CUMHURİYET'İN 100. YILI KİTAPLIĞI

Su Ürünlerinde Gıda Güvenliği ve Kalite Kontrol

Özkan Özden



İSTANBUL UNIVERSITY PRESS

Su Ürünlerinde Gıda Güvenliği ve Kalite Kontrol

Prof. Dr. Özkan ÖZDEN

İstanbul Üniversitesi, Su Bilimleri Fakültesi, Balıkçılık ve Su Ürünleri İşleme Teknolojisi Bölümü,
Su Ürünleri İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Yayıncı / *Published by*
İstanbul Üniversitesi Yayınevi / *Istanbul University Press*
İstanbul Üniversitesi Merkez Kampüsü, 34452 Beyazıt, Fatih / İstanbul - Türkiye

https://iupress.istanbul.edu.tr

Su Ürünlerinde Gıda Güvenliği ve Kalite Kontrol
Özkan ÖZDEN

Cover Photo: Miray ÖZDEN

E-ISBN: 978-605-07-1562-0

DOI: 10.26650/B/LS24LS25.2023.15

İstanbul Üniversitesi Yayın No: 5329

İstanbul Üniversitesi Su Bilimleri Fakültesi Yayın No: 11

Online Yayın: Kasım, 2023

Bu çalışmaya atıfta bulunurken, referansa DOI numarasının dahil edilmesi önerilir.

Bu çalışma Creative Commons Atıf-GayrıTicari 4.0 Uluslararası (CC BY-NC 4.0) lisansı altında online olarak yayındadır.

Kitabın telif hakkı bulunmaktadır. Online olarak yayınlanan Creative Commons versiyonu haricinde, yasal istisnalar ve geçerli lisans sözleşmelerinin koşulları dikkate alınmalıdır.

Bu kitap İstanbul Üniversitesi Yayınevi'nin, Cumhuriyet'in 100. Yılı kitap projesi kapsamında yayınlanmıştır.

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

TEŞEKKÜR.....vi
ÖN SÖZ.....vii

1. SU ÜRÜNLERİNDE GIDA GÜVENLİĞİ.....1
1.1. Gıda "Güvencesi", "Güvenliği" ve "Risk" Nedir?.....3
1.1.1. Risk Değerlendirmesi ve Kontrolü.....8
1.1.2. Tüketici Gözüyle Su Ürünlerindeki Riskler.....12
1.2. Gıda Güvenliği Çerçevesinde Tüketici Beklentileri ve Hakları.....15
1.2.1. Su Ürünleri Gıda Kalitesi ve Güvenliği Nedir?.....16
1.2.2. Su Ürünleri Gıda Güvenliğinde Yasal Düzenlemeler.....19
1.3. Tüketiciler için Su Ürünleri Kökenli Fonksiyonel Gıdalar ve Dikkat Edilmesi Gerekenler.....24
1.4. Gıda Katkı Maddeleri.....27
1.4.1. Tüketici Güvenliği Yönünden Gıda Katkı Maddeleri.....29

2. SU ÜRÜNLERİ TÜKETİMİNE BAĞLI ENFEKSİYONLAR VE İNTOKSİKASYONLAR.....42
2.1. Enfeksiyonlar.....47
2.1.1. Virüsler.....49
Norovirüs.....49
Hepatit A.....50
2.1.2. Bakteriler.....51
Listeria monocytogenes.....52
Salmonella spp.....55
Clostridium perferingens.....56
Vibrio cholerae.....59
Vibrio parahaemolyticus.....59
Vibrio vulnificus.....61
Aeromonas spp.....61
Plesiomonas shigelloides.....64
Shigella spp.....64
Escherichia coli ve Escherichia coli O157:H7.....65
Campylobacter spp.....69
2.1.3. Parazitler.....69
Anisakis.....70
Tenya.....75
2.2. İntoksikasyonlar.....78
2.2.1. Biyolojik Kökenli İntoksikasyon.....79
2.2.1.1. Bakteriyel Toksinler.....79
Clostiridium botulinum.....81
Staphylococcus aureus.....83
Bacillus cereus.....86
2.2.1.2. Alg Toksinleri (Fitotoksinler).....87
Paralitik (Felç edici) Kabuklu Zehirlenmesi (PSP).....92
Diyaretik (İshal yapan) Kabuklu Zehirlenmesi (DSP).....94
Nörotoksik Kabuklu Zehirlenmesi (NSP).....97
Amnezik (Hafiza kaybı yapan) Kabuklu Zehirlenmesi (ASP).....99
Azaspirasid Kabuklu Zehirlenmesi (AZP).....101
Ciguatera Balık Zehirlenmesi (CFP).....103
2.2.1.3. Diğer Toksinler.....110
Biyojen Aminler.....110
Tetrodotoksin (TTX).....117
Palytoksin.....129

2.2.2. Kimyasal Kökenli İntoksikasyonlar 132
2.2.2.1. Bulaşanlar ve Kalıntılar 133
2.2.2.1.1. Elementler/Metaller 137
Kurşun (Pb) 139
Kadmiyum (Cd) 143
Cıva (Hg) 145
Arsenik (As) 150
2.2.2.1.2. Pestisitler 155
Organoklorlu Pestisitler (OCPs) 157
Organik Fosforlu Pestisitler 157
2.2.2.1.3. Poliklorlu Bifeniller (PCBs) 158
2.2.2.1.4. Perflorlanmış Yüzey Aktif Madde Bileşikleri / Perfluorierten Tensiden (PFT) [Perflorooktanoik Asit (PFOA), Perflouroktan Sulfonik Asit (PFOS) ve Perflouroktanik Asit (PFOA)] 161
2.2.2.1.5. Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH) 162
2.2.2.1.6. Veteriner İlaç Kalıntıları 166
2.2.2.1.7. Radyonüklidler 171
2.2.2.1.8. Mikro ve Nano Plastikler (MNP) 172
2.2.2.1.9. Ambalajlama Süreç ve Malzemeleri ile Taşınan Kirleticiler 179
Kasıtlı Olarak Eklenen Bileşenler 180
2.2.2.1.10. Dezenfektan / Deterjanlar Kalıntıları 183
2.2.2.1.11. Hatalı Kullanılan Katkı Maddeleri 185

3. SU ÜRÜNLERİNDE KALİTE KONTROL 218
3.1. Kalite Kontrol ve Bazı Temel Kavramları 218
3.1.1. Objektif (Nesnel) ve Sübjektif (Öznel) Ölçümlerin Bazı Karakteristikleri 219
3.1.2. Ölçme ve Kontrol 222
3.1.3. Kalite Özelliklerinin Sınıflandırılması 223
3.1.3.1. Su Ürünlerinde Duyusal Ögeler 226
3.1.3.1.1. Görünüş ve Renkte Meydana Gelen Değişimler 227
3.1.3.1.2. Tekstür/Dokular da Meydana Gelen Değişimler 232
3.1.3.1.3. Aromada/Tatta Meydana Gelen Değişimler 232
3.1.3.1.4. Kokuda Meydana Gelen Değişimler 233
Duyusal Yöntemlere Göre Balıkçılık/Hasat ile Elde Edilen Su Ürünlerinin Değerlendirilmesi 234
3.1.3.2. Su Ürünlerinde Besin Bileşimleri (Gizli Ögeler) 265
3.1.3.3. Su Ürünlerinde Kantitatif Ögeler 271
3.2. Su Ürünlerinde Bozulma 271
3.2.1. Endojen Faktörler 272
3.2.1.1. Bozulma Tipleri ve Hızını Etkileyen Faktörler 275
3.2.1.1.1. Biyokimyasal Aktiviteye (Otolitik Aktivite/Otoliz) Bağlı Değişimler 285
3.2.1.1.1.1. Protein Yapıdaki Değişimler 292
Sarkoplazmik Proteinler 297
Miyofibriler Proteinler 298
Stroma Proteinleri 302
Protein Olmayan Azotlu (NPN) Bileşiklere İndirgenme Reaksiyonları 303
3.2.1.1.1.2. Yağ Yapıdaki Değişimler 308
Oksidatif Reaksiyonlar 311
Enzimatik Hidroliz (Lipoliz) 315

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

3.2.1.1.2. Mikrobiyal Aktiviteye Bağlı Değişimler (Mikrobiyal bozulma) 316
Su Ürünleri İçin Önemli İndikatör Mikroorganizmalar 325
Bakteriyel Bozulma Nasıl Kontrol Edilir? 325
3.2.2. Eksojen Faktörler 327
3.2.2.1. Çevresel Koşullar, Mevsim, Balıkçılık, Hasat Öncesi, Sonrası Süreçler ve Stres 327
3.2.2.2. Depolama Süreçleri ve İşlenmiş Su Ürünlerinde Meydana Gelen Kalite.....
Kayıpları 330
Soğutma 332
Dondurma 338
Kurutma 346
Tuzlama 351
Marinasyon 353
Dumanlama/Fümeleme/Tütsüleme 356
Isıl İşlemler 362
Pastörizasyon 364
Işınlama 371

Kaynakça 375

TEŞEKKÜR

Benim bu bilgi birikimine ulaşmamda eğitim- kariyerimdeki destekleri ile başta Anne - Babama, üniversite yıllarımdan itibaren her bilgi tuğlasında katkıları olan sevgili Hocam Prof. Dr. Candan VARLIK'a, yine bu kitabın yazım süreçlerinde bana destek olan eşim Prof. Dr. Nuray ERKAN'a, kapak tasarımını yapan oğlum Miray ÖZDEN'e ve grafik tasarımlarındaki emeğiyle katkılarını sabırla esirgemeyen Araş. Gör. İdil CAN TUNÇELLİ'ye teşekkürlerimi borç bilirim.

ÖN SÖZ

Su ürünlerinin de içinde bulunduğu gıdalar genel anlamıyla canlıların gereksinim duyduğu enerjiyi sağlayan maddeler olarak bilinse de gıda; gelişmiş ülkelerde "sağlık-diyet", geri kalmış ülkelerde ise "hayat-ölüm" ilişkisinin göstergesidir. Endüstrileşmiş ülkelerdeki gıda kökenli hastalıkların başlıca nedeni yanlış veya eksik uygulanan işleme teknikleri, nakliye, depolama ve hijyen/sanitasyon problemlerinden kaynaklandığı bilinmektedir.

Gıdalarda patojen/saprofit mikroorganizmalar ve kimyasal etkenler kalite kayıplarına ve bozulmalara yol açabileceği gibi sağlık sorunları yaratarak bireyin ve toplumun geleceğini de etkileyebilmektedir. Bu sorunlar özellikle son yıllarda "Gıda Güvenliği" teriminin toplum açısından önem kazanmasına neden olmuştur.

Tüm bu bilinçlenme ve hazır tüketime yönelik gelişmelerle birlikte su ürünlerinin gıda güvenliği ve kalite korunumu bakımından hassasiyeti ile çevresel faktörlerden kolay etkilendikleri için üretimden tüketime kadar her aşamada dikkat ve özen gösterilmesi gerektiğini de ortaya koymaktadır. Sağlıklı bir üretimin ilk şartı kaliteli hammaddedir. Güvenli ve kaliteli ürün elde edilebilmesi için de ham (taze üründen) materyalden işlenmiş ürüne kadar, etkili gıda güvenliği ve kalite kontrol uygulamaları zorunluluk arz etmektedir.

Kalite ile ilgili olarak belirlenen hedeflere ve standartlara ulaşmak için uygulanan teknikler ve yapılan faaliyetleri içeren kalite kontrol ve işletmelerin devamlılıkları açısından dikkat etmeleri gereken en önemli konulardan birisidir. Kalite tüketici açısından ise, beklentileri karşılama düzeyi, alınan ürünün ilgili standartlara ve yönetmeliklere uygunluğudur.

Su ürünlerinde kalite kontrol; tüketici gıda güvenliği ve standartlara uyumluluk yönünden durumunun belirlendiği duyusal, fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizlerin bütünlüğü ile oluşmaktadır.

Su ürünlerinde uygulanacak olan gıda güvenliği ve kalite kontrol ile uygulamaları balıkçılık/hasat süreciyle başlayıp, nakliye, satış, depolama, işleme prosesleri ve son tüketiciye ulaşıncaya kadar ki tüm aşamaları kapsamaktadır. Bu süreç/kurallar pek çok kişi ve kuruluşu ilgilendirdiğinden, "Su Ürünlerinde Gıda Güvenliği ve Kalite Kontrol" konusunu kapsamlı olarak anlatan bir kaynağa ihtiyaç duyulmaktadır. Bu anlamda kitabın yazılmasındaki amaç

- Su ürünlerinin gıda güvenliği konusunda tüketici ve üreticideki anlam kargaşasını gidermek, bilimsel olarak tüketici yaklaşımlı ilişkilendirmeleri oluşturmak,
- Temel gıda güvenliği ve kalite kontrol bilgilerini aktarmak,
- Kalite ve kontrol yöntemleri hakkında bilinmesi gerekenler ile birlikte bunların sanayide ve işletmelerde uygulama alanı bulmasını sağlamak,
- Su ürünlerinde karşılaşılan kalite ve gıda güvenliği problemlerinin ortaya konması ve bunlara yönelik çözüm önerileri sunmak

olmuştur.

Prof. Dr. Özkan Özden
İstanbul Üniversitesi, Su Bilimleri Fakültesi,
Su Ürünleri İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

1. SU ÜRÜNLERİNDE GIDA GÜVENLİĞİ

"Su Ürünleri" terimi denizel olabildiği gibi iç sular dahil yetiştiricilik (akuakültür) veya balıkçılık faaliyetleri yoluyla elde edilen her türlü gıda (takviye ve fonksiyonel gıdalar dahil), kozmetik ve tıp gibi değişik sanayilerde hammadde amaçlı kullanılan veya doğrudan halkın tüketimine sunulabilen kaynakların tümü için kullanılmaktadır.

Gıda olarak tüketimi yapılan su ürünleri ise taksonomik kriterlere göre görünüm, bileşim ve besleyici özellikleri birbirinden çok farklı olan kemikli ve kıkırdaklı balıklar, kabuklular, yumuşakçalar ve algler (makro ve mikro) olarak sınıflandırılmaktadır (Nurdiani ve diğ. 2020).

Genel tüketime sunulan su ürünleri kaynakları ve bunların tanımları;

Balık: Yaşamı boyunca solungaçları olan ve yüzgeç şeklinde uzuvları bulunan bir omurgaya sahip soğukkanlı türlerdir.

Eklem Bacaklı: Canlıların Arthropoda sınıfına dahil türleri kapsamaktadır. Kerevit, Istakoz, Karides vb. canlılar bu gruba girmektedir. Eklem kısımlarında yer alan bacakların dışında diğer tanımlayıcı özellikleri ise kitin den oluşan sert bir dış iskelete sahip olmalarıdır.

Tek ve Çift

Kabuklu Canlılar: Denizel veya tatlı su ortamlarında yaşayan, dış yüzeyi genelde $CaCO_3$ bazlı kabukla kaplı, yumuşakça türleridir. Bunların tüketime uygun olanlarının en başlıcaları Rapana, İstiridye, Midye, kum midyesi ve Deniztarağı gibi türlerdir.

Kafadan Bacaklılar: Mürekkep balığı, Ahtapot, Kalamar, Amonit ve Notilus kafadan bacaklılar (Cephalopoda) sınıfının en bilinen üyeleridir. Bu sınıf canlılar yumuşakça olarak bilinirler ve kafanın ana gövdeyi oluşturduğu, uzuvların ise buradan köken aldığı deniz canlıları gruplarıdır.

Algler: Mikro, makro algler olarak tanımlanan ve su kaynaklarında birincil üretimden sorumlu fotosentetik organizmalardır (Su yosunu olarak da tanımlayan kaynaklar bulunmaktadır).

Gıda sektörü açısından, su ürünlerinin üretimde kullanımı ve işlenmesi son 20 yılda değişen tüketici zevkleri, teknoloji, ambalajlama, lojistik ve taşımacılıktaki gelişmeler nedeniyle geniş bir çeşitlilik kazanmıştır. Bu değişiklikler, soğutma, buz üretimi, gıda paketleme ve balık işleme ekipmanlarındaki büyük yenilikler ile dijitalleşmeye bağlı depolama ve işleme kapasitesindeki gelişmeleri de içermektedir. Günümüzün modern gemileri, gelişmiş ekipman-

lara sahiptir ve uzun süreler denizlerde balıkçılık faaliyetlerini sürdürebilmektedir. Bunun, karasal ve taşımacılıktaki gelişmelerle desteklenmesi daha fazla balığın canlı veya taze olarak pazarlara ulaştırılmasına olanak vermektedir (Ryder ve diğ. 2014).

Su ürünlerinin gıda olarak pazara sunulması, tüm gıda ürünlerinde de olduğu gibi bir seri pazarlama hizmetlerinin kesintisiz oluşturulması ve tüketici sağlığına yönelik **"Gıda Güvenliği"** nin sağlanması ile mümkündür.

Gıda güvenliği kavramsal olarak gıdanın "**İnsan sağlığına zararlı olma durumu**" nu irdelemektedir. En basit kavramda gıdanın "sağlığa uygun" veya "insan sağlığına zararlı" olma durumudur. Gıda maddelerinin sağlığa zararlı olma durumu; tüketiminde insanın fonksiyonel yapısında hastalık semptomları oluşturması veya insan sağlığında olumsuz yönde değişimleri oluşturması ile tanımlanmaktadır (Tayar, 2010).

"Gıda Güvenliği" üretimden tüketime kadar tüketici sağlığı yönünden gıdaya kontrollü erişimin sağlanmasıdır. Su Ürünleri, bozulmaya karşı olan yapısal hassasiyet, çevresel etkenlerden kolay etkilenme, balıkçılık/üretim süreçlerindeki değişkenlikler, türler arasındaki farklılıklar, satış koşullarındaki bölgesel değişimler gibi birçok nedenden dolayı gıda güvenliği yönünden en hassas gıda gruplarından birini oluşturmaktadır.

1976 yılında su ürünleri ticareti dünyada 8 milyar dolarlık bir hacme sahip iken, 2010 yılında gelişmekte olan ülkelerdeki talep artışına bağlı olarak 102.5 milyar dolara ulaşmıştır. Gelişmekte olan ülkelerin 2010 yılındaki ticari etkinlikleri bu rakamın %49 (42.5 milyar $)' unu oluştururken, miktar olarak %59 (31.6 milyon ton)'unu karşılamaktadır. Gelişmekte olan ülkelerin su ürünleri hacmindeki bu gelişim, aynı grupta yer alan Türkiye'de de benzer şekilde gerçekleşmiş 2000 yılında 14 533 (46.4 milyon $) ton olan ihracatımız 2022 yılında 245 760 (1.6 milyar $) tona ulaşmıştır. Su ürünlerine karşı oluşan bu talep artışı ve dünya pazarlarındaki ürün çeşitliliğindeki değişimler, gıda güvenliği yönünden yeni risklerin ve önlemlerin değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir (Ryder ve diğ. 2014; T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019; Dünya Gazetesi, 2023).

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) küresel gıda güvenliğindeki olası sorunları 5 başlık altında toplamıştır (Tayar, 2010);

1. Mikrobiyolojik tehlikeler
2. Kimyasal tehlikeler
3. Gıda kaynaklı hastalıkların taranması ve izlenmesi
4. Yeni teknolojiler
5. Üretim kapasiteleri

1.1. Gıda "Güvencesi", "Güvenliği" ve "Risk" Nedir?

Gıda Güvenliği ile **Gıda Güvencesi** tanımları birbirleri içine girmekte ve dünya literatürlerinde de kavram karmaşası oluşturmaktadır. Konu ile ilgili Dünya Gıda Zirvesi tarafından **gıda güvencesi "food security"** bütün insanların her zaman aktif ve sağlıklı yaşamı için gerekli olan besin ihtiyaçlarını ve gıda önceliklerini karşılayabilmek amacıyla yeterli, sağlıklı, güvenilir ve besleyici gıdaya fiziksel ve ekonomik bakımdan sürekli erişebilmeleri ve **gıda güvenliği "food safety"** amaçlandığı biçimde hazırlandığında, fiziksel kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri itibariyle tüketime uygun olan besin değerini kaybetmemiş gıda olarak tanımlanmaktadır (Koç, 2007).

"Gıda Güvencesi" Centre for Studies in Food Security (CSFS) tarafından 5 temel ilke ile ifade edilmiştir (Koç & Uzmay, 2015);

1. **Bulunabilirlilik (availability),** yeterli gıdanın tedariği,
2. **Erişilebilirlik (accessibility),** fiziksel ve ekonomik açıdan gıdaya erişim,
3. **Kabul edilebilirlik (acceptability),** kültürel alışkanlıklara uygun, insan onuruna ve insan haklarına zarar vermeyen gıdaların temini,
4. **Yeterlilik (adequacy),** üretim ve dağıtımın herkes için sağlanması,
5. **Bireysel ve kurumsal (agency) etkenler,** gıda güvencesi sorumluluğunu taşıyan, bu konuda politikaları oluşturup bu süreçleri yöneten kurumlar.

Gıda Güvenliği konusunda **"akut veya kronik olarak tüketici sağlığına zarar verebilecek tehlikeler bütününü ifade eder"** tanımı Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından 2003 yılında yapılmıştır. Türk Gıda ve İçecek Sanayi Dernekleri Federasyonu (TGDF) tarafından ise **gıda güvenliği**, **"sağlıklı ve kusursuz gıda üretimini sağlamak amacıyla gıdaların üretim, işleme, muhafaza ve dağıtımları sırasında gerekli kurallara uyulması ve önlemlerin alınması"** olarak literatüre geçirilmiştir. Türkiye'de ise gıda güvenliği 27009 sayılı Resmi Gazete' de yayınlanan **"Gıda Güvenliği ve Kalitesinin Denetimi ve Kontrolüne Dair Yönetmelik"** te **"gıdalarda olabilecek fiziksel, kimyasal, biyolojik ve her türlü zararların bertaraf edilmesi için alınan tedbirlerin bütünü"** olarak açıklanmıştır (Koç & Uzmay, 2015).

Toplumların ve bireylerin sağlıklı yaşam hakkı bulunmakta, bu hak **gıda güvenliği** ile doğrudan ilişkilidir. Bu da aynı zamanda ülke ve toplumların gelişmişlik düzeylerinin temel göstergesidir.

Bir kısım tüketici yaşamı için temel gereksinim olan gıdaların, modern teknolojiler doğrultusunda üretilmesini isterken bir kısım tüketici ise modern teknikleri reddederek gelenek-

sel üretim metotlarına dayalı tatları/aromaları istemektedir. Her iki grupta sağlıklı beslenme kriterlerinin sağlanmasını talep etmektedir. Bu beklentiler doğrultusunda tüketici nezdinde su ürünlerinin de içinde olduğu **"çiftlikten sofraya gıda güvenliği"** yaklaşımı ortaya çıkmıştır (İlbeği, 2004) (Şekil 1.1).

WHO tarafından tanımlanan gıda güvenliğinin temel çerçevesi aşağıda verilmiştir:

- Gıda zincirinin tüm aşamalarının bir bütün olarak ele alınması,
- Gıda güvenliği politikası çerçevesinde bağımsız bileşenli risk analiz ve süreçlerinin belirlenmesi,
- Sorumluluğun gıda sektörünce üstlenilmesi,
- Gıda üretiminde tüm süreçlerin izlenebilir olması,
- Tüketicilerin kamu kurum ve kuruluşlardan açık ve kesin bilgi alma hakkına sahip olmasıdır.

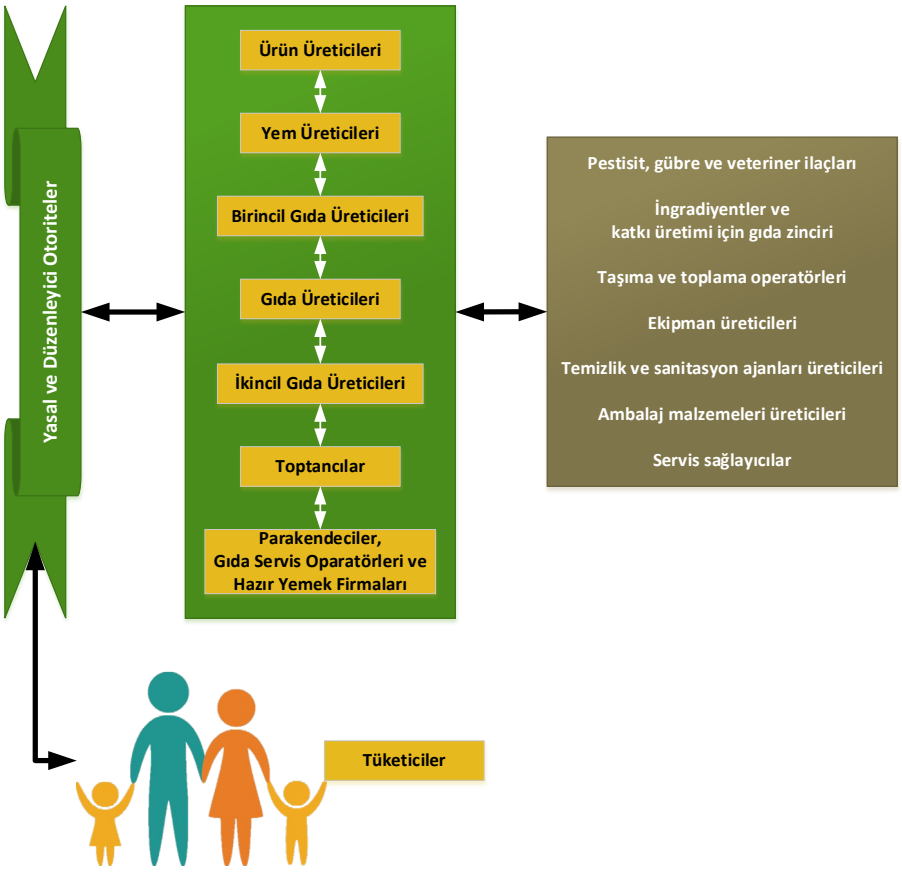
Gıda güvenliğinin oluşturulmasında yönetim programlarının basamakları şu şekilde tanımlanmıştır (Topal, Kalite yönetimi ve güvence sistemleri, 2000):

- **Yasa veya düzenleyici faaliyetlerin gerçekleştirilmesi;**

  - Bulaşıcı düzeyinin açıklanması için ürünlerin araştırılması,
  - Tüketim şeklinin ve miktarlarının ortaya konması (günlük tüketim düzeyleri),
  - Toksikolojik verilerin değerlendirmesi,
  - Analitik değerlendirme süreçleri ve yönelik yetkilendirme,
  - Farklı yasal limitlerle ilişkilenmesi koşuluyla gıda/yemlerin tedarik uygunluğunun oluşturulması bu süreçlerin bir parçasıdır.

- **İzleme programlarının geliştirilmesi;**

  - Örnekleme planı; 1. Örnek toplama 2. Analiz örneklerinin hazırlanması 3. Analizin gerçekleştirilmesi,
  - Uygunsuzluğu tespit edilen ürün için müsaade kriterlerinin oluşturulması,
  - Su ürünleri de dahil tarımsal üretim uygulamalarının iyileştirilmesine yönelik kontrol programlarının oluşturulması,
  - Süreç kontrolü; İyi üretim uygulamaları (GMP), Kalite kontrol süreçleri, Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktaları (HACCP), ISO 22000 vb.,
  - Özel uygulamalar ile dekontaminasyon; Son ürün açısından, İşlenmiş ürün tasarımına yönelik çalışmalar,
  - Üretici-Tüketici eğitimi/bilinçlendirme süreçlerini kapsamaktadır.



Şekil 1.1. Gıda zinciri ve etkileşim (Tayar, 2010' dan uyarlanmıştır).

Gıda güvenliğinde **gıdaların sağlığa zararlı ve arzu edilmeyen etkenlerle** ilişkisinin oluşmaması yönünden uygulanan faaliyetler dört başlıkta ele alınmaktadır.

1. **Önleme:** Gıdaların sağlığa zararlı ve arzu edilmeyen etkenlerle maruziyetinin önlenmesi
2. **Eliminasyon:** Sağlığa zararlı ve istenmeyen etkenlerin gıdalardan uzaklaştırılması
3. **İnhibasyon:** Sağlığa zararlı ve istenmeyen etkenlerin çoğalması veya yayılmasını gıdalarda durdurulması
4. **Kontrol:** Sağlığa zararlı etkenlerin gıdaya uygun yöntemlerle etkisiz hale getirilmesidir.

Tüm bunlara dayalı olarak balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliğinden elde edilen ürünlerin gıda güvenliğinde gıda zinciri yaklaşımını destekleme stratejisinin dayanması gereken genel beş prensip bulunmaktadır (Ryder ve diğ. 2014):

- "**Risk Değerlendirmesi ve Kontrolü**" su ürünleri ve gıda zinciri bakış açısına göre kalite ve risk analizinin üç temel bileşenini (**değerlendirme, yönetim ve iletişim**) içermeli ve bu analiz sürecinde, bilim tabanlı risk değerlendirmesinin risk yönetiminden kurumsal olarak ayrılması,
- "**İzlenebilirlik**" balıkçılık faaliyetleri veya su ürünleri çiftliklerinde hasat sonrası muamele, işleme ve tüketiciye dağıtımı yoluyla birincil üreticiden itibaren (üretim sırasında kullanılan su ürünleri yemi ve ilaçları dahil) izleme tekniklerinin geliştirilmesi,
- "**Standardizasyon**" su ürünleri gıda kalitesinin ve güvenliği standartlarının sektörel uyumu ile birlikte gelişme gösteren ve uluslararası kabul görmüş bilimsel temelli standartların daha geniş bir şekilde kullanılması,
- "**Akreditasyon**" gıda güvenliği sistemlerinde eşitlik "su ürünleri kaynaklı tehlikelere ve kalite kusurlarına karşı benzer koruma seviyelerinin elde edilmesi için kullanılan kontrol yöntemlerinin" geliştirilmesi,
- "**HACCP**" tüm su ürünleri zinciri dahilinde gıda güvenliği ve kalite yönetiminde düzenleme ve kontrole dayalı yaklaşım yani "çiftlikten veya denizden sofraya" iyi su ürünleri balıkçılığı/yetiştiriciliği uygulamalarının geliştirilmesi, yaygınlaştırılmasıyla birlikte gıda güvenliği ve kalite güvence sistemlerinin, yani HACCP (Tehlike Analizi Kritik Kontrol Noktaları) ile riskten kaçınma veya önleme üzerindeki artan vurgunun oluşturulması ve uygulanmasıdır.

