



Selenyum, Su Ürünleri ve Sağlık

Demet KOCATEPE¹, Derya Canan BÜYÜKKOL² ve Gözde ÖZTÜRK
ALTUNYURT³How to cite: Kocatepe, D., Büyükkol, D. C., & Öztürk Altunyurt., G (2021). Selenyum, su ürünleri ve sağlık. *Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 162-173. <https://doi.org/10.33484/sinopfbid.879034>**Derleme****Sorumlu Yazar**Demet KOCATEPE
demetkocatepe@hotmail.com**Yazarlara ait ORCID**D.K.: 0000-0002-9234-1907
D.C.B: 0000-0001-8522-2339
G.Ö.A: 0000-0002-0021-8566**Received:** 12.02.2021**Accepted:** 29.06.2021**Öz**

Selenyum; endokrin, bağışıklık ve kardiyovasküler sistem gibi birçok sistemin işlevini destekler. Tüm eser mineraller gibi vücudun düzgün çalışması için gereklidir. Selenyum insan sağlığı için önemli olan ancak fazla alındığında insanlar için de zararlı olabilecek bir eser elementtir. Selenyum ihtiyacı, kalsiyum ve demir gibi vücuda daha çok miktarlarda gerekli olan minerallerden daha az seviyededir. Bu nedenle de bir mikro besin olarak adlandırılır. Diğer birçok besinde de olduğu gibi, selenyuma verilen biyolojik yanıt cinsiyete ve yaşa göre farklılık gösterir. İnsanlar genellikle selenyumu mahsul ve hayvansal ürünlerle ve bazen de fonksiyonel yiyecekler veya takviyeler olarak alırlar. Selenyum, E vitamini ile sinerjistik olarak çalışır. Su ürünlerinin selenyum açısından zengin gıdalar arasında gelmektedir. Sadece balık değil kabuklu su ürünleri de içerdikleri minerallerden dolayı günlük besin almında önemli bir yeri vardır.

Anahtar Kelimeler: Selenyum, su ürünleri, halk sağlığı, Se:Hg oranı**Selenium, Seafoods and Health**¹Sinop Üniversitesi, Su Ürünleri
Fakültesi, İşleme Teknolojisi
Anabilim Dalı, Sinop, Türkiye²Sinop Üniversitesi, Lisansüstü
Eğitim Enstitüsü, Disiplinlerarası
Çevre Sağlığı, Sinop, Türkiye³Kartal Dr. Lütfi Kırdar Eğitim ve
Araştırma Hastanesi, Enfeksiyon
Hastalıkları ve Klinik
Mikrobiyoloji Kliniği, İstanbul,
TürkiyeBu çalışma Creative Commons
Attribution 4.0 International
License ile lisanslanmıştır**Abstract**

Selenium supports the functions of many systems such as endocrine, immune and cardiovascular systems. Like all trace minerals, it is essential for the proper functioning of the body. Selenium is a trace element that is important for human health but can also be harmful for humans when taken in excess. Selenium requirement is less than minerals that are required by the body in larger amounts, such as calcium and iron. Therefore, it is called a micronutrient. As with many other foods, the biological response to selenium varies by gender and age. People often take selenium with crops and animal products, and sometimes as functional foods or supplements. Selenium works synergistically with vitamin E. Seafood products have high selenium levels. Not only fish but also other shellfish products have an important place in daily food intake due to their minerals contain.

Keywords: Selenium, seafoods, public health, Se:Hg ration

Giriş

Besinler temelde yapıcı-onarıcı, düzenleyici ve enerji vericiler olarak sınıflandırılmaktadır. Enerji veren besinler karbonhidratlar, yağlar ve proteinler olarak sınıflandırılırken, yapıcı onarıcı besinler ise protein içeriği yüksek gıdalardan oluşmaktadır. Su, mineral madde ve vitaminler ise vücutta düzenleyici olarak rol oynayan diyetle yer alması gereken maddelerdir. Sağlıklı beslenmeye önem verenlerin, karbonhidrat-protein ve yağ dengesi yanında diyetlerinde düzenleyicilere de yer verdiğini, son yıllarda çok daha fazla gözlemlemekteyiz. Günlük tavsiye edilen mineral ve vitamin ihtiyaçları yapılan çalışmalarla belirlenmiş ve farklı otoritelerce öneriler yapılmıştır. Sodyum (Na), potasyum (K), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) gibi gıdaların insan diyetindeki günlük alımları miligram düzeyinde olup makro elementler olarak adlandırılmaktadırlar. Bunların dışında günlük mikrogram düzeyde alımları ile işlevsellik gösterebilen çeşitli mikro elementler vardır. Temel olarak bazı mikro elementler (örneğin demir (Fe), çinko (Zn), selenyum (Se), krom (Cr) ve iyot (I)) insan sağlığı için çok önemlidir, diğerleri ise potansiyel olarak tehlikelidir [1]. Bunlar esansiyel mineraller olarak da adlandırılır. Se, insanlar için esansiyel bir mineraldir. Yetersizliğine birçok canlıda rastlanır ancak ciddi semptomları E vitamini ve diğer antioksidan yetersizliklerinde belirgin olarak ortaya çıkar. Se yağ dokusu hariç diğer dokularda belirli miktarlarda bulunur. Serumda 0.22 mg/dl düzeyindedir. Se hayvan dokularında selenometiyonin ve selenosistein olarak iki yapıda bulunur. Selenometiyonin, birçok proteinin yapısında; selenosistein glutatyon peroksidaz (GP), iyodotronin deiyonaz ve selenoprotein yapılarında yer alır. Selenometiyonin diyetle alınır, vücutta sentezlenmez. Eğer diyetle alımında sorun olursa selenometiyonin havuzundan organizmaya Se sağlanır. Selenosistein ise biyolojik aktivite gösteren mineral yapısıdır. Özelleşmiş mekanizmalarda proteinlerin tRNA yapısına girer [2]. Se besin zinciri ile bitkiler ve hayvanlara geçmekte, bu gıdalardan da insanlara selenoprotein sentezi için gerekli olan Se alınmaktadır. 25 adet insan selenoproteinini tespit edilmiştir [3]; glutatyon peroksidazlar (GPx'ler) bilinen en iyi bilinen selenoprotein ailesi üyelerindedir ve bunlar antioksidatif savunma sistemindeki kritik enzimlerdir [4]. Selenyumun büyüme faktörü, protein sentezi, tümör baskılanması, genetik sinyal aktarımı, hücre döngüsü, apoptozis (programlanmış hücre ölümü), damar gelişimi, hücre iskeleti bileşimi, DNA onarımı, genetik sinyal aktarımı gibi işlevleri vardır. Se gereksinimi yetişkinler için günde 50-200 µg olup çocuklarda daha az miktarda Se alımı önerilmektedir. Diyetle normal düzeyde alımında toksik bir etkisi görülmemiştir. Bireyler için sağlıklı ve dengeli beslenme durumunda selenyumun yeterli miktarda alındığı gözlenir. Yiyeceklerdeki Se düzeyi toprağın mineral durumuna göre değişir. Proteinden zengin yiyecekler Se açısından zengindir. En iyi kaynakları etler ve deniz ürünleridir [1]. Selenyumun günlük alımı yaşa bağlı olarak farklılık göstermektedir. Önerilen günlük yeterli miktar; Se alımı ile plazma selenoprotein P (SEPP1) konsantrasyonunun dengelenmesi arasındaki ilişkiye göre hesaplanır [5-7]. Önerilen günlük Se alım miktarları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. *Günlük alınması tavsiye edilen Se miktarları [5].*

