



## Su Ürünleri Bileşenlerinin Bağışıklık Sistemi Üzerine Etkisi

Fahriye ÜMÜT<sup>1\*</sup>, Şengül BİLGİN<sup>1</sup>, Levent İZCİ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, Isparta-TÜRKİYE

\*Sorumlu yazar: fahriye.umut@gmail.com

### MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 29/06/2022

Kabul tarihi: 10/11/2022

**Anahtar Kelimeler:** Aminoasitler, Bağışıklık sistemi, Mineraller, Omega-3, Su ürünleri bileşenleri, vitaminler

DOI: 10.55979/tjse.1137563

### ÖZET

Bağışıklık sistemi, konağı tehdit edici patojen mikroorganizmalara karşı korumakla görevlidir. İyi bir bağışıklık sistemi, patojenik organizmalara karşı savunma sağlar ve gıda bileşenlerinin de katkısıyla direnç kazandırır. Yetersiz beslenme bağışıklık sistemini zayıflatır ve bireyi enfeksiyona karşı daha duyarlı hale getirir. Beslenmede su ürünleri, içerdiği besin bileşenlerinden dolayı insan beslenmesinde ve bağışıklık sistemi üzerindeki katkısı düşünüldüğünde önemli bir yere sahiptir. Su ürünleri- özellikle balık; çoklu doymamış yağ asitleri (omega-3 gibi), metionin, triptofan, taurin ve poliaminler gibi immün düzenleyici aminoasitleri, yağda çözünen A, D ve E vitaminlerini, suda çözünen B<sub>6</sub> ve B<sub>12</sub> vitaminlerini ve selenyum, fosfor, kalsiyum ve çinko gibi bağışıklığı güçlendirmek için önemli olan mineralleri içerir. Kabuklu su canlılarında bol bulunan karotenoidler de A vitamininin ön maddeleri olmaları nedeniyle vücut savunma sistemine katılan önemli bileşiklerdir. Bu çalışmada, su ürünleri besin bileşenlerinin bağışıklık sistemi üzerine etkileri incelenmiştir.

## The Effects Of Seafoods Components On Immune System

### ARTICLE INFO

Received: 29/06/2022

Accepted: 10/11/2022

**Keywords:** Amino acids, Immune system, Minerals, Omega-3, Sea food components, Vitamins

DOI: 10.55979/tjse.1137563

### ABSTRACT

The immune system is responsible for protecting the host against pathogenic microorganisms. A good immune system provides defense against pathogenic organisms and provides resistance with the contribution of food components. Malnutrition weakens the immune system and makes the individual more susceptible to infection. Seafood has an important place in human nutrition and immune system because of contains nutritional components in nutrition. Seafood - especially fish contains; polyunsaturated fatty acids (such as omega-3), immune-regulating amino acids such as methionine, tryptophan, taurine, and polyamines, fat-soluble vitamins A, D, and E, water-soluble vitamins B<sub>6</sub> and B<sub>12</sub>, and immunity-boosting such as selenium, phosphorus, calcium, and zinc important minerals. Carotenoids, which are abundant in shellfish, are important compounds that participate in the body defense system because they are the precursors of vitamin A. In this study, the effects of nutritional components of seafood on the immune system were investigated.

### 1. Giriş

Bağışıklık sistemi hem adaptif hem de doğuştan gelen mekanizmaları aktive ederek vücudu korumaktadır. Doğuştan gelen bağışıklık sisteminde, makrofajlar ve nötrofillere ilave olarak deri, bağırsak ve akciğer epitel hücrelerini de kapsayacak şekilde bakteri ve virüslere karşı hücrelerde bulunan bir sistem iken adaptif bağışıklık sisteminde, spesifik yanıt sağlayan ve gelişmesi zaman alan güçlü bir yanıt sistemidir (Bikle, 2011).

Bağışıklık sistemi, konağı zararlı çevresel etkenlerden, özellikle bakteri, virüs, mantar veya parazit şeklinde olan patojenik organizmalardan korumakla görevlidir. İnsan bağışıklık sistemi, olası tehditlerin üstesinden gelmek için, sayısız hücre tipini, moleküler iletişimi ve işlevsel tepkileri içerecek şekilde gelişmiştir. Bağışıklık sistemi her zaman aktiftir. Fakat bir kişi enfekte olursa bu aktivite artar. Bu yüksek aktiviteye, biyosentez ve düzenleyici moleküller için enerji kaynağı olan substratlar metabolizma hızının artması eşlik eder. Bu enerji kaynakları, substratlar ve düzenleyici moleküller nihayetinde diyetten elde edilir. Bu nedenle, bağışıklık sisteminin en iyi şekilde çalışmasını desteklemek için geniş bir besin yelpazesinin yeterli bir şekilde tüketilmesi şarttır (Calder, 2020).

Beslenme alışkanlıklarının bağışıklık sisteminin gelişimi ve işlevi üzerine etkisi büyüktür. Omega-3 yağ asitleri, metionin, triptofan, taurin gibi immün düzenleyici özellikleri olan bileşenlere sahip balığın düzenli tüketimi, kısa zincirli yağ asidi üreten bakteriler gibi bağırsak mikrobiyotasının yararlı üyelerinin çoğalmasına yardımcı olur (Mendivil, 2020). Balık, kabuklular, yumuşakçalar, derisidikenliler gibi su ürünleri, yenilebilir kısımda (fileto, karın kası gibi) insan beslenmesi için faydalı birçok besin bileşenini içerir. Omega-3 çoklu doymamış yağ asitlerinden eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA) gibi, selenyum, iyot, potasyum, sodyum gibi mineralleri D, A, E, B<sub>12</sub> vitaminlerini ve aminoasitlerden taurini içerirler (Oehlenschläger, 2012). Yumuşakçaların mükemmel bir B<sub>12</sub> vitamini, omega-3 yağ asitleri, kolin, demir, selenyum ve çinko kaynağı olduğu bildirilmiştir. Bazı kabuklu deniz ürünlerinin besin değeri, sığır eti, tavuk ve domuz eti gibi kara hayvanlarından protein kaynağı bakımından daha üstün olduğu belirtilmiştir (Wright vd., 2018). Bağışıklık sisteminin enerji ve besin ihtiyacı, dış kaynaklardan, yani diyetten veya diyet kaynakları yetersizse, vücut depoları gibi endojen kaynaklardan karşılanabilir. Bazı mikro besinler ve diyet bileşenleri, yaşam boyu etkili bir bağışıklık sisteminin geliştirilmesi ve sürdürülmesinde önemlidir (Childs vd., 2019). Balık ve diğer su ürünleri de

bu diyet bileşenlerinden olan; protein, lipid ve temel mikro besinler açısından yüksek bir besin değerine sahiptir (Tacon & Metian, 2013).

Bu derleme çalışmasında, su ürünlerinin sahip olduğu değerli ve besleyici bileşenlerin bağışıklık sistemi üzerine etkisi incelenmiştir.

## 2. Omega-3 Yağ Asitleri

Omega-3 yağ asitlerinin diyetle alınmasının kalp hastalığı riskini azalttığı, prostat ve meme kanseri gelişimini engellediği ve immünolojik fonksiyonların kaybını geciktirdiği bilinmektedir (Lewis vd., 2000). Aşırı doymamış omega-3 yağ asitleri bağışıklık sisteminin iyileştirilmesinde faydalıdır (Larsen, 2000; Turan vd., 2013).

EPA ve DHA omega-3 yağ asitleri birçok hastalığın önlenmesi ve tedavisinde önemlidir. Omega yağ asitlerinin genel olarak antioksidan, antiinflamatuvar, antikanser etkisi vardır. Omega-3 ve omega-6 çoklu doymamış yağ asitleri trombosit agregasyonunda, zara bağlı enzimlerin taşınmasında ve immün sistemin işleyişinde insanlar açısından önemli rol oynar (Salar & Ayşe, 2021). Ayrıca vücutta enfeksiyona ilk yanıt veren nötrofillerin işlevini de artırır. Nötrofiller, nötrofil göçünü, fagositik kapasiteyi ve mikropları öldürmek için reaktif serbest radikallerin üretimini teşvik ederek bağışıklık fonksiyonunu güçlendirir. Bu tür yağ asitlerinin bir başka görevi B hücrelerini aktive eder ve daha fazla antikor üretilir (Gutiérrez vd., 2019).