Risk kelimesi Çin orjinli bir kelime olup bütün dillere geçiş kaynağı Çin'dir. "Risk" kelimesi Çincede yazımında "tehlike" ve "fırsat" ideogramlarının bileşkesi şeklindedir. Risk kelimesiyle iki farklı unsur birden anlatılır. Birinci ifade "gelecekte oluşma ihtimali" ikinci ifade ise "fırsat ve tehdit" dir. Bunun aksine genelde diğer terminolojilerde "Risk" denilince yaygın olarak tehdit anlaşılmaktadır (Özkılıç, 2014).

Mevzuatlar da ise gıdaların sağlık açısından zararlı olup olmadığı "**Tehlike, Risk ve Güvenilirlik**" terimleriyle ifade edilirken, anlam olarak da birbirinden farklı durumları desteklemektedir. **Tehlike,** riskin kaynağını; **Risk,** insan sağlığı için söz konusu tehlikenin meydana gelme olasılığı ve şiddetini; **Güvenilirlik** ise, riskin kabul edilmesiyle ilişkili kararı ifade etmektedir (Şekil 1.2) (Boyacıoğlu, 2016).



Şekil 1.2. Tehlike ve Risk' in genel tanımı (ReidMiddleton, 2017).

Risk, tehlike olasılığını veya ciddiyetini belirtirken olasılıklı bir fenomen olduğu için aşağıdaki sebeplerden genellikle anlaşılması/kavranması zordur;

- Hammaddelerin balıkçılık veya hasattan, üretim (işleme ve paketleme dahil), ithalat, ihracat, parekende sektöre dağıtılması ve pazarlama aşamaları, gıdaların tüketiciye ulaşıncaya kadar olan tüm süreçlerde birçok kişi görev almaktadır, bu süreç bu da tüketicilerin her aşamayı kavramalarını zorlaştırmaktadır.
- Ülkeler ve bölgeler arasındaki farklı beslenme alışkanlıkları, kurallar ve kültürler belirli gıdaların tüketim miktarlarında bir farklılık oluşturmaktadır.
- Üretim sektörü/Ticari işletme/Bireysel tüketicilerden kaynaklanan sıralı pişirme veya işleme süreçlerinde meydana gelen kimyasal reaksiyonlar, yeni bileşikler üretebilmektedir.
- Zamana bağlı mikrobiyoloji, kimya alanındaki bilim ve teknolojideki ilerleme ile araştırma süreçlerindeki gelişmeler yeni gıda tehlikelerinin ortaya çıkarılmasını sağlayabilmektedir.

Genel olarak ise tüm risk tanımlamalarında tehlike ve bu tehlikenin olabilirliğinden yani olasılığından bahsedilmektedir (Risk=Tehlikenin Belirsizliği). Risk kavramı ile belirsizlik

kavramının iç içe iki kavram olduğu konusunda ise neredeyse tüm risk analizi disiplinindeki otoritelerin hem fikir olduğunu söyleyebiliriz (Özkılıç, 2014).

1.1.1. Risk Değerlendirmesi ve Kontrolü

Risk değerlendirmesi ve kontrolünde kamu ve özel sektör, riskin öncelikle seviyesini anlamak zorundadır. Kurumlar için önemli risklerin, belirlenerek önceliklendirilmesi ve kritik kontrollerin tanımlanması, gıda güvenliği anlamında risklerin gerçekleşme olasılığının ortaya konarak, bunların gerçekleşmesi halinde meydana gelecek sonuçlar ile etkilerinin değerlendirilmesi gerekmektedir (Şekil 1.3).

Gıda sektörü gibi yüksek hassasiyet gerektiren insan sağlığı ile direkt ilişkili olan ilaç sektöründe de, risk değerlendirmesi yapılarak, risk "*zararın oluşma olasılığı ve zararın ciddiyetinin bir kombinasyonu*" olarak tanımlanmaktadır (Aksu, 2015).

Bu da **RİSK = Ciddiyet x Zarar x Saptana bilirlik** formülü ile ifade edilmektedir.

Ciddiyet: Tehlikeli bir durum veya olay karşısında olası sonuçların ölçüsü olup, yerine göre hassasiyete ait kalitatif bir ölçü olarak da tanımlanır.

Zarar: Üründeki kalite kaybından dolayı ortaya çıkan hasarların tanımında kullanılır.

Saptana bilirlik: Herhangi bir tehlikenin varlığının ya da oluşumunun belirlenebilme derecesidir (hata olasılığı ile ilişkilidir).

Bu ve bunun gibi birçok risk yönetimi konusunda literatürde de farklı anlatım ve risk değerlendirme ile ilgili yönetimsel tanım ve yaklaşımlar bulunmaktadır. Su ürünleri gıda sektörü için risk yönetimindeki temel amaç ise, riskin yönetilebilmesi veya elimine edilebilmesini sağlamak olmalıdır. 5996 sayılı kanun gıda zinciri ve yem ile ilgili işlemlerde, insan sağlığı ve yaşamının en yüksek düzeyde korunması genel hedefinin sağlanması için risk analizine dayanılması zorunluluğudur. Risk analizi, şeffaf olarak gıda ile ilişkili olası kimyasal, biyolojik veya fiziksel tehlikeler hakkında bilimsel bilgiler doğrultusunda verilerin toplanması, analiz edilmesi ve değerlendirilmesi ile alternatiflerden en iyisinin seçilerek uygulanmasına dayanmaktadır. Mühendislik, ekonomi ve sağlık gibi alanların yanı sıra gıda güvenilirliği için de uygulanan risk analizi, hiyerarşik sıra olmaksızın birbirine bağlı olan **risk değerlendirmesi, risk yönetimi** ve **risk iletişimi** bileşenlerinden oluşmaktadır (Çopuroğlu ve diğ. 2015).

Gıdalarda bulunan tehlikelere (Tablo 1.1) bağlı "Riskler" insanlar ve toplumlar için olumsuz sağlık etki olasılığı ile bu etkinin ciddiyetinin bir fonksiyonudur. Bu risk iki bölüme ayrılmaktadır (Sumner ve diğ. 2004):

1. **Tehlikenin bizi etkileme olasılığı**
2. **Gerçekleşmesi durumunda sonuçların ciddiyeti**

Tablo 1.1. Genelde karşılaşılan gıda riskleri

Bozulma ve Bulaşma Kaynaklı Riskler	Çevresel Kaynaklı Riskler	Diğer Riskler
Bakteriler *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens*, *Salmonella* spp., *Shiegella* spp. vb…	**Kalıntılar** Antibiyotikler, Poliklorlu bifeniller, Pestisitler, Organik fosforik bileşikler vb…	**Doğal Toksinler** Alg toksinleri, Küf toksinleri, Mantar toksinleri vb…
Küfler *Aspergillus flavus*, *Penicillium cyclopium*, Fusarium spp, vb…	**Endüstriyel Kimyasallar** Heksabromobifeniller, Vinil klorür vb…	**Beslenme Hataları** Yetersiz besin elementleri, Gıda işlemeden kaynaklanan besin kayıpları vb…
Parazitler *Diphyllobothrium dendriticum*, Anisakis vb…	**Toksik Elementler** Arsenik, Bakır, Kadmiyum, Kurşun, Cıva vb…	**Tüketimle İlişkilenmeyen Hatalar** Hatalı etiketler, Eksik ağırlık, Paketleme hataları vb…
Ürünlerdeki Kimyasal Değişimler TVB-N* düzeyindeki artış, Biyojen amin oluşumları ve Lipit oksidasyonu vb…	**Radyoaktif İzotoplar** Sezyum 137, İyodin 131, Potasyum 40 vb…	
	Çeşitli Kirleticiler Kirlilikler, Cam tozları, Boya kabukları (sıyrıntılar), Metal tozları vb…	

* Total Volatile Basic Nitrogen (Toplam Uçucu Bazik Azot), deniz veya tatlı su kökenli balıklarda azotlu bileşiklerin (amonyak, dimetil ve trimetil amin, vb.) düzeylerindeki değişimleri ölçen ve tazelik derecesini ortaya çıkaran bir analiz yöntemidir.

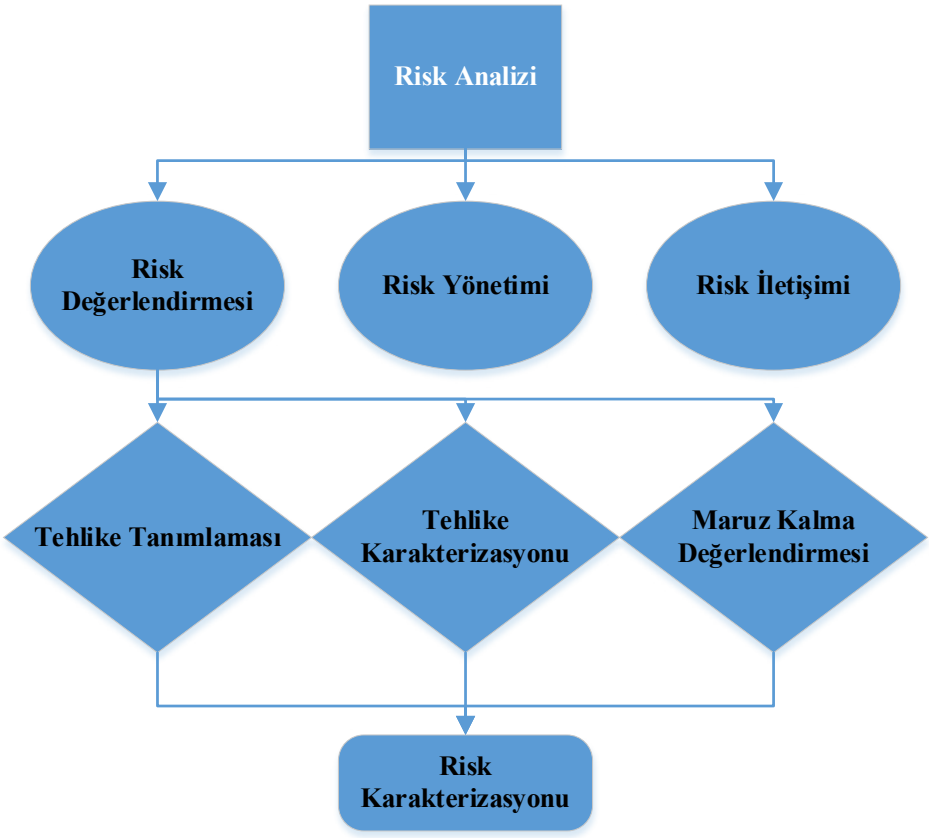
Gıda güvenliği açısından risklerin sağlık üzerine etkisi ise temel iki faktörden kaynaklanmaktadır (Topal, 1996):

1. **Çevresel faktörler**
2. **Gıdaların bozulması**

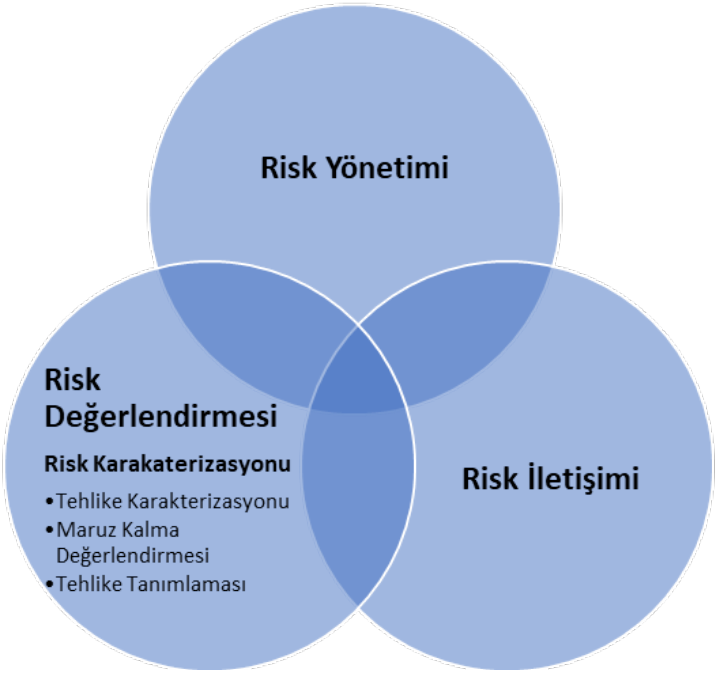
Tüm bu risklerin gelişen ve sanayileşen dünyada devamlı olarak artması, su ürünlerinin sağlıklı beslenmedeki önemini gıda güvenliği bakımından kaybetmemesi için önümüzdeki süreçte risk değerlendirmelerinin devamlı geliştirilmesi gerekmektedir. Bu konuda su ürünleri sektörüne yönelik, Gıda Kodeksi Komisyonu (Codex Alimentarius Commission, CAC) tarafından risklerin analizi için ortaya konan "risk değerlendirmesi", "risk yönetimi" ve "risk iletişimi" süreçlerinin uygulanması ve kabulü, FAO tarafından büyük önem taşıdığı vurgulanmaktadır (Şekil 1.3, 4 ve 5) (Ryder ve diğ. 2014).

CAC tarafından risk değerlendirmesi tehlike tanımlaması, maruz kalma değerlendirmesi ve belirli bir popülasyondaki bilinen veya potansiyel olumsuz sağlık etkisinin ciddiyeti ile

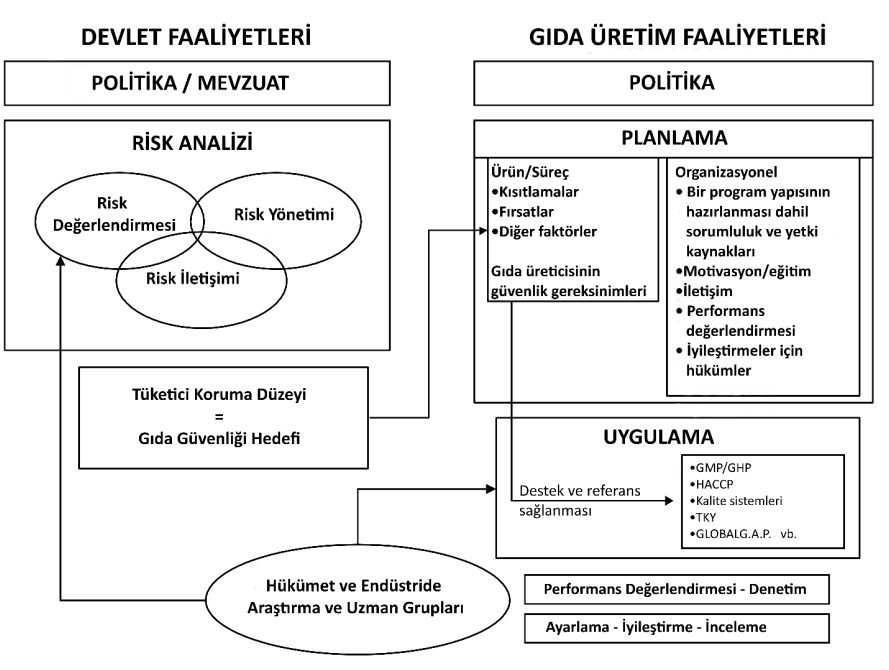
oluşma olasılığı arasındaki belirsizlikler de dahil olmak üzere nitel ve/veya nicel tahmin gerçekleştirilirken bu süreç **risk karakterizasyonu** olarak tanımlanır (Ryder ve diğ. 2014).



Şekil 1.3. Risk analizi süreçleri (Ryder, Iddya, & Ababouch, 2014 den uyarlanmıştır).



Şekil 1.4. Su Ürünleri gıda güvenliği açısından risk analizi (FAO, 2009 dan modifiye).



Şekil 1.5. Devletin ve endüstrinin gıda güvenliği faaliyetleri arasındaki etkileşim (Huss ve diğ. Assessment and management of seafood safety and quality, 2004).

1.1.2. Tüketici Gözüyle Su Ürünlerindeki Riskler

İşlenmiş su ürünlerinin marketlerde gün geçtikçe çeşitleri artmakla birlikte ağırlıklı olarak taze tüketim Türkiye' de ki temel tüketim grubunu oluşturmaktadır. Son yıllarda ise diğer gelişmiş ülkelerde olduğu gibi tüketicilerin tüketim yönelimleri hazır (aç/pişir tüket) veya dondurulmuş ürünler yönünde artmıştır (Fotoğraf 1.1). Hazır ürünlere olan tüketim eğilimindeki artış ise iş hayatındaki yoğunluk, eğitim, gelişmişlik ve gelir düzeylerindeki değişimler etkili olmaktadır.

Tüketici davranışları ise tüketim üzerinde ana etken olup, farklı kategorizasyonlara tabii tutulmaktadır (Durmaz ve diğ. 2011);

1. Kültürel Faktörler

Kültür, alt kültür, sosyal sınıf olmak üzere üç alt başlıkta

2. Sosyal Faktörler

Aile, roller ve statüler olmak üzere üç alt başlıkta

3. Psikolojik Faktörler

Motivasyon, sezgi, öğrenme, algı, tavır, kişilik, inanç ve tutumlar olmak üzere sekiz alt başlıkta

4. Kişisel Faktörler

Yaş, yaşam dönemi aşamaları, yaşam stili, ekonomik koşullar, meslek, kişilik ve sağlık olmak üzere yedi alt başlıkta değerlendirilmektedir.

Her sosyal sınıfın gıda tüketim alışkanlıklarında sağlıklı yaşam ve gıdaların sağlık üzerine etkileri son yıllarda tüketici davranışlarındaki değişimlerin ana faktörünü oluşturmaktadır. Su ürünleri de tüketim davranışlarındaki bu değişimlerden etkilenmektedir. Bu değişimler aynı zamanda gıda güvenliği ve risk değerlendirmesinin de ülkemizde ön plana çıkmasında etkili olmaktadır.

Yine risk yönetimi kararlarında, bilimsel ve ekonomik bilgilerin yanı sıra, teknik olmayan faktörleri de dikkate almak önemlidir. Gıda endüstrisindeki yaşanan son krizler, tüketicilerin risk konusundaki algılarının geleneksel risk değerlendirmeleriyle dikkate alınamayacak faktörlerle de ilişkilendiği, özellikle çocukların etkilenip etkilenmeyeceği, tehlikenin kesin olup olmadığı veya risk ve faydaların eşit olarak paylaşılıp paylaşılmadığına bağlı olarak tüketicilerin tepki yönlerinin değişkenlik gösterdiği görülmüştür (kuş gribi ve palm yağı örnekleri gibi). Bu da bir kriz durumunda tüketicilerin risklere ilişkin algılarının, gerçek gıda güvenliği sorunları/düzeyinden daha büyük olabileceğinin farkında olunması gerektiği sektör açısından önemlidir.



Fotoğraf 1.1. Hazır tüketime yönelik su ürünlerine örnekler

Sosyolojik yaklaşım tüketicilerin bilimsel ve ekonomik bilgiler nezdindeki risk faktörlerinin yanı sıra taze ve işlenmiş su ürünlerine yönelik algı/değer oluşturabilecek farklı risk değerlendirmelerini de göz önünde bulundurulması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bunlar en basit anlamda;

- **Taze su ürünlerinde tüketici risk algısı:**

  Su ürünlerinin taze tüketiminde risk değerlendirmesi genelde satış yerleri tercihi ve hijyen faktörleriyle ilişkilenmektedir. Özellikle taze su ürünlerine yönelik sosyal medya veya basın kökenli "çevresel kirlilik" haberleri ile bunların sağlık üzerine olan etkileri konusunda bilinçlenme tüketimi olumsuz etkilemektedir. Tüketicinin buradaki temel algısı sağlıklı yaşam üzerinden bu riske odaklanmasıdır. Bazı durumlarda ise tüketici ürünlerin "tazelik derecesini" de kalite-bozulmuşluk üzerinden bir risk olarak değerlendirebilmektedir.

- **Su ürünleri alım sürecini etkileyen tüketici risk değerlendirme faktörleri:**

  Satış yeri hijyenik mi?

  Ürün tedarik yerleri nedir?

  Her gün taze ürün geliyor mu?

  Buzla soğutma uygulanıyor mu?

  Satılan ürünler hakkında bilgi verilebiliyor mu?

  vb..

- **İşlenmiş su ürünlerinde tüketici risk algısı:**

  Genelde tüketiciler işlenmiş ürünlerin etiket bilgilerindeki üretim ve tavsiye edilen son tüketim tarihlerini kontrol ederek sağlıklı yaşam için gıda tüketimi yönünden bir risk değerlendirmesi yapmaktadır. Duyarlı tüketicilerin ise tüketim tercihlerinde başka risk faktörleri de ürün satın alımlarında etkili olmaktadır (Vural, 2015);

  Etiket içeriği doğru mu?

  Ürün etiket bilgisine uygun mu, alerjen var mı?

  Katkı maddesi kullanılmış mı?

  Ürün belirtilenden daha düşük kalitede mi?

  Sağlık açısından risk taşıyor mu?

  vb..

1.2. Gıda Güvenliği Çerçevesinde Tüketici Beklentileri ve Hakları

İnsan hakları evrensel bildirgesi (10/12/1948)'nin 25. maddesi 1. fıkrasına göre "her şahsın gerek kendisi gerekse ailesi için, yiyecek, giyim, mesken, tıbbi bakım, gerekli sosyal hizmetler dahil olmak üzere sağlığı ve refahını temin edecek uygun bir hayat seviyesine sahip olma" hakkı güvence altına alınmaktadır. Birleşmiş Ekonomik, Sosyal ve Kültürel Haklar Uluslararası Sözleşmesi (ESKHS) Birleşmiş Milletler (BM) Genel Kurulu'nda imzalanarak 3 Ocak 1976'da yürürlüğe girmiştir. Bu sözleşmenin 12 maddesi tarafları **"... herkesin mümkün olan en yüksek seviyede fiziksel ve ruhsal sağlık standartlarına sahip olma hakkını tanıması"** f.2-b, c ve d bentleri **"Sözleşmeye taraf devletlerin bu hakkı tam olarak gerçekleştirmek amacıyla alacakları tedbirler; çevre sağlığını ve sanayi temizliğini her yönüyle ileriye götürme, salgın hastalıkların, yöresel hastalıkların, mesleki hastalıkların ve diğer hastalıkların önlenmesi, tedavisi ve kontrolü, hastalık halinde her türlü sağlık hizmetinin ve bakımının sağlanması için gerekli şartların yaratılması"** ile görevlendirmektedir (Dolmacı & Bulgan, 2018). Bu şartların sağlanması ise gıda güvenliğinin sağlanması ile doğrudan ilişkilenmektedir.

Gıda temini noktasında tüketici genel beklentilerine dayalı haklar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

Standartlara uyumlu gıda tüketmek tüketiciler için büyük önem taşımaktadır. Tüketiciler bozuk veya kalitesiz ürünler nedeniyle sağlık ve maddi kayıplara uğramakta bu da standartların Geliştirilmesi-Uygulanması-Denetlenmesi' nin tüketici adına yetkili kurumlarca sağlanması,

Besin değerleri' nin etiket içeriği ve ürün standartındaki besleyici değerlerin sunulması,

Gıda kontrol süreçleri ve Bilgi edinme konusu genelde tüketicilerin bir bölümü tarafından bilinmekte veya otoritelerin bu konudaki süreçleri yönetmesi beklenmektedir. Bu süreçlerin yönetimine bağlı olarak tüketicilerin bilgilendirilmesi,

Çevresel bulaşmalar dan korunması (üretim, yetiştirme, hasat, işleme, depolama ve dağıtım süreçlerinin farklı aşamalarında oluşabilen bulaşmaların olası gıda üretim zincirinde yer alması tüketiciler tarafından istenmez) ve

İyi kalitede ve yeterli miktarda gıda bulabilme bütün tüketicilerin temel hak ve gereksinimidir.

Gıda temini bakımından su ürünleri dünya nüfusunun hayvansal protein alımının %16.6'sını ve tüketilen tüm proteinlerin %6.4'ünü karşılanmaktadır. Uluslararası bağlamda gıda güvenliğinin sağlanmasına yönelik genel çerçeveler aşağıdaki sözleşmeler/anlaşmalar nezdinde sağlanmıştır (Ryder ve diğ. 2014):

- Temel iki bağlayıcı anlaşma Dünya Ticaret Örgütü (DTÖ) Sıhhi ve Fitosaniter Önlemlerin Uygulanması Anlaşması (SPS Anlaşması) ve Ticaret için Teknik Engeller Anlaşması (TBT Anlaşması)
- Codex Alimentarius Komisyonu (CAC) çeşitli enstrümanlar aracılığıyla, örneğin, Balık ve balıkçılık ürünleri için uygulama kodu ve Gıda Hijyeni ile ilgili temel metinleri
- Sorumlu balıkçılık (Kanun) için FAO Davranış Kuralları, her ikisi de balık ticareti, güvenliği ve kalitesi ile ilgili özel bir öneme sahiptir, özellikle 6. madde (genel ilkeler, hükümler 6.7 ve 6.14) ve 11. madde (hasat sonrası uygulamalar ve ticaret).

1.2.1. Su Ürünleri Gıda Kalitesi ve Güvenliği Nedir?

Gıda güvenliği ve kalitesi; gıdanın kalitesi, güvenliği, duyusal nitelikleri ve uygunluk gibi farklı niteliklerini kapsamaktadır. **Gıda kalitesi** ise gıdaların duyusal nitelikleri yanında besleyicilik yönlerini, tüketici sağlığı yönünden güvenliği/uygunluğu gibi, bir gıdanın taşıması gereken temel niteliklerin tümünü tanımlanmaktadır (Şekil 1.6) (Tayar, 2010).

Bu nedenle, gıda kalitesi genel nitelikleriyle gıda güvenliğinden daha kapsamlıdır. Gıda güvenliğinin gıda kalitesinden en önemli farkı ise, tüketicinin güvenli gıda satın alma yönündeki isteklerinin karşılanabildiği yasal düzenlemelerin yapılmış olmasıdır (Tayar, 2010). Gıda güvenliği ile ilgili yasal düzenlemeler, bilimsel ve teknolojik gelişmelere bağlı yenilenebilir olması da aradaki ayrım noktasını destekleyici unsurdur.

Su Ürünleri, diğer gıdalara oranla çok daha kısa sürede bozulan ürünlerdir. Bozulmanın çabuk olmasının en temel nedenleri bağ dokunun zayıf olması, doymamış yağ asitleri ile nem oranının yüksek olmasıdır (Varlık ve diğ. 2007). Su ürünleri ister taze ister işlenmiş olarak tüketilsin bozulma veya patojen varlığının öneminin yanı sıra, çevresel etkenler, yetiştiricilik veya işleme süreçlerinden kaynaklanan risklerin de belirlenmesi gıda güvenliği yönünden tüketici için büyük bir önem arz etmektedir. Su Ürünleri konusundaki tüm iyi haberler "sağlık ve beslenme yararları", "geniş çeşitlilik ve tatlar" tüketim üzerinde olumlu etkiler yaratmakta ve insanların daha fazla su ürünleri tüketimini teşvik etmektedir. Ancak tüketiciler, su ürünlerinin diğer gıdalardan daha güvenli olduğu konusunda emin olmak istemektedir. "Su ürünleri gıda güvenliği" ni duyduğunuzda, sizi, tüketiciyi gıda kaynaklı hastalıklardan korumak için tasarlanmış bir güvenlik ağı olarak algılamalıdır. Balıkçılıktan/hasattan tüketiciye kadar su ürünleri endüstrisinin her basamağı gıda güvence ağının oluşturulmasında büyük rol oynar. Devlet, balıkçıların, su ürünleri üreticilerinin, perakendecilerin, bunları işleyenlerin, restoranların ve bilim insanlarının rolü, tüketicilere mümkün olan en güvenli su ürünlerinin ulaştırılması için gerekli işlem ile denetim prosedürlerini sağlamak, güncellemek ve yürütmektir.

Tüketicinin sorumluluğu, satın alma işleminden tüketimine kadar uygun taşıma teknikleri dahil, tüm sürecin takibi ve sorgulamasını yapmaktır. Süreçler için kaç düzenleme ve denetim prosedürünün oluşturulduğu önemli değildir. Güvenlik ağının son kenarı tüketici tarafından tutulur. En yaygın gıda kaynaklı hastalıklar, çevremizde doğal olarak bulunan bakterilerin ve ticari ortamlarda, yemek hizmeti veren kurumlarda veya evde yapılan gıda işleme hatalarının birleşiminden kaynaklandığı unutulmamalıdır. Su ürünleri tüketici güvenliğinde yaşanan temel sorunlar hasat, işleme, depolama veya ön hazırlık ile ilişkilidir. Ham veya kısmen pişmiş olarak tüketilen su ürünleri, en yüksek risk taşıyan grubu oluşturmaktadır (Hicks, 2016).

Yukarıda belirtilenler nezdinde **"Tüketici Sağlığı ve Gıda Güvenliği"** ve **"AB'de Gıda Mevzuatının Genel Prensipleri"** başlıklı dokümanlar gıda güvenliğini oluşturmak ve kontrol altında tutmak için Avrupa Birliği tarafından oluşturularak yayınlanmıştır. Genel anlamda tüketicinin karşı karşıya kaldığı tehlikeler (Türker, 2012);

- Biyolojik tehlikeler (Bakteriyel, küf, virütik, nemadot, tenya, …)
- Kimyasal kontaminasyon (Herbisitler, pestisitler, ağır metaller, …)
- Fiziksel tehlikeler (Cam, metal, plastik parçaları, ...)
- Radyoaktif kontaminasyon (Çernobil felaketi, …)
- Üretim yanlışlıkları ve uygun olmayan mutfak uygulamaları (Pişirme, ısıtma, kızartma hataları, …)
- Sağlıksız beslenme alışkanlıkları (Besin bileşenlerinin eksikliği veya fazlalığı)



Şekil 1.6. Gıda kalitesi, sağlıklı gıda kalitesi ve güvenliği arasındaki ilişki (Tayar, 2010' dan uyarlanmıştır) (Tayar, 2010).

Küresel su ürünleri tüketimindeki artışla birlikte, bu ürünlerde bulunabilecek bazı tehlikelerle ilişkili riskler daha fazla gündeme gelmiştir. Bunlar (NSW, 2017) (Tablo 1.2 ve 3):

- Biyolojik
- Biyotoksinler
- Doğal olarak oluşan toksinler
- Çevresel kirleticiler
- Ortaya çıkan farklı tehlikeler
- Beklenmeyen/Geleneksel olmayan ajanlardır.