Yaş	µg/gün
7-11 ay	15
1-3 yaş	15
4-6 yaş	20
7-10 yaş	35
11-14 yaş	55
15-17 yaş	70
>=18 yaş	70
Hamilelik dönemi	70
Emzicilik dönemi	85

Selenyumun Halk Sağlığı Açısından Önemi

Se, dünya genelinde toprakta dağılmış olsa da toprak bileşimi, bitki türleri ve bitkinin fizyolojik durumu, çevresel koşullar ve tarımsal uygulamalar gibi faktörler, sebze, meyve, et, balık ve suyun Se içeriğinde etkiye sahiptir [8]. Bu nedenle yetişkin bir insanın vücudunda bulunan Se içeriği değişiklik gösterebilir ve dünya nüfusunun yaklaşık %15 inde Se eksikliği vardır [9]. Selenyumun çeşitli deneysel modellerde tümör oluşumunu azalttığı belirlenmiştir. Yapılan hayvan modeli çalışmaların üçte ikisinde, Se eklenmesi ile tümör insidansında düşme görülmüştür. Antioksidan etkisi, immün fonksiyonları artırması, karsinojen metabolizmasını değiştirmesi, yüksek Se varlığında metabolitlerinin hücre toksisitesini sağlaması ve testosteron üretimini baskılaması gibi selenyumun antikanserojenik etkisini açıklamada ileri sürülen çok sayıda potansiyel mekanizma vardır [10]. Sonuçta Se; tiroid hormonu metabolizması, antioksidan savunma ve immün sistemin düzenlenmesi başta olmak üzere, vücutta birçok mekanizmada rol alan ve birçok enzime kofaktör olarak katılan esansiyel bir elementtir. Ayrıca diyabet (DM) hastalığı üzerine olumlu etkileri de araştırılmaktadır. Se eksikliğinin yaşlanma, kanser, insülin direnci, diyabet, kardiyovasküler ve nörodejeneratif hastalıklar; artmış mortalite riski, immün sistem hastalıklarıyla ilgili ilişkili olabileceği belirtilmektedir [11]. Besin takviyeleri ile fazladan Se alımının Tip-2 diyabet riskini artırdığı çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmiştir. Ek Se alımı, vücudunda düşük Se içeriğine sahip kişilere önerilirken, yeterli-yüksek durumda olanlara olumsuz etki gösterebilmektedir [4]. Se beyin gelişimi üzerine diğer mikro elementler ile kıyaslandığında daha önemli etkiye sahiptir [12, 13]. Se pasif difüzyon yolu ile plesanta boyunca taşınır [14]. Yetersiz beslenme durumunda bile özellikle beyinde iyi korunan bir mineraldir [15]. İnsanlardaki Se seviyesi yaşa göre değişir [16]. İnsan beyinde Se beyincik gibi daha çok gri madde içeren belirli beyin bölgelerinde yoğunlaşır [17, 18]. Fetal beyindeki Se seviyesi doğum sonrası dönemde yüksektir, yaşla birlikte azalır [19]. Düşük Se seviyesi, miyokardiyal enfarktüs ve kardiyovasküler hastalıktan ölüm oranının artmasının yanı sıra; artan kanser ve böbrek hastalığı riski ile ilişkilendirilmiştir [20]. Se insan sağlığı ve özellikle dengeli bir bağışıklık tepkisi için öneme sahip temel bir mikro elementtir. Sepsis ve çoklu travma gibi ciddi bir hastalıktan ölüm riski vücuttaki Se içeriği ile ters orantılıdır. Sars-CoV-2 enfeksiyonu olan hastalarda yapılan araştırmada hayatta kalan hastalardan alınan örneklerde, hayatta

kalmayanlara kıyasla Se seviyesinin önemli ölçüde daha yüksek olduğu bildirilmiştir [21]. Yine Çin’de yapılan benzer bir çalışmada saç örneklerinden belirlenen Se düzeyi ve covid-19 iyileşme oranları arasında etkileşim olduğu vurgulanmıştır [22]. Se alımı, durumu ve sağlık arasındaki ilişki karmaşıktır. Aşağıdaki tabloda bu karmaşık durum Rayman [4]’a göre açıklanmaya çalışılmıştır (Tablo 2)

