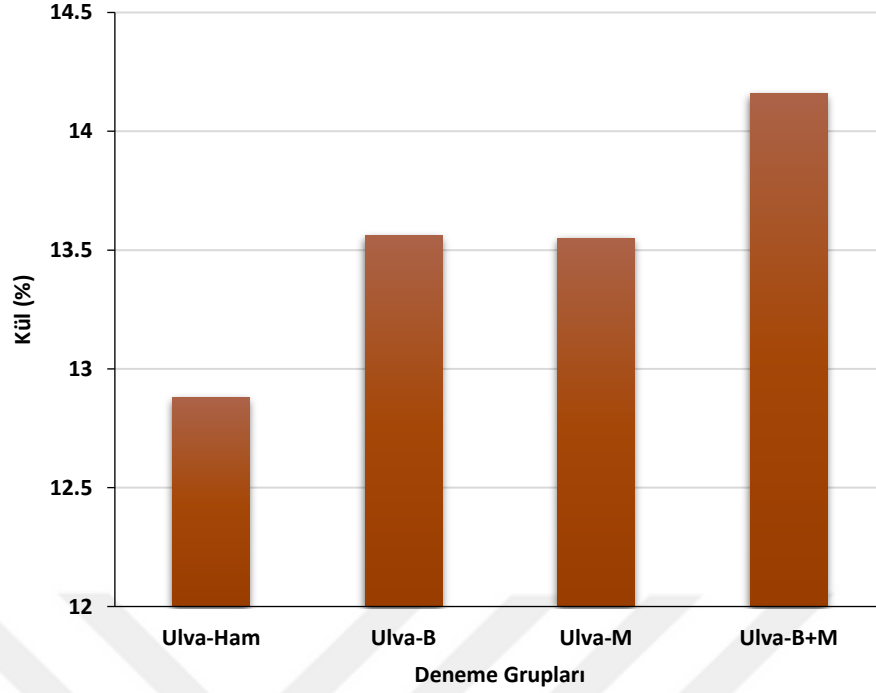
Şekil 3. 2 . Enzimatik muamelesi ve fermantasyon uygulamasının protein içeriğine etkisi

Fermantasyon işleminden sonra deney gruplarında protein miktarı değişmiştir. Fermantasyona maruz kalmadan kurutulan ham *Ulva* ununda protein içeriği %9,55 olarak tespit edilmiştir. Deney gruplarında elde edilen fermente hammaddelerin protein miktarları %9.11 ile %10.13 arasında değişmektedir. Ulva-B ve Ulva-M gruplarının protein değeri kontrol grubuna göre düşük bulunmuş, Ulva-B+M grubunun protein değeri ise kontrol grubuna ve diğer deney gruplarına göre yüksek bulunmuştur. Tüm bunlara rağmen grupların protein değerleri arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($P>0.05$).



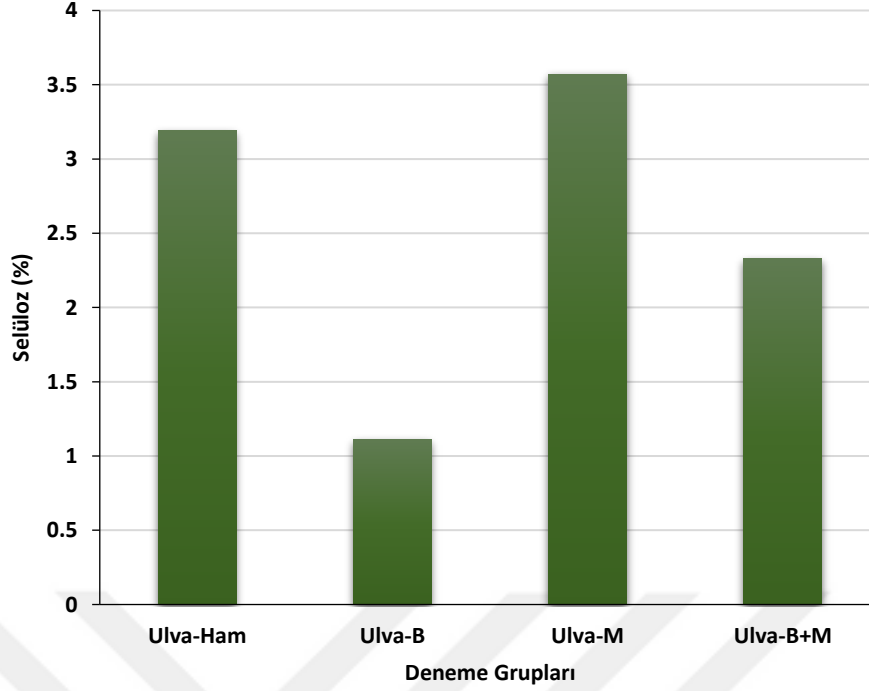
Şekil 3. 3 Enzimatik muamelesi ve fermantasyon uygulamasının yağ içeriğine etkisi

Fermantasyon işleminden sonra deney gruplarında yağ miktarı, değişime uğramıştır. Fermantasyona maruz kalmadan kurutulan Ulva-Ham grubunun yağ içeriği %0.62 olarak belirlenmiştir. Deney gruplarının yağ miktarları %0.57 ile %1,3 arasında değişmiştir. Ulva-B'de elde edilen yağ yüzdesi kontrol grubuna göre düşük bulunmuş, Ulva-B+M ve Ulva-M'nin yağ oranı kontrol grubuna göre en yüksek bulunmasına rağmen grupları arasında istatistiksel olarak fark tespit edilmemiştir ($P>0.05$).



Şekil 3. 4. Enzimatik muamelesi ve fermentasyon uygulamasının kül içeriğine etkisi

Fermentasyon işleminden sonra deney gruplarında kül miktarı artmıştır. Fermentasyona maruz kalmadan kurutulan Ulva-Ham ununda kül içeriği %12.88 olarak belirlenmiştir. Fermente edilen ürünlerin kül miktarları %13.55 ile %14.16 arasında değişmiştir. Ulva-B+M'dan elde edilen kül oranı kontrol grubuna göre en yüksek bulunmuş olmasına rağmen, gruplar arasında istatistiksel olarak farklılık tespit edilmemiştir ($P>0.05$).



Şekil 3. 5. Enzimatik muamelesi ve fermentasyon uygulamasının selüloz içeriğine etkisi Selüloz değerleri tüm gruplar arasında %3.57 ile %1.11 arasında değişim göstermiştir. Grupların selüloz değerleri arasında istatistiksel fark belirlenmiştir ($P<0.05$). En yüksek selüloz oranı %3.57 Ulva-M’de tespit edilmiş ve kontrol grubundan yüksek bulunmuş olmasına rağmen kontrol grubu ile aralarında istatistiksel bir farklılık yoktur ($p>0.05$). Selüloz oranı %2.33 değeri ile Ulva-M+B’de tespit edilmiş olup kontrol grubundan düşük bulunmuştur ($p<0.05$). Selüloz oranı %1.11 değeri ile Ulva-B grubu tüm gruplardan daha düşük selüloz içeriğine sahiptir ($p<0.05$).

3.2. Antioksidan İçeriği

3.2.1. TAS/TOS

Fermente ve enzimatik muameleye maruz bırakılmış ve işlem uygulanmamış *Ulva sp.* türünün toplam antioksidan ve toplam oksidan içeriklerine ilişkin veriler Tablo 3.2’de verilmiştir.

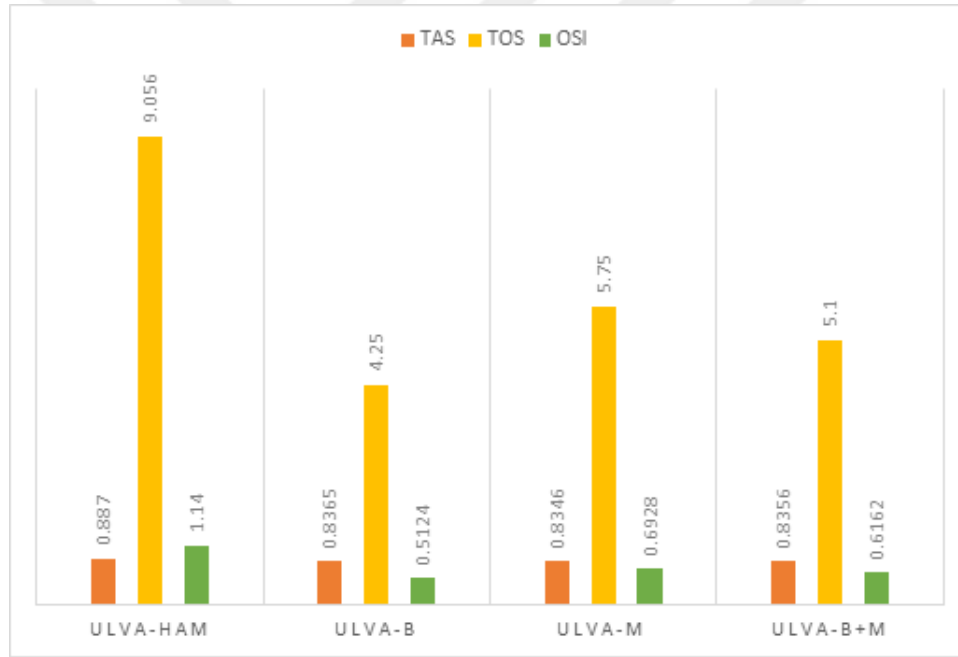
Toplam antioksidan miktarları arasında istatistiksel bir farklılık bulunmamasına rağmen, en yüksek toplam antioksidan miktarı kontrol grubunda 0.887 mmol/l olarak tespit edilmiştir. En yüksek toplam oksidan miktarı 9.056 ($\mu\text{mol/l}$ olarak kontrol grubunda tespit edilmiş ve bu grup deney gruplarından istatistiksel olarak farklı olduğu belirlenmiştir. Ulva-B’de (4.250 ($\mu\text{mol/l}$) ve Ulva-B+M’de (5.100 $\mu\text{mol/l}$) gruplarını TOS değerleri arasında bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$). Ulva-B+M (5.100 ($\mu\text{mol/l}$) grubunun TOS değeri, Ulva-M (5.750 ($\mu\text{mol/l}$) ve Ulva-

B (4.250 mg/mL) grupları ile benzer bulunmuştur ($p>0.05$). TOS değeri en düşük Ulva-B grubunda belirlenmiş olup, Ulva-M grubundan farklıdır ($p<0.05$).

Tablo 3. 2. TAS,TOS,OSI içeriği

Gruplar	TAS (mmol/l)	TOS (μ mol/l)	OSI
Ulva-Ham	0.887 $\pm$ 0.188 ^a	9.056 $\pm$ 0.653 ^a	1.140 $\pm$ 0.198 ^a
Ulva-B	0.8365 $\pm$ 0.0594 ^a	4.250 $\pm$ 0.434 ^c	0.5124 $\pm$ 0.0551 ^b
Ulva-M	0.8346 $\pm$ 0.034 ^a	5.750 $\pm$ 0.212 ^b	0.6928 $\pm$ 0.0372 ^b
Ulva-B+M	0.8356 $\pm$ 0.0825	5.100 $\pm$ 0.192 ^{bc}	0.6162 $\pm$ 0.0218 ^b

Oksidatif stres indeksi (OSI) 1,14 değeri ile en yüksek kontrol grubunda hesaplanmış olup, kontrol grubu tüm deney gruplarından önemli derecede daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$).



Şekil 3. 6. Enzimatik muamelesi ve fermentasyon uygulamasının TAS/TOS/OSI etkisi

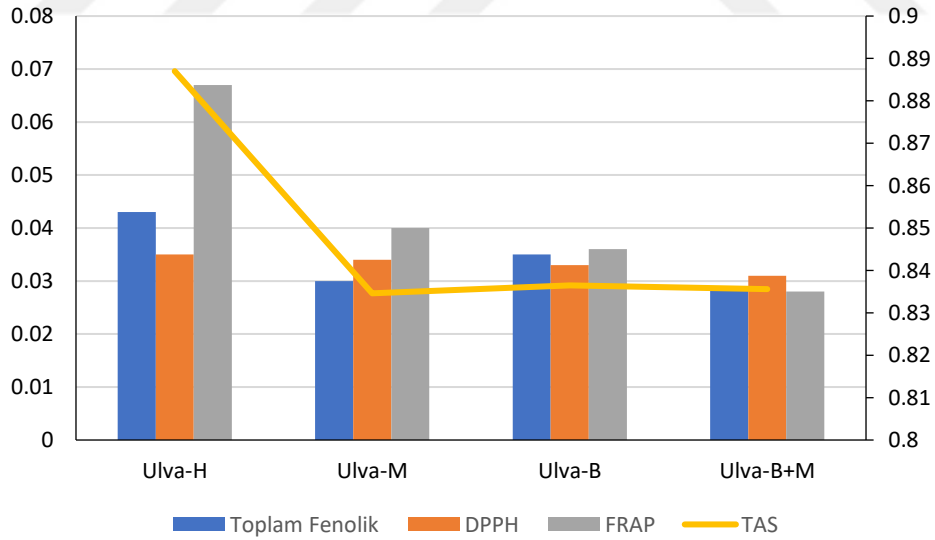
3.2.2. DPPH, FRAP, Toplam Fenolik ve Toplam Flavoin

Fermente ve enzimatik muameleye maruz bırakılmış ve işlem uygulanmamış *Ulva sp.* türünün DPPH, FRAP ve Toplam Fenolik içeriklerine ilişkin veriler Tablo 3.4’de verilmiştir.