Omega-3 yağ asitleri, inflamasyonu azaltarak bununla ilgili bozukluklar üzerinde olumlu etkiler göstermektedir. Makrofajlar yoluyla sitokinlerin ve kemokinlerin üretilmesini sağlayarak bağışıklık sistemine destek olmaktadır (Önal & Demirci, 2020). Bunun yanında, omega-3, bağışıklık sisteminde kullanılan prostaglandinlerin sentezlenmesinde de görev alır (Çetin, 2020). Esansiyel yağ asidi türevidir olan omega-3 vücutta üretilmediği için besinlerle takviye edilmelidir. Bilinen en iyi omega-3 kaynağı ise balıktır (Mol, 2008; Çetin, 2020). Balık kasında omega-3 çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) oranına bakıldığında; uskumru, ringa ve somon gibi yağlı balıklarda morina, mezigit ve pisi gibi az yağlı balıklara göre daha yüksektir. Bunun yanında, yengeç, karides ve istakoz gibi kabuklu deniz ürünleri düşük seviyelerde omega-3 çoklu doymamış yağ asitlerine rastlanır (Shahidi, 2011; Hosomi vd., 2012). Bunların dışında mikroalgler, omega-3 PUFA'nın birincil üreticileridir ve balıklardan elde edilen omega-3 için alternatif kaynaklardır. Ayrıca, mikroalg kullanımının kontrollü kültür koşullarında üretilmesi, kontaminasyon olmaması, fitosteroller, karotenoidler, vitaminler ve antioksidanlara da sahip olması gibi birçok avantajı vardır (Ryckebosch vd., 2012). Bazı mikroalglerden elde edilen omega-3 yağ asitlerinin incelendiği bir çalışmada, *Isochrysis* (DHA) *Nannochloropsis*, *Phaeodactylum* (EPA), *Pavlova* ve *Thalassiosira*'dan (EPA ve DHA) elde edilen mikroalg yağlarının, 'altın standart' olarak kullanılan balık yağına alternatif yeterli miktarda omega-3 içerdiği gösterilmiştir. Ayrıca mikroalg yağı tüketiminde sterol ve

karotenoid alımını da sağlanmaktadır (Ryckebosch vd., 2014). Başka bir çalışmada ise mikroalglerden elde edilen omega-3 yağ asitlerinin gıda olarak daha yoğunlukta kullanılması ve tüketilmesi önerilmiştir (Barta vd., 2021). Omega-3 çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) güçlü immünmodülatör aktiviteye sahiptir ve diyetle alındığında bağışıklığa olumlu etkileri olduğu belirtilmiştir (Özsoy & Saka, 2021).

Yapılan bir çalışmada yumurtlayan tavuklarda farklı tipteki çoklu doymamış yağ asitlerinin bağışıklık sistemi ve Prostaglandin E2 sentezi üzerine etkisi araştırılmıştır. Sonuç olarak diyetle alınan omega-3 yağ asitlerinin humoral bağışıklığına olumlu etkisi olduğu gözlenmiştir. Diyetle alınan çoklu doymamış yağ asitlerinin tavuklarda eikosanoid sentezini modüle ederek doğuştan gelen ve sonradan kazanılmış bağışıklığı etkilediği görülmüştür (Guo vd., 2004). Buna benzer başka bir çalışmada, balık ve domuz yağı bakımından zengin bir diyetle beslenen fareler karşılaştırıldığında, balık yağı içeren diyetle beslenen farelerin yağ dokusunda ve mikrobiyotalarında inflamasyonların belirgin şekilde azaldığı gözlenmiştir. Ayrıca balık yağı diyeti dolaşımdaki proinflamatuvar bakteri alt ürünlerinin azalmasına neden olmuştur (Caesar vd., 2015).

Diyetin metabolik ve kardiyovasküler sağlığı etkilemede önemli bir rolü vardır. Son yıllarda da çoklu doymamış yağ asitlerinden özellikle EPA ve DHA'nın bağışıklığı güçlendirmedeki rolü ve bağışıklık hücreleri üzerindeki etkileriyle ilgili değerlendirmeler yapılmıştır (Kumar vd., 2019).

Sağlıklı insanlarda bağışıklığın EPA'nın dozuna bağlı etkilerinin incelendiği bir çalışmada, 12 hafta boyunca farklı dozlarda genç ve yaşlı bireylere kapsül verilmiştir. Sonuç olarak, EPA'nın genç bireylerde doğuştan gelen bağışıklık tepkisinin belirli bir doza kadar etkilenmediği, yaşlı bireylerde ise EPA'nın bağışıklık etkilerine daha duyarlı olduğu saptanmıştır (Rees vd., 2006). EPA,  $\gamma$ -linolenik asit, stearidonik asit kombinasyonlarının sağlıklı genç erkeklerde bağışıklık fonksiyonu üzerine yapılan başka bir çalışmada, 2 g/d EPA veya  $\gamma$ -linolenik asit alımlarının insan bağışıklık fonksiyonu üzerinde önemli etkiler yaratmadığı belirtilmiştir. Fakat EPA alımındaki artışın bağışıklığı olumlu yönde etkilediği sonucuna varılmıştır (Miles vd., 2004). Çoklu doymamış asitleri alımının bağışıklığa etkisinin incelendiği bir çalışmada, bebeklerde EPA, DHA ve araşidonik asit alımının bağışıklığı iyileştirdiği, alerji ve solunum sistemi hastalıkları riskini de azalttığı bildirilmiştir (Miles vd., 2021). Buna benzer başka bir çalışmada, bebeklerde çoklu doymamış yağ asitlerinin etkileri incelenmiştir. Hamilelik döneminde diyetle alındığında ve bebeklerde bağışıklığı iyileştirdiği, alerji ve enfeksiyonları önlediği belirtilmiştir (Gottrand, 2008). Yeterli dozda çoklu doymamış yağın immünolojik gelişime fayda sağladığı ve hastalık riskini azaltabileceği bildirilmiştir (Venter vd., 2020). Diyetle alınan yağ asitlerinin (EPA, DHA gibi) inflamatuvar ve tolerojenik bağışıklık tepkilerinin gelişimini etkileyeceği, astım, gıda alerjisi ve atopik dermatitin önlenmesinde de faydalı olabileceği belirtilmiştir (Venter vd., 2019).

Amerika ve Japonya'da Covid-19 enfeksiyonu üzerine beslenmeye dayalı yapılan bir araştırmada Amerika'da doymuş yağ tüketiminin daha fazla, EPA/DHA alımının daha az düzeyde olduğu ve buna bağlı olarak obezitenin çok yüksek seviyelerde bulunduğu belirlenmiştir. Obezitenin bağışıklık sistemini zayıflattığı ve bunun sonucunda Amerika'da daha yüksek oranlarda Covid-19 vakası görüldüğü ifade edilmiştir. Çalışmada Japon halkının 1.5 kat daha az oranda Covid-19'a yakalandığı, bunun da güçlü bağışıklık sistemine bağlı olduğu vurgulanmıştır. Japon beslenme alışkanlıklarının Covid-19 önleyici besin açısından yoğun bir beslenme düzenine yakın olduğu belirtilmiştir (Kagawa, 2022).