Tablo 2. Se alımı, durumu ve sağlık arasındaki ilişki [4]

*Diyetle Se Alımı	Se Durumu	Hastalık riski	Öneri
Düşük alım	Düşük	YÜKSEK: Artar: Keshan sendromu, tiroid otoimmün hastalıklar, ölüm riski, viral öldürücülük, bilişsel zayıflık, kanser riski Azalır, Doğurganlık ve üreme, immün fonksiyonlar	Besin takviyesi alımı önerilir
Yeterli alım	Optimal (Serum Se 125 µg/L Tırnakta Se 0.74 µg/g)	DÜŞÜK: Azalır: oksidatif stresi viral öldürücülük, T2D riski, kanser riski, bilişsel zayıflık Artar: Doğurganlık ve üreme fonksiyonları	Besin takviyesi alımı önerilmez
Fazla alım	Yüksek	YÜKSEK: Artar: Saç dökülmesi, dermatit, Selenosis, deri kanseri riski, prostat kanseri riski, ölüm oranı, tip 2 diyabet riski	Besin takviyesi alımı önerilmez

*Referans Se alım miktarı 75 µg/gün (erkek), 60 µg/gün (kadın), Günlük alınması önerilen (RDI) Se değeri 55 µg/gün

Se alımındaki temel besin kaynakları Filippini ve ark. [23] tarafından tahıllar, et ve balık –su ürünleri, süt ve süt ürünleri olarak bildirilmiş ve yaptıkları çalışma sonucunda; İtalyanlar tarafında günlük olarak bu gıdalardan 66.53 µg/gün Se alındığı tespit edilmiştir. İtalyanların farklı mineral alımlarının karşılaştırıldığı bu çalışmada Se (%17) ve kadmiyum (Cd) (%4) alımı açısından deniz ürünlerinin diğer ürünlere oranla daha fazla katkı sağladığı belirlenmiştir. Avrupa Topluluğunda yapılan bazı çalışmalarda günlük alınan Se miktarının 31-65.6 µg/gün arasında değişiklik gösterdiği [5, 24] açıktır. Farklı otoritelerce Se alımı ile ilgili olarak farklı değerler bildirilmektedir: WHO/FAO [25] kadınlar için 26 µg/gün, erkekler için ise 33 µg/gün olarak önermiştir. EFSA [5] tarafından ise bu değer yetişkinlerde 70 µg/gün olarak bildirilmiştir.

Su Ürünlerinin Selenyum İçeriği

Serum Se seviyesini istenilen düzeyde tutmak için Se içeriğince zengin olan besinler yeterli miktarda diyetle yer almalıdır. Bu noktada su ürünleri (balık ve diğer deniz ürünleri) Se için iyi bir kaynaktır [11, 26]. Su ürünleri, çeşitli yararlı bileşenlerin (örneğin; omega 3 çoklu doymamış yağ asitleri, D vitamini,

Se ve I) önemli bir kaynağıdır ve su ürünlerinin sağlıklı beslenmedeki gerekliliği kabul edilmiştir [27, 28]. Su ürünleri (balıklar ve diğer deniz ürünleri), protein içeriği zengin besinler oldukları için et grubu besinler arasında yer alırlar. Bileşimleri genel olarak sığır, koyun, keçi vb. kırmızı etlere ve kümes hayvanlarının etlerine benzer olmakla beraber yağ, bazı mineral ve vitamin içerikleri açısından da farklılık göstermektedir. Balık ve deniz ürünlerinin omega-3 (n-3), eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA) içerikleri yüksektir. Omega-3 yağ asitleri; kalp ve damar hastalıkları, romatoid artrit, kanser, astım, alzheimer, depresyon vb. birçok hastalığın önlenmesinde ve tedavisinde, bebeklerde ise retina ve beyin gelişiminde etkin rol oynamaktadır. Bu grupta yer alan besinler ayrıca suda eriyen B grubu vitaminlerden tiamin (B1), riboflavin (B2), niyasin (B3), pridoksin (B6), siyanokobalamin (B12) ve yağda eriyen A, D vitaminlerinin iyi kaynaklarıdır. Balık ve diğer deniz ürünleri zengin mineral içerikleri açısından da sağlıklı beslenme modelinde ayrı bir öneme sahiptir. Çünkü iyot, selenyum gibi balık ve diğer deniz ürünlerinde bol miktarda bulunan mineraller, diğer besinlerin çoğunda çok az miktarlarda bulunur [29]. Balık deniz suyunda bulunan hemen hemen tüm minerallerin iyi bir kaynağıdır. Balıkta bulunan mineraller arasında Fe, Ca, Zn, fosfor (P), Se, flor (F) ve I sayılabilir. Bu sayılan mineraller yüksek biyoyararlanıma sahiptir, vücut tarafından kolayca emilirler [30]. Taze balık etinin besin bileşimini belirleyen pek çok faktör bulunmaktadır. Balığın yaşam sürecindeki her adım; üretim ve işleme şekli, nihai ürünün kalitesini etkiler. Örneğin yoğun kültür koşullarında yem bileşimi ve yemleme rejimi önemli bir etkiye sahiptir [31]. Balıkların özellikle yağ içeriği ve yağ asitleri bileşimi, besleme rejimi ve yetiştiricilik sistemine ek olarak yem bileşiminden de kolayca etkilenir [32]. Yetiştiricilik balıkları gerekli tüm besinleri yeterli miktarda içeren diyetle beslediği takdirde, insani tüketim için gerekli protein ve yağ asitleri ile birlikte mineralleri de karşılar [32, 33]. Baker [34] kül miktarının da balık etinde çok fazla değişmediğini ancak bazı mikro besinlerin et kalitesi üzerine etki edebileceğini belirtmiştir. Balıkların 100 gramında 12-60 µg/g Se bulunur. Diğer etler veya tahılların 100 gramlarında ise 10-12 µg/g Se bulunur. Bu noktada günlük Se gereksinimi olan 75 µg/g (yetişkinler için), balık ve diğer deniz ürünleri ile büyük miktarda karşılanır [35]. Deniz ürünleri iyi birer Se kaynağıdır ve Amerika Bileşik Devletleri Ulusal Besin Veri Tabanına göre (SDA National Nutrient Database) 25 gıda içinde 17. sırada yer almaktadır [36]. Bununla birlikte mayaya kıyasla balıktan alınan Se ve selenitin biyoyararlılığı daha yüksektir [37]. Su ürünleri genel anlamda mineral içeriği yüksek gıdalardandır. Se insanlar için esansiyel mikro elementtir ve su ürünleri kırmızı et, tahıl, yumurta, ciğer ve sarımsak gibi temel Se kaynakları içerisinde yer almaktadır [38]. Tablo 3 de avlanan ve yetiştirilen bazı su ürünlerinin Se içerikleri hakkında özet bilgiler verilmiştir (Tablo-3).