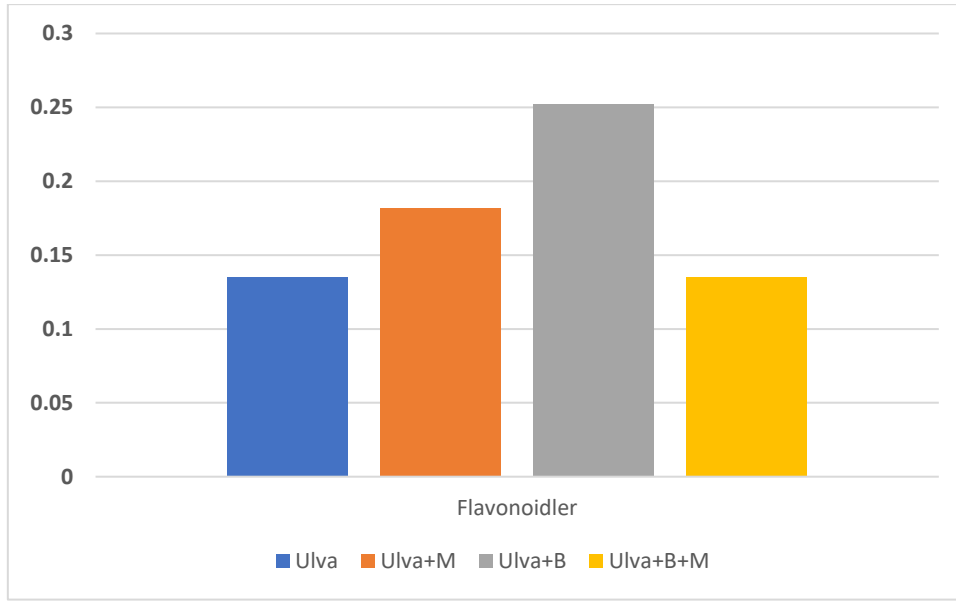
Ulva-H ve Ulva-M gruplarının DPPH içeriği Ulva-B ve Ulva-B+M gruplarına göre daha yüksektir ($P<0.05$). Ulva-H grubunun FRAP içeriği tüm deney gruplarında daha yüksek olduğu analiz edilmiştir ($P<0.05$). Fenolik bileşenleri Ulva-H ve Ulva-B grubunun Ulva-M ve Ulva-B+M gruplarından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$). Flavonoidler içeriği Ulva-B ve Ulva-M grubunun Ulva-H ve Ulva-B+M gruplarından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$).

Tablo 3. 3. Toplam fenolik , DPPH ve FRAP

Gruplar	DPPH (mgTE/mL)	FRAP (mg TE/mL)	Fenolik (mg GAE/mL)	Flavonoidler (mg Kuersetin/mL)
Ulva-H	0.035 ^a	0.067 ^a	0.043 ^a	0.135
Ulva-M	0.034 ^a	0.040 ^b	0.030 ^b	0.182
Ulva-B	0.033 ^b	0.036 ^b	0.035 ^{ab}	0.252
Ulva-B+M	0.031 ^c	0.028 ^b	0.029 ^b	0.135



Şekil 3. 7. Toplam fenolik, DPPH ve FRAP



Şekil 3. 8. Toplam Flavonoidler

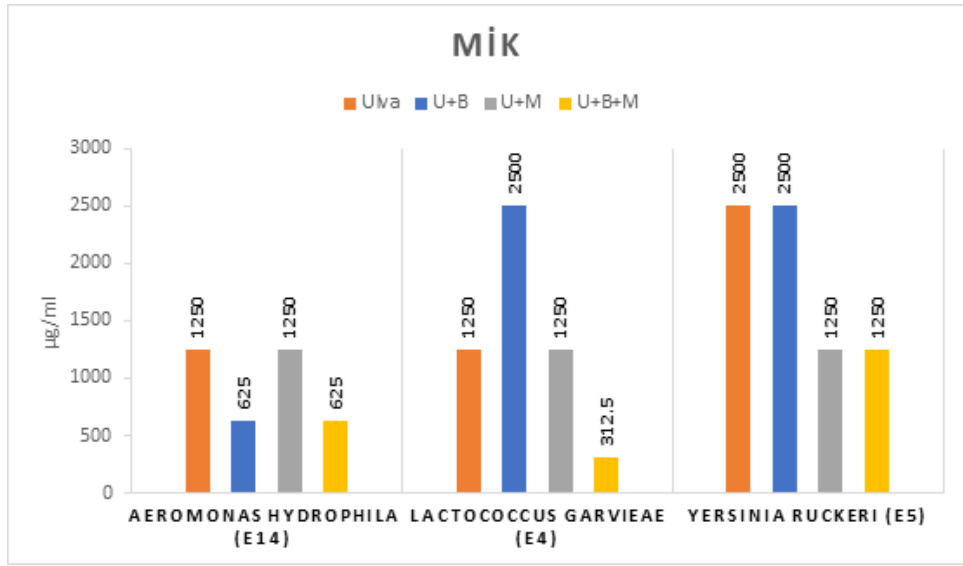
3.3. Minimum İnhibisyon Konsantrasyonu

Fermente ve enzimatik muameleye maruz bırakılmış ve işlem uygulanmamış *Ulva* sp. türünün üç farklı mikroorganizmaya karşı Minimum İnhibisyon Konsantrasyonu (MİK) değerlerine ilişkin veriler Tablo 3.4.'de sunulmuştur.

Ulva-B ve Ulva-B+M gruplarının (625 µg/mL), Ulva-Ham ve Ulva-M gruplarına kıyasla (1250 µg/mL) *Aeromonas hydrophila* MİK değeri daha düşüktür. Ulva-B+M grubunun (312.5 µg/mL) *Lactococcus garvieae* MİK değeri, Ulva-B ve Ulva-M (1250 µg/mL) ve Ulva-Ham (2500 µg/mL) gruplarına kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Ulva-M ve Ulva-B+M gruplarında 1250 µg/mL 'de, Ulva- Ham ve Ulva-B gruplarına kıyasla 2500 µg/mL 'de daha düşük *Yersinia ruckeri* için MİK tespit edilmiştir.

Tablo 3. 4. MİK (Minimum İnhibisyon Konsantrasyonu) µg/mL

	Ulva-Ham	U-B	U-M	U-B+M
<i>Aeromonas hydrophila</i> (E14)	1250	625	1250	625
<i>Lactococcus garvieae</i> (E4)	2500	1250	1250	312.5
<i>Yersinia ruckeri</i> (E5)	2500	2500	1250	1250



Şekil 3. 9. Minimum inhibisyon konsantrasyonu MİK

4. TARTIŞMA

Algler, insan ve hayvan sağlığı açısından faydalı peptitler ve polisakkaritler gibi biyoaktif bileşikleri içeren değerli bir kaynak olarak değerlendirilmektedir. Mikroalg ve makroalglerin fermentasyonu, biyoaktif bileşiklerin salınımının artırılması ve bu alg türlerinin faydalı özelliklerinin iyileştirilmesi mümkündür. Fermentasyon sürecinde kullanılan mikroorganizma türü, fermentasyon tipi (batık veya katı durumu) ve fermentasyon koşulları, alg türü ve özellikleri son ürünlerdeki bileşiklerin niteliklerini belirlemektedir. Fermentasyon sürecinde ön işlemlerin kombinasyonu, biyoaktif bileşiklerin daha etkili bir şekilde salınmasını teşvik etme potansiyeline sahiptir. Ancak, aşırı veya eksik uygulama koşulları, bileşiğin bozulmasıyla birlikte biyoaktif özelliklerin kaybına neden olabilir. Bu alandaki araştırmaların hala yeni olduğu ve alg fermentasyonunun gıda uygulamalarında kullanımını anlamak için daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu tez kapsamında, Yalova İli Armutlu İlçesi'nin 40°30'42.98"K ve 28°48'50.20"D koordinatlarından *Ulva rigida* örnekleri toplanmış, kısa süreli olarak balık üretimi yapılan kapalı devre sistem içerisinde yetiştirilmişler ve fermentasyon işlemine tabi tutulmuşlardır. Fermentasyona uğrayan ürünlerin, fermente edilmemiş ürünlere göre besin bileşenlerindeki değişim, antioksidan kapasitesi, toplam fenolik bileşenleri ve antimikrobiyal aktivite üzerindeki etkilerini belirlemek, bu çalışmanın temel amacını oluşturmaktadır.

Fermentasyon işlemi, *Ulva* türünün besin bileşimini etkilemiştir. *Ulva*-B grubunda nihai protein içeriğinde bir azalma gözlenmiştir, bu da Bromelain enzimlerinin karmaşık proteinleri daha küçük birimlere hidrolize etmeye çalışan protein sindirim enzimleri olmasıyla ilişkilendirilebilir (Laohakunjit vd., 2014). Bu nedenle, alglerdeki toplam protein içeriğini etkileyebilir ve toplam protein miktarını azaltabilirler. *Ulva*-M grubunda da nihai protein içeriğinde bir azalma tespit edilmiştir. Bu durumun nedeni, fermentasyon sürecini başlatmak için yeterli miktarda şeker bulunmaması ve bu şekerlerin serbest bırakılması ve ortama salınması için herhangi bir işlem yapılmaması olabilir (Van Dijken vd., 1993). *Ulva rigida* proteinleri, maya tarafından fermentasyon yoluyla metabolize edilebilir, böylece proteinler amino asitlere metabolize edilir ve daha sonra bu amino asitler büyüme ve üreme için bir enerji ve karbon kaynağı olarak kullanılabilir. *Ulva*-M+B grubunda ise nihai protein içeriğinde bir artış tespit edilmiştir. Bromelain enzimiyle yapılan enzimatik işlem, *Ulva rigida* şekerlerinin serbest bırakılmasına neden olmuş ve böylece mayalar bu şekerleri enerji, büyüme ve artan biyokütle ve toplam protein içeriği kaynağı olarak tüketebilmişlerdir; bu durum "Maya

Metabolizması" ile tutarlıdır. Bu nedenle, toplam protein içeriği *Ulva-Ham* kontrol grubuna göre daha yüksekti.

Alglerin biyokimyasal bileşenlerinin miktarı, benzer türler arasında çevresel koşullara, mevsimsel ve coğrafik değişimlere göre farklılık göstermektedir (Rohani-Ghadikolalel vd., 2012). Çalışmamızda kontrol grubunu temsil eden fermente edilmemiş *Ulva rigida*, %9,55 protein içeriğine sahiptir; Şükran ve ark. (2003) tarafından yer alan Gemlik-Karacaali mevki bölgesinden toplanan *Ulva rigida* türünde ise %28.1 protein oranı tespit edilmiştir, ancak hangi mevsimde toplandığı belirtilmemiştir. Endonezya'nın Pameungpeuk bölgesinde bulunan *Ulva lactuca*'nın bileşimini belirlemek amacıyla yapılan Rasyid (2017) çalışmasında, numunelerin toplandığı mevsim veya ay belirtilmemiş ve *U. lactuca*'nın protein içeriği %13.6 olarak rapor edilmiştir.

Bu tez çalışmasında analiz edilen *Ulva-Ham*'ın protein içeriği, Tabarsa ve ark. (2012) tarafından bildirilen protein içeriğinden daha düşüktü. *U. lactuca*'da %10.69 olarak bulunan protein oranı, bu çalışmanın Nisan ayında İran'ın güneyindeki Qheshm adasındaki (Basra Körfezi'nde bulunan) Kuvehei köyünde gerçekleştirildiği belirtilmiştir. *U. lactuca*'nın ham protein içeriği, Hwang ve ark. (2013) tarafından Filipinler ve Hong Kong'da yapılan bir çalışmada sırasıyla %4.2 ve %7.06 olarak rapor edilmiştir. Çalışmamızdaki *Ulva-H* grubunun protein içeriği, bazı çalışmalarla karşılaştırıldığında, sırasıyla (Xiao-Lim vd., 2003) %15.50, (Ortiz vd., 2006) %37,2, (Abirami ve Kowsalya., 2011) %12.9, (Khairy ve El-Shafay., 2013) %16.78-%17.88 ve (Abdel-Khaliq vd., 2014) %17.6 olarak belirlenmiştir.

Gıda ürünlerine uygulanan ön işlemler ve yöntemler ürünlerini besin bileşenleri üzerine etkilidir. Hidroliz yöntemleri arasında enzimatik hidroliz, daha hafif proses koşulları sunması ve daha yüksek değerli ürünler üretmesi nedeniyle hidrolizat üretmede tercih edilen yöntemdir (Kose ve Oncel, 2015). Tezano ve ark. (2019), Bromelain ve pepsin'in *Chlorella sorokiniana* proteini üzerindeki etkisini araştırmışlar ve 50°C'de pH 7'de 4 saat süreyle Bromelain uygulamasından sonra protein içeriğinin düştüğünü bulmuşlardır. Bu, toplam proteinde azalmaya yol açan çalışmamızdan elde edilen verilerle tutarlıdır, ancak gelecekte enzimatik hidrolizden kaynaklanan peptitlerin ve amino asitlerin kalitesinin ayrıntılı olarak araştırılması gerektiğini öneriyoruz.

Fermantasyon işlemi, ham lif içeriğini önemli ölçüde azaltabilen ve protein değerini artırabilen basit ve ucuz bir yöntemdir, Felix ve Brindo (2014) tarafından yapılan bir çalışmaya göre *Ulva rigida*'nın *Saccharomyces cerevisiae* tarafından fermantasyonu, ham *Ulva*'daki protein oranının

%21'den %30,43'e çıkarmıştır. Aynı şekilde, Abid ve ark. (2023), *Saccharomyces cerevisiae* tarafından fermente edilen *Ulva lactuca*'nın protein içeriğinin 218'den 221 g/kg'a yükseldiğini bildirmiştir. Hardjani ve ark. (2017), *Saccharomyces cerevisiae* kullanarak yapılan fermentasyon işlemi sonrasında kırmızı deniz yosunu *Kappaphycus alvarezii*'deki ham protein oranı %8,26'dan %9.13'e yükselmiştir. Deniz alglerini fermentasyon işlemine tabi tutan diğer bilimsel araştırmalarda protein içeriklerinde artış çalışmamızla benzerlik göstermektedir. Çalışma sonuçlarımız, deniz alglerinin besin değerini ve protein içeriğini arttırmak için fermentasyon uygulamasını desteklemektedir.

Deniz makro alglerinin yağ içerikleri diğer birçok sucul organizmaya göre daha düşük olup yıl içerisinde miktarları değişebilir. Bu çalışmada, Yalova İli Armutlu İlçesi sahillerinden toplanan *Ulva rigida*'nın lipid içeriği %0.62 olarak tespit edilmiştir. Toplam yağ içeriği Ulva-B grubunda %0,57 ile Ulva-Ham kontrol grubuna göre hafif bir düşüş göstermiştir. Bunun nedeni Bromelain enziminin protein üzerindeki etkisi ve yağlar üzerindeki dolaylı etkisidir. Maya ile fermente edilen Ulva-M grubunda toplam yağ miktarı kontrol grubuna göre ve maya ile fermente edilen Ulva-B+M grubunda toplam yağ miktarı artmıştır. Ancak Bromelain enzimi ile tedavinin etkisi bu yağların bir kısmının parçalanmasına neden olmuş ve dolayısıyla Ulva+M maya ile fermente edilen grupta toplam yağ yüzdesi nispeten azalmıştır. Alg fermentasyonunun lipid içeriğine etkisi üzerine olan bazı çalışmalarda lipid içeriği azalır iken bazı çalışmalarda lipid miktarı artmıştır. Tezano ve ark. (2019), *Chlorella sorokiniana* yağı üzerinde Bromelain ve pepsinin etkisini araştırmış ve Bromelain muamelesinden sonra yağ içeriğinin düştüğünü bulmuşlardır Felix ve Brindo (2014) *Saccharomyces cerevisiae* ile *Ulva lactuca*'nın fermentasyonu yağ oranı %1.11 iken, fermente edilmiş ulvada bu oran %2.14'e ulaştı. Hardjani ve ark. (2017), *Saccharomyces cerevisiae* kullanarak fermentasyon sonrasında kırmızı deniz yosunu *Kappaphycus alvarezii*'deki beslenme profili değişikliklerini incelemiş ve fermente deniz yosunundaki yağ içeriği %0.27'den %0.29'a yükselmiştir. Bizim çalışmamızda Ulva-Ham yağ içeriği %0.62 olarak bulunmuştur. Bu sonuç, Tabarsa ve ark.'nın (2012) çalışmaları ile tutarlıdır. yağ içeriği %0.99 idi. *U. lactuca*'nın yağ içeriği, Hwang ve ark. (2013) Filipinler ve Hong Kong'da %1.64 olarak rapor etmiştir. *Ulva lactuca*'nın bileşimini belirlemek amacıyla Rasyid (2017) yaptığı çalışmada *U. lactuca*'nın yağ içeriği %0.19 olarak bulunmuştur.