### 3. Aminoasitler

Aminoasitler (arjinin gibi), DNA replikasyonunun ve hücre bölünmesinin düzenlenmesinde rol alan poliaminlerin sentezi için gereklidir. Çeşitli mikro besinlerin (demir, folat, çinko, magnezyum gibi) ve nükleik asitlerin sentezinde rol oynar. Bazı besinler (A ve D vitaminleri gibi) ve bunların metabolitlerinin, bağışıklık hücrelerinde düzenleyici görevleri vardır. Bağışıklık hücrelerinin olgunlaşması, farklılaşması ve yanıt vermesinde önemli rol oynarlar (Calder, 2020). Arjinin, asparajin, glutamin, treonin, triptofan ve tirozin gibi aminoasitlerin bağışıklığı düzenleyici fonksiyonları olduğu bildirilmiştir (Wu, 2009). Aminoasit ve mineral kompozisyonunun incelendiği bir çalışmada, balıklarda, kabuklularda ve yumuşakçalarda en yüksek arjinin değerlerinin sırasıyla kırmızı akrep balıklarında 2242.19 mg/100 g, dikenli istakozda 2012.66 mg/100 g ve deniz salyangozunda 1212.58 mg/100 g olduğu saptanmıştır (Özden & Erkan, 2011). Karadeniz'de *Sciaena umbra* balığının aminoasit içeriğinin incelendiği bir çalışmada, balık etinde en çok bulunan amino asitler sırasıyla glutamik asit (%13.88), lizin (%10.43), aspartik asit (%9.62), lösin (%8.32) ve glisin (%6.87) olarak bulunmuştur. Bu beş amino asit, toplam amino asit miktarının %49'undan fazlasını oluşturduğu belirtilmiştir (Bilgin vd., 2020). Balık etinin aminoasit bileşimi insan beslenmesinde oldukça önemlidir. Hem kültür balıkçılığı hem de avlanan balık türlerinin önemli seviyelerde esansiyel amino asitler (izolösin, lösin, lizin, metionin, fenilalanin, treonin, triptofan ve valin), yarı esansiyel amino asitler (arginin ve histidin) ve insan vücudu için esansiyel olmayan aminoasitlere sahip olduğu bildirilmiştir (Kim & Lall, 2000; Erkan vd., 2010; Özden & Erkan, 2011). Çiftlikten toplanan çipuraların aminoasit içeriğinin incelendiği bir çalışmada yüksek besin kalitesine sahip olduğu ve iyi bir protein kaynağı olarak kabul edilebileceği belirtilmiştir (Öztek vd., 2020). 27 farklı balık türünün aminoasit bileşimlerinin analizi sonucunda, soğuk su türlerinin lizin ve aspartik asit, deniz balıklarının lösin, küçük yerli balıkların histidin, sazan ve yayın balıklarının glutamik asit ve glisin açısından zengin olduğu vurgulanmıştır (Mohanty vd., 2014). Portekiz kıyılarından toplanan bazı deniz yosunlarının protein içeriği en yüksek kırmızı deniz yosunlarında (19.1-28.2 g/100 g), ardından yeşil deniz yosunu *Ulva* spp. (20.5-23.3 g/100 g) ve en düşük ise kahverengi deniz yosunlarında (6.90-19.5 g/100 g) olduğu saptanmıştır. Triptofan, metionin ve lösin aminoasitlerinin

tüm türlerde sınırlayıcı esansiyel aminoasit olduğu belirtilmiştir. Lizin, özellikle kırmızı (%2.71-3.85 protein) ve yeşil (%2.84-4.24 protein) deniz yosununda yüksek konsantrasyonlarda olduğu bildirilmiştir (Vieira vd., 2018).

Balıklardan elde edilen proteinler, peptidler ve amino asitlerin sağlık üzerinde olumlu etkilerinin olduğu bilinmektedir (Khalili Tilami & Sampels, 2018). Balık proteinleri, yüksek biyolojik değere sahip tüm gerekli amino asitleri doğru orantılı olarak içerir. Özellikle lizin ile birlikte metiyonin ve sistein gibi kükürt içeren bitki proteininde bulunmayan aminoasitlere sahiptir (Pal vd., 2018). Kabuklu deniz ürünleri ise genel olarak sindirilebilir proteinleri, esansiyel amino asitleri ve biyoaktif peptitleri içerir (Venugopal & Gopakumar, 2017). Aminoasit eksikliğinin bağışıklık fonksiyonunu bozduğu, hayvanların ve insanların bulaşıcı hastalıklara karşı duyarlılığını artırdığı bildirilmiştir. Proteince yetersiz beslenme, plazmadaki çoğu aminoasit konsantrasyonunu azaltır. Bu yüzden aminoasitlerin beslenmede önemli bir rolü olduğu belirtilmiştir (Li vd., 2007).

Ruth & Field (2013), hem oral hem de parenteral beslenme çalışmalarında, spesifik diyet amino asitlerin (özellikle glutamin, glutamat ve arjinin ve metiyonin, sistein ve treonin) mevcudiyetinin bağışıklığı optimize etmek için gerekli olduğuna dair kanıtlar sunmuşlardır. Bu aminoasitlerin her biri, bağırsağın bütünlüğünü, büyümesini ve işlevini korumanın yanı sıra, inflamatuvar sitokin salgılanmasını normalleştirmeyi ve T-lenfosit sayılarını artırmayı, spesifik T hücre işlevlerini ve lamina propria hücreleri tarafından İmmunoglobulin A salgılanmasını sağlamak için eşsiz özelliklere sahip olduğu vurgulanmıştır.

### 4. Vitamin ve Mineraller

Balık, D vitamini, selenyum, fosfor ve kalsiyum gibi mineraller bakımından zengin bir kaynaktır (Khalili Tilami & Sampels, 2018). Ayrıca sahip olduğu A ve E vitaminleri ve çinko, selenyum gibi iz elementlerin insan bağışıklık sistemini desteklemede önemli rolü olduğu yapılan bazı çalışmalarda yer almıştır (Güngör vd., 2020). A vitamini, bağışıklık sisteminin geliştirilmesinde, hücre bağışıklık ve humoral bağışıklık süreçlerinde düzenleyici rol oynamaktadır (Huang vd., 2018). D vitamini, vücutta sentezi güneş ışığı yardımıyla olan bir besin ögesidir (Büyükdere & Mutlu, 2019). Bilinen öne çıkan özelliği iskelet sistemi üzerinde olumlu etkileridir (Bikle, 2011; Pandolfi vd., 2017; Büyükdere & Mutlu, 2019;). Son zamanlarda bağışıklık sistemi ve enfeksiyon hastalıkları üzerindeki etkileri ön plandadır ve insan bağışıklık yetmezlik virüsü enfeksiyonu (HIV) üzerinde olumlu etkileri bulunmaktadır (Büyükdere & Mutlu, 2019). Bikle (2011), D vitamini eksikliğinin tüberküloz gibi bulaşıcı hastalıklara, tip 1 diyabete ve multipl skleroz hastalığı (MS) gibi otoimmün hastalıklara yatkınlığın anlaşılmasında hastalık süreçlerine bağlı olarak önemli katkılara sahip olduğunu; Almohanna vd. (2019) ise bazı otoimmün hastalıklarda D vitamini seviyesinde düşüklüklerin olduğunu bildirmiştir. Shakoov vd. (2021) C,

D ve E vitaminlerinin bulaşıcı hastalıklarda yararlı olan immünomodülatör etkilere sahip olduğunu, günümüzde yaşanmakta olan ve halen etkilerini hissettiğimiz Covid-19 salgınında gerek hastalık sürecinde gerekse hastalıktan önce yeterli miktarda alınmasının uygun olduğunu ifade etmişlerdir. A vitamini (retinol) ve D vitamininin de yağlı balıklarda yüksek oranda bulunduğu bilinmektedir (Öksüz vd., 2015). Aynı zamanda D vitamini gereksinimi de yağlı balık tüketimiyle sağlanabilir. Morina balığı yağı, somon, sardalya gibi balıklar en iyi kaynaklardır. Bunun için de haftada 3-4 kez yağlı balık tüketimi önerilmektedir (Baysal, 2014).

Balık eti B grubu vitaminlerinden; B<sub>1</sub> (tiyamin), B<sub>2</sub> (riboflavin), B<sub>3</sub> (niasin), B<sub>6</sub> (pidoksin) ve özellikle B<sub>12</sub> (kobalamin) bakımından oldukça zengindir (Gil & Gil, 2015). B<sub>12</sub> vitamini, hücre bölünmesinden ve büyümesinden sorumlu olduğu için bağışıklık fonksiyonunda da önemli bir rol oynar. B<sub>12</sub> yetersiz olduğunda, beyaz kan hücreleri olgunlaşamaz ve çoğalamaz (Alpert, 2017). Bunun yanında B<sub>6</sub> vitamini takviyesinin bağışıklık sistemi üzerine etkisini inceleyen bir çalışmada, farelere B<sub>6</sub> vitamini verilmiştir. B<sub>6</sub> vitamini eksikliğinin bağışıklığı olumsuz yönde etkilediği ve yeterli dozda B<sub>6</sub> takviyesinin ise bağışıklığı güçlendirdiği sonucuna varılmıştır (Qian vd., 2017).