Balıkların Se içerikleri oldukça çeşitlidir. Bu çeşitlilik çoğunlukla balıkların kökeni ve türlerine bağlıdır. Deniz balıklarının Se içerikleri tatlı su balıklarının Se içeriklerine göre daha fazladır. Balıkların Se konsantrasyonu oluşum yeri ve trofik seviyeye göre değişiklik gösterebilir. Türkiye'deki balıklara bakıldığında en yüksek Se konsantrasyonu 0.294µg/g değeriyle levrekte; en düşük Se konsantrasyonu 0.047 µg/g değeriyle sazanda görülmüştür [48].

Tablo 3. Farklı ülkelerdeki su ürünlerinin Se içerikleri (µg/g)

Balık Adı	Ülke	Ortalama Selenyum İçeriği (µg/g)	Referans
Ringa balığı	İsveç	0.35	Önning (2000)
Somon	Norveç	0.20	Plessi ve ark. (2001)
Sardalya	İtalya	0.68	Plessi ve ark. (2001)
Levrek	Türkiye	0.29	
Çipura	Türkiye	0.24	Erkan ve ark. (2009)
Sinarit balığı	Türkiye	0.29	
Mezgit balığı	Türkiye	0.78-1.26 mg/kg	Turan ve ark. 2019
Mezgit balığı yumurtası	Türkiye	0.84-1.71 mg/kg	Turan ve ark. 2019
Levrek	Türkiye	0.18 mg/kg	Kocatepe ve Turan 2012
Hamsi	Türkiye	0.53	Tuzen 2009
Çaça	Türkiye	0.19	Tuzen 2009
İstavrit	Türkiye	0.31	Tuzen 2009
Palamut	Türkiye	0.27	Tuzen 2009
Barbun	Türkiye	0.45	Tuzen 2009
Konserve hamsi	Türkiye	1.30	Tuzen ve Soylak 2007
Konserve ton	Türkiye	2.98	Tuzen ve Soylak 2007
Konserve palamut	Türkiye	0.96	Tuzen ve Soylak 2007
Konserve sardalya	Türkiye	2.77	Tuzen ve Soylak 2007
Konserve istavrit	Türkiye	3.64	Tuzen ve Soylak 2007
Kalkan	Türkiye	1.86	Ulusoy ve ark. 2018
Barbun	Türkiye	1.73	Ulusoy ve ark. 2018
Vatoz	Türkiye	0.96	Ulusoy ve ark. 2018
Dikenli köpek balığı	Türkiye	1.55	Ulusoy ve ark. 2018
Çarpan balığı	Türkiye	0.87	Çorapçı (2019)

Reyes ve ark. [49] balıkların Se içeriğinin 0.1-5mg/kg arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Ayrıca en yüksek Se içeriğinin 5.6 mg/kg ile Tuna balığına ait olduğunu belirtmişlerdir. Se ve I, tiroit hormonunun fonksiyonlarının düzenlenmesinde esansiyel olan iki mikro mineraldir. İnsan gereksinimini karşılayan en güvenilir kaynakların uskumru, ringa karides, istakoz, midye gibi deniz kabukluları olduğu ortaya konulmuştur. Se içeriklerinin günlük ihtiyacı karşıladığı; midyede 50 g/100g, balıklarda ise ortalama 25-30 g/100g Se bulunduğu belirtilmiştir [50]. Besinler pişirilirken protein ve bazı vitaminlerdeki kayıplar gibi mineral kayıpları da görülür. Yüksek sıcaklıkta pişirme yöntemleri sırasında besinlerin mineral içeriği kaybolabilir. Selenyumun bir diğer özelliği, oldukça uçucu olması nedeniyle ısı uygulamalarından etkilenmesidir. Sistin ve sistein amino asitlerinde sülfürün yerini aldığı için proteinin değerini arttıran Se; özellikle tahılların ve baklagillerin pişirilmesi ve işlenmesi sırasında kayba