Bromelain deneme gruplarındaki kül oranı kontrol grubuna göre istatistiksel bir farklılık olmamasına rağmen artış göstermiştir. Bu artış, Bromelain ve maya elementleri ve minerallerinin içeriğinden kaynaklanmaktadır. Çalışmamızda *U. rigida*'nın kül içeriği %12.88 olarak incelenmiştir. Bu sonuç, Tabarsa ve ark. (2012) tarafından bildirilen kül içeriğinden

%18.03 daha düşüktü. *U. lactuca*'nın külü Hwang ve ark. (2013) tarafından yapılan bir çalışmada Filipinler ve Hong Kong'da sırasıyla %21.3 olarak rapor edilmiştir. *Ulva lactuca*'nın bileşimini belirlemek amacıyla yapılan Rasyid (2017) çalışmasında *U. lactuca*'nın kül içeriği %11.2 olarak incelenmiştir. Felix ve Brindo'nun (2014) *Saccharomyces cerevisiae* ile *Ulva lactuca*'nın fermantasyonu sonrasında fermante edilmiş *Ulva*'daki kül oranı, *Ulva*-Ham içinde kül oranına göre düştüğünü bildirmiştir. Hardjani ve ark. (2017), *Saccharomyces cerevisiae* kullanarak fermantasyon sonrasında kırmızı deniz yosunu *Kappaphycus alvarezii*'deki kül oranının %16.84'ten %20.2'ye çıktığını tespit etmiştir.

Bir gıda ürününün selüloz içeriği mevsimsel değişiklikler gösterebilir ve büyük ölçüde biyokütlenin olgunluğuna bağlıdır (Schienler vd., 2015). Lahaye ve ark. (2007) göre, selüloz, *Ulva*'nın hücre duvarlarında mevcut olup, polisakkarit *Ulvan* ile birlikte yapısal bir bileşen olarak görev yapar. *Ulva*'nın ham selüloz içeriği, Wahlström ve ark. (2020) tarafından %8.55 olarak tespit edilmişken, Tabarsa ve ark. (2012) tarafından %5.6 olarak bildirilmiştir. Bromelainin selüloz üzerindeki spesifik etkileri, bromelain konsantrasyonu, maruz kalma süresi, işlenen spesifik bitki materyali ve enzimatik veya fermantasyon sürecinin genel koşulları dahil olmak üzere çeşitli faktörlere bağlı olabilir. Selülozun diğer bozunma süreçlerine erişilebilirliğini veya duyarlılığını etkileyen faktörler arasında bitkisel materyalin yapısı veya bileşimi yer alır (Hvd., 2022). Dolayısıyla, *Ulva*-B grubunda selüloz miktarı, kontrol grubuna göre önemli ölçüde azalmıştır. Bir fermantasyon işleminde Bromelain kullanılması durumunda, fermantasyona dahil olan mikroorganizmaların metabolik aktiviteleri, selüloz da dahil olmak üzere bitki hücre duvarının çeşitli bileşenlerinin parçalanmasına neden olabilir (Mardawati vd., 2023). Selüloz miktarını azalttığı *Ulva*-B+M grubunda bu durum dikkate çarpmaktadır, ancak *Ulva*-M grubunda selüloz yüzdesinin kontrol grubuna göre artmasına neden olan maya hücre duvarlarıydı. Bitkiler ile birlikte bazı bakteriler selüloz üretebilmekte olup, bu tür selülozlar bakteriyel selüloz adlandırılmaktadır. Bakteri metabolizmasının hücre dışı polimeri olan ve kendini üreten mikroorganizma tarafından katabolize edilemeyen bakteriyel selüloz, mikroorganizmayı dış ortamdan gelebilecek zararlı etkiye karşı bir bariyer oluşturarak hücreyi koruyan etkide görev yapmaktadır (Shinhsa vd., 2018).

Yeşil algler, dünyadaki en çeşitli alg gruplarından birisi olmaları, kolayca erişilebilir olmaları ve onlardan antioksidanlar, karotenoidler, polifenoller ve flavonoidler gibi çeşitli bileşenlerin elde edilebilmesi nedeniyle birçok araştırmmanın odak noktası haline gelmiştir (Pérez vd., 2016). *Chlorophyta* filumuna (*Ulvaceae* familyası) ait çeşitli yeşil alg türleri arasından yer alan *Ulva rigida*, farklı endüstrilerde ticari olarak değerli biyolojik olarak aktif molekül bileşenlerini

içeren en yaygın türlerden biridir. Alglerin biyoaktif bileşikleri üzerinde mevsimsel değişimlerin etkileri bulunmaktadır (Prasedya vd., 2019). Alglerin antioksidan aktivitesi ve fenolik bileşik içerikleri geniş çapta araştırılmış olmasına rağmen, çeşitli antioksidan aktivite ölçüm yöntemleri kullanılarak kalitatif ve kantitatif özelliklerinin kapsamlı bir şekilde incelendiği çalışmalar hala eksiktir.

DPPH, FRAP, ABTS ve ORAC yöntemleri, bir ürünün antioksidan aktivitesini ölçmek için yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir (Rodríguez-Bonilla vd., 2017). DPPH yöntemi antioksidanların serbest radikalleri temizleme yeteneğini ölçerken, FRAP yöntemi antioksidanların indirgeme gücünü ölçer. ABTS yöntemi, antioksidanların ABTS radikallerinin oksidasyonunu engelleme yeteneğini ölçer ve ORAC yöntemi, peroksil radikallerine karşı antioksidan kapasiteyi ölçer. Her yöntemin kendine özgü amaçları ve koşulları vardır ve yöntemin seçimi çalışmanın belirli hedeflerine bağlıdır. Örneğin, ABTS ve FRAP yöntemleri biyoaktif bileşiklerin antioksidan kapasitesini değerlendirmek için uygundur. DPPH yöntemi ise meyve ekstraktlarının antioksidan aktivitesini belirlemek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Antioksidan aktiviteyi belirlemek için FRAP yöntemi önerilmektedir. Bu nedenle yöntemin seçimi çalışmanın spesifik hedeflerine ve koşullarına bağlıdır. Kelman ve ark. (2012), Hawaii kıyılarında bulunan alg türlerinin antioksidan aktivitesini FRAP yöntemi kullanılarak araştırmışlar ve *Gayralia oxysperma* (6.82 $\mu\text{M}/\mu\text{g}$) ve *Chaetomorpha antennina* (6.04 $\mu\text{M}/\mu\text{g}$) türlerinin, test edilen Hawaii yeşil algleri arasında en yüksek düzeyde antioksidan aktivite gösterdiğini bulmuşlardır. Yalçın ve ark. (2020), deniz yosununun antioksidan kapasitesini, Türkiye'nin Ege ve Akdeniz Denizlerinde Çanakkale ve Antalya kıyılarında bulunan on türde araştırmışlardır. Sonuçlar hem hidrofilik hem de lipofilik antioksidanların test edilmesinde yararlı olan spektrofotometrik CUPRAC testinin, algal karotenoidlerin ve klorofillerin antioksidan kapasitesini belirlemek için kullanılabileceğini göstermiştir. Lee ve Kim (2013) tarafından yapılan çalışmada, Kore kıyılarında dağılan alglerin güçlü antioksidan aktivite açısından *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt, *Ishige okamurae* Yendo, *Ecklonia cava* Kjellman, *Polysiphonia morrowii* Harvey, *Dictyopteris undulata* Holmes, *Sargassum micracanthum* (Kützinger) Endlicher ve *Sargassum macrocarpum* C. Agarch'ın güçlü antioksidan (DPPH, indirgeme gücü, ABTS ve ORAC) içeriğine sahip türler olduğunu belirtmişlerdir. Çebi ve ark. (2016) *Ulva* türlerinin toplam antioksidan kapasitesini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada BHT ve Trolox'un 48 saat içindeki absorbans değerlerinin sırasıyla 0.45 ve 0.45 olduğunu, deniz marulunda ise bu değer 0.63 olduğunu tespit etmişlerdir. Maryam ve ark. (2013), potansiyel antioksidan değerleri ve kıyı sularındaki kaynakların kolay bulunabilirliği

nedeniyle *Ulva*'nın ilaç ve gıda endüstrileri için bir katkı maddesi olarak uygunluğunu bildirmişlerdir. Yaptıkları çalışmada en etkili sonuçları etil asetat kullanılarak elde etmişlerdir. Leelavathi ve Prasad (2014), *Ulva* petrol eteri işleminden elde edilen ekstraktın, DPPH (1,1-di Fenil-2)-trinitrofenilhidrazin) ile 750 µg'den daha yüksek dozlarda en yüksek antioksidan ve serbest radikal temizleme aktivitesine sahip olduğunu öne sürdüler. %50 indirgeme gücüne sahip olduğu bulunmuştur.

Makroalglerde bulunan fenoller, flavonoidler, alkaloidler, tanenler, pigmentler ve diğer antioksidan bileşikler insan organizmasında önemli bir rol oynar ve serbest radikallere (ROS) karşı savunma reaksiyonlarını destekler. Bu sayede alg ekstraktları, çeşitli uygarlık hastalıklarının önlenmesinde, örneğin kanser gibi, kullanılabilir. Son yıllarda antioksidan bakımından zengin gıdaların tüketimi, bunların reaktif oksijen türlerine (ROS) ve ilişkili sağlık koşullarına karşı koruyucu etkileri göz önüne alındığında bir trend haline gelmiştir. ROS'un insan hücrelerinde oksidatif hasara neden olduğu ve Alzheimer hastalığı, kanserler ve yaşlanma gibi çeşitli kronik hastalıkların başlangıcına yol açtığı bilinmektedir. Çalışmalar, deniz yosunlarının, ROS'a karşı korumak için güçlü antioksidan kapasiteye sahip biyoaktif bileşiklere sahip olduğunu göstermiştir. Deniz yosunlarından elde edilen antioksidan bileşikler, serbest radikalleri stabilize etmek ve bunların oluşumunu sonlandırmak için hidrojen donörleri olarak görev yapan hidroksil gruplarının varlığı nedeniyle fenolikler ve flavonoidler (fenoliklerin bir türevi) olarak bilinen ana fitokimyasal sınıflarına ait olabilir. *Ulva* ayrıca fenollere benzer şekilde antioksidan özellikler gösteren yüksek miktarda tokoferol içeriğine sahiptir. Bu alg türünde polifenol içeriğini detaylandıran hiçbir literatür verisi bulunamamıştır. *U. rigida* ekstraktlarındaki toplam fenolik bileşik düzeyleri değerlendirildiğinde (Mezghani vd., 2016) etil asetat ve hidrolize su ekstraktlarında en yüksek toplam fenolik içerik tespit edilmiştir (sırasıyla 582.93±0.8 ve 457.12±4.8 mg g⁻¹).

Toplam fenolikler, bir numunede bulunan tüm fenolik bileşiklerin konsantrasyonunu ifade eder. Toplam fenolikler için daha yüksek bir değer genellikle numunede bu potansiyel olarak faydalı bileşiklerin daha yüksek bir konsantrasyonuna işaret eder. Toplam fenolikler ile antioksidan aktivite arasındaki korelasyon, birçok çalışmada bütün alglerin, bunların parçalarının, ekstraktlarının ve fraksiyonlarının antioksidan aktivitesinin fenolik bileşiklere atfedildiğini göstermiştir. Ancak gözlemlenen aktivite, makroalg ekstraktlarının karmaşık bileşiminin bir sonucu olabilir. Fenolik içerik ile temizleme kapasitesi arasındaki pozitif korelasyonlar çoğunlukla DPPH ile rapor edilmiştir. Ekstraksiyon işleminin türüne bağlı olarak farklı davranışlar gözlemlendi; örneğin antioksidan gücü, otoklav ekstraktları için fenolik içerikle

ilişkilidir ancak kaynatma ekstraktları için bu durum söz konusu değildir (Yangthong vd., 2009). Düşük fenolik içeriğe sahip bazı ekstraktların beklenenden daha yüksek aktivite göstermesi, diğer bileşiklerin de bu etkiden sorumlu olduğunu düşündürmektedir; örneğin *Sargassum sp.*'den elde edilen ekstraktlar (Rastian vd., 2007), *S. boveanum* (Zahra vd., 2007).