Kabuklu deniz ürünleri B<sub>12</sub> vitamini ve diğer vitaminleri, bakır, çinko, sodyum, potasyum ve selenyum gibi bazı mineralleri içerir (Venugopal & Gopakumar, 2017). Midye, içerdiği A vitamini ve B<sub>12</sub> vitaminleriyle bağışıklık sistemini destekler (Güngörür & Mol, 2019). Midyeye benzer şekilde İstiridyede içerdiği A vitamini sayesinde dokuları tamir eder, cilt ve gözlerde faydalıdır, bağışıklık sistemini güçlendirir, kan hücrelerinin oluşumuna yardımcı olur. İstiridyede, midye, deniz tarağı, kerevit, karides, ıstakoz, yengeç ve mürekkep balığının da içerdikleri selenyum sayesinde metabolize ve immün sistemi güçlendirici etkileri vardır (Altun, 2004).

Palamut (*Sarda sarda*) ve İstavrit (*Trachurus trachurus*) balıklarının mineral içeriğine ilişkin yapılan bir çalışmada sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, demir, çinko, iyot ve selenyumun en fazla miktarda bulunan elementler arasında olduğu tespit edilmiştir (Özden, 2010). Ticari öneme sahip deniz levreği (*Dicentrachus labrax*), çipura (*Sparus aurata*) ve sinarit (*Dentex dentex*) balıklarında potasyum, magnezyum, fosfor, iyot ve selenyum öne çıkan mineraller arasında belirtilmiştir (Özden & Erkan, 2008). Kabuklu su ürünleri demir, magnezyum ve çinko yönüyle zengin içeriğe sahiptir (İrkin, 2022). Makroalglerden deniz marulunun (*Ulva lactuca*) makro elementler (C, N, P, Ca, Na, K, Mg) ve mikro elementler (Fe, Zn, Co, Mn, I) açısından günlük diyet mineral alımında yeterli olduğu vurgulanmıştır (Roleda vd., 2021).

Selenyum elementi, antioksidan savunma ve immün sistemin düzenlenmesi başta olmak üzere vücutta birçok mekanizmada önemli rolü olan ve birçok enzime kofaktör olarak katılan esansiyel bir mineraldir. Selenyum eksikliğinde immün sistem hastalıklarıyla karşılaşılabilir (Kangalgil & Yardımcı,

2017). Selenyum, Brezilya fıstığı, tavuk, balık, hindi, yengeç, fındık, tahıl ve yumurtada bulunan esansiyel bir mikro besindir (Rocourt & Cheng 2013). Filippini vd. (2018) selenyum kaynağının balık ve su ürünleri başta olmak üzere, süt ve tahıllarda da yer aldığını bildirmişlerdir. Şimşek vd. (2004), selenyumun deniz balıklarında tatlı su balıklarından 2 kat daha fazla olduğunu saptamışlardır. Selenyumun ısıtma işlemi uygulanmasıyla kayıplara uğradığı bildirilmiştir. Fakat su ürünlerinde pişirme ile oluşan kayıpların daha az olduğu belirtilmiştir (Rayman, 2008). Bağışıklıkta etkili olan bir diğer mineral ise çinkodur. Çinko homeostazı, bağışıklık sisteminin yeterli işlevde olması için çok önemlidir. Çinko eksikliği ya da fazlalığı, bağışıklık hücre sayılarında ve aktivitelerinde ciddi rahatsızlıklara neden olabilmektedir (Maywald vd., 2017). Rink & Haase (2007) bağışıklık sisteminin gelişimi ve düzenlenmesi için en önemli minerallerden birinin çinko olduğunu belirtmişlerdir. Başlıca çinko kaynakları et (kırmızı), kümes hayvanları, balık ve deniz ürünleri, bütün tahıllar ve süt ürünleri (Das & Green 2013; Khanam, 2018) olarak sıralanabilir. Bağışıklık sisteminde önemli bir role sahip karides, ıstakoz, yengeç, somon ve kabuklu deniz ürünleri de çinko içermeleri bakımından önemlidir (Augusta vd., 2021). Çinko iz element olup esansiyel karakterdedir. Bağışıklık sisteminde rol alan enzim sistemleri için gerekli bir elementtir (Doğan, 2020).

## 5. Pigment Maddeleri

Doğada pigment maddeleri klorofiller, karotenoidler, antosiyaninler, betalainler, hemoglobin ve myoglobin olmak üzere 6 farklı gruptan oluşmuştur. Karotenoidler genellikle bitki yapraklarında, meyvelerde, çiçek ve köklerde bulunan aynı zamanda karides, yengeç, somon balığı gibi hayvanlarda da bulunabilen pigmentlerdir. Yosunlarda da varlığı saptanmıştır. Sadece bitkiler tarafından sentezlenebilen bu pigment hayvanlara beslenme yolu ile transfer olmaktadır. Karotenoidler A vitamininin ön vitamini görevini üstlendiklerinden beslenme açısından önemlidir. Bu özellik karotenoidlerin büyük bir bölümünü oluşturan  $\beta$ -karoten ile ilgilidir.  $\beta$ -karotenin antikanserojen etkisinin de bulunduğu, alfa karoten ve betakarotenin hücre savunma sistemine katıldıkları bildirilmiştir (Bilişli, 2009).

Hosomi vd. (2012) karotenoid pigmentinin yağda çözülebilen, sarı-turuncu renkli bir pigment olup antioksidan özellikli olduğunu bildirmiştir. Aynı çalışmada karotenoidler grubundan olan astaksantin somonlarda, ıstakoz ve diğer deniz kabuklularında bulunduğu ve oksidatif stres, inflamasyon ve lipide mi üzerinde etkili olduğu ifade edilmiştir. Özoğul, (2019) karotenoid ve karotenoproteinlerin kabuklu su canlılarının iskeleti ve balıklarda renkten sorumlu olduğunu, provitamin A aktivitesinde önemli olduğunu, diyetlerde karotenoidlerce zengin beslenmenin Alzheimer ve Parkinson riskini azalttığını bildirmiştir.

Bazı kırmızı deniz yosunları bileşimlerine bağlı olarak potansiyel fonksiyonel gıda olarak tanımlanabilir. Kırmızı deniz yosunları (Rhodophyta), yeni doğal besinler ve biyoaktif bileşiklerin araştırılması için gıda ve ilaç

endüstrisinde önemli yere sahip olmuştur (Cian vd., 2015). Kırmızı deniz yosunlarından da elde edilen astaksantin, birçok organizmada doğal olarak bulunan kırmızı renkli bir pigmenttir. Özellikle kabuklu deniz ürünleri, somon, ıstakoz, karides, flamingo, kırmızı okyanus bitkilerinde bulunan ksantofil grubu bir karotenoiddir. İnsan üzerine yapılan çalışmalarda, kullanılan astaksantin kuvvetli bir antiinflamatuvar ve antioksidan etkisinin olduğu belirtilmiştir (Arpacı & Ayaz, 2011).

Astaksantin, nutrasötik, kozmetik ve gıda endüstrilerinde önemli bir yere sahiptir. *Haematococcus pluvialis* en zengin doğal astaksantin kaynağıdır ve endüstriyel ölçekte yetiştirilmektedir. Astaksantin, güçlü bir renklendirici ajan ve güçlü bir antioksidandır. Bu güçlü antioksidan aktivitesi özelliğiyle anti-inflamatuvar olup insan sağlığında rol oynamaktadır (Guerin vd., 2003). İnsanlarda bağışıklığı modüle ettiği, kanser hücrelerinin büyümesini engellediği ve bakteriyel yükü azalttığı bildirilmiştir (Park vd., 2010). Köpeklerde astaksantinle beslenmede bağışıklığın arttığı sonucuna varılırken (Chew vd., 2011), kedilerde yapılan başka bir çalışmada diyetle alınan astaksantin, plazma immunoglobulin G ve immunoglobulin M konsantrasyonlarını artırdığı belirtilmiştir. Astaksantin humoral bağışıklık tepkilerini artırdığı bildirilmiştir (Park vd., 2011).