Aynı zamanda etiket bilgilerinde ürün içeriğinde alerjen durumunun (yönetmelikler tarafından tanımlanan alerjiye neden olan içerik maddeleri) tüketici güvenliği ve sağlığı açısından (Yönetmelik (AB) No 1169/2011) verilmesi bir zorunluluktur (ESSA, 2018);

- Gluten içeren tahıllar (yani buğday, çavdar, arpa, yulaf, kılçıksız buğday veya bunların melezlenmiş türleri) ve bu tahıllardan yapılan ürünler
- Kabuklular ve kabuklu bazlı ürünleri
- Yumurta veya yumurta bazlı ürünler
- **Balık veya balık bazlı ürünler**
- Yer fıstığı ve yer fıstığı bazlı ürünler
- Soya ve soya bazlı ürünler
- Süt ve süt bazlı ürünler (laktoz dahil)
- Fındık, badem, fındık, ceviz, kaju, ceviz, Brezilya fıstığı, Antep fıstığı, Macadamia fındığı ve Queensland fıstığı ve bunların ürünleri
- Kereviz ve kereviz bazlı ürünler
- Hardal ve hardal bazlı ürünler
- Susam tohumları ve bunların ürünleri
- **SO_2 olarak ifade edilen 10 mg/kg veya 10 mg/litre'den daha yüksek konsantrasyonlarda kükürt dioksit ve sülfitlerin mevcudiyetinde**
- Acı bakla
- **Yumuşakçalar**

Tablo 1.2. Su ürünlerinde tehlike kategorileri azalan risk sırasına göre (Khora, 2015)		
Derecelendirme	**Tanımlama**	**Örnek**
1	Pişirmeden çiğ tüketilenler	Taze ve dondurulmuş midye, istiridye ve sushi / sashimi gibi çiğ balıklar dahil yumuşakçalar
2	Isıl işlem görmemiş çiğ gıdalar genellikle ek pişirme ile tüketilir	Taze / dondurulmuş balık ve eklem bacaklılar
3	Hafif korunmuş balık ürünleri (su fazında <% 6 tuz ile, pH> 5.0)	Tuzlu marine edilmiş, fermente edilmiş, soğuk tütsülenmiş balık
4	Yarı korunmuş balık (tuz>% 6) veya ilave koruyucularla pH <5.0 altındaki ürünler	Tuzlu, marine edilmiş balık, fermente balık, havyar
5	Hafif ısıl işlem görmüş (pastörize, pişmiş, sıcak tütsülenmiş) balık ürünleri	Önceden pişirilmiş ürünler
6	Isıl işlem görmüş (sterilize edilmiş, kapalı kaplarda paketlenmiş)	Konserve, poşet ambalajlı ürünler

Tablo 1.3. Su ürünleri gıda güvenliği yönünden tehlikelerinin derecelendirmesi (NSW, 2017)		
Derecelendirme	**Tehlike**	**Bağıl Risk**
1	Mikrobiyal içerik	100,000
2	Kirletici kimyasallar	100
3	Doğal toksinler	100
4	Pestisid kalıntısı	1
5	Gıda katkı maddeleri	1

1.2.2. Su Ürünleri Gıda Güvenliğinde Yasal Düzenlemeler

Hitit devrine ait bir sütunda yer alan "Komşunun etini zehirleme" "Komşunu aldatma" yazıları gıda ürünlerine yönelik tarihteki ilk gıda mevzuatı niteliğindeki bulgulardır. Asurlular satışta kullanılacak ağırlık ölçülerini belirlemiş, antik Mısırlılarda krallığın gıda stoklamaya ve kaydına dair kurallar, Roma döneminde hijyen ve temizlik başta olmak üzere gıda temini ve devamlılığı konusunda yasal düzenlemeler oluşturulmuştur. Gıda Hukukuna ilişkin eski kaynaklardan en önemlisi ise ağırlık birimleri yanı sıra Bira satışı konusunda ağır cezaları da bünyesinde bulunduran Hammurabi (M.Ö.1795-1750) yasalarıdır. Orta çağda da gıdalarda hile, taklit ve tüketiciler sağlık sorunları oluşturabilecek durum, Luther tarafından yazılarında tarihe kaydolarak geçmiştir. Bu durumun önlenmesi için birçok yasal ceza ortaya konulmuş olsa da orta çağ Avrupa'sında toplumların karşı karşıya oldukları en önemli sorunlardan birisini oluşturmaktaydı (Mettke & Ortan, 1979; Kılıç & Erdem, 2015).

Anadolu'da Türklerin hâkimiyeti ile **ihtisap** (günümüzün belediye ve zabıtası) ve **ahilik** (13. yüzyıl başlangıcı esnaf ve zanaatkâr örgütlenmesi) teşkilatlarınca bir çeşit kontrol ve

üretim ve ticaret sertifikasyonlara tabii tutulmuştur. Bu teşkilatlarca temel kurallar ve denetim ise üretim çeşidi, yerel özellikler ile dini boyutlar nezdinde ele alınmıştır. Osmanlı'da ise "Kanunnâme-i İhtisab-ı Bursa" 2. Bâyezid'in emriyle hazırlanmıştır. İlgili yasal düzenleme (kanun) Mevlânâ Yaraluca Muhyiddin tarafından 1502-1507 yılları arasında hazırlanmıştır. Kanun kapsamı oldukça geniştir. Günümüzdeki standart anlayışının dünyadaki ilk örneği "Kanunnâme-i İhtisab-ı Bursa" her alanda alınan, satılan ve işlenen çeşitli kumaşların, giyeceklerin, yiyeceklerin ebatlama, ambalajlama, kalitesi gibi detayları içermektedir. Örneğin; ekmek için sadece fiyat ve ağırlığı üzerinde durulmamış ne kadar buğdaydan ne miktar un elde edileceği, fırınların bulundurmak zorunda olduğu stok miktarı, ekmeğin çiğ ve eksik ağırlıkta çıkması halinde fırıncılara uygulanacak cezalar da bu kanunnâmede belirtilmiş ve hükme bağlanmıştır (Özdemir, 2017).

Cumhuriyet Döneminde ise gıda güvenliği ile ilişkili ilk yasa 1930 yılında yürürlüğe giren 1580 sayılı "Belediye Yasası" dır. Bu yasanın 15 maddesi gıda üretim, depolama ve satış yerlerinin denetimini belediye sınırları içinde belediyenin görevleri arasına almaktadır. Bu yasayla aynı yılda çıkarılan 1593 sayılı yasada "Umumi Hıfzıssıhha Yasası" olup 181-199 maddeleri gıda denetimi ve cezalarını kapsamaktadır. Yine bu yasayla gıdaya ilişkin sorumluluk, belediye sınırları dışında Sağlık ve Sosyal Yardım Bakanlığı'na verilmiştir. İlerleyen süreçlerde "Umumi Hıfzıssıhha Yasası" gereği, önce 1942 yılında "Gıda Nizamnamesi" daha sonra da 1952 yılında "Gıda Maddeleri Tüzüğü" (GMT) yürürlüğe konulmuştur. GMT kapsamında gıda maddelerinin de yer olacağı maddelerin taşıması gereken nitelikler ile bunların hangi koşullarda bozulmuş, taklit veya tağşiş edilmiş sayılacağına dair hükümlere yer verilmiştir. Avrupa Birliği nezdindeki anlaşmalar gereği gıda mevzuatının uyumu çerçevesinde ve gıda denetimi ile süreçlerindeki yetki dağınıklığının giderilmesi amacıyla 1995 yılında 560 sayılı "Gıdaların Üretimi Tüketimi ve Denetlenmesine Dair Kanun Hükmünde Kararname (KHK) yürürlüğe girmiştir. Avrupa Birliği mevzuatlarına uyum çerçevesinde 2004 yılında 5179 sayılı "Gıdaların Üretimi, Tüketimi ve Denetlenmesine Dair Kanun Hükmünde Kararname Değiştirilerek Kabulü Hakkında Kanun" yürürlüğe girmiş bu kanunla gıda güvenliğinin temini için bir dizi yönetmelik ve tebliğ yayınlanmıştır (2006 yılında bu kanunun yürütmesi Danıştay kararıyla durdurulmuştur). Yürütmesi durdurulan bu kanun yerine geçmek üzere, Bakanlık yetkilileri ile AB yetkililerinin mutabakatı üzerine Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı'nca 13.06.2010 tarih ve 27610 sayılı Resmî Gazete' de "5996 sayılı Veteriner Hizmetleri Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu" yayımlanmıştır (Türker, 2012). Günümüzde ilgili 5996 Sayılı Kanun gıda güvenliği konusundaki sorumluluk ve yetki/hizmetlerin büyük bir kısmını **"**T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı**"** bünyesinde toplanmaktadır. Yine 2010 yılında yürürlüğe giren

5977 no lu "Biyogüvenlik Kanunu" ile modern biyoteknolojik uygulamalar kullanılarak elde edilecek genetiği değiştirilmiş organizmalarda ve ürünlerden kaynaklanabilecek risklerin önüne geçilmeye çalışılmıştır. Çıkarılan tüm yasama kanunları birçok tebliğ ve yönetmeliklerle uygulama kuralları da belirlenmiştir.

Uluslararası su ürünleri ticareti için, ülkeler ve bölgeler ürünlerin giriş çıkışlarını kontrol etmek için ulusal ve bölgesel düzenlemeler geliştirmişlerdir. Su ürünleri ticaretinin %70' inden fazlası üç ana pazara (Avrupa Birliği, Amerika Birleşik Devletleri ve Japonya) gönderildiği için, bu pazarlar önemli yasal referans noktalarını oluşturmaktadır (Ryder ve diğ. 2014).

Su ürünleri konusundaki yasal düzenlemeler Cumhuriyet döneminde, 1380 sayılı Su Ürünleri Kanunu" 04.04.1971 tarihli Resmî Gazete'nin 13799 sayısında yayınlanarak yürürlüğe girmiş ve günümüze kadar su ürünlerinin korunması, istihsali ve kontrolüne dair hususları içererek Tablo 1.4' deki revizyonlara tabii tutulmuştur.

İlgili kanunun uygulaması ise **"Su Ürünleri Yönetmeliği" ile düzenlenmiş** (Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, 1995) **"... su ürünlerinden yapılacak mamul ve yarı mamul maddelerin üretimi, su ürünlerinin pazarlanması ile ilgili usul, esas, yasak, sınırlama, yükümlülük, tedbir, kontrol ve denetimine ait hususları …"** da gıda güvenliği yönünden kapsayan ilgili tebliğler ve yönetmeliklerin çıkarılmasıyla AB ile olan mutabakata dayalı yapılmakta ve yine daha sonrası çıkarılan 5996 ve 7191 sayılı kanunlarla farklı güncellemeler de yapılmıştır.

Tablo 1.4. 1380 sayılı "Su Ürünleri Kanunu" nda yapılan değişiklikler

Değiştiren Kanunun /KHK' nın veya İptal Eden Anayasa Mahkemesi Kararının Numarası	**1380 sayılı Kanunun Değişen, İptal Edilen veya Eklenen Maddeleri**	**Yürürlüğe Giriş Tarihi**
3288	1, 3, 7, 14, 17, 26, 27, 36	28/5/1986
4916	4, Geçici Madde 3	19/7/2003
4950	13, 21, 23, 32, 33, 34, 36, Ek Madde 3	(Yayım tarihi olan 29/7/2003'ten altı ay sonra) 29/1/2004
5957 (6215 ile değişik)	26	1/1/2012
5996	23, 36	13/12/2010
KHK/698	18	24/6/2018
7191	3, 4, 17, 18, 22, 25, 32, 33, 34, 35, 36 Ek madde 4, 5, 6, 7	1/1/2020

Su Ürünlerinin gıda olarak değerlendirilmesi ile doğrudan veya dolaylı ilişkili yönetmelikler ve tebliğler;

1. Yönetmelikler

- Su ürünleri yönetmeliği (Resmi Gazete [R.G.] 10/03/1995 22223)
- Gıdaların üretimi tüketimi ve denetlenmesine dair yönetmelik (5 defa revizyon geçirmiştir) Yetki Kanunu: 560 S.K.H.K R.G.: 9 Haziran 1998 23367) (1. Revizyon: R.G. 30.06.2000 24094; 2. Revizyon: R.G. 19.03.2002 24700; 3. Revizyon: R.G. 15.11.2002 24937; 4. Revizyon: R.G. 28.12.2002 24977; 5. Revizyon: 10.10.2003 25255)
- Gıda güvenliği ve kalitesinin denetimi ve kontrolüne dair yönetmelik (R.G. 26/09/2008 27009)
- Su ürünleri toptan ve perakende satış yerleri yönetmeliği (Su Ürünleri Toptan ve Perakende Satış Yerleri Yönetmeliği, 2002)
- Su ürünleri yönetmeliğinde değişiklik yapılmasına dair yönetmelik (R.G. 21/09/2008 27004)
- Gıda ve yem amaçlı genetik yapısı değiştirilmiş organizmalar ve ürünlerinin ithalatı, işlenmesi, ihracatı, kontrol ve denetimine dair yönetmelikte değişiklik yapılmasına dair yönetmelik (R.G. 20/11/2009 27412)
- Genetik yapısı değiştirilmiş organizmalar ve ürünlerine dair yönetmelik (R.G. 13/08/2010 27671)

2. Tebliğler

- Türk gıda kodeksi mikrobiyolojik kriterler tebliğinde değişiklik yapılması hakkında tebliğ (2006/23)
- Türk gıda kodeksi gıda maddelerindeki bulaşanların maksimum limitleri hakkında tebliğde değişiklik yapılması hakkında tebliğ (2009/22)
- Türk gıda kodeksi gıda maddelerinde pestisit kalıntılarının resmi kontrolü için numune alma metotları tebliği (2006/51)
- Türk gıda kodeksi hayvansal kökenli gıdalarda veteriner ilaçları maksimum kalıntı limitleri tebliğinde değişiklik yapılması hakkında tebliğ (2007/17)
- Türk gıda kodeksi gıda maddeleri ile temasta bulunan plastik madde ve malzemeler tebliğinde değişiklik yapılması hakkında tebliğ (2008/7)
- Türk gıda kodeksi gıda maddeleri ile temasta bulunan plastik madde ve malzemelerin bileşenlerinin migrasyon testinde kullanılan gıda benzerleri listesi tebliğinde değişiklik yapılması hakkında tebliğ (2008/8)

- Türk gıda kodeksi hayvansal kökenli gıdalarda veteriner ilaçları maksimum kalıntı limitleri tebliğinde değişiklik yapılması hakkında tebliğ (2008/9)
- Türk gıda kodeksi gıda maddelerinde kurşun, kadmiyum, cıva, inorganik kalay, 3 monokloropropan 1,2 diol ve benzopiren seviyelerinin resmi kontrolü için numune alma, numune hazırlama ve analiz metodu kriterleri tebliği (2008/11)
- Türk gıda kodeksi gıda maddelerinde bulunmasına izin verilen pestisitlerin maksimum kalıntı limitleri tebliği (2009/62)
- Türk gıda kodeksi renklendiriciler ve tatlandırıcılar dışındaki gıda katkı maddeleri tebliği (2008/22)
- Türk gıda kodeksi gıda maddelerindeki bulaşanların maksimum limitleri hakkında tebliğ (2008/26)
- Türk gıda kodeksi gıda maddelerindeki bulaşanların maksimum limitleri hakkında tebliğde değişiklik yapılması hakkında tebliğ (2009/22)
- Türk gıda kodeksi hayvansal kökenli gıdalarda veteriner ilaçları maksimum kalıntı limitleri tebliğinde değişiklik yapılması hakkında tebliğ (2009/23)
- Türk gıda kodeksi renklendiriciler ve tatlandırıcılar dışındaki gıda katkı maddelerinin saflık kriterleri tebliğinde değişiklik yapılması hakkında tebliğ (2009/39)
- Gıda maddelerinin ve gıda bileşenlerinin üretiminde kullanılan ekstraksiyon çözücüleri tebliği (2010/40)
- Türk gıda kodeksi gıda maddelerinde bulunmasına izin verilen pestisitlerin maksimum kalıntı limitleri tebliğinde değişiklik yapılması hakkında tebliğ (2010/38) (Resmi Gazete No:27683)
- Türk gıda kodeksi gıda maddelerinin genel etiketleme ve beslenme yönünden etiketleme kuralları tebliğinde değişiklik yapılması hakkında tebliğ (no: 2006/34) (Resmi Gazete No:26221)

Bu yasal düzenlemeler de yıllar içerisinde çıkan bilimsel yayın ve raporlamalara bağlı olarak hazırlanmakta ya da yenilenmektedir.

Gıda yasaları, yönetmelikleri, tebliğleri üç temel amaçla yürürlüğe sokulur ve güncellenir, su ürünleri konusundaki düzenlemeler de bu kapsamda değerlendirilmelidir;

1. Sağlığın korunması
2. Tüketicinin aldatılmasının önlenmesi (Taklit, Tağşiş, Hileler, vb…)
3. Adaletli bilgilendirme yapılması

Tablo 1.5. Bu konuda 2001 yılından bu yana su ürünleri güvenliği ile ilgili çıkan son bilimsel ve raporlama yayınları konusundaki başlıca örnekler (NSW, 2017)

Yıl	Başlık	Yayınlayan Kurum/Referans
2015	Environmental Contaminants of Emerging Concern in Seafood - European Database on Contaminant levels	Vandermeersch ve diğ., 2015
2014	Assessment and Management of Seafood Safety and Quality (Current practices and emerging issues)	Ryder, Iddya, & Ababouch, 2014
2014	Seafood Industry Risk Assessment	MWH Australia Pty Ltd (MWH), PrimeSafe and the Department of Environment, and Primary Industry (DEPI) (Project No: 83501434)
2013	A Guide to the Identification of Food Safety Hazards and Determination of Shelf-life of Packaged Seafood	South Australian Research and Development Institute, SARDI Food Safety & Innovation
2013	Protocol for Seafood Risk Assessment to Support Fisheries Re-opening Decisions for Marine Oil Spills in California	Office of Environmental Health Hazard Assessment, California Environmental Protection Agency (OEHHA 2013)
2012	Seafood safety scheme Periodic review of the risk assessment	NSW Food Authority (NSW/FA/CP064/1208)
2011	Food Safety Risks Associated with Prawns Consumed in Australia	SARDI Food Safety group (Seafood CRC Project: 2009/787)
2011	Fish and Fishery Products Hazards and Controls Guidance (Fourth Edition)	Center for Food Safety and Applied Nutrition, FDA, U.S. Department of Health and Human Services
2005	Primary Production & Processing Standard for Seafood	FSANZ 2005a (Proposal P265/02-05)
2001	SeaQual"s Guide to Food Safety Risks in Seafood	Seafood Services Australia (PDF-PU006)

1.3. Tüketiciler için Su Ürünleri Kökenli Fonksiyonel Gıdalar ve Dikkat Edilmesi Gerekenler

Fonksiyonel gıda yaklaşımı ilk olarak 1980'lerin başında Japonya'da ortaya çıkmış daha sonra 1990'da **"**özel hazırlanmış fizyolojik etkili gıdalar" (FOSHU) (Japanese Foods for Specified Health Use - Gıdanın Sağlıklı Yaşam İçin Kullanımı) kavramı **"besleyici özelliğinin yanında bireyin sağlığı, fiziksel performansı ve ruhsal durumu üzerine olumlu etkiler yapan gıdalar olarak"** tanımlanmıştır. Fonksiyonel/Özel beyanlı gıdalar, "besleyici etkilerinin yanı sıra bir ya da daha fazla etkili bileşene bağlı olarak sağlığı koruyucu, düzeltici ve/veya hastalık riskini azaltıcı etkiye sahip olup, bu etkileri bilimsel ve klinik olarak ispatlanmış gıdalar" olarak açıklanmıştır (5179 Sayılı Kanun, 2004; Sevilmş, 2008). Avrupa Birliği mevzuatları da dahil olmak üzere, fonksiyonel gıdalar kamu ve özel kurumlarca birden fazla tanımlamaya tabii olmakla birlikte ILSI Europe (International Life Sciences Institute - Uluslararası Yaşam Bilimleri Enstitüsü) tarafından şu ortak tanım açıklanmaya çalışılmıştır (Özkan Özdemir ve diğ. 2009); "Bir gıda ürününün beslenmeye yönelik uygun niteliklerinin

yanı sıra, vücudun bir ya da daha fazla hedef işlevini daha sağlıklı ve iyi duruma getirmek ve/veya hastalık riskini azaltmak yoluyla yararlı yönde etkilediği ikna edici bir şekilde ortaya koyulabilirse, o gıda ürünü fonksiyoneldir." Bu tanım ve açıklamalara göre her iki niteliğe (besin değeri ve sağlığa olumlu etkiler) birden sahip yiyecekler **"fonksiyonel gıda"** olarak değerlendirilmektedir.

Tüm bu tanımlara göre fonksiyonel gıdalar (Özkan Özdemir ve diğ. 2009);

- İlaç, kapsül veya herhangi bir diyet desteği formunda olmamalı,
- Bilim dünyası tarafından etkileri onaylanmış olmalı,
- Beslenme bakımından yeterli olmanın yanı sıra, vücutta bir veya birden fazla fonksiyon üzerine iyi olma halini sağlama ve/veya hastalık riskini azaltma gibi olumlu etkilere sahip olmalı,
- Normal gıda tüketim modelinin bir parçası olmalıdır.
- Fonksiyonel gıdalar üç ana grupta kategorilendirilmektedir (Crowe & Francis, 2013).
- Doğal biyoaktif gıda bileşikleri içeren geleneksel gıdalar. Çoğu sebze, meyve, tahıl, süt, balık ve et, temel beslenmenin ötesinde faydalar sağlayan biyoaktif gıda bileşikleri içeren gıdalar bu kapsamdadır.
- Margarin ve yumurtalar daki Omega-3 (balık yağı kökenli EPA ve DHA gibi) yağ asitleri ile zenginleştirme veya güçlendirme örneğindeki gibi biyoaktif gıda bileşikleri içeren modifiye gıdalardır.
- Oligosakkaritler veya dirençli nişasta gibi prebiyotik faydalar sağlayan sindirilemez karbonhidratlar gibi sentezlenmiş gıda maddeleridir.

Avrupa etiketleme mevzuatı ise herhangi bir gıda maddesine hastalıkları önleme, tedavi etme ya da iyileştirme yönündeki özelliklere atıfta bulunmayı yasaklamaktadır (T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2011).

Fonksiyonel gıdalara olan talep özellikle gelişmiş ülkelerde başta olmak üzere dünya çapında artış eğilimi göstermektedir. Bundaki en büyük etkenin günümüz sağlıksız beslenme diyetlerinin hastalık oluşumu üzerinde tetikleyici rol oynamasından kaynaklanmaktadır. Bu etki Kardiyovasküler semptomlar için %30, kanserler için %35, kabızlık için %70, obezite için %50, tip 2 diyabet için %25'i ve diş çürüğü için %30' u geçtiği varsayılmaktadır (Usydus & Szlinder-Richert, 2012).

Su Ürünlerinin fonksiyonel gıda olarak işlenmesi bünyelerinden elde edilen ve tüketimi sağlığa/sağlıklı gelişime olumlu etki yapan esansiyel amino asitlerden kolajenlerden, jelatin-

den, omega-3 yağ asitlerinden (özellikle EPA ve DHA), protein hidrolizatlarından, vitaminlerden (A, B, C, D ve E), minerallerden (iyot, çinko, kalsiyum vb.), kitinden, glukozaminden ve bunlarla da sınırlı kalmayan gün geçtikçe yeni keşfedilen etken maddelerden kaynaklanmaktadır.

Yeterli miktarda su ürünleri tüketiminin insanlarda yarattığı olumlu sağlık etkileri birçok bilimsel kaynakta belirtilmektedir (Tablo 1.6 ve 7). Ayrıca su ürünleri işleme atıkları (yan ürünleri) birçok endüstride kullanılmaktadır ve ticari uygulamaları her yıl genişletilmektedir. Doğal biyoaktif maddelerin nutrasötik potansiyelinin belirlenmesi büyüyen bir alandır ve su ürünleri işleme yan ürünlerinin kullanılması, ticari uygulamalarda önünü açmaktadır (Pangestuti & Kim, 2014). Özellikle son yıllarda taze ve işlenmiş su ürünleri tüketiminin yanı sıra, içerdikleri biyoaktif etken maddelerin izole edilmesiyle birçok zenginleştirilmiş gıda ürünü geliştirilmek suretiyle tüketicilerin taleplerine sunulmuştur (EPA ve DHA ile zenginleştirilmiş yumurtalar, içecekler vb.).

Su ürünleri kökenli biyoaktif maddelerle zenginleştirilmiş gıdaların üretiminde özellikle tüketicilerin pazarlama teknikleriyle kandırılmaması için kontrollerinin bu ürünlerin "fonksiyonel gıda" niteliği kazandırıldığına dair sertifikasyonlarının yapılarak düzenli kontrollerinin yetkili kurumlarca gıda güvenliği açısından değerlendirilmesi zorunluluk arz etmektedir. Taze ve işlenmiş su ürünlerinin ise gıda güvenliği ve kalite kontrol uygulamaları nezdinde tüketiciye ulaştırılması büyük önem taşımaktadır.



Fotoğraf 1.2. Fonksiyonel özellikler ile zenginleştirilmiş gıdalara örnekler ve FOSHU özellikleri barındıran gıdalara konulan Japonya' daki sembol.

Tablo 1.6. Su ürünleri tüketiminin yararlı etkileri (NSW, 2017)	
Su Ürünlerinin Sağlık Yararları	
Astım	Balık yiyen çocukların astım gelişimi olasılığı daha düşüktür.
Kalp-Damar Hastalıkları	Haftalık önerilen balık tüketimi, kan pıhtılaşmasını ve iltihabını azaltarak, kan damarı elastikiyetini artırarak, kan basıncını düşürerek, kan yağlarını azaltarak ve ''iyi'' kolesterolü artırarak kalp hastalığı ve inme riskini azaltmaktadır.
Demans	Düzenli olarak balık tüketen yaşlı insanlarda, Alzheimer hastalığı da dahil olmak üzere demans gelişme riski daha düşüktür.
Diyabet	Balık tüketimi, diyabet hastalarında kan şekeri seviyelerinin yönetilmesine yardımcı olur.
İnflamatuar Koşullar	Artırılan balık tüketimi, enflamatuar durumunu azaltarak ve romatoid artrit, sedef hastalığı ve otoimmün hastalık semptomlarını hafifletmektedir.
Premature Doğum	Hamilelik sırasında balık ve su ürünleri tüketimi, erken doğum riskini azaltmaktadır.
Su Ürünleri Besleyici Elementleri	
Omega-3 Yağ Asitleri (DHA ve EPA)	Balık, kalbimizi, beyin dokumuzu, retinamızı koruyan ve bunun gibi sağlıklı yaşam için gerekli olan birçok vücut aktivitesi üzerinde etkili olan iyi bir omega-3 yağ asidi kaynağıdır.
Esansiyel Aminoasitler	Su ürünlerinin 100g daki esansiyel aminoasit miktarı, sindirilme düzeyi ve dokular tarafından değerlendirme oranları diğer protein kaynaklarından daha yüksektir.
Vitamin D	Su ürünleri özellikle yağlı deniz balıkları önemli bir D vitamini kaynağıdır.
Vitamin B	Su ürünleri iyi bir nörolojik fonksiyon ve kan oluşumu için gerekli B12 vitamin (kobalamin) kaynağıdır.
Mineraller	Çinko, bakır, iyot, kalsiyum ve diğer minerallerin fizyolojik ve metabolik süreçlerde çok yönlü işlevleri vardır.
Selenyum	Balıklardaki selenyum içeriği cıva toksisitesine karşı koruyucu görev yapar.

Tablo 1.7. Farklı organizasyonların günlük EPA ve DHA alım önerileri (NIH, 2022; Givens & Gibbs, 2008)	
Organizasyonlar	**Önerilen EPA+DHA Alımı**
AHA (American Heart Association)	1.0 g/gün
WHO/FAO* (World Health Organization/Food and Agriculture Organization)	0.5 g/gün
İngiltere Sağlık Bakanlığı (UK Department of Health)	0.2 g/gün
Uluslararası Yağ Asitleri ve Lipit Çalışma Topluluğu	0.5 g/gün
Belçika Sağlık Konseyi	0.68 g/gün
FDA (U.S. Food and Drug Administration)	2.0 g/gün
*Haftada bir ila iki porsiyon balık yeme önerisine göre tahmin edilmiştir.	

1.4. Gıda Katkı Maddeleri

Gıdanın güvenliğini, tazeliğini, tadını, dokusunu veya görünümünü korumak için gıdaya eklenen maddelere gıda katkı maddesi denmektedir. Geniş anlamdaki tanımı ise "Tek başına gıda olarak tüketilmeyen veya gıda ham veya yardımcı maddesi olarak kullanılmayan; tek başına besleyici değeri olan veya olmayan; seçilen teknoloji gereği kullanılan işlem veya üretim sırasında kalıntı veya türevleri mamul maddede bulunabilen; gıdanın üretilmesi, tasnifi, işlenmesi, hazırlan-

ması, ambalajlanması, taşınması, depolanması sırasında gıda maddesinin tat, koku, görünüş, yapı ve diğer niteliklerini korumak, düzeltmek veya istenmeyen değişikliklere engel olmak amacıyla kullanılmasına izin verilen maddeler" olarak tanımlanmaktadır (Erkan, Su ürünlerinde kullanılan katkı maddeleri, 2000). Bazı katkı maddeleri, tuz (pastırma veya kurutulmuş balık gibi etlerde), şeker (marmelatta) veya kükürt dioksit (şarapta) gibi koruma için yüzyıllardır kullanılmaktadır.

Gıda üretimi ve tüketiciye ulaştırma süreçlerinde spesifik kalitesini ve gıda güvenliğini sağlamak için pek çok farklı türde gıda katkı maddeleri geliştirilmiş olup, genel kullanım amaçlarına göre 4 grup altında sınıflandırılmaktadır (Erkan, Su ürünlerinde kullanılan katkı maddeleri, 2000; Boğa & Binokay, 2010);

1. Kaliteyi koruyarak raf ömrünü uzatanlar (Koruyucular)
    - Antimikrobiyaller (nitrit, nitrat, benzoik asit, propiyonik asit, sorbik asit, vd.)
    - Antioksidanlar (BHA, BHT, Galatlar, vd.)
2. Yapıyı hazırlama, pişme özelliğini geliştirenler
    - pH ayarlayıcılar
    - Topaklanmayı önleyenler (silikat, magnezyum oksit, magnezyum karbonat)
    - Emülsifiyeler (lesitin, mono ve digliseridler)
    - Stabilizörler, kıvam arttırıcılar, tatlandırıcılar
    - Mayalanmayı sağlayıcı ajanlar
    - Nem ayarlayıcılar
    - Olgunlaştırıcılar
    - Ağartıcılar, dolgu maddeleri, köpük ayarlayıcılar, parlatıcılar
3. Aromayı ve rengi geliştiriciler
    - Çeşni arttırıcılar (MSG)
    - Çeşni vericiler (aroma maddeleri)
    - Renklendiriciler (tartazin, indigotin, vb.)
4. Besin değerini koruyucu, geliştiriciler (besin öğeleri)
    - İşleme sırasında kaybolan besin öğelerini yerine koyma (B1, B2, Niyasin, vb.)
    - Diyette eksik olabilecek besin öğelerini ekleme (A, D vitaminleri, vb.)