DPPH, bir numunenin antioksidan aktivitesini değerlendirmek için kullanılan yaygın bir yöntemdir. Antioksidanlar, hücreleri oksidatif hasara karşı koruyarak sağlığın korunmasına yardımcı olurlar. FRAP (Demir Azaltıcı Antioksidan Gücü), bir numunenin ferrik iyonları (Fe^{3+}) azaltma yeteneğini ölçer. Ferrik iyonların azaltılması, numunenin elektron bağışlama ve serbest radikalleri nötralize etme yeteneğini yansıtır. Dört *Ulva rigida* ekstraktının radikal temizleme aktivitesi DPPH analizi ile değerlendirilmiş ve etil asetat ekstraktının $0.18 \mu g mL^{-1}$ IC50 değeriyle en yüksek radikal temizleme aktivitesine sahip olduğu ve bunu hidrolize suyun ($0.21 \mu g mL^{-1}$) takip ettiği ve toplam fenolik bileşiklerin, radikal temizleme aktivitesi sonuçlarıyla pozitif bir korelasyon gösterdiği bulunmuştur; bu, fenolik bileşenlerin, serbest radikal sonlandırıcı olarak görev yapan ana molekülleri oluşturduğunu ortaya koymuştur. *Ulva rigida* (Ulvophyceae) ve *Arthrospira platensis*'in (Cyanophyceae) antioksidan aktiviteleri ve biyokimyasal özellikleri belirlendiği bir çalışmada, iki yosun türünden elde edilen ekstraktlar 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil hidrat (DPPH) yöntemi kullanılarak serbest radikal temizleme aktiviteleri, toplam fenolik, flavonoid ve yoğunlaştırılmış tanen içerikleri, Folin-Ciocalteu, Quettier-Deleu ve Price yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiştir. İki yosununun ekstraktları, ticari antioksidan BHT (bütillenmiş hidroksitoluen) ve C vitamini ile karşılaştırıldığında düşük bir serbest radikal temizleme kapasitesi göstermiştir. *U. rigida* ekstraktı, düşük IC50 (3.76 ± 0.02 mg/g Ext.) ile daha yüksek antioksidan potansiyel sergilemiştir. Toplam fenolik içerik 2.21 ± 0.08 (*U. rigida*) ile 8.59 ± 0.62 (*A. platensis*) mg GAE/g ekstrakt arasında değişmiştir. En yüksek flavonoid içeriği 22.70 ± 0.65 mg rutin/g ekstrakt ile *A. platensis*'te bulunmuştur (Ak ve Türker, 2019). Yedi kahverengi deniz yosunu türünden elde edilen enzimatik ekstraktların potansiyel antioksidatif aktiviteleri, DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) serbest radikal temizleme tahlili kullanılarak değerlendirilmiştir. Kahverengi deniz yosunları, ticari ve ucuz enzimlerin proteaz enzimleri kullanılarak suda çözünür ekstraktlar hazırlamak için enzimatik olarak hidrolize edilmiştir. Bu ekstraktlar, DPPH serbest radikal temizleme deneyinde önemli ölçüde ($p < 0.05$) kayda değer temizleme etkileri gösterdi ve aktivite, fenolik içeriklerle belirgin bir korelasyon gösterdi. Sonuçlara göre, kahverengi deniz yosunlarının enzimatik ekstraktlarının değerli antioksidatif kaynaklar olabileceği ortaya çıkmıştır. Çalışmada, *E. cava* ve *S. coreanum*'un bazı enzimatik ekstraktları (özellikle Alcalase ekstraktı), *E. cava*'nın diğer

ekstraktları kadar fenolik bileşik içermesine rağmen antioksidan aktiviteye sahip olmadığı tespit edilmiştir. Deniz yosunu ekstraktlarındaki küçük moleküler ağırlıklı polisakkaritler, pigmentler, proteinler veya peptitler gibi diğer materyallerin aktiviteyi etkileyebileceği düşünülmektedir (Heo vd., 2005).

Sıcak su ekstraksiyonu, kullanılan yüksek sıcaklık nedeniyle besinlerin bozulmasına neden olabilirken, solvent kullanımı toksisiteyi ve çevre sorunlarını artırabilir. Bu nedenle, mikrobiyal fermantasyon, biyolojik işlevleri geliştirebildiğinden ve geleneksel ekstraksiyon yöntemlerine ilginç alternatiflerden biri gibi görünmektedir. *Kappaphycus spp.* üzerinde yapılan katı hal fermantasyonu (SSF) çalışmasında *Aspergillus oryzae*, %70 başlangıç nem içeriği ve %10 inokulum seviyesinde 30 °C'de 4 gün boyunca kullanılmıştır. Genel olarak *Kappaphycus sp.*'nin fenolik profilleri, amino asit kompozisyonu ve uçucu bileşikleri mikrobiyal fermantasyon nedeniyle değiştirilmiştir. Amino asit bileşimi SSF'den sonra artmıştır. Ancak LC-MS/MS ile incelenen fenolik profiller ve GC-MS ile tespit edilen uçucu bileşikler, SSF tarafından bazı bileşiklerin arttığını, diğer bazı bileşiklerin ise azaldığını göstermiştir (Norakma vd., 2022).

Potansiyel sağlık yararları olan biyoaktif ekstraktların üretimi için yenilikçi yöntemler geliştirilmiş ve *Ulva armoricana*'nın (*Ulvales*, *Ulvophyceae*) biyodönüşümünde enzim destekli ekstraksiyon uygulanmıştır. Ekstraksiyon verimleri, kimyasal bileşim, antioksidan ve antiviral aktiviteler, Endo-proteaz tedavilerinin ekstraksiyon verimlerini kontrol ekstraksiyon verimlerine kıyasla önemli ölçüde arttırdığını değerlendirmek için belirlenmiştir. Bunlar, Ulvanların ana bileşenleri olan yüksek miktardaki Ramnoz, Üronik asitler ve Sülfat gruplarıyla ilişkilendirilmiştir (Hardouin vd., 2016).

Endonezya'nın farklı kıyı bölgelerinden elde edilen *Ulva lactuca* deniz yosunları üzerine yapılan çalışmada, toplam fenolik içerik (TPC) ve antioksidan aktiviteler incelenmiştir. TA ($IC_{50} 522.23 \pm 43 \mu g/mL$), BL ($534.76 \pm 14 \mu g/mL$) ve SW ($IC_{50} 682,23 \pm 23 \mu g/mL$) içeren deniz yosunlarının TPC değerleri sırasıyla TA ($5.33 \pm 2.1 mg/mL$), BL ($5.13 \pm 0.8 mg/mL$) ve SW ($2.675 \pm 0.5 mg/mL$) olarak belirlenmiştir. Bu veriler, farklı çevre koşullarına sahip farklı konumların deniz yosunlarının farklı biyolojik aktivitelerine yol açabileceğini göstermektedir. BL ve TA'da bulunan yeşil deniz yosunu *Ulva lactuca*, antioksidan kaynağı olarak değerlendirilebilir ve gıda ve ilaç endüstrisinde kullanılabilir (Prasedya vd., 2019).

(Özden, 2019) çalışmasında, Aseton, dietil eter, etanol, etil asetat ve petrol eter kullanılarak elde edilen *Ulva lactuca* ekstraktlarının serbest radikal giderim aktiviteleri belirlenmiş ve toplam fenolik madde içerikleri Folin-Ciocalteu reaktifi ile tayin edilmiştir. Deniz

yosunlarındaki toplam fenolik içeriği ile toplam flavonoid içeriği arasında pozitif bir korelasyon olduğu gösteren çalışmalar bulunmaktadır. Ancak, antioksidan bileşiklerin tanımlanması için daha derinlemesine çalışmalara ihtiyaç vardır. Farasat ve ark (2014) çalışmasına göre, İran'ın güneyindeki Basra Körfezi'ndeki birkaç yeşil deniz yosunu türü arasında *Ulva clathrata*, *Ulva linza*, ve *Ulva flexuosa*'nın metanolik ekstraktlarının toplam fenolik madde içerikleri farklılık göstermektedir.

Yeşil deniz yosunu *Enteromorpha*'nın üç yenilebilir türünün (*E.compressa*, *E.linza* ve *E.tubulosa*) antioksidan aktiviteleri incelenmiştir. Ganesan ve ark. (2011) çalışmasına göre, *E.compressa*'nın metanolik ekstraktı mükemmel bir DPPH radikal temizleme etkisine sahipken, diğer türlerin ekstraktlarının antioksidan aktiviteleri farklılık göstermektedir. Benzer şekilde, Osuna-Ruiz ve ark. (2016) çalışmasında, *Ulva expansa* ve *C. sertularioides*'in DPPH radikal temizleme aktiviteleri incelenmiş ve bu türlerin metanolik ekstraktlarının antioksidan aktiviteleri belirlenmiştir.

Bu tez çalışmasında, *Ulva*-H ve *Ulva*-M gruplarının DPPH içeriği *Ulva*-B ve *Ulva*-B+M gruplarına göre daha yüksektir ($P<0.05$). Ayrıca, *Ulva*-H grubunun FRAP içeriği diğer gruplara göre anlamlı derecede yüksektir ($P<0.05$). Fenolik bileşenler açısından, *Ulva*-H ve *Ulva*-B gruplarının *Ulva*-M ve *Ulva*-B+M gruplarından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$).

Toplam antioksidan analizi (Real Assay yöntemine göre), bir ürünün antioksidanlar aracılığıyla oksidatif strese karşı koyma kapasitesini temsil eder. Daha düşük bir TAS değeri, reaktif oksijen türlerini (ROS) nötralize etme kapasitesinin nispeten daha düşük olduğunu gösterebilir. TAS, çeşitli antioksidan moleküllerin toplam kapasitesini yansıtarak serbest radikallerin neden olduğu oksidatif stresle başa çıkma yeteneğini değerlendirir. Bu nedenle, TAS bir organizmanın genel antioksidan savunma yeteneğini değerlendirmek için kullanılır.

Antioksidanlar, hücreleri serbest radikal hasarından koruyarak sağlığın korunmasına ve hastalıkların önlenmesine katkıda bulunabilirler. Toplam oksidan analizi (Real Assay yöntemine göre), bir ürünündeki oksidanların veya reaktif oksijen türlerinin genel seviyesini temsil eder. Daha yüksek bir TOS değeri, nispeten yüksek düzeyde oksidatif stresi veya önemli miktarda oksidanın varlığını gösterir. Bu iki değerlerin ortalamasına göre hesaplanan OSI (Oksidatif Stres İndeksi) 1'den büyük bir dengesizliği gösterir, bu da toplam oksidan durumun toplam antioksidan durumundan daha yüksek olduğunu gösterir. Daha yüksek OSI değeri, ürünün antioksidan savunmasının yüksek seviyedeki oksidanları nötralize etmede yetersiz kalabileceği potansiyel bir oksidatif stres durumuna işaret eder. Her bir antioksidan bileşeni

ayrı ayrı ölçmek zor olduğundan, toplam antioksidan kapasitesinin değerlendirilmesi son zamanlarda bunların konsantrasyonlarını belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. Toplam antioksidan kapasitenin ölçülmesinin, tüm antioksidanların kümülatif etkilerinin belirlenmesinde faydalı olabileceği düşünülmektedir. Karaşahin ve ark. (2021) oksidatif stresin (OS), hücrede serbest oksijen radikallerinin (ROS) üretimi ile antioksidan mekanizma arasında önemli bir dengesizlik olduğunu bildirmiştir. $^{\circ}\text{O}^{-2}$ ve hidroksil radikali (OH°) ile hidrojen peroksit (H_2O_2) ve hipokloröz asit (HOCl) gibi bazı radikal olmayan oksijen türevleri reaktif oksijen metabolitleridir. Bu nedenle, antioksidanlar dengeyi sağlamak ve oksidatif stresi minimuma indirmek için çalışırlar. Bu yorum, antioksidan kapasitesinin yüksek seviyedeki oksidanları etkisiz hale getirmek için yeterli olmaması nedeniyle sistemin oksidatif stres yaşadığını düşündürmektedir. Bu tez çalışmasında, Ulva-Ham grubunun TOS ve OSI değerleri diğer grupların TOS ve OSI değerlerinden daha yüksek bulunmuştur.

Bromelain bir antioksidan görevi görebilir. Bu aktiviteyi aynı zamanda lipid peroksidasyonunun inhibisyonu ve serbest radikal süpürücü olarak da gerçekleştirir. Bazı antioksidan ajanlarla benzer etki gösteren bromelain, oksidatif hasarı engelleyen oksidatif zincir reaksiyonunu sonlandırarak oksidatif stresi azaltabilir. Bromelain'in insan vücudunu serbest radikallerin neden olduğu hastalıklardan koruduğu ve çok az yan etkisi veya hiç yan etkisi olmadığı belirtilmektedir (Saptarini vd., 2019). Bu durum, araştırmacıların bu enzimin anti-inflamatuar, kardiyoprotektif, immünomodülatör, antioksidan ve antikanser özelliklerle karakterize edildiğini gösterdiği ile tutarlıdır. Bromelainin klinik yaklaşımın yanı sıra gıda endüstrisi, bira fabrikaları, et işleme, tekstil ve kozmetik endüstrileri gibi gıda endüstrisinin birçok dalında da uygulamaları vardır. Bromelainin bu kadar çok sayıda potansiyel uygulaması, onun biyokimyasal ve farmakolojik özelliklerinden kaynaklanan terapötik değere işaret etmektedir; bu da bilim insanları ile farmasötik ve gıda endüstrileri arasında bu bileşiğe olan ilgide önemli bir artışa neden olmuştur (Hikisz & Bernasińska-Słomczewska, 2021).

Metabolik faaliyetler sırasında *Saccharomyces cerevisiae*, fenolik bileşikler, flavonoidler ve polifenoller gibi antioksidan özelliklere sahip çeşitli ikincil metabolitler üretebilir. Bu bileşikler, serbest radikalleri temizleme ve oksidatif stresi azaltma yeteneğine sahip olabilir (Bayat ve ekibi, 2022). Bu tez çalışmasında, Ulva-Ham grubu, toplam fenollerin, radikal süpürme kapasitesi ve antioksidan içeriği açısından en yüksek grup olarak analiz edilmiştir. Ulva'ya uygulanan enzimatik ve fermentasyon işlemleri antioksidan içeriğini azaltmış olsa da, bu azalma bileşiklerin antioksidan ve radikal temizleyici etkinliklerini değiştirmemiştir. Ayrıca, fermentasyon işlemi ve enzimatik uygulama alglerin oksidasyon içeriğinin azalmasına olanak

sağlamıştır. *Ulva*'nın antioksidan ve oksidasyon içerikleri, kullanılan *Saccharomyces cerevisiae* suşları, bromelainin kaynağı ve konsantrasyonu ile fermentasyon koşullarına ve ekstraksiyon yöntemine bağlı olarak değişebilir.

Flavonoidler, deniz yosunlarında bulunan ve antiinflamatuvar, anti-hepatotoksik ve anti-ülser gibi çeşitli biyolojik etkiler gösteren besleyici olmayan kimyasallardır. Bu bileşikler, antioksidan vitaminler ve enzimlerle birlikte insan vücudunun toplam antioksidan savunma sistemine katkıda bulunarak hastalıkların korunmasına yardımcı olabilirler. Flavonoidler ayrıca anti-alerjik, anti-viral ve serbest radikal temizleme yeteneklerine sahiptir ve kardiyovasküler mortaliteye karşı koruma sağlayabilirler. Moleküler yapılarına bağlı olarak flavonoidlerin antioksidan görevi görme kapasitesi değişiklik gösterebilir. Bitki fenolikleri genel olarak etkili serbest radikal temizleyiciler ve antioksidanlar olarak bilinir ve yenilebilir kahverengi, yeşil ve kırmızı deniz yosunlarında yaygın olarak bulunurlar (Jiménez-Escrig vd., 2001).

Metanolik ekstraktın toplam flavonoid içeriği sırasıyla *Ulva lactuca* için $2,02 \pm 0,07$ mg GAE/g ve *Sargassum wightii* için $1,16 \pm 0,11$ mg GAE/g olarak belirlenmiştir (Meenakshi, 2009).