Mavi-yeşil alglerden olan *Spirulina*, inflamatuvar etkiyi azaltabilen ve aynı zamanda antioksidan etkiler gösterebilen iplikli bir mikroalg türüdür. Önemli oranda protein, A, C, E, B, K vitaminleri içerir. Aynı zamanda esansiyel aminoasitler, mineral madde, esansiyel yağ asitleri, antimikrobiyal ve antioksidan madde ihtiva eder. Antioksidan özellik yüksek oranda içerdiği fikosiyanın pigmentiyle ilişkilidir (Özoğul vd., 2021). Beslenme açısından da önemi olan bu siyanobakteri türünün insan ve hayvanlarda antikanser özelliğinin olduğu, güçlü bir bağışıklık koruyucu etkisinin bulunduğu, besin olarak düşük dozlarda alındığında bağışıklık sisteminde onarıcı etki yaptığı bildirilmiştir (Özoğul, 2018). *Spirulina*'nın, anemi öyküsü olan yaşlı bireyleri kapsayan bir çalışmada, her iki cinsten 50 yaş ve üstü, önemli kronik hastalık öyküsü olmayan 40 gönüllü üzerinde araştırma yapılmıştır. Bağışıklık fonksiyonunun bir işareti olarak tam hücre sayımı ve indolamin 2,3-dioksijenaz (IDO) enzim aktivitesi belirlenmiştir. *Spirulina* takviyesinin 6. ve 12. haftalarda IDO aktivitesi ve beyaz kan hücreleri sayısının arttığı gözlenmiştir. Sonuç olarak *Spirulina*'nın, yaşlı kişilerde anemi ve bağışıklık üzerinde iyileştirici etkisi olduğu gözlenmiştir (Selmi vd., 2011).

*Spirulina* hakkında yapılmış başka bir çalışmada, 250 erkek ve 250 dişi civciv olmak üzere ortalama 17 günlük toplam 500 civcive *Spirulina* takviyesi yapılmıştır. *Spirulina* takviyesi yapılan gruplarda stres hormonunun azaldığı, humoral bağışıklığın ve antioksidan durumunu artırdığı tespit edilmiştir (Mirzaie vd., 2018). Yine benzer bir çalışmada, *Spirulina* takviyesinin kuzularda antioksidan ve bağışıklık sistemini güçlendirdiği sonucuna varılmıştır (El-Sabagh vd., 2014).

*Chlorella vulgaris* (Chlorophyta) alternatif gıda takviyesi olarak değerlendirilebilen bir mikroalgdir. Yapılan bir

çalışmada bu türün hipokolesterolemik, hepatoprotektif, immonomodülatör ve antiinflamatuvar özellikleri bulunduğunu ifade edilmiştir (Coelho vd., 2022).

Su ürünleri yetiştiriciliğinde hem immunositümülant hem de sindirilebilirliği düzenleyici olarak bazı mikroalg türlerinin (*Chlorella*, *Nannochloropsis gaditana*, *Tetraselmis chuii*, *Phaedactylum tricornutum*, *Dunaliella salina*) yemlerde takviye olarak kullanılabilceği bildirilmektedir (Mishra vd., 2022).

Esmer alglerden (*Phaeophyta*) *Laminaria japonica* polisakkaritinin yapısal tanımlaması ve immün sistemi uyarıcı aktivitesi üzerine yapılan bir çalışmada, farmakolojik testler sonucunda immünoestimülasyon üzerinde faydalı etkilere sahip olduğu belirtilmiştir (Zha vd., 2015). Kırmızı alglerden (*Rhodophyta*) *Gracilaria gracilis* tozu ile beslenen zebra balığının (*Danio rerio*) mukozal bağışıklık parametrelerinin bağışıklık sistemi ve büyüme performansına etkileri araştırılmış ve bağışıklık üzerine uyarıcı etkilerinin olduğu tespit edilmiştir (Hoseinifar vd., 2018). Yeşil alglerden (*Chlorophyta*) olan *Caulerpa racemosa*'dan elde edilen peltata polisakkaritinin yapısal karakterizasyonu ve immünoestimülasyon aktivitesi incelenmiş ve immün sistem üzerine önemli etkileri olduğu saptanmıştır (Hao vd., 2019). *Enteromorpha prolifera*'dan elde edilen polisakkaritlerin normal farelerde güçlü immünoomodülatör özellikler sergilediğini ve gıda ve ilaç endüstrilerinde potansiyel bir immünoestimülant olarak kullanılabilceği bildirilmiştir (Wei vd., 2014). *Ulva lactuca*'nın antitümör ve immün sistemi uyarıcı aktiviteleri hakkındaki ilk rapora göre *Ulva lactuca*'nın hem antitümör hem de immün sistemi uyarıcı ajan olarak faydalı olabileceği belirtilmiştir (Lee vd., 2004). Buna benzer bir çalışmada *Ulva lactuca*'nın ekstrakte edilmiş fraksiyonlarının, sitotoksisteyi ve bağışıklığı uyarıcı aktivitesi incelenmiştir. Sonuçta, doğal bir kanser önleyici ve bağışıklık uyarıcı ajanlar için yarar sağlayacağı belirtilmiştir (Jang vd., 2006). Ayrıca *Ulva lactuca*'nın fonksiyonel olarak gıdalarda kullanımı ve içerdiği besin elementleriyle beslenmede önerildiği yapılan bazı çalışmalarda yer almaktadır (Tabarsa vd., 2012; Rasyid, 2017; Dominguez & Lorete, 2019; Udayangani vd., 2019). *Gracilaria edulis*, *Ulva lactuca* ve *Sargassum* sp. yenilebilir deniz yosunları arasında yer alıp değerli besin profiline sahip oldukları bildirilmiştir (Debbarma vd., 2016).

Kahverengi deniz alglerinden olan *Sargassum* spp. Kore, Çin ve Japon mutfaklarında sıkça kullanılmaktadır. Bir besin kaynağı olmasının dışında, *Sargassum* spp. biyoaktif bileşiklerce zengin bir kaynaktır. İzole edilmiş bu biyoaktif bileşenler arasında sülfatlanmış polisakkaritler sağlığa faydaları bakımından önemlidir (Sanjeeva vd., 2018). Borazjani vd. (2018) bir çalışmada, *S. angustifolium*'dan ayrılan suda çözünür polisakkaritlerin immünoomodülatör özelliğe sahip olduğunu belirtmişlerdir.

## 6. Sonuç

Bu çalışmada su canlılarının içermiş olduğu bileşenlerin bağışıklık sistemi üzerindeki etkileri literatür çalışmalarına dayalı olarak biraraya getirilmiştir. Sonuç olarak; beslenmemizde balık yağı alımının inflamasyonu azalttığı ve antikor üretimini tetiklediği görülmüştür. Su ürünlerinde bulunan aminoasitlerin bağışıklık hücrelerinin olgunlaşması, farklılaşması ve yanıt vermesinde etkili olduğu, eksikliğinde bağışıklığın bozulduğu, kısacası bağışıklık düzenleyici özelliğe sahip olduğu belirtilmiştir. Bağışıklık sistemini desteklediği bilinen A, B, E vitaminlerinin su ürünlerinde yüksek oranlarda bulunduğu, B<sub>12</sub> yetersizliğinde beyaz kan hücrelerinin olgunlaşmadığı, B<sub>6</sub> alımının ise bağışıklığı güçlendirdiğine değinilmiştir. D vitamininin sadece iskelet metabolizması için değil, aynı zamanda immünomodülatör rolüne dikkat çekilmiş olup hayvansal su ürünleri yağlarının D vitamini için önemli bir kaynak oluşturduğu vurgulanmıştır. Su canlılarının yine bağışıklık destekleyici olan çinko ve selenyum bakımından zengin kaynaklar olduğu söylenebilir. Bazı su canlılarında (kabuklu deniz canlıları, Rhodopyta, somon) yüksek oranda bulunan astaksantin pigmentinin antiinflamatuvar ve antioksidan özellikte olduğu, insanlarda bağışıklığı modüle ettiğine dikkat çekilmiştir. Besin zincirinin en tabanında bulunan ve bu yüzden de hayati öneme sahip bazı mikroalg türlerinin (*Chlorella*, *Nannochloropsis*, *Tetraselmis*, *Spirulina*, *Phaedactylum*, *Dunaliella*) bağışıklık sistemini koruyucu ve güçlendirici etki gösterdiği belirtilmiştir. Makroalgler grubundan bazı türlerin ise (*Gracilaria gracilis*, *Sargassum spp.*, *Caulerpa racemosa*, *Ulva lactuca*, *Enteromorpha prolifera*) yapılan çalışmalarda immünomodülatör, immünoestimülatör özellik gösterdikleri tespit edilmiştir.