uğramaktadır. Su ürünlerinde pişirme ile oluşan Se kaybı daha azdır. Pişirme ile besinlerdeki Se miktarında yaklaşık %50 kayıp olduğu ancak besinler düşük pH'da pişirilirse Se kayıplarının azalacağı bildirilmiştir [11]. Çorapçı [47] çarpan balığını farklı pişirme materyalleri kullanarak pişirmiş, fırında üstü açık olarak pişirilmiş grup ile fırında fırın poşeti içerisinde pişirilmiş gruplarda Se değeri artış gösterirken, alüminyum folyo ve yağlı kâğıt kullanılarak pişirilen gruplarda ise çığ çarpan balığına göre Se değerinin azaldığı bildirilmiştir.

Se ve CH₃Hg (metilciva) Etkileşimi

Se vücutta 20-35 kadar enzimin aktivitesinde doğrudan ve dolaylı olarak rol oynayan bir iz elementtir [51]. Bilinen bu özelliği dışında selenyumun insan sağlığı açısından değerlendirildiğinde en önemli fonksiyonlarından biri de ağır metallerin toksik etkilerini engellenmesidir. Özellikle hem organik hem de inorganik civanın etkilerinin nötralize edilmesinde selenyumun etkisi büyüktür [40]. Akuatik ortamlardaki en önemli kirleticiler olan ağır metallerin nehirler, göller ve denizlerde gittikçe artan konsantrasyonları dünya genelinde endişe uyandıracak düzeylere ulaşmıştır. Hg, kontamine olmuş sulardaki yüksek düzeyleri ve canlılara olan nörotoksik, teratojenik ve mutajenik etkileri nedeniyle her zaman izlenmesi gereken toksik bir metaldir [52]. Metil civa (MeHg) toksitesini, selenyuma bağımlı enzimlerin geri dönüşü olmayan inhibisyonuna neden olur ki bunlar içerisinde; beyindeki oksidatif hasarı önlemek ve tersine çevirmek için gerekli olan enzimler de vardır. Balık tüketimi, sağlık için gerekli olan elzem besinleri sağlamanın yanı sıra MeHg'ya maruz kalma riskiyle de ilişkilidir. Bu nedenle balık tüketiminde her iki unsurun (esansiyel besin elementleri ve Hg alımının) birlikte değerlendirilmesi gerekir [53]. Se alımı MeHg toksitesini düşürür [54, 55]. Kehrig ve ark. [56] yaptıkları çalışmada su ürünlerinden alınan yeterli Se içeriğinin yanı sıra, MeHg toksitesinden korunmak için Se/Hg oranının 1/1 olması gerektiğini bildirmişlerdir. Ulusoy ve ark. [46] vatoz, dikenli köpek balığı ve Atlantik mavi yüzgeçli orkinosun Se/Hg molar oranının 1'in üzerinde olduğunu ve bu balıkların sağlıklı olduğunu vurgulamışlardır. Nispeten daha küçük balıklardan barbun, mezgit, kalkan ve vatoz gibi ballıklarda bu oranın 100'ün üzerinde olduğunu tespit etmişlerdir. Sakamoto ve ark. [57] kordon kanındaki Hg konsantrasyonunun anne kanına oranla fazla olduğunu ve Se/Hg, vit.E/Hg ve yağ asitleri/Hg oranının azaldığını belirtmişlerdir. Böyle bir durumda fetüsün Se açısından yetersiz kalması onu toksik bileşenlere karşı daha savunmasız kılar [58]. Se eksikliği yeni doğanın nöro gelişimini etkileyebilir, enfeksiyon kapma [59, 60] ve erken doğum riskini artırır [61]. Diyetteki Se; MeHg etkilerinin temel belirleyicisi olduğundan, su ürünleri tüketiminin sonucunda oluşacak risk ve faydaları tahmin etmek için "Se sağlık fayda değeri-HBV" kriteri geliştirilmiştir. Negatif bir HBV değeri, Hg'nın molarca Se'dan fazla olduğunu ve Se kullanılabilirliğinin bozulabileceğini gösterirken, pozitif bir HBV'li gıda tüketiminin tüketicide Se durumunu iyileştireceğini ve dolayısıyla Hg toksitesini riskini ortadan kaldıracığının göstergesidir [53]. Selenyumun sağlık açısından faydalılık değeri olarak ifade edilen Se-HBV değeri, Se ve Hg seviyelerine bağlı olarak risk ve fayda değerlendirmelerinin

yapılmasını sağlayan bir indekstir [62]. Daha önce de belirtildiği gibi Se-HBV'nin pozitif olması, o gıdanın sağlık açısından faydalı olduğunu negatif olması ise sağlık açısından riskli olduğunu gösterir [54].

Sonuç

Se insan beslenmesinde çok önemli bir mikro besleyici olarak kabul edilir. Antioksidan etkisi, immün fonksiyonları arttırması, karsinojen metabolizmasını değiştirmesi gibi birçok önemli fonksiyonu vardır. Se minerali halk sağlığı açısından kritik önem taşır. Günlük diyetle selenyumun zengin kaynaklarından olan su ürünleri (balık ve diğer deniz ürünleri) ile yeterli ve kaliteli alım sağlanabilir. Su ürünleri ağır metal içeriği göz önünde tutulduğunda riskli bir gıda olarak algılsa da uluslararası sağlık otoritelerince yapılan ve fayda/zarar dengesinin fayda yönü açısından ağırlık kazandığı araştırma sonuçlarına göre; su ürünleri tüketimi ile alınabilecek ağır metallerin Se gibi esansiyel mikro elementler ile dengelenebileceği açıktır. Bu derece kritik öneme sahip olan Se minerali ve Se içeriği yüksek su ürünleri daha çok araştırmalara konu olmalı ve su ürünleri tüketimi artırılmalıdır.