Anis ve ark. (2018) tarafından yapılan fizikokimyasal ve farmakolojik çalışmalar, *Ulva fasciata* Delile'nin fenolik içeriğinin %0.022, flavonoid içeriğinin ise %0.0313 olduğunu ortaya koymuştur. Bu sonuçlar, *Ulva fasciata*'nın 400 mg/kg canlı ağırlık dozunda merkezi analjezik aktivite ve önemli anti-inflamatuvar aktivite gösterdiğini göstermektedir.

Farasat ve ark. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, dört farklı *Ulva* türünün (*Ulva clathrata*, *Ulva linza*, *Ulva flexuosa* ve *Ulvaentinalis*) metanolik ekstraktlarının antioksidan aktivitesi ve toplam fenolik ile flavonoid içerikleri ölçülmüştür. Deniz yosunlarının metanolik ekstraktları en yüksek fenolik içeriği 5.080 mg GAE g^{-1} ile göstermiş, flavonoid içeriği ise 33.094 mg RE g^{-1} ile *U. clathrata*'da en yüksek seviyede tespit edilmiştir.

Prasedya ve ark. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, Lombok Adası kıyı bölgelerinde bulunan farklı konumlardaki *Ulva lactuca*'nın antioksidan aktivitesi değerlendirilmiştir. Deniz yosununun etanol ekstraktlarının flavonoid içeriği sırasıyla ULS için 19.031 ± 2.1 mgRE g^{-1} , ULB için 25.315 ± 2.6 mgRE g^{-1} ve ULA için 28.053 ± 1.58 mgRE g^{-1} olarak belirlenmiştir. Bu veriler, farklı çevresel koşulların deniz yosunlarının biyolojik aktivitelerinde farklılıklara neden olabileceğini göstermektedir. Daha ekstrem koşullarda yetişen yeşil deniz yosunu *Ulva lactuca*, antioksidan kaynağı olarak değerlendirilebilir ve gıda ile ilaç endüstrisinde kullanılabilir.

Ak ve Türker (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, *Ulva rigida* (Ulvophyceae) ve *Arthrospira platensis*'in (Cyanophyceae) antioksidan aktiviteleri ve biyokimyasal özellikleri

belirlenmiştir. Ekstraktın flavonoid içeriği *A. platensis*'te $22.70 \pm 0,65$ mg/g, *Ulva rigida*'da ise $12.61 \pm 0,07$ mg/g olarak ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar, *U. rigida* ve *A. platensis maxima*'nın antioksidan aktiviteye sahip olduğunu ve tıpta, fonksiyonel gıdalarda ve tarımda gelecekteki uygulamalarda kullanılabileceğini göstermektedir.

Deniz yosunlarının antioksidan kapasitesi hakkında az sayıda rapor bulunmaktadır ve deniz yosunlarının antioksidatif ajanlar olarak mekanizması hala tam olarak anlaşılamamıştır. Bu nedenle, her iki deniz yosunundan da antioksidan ve antimikrobiyal aktiviteden sorumlu aktif bileşikler analiz etmek ve izole etmek için daha fazla araştırma devam etmektedir.

Bromelain, ananastan elde edilen *Bromeliaceae* bitki familyasının dokusunda bulunan sistein proteazların bir karışımıdır. Ticari olarak ananastan elde edilen proteolitik enzimler, kök bromelain ve meyve bromelainidir. Bununla birlikte ananas kabuğu, çekirdeği ve taç kısmı gibi atıkların da bromelain içerdiği bildirildi.

Ananastaki flavonoidler ile bromelain arasındaki korelasyon, her ikisinin de ananasta bulunan ve genel besin bileşimine katkıda bulunan bileşenler olduğu gerçeğinde yatmaktadır (Huang vd., 2021).

Ulva-B grubundaki yükseliş, belki de bileşiminde flavonoidler içeren bromelain ticari ürününün kullanılmış olmasına bağlı olabilir.

Flavonoidlerin bir grup bitki fenolik bileşiği olduğu ve *Saccharomyces cerevisiae*'nin metabolizmasını ve zimaz fermantasyonunu etkilediği bulunmuştur (Sinyutina vd., 2021). Doğal flavanonlar ve dihidrokalkonlar, naringenin, pinocembrin ve eriodictyol'un verimli üretimine yol açan dört aşamalı bir flavanon biyosentetik yolunun tanıtılmasıyla metabolik mühendislik yoluyla araştırılmıştır (Yan vd., 2005). Bu, *S. cerevisiae*'nin potansiyelini vurgulamaktadır ve çeşitli biyolojik aktivitelere sahip değerli bir doğal ürün olan flavonoidlerin üretimi için hücre fabrikası olarak kullanılacaktır (Luan, 2023).

Aeromonas hydrophila ve *Yersinia ruckeri*, su ortamlarında yaygın olarak bulunan gram negatif, çubuk şeklinde bir bakteridir. Bu bakteriyel patojenler öncelikle su ürünleri yetiştiriciliğinde önemli ekonomik kayıplara neden olur. *Lactococcus garvieae* gram pozitif, katalaz negatif ve fakültatif anaerobik bir bakteridir. Başlangıçta, *Lactococcus garvieae* balıklarda, özellikle de balık türlerini etkileyen bakteriyel bir enfeksiyon olan laktokokoz vakalarında tanımlanmıştır. Minimum İnhibitör Konsantrasyon (MİK), belirli bir antimikrobiyal maddenin bakterinin görünür büyümesini engellemek için gereken en düşük konsantrasyonu temsil eder. Başka bir deyişle, antimikrobiyal maddenin bakteri büyümesini

önlemede hala etkili olduğu en düşük konsantrasyondur. Tüm gruplar arasında Ulva-B ve ULVA-B+M grubunun bakteri direnci açısından en iyi grup olduğu ve bu durum çalışmamızın enzimatik ve fermentatif arıtmanın daha etkili biyolojik içeriğe sahip yemlere yol açtığını söyleyen teorisini güçlendiriyor.

Abdel-Khaliq (2014) tarafından yapılan çalışmada, *Ulva lactuca*'nın gram pozitif bakterilere karşı minimum inhibitör konsantrasyonu (MIK) değerinin 0.98 mg/ml ile 250 mg/ml arasında değiştiği bildirilmiştir. En düşük MIK değeri (0.98 mg/ml), *Staphylococcus aureus*'a karşı kaydedilirken, bunu *Staphylococcus saprophyticus* (3.9 mg/ml), *Bacillus subtilis* (7.81 mg/ml), *Streptococcus pyogenes* (31.25 mg/ml), *Bacillus cereus* (125 mg/ml) ve *Staphylococcus epidermidis* (250 mg/ml) izlemiştir.

Ulva lactuca'nın gram negatif bakterilere karşı minimum inhibitör konsantrasyonu (MIK) değeri ise 0.98 mg/ml ile 125 mg/ml arasında değişmektedir. En düşük MIK değeri (0.98 mg/ml), *Salmonella typhimurium*'a karşı kaydedilirken, ardından aynı MIK değerine sahip olan *Escherichia coli* ve *Serratia marcescens* (1.95 mg/ml), *Neisseria meningitidis* (15.36 mg/ml), *Haemophilus influenzae* (62.5 mg/ml) ve *Klebsiella pneumoniae* (125 mg/ml) izlemiştir.

Ulva lactuca'nın tek hücreli ve filamentöz mantarlara karşı MIK değeri ise 0.49 mg/ml ile 250 mg/ml arasında değişmektedir. En düşük MIK değeri (0.49 mg/ml), *Geotrichum candidum*'a karşı kaydedilirken, bunu aynı MIK değerine (3.9 mg/ml) sahip olan *Candida albicans* (0.98 mg/ml), *Aspergillus clavatus* (1.95 mg/ml), *Aspergillus fumigatus* ve *Rhizopus oryzae*, *Mucor circinelloides* (15.63 mg/ml) ve *Penicillium marneffe* (250 mg/ml) takip etmiştir.

Vehapi ve arkadaşları (2021), *U. lactuca* makroalg türü ile *C. vulgaris*, *C. minutissima* ve *C. protothecoides* mikroalg türlerinin *F. oxysporum* fungal ve *M. smegmatis*, *P. mirabilis* ve *A. hydrophila* bakteriyel mikroorganizmalarına karşı antimikrobiyal etkilerini araştırmışlardır. *U. lactuca* ekstraktının *Aeromonas hydrophila*'ya karşı etkili olduğunu belirlemişlerdir. Ekstraktın 20 µL/petri dozunda 19.33 mm, 40 µL/petri dozunda ise 27.00 mm inhibisyon zon çapı tespit edilmiştir.

Çalışmamız sonuçları, ananas ekstraktının bakteriyel *A. hidrofila*'nın Nil tilapiasını inhibe etmedeki etkinliğini açıklayan Khumsrisuk ve ark. (2022) tarafından yapılan çalışma ile uyumludur ve MIK'in 125 mg/ml olduğunu ortaya koymuştur. Bakterisidal olmasa da ananas ekstraktı antibakteriyeldir. Büyüme performansının sonucu, diyeteklenen %1 ananas kabuğu ekstraktı ile beslenen balık grubunda WG, ADG, SGR, FCR, PER ve FUE'nin önemli ölçüde daha yüksek olduğunu gösterdi. Ek olarak, önemli ölçüde en düşük ölüm oranı ve en yüksek

bağlı hayatta kalma yüzdesi (RPS), %1 ananas kabuğu ekstresi ile beslenen balık grubunda da gözlemlendi. Nil tilapya performansına dayanarak, ananas ekstraktının büyümeyi teşvik etmek ve sağlığı iyileştirmek için balık yeminde doğal bir içerik olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Bulfon ve ark. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, lavanta bitki özleri, *Lavandula officinalis*; melisa, *Melissa officinalis*; fesleğen, *Ocimum basilicum*; kekik, *Origanum vulgare*; biberiye, *Rosmarinus officinalis*; adaçayı, *Salvia officinalis*; ve kırmızı yaban mersini, *Vaccinium vitis-idaea*, geniş bir yelpazede önleyici etkiler gösterdi, ancak çalışmamızdaki konsantrasyonlar bu çalışmadaki konsantrasyonlardan daha yüksekti. Bu da *Ulva*'nın güçlendirilmesi ve enzimlerin doğal antimikrobiyal olduğu yönündeki teorimizi desteklemektedir. TC ve ark. (2019) tarafından belirtildiği gibi, bu tez çalışmasında *Saccharomyces*'in spesifik türüne ve hedef bakteriye bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Farklı *Saccharomyces* türleri, değişen derecelerde antimikrobiyal aktivite sergileyebilir. Antimikrobiyal peptit üretiminde *Saccharomyces boulardii* kullanılmış olup, seçilen mikroorganizmalara karşı inhibisyon aktivitesi belirlenmiş ve *Streptococcus pneumoniae*'ye karşı inhibisyon zonunun seçilen mikroplar arasında en yüksek olduğu bulunmuştur. *S. boulardii*'nin antibakteriyel aktiviteye sahip olduğunu gösteren MİK değerleri 0.8 - 26 mg/ml'dir.

Bu tez çalışmasında, *Ulva*-B ve *Ulva*-B+M gruplarının (625 µg/mL) *Aeromonas hydrophila* **MİK değeri**, *Ulva*-Ham ve *Ulva*-M gruplarına kıyasla (1250 µg/mL) daha düşüktür. Bu durum, Bromelain enziminin su ürünleri yemlerinde bir antimikrobiyal madde olarak etkili olma yeteneğini sağlamaktadır. Bromelainin tek başına etkisi bakterileri etkilemek için yeterli olmadığı gibi, mayanın etkisi de yeterli değildi, ancak aynı yem formülasyonunda kombine etki, biyolojik bileşiklerin oluşmasına veya bunların hücre duvarından salınmasına yol açtı. Fermantasyon sürecinin biyolojik etkinlik ve antimikrobiyallerin geliştirilmesi üzerindeki etkisi açıktır. Antimikrobiyallerin etkisi açıkça mayaların etkisinden ve fermantasyon sürecinin bu antibiyotikler içeriğini arttırmadaki etkisinden kaynaklanmaktadır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Aynı zamanda üç muamele yöntemi sonucunda oluşan ürünlerde hem kendi arasında hem de kontrol grubu arasında da farklılık gösterdiği bulunmuştur.

- U-B+M grubunda protein değerinde artış olduğu tespit edilmiştir.
- Aynı zamanda selüloz değerlerinde de U-B+M ve Ulva-B diğer gruplara göre daha az bir düşüş elde edilmiştir ve bu durum bu ürünlerin yemlere ilave edildiğinde balıkların bağırsak hareketinin iyileştirilmesine ve sindirimin arttırılmasına olumlu bir faktör olarak etki edeceğinin bir işaretidir
- Bromelain ve maya ile fermente edilen (U-B+M) ve bromealin ile muamele (Ulva-B) edilen ürünleri antimikrobiyal kapasitesinin, fermente edilmeyen alg ununa (Ulva-Ham) göre arttığı tespit edilmiştir.
- Ulva-Ham, toplam fenolikler, Radikal Temizleme Kapasitesi ve Antioksidan Güç (FRAP) açısından en iyi sonuçları göstermiştir.
- Numunelerin antioksidan etkinliğini değerlendirmek için genellikle Toplam Antioksidan Durumu (TAS), Toplam Oksidan Durumu (TOS) ve Oksidatif Stres İndeksi (OSI) değerlerine bakarız. DPPH, FRAP, toplam fenolik ve flavonoid içerik ölçümleri aynı zamanda numunelerin antioksidan özelliklerine ilişkin bilgi sağlar. Antioksidan etkinliğini değerlendirmeye yönelik genel bir yaklaşım şöyledir:
- TAS (Toplam Antioksidan Durumu): Daha yüksek $\uparrow$ TAS değerleri, serbest radikalleri nötralize etme kapasitesinin daha yüksek olduğunu gösterir. (En iyilerin soldan sağa sıralanması:

Ulva-Ham>Ulva-B >Ulva-B+M> Ulva-M

- TOS (Toplam Oksidan Durumu): Örnekte daha az oksidan bulunduğunu gösterdiği için daha düşük $\downarrow$ TOS değerleri tercih edilir. En iyilerin soldan sağa sıralanması:

• Ulva-B <Ulva-B+M< Ulva-M <Ulva-Ham

- OSI (Oksidatif Stres İndeksi): Daha düşük $\downarrow$ bir OSI, oksidanlar ve antioksidanlar arasında daha iyi bir denge olduğunu ve daha az oksidatif strese işaret ettiğini gösterir. En iyilerin soldan sağa sıralanması:

Ulva-B <Ulva-B+M< Ulva-M <Ulva-Ham

- DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) Testi: Daha düşük değerler ↓, numunenin DPPH radikalini nötralize etmek için elektron bağışlamada daha etkili olması nedeniyle daha yüksek antioksidan aktiviteyi gösterir. En iyilerin soldan sağa sıralanması:

$$\text{Ulva-B+M} < \text{Ulva-B} < \text{Ulva-M} < \text{Ulva-Ham}$$

- FRAP (Ferrik İndirgeyici Antioksidan Gücü): Daha yüksek ↑ FRAP değerleri, numunedeki antioksidanların ferrik iyonları azaltma yeteneğinin daha yüksek olduğunu gösterir, bu da daha yüksek antioksidan gücü gösterir. En iyilerin soldan sağa sıralanması:

$$\text{Ulva-Ham} > \text{Ulva-M} > \text{Ulva-B} > \text{Ulva-B+M}$$

- Toplam Fenolik İçerik: Daha yüksek ↑ miktarda fenolik bileşik genellikle daha güçlü antioksidan aktivitelerle ilişkilidir. En iyilerin soldan sağa sıralanması:

$$\text{Ulva-Ham} > \text{Ulva-B} > \text{Ulva-M} > \text{Ulva-B+M}$$

- Flavonoid İçeriği: Flavonoidler antioksidan özellikleriyle bilinir, dolayısıyla daha yüksek ↑ değerler genellikle daha yüksek antioksidan etkinliğini gösterir. En iyilerin soldan sağa sıralanması:

$$\text{Ulva-B} > \text{Ulva-M} > \text{Ulva-B+M} = \text{Ulva-Ham}$$

- Ham ulva'nın toplam antioksidan içeriği de artmasına rağmen toplam oksidasyon içeriği de yükselmiştir.
- Bromelain ve maya ile fermente edilen (U-B+M), bromelain ile muamele ve maya ile fermente edilen ürünleri toplam oksidan içerikleri düşmüştür.
- Bu değerlendirmeler ışığında U-B+M, U+B ve U+M doğal ve ucuz bir antioksidan ve antibakteriyel yem katkı maddesi olarak kullanılabilir.
- Bu ürünlerin *Lactococcus garvieae* bakterilerine karşı oldukça etkili olduğu kanıtlanmıştır.