Bağışıklık sisteminin önemi son dönemde yaşadığımız Covid-19 salgınında daha iyi anlaşılmıştır. Özellikle bulaşıcı hastalıklarda bağışıklık sistemimizin güçlü olması hastalığı hafif atlatmaya yardımcı olmaktadır. Bu bağlamda hem var olan bağışıklık güçlendirici gıdalar hem de bu çalışmada ortaya konulan alternatif bağışıklık destekleyiciler ile hekim kontrolü altında vücudun kuvvetlendirilmesi gereklidir. Bu alternatif ürünlerin daha yaygın kullanımı için testlere tabi tutulması, kullanım amacı ve oranının belirlenmesi, tüm bunlar yapılırken türlerin sürdürülebilirliğinin sağlanması göz önünde bulundurulmalıdır.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

## 7. Kaynaklar

Almohanna, H. M., Ahmed, A. A., Tsatalis, J. P., & Tosti, A. (2019). The Role Of Vitamins And Minerals In Hair Loss: A Review. *Dermatology and Therapy*, 9(1), 51-70.

- Alpert, P. T. (2017). The role of vitamins and minerals on the immune system, *Home Health Care Management & Practice*, 29(3), 199-202. <https://doi.org/10.1177/1084822317713300>
- Altun, T., Usta, F., Çelik, F., & Danabaş, D., (2004). Su Ürünlerinin İnsan Sağlığına Yararları, *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, 3, 11-18.
- Arpacı, N., & Ayaz, A. (2011). Astaksantin ve Sağlık. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 39(1-2), 67-74.
- Augusta S., P., Nurkolis, F., Mayulu, N., Astuti Taslim, N., Silvia Wewengkang, D., Rotinsulu, H., & Rahimi Bahar, M. (2021). Seafood Product Innovation Movement: As A Student In The New Normal Era. *Academia Letters*, 2.
- Barta, D. G., Coman, V., & Vodnar, D. C. (2021). Microalgae as sources of omega-3 polyunsaturated fatty acids: biotechnological aspects. *Algal Research*, 58, 102410. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102410>
- Baysal, A. (2014). D vitamini ve Sağlığımız. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 42(2), 89-90.
- Bikle, D. D. (2011). Vitamin D regulation of immune function. *Vitamins & Hormones*, 86, 1-21. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386960-9.00001-0>
- Bilgin, Ö., Maviş, M. E., & Göksu-Gürsu, G. (2020). amino acid content in muscle tissue of the Brown Meagre, *Sciaena umbra* Linnaeus, 1758 (Pisces: Sciaenidae) as candidate species for aquaculture in the Black Sea, Turkey. *Pakistan Journal Of Marine Sciences*, 29(1), 29-38.
- Bilişli, A. (2009). *Gıda Kimyası*. İzmir, Sidas Yayıncılık.
- Borazjani, N. J., Tabarsa, M., You, S., & Rezaei, M. (2018). Purification, molecular properties, structural characterization, and immunomodulatory activities of water soluble polysaccharides from *Sargassum angustifolium*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 109, 793-802. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.11.059>
- Büyükdere, Yücel., & Akyol Mutlu, Aslı. (2019). D vitamini ve enfeksiyon hastalıkları. *Türkiye Klinikleri*, 5(3), 39-45.
- Caesar, R., Tremaroli, V., Kovatcheva-Datchary, P., Cani, P. D., & Bäckhed, F. (2015). Crosstalk between gut microbiota and dietary lipids aggravates WAT inflammation through TLR signaling. *Cell Metabolism*, 22(4), 658-668. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cmet.2015.07.026>
- Calder, P. C. (2020). Nutrition, immunity and COVID-19. *BMJ Nutrition, Prevention & Health*, 3(1), 74. <https://doi.org/10.1136/bmjnp-2020-000085>
- Chew, B. P., Mathison, B. D., Hayek, M. G., Massimino, S., Reinhart, G. A., & Park, J. S. (2011). Dietary astaxanthin enhances immune response in dogs. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 140(3-4), 199-206.
- Childs, C. E., Calder, P. C., & Miles, E. A. (2019). Diet and immune function. *Nutrients*, 11(8), 1933. <https://doi.org/10.3390/nu11081933>
- Cian, R. E., Drago, S. R., De Medina, F. S., & Martínez-Augustin, O. (2015). Proteins and carbohydrates from red seaweeds: evidence for beneficial effects on gut function and microbiota. *Marine drugs*, 13(8), 5358-5383. <https://doi.org/10.3390/md13085358>
- Coelho, D., Alfaia, C. M., Lopes, P. A., Pestana, J. M., Costa, M. M., Pinto, R. M., Almeida, J. M., Moreira, O., Fontes, C. M. G. A. & Prates, J. A. (2022). Impact of *Chlorella vulgaris* as feed ingredient and carbohydrases on the health status and hepatic lipid metabolism of finishing pigs. *Research in Veterinary Science*. 144, 44-53. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2022.01.008>
- Çetin, F. (2020). Bağışıklık Sistemi Desteklerinin Besin-İlaç Etkileşimi, *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(1), 14-19.
- Das, S., & Green, A. (2013). Importance of zinc in crops and human health. *Journal of SAT Agricultural Research*, 11, 1-7.
- Debbarna, J., Rao, B. M., Murthy, L. N., Mathew, S., Venkateswarlu, G., & Ravishankar, C. N. (2016). Nutritional profiling of the edible seaweeds *Gracilaria edulis*, *Ulva lactuca* and *Sargassum* sp. *Indian Journal of Fisheries*, 63(3), 81-87. <https://doi.org/10.21077/ijf.2016.63.3.60073-11>
- Doğan, M. (2020). Çinko Eksikliği ve Fazlalığı, *Klinik Tıp Pediatri Dergisi*, 12(1), 13-19.
- Dominguez, H., & Loret, E. P. (2019). *Ulva lactuca*, A Source of Troubles and Potential Riches. *Marine Drugs*, 17(6), 357. <https://doi.org/10.3390/md17060357>
- EL-Sabagh, M. R., Abd Eldaim, M. A., Mahboub, D. H., & Abdel-Daim, M. (2014). Effects of *Spirulina platensis* algae on growth performance, antioxidative status and blood metabolites in fattening