Teşekkür -

Fon/Finansman Bilgileri Herhangi bir kurum ve/veya kuruluş tarafından desteklenmemiştir.

Etik Kurul Onayı ve İzinler Çalışma, etik kurul izni ve herhangi bir özel izin gerektirmemektedir.

Çıkar Çatışmaları/Çatışan Çıkarlar Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Yazarların Katkısı Tüm yazarlar, bu çalışmanın planlanmasına, yürütülmesine veya analizine yazar olarak dahil edilmek üzere yeterince katkıda bulunmuştur. Tüm yazarlar makalenin son halini okumuş ve onaylamıştır.

Kaynaklar

- [1] De la Guardia, M., & Garrigues, S. (2015). Handbook of mineral elements in food. Chapter 2. In: Zand, N., Christides, T., Loughrill, E. (Eds.), Dietary Intake of Minerals. John Wiley & Sons, p. 23.
- [2] Aksoy, M. (2016). Beslenme Biyokimyası (5. Baskı). Basım Yeri: Hatiboğlu Kitabevi.
- [3] Kryukov, G. V., Castellano, S., Novoselov, S. V., Lobanov, A. V., Zehtab, O., Guigo, R., & Gladyshev, V. N. (2003). Characterization of mammalian selenoproteomes. *Science*, 300(5624), 1439–1443. <https://doi.org/10.1126/science.1083516>
- [4] Rayman, M. P. (2012). Selenium and human health. *Lancet*, 379(9822), 1256–1268. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)61452-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)61452-9)
- [5] EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (2014). EFSA panel on dietetic products, nutrition and allergies scientific opinion on dietary reference values for selenium, *EFSA J.*, 12 (10), 3846, <https://doi.org/10.2903/J.Efsa.2014.3846>
- [6] Gać, P., & Pawlas, K. (2011). Blood selenium concentration in various populations of healthy and sick people-review of literature from the years 2005–2010. *Med. Środowisk*, 14, 93-104.

- [7] Muntau, C., Streiter, M., Kappler, M., Röschinger, W. I., Schmid Rehnert, A., Schramel, P., & Poschering, A. A. (2002). Age-Related reference values for serum selenium concentrations in infants and children, *Clinical Chemistry*, 48(3), 555-560. <https://doi.org/10.1093/clinchem/48.3.555>
- [8] Mehdi, Y., Hornick, J. L., Istasse, L., & Dufrasne, I. (2013). Selenium in the environment, metabolism and involvement in body functions. *Molecules*, 18(3), 3292–3311. <https://doi.org/10.3390/molecules18033292>
- [9] Thavarajah, D., Thavarajah, P., Wejesuriya, A., Rutzke, M., Glahn, R. P., Combs, G. F., & Vandenberg, A. (2011). The potential of lentil (*Lens culinaris* L.) as a whole food for increased selenium, iron, and zinc intake: preliminary results from a 3-year study. *Euphytica*, 180(1), 123–128. <https://doi.org/10.1007/s10681-011-0365-6>
- [10] Kasnak, C., & Palamutoğlu, R. (2015). Doğal antioksidanların sınıflandırılması ve insan sağlığına etkisi. *Türk Tarım ve Teknoloji Dergisi*, 3(5), 226-234. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v3i5.226-234.171>
- [11] Kangalgil, M., & Yardımcı, H. (2017). Selenyumun insan sağlığı üzerine etkileri ve diyabetes mellitusla ilişkisi. *Bozok Tıp Dergisi*, 7(4), 66-71.
- [12] Georgieff, M. K. (2007). Nutrition and the developing brain: nutrient priorities and measurement. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 85(2), 614-620. <https://doi.org/10.1093/ajcn/85.2.614S>
- [13] Nyaradi, A., Li, J., Hickling, S., Foster, J. & Oddy, W. H. (2013). The role of nutrition in children's neuro cognitive development, from pregnancy through childhood. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 1-16. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00097>
- [14] Nandakumaran, M., Dashti, H. M., AlSaleh, E., & Al-Zaid, N. S. (2003). Transport kinetics of zinc, copper, selenium, and iron in perfused human placental lobule in vitro. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 252(1), 91-96. <https://doi.org/10.1023/A:1025565720489>
- [15] Rayman, M. P. (2002). The argument for increasing selenium intake. *Proceedings of the Nutrition Society*, 61(2), 203-215. <https://doi.org/10.1079/PNS2002153>
- [16] Chen, J., & Berry, M. J. (2003). Selenium and selenoproteins in the brain and brain diseases. *Journal of Neurochemistry*, 86, 1–12. <https://doi.org/10.1046/j.1471-4159.2003.01854.x>
- [17] Drasch, G., Mailänder, S., Schlosser, C., & Roeder, G. (2000). Content of non-mercury-associated selenium in human tissues. *Biological Trace Element Research*, 77(3), 219-230. <https://doi.org/10.1385/BTER:77:3:219>
- [18] Ejima, A., Watanabe, C., Koyama, H., Matsuno, K., & Satoh, H. (1996). Determination of selenium in the human brain by graphite furnace atomic absorption spectrometry. *Biological Trace Element Research*, 54(1), 9-21. <https://doi.org/10.1007/BF02785316>
- [19] Vahter, M., Lutz, E., Lind, B., Herin, P., Bui, T. H., & Krakau, I. (1997). Concentrations of copper, zinc and selenium in brain and kidney of second trimester fetuses and infants. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 11(4), 215-222. [https://doi.org/10.1016/S0946-672X\(97\)80016-8](https://doi.org/10.1016/S0946-672X(97)80016-8)
- [20] Holben, D. H., & Smith, A. M. (1999). The diverse role of selenium within selenoproteins: A review. *Journal of the American Dietetic Association*, 99, 836–843. [https://doi.org/10.1016/S0002-8223\(99\)00198-4](https://doi.org/10.1016/S0002-8223(99)00198-4)
- [21] Moghaddam, A., Heller, R. A., Sun, Q., Seelig, J., Cherkezov, A., Seibert, L., Hackler, J., Seemann, P., Diegmann, J., Pilz, M., Bachmann, M., Minich, W. B., & Schomburg, L. (2020). Selenium deficiency