Katkı maddeleri, kullanılmalarına izin verilmeden önce gıda güvenliği konusunda değerlendirilerek yetkili kurumlarca onaylanması, onaylanan katkı maddelerine Avrupa Birliği nezdinde kullanımına yönelik 'E' kodu ile bir sayı ataması gerekmektedir.

E kodları ile tanımlanan bazı katkı gruplarının temel işlevlerine göre sınıflandırması aşağıdaki gibidir (Karatepe & Ekerbiçer, 2017);

- Renklendiriciler “E100-180”
- Koruyucular “E200-297”
- Antioksidanlar E300-321
- Emülsifiyer ve Stabilizatörler E322-500
- Asit-Baz sağlayıcılar E500-578
- Tatlandırıcılar, Koku verenler E620-637
- Geniş amaçlı E900-927

Bu gıda katkı maddeleri doğal, doğal ile aynı veya yapay olabilmektedir. Doğal katkı maddeleri farklı gıda maddelerinde doğal olarak bulunmakta ve bir gıdadan diğerinde kullanılmak üzere ekstrakte edilmektedir. Doğal ile aynı katkı maddeleri, doğal olarak oluşan maddelerin kimyasal olarak sentezlenmesiyle üretilmektedir. Örneğin, benzoik asit, doğada bulunan ancak aynı zamanda sentetik olarak üretilen ve gıdalarda koruyucu olarak kullanılan bir katkı maddesidir. Yapay katkı maddeleri gıdalarda doğal olarak bulunmaz ve sentezleme ile üretilmektedir. Buna en güzel örnek şekerin yerine kullanılan yapay tatlandırıcılardır (Aspartam, Asesülfam K vb.).

1.4.1. Tüketici Güvenliği Yönünden Gıda Katkı Maddeleri

FAO/WHO Gıda Katkı Maddeleri Ortak Uzmanlar Komitesi (JECFA) tarafından tamamlanan güvenlik değerlendirmeleri, hükümetler arası gıda standardı belirleme kuruluşu olan FAO ve WHO, Gıda Kodeksi Komisyonu tarafından, yiyecek ve içeceklerde maksimum katkı maddesi kullanımı için seviyeler oluşturmak amacıyla kullanılmaktadır. Kodeks standartları, tüketicilerin korunması ve uluslararası gıda ticareti ile ulusal standartlar için referanstır, böylece her yerdeki tüketiciler, yedikleri yiyeceklerin nerede üretilirse üretilsin, güvenlik ve kalite için kabul edilen standartları karşıladığından emin olabilirler. Gıda katkı maddesinin JECFA tarafından kullanıma yönelik güvenli olduğu ve Gıda Katkı Maddeleri için Kodeks Genel Standardında maksimum kullanım seviyeleri belirlendikten sonra, bir gıda katkı maddesinin fiilen kullanımında ulusal gıda mevzuatlarına uygulanması işlemlerin en son basamağıdır (WHO, 2018).

Karar ve uygulama süreci bu anlamda 4 basamaklıdır (Boğa & Binokay, 2010; WHO, 2018).

1. **Birleşik (FAO/WHO) Gıda Katkıları Uzman Komitesi Komitesi** (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives **JECFA): ** Gıdalardaki toksikolojik değerlendirmeleri yaparak katkı maddelerinin listelerininin oluşturulması, gıdalarda katkı maddelerinin analizleri ile ilgili yöntemlerin geliştirmektedir.

2. **Gıda Katkı ve Kontaminantları Kodeksi Komitesi** (Codex Committee on Food Additives and Contaminants **CCFAC):** Gıda katkıları ile ilgili sınırlamalar ve bu maddelerin gıdalarda bulunmasına izin verilebilecek maksimum miktarlarını belirlemektedir.
3. **Gıda Kodeks Komisyonu** (Codex Alimentarius Commission, **CAC**)**:** Gıdalarla ilgili standartları oluşturur ve düzenlemeleri yaparak, konuyla ilgili dokümanları yayınlamaktadır.
4. **Türk Gıda Kodeksi:** Ülke mevzuatlarına uyumu gerçekleştirilerek, yasal yürürlük ve denetlemeler sağlamaktadır.

Gıda katkı maddelerinin kullanımı ve statüsü hakkında FAO ve WHO' nun oluşturduğu gıdalarla ilgili alt komisyonu CAC ve CCFAC ile JECFA tarafından bilimsel olarak değerlendirilmektedir. FAO ve WHO ise raporlarında bu değerlendirmeleri yayınlar ve Uluslararası Numaralandırma Sistemi (INS) belirlemektedir (Boğa & Binokay, 2010).

Bu durumda (WHO, 2018);

- Gıda katkı maddeleri, güvenliğini, tazeliğini, tadını, dokusunu/görünümünü korumak veya iyileştirmek için gıdaya eklenen maddelerdir.
- Gıda katkı maddelerinin kullanılmadan önce insan sağlığı üzerindeki potansiyel zararlı etkileri açısından kontrol edilmesi gerekmektedir.
- JECFA, gıda katkı maddelerinin güvenliğini değerlendirmekten sorumlu uluslararası kuruluştur.
- CAC tarafından maksimum kullanım seviyeleri belirlenmiş, JECFA tarafından değerlendirilen ve güvenli olduğu düşünülen gıda katkı maddeleri, uluslararası olarak ticareti yapılan gıdalarda kullanılabilmektedir.

Gıda katkı maddeleri kullanım koşul ve zorunlulukları ise aşağıdaki gibidir (WHO, 2018);

- Yalnızca kullanımları teknolojik bir ihtiyaç olduğunda,
- Tüketicilerin aldatılmasında kullanılmadığında,
- İlgili gıdanın besin kalitesini korumak gerektiğinde,
- Gıdanın stabilitesini artırmak gibi iyi tanımlanmış ve zorunluluk gerektiren bir teknolojik fonksiyona hizmet etmesi durumunda

Katkı maddeleri gıdalarda dört başlık altında kullanılmaktadır (Erkan, Su ürünlerinde kullanılan katkı maddeleri, 2000; Boğa & Binokay, 2010);

1. **Gıdaların raf ömrünü uzatanlar (Koruyucular):**

Koruyucu maddeler, Antioksidanlar, Sinerjistler, Kaplama maddeleri, Tütsü maddeleri, vd.

2. **Yapı, hazırlama ve pişme özelliklerini geliştirenler:**

Kalınlaştırıcılar, Emülgatör, Stabilizatörler, Yapıyı koruyucu ve düzeltici maddeler vd.

3. **Aroma ve renk geliştiriciler:**

Aroma maddeleri, Koku verenler, Asitler, Bazlar, Tatlandırıcı maddeler, Ağartıcı maddeler, Renk düzeltici maddeler, Renk maddeleri, vd.

4. **Besin değerini koruyucu veya geliştiriciler (Besin bileşenleri):**

Vitaminler, Mineraller, İz elementler, Esansiyel yağ asitleri ve Esansiyel amino asitler

Gıdalara katılacak katkı maddesinin maksimum miktarının belirlenmesi için (Akbulut, 2012):

- Katkı maddesinden günlük alınabilecek miktar (ADI mg/kg/gün değeri)
- Gıdaların üretim teknolojisinin getirdiği miktar (GMP- İyi Üretim Uygulamaları)
- Katkı maddesinin kaç gıdaya katılacağı
- Katkı maddesinin katılacağı gıdaların ortalama günlük tüketim miktarlarının bilinmesi gerekmektedir.

Su ürünleri de dahil tüm gıdalarda kullanılacak katkı maddelerinin izinleri/kullanımı, ilgili ülke ulusal mevzuatları tarafından düzenlenmekte ve yetkili kuruluşlarca denetlenmektedir.

JECFA tarafından gıda katkı maddelerini ve gıdalardaki kirleticileri güvenlik değerlendirmesinde, kabul edilebilir veya tolere edilebilir alımların belirlenmesinde gözlenmeyen etki seviyeleri (NOEL) 2007 yılında değerlendirilmiştir. FAO/WHO Pestisit Kalıntıları Ortak Toplantısı (JMPR)' nda ve diğer ulusal ve uluslararası risk değerlendirme organları, bir etkinin olumsuz olarak kabul edilmediğini belirlemek için NOAEL terimini ve olumsuz olarak kabul edilmeyen etkiler için NOEL' i birbirinden ayırmıştır. JECFA, diğer risk değerlendirme organlarındaki ortak uygulamaları göz önünde bulundurarak ve JMPR ile uyum sağlamak amacıyla, bir sonraki yüksek dozdaki etkisi olumsuz olarak değerlendirildiğinde NOAEL teriminin kullanılmasına karar vermiştir. Böyle bir etki olumsuz olarak değerlendirilmezse, NOEL terimi kullanılacaktır. Bu, test edilen en yüksek dozda hiçbir etkinin gözlenmediği değerlendirmeleri içermekte, test edilen bu en yüksek doz NOEL olarak değerlendirilmektedir. Aynı yaklaşım, komite tarafından en düşük gözlemlenen etki düzeyi (LOEL) ve en düşük

gözlemlenen olumsuz etki düzeyi (LOAEL) terimleri için kullanılmasına karar verilmiştir (FAO/WHO Expert Committee, 2007).

170. Çevre Sağlığı Kriterleri dokümanında kimyasalların insan sağlığı risklerinin değerlendirilmesi, sağlığa dayalı maruz kalma limit değerlerinin elde edilmesi ile ilgili terimler aşağıdaki gibi tanımlanmıştır (FAO/WHO Expert Committee, 2007):

Gözlenmeyen-olumsuz etki seviyesi (NOAEL): Deney veya gözlem yoluyla bulunan morfolojik, fonksiyonel kapasite, büyüme, gelişme veya kullanım ömrünün saptanabilir olumsuz değişikliğe neden olmayan bir maddenin en büyük konsantrasyonu veya miktarı belirlenmiş maruz kalma koşullarıdır.

Gözlenmeyen etki seviyesi (NOEL): Deney veya gözlem yoluyla bulunan, hedef organizmanın gözlemlenenlerden ayırt edilebilen morfoloji, fonksiyonel kapasite, büyüme, gelişme veya ömründe hiçbir değişikliğe neden olmayan en büyük konsantrasyon veya madde miktarı aynı türdeki normal (kontrol) organizmalar ve aynı tanımlanmış maruz kalma koşulları altındaki miktardır.

Gıdalarda ürün bazlı herhangi bir kalıntı düzeylerinin değerlendirilmesi aşağıdaki kısa tanımlar başlığında ve Şekil 1.7. deki gibi yapılmalıdır;

NOAEL: Olumsuz bir etkinin oluşmadığı yapılan testlerle belirlenmiş olan en yüksek maruz kalma düzeyi

ARfD (Akut Referans Doz): Bir maddenin tüketicinin sağlığına herhangi bir etki yapmaksızın tek bir gün içerisinde, tüketebileceği değeri temsil eden toksikolojik güvenlik limiti

ADI (Kabul Edilir Günlük Alım): Bir maddenin tüketici sağlığına belirgin bir risk oluşturmadan kişinin hayatı boyunca, her gün tüketebileceği değeri temsil eden toksikolojik güvenlik limiti

MRL (Maksimum Kalıntı Seviyesi): Gıda ürünlerinde veya üzerinde yasal olarak izin verilen maksimum kalıntı düzeyi

Gıda Katkı Maddeleri için Uluslararası Numaralandırma Sistemi (INS), özel ismin kullanımına alternatif olarak gıda katkı maddeleri için uyumlaştırılmış adlandırma sistemi olarak tasarlanmıştır (CAC, 1989). Avrupa Birliği nezdince kullanımı zorunlu olan E-kodları ise birliğin ilgili sağlık/gıda otoritelerinin gerekli güvenlik testlerinden geçmiş ve tüm spesifikasyonları belirlenmiş gıda katkılarına verilen INS numarası önüne eklenen bir simgedir. Uluslararası alanda ilgili katkı maddesi hakkında sınırlamalar ve güvenliğinin tescilinin ona-

yıdır. Katkının NOAEL ya da ADI değerlerinin belirlendiğini ve güvenli kullanım koşullarının bilindiğini göstermektedir (Yörük & Danyer, 2016).

Gıda katkılarının etikette kullanımına yönelik iki yöntem vardır;

1. "Katkının İşlevi ve Adı"
2. "Katkının İşlevi ve E Kodu"

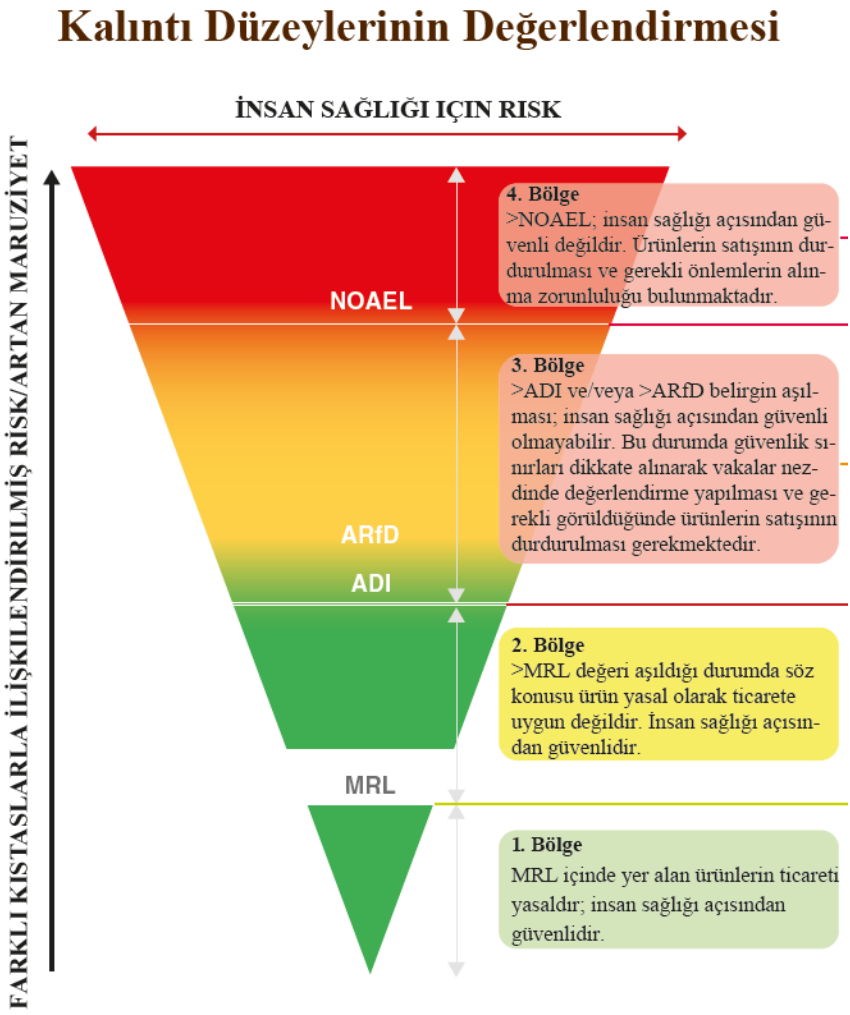
"Katkının İşlevi ve E Kodu" kullanımı daha çok tercih edilmektedir.

Türkiye'nin ulusal mevzuatı oluşturulurken, CAC normları ve yaklaşımları temel alınmıştır. Uluslararası yaklaşımlarda yer almak ve uluslararası ticarette söz sahibi olmak için, Türkiye 1 Ekim 1963' den beri CAC üyesi devletlerarasında yer almakta, CAC ve ilgili alt komite faaliyetlerine katılım büyük önem taşımaktadır. DTÖ Anlaşması, üye devletlerin, insan, hayvan ve bitki sağlığının korunmasına yönelik önlemlerin alınmasına izin vermeyen, ülkeler arasında ayırım yapılmaksızın yürütülen kurallara uyma ve ülkeler arasında uluslararası ticaretin uygulanmasını önleyen çeşitli yaklaşımlarda bulunmalarını engellemektedir. Uluslararası standartlar bu amaç için büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda, ülkeler CAC tarafından onaylanan gıda güvenliğine ilişkin standartlar, kurallar ile birlikte ilkeler benimsemeli ve uygulamalıdır. Aynı zamanda CAC normları, uluslararası gıda ticaretinde mevcut ve potansiyel sorunlar için bir çözüm oluşturmaktadır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı GKGM, Tarih Yok).

Gıda katkı maddelerinin kullanımı, denetimi ve uluslararası normlara uyum yönünde "Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği" 30 Haziran 2013 Türkiye Cumhuriyeti Resmî Gazetesi 28698 sayılı (+ekleri) baskısında yayınlanmıştır. İlgili yasal düzenleme ve sonrasında çıkarılan yönetmelikler ile su ürünlerinde kullanım alanı ve sınırlamalar bulunan katkı maddeleri listesi Tablo 1.8. da verilmiştir (Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2017; Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2013).

Tablo 1.8. de verilen gıda katkı maddeleri genelde su ürünlerinden elde edilen ürünlerin aşağıda verilen listedeki etkilerini sağlamak için uygulanmaktadır (Erkan, Su ürünlerinde gıda güvenliği ve risk, 2000);

- Raf ömrüne yönelik mikrobiyal, kimyasal, oksidatif, enzimatik etkiler ile fiziksel değişimlere karşı koruma
- Tat ve aroma sağlama
- Görünüş ve renk stabilizasyonu ya da yeni renk oluşturma
- Tekstür koruma veya düzeltici
- Macunumsu ürünlerde kıvam ve viskozite, homojenizat ve su bağlama kapasitesinin artırılması



Şekil 1.7. Gıdalarda kalıntı düzeylerinin değerlendirilmesi (European Crop Protection/TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, 2014'den uyarlama).



Şekil 1.8. Katkı maddeleri için riskin hesaplanması ve onay süreci (Öngen, 2020' den uyarlama).



Şekil 1.9. Gıda katkıları konusunda mevzuatların oluşturulmasındaki Avrupa Birliği örneği (EFSA, 2012 den uyarlanmıştır)

Su ürünleri de dâhil gıdalara eklenen kimyasal katkı maddeleri farklı gıda maddeleriyle tüketicilerin günlük hayattaki maruziyetlerine bağlı olarak zamanla sağlık sorunlarının oluşmasına sebep olduğu birçok kaynakta belirtilmektedir. Bu anlamda katkı maddelerinin özellikle de doğal olmayan sentetik katkılardan kaçınmak gerekir. Teknolojik ve gıda güvenliği anlamında bir zaruriyet yoksa kullanılmamalıdır. Bu anlamda dünya gıda sektörünün toplumların beslenme ihtiyaçlarını karşılayabilmesi de düşünüldüğünde, doğal ya da yapay katkı maddelerinin üretimden muhafazaya kadar her safhada kullanımının sanayisel/kitlesel üretim anlamında bir gereklilik arz etmektedir.

Gelişen toplumsal bilinçlenme ise, katkı maddeli ürünlere karşı bir tepki oluşturmakta bu da üreticilerin katkı maddesi içeren ürünlerinin satışlarını düşürmektedir. Gelişmiş toplumlardaki bu değişim ve sağlıklı yaşam isteği, geleneksel üretim teknikleri üzerinden katkısız ürünlere yönelik ayrı bir tüketim piyasasının oluşmasını sağlamıştır.

Su ürünleri de dâhil, gıda sanayindeki katkı maddelerinin kullanımda, çeşitliliğinin gıdaya hangi amaçla ve yasal düzenlemelere uygun kullanımı bu işin eğitimini almış kişiler tarafından yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Gıda ve tüketici güvenliği anlamında bu kadar önemli bir konunun denetimleri ise, Devlet nezdinde yapılması büyük önem taşımaktadır (Yörük & Danyer, 2016). Bu konuda denetimlerden sorumlu bakanlık ise T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı'dır.

Su ürünlerine farklı kaynaklardan üretimden tüketime kadar geçen tüm süreçlerde bulaşa bilen çeşitli zararlı unsurlar tüketici sağlığını olumsuz etkileyebilmektedir. Bu riskler biyolojik, kimyasal ve fiziksel olabilmektedir (Tablo 1.9).

Tablo 1.8. Su ürünlerinde katkı maddelerinin kullanımı konusunda yasal izinler		
Katkı Maddesi	**Ürün**	**Maksimum Miktar (mg/L-mg/kg)**
Kaliteyi Koruyarak Ürün Raf Ömrünü Uzatanlar (Koruyucular)		
E310-E320 Gallatlar, TBHQ ve BHA, tek başına veya birlikte	Balık yağı	200 [1, 2]
E321 Bütillendirilmiş hidroksitoluen (BHT)	Balık yağı	100 [2]
E392 Biberiye ekstraktları	Balık yağı ve deniz yosunu yağı ve işlenmiş balık ve su ürünleri, yumuşakçalarda (kabuklular dahil)	150 [2,3]
	Deniz yosunu bazlı balık yumurtası analoglar	200 [2, 3]
E200-E203 Sorbik asit - sorbatlar	Deniz yosunu bazlı preparatlar ve aspic asit	1000 [1, 4]
	Balık, kabuklular ve kafadan bacaklıların analogları için	2000 [1, 4]
E210-E213 Benzoik asit - benzoatlar	Pişmiş kabuklular ve yumuşakçalar için	1000 [1, 4]
	Pişmiş salamura karides	1500 [1, 4]
	Deniz yosunu bazlı preparatlarda ve aspic asit	500 [1, 4]
E200-E213 Sorbik asit - potasyum sorbat, Benzoik asit - benzoatlar	Tuzlanmış, kurutulmuş balıklarda	200 [1, 4]
	Yarı-korunmuş balık ve su ürünleri - kabuklular, yumuşakçalar, surimi ve balık/kabuklu ezmesi dahil; pişmiş kabuklular ve yumuşakçalar ile balık yumurtası ürünlerinde	2000 [1, 4]
	Pişmiş *Crangon crangon* ve *Crangon vulgaris*	6000 [1, 4]
E315 Eritorbik asit, E316 Sodyum eritorbat	Dondurulmuş, derin dondurulmuş kırmızı derili balık, korunmuş ile yarı korunmuş balık ürünleri (balık yumurta ürünleri dahil)	1500 [5]
E338-E452 Fosforik asit-fosfatlar -di-,tri- ve polifosfatlar	Teneke ambalajdaki kabuklu su ürünleri; surimi ve benzeri ürünlerde	1000 [1, 6]
	Dondurulmuş, derin dondurulmuş balık filetoları ile balık, kabuklu ezmesi, işlenmiş dondurulmuş, derin dondurulmuş yumuşakçalar ve kabuklularda	5000 [1, 6]
E220-E228 Kükürtlü dioksit-sülfitler	120 adet üzeri *Penaeidae, Solenoceridae* ve *Aristaeidae* familyasının kabuklularında	300 [7, 8]
	80-120 adet arası *Penaeidae, Solenoceridae* ve *Aristaeidae* familyasının kabuklularında	200 [7, 8]
	Taze, dondurulmuş ve derin dondurulmuş kabuklular ve kafadan bacaklılar; 80 adete kadar *Penaeidae, Solenoceridae* ve *Aristaeidae* familyasının kabuklularında	150 [7, 8]
	Pişmiş kabuklular ve kafadanbacaklılarda	50 [7, 8]
	Pişmiş kabuklular 80 adette kadar Penaeidae, *Solenoceridae* ve *Aristaeidae* familyasında	135 [7, 8]
	Pişmiş kabuklular 80-120 adet arası *Penaeidae*, *Solenoceridae* ve *Aristaeidae* familyasında	180 [7, 8]
	'Gadidae' türlerinin kurutulmuş tuzlanmış balıklar ile balık, kabuklular ve kafadan bacaklıların analoglarında	200 [7]
	Pişmiş kabuklular 120 adet üzeri *Penaeidae*, *Solenoceridae* ve *Aristaeidae* familyasında	270 [7, 8]
E251, E252 Nitratlar	Ringa balığı ve çaça balığı turşusunda	500

Tablo 1.8. Devamı		
Katkı Maddesi	**Ürün**	**Maksimum Miktar (mg/L-mg/kg)**
E284 Borik asit	Mersin balığı yumurtasında (Havyar)	4000 [9]
E285 Sodyum tetraborat (boraks)	Mersin balığı yumurtasında (Havyar)	4000 [9]
E385 Kalsiyum disodyum etilen diamin tetra-asetat (Kalsiyum disodyum EDTA)	Dondurulmuş, derin dondurulmuş kabuklular ile teneke, cam ambalajdaki balık, kabuklular ve yumuşakçalarda	75
E-586 4-Heksilresorsinol	Taze, dondurulmuş ve derin dondurulmuş kabuklu etinde	2
Aroma ve Renk Geliştiriciler		
E100 Kurkumin	Deniz yosunu bazlı balık yumurtası analogları	50
	Balık ezmesi ve kabuklu ezmelerinde	100 [10]
	Sadece ön pişirme yapılmış kabuklularda	250 [11]
	Tütsülenmiş balıklarda	100 [12]
E102 Tartrazine	Balık ezmesi ve kabuklu ezmelerinde	100 [10]
	Sadece ön pişirme yapılmış kabuklularda	250 [11]
	Sadece tütsülenmiş balıklarda	100 [12]
E104 Quinoline Yellow	Balık ezmesi ve kabuklu ezmelerinde	100 [10]
	Mersin balığı yumurtası (Havyar) hariç	250 [10]
	Balık analogları	10 [10]
E110 Sunset Yellow FCF/ Orange Yellow S	Balık ezmesi ve kabuklu ezmelerinde	100 [10]
	Sadece tütsülenmiş balıklarda	100 [12]
	Mersin balığı yumurtası (Havyar) hariç	200 [11]
	Sadece Theragra chalcogramma ve Pollachius virens bazlı somon ikameleri	200 [11]
	Balık analogları	20 [11]
E120 Koşineal, Karminik asit, Karminler	Balık ezmesi ve kabuklu ezmelerinde	100 [10]
	Sadece ön pişirme yapılmış kabuklularda	250 [11]
	Deniz yosunu bazlı balık yumurtası analogları	100 [12]
	Tütsülenmiş balık	100 [11]
E122 Azorubin, Karmoisin	Balık ezmesi ve kabuklu ezmelerinde	100 [10]
	Sadece ön pişirme yapılmış kabuklularda	250 [11]
E123 Amarant	Mersin balığı yumurtası (Havyar) hariç tüm balık yumurtalarında	30 [13]
E124 Ponceau 4R, Koşineal Red A	Balık ezmesi ve kabuklu ezmelerinde	100 [10]
	Sadece ön pişirme yapılmış kabuklularda	250 [11]
	Sadece Theragra chalcogramma ve Pollachius virens bazlı somon ikameleri	200 [11]
	Mersin balığı yumurtası (Havyar) hariç	200 [11]
	Balık analogları	10 [11]
E129 Allura Red AG	Sadece ön pişirme yapılmış kabuklularda	250 [11]
E142 Green S	Balık ezmesi ve kabuklu ezmelerinde	100 [10]
	Sadece ön pişirme yapılmış kabuklularda	250 [11]

Tablo 1.8. Devamı

Katkı Maddesi	Ürün	Maksimum Miktar (mg/L-mg/kg)
E151 Brilliant Black BN, Black BN	Balık ezmesi ve kabuklu ezmelerinde	100 [10]
	Sadece ön pişirme yapılmış kabuklularda	250 [11]
	Sadece tütsülenmiş balıklarda	100 [12]
E160b Anatto, Biksin, Norbiksin	Sadece tütsülenmiş balıklarda	10
E160d Likopen	Balık ve kabuklu ezmesi, ön pişirme yapılmış kabuklular, surimi, tütsülenmiş balıklar. Mersin balığı yumurtası (Havyar) hariç tüm balık yumurtaları ile bitkisel protein bazlı balık analogları	30
	Sadece somon ikamelerinde	10
E160e Beta-apo-8'-karotenal (C30)	Balık ezmesi ve kabuklu ezmelerinde	100 [10]
	Sadece ön pişirme yapılmış kabuklularda	250 [11]
	Sadece tütsülenmiş balıklarda	100 [12]
	Deniz yosunu bazlı balık yumurtası analogları	100 [12]
E161b Lutein	Balık ezmesi ve kabuklu ezmelerinde	100 [10]
	Sadece ön pişirme yapılmış kabuklularda	250 [11]
E950 Asesülfam K	Tatlı-ekşi korunmuş ve yarı korunmuş balık ile balık, yumuşakça ve kabuklu marinatlarında	200
E951 Aspartam	Tatlı-ekşi korunmuş ve yarı korunmuş balık ile balık, yumuşakça ve kabuklu marinatlarında	300
E954 Sakkarin ve sodyum, potasyum ve kalsiyum tuzları	Tatlı-ekşi korunmuş ve yarı korunmuş balık ile balık, yumuşakça ve kabuklu marinatlarında	160
E955 Sukroloz	Tatlı-ekşi korunmuş ve yarı korunmuş balık ile balık, yumuşakça ve kabuklu marinatlarında	120
E959 Neohesperidin DC	Tatlı-ekşi korunmuş ve yarı korunmuş balık ile balık, yumuşakça ve kabuklu marinatlarında	30
E961 Neotam	Tatlı-ekşi korunmuş ve yarı korunmuş balık ile balık, yumuşakça ve kabuklu marinatlarında	10
E962 Aspartam Asesülfam tuzu	Tatlı-ekşi korunmuş ve yarı korunmuş balık ile balık, yumuşakça ve kabuklu marinatlarında	200 [14]
Birlikte kullanımlarında maksimum miktar belirlenmiş olan gıda renklendiricileri;		
E100, E102, E104, E110, E120, E122, E124, E129, E142, E151, E155, E160e, E161b	Sadece surimi ve benzeri ürünler ve somon ikamelerinde	500[15]
E100, E102, E104, E110, E120, E122, E124, E129, E142, E151, E155, 160e, E161b	Mersin balığı yumurtası (Havyar) hariç tüm balık yumurtalarında	300 [10, 11]

Tablo 1.8. Devamı

Katkı Maddesi	Ürün	Maksimum Miktar (mg/L-mg/kg)
E100, E102, E104, E110, E120, E122, E124, E129, E142, E151, E155, 160e, E161b	Balık analoglarında	100 [11, 12]
Yapı, Hazırlama ve Pişme Özelliklerini Geliştirenler		
E476 Poligliserol polirisinoleat	Aşağıdaki ürünler için renklendiricilerin preparatlarında emülgatör olarak kullanılır:	50000 preparatlarda
	Surimi ve Japon usulü balık ürünlerinde (Kamaboko) (E120 Koşneal, Karminik asit, Karminler, balık ezmelerinde (E163 Antosyaninler, E100 Kurkumin ve E120 Koşineal, Karminik asit, Karminler)	500 son üründe

[1] Katkı maddeleri tek başına veya birlikte kullanılabilir.
[2] Yağ üzerinden ifade edilir.
[3] Toplam karnosol ve kornosikasit cinsinden
[4] Maksimum miktar, bu maddelerin toplamı için geçerlidir ve bu miktarlar serbest asit cinsinden ifade edilir.
[5] E315 ve E316 tek başına veya birlikte kullanılabilir, maksimum miktar eritorbikasit cinsinden ifade edilir.
[6] Maksimum miktar P_2O_5 cinsinden ifade edilir.
[7] Maksimum miktarlar, mevcut tüm kaynaklardan gelecek toplam miktar olarak SO_2 cinsinden verilmiştir; 10 mg/kg veya 10 mg/L'den fazla olmayan SO_2 içeriği dikkate alınmaz.
[8] Yenilebilir kısımlarındaki maksimum miktar.
[9] Borik asit cinsinden ifade edilir.
[10] E100, E102, E120, E122, E142, E151, E160e, E161b kodlu renklendiricilerin tek başına veya birlikte kullanılabileceği maksimum miktar.
[11] E100, E102, E110, E120, E122, E124, E129, E142, E151, E160e, E161b kodlu renklendiricilerin tek başına veya birlikte kullanılabileceği maksimum miktar.
[12] E102, E120, E151, E160e kodlu renklendiricilerin tek başına veya birlikte kullanılabileceği maksimum miktar.
[13] E123 amarant adlı renklendiriciden hazırlanan alüminyum laklarından gelen alüminyum için maksimum miktar 10 mg/kg' dır.
[14] Limitler (a) asesülfam K eşdeğeri olarak ifade edilir.
[15] E120 karminik asit, karmin adlı renklendiriciden hazırlanan alüminyum laklardan gelen alüminyum için maksimum miktar 4 mg/kg' dır. Bu hükme istisna olarak sadece somon ikamelerinde maksimum miktar 5.5 mg/kg' dır. Diğer alüminyum laklar kullanılmaz.