- lamb. *Journal of Agricultural Science*, 6(3), 92. <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v6n3p92>
- Erkan N., Selçuk A., & Özden Ö., (2010). Amino acid and vitamin composition of raw and cooked horse mackerel. *Food Analytical Method*, 3, 269-275.
- Filippini, T., Cilloni, S., Malavolti, M., Violi, F., Malagoli, C., Tesaro, M., ..., & Vinceti, M. (2018). Dietary intake of cadmium, chromium, copper, manganese, selenium and zinc in a northern Italy community. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 50, 508-517. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2018.03.001>
- Gil, A., & Gil, F. (2015). Fish, a Mediterranean source of n-3 PUFA: benefits do not justify limiting consumption. *British Journal of Nutrition*, 113, 58-567. <https://doi.org/10.1017/S0007114514003742>
- Gottrand, F. (2008). Long-chain polyunsaturated fatty acids influence the immune system of infants. *The Journal of Nutrition*, 138(9), 1807-1812. <https://doi.org/10.1093/jn/138.9.1807>
- Guerin, M., Huntley, M. E., & Olaizola, M. (2003). Haematococcus astaxanthin: applications for human health and nutrition. *Trends in Biotechnology*, 21(5), 210-216. [https://doi.org/10.1016/S0167-7799\(03\)00078-7](https://doi.org/10.1016/S0167-7799(03)00078-7)
- Guo, Y., Chen, S., Xia, Z., & Yuan, J. (2004). Effects of different types of polyunsaturated fatty acids on immune function and PGE2 synthesis by peripheral blood leukocytes of laying hens. *Animal Feed Science and Technology*, 116(3-4), 249-258.
- Gutiérrez, S., Svahn, S. L., & Johansson, M. E. (2019). Effects of omega-3 fatty acids on immune cells. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(20), 5028. <https://doi.org/10.3390/ijms20205028>
- Güngör, E. Ö., Yaldız, N., & Özbek, S. Ç. (2020). İmmün sistemi destekleyen bazı mikronutrientler: Covid-19'a yönelik bir derleme. *Yüksek İhtisas Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 1, 53-56.
- Güngörür, M. N., & Sühendan, M. (2019). Bir gıda olarak midye. *Aydın Gastronomy*, 3(2), 119-127.
- Hao, H., Han, Y., Yang, L., Hu, L., Duan, X., Yang, X., & Huang, R. (2019). Structural characterization and immunostimulatory activity of a novel polysaccharide from green alga *caulerpa racemosa* var *peltata*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 134, 891-900.
- Hoseinifar, S. H., Yousefi, S., Capillo, G., Paknejad, H., Khalili, M., Tabarraei, A., & Faggio, C. (2018). Mucosal immune parameters, immune and antioxidant defence related genes expression and growth performance of zebrafish (*Danio rerio*) fed on *Gracilaria gracilis* powder. *Fish & Shellfish Immunology*, 83, 232-237.
- Hosomi, R., Yoshida, M., & Fukunaga, K. (2012). Seafood consumption and components for health. *Global Journal of Health Science*, 4(3), 72. <https://doi.org/10.1080/23308249.2017.1399104>
- Huang, Z., Liu, Y., Qi, G., Brand, D., & Zheng, S. G. (2018). Role of vitamin A in the immune system. *Journal of Clinical Medicine*, 7(9), 258. <https://doi.org/10.3390/jcm7090258>
- Irkin, L. C. (2021). The Effects of Shellfish Consumption Frequency for Human Health. In S. Ray, & S. Mukherjee (Eds.), *Update on Malacology*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.100405>
- Jang, M. K., Kim, N. Y., Lee, D. G., Lee, J. H., Ha, J. M., Ha, B. J., & Lee, S. H. (2006). Effects of *Ulva lactuca* extracts on cytotoxicity of cancer cell lines and immune stimulation. *Journal of Life Science*, 16(7), 1169-1173. <https://doi.org/10.5352/JLS.2006.16.7.1169>
- Kagawa, Y. (2022). Influence of nutritional intakes in Japan and the United States on COVID-19 infection. *Nutrients*, 14(3), 633. <https://doi.org/10.3390/nu14030633>
- Kangalgil, M., & Yardımcı, H. (2017). Selenyumun İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri Ve Diyabetes Mellitusla İlişkisi. *Bozok Tıp Dergisi*, 7(4), 66-71.
- Khalili Tilami, S., & Sampels, S. (2018). Nutritional value of fish: lipids, proteins, vitamins, and minerals. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 26(2), 243-253.
- Khanam, S. (2018). Impact of zinc on immune response. *Current Research in Immunology*, 2(1), 1-2.
- Kim, J. D., & Lall, S. P. (2000). Amino acid composition of whole body tissue of atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*), yellowtail flounder (*Pleuronectes ferruginea*) and Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture*, 187(3-4), 367-373.
- Kumar, N. G., Contaifer, D., Madurantakam, P., Carbone, S., Price, E. T., Van Tassell, B., & Wijesinghe, D. S. (2019). Dietary bioactive fatty acids as modulators of immune function: implications on human health. *Nutrients*, 11(12), 2974. <https://doi.org/10.3390/nu11122974>
- Larsen, H. R. (2000). Fish Oils: The Essential Nutrients. *International Health News*, (103).
- Lee, D. G., Hyun, J. W., Kang, K. A., Lee, J. O., Lee, S. H., Ha, B. J., & Lee, J. H. (2004). *Ulva lactuca*: A potential seaweed for tumor treatment and immune stimulation. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 9(3), 236-238.
- Lewis N. M., Seburg, S., & Flanagan, N. L. (2000). Enriched eggs as a source of n-3 polyunsaturated fatty acids for humans. *The Journal of Poultry Science*, 79, 971-974. <https://doi.org/10.1093/ps/79.7.971>
- Li, P., Yin, Y. L., Li, D., Kim, S. W., & Wu, G. (2007). Amino acids and immune function. *British Journal of Nutrition*, 98(2), 237-252. <https://doi.org/10.1093/jn/137.6.1673S>
- Maywald, M., Wessels, I., & Rink, L. (2017). Zinc Signals and Immunity. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(10), 2222. <https://doi.org/10.3390/ijms18102222>
- Mendivil, C. O. (2020). Dietary fish, fish nutrients, and immune function: a review. *Frontiers in Nutrition*, 7, <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.617652>
- Miles, E. A., Banerjee, T., Dooper, M. M., M'Rabet, L., Graus, Y. M., & Calder, P. C. (2004). The influence of different combinations of  $\gamma$ -linolenic acid, stearidonic acid and EPA on immune function in healthy young male subjects. *British Journal of Nutrition*, 91(6), 893-903. <https://doi.org/10.1079/BJN20041131>
- Miles, E. A., Childs, C. E., & Calder, P. C. (2021). Long-chain polyunsaturated fatty acids (LCPUFAs) and the developing immune system: a narrative review. *Nutrients*, 13(1), 247. <https://doi.org/10.3390/nu1301024>
- Mirzaie, S., Zirak-Khattab, F., Hosseini, S. A., & Donyaei-Darian, H. (2018). Effects of dietary spirulina on antioxidant status, lipid profile, immune response and performance characteristics of broiler chickens reared under high ambient temperature. *Asian-Australasian Journal Of Animal Sciences*, 31(4), 556. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0483>
- Mishra, B., Tiwari, A., & Mahmoud, A. E. D. (2022). Microalgal Potential For Sustainable Aquaculture Applications: Bioremediation, Biocontrol, Aquafeed. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 1-13. <https://doi.org/10.1007/s10098-021-02254-1>
- Mohanty, B., Mahanty, A., Ganguly, S., Sankar, T. V., Chakraborty, K., Rangasamy, A., ... & Sharma, A. P. (2014). Amino acid compositions of 27 food fishes and their importance in clinical nutrition. *Journal of amino acids*, 2014, 269797.
- Mol, S. (2008). Balık yağı tüketimi ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Journal of FisheriesSciences.com*, 2(4), 601-607. <https://doi.org/10.3153/jfsc.2008023>
- Oehlenschläger, J. (2012). Seafood: nutritional benefits and risk aspects. *International Journal For Vitamin And Nutrition Research*, 82(3), 168-176. <https://doi.org/10.1024/03009831/a000108>
- Öksüz, A., Alkan, Ş. B., Taşkın, H., & Ayrancı, M. (2015). Yaşam boyu sağlıklı ve dengeli beslenme için balık tüketiminin önemi. *Food and Health*, 4(1), 43-62. <https://doi.org/10.3153/JFHS18006>
- Önal, H. Y., & Demirci, Z. (2020). İmmün sistemin gelişmesinde ve desteklenmesinde besin desteklerinin rolü. *Sağlık Profesyonelleri Araştırma Dergisi*, 2(3), 137-147.
- Özden, Ö., & Erkan, N. (2008). Comparison of biochemical composition of three aqua cultured fishes (*Dicentrarchus labrax*, *Sparus aurata*, *Dentex dentex*). *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 59(7-8), 545-557
- Özden, Ö. (2010). Micro, macro mineral and proximate composition of atlantic bonito and horse mackerel: a monthly differentiation. *International Journal of Food Science & Technology*, 45(3), 578-586.
- Özden, Ö., & Erkan, N. (2011). A preliminary study of amino acid and mineral profiles of important and estimable 21 seafood species. *British Food Journal*, 113(4), 457-469.
- Özoğul, İ. (2018). *Spirulina platensis* ve *Chlorella vulgaris*'den elde edilen ekstraktların soğuk depolanan (4±1°C) sardalya (*Sardinella aurata*) filetoları üzerindeki antioksidan ve antimikrobiyal etkileri. (Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Özogul, İ., Kuley, E., Durmus, M., Özogul, Y., & Polat, A. (2021). The effects of microalgae (*Spirulina platensis* and *Chlorella vulgaris*) extracts on the quality of vacuum packaged sardine during chilled storage. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(2), 1327-1340. <https://doi.org/10.1007/s11694-020-00729-1>
- Ozogul, Y. (2019). *Innovative technologies in seafood processing*. London, CRC Press.
- Özsoy, S., & Saka, M. (2021). COVID-19 tanılı yoğun bakım hastalarında omega-3 çöklü doymamış yağ asitleri desteğinin etkileri. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 49(2), 65-72.
- Öztekin, A., Yigit, M., Kizilkaya, B., Ucyol, N., Tan, E., Yilmaz, S., & Ergun, S. (2020). Nutritional quality of amino acid in farmed, farm-