is associated with mortality risk from COVID-19. *Nutrients*, 12(7), 2098. <https://doi.org/10.3390/nu12072098>

[22] Zhang, J., Taylor, E. W., Bennett, K., Saad, R., & Rayman, M. P. (2020). Association between regional selenium status and reported outcome of COVID-19 cases in China [Letter to the editors]. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 111(6), 1297–9. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqaa095>

[23] 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>

[24] Waegeneers, N., Thiry, C., De Temmerman, L., & Ruttens, A. (2013). Predicted dietary intake of selenium by the general adult population in Belgium. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 30(2), 278–285. <https://doi.org/10.1080/19440049.2012.746474>

[25] WHO/FAO (2004). Vitamin and Mineral Requirements in Human Nutrition: Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation. Bangkok, Thailand, 21–30 September 1998., Joint FAO/WHO Expert Consultation on Human Vitamin and Mineral Requirements, p. 341.

[26] Uslu, B., & Aktaç, Ş. (2020). Selenyum ve depresyon üzerine etkileri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (20), 147-151.

[27] Rasmussen, R. R., Søndergaard, A. B., Bøknæs, N., Cederberg, T. L., Sloth, J. J., & Granby, K. (2017). Effects of industrial processing on essential elements and regulated and emerging contaminant levels in seafood. *Food and Chemical Toxicology*, 104, 85-94. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.02.008>

[28] Çorapçı, B. (2018). Ön işlemsiz donmuş depolanan (-22±1 °C) hamsi (*Engraulis encrasicolus*, Linnaeus 1758) ve palamut (*Sarda sarda*, Bloch 1793) balıklarının duyuşal, besinsel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri. *Gıda*, 43(6), 1075-1090. <https://doi.org/10.15237/gida.GD18068>

[29] Pekcan, G., Şanlıer, N., & Baş, M., (Ed.) 2015. Türkiye Beslenme Rehberi (TÜBER), Ankara: Alban Tanıtım.

[30] Balachandan, K. (2002). Post-Harvest Technology of Fish and Fish Products, Daya Publishing House, New Delhi, 1-28.

[31] Lie, Ø. (2001). Flesh quality—the role of nutrition. *Aquaculture Research*, 32, 341-348. <https://doi.org/10.1046/j.1355-557x.2001.00026.x>

[32] Morris, P. C. (2001). The Effects of Nutrition on The Composition of Farmed Fish, In: Kestin, S. C., and Warriss, P. D. (Eds.), *Farmed Fish Quality*, (pp.161–179). Oxford, Fish News Books.

[33] Shearer, K. D. (2001). The Effect of Diet Composition and Feeding Regime on the Proximate Composition of Farmed Fishes, In: Kestin, S. C., and Warriss, P. D. (Eds.), *Farmed Fish Quality*, (pp.31–40). 1st Ed. Oxford: Fishing News Books.

[34] Baker, R. T. M. (2001). The effect of certain micro nutrients on fish flesh quality, In: Kestin, S.C., and Warriss, P. D. (Eds.), *Farmed Fish Quality*, (pp. 180-191). 1st Ed. Oxford: Fishing News Books.

[35] Et ve Süt Kurumu (12 Ocak 2021). Balık hakkında bilinmesi gerekenler. <https://www.esk.gov.tr/tr/11006/balik-hakkinda-bilinmesi-gerekenler>.

[36] Ralston, N. V. C. (2008). Selenium health benefit values as seafood safety criteria. *Eco Health*, 5, 442–455. <https://doi.org/10.1007/s10393-008-0202-0>