Makro alglerde uygulanacak Bromelain enzimatik muamesesi ve maya ile fermantasyon işleminin antimikrobiyal ve antioksidant seviyelerine olumlu etki ederek gelişimini sağlamıştır.

Enzimatik tedavinin daha kapsamlı ve farklı konsantrasyonlarda ve farklı sürelerde uygulanmasına yönelik koşulların daha detaylı araştırılması önerilmektedir. Mayalar yüksek bir protein kaynağı olarak kabul edilir, ancak protein verimi yeterli değildir, bu nedenle mayalarla

fermantasyona ilişkin çalışma alanının genişletilmesini ve parametrelerin daha ayrıntılı olarak incelenmesini öneririz.

Makroalglerin besinsel rolünü anlamak hem deniz ortamı hem de insan sağlığı açısından önemlidir. Sürdürülebilir ve besleyici gıda kaynaklarına olan ilginin artmasıyla birlikte, makroalgler, gıda güvenliği sorunlarının çözümünde ve çeşitli ekosistemlere ve insan popülasyonlarına değerli besinler sağlamadaki potansiyel rolleri nedeniyle dikkat çekmektedir.

Deniz algleri üzerinde yapılan araştırmalar dikkate alındığında alglerin insan beslenmesi için önemli unsurlar olan demir, magnezyum, potasyum, çinko gibi mineraller açısından zengin olduğu ortaya çıkmıştır. Aynı zamanda yüksek oranda protein, yağ ve suda çözünür lif içerir. Yaygın olarak deniz marulu olarak bilinen *Ulva rigida*, deniz ekosistemlerinde ve insan faaliyetlerinde önemli bir yere sahip olan yeşil bir makroalgdir. Bu çok yönlü ve adaptif deniz yosunu türü, ekolojik önemi, çeşitli endüstrilerdeki potansiyel uygulamaları ve çevresel zorluklarla mücadeledeki rolü nedeniyle dikkat çekmektedir. *Ulva rigida* çok sayıda fayda sunarken, zorluklar da mevcut. Çoğunlukla besin akışından kaynaklanan aşırı büyüme, zararlı alg çoğalmalarına yol açabilir ve su kalitesini olumsuz yönde etkileyebilir. Sürdürülebilir yetiştirme uygulamaları, çevresel izleme ve topluluk katılımı bu zorlukların üstesinden gelmek için çok önemlidir.

Ulva sp. veya deniz yosunu fermentasyonu, deniz yosununda bulunan organik bileşiklerin, genellikle kontrollü koşullar altında, daha basit bileşiklere mikrobiyal parçalanmasını içerir. Bu prosesin biyoaktif bileşiklerin, yem takviyelerinin ve biyoenerjinin üretimi dahil olmak üzere çeşitli uygulamaları olabilir. Çevresel sürdürülebilirlik ve yerel mikroorganizmaların kullanımı çevre dostu süreçler olarak değerlendirilebilir. *Ulva sp.* fermentasyonu, çeşitli endüstrilerde potansiyel uygulamalara sahip katma değerli ürünler geliştirmenin umut verici bir yolunu temsil etmektedir. Alg fermentasyonu deniz kaynaklarının sürdürülebilir kullanımını teşvik ederek çevresel sürdürülebilirliği artırır ve geleneksel tarımsal ürünler üzerindeki baskıyı azaltır. Alg fermentasyonunun faydalarına rağmen, tam sürdürülebilirliğe ulaşmak için aşılması gereken teknik, ekonomik ve çevresel zorlukların bulunduğunu aklımızda tutmalıyız. Bu araştırma sonunda elde edilen veriler göz önüne alındığında makroalgler üzerinde yapılacak zenginleştirme ve optimizasyon çalışmaları sayesinde birçok sektörde kaynak olarak kullanılabilirliği artırılarak ekonomik değeri olan ürünler yaratılması amaçlanmaktadır. Bu çalışma, alglerin fermentasyon yoluyla etkinliğinin artırılmasına yönelik araştırmaların önemini ortaya koymaktadır. Üretilen ürünlerin balıklar üzerine olan etkinliğini belirlemek için detaylı balık besleme çalışmalarının yapılması önerilmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Abdel-Khaliq, A. (2014). *Antimicrobial Activity of Three Ulva Species Collected from Some Egyptian*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Antimicrobial-Activity-of-Three-Ulva-Species-from-Abdel-KhaliqHassan/886bc7d1f65e10ed7da49faf9e1f7d909adc3184>
- Abdel-Warith, A. A., Younis, E. M., & Al-Asgah, N. A. (2016). Potential use of green macroalgae *Ulva lactuca* as a feed supplement in diets on growth performance, feed utilization and body composition of the African catfish, *Clarias gariepinus*. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 23(3), 404–409. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.11.010>
- Agboola, J. O., Øverland, M., Skrede, A., & Hansen, J. Ø. (2020). Yeast as major protein-rich ingredient in aquafeeds: a review of the implications for aquaculture production. *Reviews in Aquaculture*, 13(2), 949–970. <https://doi.org/10.1111/raq.12507>
- Ak, İ., & Türker, G. (2019). Free Radical Scavenging Activity and Biochemical characteristics of *Ulva rigida* (Ulvophyceae) and *Arthrospira platensis* (Cyanophyceae). *Turkish Journal of Agriculture: Food Science and Technology*, 7, 145–149. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v7isp1.145-149.2789>
- Alltech, Agri-Food Outlook 2022 & 2023, <https://www.alltech.com/agri-foodoutlook/>
- Anis, M., Yasmeen, A., Baig, S. G., Ahmed, S., Rasheed, M. N., & Hasan, M. M. (2018). Phytochemical and pharmacological studies on *Ulva fasciata* Delile. *PubMed*, 31(3), 875–883. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29716868>
- Ansari, F. A., Nasr, M., Gupta, S., & Rawat, I. (2021). Improving the feasibility of aquaculture feed by using microalgae. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(32), 43234–43257. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14989-x>
- Arshad, Z. I. M., Amid, A., Yusof, F., Jaswir, I., Ahmad, K., & Show, P. L. (2014). Bromelain: an overview of industrial application and purification strategies. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 98(17), 7283–7297. <https://doi.org/10.1007/s00253-014-5889-y>
- Ayyappan, S., & Ali, S. A. (2007). Analysis of feeds and fertilizers for sustainable aquaculture development in India. *FAO Fisheries technical paper*, 497, 191. Bhosale, S. V., Bhilave, M., & Nadaf, S. (2010). Formulation of Fish Feed using Ingredients from Plant Sources.
- Bae, J. M., Hamidoghli, A., Won, S., Choi, W., Lim, S., Kim, K., Lee, B., Hur, S., & Bai, S. C. (2020). Evaluation of seven different functional feed additives in a low fish meal diet for olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture*, 525, 735333. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735333>
- Bao, Y., Romero, L. F., & Cowieson, A. J. (2013). Functional patterns of exogenous enzymes in different feed ingredients. *Worlds Poultry Science Journal*, 69(4), 759–774. <https://doi.org/10.1017/s0043933913000792>
- Barnett, J. A. (2004). A history of research on yeasts 8: taxonomy. *Yeast*, 21(14), 1141–1193. <https://doi.org/10.1002/yea.1154>

- Baweja, P., & Sahoo, D. (2015). Classification of algae. In *Cellular origin and life in extreme habitats* (pp. 31–55). https://doi.org/10.1007/978-94-017-7321-8_2
- Bayat, E., Moosavi-Nasab, M., Fazaeli, M., Majdinasab, M., Mirzapour-Kouhdasht, A., & Garcia-Vaquero, M. (2022). Wheat Germ Fermentation with *Saccharomyces cerevisiae* and *Lactobacillus plantarum*: Process Optimization for Enhanced Composition and Antioxidant Properties In Vitro. *Foods*, 11(8), 1125. <https://doi.org/10.3390/foods11081125>
- Benvenuti, S., Pellati, F., Melegari, M., & Bertelli, D. (2004). Polyphenols, anthocyanins, ascorbic acid, and radical scavenging activity of rubus, ribes, and aronia. *Journal of Food Science*, 69(3). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb13352.x>
- Benzie, I. F. (1996). An automated, specific, spectrophotometric method for measuring ascorbic acid in plasma (EFTSA). *Clinical Biochemistry*, 29(2), 111–116. [https://doi.org/10.1016/0009-9120\(95\)02013-6](https://doi.org/10.1016/0009-9120(95)02013-6)
- Bilgüven, M. (2018, December 1). *Balık yemlerinde balık unu yerine tavuk ununun kullanılması olanakları*. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/bursauludagziraat/issue/40721/480679>
- Biris-Dorhoi, E., Michiu, D., Pop, C., Rotar, A. M., Tofană, M., Pop, O. L., Socaci, S., & Fărcaș, A. C. (2020). Macroalgae—A Sustainable Source of Chemical Compounds with Biological Activities. *Nutrients*, 12(10), 3085. <https://doi.org/10.3390/nu12103085>
- Black, W. A. P. (1955). The preservation of seaweed by ensiling and bactericides. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 6(1), 14–23. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740060104>
- Botstein, D., Chervitz, S. A., & Cherry, J. M. (1997). Yeast as a model organism. *Science*, 277(5330), 1259–1260. <https://doi.org/10.1126/science.277.5330.1259>
- Brain-Isasi, S., Carú, C., & Lienqueo, M. E. (2021). Valorization of the green seaweed *Ulva rigida* for production of fungal biomass protein using a hypercellulolytic terrestrial fungus. *Algal Research*, 59, 102457. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102457>
- Brien, S., Lewith, G., Walker, A. F., Hicks, S. M., & Middleton, D. (2004). Bromelain as a Treatment for Osteoarthritis: a Review of Clinical Studies. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*, 1(3), 251–257. <https://doi.org/10.1093/ecam/neh035>
- Bulfon, C., Volpatti, D., & Galeotti, M. (2014). In Vitro Antibacterial Activity of Plant Ethanolic Extracts against Fish Pathogens. *Journal of the World Aquaculture Society*, 45(5), 545–557. <https://doi.org/10.1111/jwas.12151>
- Cardoso, S. M., Carvalho, L. G., Silva, P., Rodrigues, M. S., Pereira, O. R., & Pereira, L. (2014). Bioproducts from Seaweeds: A Review with Special Focus on the Iberian Peninsula. *Current Organic Chemistry*, 18(7), 896–917. <https://doi.org/10.2174/138527281807140515154116>
- Carter, C. G., Houlihan, D., Buchanan, B. B., & Mitchell, A. (1994). Growth and feed utilization efficiencies of seawater Atlantic salmon, *Salmo salar* L., fed a diet containing

- supplementary enzymes. *Aquaculture Research*, 25(1), 37–46. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.1994.tb00664.x>
- Çebi, A., Soylu, E. N., & Kablan, S. E. (2016). Karadeniz’den toplanan *Ulva lactuca* L. türünün toplam Antioksidan Kapasitesinin Belirlenmesi. *DergiPark (Istanbul University)*. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/kfbd/issue/28023/297531>
- Chadha, B. S., Rai, R., & Mahajan, C. (2019). Hemicellulases for Lignocellulosics-Based Bioeconomy. In *Elsevier eBooks* (pp. 427–445). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-816856-1.00018-x>
- Chapman, A. D. (2009). Numbers of living species in Australia and the world.
- Chaurasiya, R. S., & Hebbar, H. U. (2013). Extraction of bromelain from pineapple core and purification by RME and precipitation methods. *Separation and Purification Technology*, 111, 90–97. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2013.03.029>
- Ciji, A., & Akhtar, M. S. (2021). Stress management in aquaculture: a review of dietary interventions. *Reviews in Aquaculture*, 13(4), 2190–2247. <https://doi.org/10.1111/raq.12565>
- Cyrus, M. D., Bolton, J. J., Scholtz, R., & Macey, B. M. (2014). The advantages of *Ulva* (Chlorophyta) as an additive in sea urchin formulated feeds: effects on palatability, consumption and digestibility. *Aquaculture Nutrition*, 21(5), 578–591. <https://doi.org/10.1111/anu.12182>
- Da Silva, J. a. P., Pompeu, D. G., Da Costa, O. F., Gonçalves, D. B., Spehar, C. R., Marangoni, S., & Granjeiro, P. A. (2015). The importance of heat against antinutritional factors from *Chenopodium quinoa* seeds. *Food Science and Technology*, 35(1), 74–82. <https://doi.org/10.1590/1678-457x.6427>
- Dada, A. A. (2013). Dietary effects of two commercial feed additives on growth performance and body composition of African catfish *Clarias gariepinus* fingerlings. *African Journal of Food Science*, 7(9), 325–328. <https://doi.org/10.5897/ajfs2013.1029>
- Dalsgaard, J., Verlhac, V., Hjermslev, N. H., Ekmann, K. S., Fischer, M., Klausen, M., & Pedersen, P. (2012). Effects of exogenous enzymes on apparent nutrient digestibility in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed diets with high inclusion of plant-based protein. *Animal Feed Science and Technology*, 171(2–4), 181–191. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.10.005>
- Davis, A. S. (2015). Feed and feeding practices in aquaculture. In *Elsevier eBooks*. <https://doi.org/10.1016/c2014-0-02662-7>
- De Lencastre Novaes, L. C., Jozala, Â. F., Lopes, A. M., De Carvalho Santos-Ebinuma, V., Mazzola, P. G., & Pessoa, A. (2015). Stability, purification, and applications of bromelain: A review. *Biotechnology Progress*, 32(1), 5–13. <https://doi.org/10.1002/btpr.2190>
- Demirbaş, A. (2010). Use of algae as biofuel sources. *Energy Conversion and Management*, 51(12), 2738–2749. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2010.06.010>