Tablo 1.9. Gıdalardaki başlıca risk unsurları (Durlu Özkaya & Cömert, 2008)

Biyolojik Etkenler				
Bakteriler	**Küfler**	**Viral Ajanlar**	**Parazitler**	**Hayvanlar**
Bacillus cereus *Campylobacter jejuni* *Clostridium botulinum* *Clostridium perfringens* *Listeria monocytogenes* *Salmonella spp.* *Shigella spp.* *Stapylococcus aureus* *Vibrio cholerae* *Yersinia enterocolytic*	*Aspercillus flavus* *Fusarium spp.* *Penicillium citreoviride* *Penicillium toxicarum* *Claviceps purpurae* *Aspercillus ochraceus* *Penicillium viridicatum* *Penicillium patulum* *Penicillium expansum* *Fusarium graminearum* *Fusarium roseum* *Fusarium poae* *Fusarium versicolor* *Aspergillus nidulans*	Hepatitis A Norwalk-benzeri virüsler Rotavirüs Astrovirüsler Calcivirüsler Adenovirüsler Parvo virüsler	Giardiazis Helmintler Trişinellozis	Kuşlar Böcekler Kemirgenler
Kimyasal Etkenler				
Antibiyotikler Klorinli insektisitler Organofosforlu insektisitler vb… Heksabromobifeniller Poliklorinlibifeniller Vinilklorid vb… Arsenik Bakır Kadmiyum Kurşun Civa Selenyum vb…				
Fiziksel Etkenler				
Kirlilik Cam tozları Boya kabukları (sıyrıntılar) Metal tozları vb…				
				

2. SU ÜRÜNLERİ TÜKETİMİNE BAĞLI ENFEKSİYONLAR ve İNTOKSİKASYONLAR

Dünya Sağlık Örgütü, 200'den fazla hastalık etkeninin gıdalarla bulaştığını bildirmektedir. İnsan nüfusun büyük çoğunluğunun ise yaşamlarının bir döneminde gıda kaynaklı bir hastalığa yakalanacağı da bildirilmektedir (Ruiz-Capillas & Herrero, 2019). Gıda kaynaklı enfeksiyonlar her yıl, Amerika Birleşik Devletleri'nde yaklaşık 76 milyon kişide hastalığa neden olmaktadır ve su ürünleri bu enfeksiyonların %10 ila %19' undan sorumludur (Butt, Aldridge, & Sanders, 2004; Weissfeld, 2014). Amerika Birleşik Devletleri (USA) Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezi (CDC) tarafından 1973 ve 2006 yılları arasında su ürünleri kökenli gıdalardan kaynaklanan salgınlar araştırılmış ve bunların %76.1' nin bakteriyel, %21.3' ünün viral ve %2.6'sının ise paraziter olduğu tespit edilmiştir (Elbashir ve diğ. 2018).

Tüketime bağlı gıdalarla alınan bakteriler, virüsler, küfler, mayalar, bitkiler, hayvanlar, parazitler, kimyasal ve fiziksel maddelerin (kontaminasyona uğramış gıdalar) oluşturduğu etmenler, gıda kaynaklı hastalıklar olarak tanımlanmaktadır. Gıda kaynaklı hastalıklar, herhangi bir katı ya da sıvı gıdanın tüketilmesinin ardından ortaya çıkan **enfeksiyon** veya **intoksikasyon** oluşumunun genel tanımıdır (Oğur, 2019). Su Ürünleri tüketimine bağlı rahatsızlıklarda veya zehirlenmelerde belirli bir süre sonra tüketime bağlı mide, bağırsak ve doku/organlarda farklı semptomlardaki komplikasyonlara intoksikasyonların ve enfeksiyonların sebep olduğu bilinmektedir. Toplumda gıda zehirlenmeleri olarak da tanımlanan bu rahatsızlıklar, ciddi sağlık sorunları oluşturması bakımından tüketiciler nezdinde temel gıda güvenliği eksikliğine dayalı sonuçları ve riskleri temsil etmektedir.

Bakteriler, virüsler, protozoalar ve helmintler dâhil olmak üzere, su ürünleri ile ilişkili hastalıklarda birçok patojen yer almaktadır. Genel olarak bakteriyel enfeksiyonlar en yaygın olanıdır ve dünya genelinde çok çeşitli türleri kapsamaktadır. Viral ajanlar, hepatit A virüsü (HAV) ve norovirüs en fazla hastalığa neden olan ikincil etkenlerdir. Su ürünleri tüketimine bağlı paraziter kökenli hastalıklar ise daha az yaygındır. Bununla birlikte, protozoan *Giardia lamblia* dâhil bazı parazitler; yassı kurt, *Paragonimus westermani*; ve yassı solucanlar *Diphyllobothrium* spp. hastalık etkenleri arasındadır. Bu organizmaların bazıları, su ürünleri üretiminin yapıldığı deniz, nehir ağzı veya tatlı su ortamlarının canlı habitatında yer almaktadır. Norovirüs, *Salmonella* spp. ve *E. coli* gibi diğer patojenler çevreye/gıdalara insan veya hayvan atıklarından bulaşabilmektedir. *Listeria* spp. ve *Staphylococcus* spp. gibi diğer patojenler, yiyecekleri (gıdaları) taşınma veya işlenme süreçlerinde de kontamine etmektedir. Bu patojenlerin kaynakları ne olursa olsun, gıda güvenliği açısından su ürünlerinde hızlı ve

güvenilir bir şekilde tespit edilmesine sürekli ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. Enfeksiyon ve intoksikasyon etkeni, mikroorganizmaların oluşturduğu gruptur. Bazı patojenler gıda ürünlerinde tüketim öncesi üzerinde veya tüketim sonrası vücutta toksin üretebilmektedir. Bir üründe patojen mikroorganizmalar veya toksinler yüksek düzeylerde bulunsa bile tat, koku ve görünüşünde belirgin bir değişiklik her zaman gözlenmeyebilmektedir. Her patojen mikroorganizmanın ise kendine özgü risk oluşturduğu enfeksiyon düzeyleri bulunmaktadır. Ancak bebekler, hamileler, yaşlılar ve hastalar gibi riskli gruplarda çok düşük kontaminasyon seviyelerinde de sağlık sorunları ortaya çıkabilmektedir.

Su ürünlerinde rastlanan bu bakteriler suların (örn. tatlı sular veya deniz suyu) ve sedimanların kirlenmesi ile doğal olarak oluşan patojenler veya enterik bakterilerden oluşmaktadır ve hasat, ele alma, hazırlık, işleme, nakliye ile depolama süreçlerinde su ürünlerinde çapraz kontaminasyon ile bulaşma meydana getirebilmektedir (Tablo 2.1) (Elbashir ve diğ. 2018).

Genel tüm gıdalarda risk oluşturan başlıca mikrobiyolojik etkenler (Durlu Özkaya & Cömert, 2008);

Viral ajanlar:

Hepatitis A, Norovirüs (eski ismi Norwalk-benzeri virüsler), Rotavirüs, Astrovirüsler, Calcivirüsler, Adenovirüsler ve Parvo virüsler

Bakteriler:

Bacillus cereus, Campylobacter jejuni, Clostridium botulinum, Clostridium perfringens, Listeria monocytogenes, Salmonella spp., *Shigella* spp., *Staphylococcus aureus, Vibrio cholerae* ve *Yersinia enterocolytica*

Küfler:

Aspergillus flavus, Fusarium spp*., Penicillium citreoviride, Penicillium toxicarium, Claviceps purpurae, Aspergillus ochraceus, Penicillium viridicatum, Penicillium patulum, Penicillium expansum, Fusarium graminearum, Fusarium roseum, Fusarium poae, Fusarium versicolor* ve *Aspergillus nidulans*

Parazitler:

Giardiazis, Helmintler, Trişinellozis

Gıdalarda bulunabilecek mikroorganizmalar temel özelliklerine göre başlıca dört grup altında incelenebilmektedir (Durlu Özkaya & Cömert, 2008):

1. Fermente gıdaların elde edilmesi amacıyla kullanılan ve **"starter" olarak da adlandırılan mikroorganizmalar**
2. Gıda maddesinin bozulmasına neden olan **saprofit mikroorganizmalar**
3. Gıda zehirlenmeleri ve enfeksiyonlara neden olan **patojen mikroorganizmalar**
4. **İnert mikroorganizmalar** (ne faydalı ne de zararlı olan)

Su ürünleri de dâhil pek çok etken gıdaya bulaşarak tüketiciler için hastalık ve zehirlenmeler meydana getirebilirken, bunların **enfeksiyon** (hastalık) ve **intoksikasyon** (zehirlenme) olmak üzere iki başlıkta risk değerlendirmesi yapılmaktadır (Şekil 2.1).

Mikroorganizmaların oluşturduğu enfeksiyon, farklı etmenlerle gıdada bulunan veya bulaşan organizmaların insana tüketim yoluyla geçişi ve bağırsakta çoğalıp toksinlerini salgılamak suretiyle hastalığa neden olmalarından kaynaklanmaktadır. İntoksikasyonda ise, mikroorganizma gıda üzerinde gelişerek toksin salgılamakta ve gıdanın tüketimiyle zehirlenme (hastalık etmeni dışarıdan alınan toksin) meydana gelmektedir. Toksini salgılayan mikroorganizmanın gıda üzerinde canlı olması veya toksini salgıladıktan sonra ısıl işlemlerle öldürülmüş olmasının herhangi bir önemi yoktur.



Şekil 2.1. Su ürünleri kaynaklı hastalıklar ve zehirlenmeler (Topal, 1996 dan modifiye edilmiştir).

Tablo 2.1. Su ürünleri kaynaklı hastalıklar ve etkenleri (Ryder ve diğ. 2014)

Hastalık	Türleri	Hastalık	Türleri
Enfeksiyonlar	Bakteriyel	İntoksikasyonlar	Biyolojik
	Viral		Kimyasal
	Parazittik		
	Toksik		

Tablo 2.2. Su ürünlerinde rastlanan genel patojenik mikroorganizmalar, dağılımları ve seviyeleri (Ryder ve diğ. 2014).

Sucul Ortama Özgü Doğal Olarak Bulunan Patojenik Bakteriler		
Organizmalar	**Dağılım**	**Balıklardaki Seviyeler (Birincil Üretimde)**
Clostridium botulinum proteolitik olmayan tip B, E ve F	Dünya genelinde yüksek oranda ılıman sularda	<0.1-5.3 spor/g balık
Vibrio cholera	Sıcak (>15°C) deniz suyu ortamında her yerde bulunur.	Genellikle düşük
Vibrio parahaemolyticus *Vibrio vulnificus*	Tatlı su balıklarında sıcak su ortamında	Genellikle düşük, 10^2-10^3/g kadar
Aeromonas spp.	Sıcak (>15°C) tatlı su, nehir ağzı ve kıyı ortamlarında	Genellikle düşük
Plesiomonas shigelloides	Tatlı sularda	Genellikle düşük
Genel Çevreye Özgü ve Sıklıkla Bulunan Patojenik Bakteriler		
Organizmalar	**Dağılım**	**Balıklardaki Seviyeler (Birincil Üretimde)**
Listeria monocytogenes	Toprak, bitki örtüsü, silaj, kanalizasyon ve su kökenli	<10^2 cfu/g balıkta
Clostridium botulinum proteolitik tip A, B	Toprak kökenli	Genellikle düşük
Clostridium perfringens tip A	Toprak kökenli	Genellikle düşük
Bacillus cereus	Toprak, bitki örtüsü ve su kökenli	Genellikle düşük
Hayvan/İnsan Kaynaklı Patojenik Bakteriler		
Organizmalar	**Dağılım**	**Balıklardaki Seviyeler (Birincil Üretimde)**
Salmonella enterica spp. I	Sıcakkanlı canlılardan	Yok veya genellikle düşük
Salmonella enterica spp. II-V	Soğukkanlı hayvanlar ile çevreden	Yok veya genellikle düşük
Shigella spp.	İnsanlar ve birkaç primat türünden	Yok veya genellikle düşük
Patojenik *Escherichia coli* (EPEC, ETEC, EAEC, EIEC)	Sıcakkanlı canlılardan	Yok veya genellikle düşük
Camphylobacter spp.	Sıcakkanlı canlılardan	Yok veya genellikle düşük
Staphyloccocus aureus	Sıcakkanlı canlılardan	Yok veya genellikle düşük

Tablo 2.3. Sucul ortama ve genel çevreye özgü patojenik bakterilerin büyümesini sınırlayan faktörleri (Huss ve diğ. Assessment and management of seafood safety and quality, 2004)

Patojen Bakteriler	Sıcaklık °C		pH	a_w	NaCl (%)
	minimum	Optimum	minimum	minimum	maksimum
Clostridium botulinum proteolitik, tip A, B, F	10	35-40	4.6	0.94	10
Proteolitik olmayan, tip B, E, F	3.3	25-28	5.0	0.97	3-5
V. cholerae	10	37	5.0	0.97	<8
V. parahaemolyticus	5	37	4.8	0.93	8-10
V. vulnificus	8	37	5.0	0.96	5
Plesiomonas shigelloides	8	37	4.0		4-5
Motile *Aeromonas* spp.	0-4	28-35	4.0	0.97	4-5
Listeria monocytogenes	0-2	30-37	4.6	0.92	10
Bacillus cereus	4[1]	30-40	5.0	0.93	10
Clostridium perfringens	12	43-47	5.5	0.93	10

[1] *B. cereus*' un çoğu suşu mezofiliktir ve minimum sıcaklık yaklaşık 8-10°C'dir, ancak psikrotrofik varyantlar da bulunmaktadır.

Tablo 2.4. Sucul ortama ve genel çevreye özgü patojenik bakterilerin ısı direnci (Huss ve diğ. Assessment and management of seafood safety and quality, 2004)

Patojen Bakteriler	Isı Dayanıklılığı
Clostridium botulinum proteolitik, tip A, B, F	D121 (sporlar) = 0.1-0.25 dakika D119 (sporlar) = yüksek yağ içeriğine sahip ürünlerde 7.44 dakika
Proteolitik olmayan, tip B, E, F	D100 (sporlar) <0.1 dakika D82.2 = 0.5-2.0 dk (et suyu) D80 (sporlar) = 4.5-10,5 dakika yüksek yağlı ürünlerde
V. cholerae	D55 = 0.24 dakika
V. parahaemolyticus	D60 = 0.71 dakika
V. vulnificus	D50 = 1.15 dakika (tampon); 0.66 dakika (istiridye)
Plesiomonas shigelloides	60°C'de 30 dakika sonra tüm hücreler öldürüldü
Motile *Aeromonas* spp.	D55 = 0.17 min
Listeria monocytogenes	D60 = Et ürünlerinde 2.4-16.7 dakika; Balıkta 1.95-4.48 dakika
Bacillus cereus	D121 (sporlar) = 0.03-2.35 dakika (tampon) D95 (sporlar) = 3.0-19 dakika (süt)
Clostridium perfringens	D90 (sporlar) = 0.015-4.93 dakika (tampon) D100 (sporlar) = 0.31-13.0 dakika (et suyu)

2.1. Enfeksiyonlar

Gıda kaynaklı enfeksiyonların insanlarda oluşması viral, bakteriyel ve parazittik yapıdaki mikrobiyolojik canlılarla kontaminasyona maruz kalmış ürünlerin tüketilmesine bağlıdır.

Gıda kaynaklı enfeksiyonların etkenleri hafif rahatsızlıklardan, yaşamı tehdit eden hastalıklara kadar değişen belirtileri ile çok sayıda ve çeşitlidir. Çocuklar ve yaşlılar başta olmak üzere, bağışıklık sistemi zayıflamış kişiler esas risk gruplarını oluşturmakla birlikte, alt başlıklarda verilen enfeksiyon etkenleri genel tüketici grupları için de risk faktörüdür (U.S. Food & Drug Administration, 2018). **Riskli grupların** çiğ veya kısmen pişmiş balık veya kabuklu deniz ürünleri tüketiminden kaçınması gerekmektedir (Reames, 2012).

Daha yüksek risk altında olanlar:

- Hamileler
- Çocuklar
- Yaşlılar
- Mide asididesi azalmış kişiler
- Bağışıklık sistemi zayıf olan kişiler (örn. HIV/AIDS, karaciğer hastalığı, diyabet, kanser veya gastrointestinal rahatsızlıkları olanlar ve steroid, kemoterapi alan veya bağışıklık sistemini baskılayan ilaç kullanan kişiler)

Mikrobiyolojik enfeksiyonlar açısından bakıldığında, su ürünleri en riskli gıda maddeleri grubu arasında yer almaktadır. Su ürünleri ile ilişkili veya farklı kaynaklardan bulaşan enfeksiyon etmeni patojenik bakteriler arasında *Clostridium perfringens, Plesiomonas shigelloides, Listeria monocytogenes, Vibrio* spp., *Aeromonas* spp., *Salmonella* spp., *Shigella* spp. ve *Campylobacter* spp. türleri bulunmaktadır.

Listeria monocytogenes, *Salmonella* spp., *Escherichia coli*, *Shigella* spp. ve *Aeromonas hydrophila* gibi önemli patojenik bakteriler hasat bölgelerinden (kirlenme/bulaşma kaynaklı), nakliye, pazarlama ve işleme süreçlerinde, kötü hijyen koşullarına bağlı olarak balıklara ve diğer deniz ürünlerine bulaşabilmektedir.

Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezi (CDCP) verilerinde, Amerika Birleşik Devletleri' ndeki yıllık gıda kaynaklı hastalıkların 5000' inin ölümle sonuçlandığı bildirilmektedir. Gastroenteritin önde gelen nedeni norovirüs olup, vakaların yaklaşık %67' sini ve ölümlerin %7' sini, ardından salmonelloz %26' sını ve kampilobakteriyoz %17' sini oluşturmaktadır. Gıda kaynaklı ölümlerin yaklaşık %75' ine *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp. ve Toksoplazma patojenleri neden olmaktadır. Bilinmeyen ajanlar ise, gıda kaynaklı hastalıkların yaklaşık

%81' ini ve ölümlerin %64' ünü oluşturmaktadır (Jay ve diğ. 2005). Benzer şekilde, EFSA (Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi) ve ECDC (Avrupa Hastalık Önleme ve Kontrol Merkezi) 2013 yılında Avrupa'da listeriozis ve 60 kişinin tifoidal olmayan salmonelloz nedeniyle öldüğünü bildirmiştir. Bu patojenlerin izlenmesi gıda güvenliği ve insan sağlığı açısından önemlidir (Tosun ve diğ. 2018).

Toplu enfeksiyonlar genellikle yetersiz ısıl işlem görmüş su ürünleri veya işlemden sonra veya işleme sürecinde kontamine olmuş ürünlerin tüketilmesi nedeniyle oluşmakta olup, deniz suyunda balığın ve ilgili ürünlerin soğutulması, yoğun taşıma, uzun süreli taşıma, güverte hijyeni kaynaklı, olta kaplarından ve pişirme hazırlık süreçleri gibi bir çok faktör mikroorganizmaların kontaminasyonuna katkıda bulunmaktadır (Novotny ve diğ. 2004; Ryder ve diğ. 2014).

Ayrıca su ürünleri kontaminasyon hassasiyeti sebebiyle primer ve sekonder yolla geçen mikroorganizmalar özelliklerine göre balıkların bozulmasına, gıda zehirlenmelerinin oluşmasına ve balık ürünlerinde işleme süreçleriyle ilişkili risklerin oluşmasına neden olurlar. Bu anlamda da su ürünleri endüstrisi ve insan sağlığı üzerinde oynadıkları rollere göre de üç gruba ayrılırlar;

- Patojenler
- Bozulma yapan mikroorganizmalar
- İndikatör mikroorganizmalar

Patojenik enfeksiyon tehlikesi oluşturan mikroorganizmaların (virüsler, bakteriler ve parazitler) bulaşma ve risk değerlendirmesinde Tablo 2.5'de verilen gıda sınıfları nezdinde ürünlerin değerlendirilmesi tüketici güvenliği bakımından büyük önem arz etmektedir.

Tablo 2.5. İşlenmiş gıdalar için tehlike grupları (Erkan, 2000)

Tehlike grubu	Mikrobiyal tehlike durumuna göre gıdalar
A	Bebek, yaşlı, hasta veya immünolojik sistemleri problemli bireyler gibi risk grubundaki tüketiciler için geliştirilmiş, steril olmayan özel gıda sınıfları
B	Hassas bileşenler olarak tanımlanan bazı mikrobiyal tehlikeleri taşıyan yapıdaki ürünler
C	Bozulma yapan zararlı mikroorganizmaların tahribinde etkin olabilecek özel kontrollü işleme basamaklarını içermeyen üretimlerin ürünleri
D	İşleme sonrası-paketleme öncesi evrelerde yeniden kontamine olabilecek karakterdeki ürünler
E	Dağıtıcının veya tüketicinin ek işlem uyguladığı dönemlerde temel riskli işlemlere açık olup, tüketim evresinde zararlı hale geçebilen ürünler
F	Paketleme sonrası veya evde pişirildikten sonra tüketim öncesi tekrar ısıl işlem görmeden yenilebilir ürünler

2.1.1. Virüsler

Su ürünleri kökenli insan enterik virüslerinin neden olduğu hastalıklar iki ana kategoriye ayrılır: **viral gastroenterit** ve **viral hepatit**. Virüsler su ürünleri kaynaklı bazı hastalıklardan sorumlu etmendir. Bu durum genelde çiğ (az pişmiş) yumuşakçalar ile ilişkilendirilmektedir. Özellikle su ürünleri kaynaklı virütik hastalıklar Norwalk benzeri virüs (NLV) yeni ismi Norovirüs (NoV) ve Hepatit A virüsü kaynaklı olup, bugüne kadar kaydedilen en büyük gıda kaynaklı hastalık salgını 1988 yılında Çin'in Şangay kentinde görülen Hepatit A salgını olmuştur. Burada 290 000'den fazla insan kanalizasyonla kontamine olmuş kirli bir alandan hasat edilen istiridyelerin tüketimi sonrası enfekte olmuşlardır (Huss ve diğ. Assessment and management of seafood safety and quality, 2004).

Virüsler, genetik materyalin niteliğine ve transkripsiyonuna (DNA'yı oluşturan nükleotit dizisinin RNA polimeraz enzimi tarafından bir RNA dizisi olarak kopyalanması süreci) bağlı olarak gruplara ayrılmaktadır. Norwalk virüsü, Sapporo benzeri virüs de dahil olmak üzere, diğer üç cinsi de içeren viral aile Caliciviridae' ye aittir. Norwalk benzeri virüslere bazen küçük yuvarlak yapılandırılmış virüs (SRSV) de denir. Hepatit A, Picornaviridae ailesine aittir. Virüsün taksonomisi uzun zamandır elektron mikroskobik olarak sınıflandırmaya dayanmaktaydı, ancak sekanslama ve moleküler filogenetik çalışmalara izin veren moleküler teknikler bu süreci büyük ölçüde kolaylaştırmıştır (Huss ve diğ. Assessment and management of seafood safety and quality, 2004).

Virüslerin varlığı bivalve yetiştiriciliği ve avcılığında özellikle önemlidir ki bivalvelerin yaşadığı ortamlar genellikle patojen (bakteri, virüsler) içerikli kanalizasyon veya diğer kirleticilerce etkilene bilmektedir. Bivalveler suda mevcut olabilecek bu patojen ile kirleticileri filtreleyerek konsantre etmekte ve genellikle çiğ tüketim veya kısmi pişirme işlemi ile tüketilmektedir. Bu nedenle, bir virüsün varlığı bivalvelerde ve çiğ yenecek balıkların tüketiminde gıda güvenliği yönünden önemli bir tehlikedir. Önleyici tedbir olarak dışkı kirliliği için balıkçılık ile yetiştiricilik hasat alanlarının kontrolü ve düzenli izlenmesi gerekmektedir (Ryder ve diğ. 2014).

Norovirüs

Norovirüs, insan patojenleri olarak kabul edilen calicivirüsler arasında bulunan yapılandırılmış RNA virüsüdür. Norovirüs enfeksiyonu ishal, kusma, bulantı, karın krampları ve bazen baş ağrısı, kas ağrısı ve düşük dereceli ateş ile karakterize edilen bir hastalığa neden olmaktadır. Virüs, dışkı örneklerinin elektron mikroskopisi veya ters (revers) transkriptaz PCR analizi ve serum örneklerindeki viral antijenin saptanmasına yönelik enzim immünoanaliziyle tanım-

lanabilmektedir. İnsanlar bilinen tek kaynaktır ve norovirüs fekal / oral yoldan veya kontamine yiyecek ya da su kaynaklarıyla insandan insana bulaşabilmektedir. Enfeksiyöz doz düşüktür ve atak oranları yüksektir. Norovirüsler çevrede kalıcı olabilmekte ve her yaştan çok sayıda insana bulaşabilmektedir. Özellikle kanalizasyonla kirlenmiş sulardan hasat edilen su ürünleri, norovirüs kaynaklı gastroenterit salgınlarına neden olmaktadır. Büyük salgınlar, istiridye ve istiridye ile ilişkili gıdalardan kaynaklanmakla birlikte, çiğ veya yetersiz pişirilmiş kabuklu su ürünlerinin tüketimi de risk grubudur. Kabuklu su ürünlerinin suları filtreleme yoluyla beslenmesi çift kabuklu yumuşakçaların kontamine sulardan çok sayıda virüs biriktirebilmesine sebep olmaktadır. Ayrıca, norovirüslerin inhibasyonunda kullanılması gereken yüksek sıcaklıkların kullanılmaması veya yetersiz pişirme tekniklerinin uygulanması, hastalığa ve salgınların oluşumuna katkıda bulunmaktadır. Kontrol önlemleri fekal bulaşanlar için hasat sularının izlenmesi ve su ürünlerinin yeterli pişirilmesinin teşvik edilmesine odaklanmıştır (Iwamoto ve diğ. 2010).

Hepatit A

Hepatit A virüsü, 27 nm çapında bir protein kapsid (virüslerin DNA veya RNA' sını dış etkilerden korumak amacıyla çevreleyen kılıf) ile çevrili tek bir RNA ipliğine sahip olan bir RNA virüsüdür. Enterovirüs grubunun Picornaviridae ailesi ile sınıflandırılmıştır. Enfeksiyöz doz çok düşüktür, 10-100 virüs partikülü ve muhtemelen negatif koliform sayılarına sahip bölgelerden hasat edilen kabuklu deniz canlılarının bu hastalığı ilettiği bilinmektedir (Butt ve diğ. 2004).

Hepatit A virüsü (HAV), gıda kaynaklı en ciddi virüslerden biri olarak kabul edilir. HAV öncelikle enfekte kişilerle temas yoluyla veya kirli veya az pişmiş kabuklu su ürünleri gibi kontamine su ve gıdaların tüketimi yoluyla bulaşabilmektedir (Fusco ve diğ. 2019). HAV enfeksiyonu bulaşıcı bir karaciğer hastalığıdır. Birkaç hafta süren hafif bir hastalıktan, birkaç ay süren ciddi bir hastalığa kadar değişik şiddetlerde oluşabilmektedir. Nadir durumlarda, özellikle önceden mevcut ciddi hastalığı olan veya bağışıklığı zayıflamış hastalarda HAV enfeksiyonu karaciğer yetmezliğine bağlı ölüme sebebiyet verebilmektedir. Bağışıklığı zayıflamış tüketiciler ve bazı kişiler gıda kaynaklı hastalıklar için daha büyük risk altındadır ve çiğ veya kısmen pişmiş balık veya kabuklu su ürünleri tüketmemelidir (FDA, 2016).

Su ürünleri kökenli enterik virüslerin toplu sunumu Tablo 2.6. da verilmiştir.