- [37] Fox, T. E. E., Van Den Heuvel, C. A., Atherton, J. R., Dainty, D. J., Lewis, N. J., Langford, H. M., Crews, J. B., Luten, M., Lorentzen, F. W., Sieling, P., Van Aken-Schneyder, M., Hoek, M. J. J., Kotterman, P., Van, D., & Fairweather-Tait, S. J. (2004). Bioavailability of selenium from fish, yeast and selenate: a comparative study in humans using stable isotopes. *European Journal of Clinical Nutrition*, 58, 343–349. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601787>
- [38] Yamashita, Y., Yamashita, M., & Iida, H. (2013). Selenium Content in Seafood in Japan. *Nutrients*, 5(2), 388-395. <https://doi.org/10.3390/nu5020388>
- [39] Önning, G. (2000). Separation of soluble selenium compounds in different fish species. *Food Chemistry*, 68(2), 133-139.
- [40] Plessi, M., Bertelli, D., & Monzani, A. (2001). Mercury and selenium content in selected seafood. *Journal of Food Composition and Analysis*, 14, 461-467. <https://doi.org/10.1006/jfca.2001.1003>
- [41] Erkan, N., Özden, Ö., & Ulusoy, Ş. (2009). Levels of trace elements in commercially important fish, crustaceans and mollusks from Istanbul fish market. *Fresenius Environmental Bulletin*, 18(7B), 1307-1311.
- [42] Turan, H., Altan, C. O., & Kocatepe, D. (2019). Black Sea whiting: assessment of potential health benefits/risks and differences based on mineral concentrations of meat and roes. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(12), 2075-2082. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i12.2075-2082.2780>
- [43] Kocatepe, D., & Turan, H. (2012). Chemical composition of cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus 1758) muscle. *Journal of Food & Nutrition Research*, 51(1), 33-39.
- [44] Tuzen, M. (2009). Toxic and essential trace elemental contents in fish species from the Black Sea, Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 47(8), 1785-1790. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.04.029>
- [45] Tuzen, M., & Soylak, M. (2007). Determination of trace metals in canned fish marketed in Turkey. *Food Chemistry*, 101(4), 1378-1382. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.03.044>
- [46] Ulusoy, Ş., Mol, S., Karakulak, F. S., & Kahraman, A. E. (2019). Selenium-mercury balance in commercial fish species from the Turkish waters. *Biological Trace Element Research*, 191(1), 207-213. <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1609-2>
- [47] Çorapçı, B. (2019). Farklı pişirme materyalleri ile pişirmenin çarpan balığı (*Scorpaena porcus*, Linnaeus 1758)'nın makro ve iz element kompozisyonuna etkisinin belirlenmesi. 29 Ekim Bilimsel Araştırmalar Sempozyumu. 26-29 Ekim, İzmir.
- [48] Uchwał, P., Juszczak, M., & Bąkowska, M. (2019). Content of selenium in selected food products on the markets of North-Western Poland. *Journal of Elementology*, 24(1), 111-123. <https://doi.org/10.5601/jelem.2017.22.4.1564>
- [49] Reyes, L. H., Mar, J. L., Rahman, G. M., Seybert, B., Fahrenholz, T., & Kingston, H. M. (2009). Simultaneous determination of arsenic and selenium species in fish tissues using microwave assisted enzymatic extraction and ion chromatography inductively coupled plasma mass spectrometry. *Talanta*, 78(3), 983–990. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2009.01.003>
- [50] Balçık Mısıır, G. (2012). Denizel kaynaklı bazı fonksiyonel gıdalar ve gıda bileşenleri. *Yunus Araştırma Bülteni*, 1, 1-7.
- [51] Rayman, M. (2000). The importance of selenium to human health. *Lancet*, 356, 233–241.

- [52] Fırat, Ö., & Kaya, Ö, (2019). Evaluation of protective role of selenium on mercury toxicity by super oxide dismutase, catalase and malondialdehyde parameters in *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 36(3), 245-253. <https://doi.org/10.12714/egejfas.2019.36.3.05>
- [53] Ralston, N. V. C., Kaneko, J. J., & Raymond, L. J. (2019). Selenium health benefit values provide a reliable index of seafood benefits vs. risks. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 55, 50-57. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2008.07.007>
- [54] Ralston, N. V. C., Ralston, C. R., Blackwell, J. L., & Raymond, L. J. (2008). Dietary and tissue selenium in relation to methyl mercury toxicity. *Neuro Toxicology*, 29, 802–811. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2008.07.007>
- [55] Ralston, N. V. C., & Raymond, L. J. (2010). Dietary selenium's protective effects against methyl mercury toxicity. *Toxicology*, 278, 112–123. <https://doi.org/10.1016/j.tox.2010.06.004>
- [56] Kehrig, H. A., Seixas, T. G., Di Benedetto A. P. M., & Malm, O. (2013). Selenium and mercury in widely consumed seafood from South Atlantic Ocean. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 93, 156–162. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2013.03.034>
- [57] Sakamoto, M., Chan, H. M., Domingo, J. L., Koriyama, C., & Murata, K. (2017). Placental transfer and levels of mercury, selenium, vitamin E, and docosahexaenoic acid in maternal and umbilical cord blood. *Environment International*, 111, 309–315. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.11.001>
- [58] Ralston, N. V. C., & Raymond, L. J. (2018). Mercury's neurotoxicity is characterized by its disruption of selenium biochemistry. *Biochimica et Biophysica Acta General Subjects*, 1862, 2405–2416. <https://doi.org/10.1016/j.bbagen.2018.05.009>
- [59] Ambroziak, U., Hybsier, S., Shahnazaryan, U., Krasnodębska-Kiljańska, M., Rijntjes, E., Bartoszewicz, Z., Bednarczuka, T., & Schomburg, L. (2017). Severe selenium deficits in pregnant women irrespective of auto immune thyroid disease in an area with marginal selenium intake. *Journal of Trace elements in Medicine and Biology*, 44, 186–191. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2017.08.005>
- [60] Varsi, K., Bolann, B., Torsvik, I., RosvoldEik, T. C., Høl, P. J., & Bjørke-Monsen, A. L. (2017). Impact of maternal selenium status on infant out come during the first 6 months of life. *Nutrients*, 9(5), 486. <https://doi.org/10.3390/nu9050486>
- [61] Irwinda, R., Wibowo, N., & Putri, A. S. (2019). The concentration of micronutrients and heavy metals in maternal serum, placenta, and cord blood: a cross-sectional study in preterm birth. *Journal of Pregnancy*, 2019, <https://doi.org/10.1155/2019/5062365>
- [62] Kaneko, J. J., & Ralston, N. V. C. (2007). Selenium and mercury in pelagic fish in the central North Pacific near Hawaii. *Biological Trace Element Research*, 119, 242–254. <https://doi.org/10.1007/s12011-007-8004-8>