- Demirtaş, İ., Tekinay, A. A., Güroy, D., Güroy, D., & Soyutürk, M. (2007). Effects of *Ulva rigida* on the Growth, Feed Intake and Body Composition of Common Carp, *Cyprinus carpio* L. *Journal of Biological Sciences*, 7(2), 305–308. <https://doi.org/10.3923/jbs.2007.305.308>
- Divakaran, S., & Velasco, M. (1999). Effect of proteolytic enzyme addition to a practical feed on growth of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone). *Aquaculture Research*, 30(5), 335–339. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.1999.00333.x>
- Eka Sunarwidhi Prasedya, Ni Wayan Riyani Martiyasari, Rizkia Apriani, Sipti Mayshara, Rizka Azzahral Fanani, Haji Sunarpi; Antioxidant activity of *Ulva lactuca* L. from different coastal locations of Lombok Island, Indonesia. *AIP Conf. Proc.* 23 December 2019; 2199 (1): 020003. <https://doi.org/10.1063/1.5141281>
- ElMorshedy, Eslam Mohammed Mohammed.(2016). Title: *Using of algae and Seaweeds in The Diets of Marine Fish Larvae* =. (n.d.). http://srv3.eulc.edu.eg/eulc_v5/Libraries/Thesis/BrowseThesisPages.aspx?fn=PublicDrawThesis&BibID=10951210
- Emiroğlu, D., Tolon, M. T., Günay, D. B., & Yapıcı, S. N. (2019). Development of Turkish fish feed industry. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 36(1), 75–80. <https://doi.org/10.12714/egejfas.2019.36.1.09>
- Ergün, S., Soyutürk, M., Güroy, D., Güroy, D., & Merrifield, D. L. (2008). Influence of *Ulva* meal on growth, feed utilization, and body composition of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) at two levels of dietary lipid. *Aquaculture International*, 17(4), 355–361. <https://doi.org/10.1007/s10499-008-9207-5>
- Erteken, A., & Hasimoglu, A. (2007). Ülkemizde balık yemi teknolojisinin gelişimi. *Yunus Araştırma Bülteni*, 2007(2). <https://doi.org/10.17693/yunus.77135>
- FAO Global Fishery and Aquaculture Production Statistics (FishStatJ; March 2021; www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en).
- Farasat, M. (2014). *Antioxidant Activity, Total Phenolics and Flavonoid Contents of some Edible Green Seaweeds from Northern Coasts of the Persian Gulf*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Antioxidant-Activity%2C-Total-Phenolics-and-Flavonoid-Farasat-Khavari-nejad/145ae1c1a1f9e339e9524f620f453c9794186fcd>
- Farasat, M., Khavari-Nejad, R. A., Nabavi, S. M. B., & Namjooyan, F. (2014). Antioxidant Activity, Total Phenolics and Flavonoid Contents of some Edible Green Seaweeds from Northern Coasts of the Persian Gulf. *PubMed*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24734068>
- Fariedah, F., Widodo, M. S., Nuswantoro, S., & Sholikhin. (2020). The use of bromelain enzyme on artificial hatching media as an effort to hatch Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) eggs outside the mother's mouth. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 441(1), 012032. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/441/1/012032>
- Felix, N., & Brindo, R. A. (2014). Evaluation of raw and fermented seaweed, *Ulva lactuca* as feed ingredient in giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *International*

- Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 1(3), 199–204.
<https://www.fisheriesjournal.com/archives/2014/vol1issue3/PartC/15.pdf>
- Francis, G., Makkar, H., & Becker, K. (2001). Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture*, 199(3–4), 197–227.
[https://doi.org/10.1016/s0044-8486\(01\)00526-9](https://doi.org/10.1016/s0044-8486(01)00526-9)
- Ganesan, K., Kumar, K. S., & Rao, P. V. (2011). Comparative assessment of antioxidant activity in three edible species of green seaweed, *Enteromorpha* from Okha, Northwest coast of India. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 12(1), 73–78.
<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2010.11.005>
- Glencross, B., Booth, M. A., & Allan, G. L. (2007). A feed is only as good as its ingredients ? a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. *Aquaculture Nutrition*, 13(1), 17–34. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2007.00450.x>
- Güroy, D., Çirik, Ş., Güroy, D., Sanver, F., & Tekinay, A. A. (2007). Effects of *Ulva rigida* and *Cystoseira barbata* Meals as a Feed Additive on Growth Performance, Feed Utilization, and Body Composition of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 31(2), 91–97.
<https://journals.tubitak.gov.tr/veterinary/issues/vet-07-31-2/vet-31-2-2-0510-12.pdf>
- Güroy, D., Ergün, S., Merrifield, D. L., & Güroy, D. (2012). Effect of autoclaved *Ulva* meal on growth performance, nutrient utilization and fatty acid profile of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture International*, 21(3), 605–615.
<https://doi.org/10.1007/s10499-012-9592-7>
- Güroy, B., Ergün, S., Merrifield, D.L. et al. Effect of autoclaved *Ulva* meal on growth performance, nutrient utilization and fatty acid profile of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* . *Aquacult Int* 21, 605–615 (2013). <https://doi.org/10.1007/s10499-012-9592-7>
- Harchi, M. E., Kachkach, F. F., & Mtili, N. E. (2018). Optimization of thermal acid hydrolysis for bioethanol production from *Ulva rigida* with yeast *Pachysolen tannophilus*. *South African Journal of Botany*, 115, 161–169. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.01.021>
- Hardjani, D., Suantika, G., & Aditiawati, P. (2017). Nutritional Profile of Red Seaweed *Kappaphycus alvarezii* after Fermentation using *Saccharomyces Cerevisiae* as a Feed Supplement for White Shrimp *Litopenaeus vannamei* Nutritional Profile of Fermented Red Seaweed. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 11(4), 1637–1645.
<https://doi.org/10.22207/jpam.11.4.01>
- Hardouin, K., Bedoux, G., Burlot, A., Donnay-Moreno, C., Bergé, J., Nyvall-Collén, P., & Bourgougnon, N. (2016). Enzyme-assisted extraction (EAE) for the production of antiviral and antioxidant extracts from the green seaweed *Ulva armoricana* (Ulvales, Ulvophyceae). *Algal Research*, 16, 233–239. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2016.03.013>
- Heo, S., Park, E., Lee, K., & Jeon, Y. (2005). Antioxidant activities of enzymatic extracts from brown seaweeds. *Bioresource Technology*, 96(14), 1613–1623.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2004.07.013>
- Hikisz, P., & Bernasińska-Słomczewska, J. (2021). Beneficial properties of bromelain. *Nutrients*, 13(12), 4313. <https://doi.org/10.3390/nu13124313>

- Huang, C., Lin, I., Liu, Y., & Mau, J. (2021). Composition, enzyme and antioxidant activities of pineapple. *International Journal of Food Properties*, 24(1), 1244–1251. <https://doi.org/10.1080/10942912.2021.1958840>
- Hwang, E., Ki, K., & Chung, H. (2013). Proximate composition, amino acid, mineral, and heavy metal content of dried laver. *Journal of Food Science and Nutrition*, 18(2), 139–144. <https://doi.org/10.3746/pnf.2013.18.2.139>
- Jiménez-Escrig, A., Jiménez-Jiménez, I., Pulido, R., & Saura-Calixto, F. (2001). Antioxidant activity of fresh and processed edible seaweeds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(5), 530–534. <https://doi.org/10.1002/jsfa.842>
- Karaşahin, T., Alkan, H., Satılmış, F., Dursun, Ş., Öztürk, C., Bulut, G., Aksoy, N. H., Tekindal, M. A., Çağlayan, T., Yeşilkaya, Ö. F., & Erdem, H. (2021). Relationship between total antioxidant/oxidant status, and oxidative stress index and superovulation response in donor cows. *Livestock Science*, 244, 104340. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104340>
- Kelman, D., Posner, E. K., McDermid, K. J., Tabandera, N. K., Wright, P. R., & Wright, A. D. (2012). Antioxidant activity of Hawaiian marine algae. *Marine Drugs*, 10(12), 403–416. <https://doi.org/10.3390/md10020403>
- Kenicer, G., Bridgewater, S., & Milliken, W. (2000). The ebb and flow of Scottish seaweed use. *Botanical Journal of Scotland*, 52(2), 119–148. <https://doi.org/10.1080/13594860009441750>
- Khumsrisuk, P., Mapanao, R., & Nithikulworawong, N. (2022). Evaluation of pineapple waste crude extract in improving growth performance and resistance to *Aeromonas hydrophila* in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Magiran*. <https://www.magiran.com/paper/2511330/evaluation-of-pineapple-waste-crude-extract-in-improving-growth-performance-and-resistance-to-aeromonas-hydrophila-in-nile-tilapia-oreochromis-niloticus?lang=en>
- Kumar, M., Keer, N. R., Yadav, A., & Ojha, M. L. (2019). An overview on the use of oil in fish diet. *ResearchGate*. https://www.researchgate.net/publication/339738094_An_overview_on_the_use_of_oil_in_fish_diet
- Kurtzman, C. P. (1994). Molecular taxonomy of the yeasts. *Yeast*, 10(13), 1727–1740. <https://doi.org/10.1002/yea.320101306>
- Kurtzman, C. P., & Piškur, J. (2007). Taxonomy and phylogenetic diversity among the yeasts. In *Springer eBooks* (pp. 29–46). <https://doi.org/10.1007/b106654>
- Laramore, S., Baptiste, R. M., Wills, P. S., & Hanisak, M. D. (2018). Utilization of IMTA-produced *Ulva lactuca* to supplement or partially replace pelleted diets in shrimp (*Litopenaeus vannamei*) reared in a clear water production system. *Journal of Applied Phycology*, 30(6), 3603–3610. <https://doi.org/10.1007/s10811-018-1485-3>
- Lee, J., & Kim, G. (2013). Evaluation of antioxidant activity of marine Algae-Extracts from Korea. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 24(3), 227–240. <https://doi.org/10.1080/10498850.2013.770809>

- Leelavathi, M., & Prasad, M. (2014). Evaluation of antioxidant properties of marine seaweed samples by DPPH method. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, 2(6), 132-137
- Legarda, E. C., Viana, M. T., Del Rio Zaragoza, O. B., Skrzynska, A. K., Braga, A., De Lorenzo, M. A., & Vieira, F. D. N. (2021). Effects on fatty acids profile of *Seriola dorsalis* muscle tissue fed diets supplemented with different levels of *Ulva fasciata* from an Integration Multi-Trophic Aquaculture system. *Aquaculture*, 535, 736414. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736414>
- Li, J. Y., Yang, F., Liu, J., Wang, Q., Yin, J., He, P., & Chen, Y. (2018). Safety and quality of the green tide algal species *Ulva prolifera* for option of human consumption: A nutrition and contamination study. *Chemosphere*, 210, 1021–1028. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.07.076>
- Li, X., Chai, X., Liu, D., Chowdhury, M. a. K., & Leng, X. (2015). Effects of temperature and feed processing on protease activity and dietary protease on growths of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, and tilapia, *Oreochromis niloticus* × *O. aureus*. *Aquaculture Nutrition*, 22(6), 1283–1292. <https://doi.org/10.1111/anu.12330>
- Luan, T. (2023). Research progress on the synthesis of flavonoids by *saccharomyces cerevisiae*. *International Journal of Biology and Life Sciences*, 2(3), 51–53. <https://doi.org/10.54097/ijbls.v2i3.8652>
- M, M. M. K. a. E. (2015). Evaluation of Seaweeds *Ulva rigida* and *Pterocladia capillacea* as Dietary Supplements in Nile Tilapia Fingerlings. *Journal of Aquaculture Research and Development*, 06(03). <https://doi.org/10.4172/2155-9546.1000312>
- Mardawati, E., Putri, S. H., Fitriana, H. N., Nurliasari, D., Rahmah, D. M., Rosanti, Maulana, I., Dewantoro, A. I., Hermiati, E., & Balia, R. L. (2023). Application of Biorefinery Concept to the Production of Bromelain, Ethanol, and Xylitol from Pineapple Plant Waste. *Fermentation*, 9(9), 816. <https://doi.org/10.3390/fermentation9090816>
- Masniar, M., Muchlisin, Z. A., & Karina, S. (2016). Pengaruh Penambahan Ekstrak Batang Nanas Pada Pakan Terhadap Laju Pertumbuhan dan Daya Cerna Protein Pakan Ikan Betok (*Anabas testudineus*). *J. Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah*, 1(1), 35-45
- Matos, Â. P., Novelli, E., & Tribuzi, G. (2022). Use of algae as food ingredient: sensory acceptance and commercial products. *Frontiers in Food Science and Technology*, 2. <https://doi.org/10.3389/frfst.2022.989801>
- McLean, E. (2023). Feed ingredients for sustainable aquaculture. In *Elsevier eBooks* (pp. 392–423). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-823960-5.00085-8>
- Meenakshi, S. (2009). *Total Flavanoid and in vitro Antioxidant Activity of Two Seaweeds of Rameshwaram Coast*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Total-Flavanoid-and-in-vitro-Antioxidant-Activity-Meenakshi-Gnanambigai/2f50a18db30b135cf3e78b9b7a184148d20d1408>
- Mezghani, S., Csupor, D., Bourguiba, I., Hohmann, J., Amri, M., & Bouaziz, M. A. (2016). Characterization of Phenolic Compounds of *Ulva rigida* (Chlorophyceae) and Its