Tablo 2.6. Su ürünleri kökenli enterik virüsler, habitatı, bulaşma kaynağı ve hastalığı (BCCDC, 2013)

Virüs	Birincil Habitat	Bulaşma Kaynağı	Hastalığı
Astrovirüs	Gıda işleme (yıkanmamış eller/dışkı), kontamine sular (kanalizasyon)	Tüm çift kabuklular	Gastroenterit (çoğunlukla çocuklarda)
Enterovirüs	Gıda İşleme (yıkanmamış eller/dışkı), kontamine sular (kanalizasyon)	Tüm çift kabuklular	Asemptomatik, kas ağrısı ve menenjit
Hepatit A	Gıda işleme (yıkanmamış eller/dışkı), kontamine sular (kanalizasyon)	Tüm çift kabuklular	Viral hepatit: karaciğer hasarı, sarılık ve gastroenterit
Hepatit E	Kontamine Sular (kanalizasyon)	Tüm çift kabuklular	Kendi kendini sınırlayan karaciğer hastalığı
Norovirus, Saporovirüs	Gıda işleme (yıkanmamış eller/dışkı), kontamine Sular (kanalizasyon)	Tüm çift kabuklular, (özellikle istridye)	Gastroenterit
Parvoviridae	Gıda işleme (yıkanmamış eller/dışkı), kontamine sular (kanalizasyon)	Tüm çift kabuklular	Gastroenterit

2.1.2. Bakteriler

Bakterilerin gıdaya bulaşması doğrudan hareketle değil taşıyıcı (bulaştıran aracı vasıta) canlılar/etmenler vasıtasıyla olmaktadır. Patojen bakteriler gıdalara hasta ya da taşıyıcı insan yoluyla bulaşabildiği gibi genelde "çapraz kontaminasyon" ile de bulaşmaktadır. **Çapraz kontaminasyon**; hasattan satışa kadar olan süreçte bakteri içeren etmenlerden/koşullardan gıdalara bakteri bulaşmasıdır. Çapraz kontaminasyona neden olan gıda dışı etmenler şu şekilde sunulmaktadır. Eller, araç-gereçler, doğrama/ayıklama zeminleri, işletme/mutfak tezgâhları, işletmede/mutfakta kullanılan bez ve süngerler, giysiler, öksürme, hapşırmadan kaynaklanan damlacıklar, bakteri bulaşmış ya da potansiyel riskli besinlerden sızan sıvılarla temas etmiş olan her türlü yüzey ve buna benzer işletmenin özel koşullarına bağlı daha birçok faktör sıralanabilmektedir (Tablo 2.7) (Bilici ve diğ. 2008).

Karaciğer hastalıkları veya zayıf bağışıklık sistemleri olan kişiler çiğ veya az pişmiş su ürünleri mahsullerinin tüketiminde dikkatli olmalıdır. ABD'de onaylanmış bir hasat yerinden tek bir çiğ kabuklu deniz ürünleri porsiyonu tüketen bireylerin, enterik bir virüsle enfekte olma ihtimalinin %1 olduğu tahmin edilmektedir. Vibrio için hastalık yapma oranı da düşüktür ve *V. parahaemolyticus*'un bulaşıcı dozu 10^5 CFU' dur. FDA, ABD' de satılan istiridye eti gramı başına $\leq 10^4$ CFU olan doz için izin verirken, koloni sayısının <200 CFU olduğu istiridye yataklarından tüketiminin de söz konusu olduğu bilinmektedir. Elli derecede 10 dakika pastörizasyon işleminin, istiridye içindeki *V. vulnificus* ve *V. parahaemolyticus* bakterilerinin sayısını önemli ölçüde azalttığı da bilinmelidir (Weissfeld, 2014).

Vibrio spp., *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *E. coli* de dahil olmak üzere balıkçılık faaliyetleri sürecinden itibaren tüm aşamalarda balık üzerinde potansiyel olarak bulunabilecek/bulaşabilecek çok çeşitli deniz ve toprak patojenlerinin gelişimini önlemek veya kontrol etmek için yeterli sıcaklık kontrolü en önemli kiritik faktördür. *C. perfringens, L. monocytogenes* ve *Shigella* spp. gibi organizmaların hiçbiri, soğukta saklanan ve yeterli süre-sıcaklıkta pişmiş su ürünleri için tehlike oluşturmaz. Bununla birlikte, balığın çiğ olarak tüketildiği bölgelerde, sıkı hijyenik koşulların sürdürülmesi oldukça önem arz etmektedir. Bu nedenle, Japonya ve diğer Asya ülkelerinde *V. parahaemolyticus* bakterisinden kaynaklı yüksek mide ve bağırsak iltihabı (gastroenterit) oranı, çiğ veya yeterli derecede işlem görmemiş su ürünlerinin yaygın tüketimi ile ilişkilidir. Bu konuda yüksek depolama sıcaklığı, toplu gıda enfeksiyonlarının oluşmasında belirgin bir katkısı olan ana faktördür (Kasuga, 2005).

Listeria monocytogenes

Her yerde bulunabilen ayrıca bitki örtüsü, toprak, su ve dışkıdan izole edilebilen gram pozitif bir bakteri olup gıda işleme alanlarına hammadde kaynaklı olabileceği gibi pek çok farklı kaynaktan bulaşması söz konusu olabilmektdir. *L. monocytogenes* soğuk ortamlarda da çoğalabilmekte ve bu nedenle gıda işleme ortamlarını, özellikle yerde bulunan su giderlerini ve nemli yüzeyleri kolonize etme eğilimindedir. Paslanmaz çelik de dahil olmak üzere yüzeyde dirençli biyofilm oluşturma eğilimi, tesis sanitasyonu ve hijyen önlemleri açısından ciddi bir sorundur (Fernandes, 2009). *L. monocytogenes*, taze, dondurulmuş, dumanlanmış ve kurutularak tuzlanmış su ürünleri başta olmak üzere pastörizasyon veya sterilazasyon işlemi görmemiş tüm su ürünlerinden izolasyonu mümkündür (Tosun & Alakavuk Üçok, 2007).

Tablo 2.7. İşletmelerde karşılaşılan bulaşma kaynakları (Altuntaş & Korukluoğlu, 2018)

Doğrudan	**Dolaylı**
Konveyörler	Giderler
Konteynerler	Zemin
El aletleri	Duvarlar
Dilimleme, parçalama, kesme makineleri	Taşıma araçları (forklift)
Personel kıyafetleri	Hava, buhar
Eldivenler	Su
Doldurma ve paketleme makineleri	Bakım ekipmanları
Salamura ve diğer solüsyonlar	Temizlik ekipmanları (fırça, bez, kova)

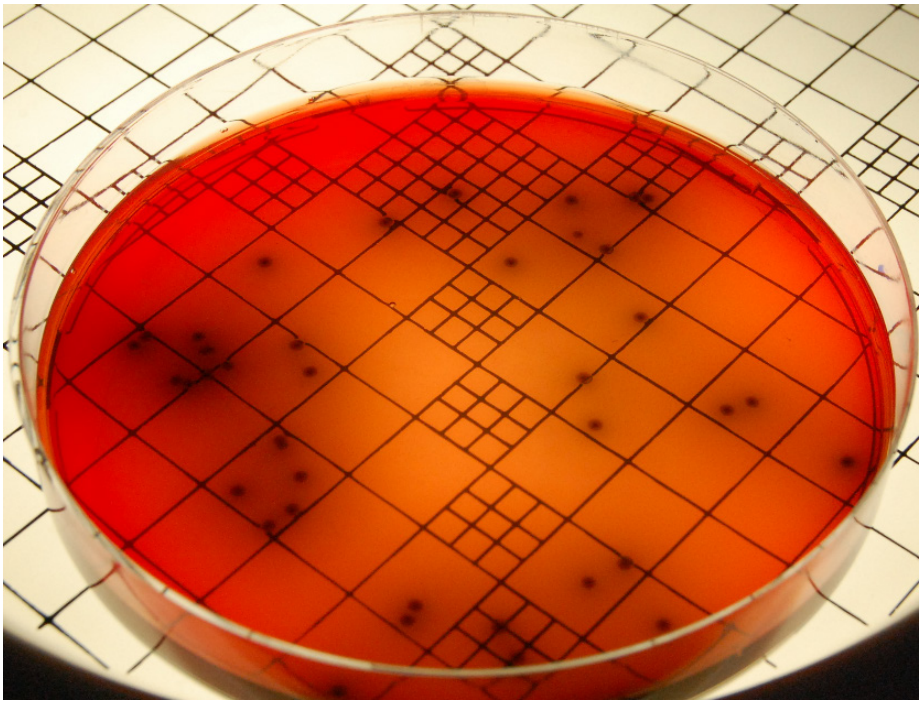
L. monocytogenes gıdalardaki tuz, asitlik, düşük nem ve düşük oksijen ortamlarına nispeten dirençli bir yapıdadır. Düşük sıcaklıklarda dahi (Laboratuvar koşullarında 0.5°C, gıdalarda

ise bu değer daha düşüktür) gelişim gösterebilmekte olup soğutmanın bu bakteriye yeterli bir koruma sağlamadığı bilinmektedir (Tablo 2.8) (Halkman, 2019).

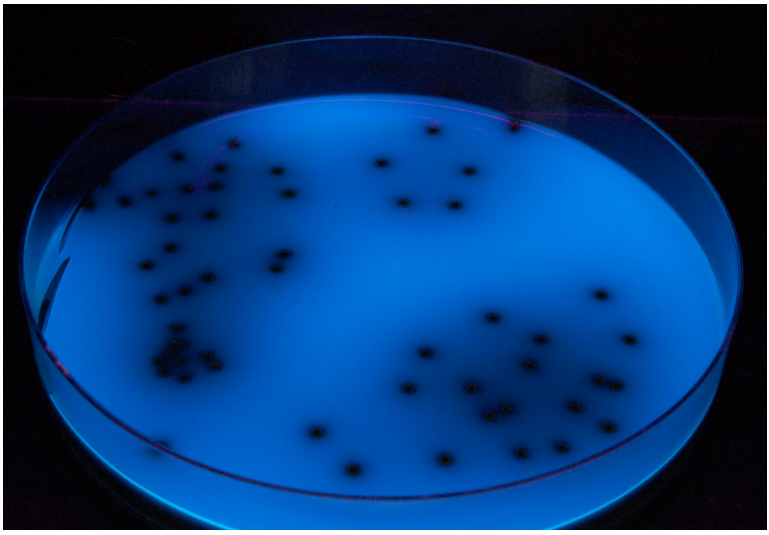
L. monocytogenes, **listeriozis** isimli hastalığa neden olur ve özel risk altındaki gruplar için büyük bir endişe kaynağıdır. Duyarlı gruplar arasında hamileler, yenidoğanlar, kanser hastaları, bağışıklık yetersizliğine sahip bireyler ile diyabet, siroz hastaları ve yaşlılar bulunmaktadır. Pişmemiş ürünler listeriosis salgınlarında yer alan ana gıdalar olmasına rağmen, pişmiş gıdaların çapraz kontaminasyonu büyük bir endişe kaynağıdır (Fernandes, 2009).

Tablo 2.8. *L. monocytogenes'* in gelişim koşulları (Altuntaş & Korukluoğlu, 2018)

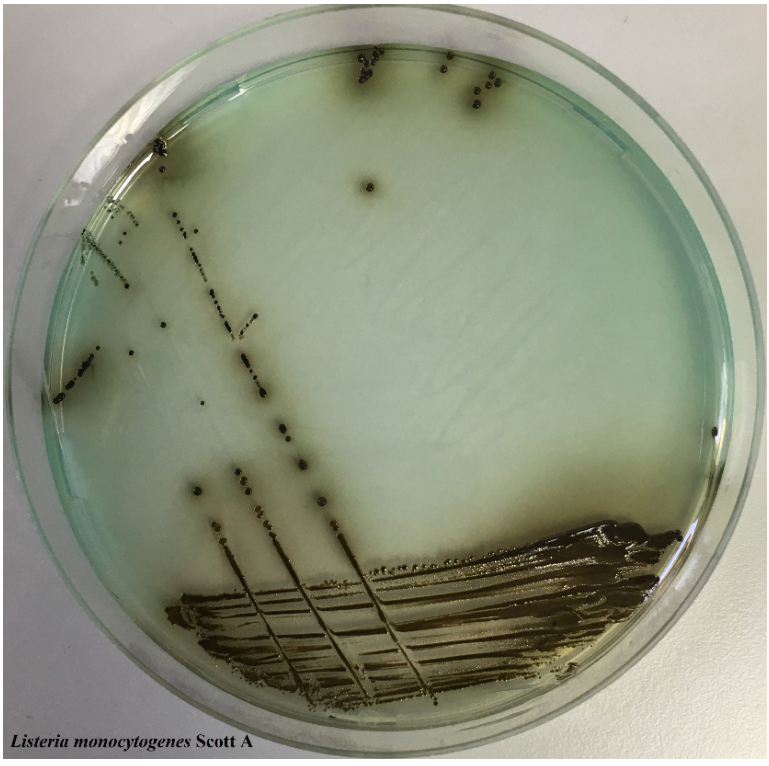
Parametre	**Minimum**	**Maksimum**	**Optimum**	**Hayatta kalabilir ancak gelişemez**
Sıcaklık (°C)	-1.5-3	45	30-37	-18
pH (*pH*)	4.2-4.3	9.4-9.5	7.0	3.3-4.2
Su aktivitesi (aw)	0.90-0.93	>0.99	0.97	<0.90
Tuz (%)	<0.5	12 – 16	NA*	≥20



Fotoğraf 2.1. *L. monocytogenes*' in L. monocytogenes' in palcam agarda gelişimi ve görüntüsü (Fotoğraf Doç. Dr. Ş. Yasemin Tosun).



Fotoğraf 2.2. *L. monocytogenes*' in palcam agarda gelişimi ve görüntüsü (UV lamba altında) (Fotoğraf Doç. Dr. Ş. Yasemin Tosun).



Fotoğraf 2.3. *L. monocytogenes'* in Oxford agarda gelişimi ve görüntüsü (Fotoğraf Prof. Dr. Duygu Kışla ve Gökhan Gurur Gökmen).

L. monocytogenes ile kontamine olmuş gıdalar tüketimden 12 saat sonra ilk belirtiler ortaya çıkmakta olup, genelde karın krampları, diyare, yorgunluk, baş ağrısı ve kusma ile seyreden sendromlar görülmektedir. Listeriyal menenjit gibi ağır vakalarla ancak günler veya haftalar sonra karşılaşılabilmektedir. Sendromların genel ortaya çıkışı ise 11-70 günlük bir periyodu içermektedir (infektif doz ve bireyin durumuna bağlı). Hastalık yapıcı doz 100 canlı hücre olarak belirtilse de bu konuda kesin bir bilgi yoktur. Listoriozis' e bağlı ölüm oranı %20 ila 40 arasıdır (Halkman, 2019).

Salmonella spp.

Gıdalardan kaynaklanan en sık hastalık etmeni olarak da bilinmektedir. *Samonella* spp.' lerin ABD' de her yıl yaklaşık 1.35 milyon enfeksiyona, 26.500 hastanelik vakaya (yatışlı) ve 420 ölüme neden olduğu tahmin edilmektedir (CDC, 2019).

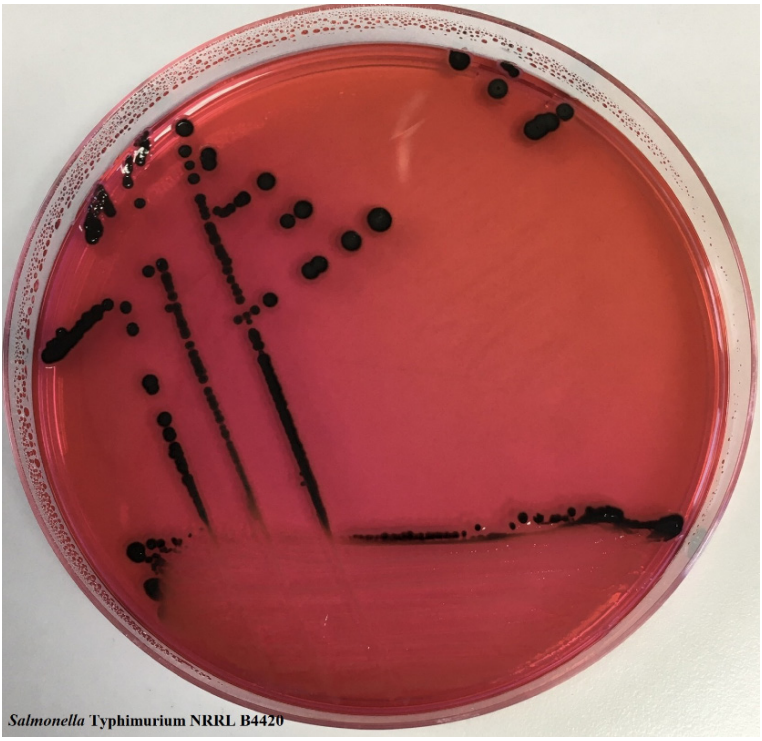
Salmonella türleri Enterobacteriaceae familyasında yer alan Gram negatif çomak şeklinde, sporsuz, çoğu peritrik flagellaları ile hareketli, fakültatif anaerofilik, katalaz pozitif ve oksidaz negatif özellikte bakterilerdir. *Salmonella* türleri asidik çevre koşullarına uyumlu ve ısıl işlemlere duyarlıdırlar, 60°C' de 1-6 dakikalık ısıl işlemi eliminasyonda yeterli görülmektedir (Sağlam & Şeker, 2016). *Salmonella* spp. mezofilik olup, optimal üreme sıcaklığı 35-37°C'dir, genellikle 5.8 ile 47°C arasında ise gelişim gösterebilmektedir. Optimum pH gelişim değerleri ise 6.5-7.5 olmasına rağmen, 4.0-9.5 arasındaki geniş bir pH aralığında ve 0.94-0.99 a_w değerlerindeki gıdalarda gelişebilmektedir. *Salmonella* türleri için minimal enfeksiyon dozunun düşük olduğu bilinmektedir; *S. newport* 10-100 kob/g, *S. Eastbourne*' de <100 kob/g, *S. pullorum* 10^9-10^{10} kob/g ve *S. typhimurium* <10/100 kob/g (Tonbak ve diğ. 2017).

Salmonella spp. enfeksiyonun da başlıca **endotoksin** ve **ekzotoksin** olmak üzere iki tip toksin görev almaktadır. Endotoksin, *Salmonella* spp.' nin hücre duvarı ve sorumlu molekülü olup bir çeşit lipopolisakkarittir. Bakteri konak dokusuna girdikten sonra birkaç dakika içinde akut yangı oluşturur. Ekzotoksinler ise, sitotoksin ve enterotoksin olmak üzere de iki alt başlığa ayrılır (Günaydın & Şen, 2012);

1. **Sitotoksin:** Isıya dayanıklı, protein sentezini inhibe eden ve barsak hücrelerinde yapısal hasara yol açan bir toksindir.
2. **Enterotoksin:** Isıya duyarlı, protein yapısında, barsak epitelyum hücrelerinde salgı sal tepkiyi uyaran, barsak lümeninde sıvı toplanmasına neden olan bir toksindir.

Salmonella enfeksiyonları çoğu insanda ishal, ateş ve mide krampları ile belirti vermektedir. Semptomlar genellikle enfeksiyondan altı saat ila altı gün sonra başlar ve dört ila yedi gün sürmektedir. Bazı kişilerde ise bakterinin alımından sonra birkaç hafta boyunca semptom oluşturmaz iken, diğerleri birkaç hafta boyunca semptomları ile yaşamaktadır. Salmonella suşları bazen idrarda, kanda, kemiklerde, eklemlerde veya sinir sisteminde (omurilik sıvısı ve beyin) enfeksiyona neden olabilmektedir. Bu da tüketiciler için ciddi hastalıklar anlamına gelmektedir (CDC, 2019).

Salmonella spp.' lerin Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyoloji Kriterler Yönetmeliğine göre ister işlenmiş ister taze olsun su ürünlerinin 25g' ında hiç (n=5) bulunmaması gerekmektedir (Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2011).



Fotoğraf 2.4. *Salmonella typhimurium* gelişimi ve görüntüsü (Fotoğraf Prof. Dr. Duygu Kışla ve Gökhan Gurur Gökmen).

Clostridium perferingens

Gram-pozitif, çubuk şeklinde spor oluşturan obligat, anaerob bir bakteridir. Bu nedenle, vakum veya gazla paketlenmedikçe gıdaların yüzeyinde gelişimi söz konusu değildir. *Clostridum perfringens*, canlıların bağırsaklarında ve evsel kanalizasyon karışmış tarımsal topraklarda yaygın olarak bulunmaktadır. *Clostridium perfringens* ayrıca balıklarda, sığır, domuz ve

tavuk gibi hayvan dışkısında bulunmaktadır. *C. perfringens* sıklıkla su ürünlerinden de izole edilir, ancak muhtemelen insan ve hayvan dışkı kontaminsayonu kaynaklıdır (Matches ve diğ. 1974). *C. perfringens*' in gıda güvenliği ile ilgili en önemli özelliği, organizmanın yüksek sıcaklıklarda son derece hızlı büyüme kabiliyetidir (Fernandes, 2009; Ingham, 1991). Bu bakteri ayrıca spor üretme işlemi sırasında bağırsakta enterotoksin üretmektedir. *C. perfringens* enfeksiyonuna, çok sayıda vejetatif bakteriyel hücre (>10^6 CFU/g) ile kontamine olmuş gıdaların tüketilmesi neden olmaktadır (García & Heredia, 2011).

C. perfringens yüksek ısıya dayanıklı sporlar ürettiğinden, yüksek sıcaklık uygulamalarında bile hayatta kalabilmektedir. Buna göre, tek bir kapta büyük miktarlarda yiyecek pişirirken, diğer bakteriler elimine edilirken, *C. perfringens*'in ısıya dayanıklı sporları kalacaktır. Yiyeceklerin iç kısımları oksijensiz bir ortam olma eğiliminde olup, *C. perfringens* için mükemmel gelişim koşulları sağlamaktadır. Bu şekilde, gıda sıcaklığı üreme sıcaklıklarına düştüğünde, *C. perfringens* sporları çimlenerek hızla çoğalma eğilimi göstermektedir. *C. perfringens* daha sonra yiyeceklerle birlikte mideye geçer ve ince bağırsakta çoğalmaya devam ederken, spor üretme aşamasında ishal gibi semptomlara neden olan toksik enterotoksin üretmektedir. Büyük miktarlarda yiyeceklerin partiler halinde hazırlandığı okul öğle yemeği tesislerindeki salgınlar nedeniyle *C. perfringens* "**okul öğle yemeği hastalığı**" olarak da bilinmekte ve buna bağlı olarak çok sayıda kurbanı etkileyen kitlesel gıda zehirlenmesi vakaları ile karakterizedir. Bu konuda yemek üretimlerinde dikkat edilmesi gerekenler ise en basitinden şu şekilde tanımlanabilir (Bureau of Social Welfare and Public Health, Tarik Yok);

- Tüketimden bir gün önce yemek hazırlamaktan kaçınılmalı ve pişmiş yiyeceklerin yapıldıktan sonra mümkün olduğunca çabuk tüketilmesi gerekmektedir.
- Büyük miktarlardaki yiyecekleri tek bir seferde birlikte pişirirken, *C. perfringens*' in kolayca ürediği sıcaklıklarda yiyeceklerin uzun süre tutulmamasına dikkat edilmelidir.
- Büyük miktarlarda yiyecekleri tek bir parti halinde saklamak zorunda kalındığında, yiyecekler daha küçük porsiyonlara bölünmeli ve mümkün olan en kısa sürede soğutulmalıdır.

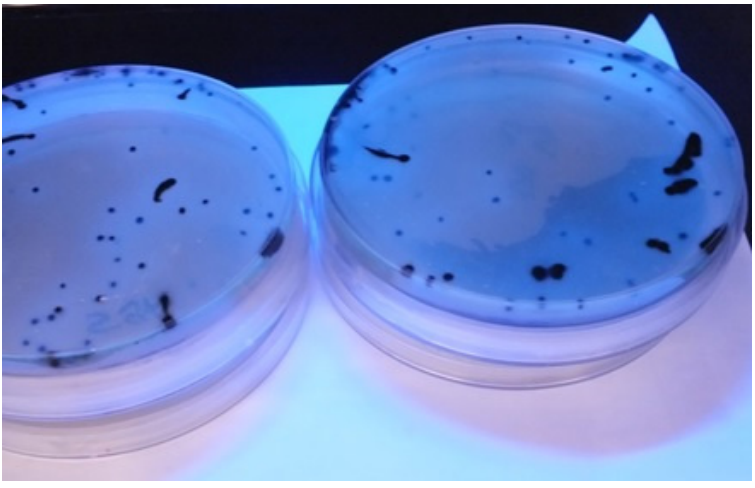
Toksinin patojenitesinde alfa, beta, epsilon ve iota şeklinde tanımlanan etken faktörlerin letal etkili ekstraselüler toksinlerdir. Sentezlenen bu toksin tiplerine göre de etken; A, B, C, D ve E olarak serotiplenmektedir. Tip A ve daha az oranda olmakla birlikte asıl etken Tip C insanda gıda zehirlenmelerine neden olmaktadır (Sağlam & Şeker, 2016).

C. perfringens mikroskop altında genellikle tek ve ikili olarak görünür ve nadiren kısa zincir oluşturmaktadır. Ayrıca sülfiti indirgeyen tek *Clostridium* türü bakteridir. Hareketsiz

bir bakteri olup TSC Agarda siyah koloni oluşumu ile bilinmektedir. Gelişimleri için farklı kaynaklarda farklı aralıklar (20-50°C ve 15-50°C olarak) verilmektedir. Optimum gelişimi ise 37°C ile 47°C arası sıcaklıklarda göstermektedir. Sporlanma ve toksin oluşumuna yönelik en uygun sıcaklık 37°C' tır (insan vücut sıcaklığı) (Halkman, 2019).



Fotoğraf 2.5. *C. perfringens*' in TSC agarda gelişimi ve görünümü (Fotoğraf Prof. Dr. Serap Coşansu).



Fotoğraf 2.6. *C. perfringens*' in TSC-MUP agarda gelişimi ve görünümü (Fotoğraf Prof. Dr. Serap Coşansu).

Vibrio cholerae

Tarihsel olarak, *Vibrio cholerae* (01 ve O139 suşları) en endişe verici organizma olmuş kolera salgınlarından ve pandemilerinden sorumlu olup, diğer tüm türler ve serotipler, aglütinasyon önleyici veya kolera dışı Vibrioz olarak adlandırılmıştır. *V. cholerae* halk sağlığı için küresel bir tehdittir ve 2008-2012 yılları arasında dünya çapında yıllık ortalama 2.9 milyon vakaya ve 95.000 ölüme neden olduğu tahmin edilmektedir. Bununla birlikte, *Vibrio* genusu en az 50 tür içeren büyük bir cinstir ve bunlardan en az 11 Vibrio türü insanlarda patojenik veya potansiyel patojen olarak tanımlanmıştır. *V. cholerae* ile insan enfeksiyonu, kontamine yiyecek veya bakteri içeren suyun yutulmasıyla başlar. *V. cholerae* ince bağırsağı kolonize eder ve kolera enterotoksinini konakçı hücrelere salgılar, bu da bol miktarda ishal ve şiddetli dehidrasyona (gastroenterit) yol açarak klorür iyonlarının ve suyun bağırsak lümenine hızlı akmasına neden olur. Bunun yanında yara enfeksiyonları, kulak enfeksiyonları ve primer sekonder septisemi gibi çeşitli hastalıklara da neden olabilmektedir (Cook, 1991; Halpern & Izhaki, 2017).

Vibrio cholerae genellikle serotipleri bakımından 01 ve O139 veya bunların harici olmak üzere iki gruba ayrılır. Bu gruplar ayrıca toksijenik ve toksik olmayan olarak alt gruplara ayrılabilir. Toksijenik suşlar, kolera toksini veya çok benzer bir toksin üretebilir. *Vibrio cholerae*, insan kirliliğinin olmadığı bölgelerde bile yaygın olarak dağılım gösterebilen ve özellikle nehir ağzı (haliç) bölgelerine özgü canlılardır. Ayrıca, *V. cholerae* deniz suyunda, düşük sıcaklık ve besin yokluğunda da hayatta kalabilirken yengeç ve karideslerin dış iskeleti, yosun ve $CaCO_3$ gibi çok sayıda alt tabakaya da kolayca yapışabilme özelliğine sahiptir (Cook, 1991).

V. cholerae, 10 ila 43°C sıcaklık aralığında gelişim gösterebilmekte, 37°C' de ise optimum büyüme sağlayan mezofilik bir organizmadır. Gelişim için optimum pH 7.6› dır, ancak 5.0 ila 9.6 pH aralığında büyüyebilmektedir. *V. cholerae* NaCl' ün %0.1 ila 4.0 aralığında büyüme gösterirken, optimum değer %0.5' dir (FEHD, 2005).

V. cholerae, Türk gıda kodeksi mikrobiyolojik kriterler yönetmeliğine göre denizlerden avlanan ve yetiştirilen su ürünlerinden yapılan tüketime hazır ürünlerde limit olarak 25 gramın da hiç bulunmamalıdır (Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2013).

Vibrio parahaemolyticus

Mezofilik *Vibrio* türleri hem pelajik hem de dipte yaşayan balıklardan izole edilmektedir. Doğal olarak balık ve kabuklu deniz canlılarında meydana gelen potansiyel patojenik *Vibrio* türleri içinde, *Vibrio parahaemolyticus* en yaygın olanıdır (Janda ve diğ. 1988; Kasuga, 2005). *Vibrio parahaemolyticus*, su sıcaklıkları 15°C' yi aştığında yayılım gösterip, mevsimsel olarak

hastalığın yayılımı, su sıcaklığına bağlı değişim göstermektedir. Batı ülkelerinde, patojenik *Vibrio* türlerinin neden olduğu deniz ürünleri ile ilgili hastalıklar yaygın olarak kabuklular veya yumuşakça kabuklu deniz canlıları ile ilişkilidir, ancak balıklar da Japonya ve diğer Asya ülkelerinde salgınlar için yaygın bir etkeni oluşturmaktadır (Kasuga, 2005).

Balık, deniztarağı, istiridye ve karides gibi su ürünlerinden bulaşabilen *V. parahaemolyticus'* un belirtileri sulu ishal, karın krampları, mide bulantısı, kusma, ateş, baş ağrısı ve kanlı ishal dir. *V. parahaemolyticus* enfeksiyonu belirtileri genellikle bakterilerin gıdalarla alımını takiben 24 saat içinde (4-96 saat) ortaya çıkmaktadır. Hastalık tipik olarak 1 ila 7 gün sürer ve bağışıklık sistemi zayıflamış kişilerde görülmektedir (CDC, 2013). Japonya'da yapılan bir gönüllü çalışmasında 2 x 10^5 ila 3 x 10^7 hücre tüketimin hastalık için yeterli olduğunu ortaya koymuştur (FEHD, 2005).