- aggregated and wild axillary seabream (*Pagellus acarne*) with implications to human health, *Aquaculture Research*, 51(5), 1844-1853. <https://doi.org/10.1111/are.14534>
- Pal, J., Shukla, B. N., Maurya, A. K., Verma, H. O., Pandey, G., & Amitha, A. (2018). A review on role of fish in human nutrition with special emphasis to essential fatty acid, *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 6(2), 427-430.
- Pandolfi, F., Franza, L., Mandolini, C., & Conti, P. (2017). Immune modulation by vitamin d: special emphasis on its role in prevention and treatment of cancer. *Clinical Therapeutics*, 39(5), 884-893.
- Park, J. S., Chyun, J. H., Kim, Y. K., Line, L. L., & Chew, B. P. (2010). Astaxanthin decreased oxidative stress and inflammation and enhanced immune response in humans. *Nutrition & Metabolism*, 7(1), 1-10.
- Park, J. S., Mathison, B. D., Hayek, M. G., Massimino, S., Reinhart, G. A., & Chew, B. P. (2011). Astaxanthin stimulates cell-mediated and humoral immune responses in cats. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 144(3-4), 455-461. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2011.08.019>
- Qian, B., Shen, S., Zhang, J., & Jing, P. (2017). Effects of vitamin b6 deficiency on the composition and functional potential of t cell populations. *Journal of Immunology Research*, 2017, 2197975. <https://doi.org/10.1155/2017/2197975>
- Rasyid, A. (2017). Evaluation of nutritional composition of the dried seaweed *Ulva lactuca* from pameungpeuk waters, Indonesia. *Tropical Life Sciences Research*, 28(2), 119. <https://doi.org/10.21315/tlsr2017.28.2.9>
- Rayman, M. P. (2008). Food-chain selenium and human health: emphasis on intake. *British Journal of Nutrition*, 100(2), 254-268.
- Rees, D., Miles, E. A., Banerjee, T., Wells, S. J., Roynette, C. E., Wahle, K. W., & Calder, P. C. (2006). Dose-related effects of eicosapentaenoic acid on innate immune function in healthy humans: a comparison of young and older men. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 83(2), 331-342. <https://doi.org/10.1093/ajcn/83.2.331>
- Rink, L., & Haase, H. (2007). Zinc homeostasis and immunity. *Trends in Immunology*, 28(1), 1-4. <https://doi.org/10.1016/j.it.2006.11.005>
- Rocourt, C. R., & Cheng, W. H. (2013). Selenium supranutrition: are the potential benefits of chemoprevention outweighed by the promotion of diabetes and insulin resistance?. *Nutrients*, 5(4), 1349-1365. <https://doi.org/10.3390/nu5041349>
- Roleda, M. Y., Lage, S., Aluwini, D. F., Rebours, C., Brurberg, M. B., Nitschke, U., & Gentili, F. G. (2021). Chemical Profiling of the Arctic Sea Lettuce *Ulva lactuca* (Chlorophyta) Mass-Cultivated on Land Under Controlled Conditions For Food Applications. *Food Chemistry*, 341, 127999. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127999>
- Ruth, M. R., & Field, C. J. (2013). The immune modifying effects of amino acids on gut-associated lymphoid tissue. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 4(1), 1-10. <https://doi.org/10.1186/2049-1891-4-27>
- Ryckebosch, E., Bruneel, C., Muylaert, K., & Foubert, I. (2012). Microalgae as an alternative source of omega-3 long chain polyunsaturated fatty acids, *Lipid Technology*, 24(6), 128-130. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102410>
- Ryckebosch, E., Bruneel, C., Termote-Verhalle, R., Goiris, K., Muylaert, K., & Foubert, I. (2014). Nutritional evaluation of microalgae oils rich in omega-3 long chain polyunsaturated fatty acids as an alternative for fish oil, *Food Chemistry*, 160, 393-400.
- Salar, B., & Ayşe, U. Z. (2021). Omega yağ asitleri: biyolojik etkileri ve bitkisel kaynakları. *Hacettepe University Journal of the Faculty of Pharmacy*, 41(3), 194-209. <https://doi.org/10.52794/hujpharm.920079>
- Sanjeeva, K. A., Kang, N., Ahn, G., Jee, Y., Kim, Y. T., & Jeon, Y. J. (2018). Bioactive potentials of sulfated polysaccharides isolated from brown seaweed *sargassum* spp in related to human health applications: a review. *Food Hydrocolloids*, 81, 200-208. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.02.040>
- Selmi, C., Leung, P. S., Fischer, L., German, B., Yang, C. Y., Kenny, T. P., ..., & Gershwin, M. E. (2011). The effects of *Spirulina* on anemia and immune function in senior citizens. *Cellular & Molecular Immunology*, 8(3), 248-254.
- Shahidi, F. (2011). Omega-3 Fatty Acids in Health and Disease. In *Omega-3 Oils Applications in Functional Foods*, (pp.1-30)
- Shakoor, H., Feehan, J., Al Dhaheri, A. S., Ali, H. I., Platat, C., Ismail, L. C., & Stojanovska, L. (2021). Immune-boosting role of vitamins d, c, e, zinc, selenium and omega-3 fatty acids: could they help against COVID-19?. *Maturitas*, 143, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2020.08.003>
- Şimşek, A., Sarı, F., & Artık, N. (2004). Selenyumun insan beslenmesi ve sağlığı açısından önemi. *Anadolu University Journal of Science and Technology*, 5(2), 245-251.
- Tabarsa, M., Rezaei, M., Ramezani, Z., & Waaland, J. R. (2012). Chemical compositions of the marine algae *Gracilaria salicornia* (Rhodophyta) and *Ulva lactuca* (Chlorophyta) as a potential food source. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(12), 2500-2506. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5659>
- Tacon, A. G., & Metian, M. (2013). Fish matters: importance of aquatic foods in human nutrition and global food supply. *Reviews in Fisheries Science*, 21(1), 22-38. <https://doi.org/10.1080/10641262.2012.753405>
- Turan, H., Erkoynucu, İ., & Kocatepe, D. (2013). Omega-6, Omega-3 Yağ Asitleri ve Balık. *Yunus Araştırma Bülteni*, 2, 45-50.
- Udayangani, C., Wijesekara, I., & Wickramasinghe, I. (2019). Characterization of sea lettuce (*Ulva lactuca*) from Matara, Sri Lanka and development of nutrifers as a functional food. *Ruhuna Journal of Science*, 10(2), 96-107. <https://doi.org/10.4038/rjs.v10i2.76>
- Venter, C., Meyer, R. W., Nwaru, B. I., Roduit, C., Untermayr, E., Adel-Patient, K., & O'Mahony, L. (2019). EAACI position paper: influence of dietary fatty acids on asthma, food allergy, and atopic dermatitis. *Allergy*, 74(8), 1429-1444. <https://doi.org/10.1111/all.13764>
- Venter, C., Eyerich, S., Sarin, T., & Klatt, K. C. (2020). Nutrition and the immune system: a complicated tango. *Nutrients*, 12(3), 818. <https://doi.org/10.3390/nu12030818>
- Venugopal, V., & Gopakumar, K. (2017). Shellfish: nutritive value, health benefits, and consumer safety. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(6), 1219-1242. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12312>
- Vieira, E. F., Soares, C., Machado, S., Correia, M., Ramalhosa, M. J., Oliva-Teles, M. T., ... & Delerue-Matos, C. (2018). seaweeds from the portuguese coast as a source of proteinaceous material: total and free amino acid composition profile. *Food Chemistry*, 269, 264-275. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.06.145>
- Wei, J., Wang, S., Liu, G., Pei, D., Liu, Y., Liu, Y., & Di, D. (2014). Polysaccharides from enteromorpha prolifera enhance the immunity of normal mice. *International Journal of Biological Macromolecules*, 64, 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2013.11.013>
- Wright, A. C., Fan, Y., & Baker, G. L. (2018). Nutritional value and food safety of bivalve molluscan shellfish. *Journal of Shellfish Research*, 37(4), 695-708. <https://doi.org/10.2983/035.037.0403>
- Wu, G. (2009). Amino Acids: Metabolism, Functions, and Nutrition. *Amino Acids*, 37(1), 1-17.
- Zha, X. Q., Lu, C. Q., Cui, S. H., Pan, L. H., Zhang, H. L., Wang, J. H., & Luo, J. P. (2015). Structural identification and immunostimulating activity of a *Laminaria japonica* polysaccharide. *International Journal of Biological Macromolecules*, 78, 429-438. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.04.047>