- Antioxidant Activity. *European Journal of Medicinal Plants*, 12(1), 1–9. <https://doi.org/10.9734/ejmp/2016/22935>
- Michalak, I., & Chojnacka, K. (2015). Algae as production systems of bioactive compounds. *Engineering in Life Sciences*, 15(2), 160–176. <https://doi.org/10.1002/elsc.201400191>
- Mohan, R., Sivakumar, V., Rangasamy, T., & Muralidharan, C. (2016). Optimisation of Bromelain Enzyme Extraction from Pineapple (<i>Ananas comosus</i>) and Application in Process Industry. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 12(3), 188–195. <https://doi.org/10.3844/ajbbsp.2016.188.195>
- Mosier, N. S., Wyman, C. E., Dale, B. E., Elander, R. T., Lee, Y., Holtzapple, M. T., & Ladisch, M. R. (2005). Features of promising technologies for pretreatment of lignocellulosic biomass. *Bioresource Technology*, 96(6), 673–686. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2004.06.025>
- Mudiarti, L., Setiyowati, D., Kursistiyanto, N., & Alimin, N. (2023). Pengaruh Penambahan Alginat Dalam Pakan Terhadap Performa Pertumbuhan Dan Efisiensi Pemanfaatan Pakan Udang Vannamei (*Litopenaeus vannamei*). *Media Akuatika : Jurnal Ilmiah Jurusan Budidaya Perairan*, 8(1), 13. <https://doi.org/10.33772/jma.v8i1.28413>
- Norakma, M., Zaibunnisa, A. H., & Razarinah, W. W. (2022). The changes of phenolics profiles, amino acids and volatile compounds of fermented seaweed extracts obtained through microbial fermentation. *Materials Today: Proceedings*, 48, 815–821. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.366>
- Nunes, A. J. P., Sá, M. V. C., Browdy, C. L., & Vázquez-Añón, M. (2014). Practical supplementation of shrimp and fish feeds with crystalline amino acids. *Aquaculture*, 431, 20–27. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.04.003>
- Osuna-Ruíz, I., López-Saiz, C. M., Burgos-Hernández, A., Velázquez, C., Nieves-Soto, M., & Hurtado-Oliva, M. Á. (2016). Antioxidant, antimutagenic and antiproliferative activities in selected seaweed species from Sinaloa, Mexico. *Pharmaceutical Biology*, 54(10), 2196–2210. <https://doi.org/10.3109/13880209.2016.1150305>
- Özden, Ö. (2019, December 1). *Deniz Marulundan (Ulva lactuca Linnaeus, 1753) Elde Edilen Ekstraktların Antimikrobiyal ve Antioksidan Etkilerinin İncelenmesi*. TRDizin. <https://search.trdizin.gov.tr/tr/yayin/detay/622202/deniz-marulundan-Ulva-lactuca-linnaeus-1753-elde-edilen-ekstraktların-antimikrobiyal-ve-antioksidan-etkilerinin-incelenmesi>
- Packer, M. A., Harris, G. C., & Adams, S. L. (2016). Food and feed applications of algae. In *Green energy and technology* (pp. 217–247). https://doi.org/10.1007/978-3-319-12334-9_12
- Pérez, M. J., Falqué, E., & Domínguez, H. (2016). Antimicrobial Action of Compounds from Marine Seaweed. *Marine Drugs*, 14(3), 52. <https://doi.org/10.3390/md14030052>
- Pérez-Alva, A., MacIntosh, A., Baigts-Allende, D. K., García-Torres, R., & Ramírez-Rodriguez, M. M. (2022). Fermentation of algae to enhance their bioactive activity: A review. *Algal Research*, 64, 102684. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2022.102684>

- Pérez-Velázquez, M., Gatlin, D. M., González-Félix, M. L., García-Ortega, A., De Cruz, C. R., Juárez-Gómez, M. L., & Chen, K. (2019). Effect of fishmeal and fish oil replacement by algal meals on biological performance and fatty acid profile of hybrid striped bass (*Morone chrysops* ♀ × *M. saxatilis* ♂). *Aquaculture*, 507, 83–90. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.04.011>
- Piotrowicz, Z., Tabisz, Ł., Łeska, B., Messyasz, B., & Pankiewicz, R. (2022). Comparison of the Antioxidant Properties of Green Macroalgae from Diverse European Water Habitats by Use of Several Semi-Quantitative Assays. *Molecules*, 27(12), 3812. <https://doi.org/10.3390/molecules27123812>
- Prajapati, J. and Nair, B. (2008). *The History of Fermented Foods*. in Farnworth, E.R., Ed., *Fermented Functional Foods*, CRC Press, Boca Raton, 1-24. - References - Scientific Research Publishing. (n.d.). <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2833959>
- Prasedya, E. S., Martyasari, N. W. R., Apriani, R., Mayshara, S., Fanani, R. A., & Sunarpi, H. (2019). Antioxidant activity of *Ulva lactuca* L. from different coastal locations of Lombok Island, Indonesia. *AIP Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.1063/1.5141281>
- Rafiquzzaman, S., Kong, I., & Kim, J. M. (2015). Enhancement of Antioxidant Activity, Total Phenolic and Flavonoid Content of *Saccharina japonica* by Submerged Fermentation with *Aspergillus oryzae*. *KSBB Journal*, 30(1), 27–32. <https://doi.org/10.7841/ksbbj.2015.30.1.27>
- Rastian, Z., Mehranian, M., Vahabzadeh, F., & Sartavi, K. (2007). Antioxidant Activity of Brown Algae *Sargassum vulgare* and *Sargassum angustifolium*. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 16(2), 17–26. https://doi.org/10.1300/j030v16n02_03
- Reboleira, J., Silva, S., Chatzifragkou, A., Niranjana, K., & Lemos, M. F. (2021). Seaweed fermentation within the fields of food and natural products. *Trends in Food Science and Technology*, 116, 1056–1073. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.08.018>
- Report of the expert meeting on food safety for seaweed – Current status and future perspectives. (2022). In *FAO; WHO; eBooks*. <https://doi.org/10.4060/cc0846en>
- Rodríguez-Bonilla, P., García-Carmona, F., Matencio, A., García-Carmona, F., & López-Nicolás, J. M. (2017). Comparative study of the antioxidant capacity of four stilbenes using ORAC, ABTS+, and FRAP techniques. *Food Analytical Methods*, 10(9), 2994–3000. <https://doi.org/10.1007/s12161-017-0871-9>
- Saptarini, N. M., Rahayu, D., & Herawati, I. E. (2019). Antioxidant activity of crude bromelain of pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr) crown from Subang district, Indonesia. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 11(8), 551. https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_200_19
- Scahaw. 2003. The use of fish by-products in aquaculture. Report of the Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare. European Commission. 93 pp Jackson, A. J. (2006). The importance of fishmeal and fish oil in aquaculture diets. *International Aquafeed*, 9(6), 18-21.

- Sharma, S. A., Surveswaran, S., Arulraj, J., & Velayudhannair, K. (2021). Bromelain enhances digestibility of Spirulina-based fish feed. *Journal of Applied Phycology*, 33(2), 967–977. <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02337-4>
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144–158. <https://doi.org/10.5344/ajev.1965.16.3.144>
- Sinyutina, S. E., Shubina, A. G., & Rosenblum, L. (2021). The Effect of Chalcones and Flavanones on Zymase Fermentation of *Saccharomyces cerevisiae*. *Vestnik Tambovskogo Gosudarstvennogo Tehničeskogo Universiteta*, 27(3), 442–448. <https://doi.org/10.17277/vestnik.2021.03.pp.442-448>
- Slinkard, K., & Singleton, V. L. (1977). Total Phenol Analysis: Automation and Comparison with Manual Methods. *American Journal of Enology and Viticulture*, 28(1), 49–55. <https://doi.org/10.5344/ajev.1977.28.1.49>
- Soliman, R., Younis, S. A., El-Gendy, N. S., Mostafa, S. M., El-Temtamy, S. A., & Hashim, A. (2018). Batch bioethanol production via the biological and chemical saccharification of some Egyptian marine macroalgae. *Journal of Applied Microbiology*, 125(2), 422–440. <https://doi.org/10.1111/jam.13886>
- Stevenson, R. J., & Smol, J. P. (2003). USE OF ALGAE IN ENVIRONMENTAL ASSESSMENTS. In *Elsevier eBooks* (pp. 775–804). <https://doi.org/10.1016/b978-012741550-5/50024-6>
- Tavano, O. L., Berenguer-Murcia, Á., Secundo, F., & Fernández-Lafuente, R. (2018). Biotechnological applications of proteases in food technology. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(2), 412–436. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12326>
- TC, V., Krupanidhi, S., Mikkili, I., Bobby, N., Dulla, J. B., Alugunulla, V. N., Sweet, D., & Peele, K. A. (2019). Estimation of Minimum Inhibitory Concentration (MIC) and Minimum Bactericidal Concentration (MBC) of Antimicrobial peptides of *Saccharomyces boulardii* against Selected Pathogenic Strains. *Karbala International Journal of Modern Science*, 5(4). <https://doi.org/10.33640/2405-609x.1219>
- TÜİK (2017). Su ürünleri üretim miktarları. Türkiye İstatistik Kurumu. Alıntılanma adresi: <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>
- TÜİK (2022). Su ürünleri üretim miktarları. Türkiye İstatistik Kurumu. Alıntılanma adresi: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Su-%C3%9Cr%C3%BCnleri-2022-49678&dil=1>
- Uchida, M., & Miyoshi, T. (2013a). Algal Fermentation—The Seed for a New Fermentation Industry of Foods and Related Products. *Jarq-japan Agricultural Research Quarterly*, 47(1), 53–63. <https://doi.org/10.6090/jarq.47.53>
- Van Dijken, J. P., Weusthuis, R. A., & Pronk, J. T. (1993). Kinetics of growth and sugar consumption in yeasts. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 63(3–4), 343–352. <https://doi.org/10.1007/bf00871229>

- Vehapi, M., İnan, B., Yılmaz, A., & Özçimen, D. (2021). Antimicrobial activity of algal extracts against foodborne pathogens. *European Journal of Science and Technology*. <https://doi.org/10.31590/ejosat.931091>
- Velasco-Escudero, M., & Montoya-Ospina, R. A. (2022). Regulatory aspects of aquaculture feed manufacturing. In *Elsevier eBooks* (pp. 151–161). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-821598-2.00008-4>
- Wan, A. H. L., Davies, S. J., Soler-Vila, A., Fitzgerald, R., & Johnson, M. P. (2018). Macroalgae as a sustainable aquafeed ingredient. *Reviews in Aquaculture*, 11(3), 458–492. <https://doi.org/10.1111/raq.12241>
- Weil, C., Lefèvre, F., & Bugeon, J. (2012). Characteristics and metabolism of different adipose tissues in fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 23(2), 157–173. <https://doi.org/10.1007/s11160-012-9288-0>
- Wiszniewski, G., Jarmołowicz, S., Hassaan, M. S., Mohammady, E. Y., Soaudy, M. R., Łuczyńska, J., Tońska, E., Terech-Majewska, E., Ostaszewska, T., Kamaszewski, M., Skrobisz, M., Adamski, A., Schulz, P., Kaczorek, E., & Siwicki, A. K. (2019). The use of bromelain as a feed additive in fish diets: Growth performance, intestinal morphology, digestive enzyme and immune response of juvenile Sterlet (*Acipenser ruthenus*). *Aquaculture Nutrition*, 25(6), 1289–1299. <https://doi.org/10.1111/anu.12949>
- Wong, C. K., Ooi, V. E., & Ang, P. O. (2000). Protective effects of seaweeds against liver injury caused by carbon tetrachloride in rats. *Chemosphere*, 41(1–2), 173–176. [https://doi.org/10.1016/s0045-6535\(99\)00407-5](https://doi.org/10.1016/s0045-6535(99)00407-5)
- Wood, J., Enser, M., Fisher, A., Nute, G., Richardson, R., & Sheard, P. (1999). Manipulating meat quality and composition. *Proceedings of the Nutrition Society*, 58(2), 363–370. <https://doi.org/10.1017/s0029665199000488>
- Yadav, M. K., Khati, A., Chauhan, R. S., Arya, P., & Semwal, A. (2021). A Review on Feed Additives used in Fish Diet. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 6(2), 184–190. <https://doi.org/10.22161/ijeab.62.21>
- Yalçın, S., Uzun, M., Karakaş, Ö., Başkan, K. S., Okudan, E. Ş., & Apak, M. (2020). Determination of Total Antioxidant Capacities of Algal Pigments in Seaweed by the Combination of High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) with A Cupric Reducing Antioxidant Capacity (CUPRAC) Assay. *Analytical Letters*, 54(14), 2239–2258. <https://doi.org/10.1080/00032719.2020.1855439>
- Yan, Y., Kohli, A., & Koffas, M. (2005). Biosynthesis of Natural Flavanones in *Saccharomyces cerevisiae*. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(9), 5610–5613. <https://doi.org/10.1128/aem.71.9.5610-5613.2005>
- Yangthong, M., Hutadilok-Towatana, N., & Phromkunthong, W. (2009). Antioxidant Activities of Four Edible Seaweeds from the Southern Coast of Thailand. *Plant Foods for Human Nutrition*, 64(3), 218–223. <https://doi.org/10.1007/s11130-009-0127-y>
- Yap, W., Tay, V., Tan, S., Yow, Y., & Chew, J. (2019). Decoding Antioxidant and Antibacterial Potentials of Malaysian Green Seaweeds: *Caulerpa racemosa* and *Caulerpa lentillifera*. *Antibiotics*, 8(3), 152. <https://doi.org/10.3390/antibiotics8030152>

- Yuangsoi, B., Klahan, R., Charoenwattanasak, S., & Qin, L. (2018). Effects of supplementation of pineapple waste extract in diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) on growth, feed utilization, and nitrogen excretion. *Journal of Applied Aquaculture*, 30(3), 227–237. <https://doi.org/10.1080/10454438.2018.1439794>
- Zahra, R., Mehranian, M., Vahabzadeh, F., & Sartavi, K. (2007). Antioxidant activity of extract from a brown alga, *Sargassum boveanum*. *African Journal of Biotechnology*, 6(24), 2740–2745. <https://doi.org/10.5897/ajb2007.000-2438>



7. ÖZGEÇMİŞ

İlk ve orta öğrenimini Halep’te tamamladı. 2004 yılında girdiğim Halep Üniversitesi gıda mühendisliği Fakültesinden 2009 yılında mezun oldu.

2010-2012 yılları arasında Çevre Laboratuvarı bölümünde Toprak Analiz Şefi olarak çalıştı.

Bürsiyer TÜBİTAK projesi TR Aqua 1004 (22AG066).

8. TEZDEN TÜRETİLEN YAYIN VE ESERLER

Kabalatımardinli, Ş. & Güroy, D. (2023). Fermented marine algae source in aquaculture6th International Eurasian Conference on Biological and Chemical Sciences (EurasianBioChem 2023) October 11-13, 2023, Özet Bildiri Sözlü Sunum.