V. parahaemolyticus hafif halofilik bir bakteridir. Optimum büyüme NaCl konsantrasyonları % 2 ila 4 arasında değişir ve zayıf büyüme %0.5 NaCl' nin altındaki ortamlarda gerçekleşmektedir. Bakteri damıtılmış suda hızla inaktive edilir ve NaCl %10 seviyelerinde büyüme söz konusu değildir. Organizma, 5 ila 43°C arasındaki bir sıcaklıkta gelişim göstermekte ise de 37°C' de optimum büyüme sağlamaktadır. Büyüme için optimum pH aralığı 7.8 ila 8.6' dır, ancak 4.8 ila 11 pH aralığında gelişmesi de mümkündür (FEHD, 2005).

V. parahaemolyticus, Türk gıda kodeksi mikrobiyolojik kriterler yönetmeliğine göre, denizlerden avlanan ve yetiştirilen su ürünlerinden yapılan tüketime hazır ürünlerde limit olarak 25g da hiç bulunmaması gerekmektedir (Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2013).



Fotoğraf 2.7. *V. parahaemolyticus* kolonileri içeren TCBS agar (Mailänder, 2017).

Vibrio vulnificus

Gram-negatif bir bakteri olan *V. vulnificus* türü nehir ağzında yaşayan balıklarda, özellikle dip balıklarında yaygın olarak bulunur ve açık deniz (offshore) balıklarında daha az görülür (DePaola ve diğ. 1994). Diğer Vibrio türleriyle birlikte (*V. parahaemolyticus*, *V. cholerae*) *V. vulnificus*, rutin olarak nehir ağzı sularından yakalanan kabukluların mikroflorasının bir parçasıdır (Kasuga, 2005). Çiğ istiridye ve az pişmiş karides gibi su ürünleri kaynaklı bulaşanlardan *V. vulnificus,* insanlarda yara enfeksiyonlarına ve primer septisemiye neden olabilecek fırsatçı bir patojendir (FEHD, 2005; Bari & Ukuku, 2018). Pişirilerek kolayca öldürülebilen bu bakteri, ürün pişirildikten ürüne çapraz kontaminasyon yolu ile bulaşması önlenirse tüketici için bir sorun yaratmamaktadır (Rodrick, 1991).

V. vulnificus, az gastrointestinal bulgu ile hızla ilerleyen bir septisemiyi içeren enfeksiyon olup, kuluçka süresi ise yedi saatten birkaç güne kadar sürebilmektedir. En sık görülen semptomlar ateş, titreme, bulantı ve kardiyovasküler hipotansiyondur. Özellikle karaciğer hastalığı olan bireylerde, mikroorganizma kan dolaşımına girerek septik şoka sebep olmakta, ardından birçok durumda hızla ölüm söz konsudur (yaklaşık %50). Enfekte bireylerin %70' inden fazlasında belirgin cilt lezyonları vardır. Hassas kişiler için, septisemi muhtemelen toplam 100 organizmadan daha az dozlarda dahi ortaya çıkabilmektedir (FEHD, 2005).

V. vulnificus, özellikler ve işleme prosedürlerine duyarlılık açısından *V. parahaemolyticus*' a çok benzemektedir. Esas olarak tuz gereksinimi ve toleransı bakımından farklılık gösterir ve %0.1 ila %5 NaCl içeren ortamlarda gelişim gösterebilmektedir. *V. parahaemolyticus* ile aynı şekilde, organizma 37°C' de optimum büyür, ancak 8 ila 43°C arasındaki bir sıcaklıkta gelişebilmektedir. *V. vulnificus*' un gelişimindeki pH aralığı 5 ila 10 olup, optimum 7.8' dir (FEHD, 2005).

***Aeromonas* spp.**

Aeromonas' lar Gram negatif, eğik uçlu düz çubuk şeklinde, hareketli ve psikrotrofik bir canlıdır. Karbonhidratları asit, gazlara indirgerler ve glikoz, fruktoz, maltoz, trehalozu fermente ederler ve sitokrom oksidaz ile peroksidaz pozitiftirler. Ek olarak, *Aeromonas*' lar proteaz, diastaz, lipaz, DNaz ve lesitinaz üretebilmektedir. Bu bakteri sıcakkanlı omurgalılar da dahil, tatlı su, deniz suyu ve topraktan izole edilebilmektedir. Aeromonas' lar aynı zamanda spor oluşturmayan canlılardır. Bazı türler insan için patojenik, diğerleri ise su omurgasızları veya omurgalıları için patojeniktir (Rodrick, 1991). Optimum gelişme ısıları 22-28°C olan mikroorganizmaların, minimum pH 4.5' tir ve maksimum NaCl konsantrasyonu yüzde 5-6'dır (İşleyici & Sancak, 2009; Ryder ve diğ. 2014).

Gelişim sıcaklıklarına ve hareketlilik özelliklerine göre *Aeromonas* spp.' ler iki gruba ayrılmaktadır. *A. salmonicida* grubu 37°C'de gelişemez ve hareketsizdir. *A. hydrophila* ise hareketli olup 37°C'de gelişebilmektedir. Hareketli grup içerisinde 10'a yakın tür olmasına karşılık ön plana çıkanlar ise *A. hydrophila, A. caviae* ve *A. sobria* türleridir. Hareketli *Aeromonas*' lar 4°C ile 42°C'ler arasında gelişebilme yeteneğindedir. Hareketli *Aeromonas*' ların doğal yaşam ortamları denizler ve tatlı sular olup, lağım suları, nehir suları, kuyu suları, termal sular, atık sular, klorlanmış ve klorlanmamış içme suları gibi her türlü su örneğinde bulunabilirken, sıcak mevsimlerde artış ve soğuk mevsimlerde düşüş eğilimi göstermektedir. Bu doğal kaynaklardan gıda ürünlerine üretim süreçlerinde özellikle suyun kullanımına bağlı bulaşarak gıda güvenliği yönünden tüketici için tehlike oluşturmaktadır (İşleyici & Sancak, 2009)

Hareketli *Aeromonas*' lar arasında insanlarda en fazla hastalığa sebep olan etken *A. hydrophila* olup doğada yaygın olarak bulunmaktadır. Bu sebeple "**aquatik emerging**" patojen olarak tanımlanmaktadır. Et ve et ürünleri başta olmak üzere soğukta muhafaza edilen gıdalarda *A. hydrophila* ve *A. caviae* 5°C'de üremesinden dolayı gıda güvenliği anlamında potansiyel tehlike oluşturmaktadır. Bu bakteri türlerinin (*Aeromonas* spp.) balık ve diğer su ürünlerine nazaran midyelerde daha fazla izole edildiği bilinmektedir. Kontamine midyeler aracılığıyla balıklara ve insanlara aktarıldığı bilinmektedir. *Aeromonas* spp. deriden bulaşabilmekte ve Aeromonas infeksiyonları su ürünleri ile uğraşan kişilerde meslek hastalığı olarak kabul görmektedir (Elal Muş & Çetinkaya, 2013).

Aeromonas spp. balık, karides ve tüketime hazır su ürünlerinin yaklaşık %70-90' nın kontaminasyonundan sorumludur (Neyts, Huys, Uyttendaele, Swings, & Debevere, 2000). Deniz ürünleri ile ilgili *Aeromonas* enfeksiyonları genellikle gastroenterit olarak görülmektedir (Butt ve diğ. 2004). *A. hydrophila*, *A. sobria* ve *A. caviae* gibi bazı *Aeromonas* türleri halk sağlığı açısından önemlidir (Rodrick, 1991).

Cytotoksin, endotoksin, hemolysin, enterotoksin, proteaselar, sideroforlar, adherenz faktörleri *Aeromonas* suşlarının oluşturduğu enfeksiyonlardaki etkenlerdir (Elal Muş & Çetinkaya, 2013). *A. hydrophila* gastroenterilere, septisemi, pnömoni ve menenjit gibi birçok hastalığın etmeni olarak klinik belirtileri bulunmaktadır. Gıdalardaki 10^4-10^{10} hücre/g enfektif doz olup 24 saat sonra hastalık oluşması için yeterlidir (Ayhan, 2013).

Tablo 2.9. *Aeromonas* spp.' lerin önemi, su ortamı ve gıda ile ilişkisi (Ryder ve diğ. 2014)			
Aeromonas spp.	**Tatlı Sular**	**Tuzlu Sular**	**Gıdalar**
A. hydrophila	+++	++	++
A. salmonicida	++	0	0
A. media	+	0	0
A. caviae	++	+++	+++
A. veronii	±	++	++
A. schubertii	0	0	±
A. jandaei	±	0	0
A. trota	0	0	±
A. bestiarum	++	0	0
A. popoffii	+	0	0
A. tacta	0	0	0
0= rapor edilmedi; ± = nadir; + = nadir; ++ = ortak; +++ = baskın			



Fotoğraf 2.8. Kanlı agarda gelişen *A. hydrophila* kolonileri (Walkowski, 2015).

Plesiomonas shigelloides

Plesiomonas shigelloides, su kaynaklı enfeksiyonların etkeni olarak bilinen Vibrionaceae familyasından fakültatif anaerobik, oksidaz pozitif, gram negatif bir bakteridir (Bari ve Yamazaki, 2018). Türün gelişimi için gerekli olan en düşük sıcaklık 8-10°C, en yüksek ise 42-45°C olup, pH 4.0-9.0 arasında ve maksimum NaCl %5' te gelişimi söz konusudur. *P. shigelloides* türü histidini dekarboksile eden bakteriler arasında yer aldığı ve buna bağlı histamin oluşumundan da sorumlu etkenlerden biri olduğu bilinmektedir (Ryder ve diğ. 2014; Kılınç, 2019).

Dünya çapında yayılımı bulunan ve özellikle yaz aylarında sıklıkla toprak, su, yiyecek, vahşi ve evcil hayvanlar gibi farklı kaynaklardan bulaşabilen bir türdür (Rodrick, 1991).

P. shigelloides ayrıca tatlı su ve deniz ortamlarıyla da ilişkilidir ve bu nedenle çeşitli balıklardan izole edilebilir, organizma mezofilik olmasına rağmen, ılıman ortamlardaki sulardan da izole edilmiştir (Ryder ve diğ. 2014). *Plesiomonas* spp. 1987-1990 yılları arasında Japonya' nın Okayama vilayetinde araştırılan tatlı su balıklarının %1.5' ğundan izole edilmiştir (Nakajima ve diğ. 1991). İnsanlarda görülen enfeksiyon belirtileri arasında ishal (sulu veya kanlı), ateş, kusma ve karın ağrısı yer almaktadır (Wong ve diğ. 2000). Epidemiyolojisinde, ülkeler arası seyahatler ve az pişmiş su ürünleri (özellikle kabuklu su ürünleri) tüketimi yer almaktadır ve yolcu diyaresinden sorumludur (Uçar & Güner, 2007).

P. shigelloides bakterisi ısıya duyarlıdır, 30 dakika boyunca 60°C' de pastörizasyon, gıdalardaki inhibasyonu için yeterlidir (Kılınç, 2019).

***Shigella* spp.**

Shigella spp. ve Enterobacteriaceae familyasına dahil gram negatif, hareketsiz, sporsuz, kapsülsüz, fakültatif anaerob, oksidatif ve fermantatif metabolizmaları bulunan, insanlarda patojen olan bir basildir. Bu cins, insanlara ve daha yüksek primatlara spesifik konakçıya uyarlanmıştır ve ortamdaki varlığı dışkı kontaminasyonu ile ilişkilidir. *Shigella* suşlarının suda 6 aya kadar hayatta kaldığı bildirilmiştir (Huss, Quality and quality changes in fresh fish, 1995). *Shigella* cinsi bakteriler (O) somatik antijen yapıları ve mannitol üzerine etkilerine göre A, B, C, D diye gruplara ayrılır. Bu gruplar; *S. dysenteriae, S. flexneri, S. boydii* ve *S. sonnei*dir (Huss, Quality and quality changes in fresh fish, 1995; Halkman, 2019).

Shigella, bağırsağın bir enfeksiyonu olan shigellozun (eski adı basiller dizanteri) nedenidir. Semptomlar, asemptomatik enfeksiyondan veya hafif ishalden kanlı dışkı, mukus sekresyonu, dehidrasyon, yüksek ateş ve şiddetli karın krampları ile karakterize dizanteriye kadar değişmektedir. Shigellozun kuluçka süresi 1-7 gündür ve semptomlar 10-14 gün veya daha

uzun süre devam edebilmektedir. Yetişkinlerde ölüm nadirdir, ancak çocuklarda hastalık şiddetli olabilmektedir. Düşük beslenme standartlarına sahip tropik ülkelerde, shigella kaynaklı ishal her yıl ağır semptomlarla yüksek oranlı çocuk ölümlerine neden olmaktadır (Huss, Quality and quality changes in fresh fish, 1995).

Su ürünleri avcılığı ve üretimi farklı kaynaklardan köken alabilmekte ve bunlar atık suların bulunduğu bölgelerden de temin edilebileceğinden kaynağı dışkı kökenli patojenik bakterilere de maruz kalabilmektedir. Bunlar arasında *Shigella* spp. türleri de yer almaktadır (Kvenberg J. E., 2012). Kayıtlarda su ürünleri (karides kokteyli, ton balığı salatası vb.) gibi yiyeceklerle ilişkili bir dizi shigelloz salgını konusunda bilgiler söz konusudur. Bu neredeyse her zaman çiğ veya önceden pişirilmiş yiyeceklerin kötü kişisel hijyen uygulamaları sebebiyle enfekte, asemptomatik bir taşıyıcı tarafından hazırlanması sırasında kirlenmesinden kaynaklanmıştır (Huss, Quality and quality changes in fresh fish, 1995).

Türün gelişimi için gerekli olan en düşük sıcaklık 7-10°C, en yüksek ise 44-46°C, optimum sıcaklık 37°C olup, minimum pH 5.5 ve maksimum NaCl ise %4-5' dir. Isı stabilitesi ise 60°C' de 5 dakikadır (Huss, Quality and quality changes in fresh fish, 1995). *Shigella* spp. düşük bulaşıcı doza sahip patojenik bakteri enfeksiyonlarındandır (Bari & Ukuku, 2018).

***Escherichia coli ve Escherichia coli* O157:H7**

Bu organizma, insan ve hayvan dışkısında baskın dışkı koliformudur ve genellikle sıcakkanlı hayvanlardan dışkı kontaminasyonunun tartışılmaz bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Gram negatif kısa çubuk şeklinde olan *E. coli* fakültatif anaerob bir bakteridir. Aerobik veya anaerobik koşullar altında iyi gelişim göstermekte, yüksek seviyelerdeki karbondioksit düzeyi gelişimi üzerinde engelleyici etkiye sahiptir. *E. coli* 7-45°C sıcaklıklar arasında çoğalma göstermekte, optimum gelişim sıcaklığı ise 37°C'dir. Organizmanın düşük sıcaklıklarda iyi hayatta kaldığı ve donmaya karşı direnç gösterdiği de bilinmektedir (Fernandes, 2009). *E. coli* serotiplerinin belirlenmesi yüzeyindeki antijenik yapıların çeşitliliğine göre yapılmaktadır. Serotiplendirme ilk Kaufmann tarafından ortaya konmuştur. Bu serotiplendirme *E. coli'* deki somatik (O), flagellar (H) ve kapsül (K) antijenlerine göre gerçekleştirilmiştir. Bugüne kadar 180'den fazla farklı O grubu izole edilmiştir. Bir diğer antijen olan fimbrial (F) antijenler, proteinoz moleküler yapılar bilinmeden önce K antijenleri olarak tanımlanmışken, bu yapıların ortaya çıkarılmasıyla serotiplemeye eklenmiştir (Omerovic ve diğ. 2017).

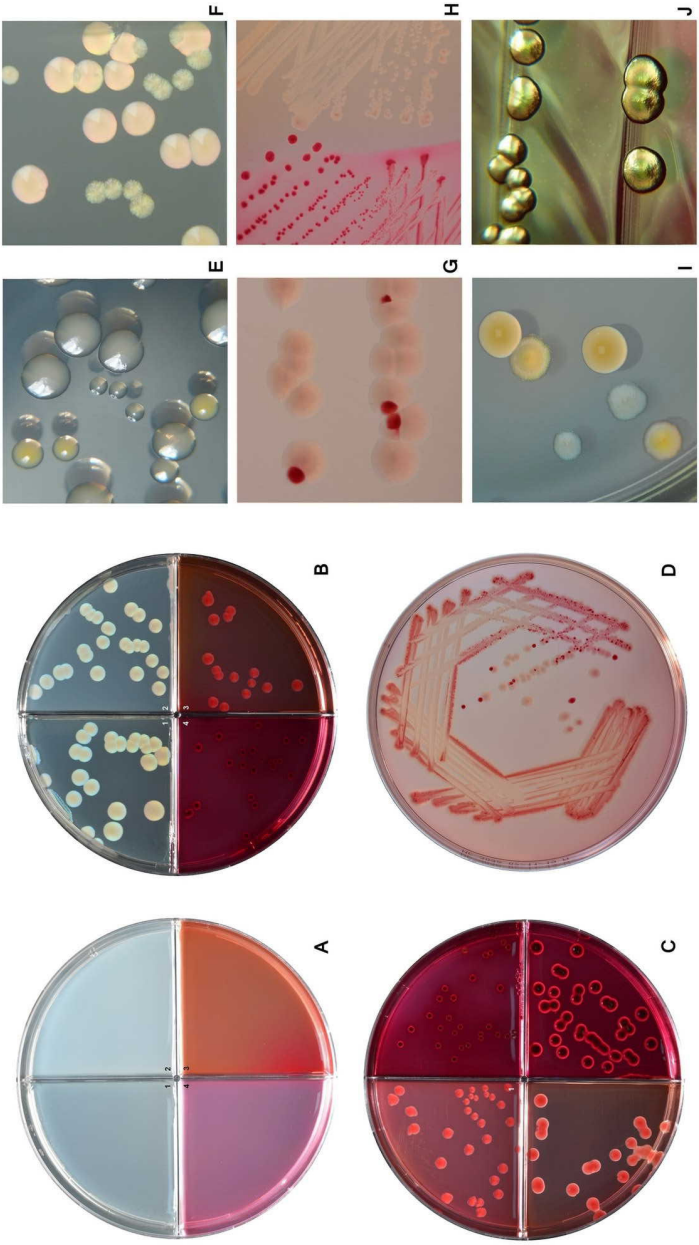
Patojenik *E. coli*, hem sağlıklı hem de bağışıklığı baskılanmış bireylerde hastalıkların nedeni olarak tanımlanmıştır. Spesifik virülans faktörlerine ve patojenite mekanizmalarına dayanarak, patojenik *E. coli*, geniş ölçüde bağırsak enfeksiyonları (intestinal) (Diarrheage-

nic *Escherichia coli* = DEC) veya ekstraintestinal *E. coli* (Extraintestinal Pathogenic *Escherichia coli* = ExPEC) olarak gruplanabilen farklı patojenik gruplara ayrılmıştır. DEC, virülans mekanizmalarında, enfeksiyöz süreçlerde ve hedef hücrelere yol açan hasarlarda farklılık gösteren en az altı ana patotip içerir: Enteropatojenik *E. coli* (EPEC), Entrohemorajik (Shiga toksini üreten) *E. coli* (EHEC), Enterotoksijenik *E. coli* (ETEC), Enteroinvaziv *E. coli* (EIEC), Enteroaggregatif *E. coli* (EAEC), dağınık şekilde yapışan (Difuzadhering) *E. coli* (DAEC) ve yakın zamanda tanımlanmış bir patotip olan yapışkan Invaziv *E. coli* (AIEC). ExPEC'e gelince, en yaygın suşlar farklı vücut bölmelerini hedefleyen iki farklı patotiptir: Üropatojenik *E. coli* (UTI) ve Neonatal menenjit *E. coli* (NMEC) (Arslan ve diğ. 2007; Omerovic ve diğ. 2017; Kesli ve diğ. 2011; Pasqua ve diğ. 2017).

1982 yılında *E. coli* O157:H7 EHEC grubu içinde bulunan bir serotip olarak gıda kaynaklı bir patojen olarak tanımlanmıştır. *E. coli* O157:H7 *Shigella dysenteriae* tip 1'in ürettiği "shiga toksin" benzeri "shiga benzeri toksin 1 (stx 1)" ve "shiga benzeri toksin 2 (stx 2)" iki ayrı toksin ürettiği belirlenmiştir. Etki ettiği doku kültürü hücrelerine göre literatürde daha yoğun verotoksin 1 ve 2 (VT-1 ve VT-2) diye de isimlendirilmektedir. Günümüzde verotoksin üreten 100'den fazla *E. coli* serotipinin olduğu bilinmekle birlikte, *E. coli* O157:H7 verotoksin üreten (VTEC) en önemli suş olup, bilinen en tehlikeli gıda kaynaklı patojenler arasında yer almaktadır (Kesli ve diğ. 2011).

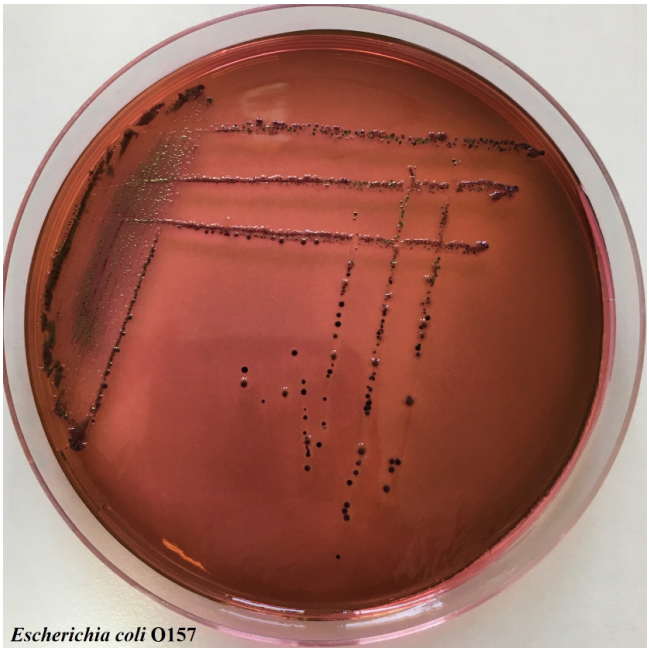
E. coli O157:H7 ısıya dayanıklı bir organizma değildir. Bunun aksine *E. coli* O157:H7 alışılmadık şekilde aside toleranslıdır ve özellikle düşük sıcaklıklarda asidik pH değerlerine (3.6-4.0) sahip gıdalarda hayatta kalma düzeyi yüksektir (Fernandes, 2009).

E. coli sıcaklıklar 10°C'nin altına düştüğünde, yüksek tuzluluk oranlarında, toksik kimyasalların varlığında veya ışığa bağlı hasardan dolayı strese girerek çoğalması azalmaktadır. Çiğ veya az pişmiş su ürünleri ana bulaşma araçlarıdır (Kator & Rhodes, 2012). Su ürünlerinin işlenmesinde İyi Üretim Uygulamaları (Good Manufacturing Practises- GMP) yoluyla *E. coli* O157:H7' nin kontrolü, sağlıksız ekipman veya personel tarafından ürünün yeniden kontaminasyonunun önlenmesini ve yeterli şekilde pişirilmesini gerektirmektedir. Bunun yanı sıra pişirme sıcaklıkları, sanitasyon süreçler ve hijyen prosedürleri ürün kalitesi ile gıda güvenliği açısından izlenmelidir (Fernandes, 2009).

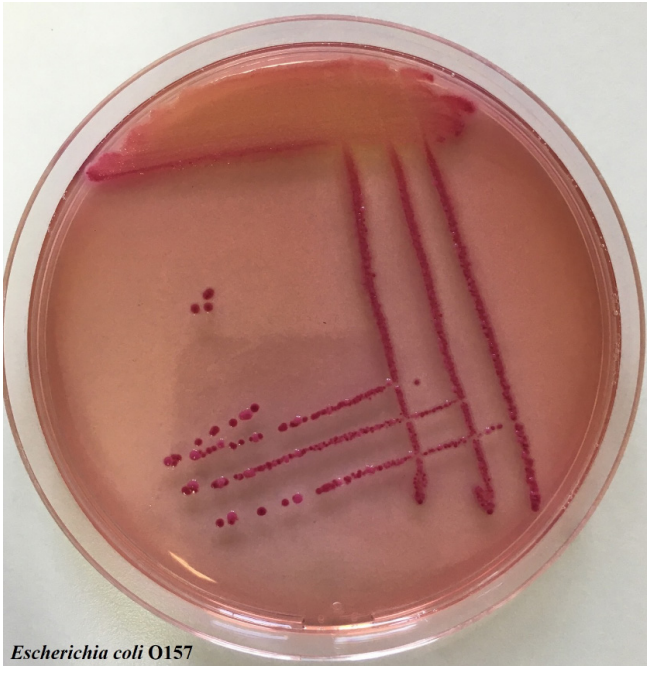


Fotoğraf A1 Beyin kalp infüzyon agarı (BHIA), A2 Trypticase soy agar (TSA), A3 MacConkey agar (MCA), A4 Endo agar. Fotoğraf B, bu ortamlar üzerinde yaygın bir E. coli suşunun büyümesini göstermektedir. Bu besiyerlerinin besleyici ve seçici özellikleri değişiklik gösterdiğinden kolonilerin farklı boyutlarına dikkat edin. Beyin kalp infüzyon agarı (B1) üzerindeki koloniler, triptikaz soy agar (B2), MacConkey (B3) ve Endo agar (B4) üzerindeki kolonilere kıyasla daha büyüktür. MacConkey (Fotoğraf C1, C4) ve Endo agar (Fotoğraf C2, C3), tanısal seçici besiyerini temsil eder. Her ikisi de tipik olarak Gram pozitif bakterilerin büyümesini engeller ve laktoz pozitif ve laktoz negatif bakteriler arasında ayrım yapılmasını sağlar (E. coli tipik olarak laktoz pozitiftir). Bu besiyeri, MacConkey agar ile karşılaştırıldığında Enterobacteriaceae için daha yüksek seçiciliğe sahip olduğundan, Endo agardaki koloniler en küçüktür. Kolonilerin boyutu, agar besiyerinin tanımlanmış bir yüzeyinde büyüyen kolonilerin sayısından da etkilenir (daha yüksek sayılar genellikle daha küçük koloniler anlamına gelir). (Besinler için rekabet) Şekil. *Klebsiella pneumoniae* (C3 MacConkey, C4 Endo) ile karşılaştırmalı olarak MacConkey (C1) ve Endo agar (C2) üzerinde büyüyen C E. coli: Her ikisi de laktoz pozitiftir. Şekil D, G, H MacConkey agar üzeninde laktoz negatif ve pozitif E. coli kolonileri. E. coli suşları tipik olarak laktoz pozitiftir. Laktoz negatif görünen koloniler genellikle pozitif ONPG testi veren gecikmiş laktoz fermentörleridir. Fotoğraf E *Staphylococcus aureus* (sarı), *Enterococcus faecalis* (küçük) ve *E. coli* on triptikaz soy agar, 37°C'de 24 saat sonra. Yansıyan ışıkla görülür. Şekil. F *E. coli* ve *Pseudomonas aeruginosa* (daha küçük yeşilimsi koloniler), beyin kalp infüzyon agarında karışık kültürde. 24 sa, 37°C, hem yansıyan hem de geçen ışıkla görülüyor. Fotoğraf I E. coli ve *Klebsiella pneumoniae* (daha büyük), CLED agarda sarı, laktoz pozitif koloniler. *Serratia marcescens*' in mavimsi laktoz negatif kolonileri. Şekil J Endo agar üzerinde altın metalik parlaklığa sahip laktozu fermente eden *E. coli* kolonileri.

Fotoğraf 2.9. MacConkey, Mueller-Hinton, Brain Heart Infusion, CLED ve Endo agar üzerinde *E. coli.* (Fotoğraflar: Hans N.) (Wikimedia Commons, 2019).



Fotoğraf 2.10. *E. coli* O157 EMB agarda gelişimi ve görünümü (Fotoğraf Prof. Dr. Duygu Kışla ve Gökhan Gurur Gökmen).



Fotoğraf 2.11. *E. coli* O157 CT-SMAG agarda gelişimi ve görünümü (Fotoğraf Prof. Dr. Duygu Kışla ve Gökhan Gurur Gökmen).

Campylobacter spp.

Gram-negatif, spiral kavisli çubuklardan oluşan *Campylobacter* spp. optimum 42-43°C arasındaki sıcaklıklarda gelişebilen bir bakteri türü olup, insan ve çevresinde yaygın olarak görülmektedir. *Campylobacter* spp. kaynaklı asıl riskler, pişmemiş veya yetersiz pişirilmiş et ve kümes hayvanı ürünleri ile çapraz kontamine gıdalar, muhtemel kampilobakteriyoz vakalarının temel nedenini oluşturmaktadır. *Campylobacter* spp. yüksek sıcaklıklara, kuru ortamlara ve oksijen varlığına duyarlı bir türdür. *Campylobacter* spp. donma, kurutma ve asidik koşullara duyarlı olduğundan, bunlar gelişiminin önündeki engeller olarak nitelenmektedir. Personel hijyeni, sıcaklık kontrolü ve çapraz kontaminasyona karşı önlem dahil olmak üzere, uygun sanitasyon uygulamalarıyla etkili kontrol mümkündür (Fernandes, 2009).

Bulaşma söz konusu kabuklu deniz ürünleri kaynaklı kampilobakteriyozun yayılmasında bir araç olduğu belirtilmekle birlikte, *Campylobacter* spp ile kontamine sulardan kabuklu deniz canlılarının hasat edilmesi, enfeksiyonun en olası nedeni gibi görünmektedir (Silva ve diğ. 2011).

2.1.3. Parazitler

Bugüne kadar insanlarda protozoa, tenyalar ve başı dikenli solucanlar (*Acanthocephala*) da dahil olmak üzere su ürünleri ile ilişkili 40' dan fazla parazit bildirilmiştir. Bazı tür parazitlerin *Giardia*, *Toxoplasma*, *Clinostomum* ve *Anisakis*' in küresel dağılımı da söz konusudur. İnsanlarda *Corynosoma* gibi bazı parazitlerin enfeksiyonu nadiren bildirilirken, dünya çapında düzenli olarak *Anisakis* spp. gibi diğer bazı parazitlerle enfeksiyon daha sık gözlenmektedir. Su ürünleri kaynaklı parazitler protozoadan acanthocephalanlara kadar çok çeşitli organizmalar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle sadece morfolojileri çok çeşitli olmakla kalmaz, yaşam döngüleri, iletim paterni, konakçıdaki/üzerindeki göçmen modeli ve klinik belirtileri de büyük varyasyon göstermektedir (Shamsi, 2019).

İnsanlarda enfeksiyon oluşturan gıda kaynaklı parazitlerin gruplanması aşağıdaki gibidir;

1. **Protozoalar-** *Giardia lamblia, Entamoeba histolytica, Cryptospordium parvum, Toxoplasma gondii, Naegleria* spp., *Acanthamoeba* spp.
2. **Nematodlar-** *Ascaris lumbricoides, Trichuris trichiura, Trichinella spiralis, Anisakis* spp*., Enterobius vermicularis*
3. **Sestodlar-** *Taenia saginata, Taenia solium* ve *Diphyllobothrium latum*
4. **Trematodlar-**

Karaciğer trematodları: *Clonorchis sinensis, Fasciola hepatica, Fasciola gigantica, Opisthorchis* spp., *Metorchis conjunctus* ve *Echinostoma* spp.

Akciğer trematodları: *Paragonimus westermani*

Bağırsak trematodları: *Metagonimus* spp., *Heterophyes heterophyes* ve *Nanophyetus salmincola*

Parazitler, tüketiciler için Japon suşi (balık, yumurta veya sebze ile pişmiş pirinç parçaları ve deniz yosunuyla oluşturulan ürün), sashimi' nin (çiğ balık dilimleri), carpaccio (İtalya'da yaygın olarak bulunan çok ince çiğ balık dilimleri), tartar maison (çiğ somon), ceviche (Latin Amerika'da hafif marine edilmiş balık) ve gravlax gibi çiğ veya hafif korunmuş (tuzlanmış ve marine ürünler) su ürünleri yediklerinde risk oluşturabilmektedir (Craig, 2012; Seafood Health Facts, 2015). Genelde su ürünleri tüketimiyle ilişkili en sık rastlanan iki tür parazit insanları enfekte etmektedir: **Anisakis** ve **Tenya**

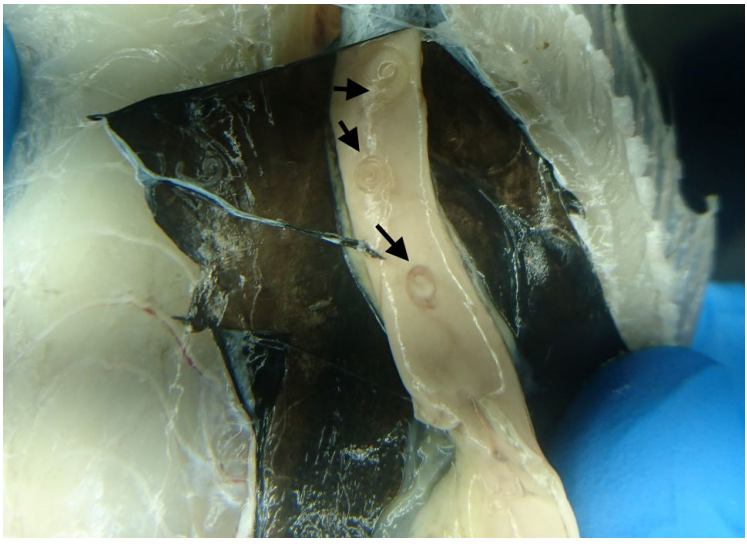
Anisakis

Bu Anisakis cinsi parazitlerin yapmış olduğu hastalık "anisakiasis" olarak tanımlanmaktadır. Anizakiasis, mide duvarını veya insanların bağırsağını istila edebilen Anisakiasis nematodların (solucanların) neden olduğu parazitik (zoonozdur) bir hastalıktır. Genel kontaminasyon, çiğ veya az pişmiş balık veya deniz ürünlerinin tüketilmesinden kaynaklanır, vakaların çoğu Japonya'da gıda tüketim alışkanlıkları nedeniyle tanımlanmıştır, batı ülkelerinde de giderek daha fazla rastlanmaktadır. Hastalarda anjiyo ödem, ürtiker ve anafilaksi gibi alerjik belirtiler görülebilmektedir (Carmo ve diğ. 2017).

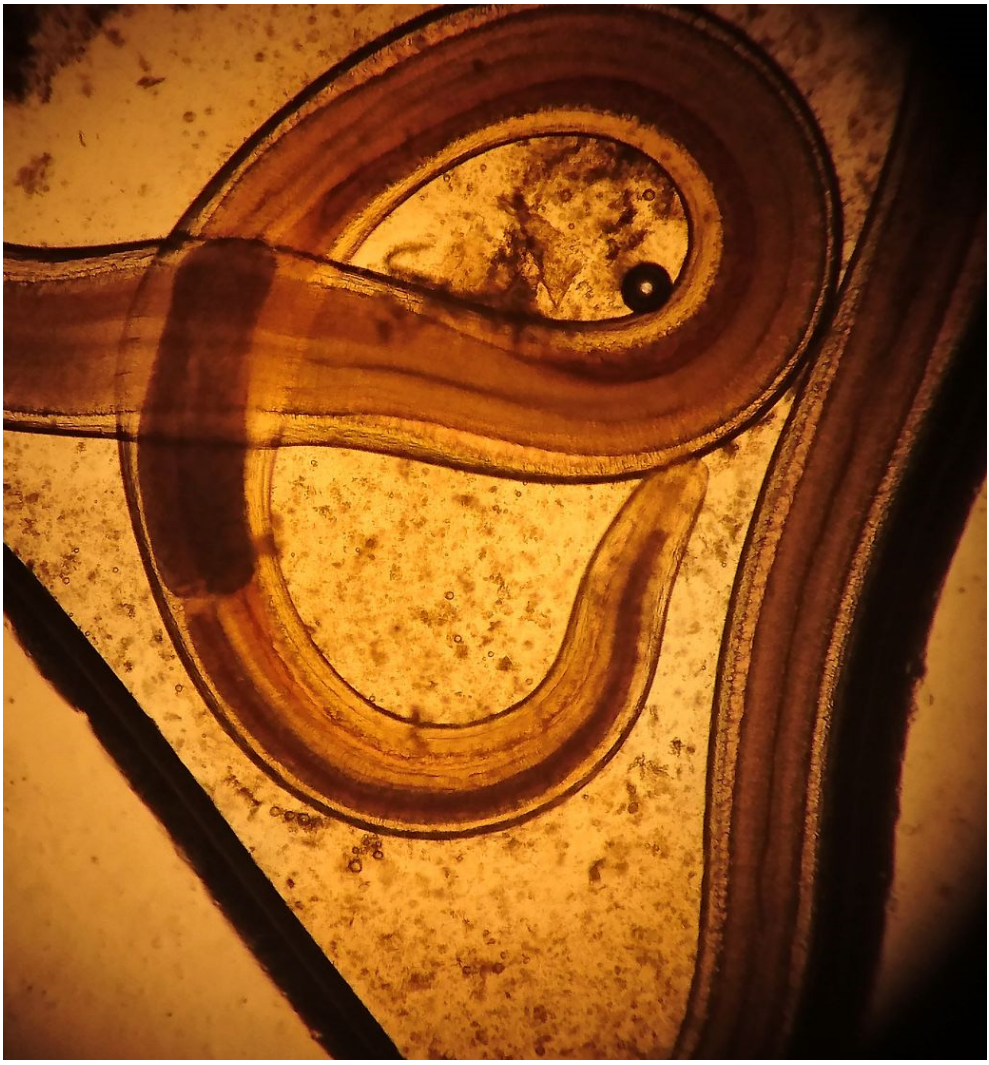
Anisakisin yaşam döngüsündeki olgunlaşma sonrası çiftleşme ile dişi solucanlar, yumurtalarını ana konak sahibinin dışkısına bırakır, bura da serbest yüzme sürecinde (3. Evre, L3) larvalar serbest bırakılan suda embriyolaşarak ve yumurtadan çıkmaktadır. Bu aşamada larvalar, hemokel içinde büyüdükleri dekapodlar, kopepodlar veya amfipodlar gibi kabuklular tarafından beslenme süreciyle vücutlarına alınmaktadır. Balıklar ve kafadanbacaklı yumuşakçalar (kalamarlar), sindirim sisteminin duvarından visseraya ve vücut boşluğuna giren üçüncü aşama larvaları içeren planktonik veya bentik kabukluları yiyerek enfekte olmakta ve bunu konakçı kaynaklı kapsülleme takip etmektedir. Enfekte bir balık başka bir balık tarafından yenildiğinde, kapsüllenmiş larvalar sindirilmekte ve böylece larva balık konak döngüsü tekrarlanmaktadır. Bu süreç, epidemiyolojik ve gıda güvenliği açısından önemlidir, çünkü larvaların doğal gıda zinciri içindeki balıklar arasında tekrar tekrar aktarılması, özellikle büyük ve yaşlı balıklarda, bazen yüzlerce hatta binlerce kapsüllenmiş larva barındıran yoğun birikime neden olabilmektedir (Şekil 2.2.) (EFSA, 2010).

Tablo 2.10. Su ürünleri tüketimiyle oluşabilecek genel paraziter enfeksiyonlar (Craig, 2012)

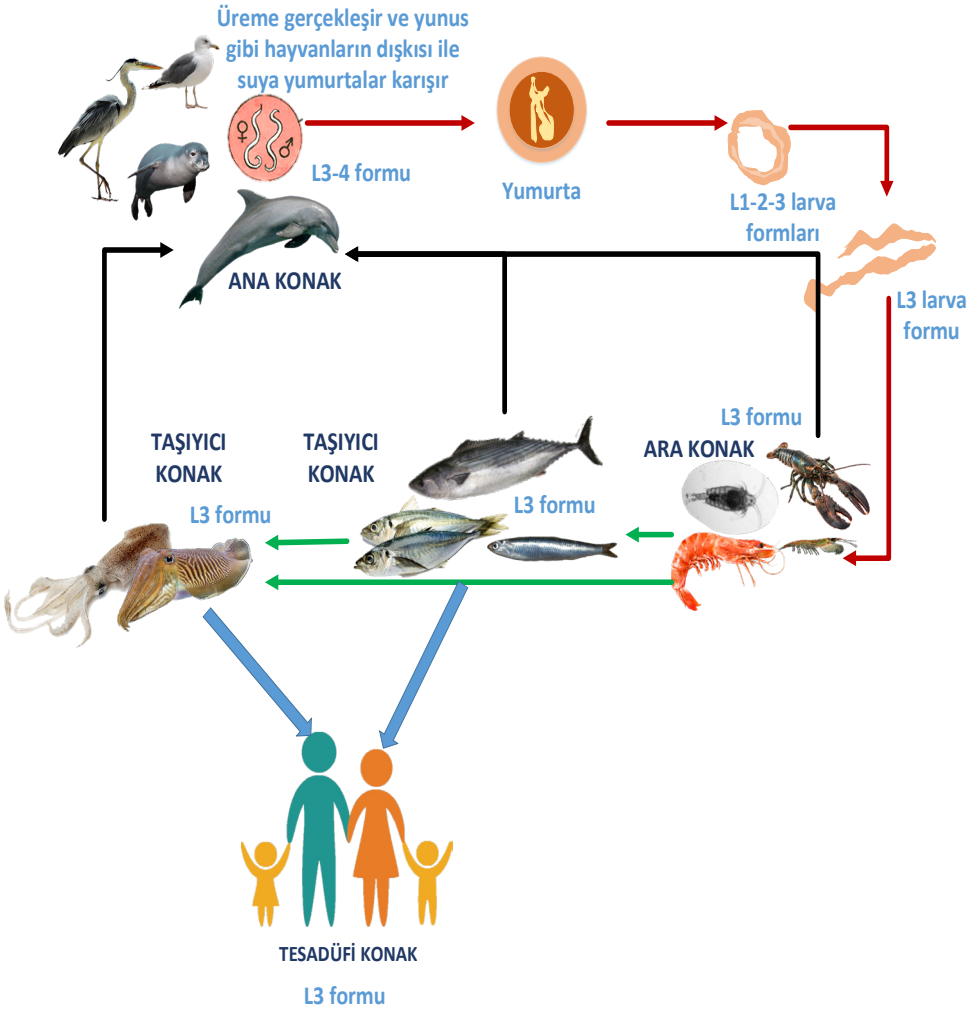
Sınıfı	Türü	Rastlanma	Klinik bulgular
Nematodlar	*Anisakis simplex*	Çiğ veya az pişmiş balık veya kalamar	Akut (yutulduktan 1-2 saat sonra, belki 14 güne kadar): ani, şiddetli, epizodik epigastrik sıkıntı, bazen bulantı ve kusma Kronik: ishal, ürtiker, nadiren larvalardan öksürme, bağırsak yalancı tıkanıklığı
Tremetodlar (Karaciğer parazitleri)	*Clonorchis sinensis*	Kore, Çin, Tayvan, Vietnam ve Japonya; çiğ veya az pişmiş balık	Akut (hazımsızlık ilk 1 haftası içinde): ateş, titreme, hassas hepatomegaly Kronik: asemptomatik; nadiren kolanjit veya pankreatit
	Echinostoma	Güneydoğu ve doğu Asya; çiğ veya az pişmiş balık	Gastroenterit, anemi, baş ağrısı, baş dönmesi, mide ağrısı, ishal, anoreksiya, eozinofili
Trematodlar (Bağırsak parazitleri)	*Heterophyes* spp.	Orta Doğu, Asya; çiğ, marine edilmiş veya az pişmiş balık	Karın ağrısı, ishal
	Metagonimus spp.	Orta Doğu, Asya; çiğ, marine edilmiş veya az pişmiş balık	Karın ağrısı, ishal
	Nanophyetus salmincola	Kuzey Amerika; çiğ, az pişmiş veya tütsülenmiş balık	İshal, karın ağrısı, bulantı, kusma, halsizlik ve kilo kaybı
Sestodlar	*Diphyllobothrium latum*	Çiğ, az pişmiş veya marine edilmiş balık	Karın ağrısı, ishal, eozinofili, nadiren B12 eksikliği
Protozoa	*Giardia lamblia*	Kuzey Amerika; evde konserve somon, Çin, koi pla (pişmemiş tatlı su balığı kullanılarak hazırlanan bir çeşit balık çorbası)	Bulantı, titreme, ateş, epigastrik ağrı, kötü kokulu ishal (mukus karışık, kanlı olabilir)



Fotoğraf 2.12. Balık (İstavrit, *Trachurus trachurus*) kas dokusuna yerleşmiş *A. simplex* parazitleri (Fotoğraf Doç. Dr. R. Eda Yardımcı).



Fotoğraf 2.13. *A. simplex* parazitinin mikroskop altında görüntüsü (Fotoğraf Doç. Dr. R. Eda Yardımcı).



Şekil 2.2. *Anisakis simplex* yaşam döngüsü (EFSA, 2010' dan uyarlama).

Tablo 2.11. Gökçeada bölgesinden avlanan balıklarda tespit edilen parazitler (Akmırza, 2013)	
Parazit Türleri	**Balık Türleri**
Contracaecum fabri	*Alosa fallax*
	Phycis phycis
	Coris julis
	Mullus surmuletus
	Trachinus draco
	Boops boops
	Trachurus mediterraneus
	Pagellus acerna
	Squalus blainvillei
	Symphodus spp.
	Diplodus annularis
Contracaecum aduncum	*Pagellus erythrinus*
	Lophius piscatorius
Anisakis simplex	*Merluccius merluccius*
	Alosa fallax
	Serranus hepatus
	Zeus faber
	Scomber japonicus
	Uranoscopus scaber
	Sphyraena sphyraena
	Trachurus mediterraneus
	Conger conger
	Pomatomus saltator
	Mullus surmuletus
Cucullanus micropapillatus *Cucullanus hians*	*Symphodus* spp.
	Muraena helena
	Conger conger
Ascarophis sp.	*Scorpaena notata*
	Scorpaena porcus
Echinocephalus sp.	*Dasyatis* spp.

Birçok bilimsel çalışmada (farklı ülkelerde yapılmış) ise *Anisakis* spp. için demersal, pelajik ve bentik balık türlerinde (*A. pontica, E. encrasicolus, T. trachurus, T. mediterraneus, Sprattus sprattus, M. merlangus euxinus, Gadus morhua, Mugil cephalus, M. barbatus, M. surmuletus, Lepidorhombus boscii, S. scombrus, S. japonicus, Spicara smaris, Molva dypterygia, Dicentrarchus labrax, Pomatomus saltatrix, Sarda sarda, Sparus aurata, M. poutassou,*

Platichthys flesus, Solea senegalensis, Belone belone, Sardina pilchardus) mevcudiyeti bildirilmektedir (Şimşek & Yılmaz, 2016).

Tenya

Tenyaların oluşturduğu enfeksiyona **"diphyllobothriasis"** denmektedir. Balık tenyası veya *Diphyllobothrium* spp., çiğ veya az pişmiş tatlı su veya anadrom balıkların (yani somon gibi tatlı sular da ortaya çıkan deniz balığı) tüketimiyle insan vücuduna alınmaktadır. Yeterli ısıl işlem görmemiş salamura ve tütsülenmiş balıklar da tenyanın bulaşma kaynağı olabilmektedir. Daha önceki endemik bölgelerde ortaya çıkan vakalar azalmış olsa da (muhtemelen kanalizasyon arıtma işlemlerinin iyileştirilmesi nedeniyle), artan çiğ balık tüketim trendi dolayısıyla gelişmiş dünyanın diğer bölgelerindeki vakalarda ise artış gözlemlenmektedir (Craig, 2012). 1970' lerin başında, *Diphyllobothrium* spp., nin küresel olarak 9 milyon insanı etkilediği tahmin edilmektedir. Daha yakın tarihli veriler, dünya çapında 20 milyon insana bulaştığını göstermektedir, ancak bu parazitin dünya çapında prevalansı hakkında yakın zamanda herhangi bir tahmin yapılmamıştır (Scholz ve diğ. 2009).

Balık tenyası uzun zamandır bir insan paraziti olarak bilinmesine rağmen, insan enfeksiyonuna, klinik uygunluğuna ve mevcut dağılımına neden olan konakçıların spektrumu dahil olmak üzere biyolojisinin ve epidemiyolojisinin birçok yönü hala bilinmemektedir. İkinci ara konakçılar arasında tatlı su, anadrom veya deniz balıkları bulunmaktadır. Enfekte olmuş kopepodların yutulması yoluyla, procercoid dokulara girer ve plerocercoid aşamasına geçiş yapmaktadır. Gelişim yerleri balık türlerine göre değişebilir, larvalar hemen hemen her organda lokalize olur ve hatta karın boşluğunda bile serbest halde bulunmaktadır. Plerocercoids genellikle konakçı dokuda kapsüllenmemiş olarak bulunmakta, ancak bunlar bağ dokusu kistleri içine alınabilmektedir. Epidemiyolojik bakış açısından, kaslarda, karaciğerde ve gonadlarda larvaların varlığı özellikle önemlidir, ancak visseradan gelen plerocercoids, konağın ölümünden sonra kaslara göç edebilmektedir. Ek olarak, normalde vissera içinde kapsüllenmiş olan *Diphyllobothrium dendriticum* larvalarının ise kas sisteminde kapsüllenmemiş olduğu bulunmuştur. İnsan enfeksiyonu kaynağı olabilecek büyük balık grupları aşağıda kısaca listelenmiştir (Scholz ve diğ. 2009);

- **Salomonid olmayan tatlısu balığı türleri**

  Perca fluviatilis, Esox lucius, Lota lota, Sander canadensis, Sander vitreus, vb.

- **Salmon balıkları**

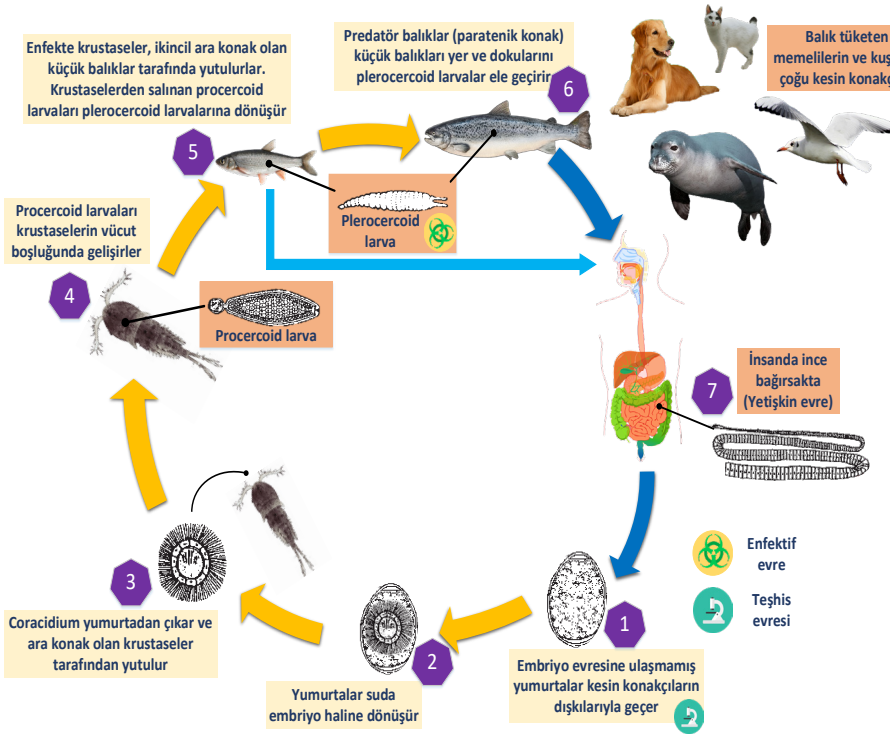
  Oncorhychus masou, Oncorhychus gorbuscha, Oncorhychus keta ve *Oncorhychus nerka*

- **Acı su ve deniz balıkları**
- **Liza haematocheila, Centropomus undecimalis, Engraulis japonica, Sardinops melanostictus, vb.**

Cenevre Gölü'nde, 2003-2005 yılları arasında incelenen levrek filetolarının %4 ila 10' unda *D. latum* plerocercoids tespit edilmiştir. Maggiore Gölü'ndeki levreklerde ise enfeksiyon oranı 2005 ve 2006' da %14' e ulaşmıştır (Scholz ve diğ. 2009).

Morfolojik ve moleküler verileri içeren son araştırmalar, insan enfeksiyonu olan *Diphyllobothrium* spp.' lerin çoğunun yeniden sınıflandırılması ve yeniden adlandırılmasını sağlamıştır. "Geniş balık tenyası" olan *Dibothriocephalus latus*'un (=*Diphyllobothrium latum*) genellikle insan diphyllobothriasis vakalarının en yaygın ajanı olduğu varsayılmaktadır. Bununla birlikte, birçok tarihi vakanın bu türe yanlış bir şekilde atfedilmiş olması da mümkündür. *Dibothriocephalus nihonkaiense* (=*Diphyllobothrium nihonkaiense*), *Dibothriocephalus dendriticus* (=*Diphyllobothrium dendriticum*), *Diphyllobothrium stemmacephalum* (=*Diphyllobothrium stemmacephalum; =Diphyllobothrium yonagoense*), *Diphyllobothrium balaenopterae* (=*Diplogonoporus grandis*; =*Diplogonoporus balaenoptera*) ve *Adenocephalus pacificus* (=*Diphyllobothrium pacificum*) da insanları enfekte ettiği bilinmektedir. *Dibothriocephalus latus* nispeten geniş bir dağılıma sahiptir, ancak en çok Antarktik bölgelerde yaygındır. Güney Amerika'da, ithalat ve su ürünleri yetiştiriciliği yoluyla çok nadir olarak meydana geldiği bilinmektedir. *D. nihonkaiense* Kuzey Pasifik Okyanusu için endemiktir ve çiğ balık yemeklerinin popüler olduğu Doğu Asya ülkelerinde ise vakalarla sıklıkla karşılaşılmaktadır. *D. dendriticus* genel olarak holarktik bir dağılıma sahiptir ve en çok arktikte görülmektedir. *Diphyllobothrium stemmacephalum* ve *D. balaenopterae'* nin kozmopolit bir denizel dağılıma sahip olduğu düşünülmektedir. Diphyllobothriid tenyaların yaşam döngüsü Şekil 2.3. de verilmiştir (CDC, 2019).

Değişen yeme alışkanlıklarına, gıda pazarının küreselleşmesine (3. Dünya ve uzak doğu ülkelerinden taze balık ithalatındaki artış) ve iklim değişikliklerine bağlı yakın gelecekte anisakis ve diphyllobothriasis vakalarında artış beklenmektedir. Bu vakaların meydana gelmemesi için gıda güvenliği yönünden ısıl işlem görmemiş ve dondurulmamış ürün tüketiminin önüne geçilmesi veya bu tarz ürünlerde denetimin artırılması gerekmektedir.



Şekil 2.3. Tenya yaşam döngüsü (CDC, 2019' dan uyarlanmıştır).

Su ürünleri tüketimiyle bu parazitlerin enfeksiyon oluşturmasının önüne geçilebilmesi için yapılması gereken teknik uygulamalar aşağıdaki gibidir (CDC, 2012; BCCDC, 2013);

- **Isıl İşlem**

  Su ürünlerini tüketmeden önce yeterince pişirin (en az ~ 63°C' lik merkez sıcaklığına kadar).

- **Dondurma**

  7 gün boyunca -20°C (ürünün merkez noktası) sıcaklıkta veya -35°C (ürünün merkez noktası) veya daha düşük sıcaklıkta minimum 15 saat dondurularak beklenmelidir. Bu işlemlerde kritik faktör, balığın merkezinin tam olarak donmasını sağlamaktır. Ev tipi dondurucularda bu sıcaklıkların tam olarak kontrollü sağlanması mümkün olmamaktadır.

Tüketici sağlığının korunması amacıyla su ürünlerinin çiğ ya da yarı çiğ tüketiminin sebep olduğu paraziter enfeksiyonların önlenmesine yönelik Avrupa Birliği 2004 yılında balıkların dondurulması (-20°C' de 24 saat) yükümlülüğünü belirleyen 853/2004 sayılı yasal düzenlemeyi yürürlüğe koymuştur (EG 853/2004, 2004).

2.2. İntoksikasyonlar

Belirli miktardaki maddelere maruz kalan organizmanın hayati fonksiyonlarını kısa sürede veya uzun süreli alımlara bağlı olarak olumsuz etkileyen içeriğe toksik madde ifadesi kullanılmaktadır. Organizmanın bu maddelerden zarar görmesi ise "**intoksikasyon**" kelimesiyle literatürde açıklanırken, genel anlamda ise "**zehirlenme**" olarak toksikolojide tanımlanmaktadır (Arslan ve diğ. 2007).

İntoksiyonların etiyolojik olarak

- İlaçlar
- **Besin/Gıda maddeleri**
- Koroziv maddeler
- İnsektisitler
- Karbonmonoksit
- Hayvan sokmaları
- Alkol (metanol ve etanol)
- Gaz ve buharlara maruziyet
- Uyuşturucular (eroin vb.)
- Uyaranlar (amfetamin vb.)
- Uçucular (tiner vb.)
- Savaş gazları gibi

doğal ve sentetik kaynaklı olmak üzere farklı zehirlenme etkenleri bulunmaktadır (Arslan ve diğ. 2007).

Doğada birçok biyolojik veya kimyasal kökenli intoksikasyon etmenleri aşağıda verilen etkileşimlerle karşı karşıya kalmaktadır (Ibelings & Chorus, 2007);

Biyobirikim (Bioaccumulation): Bir organizmanın muhtemelen toksik bir maddeyi katabolizma ya da boşaltım yolu ile yok etmesinden daha hızlı bir oranda dokularda biriktirmesidir.

Biyokonsantrasyon (Bioconcentration): Sucul ekosistemdeki canlıların kirleticileri vücutlarında, sudaki yoğunluğundan daha yüksek oranlara ulaşmasıdır.

Biyobüyütme (Biomagnification): Bir kimyasalın gıdadan bir organizmaya transferi, organizmada mevcut diyetinden daha yüksek bir konsantrasyona erişmesidir.

Biyodilüsyon (Biodilution): Besin ağındaki trofik seviyedeki her artışta toksin seviyelerinde azalmayı tanımlamaktadır. Toksinler, her düzeyde metabolizasyona ve atılıma uğramaktadır.

Su ürünleri kökenli gıdaların tüketimine bağlı zehirlenmelere (intoksikasyonlar) sebep olan toksinlerin kökeni temel iki alt başlıkta değerlendirilir;

1. Biyolojik (Biyotoksinler)
2. Kimyasal

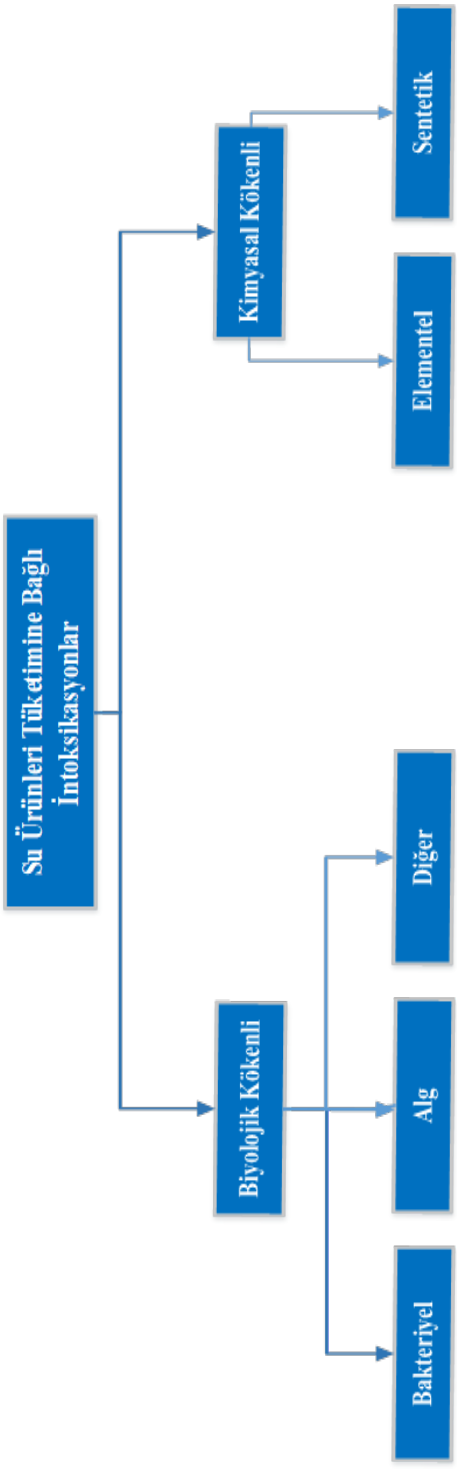
Tablo 2.12. Su ürünleri tüketimine bağlı intoksikasyon etkenleri

Biyolojik Kökenli İntoksikasyon Etmenleri	**Kimyasal Kökenli İntoksikasyon Etmenleri**
Bekteriyel Toksinler Alg Toksinleri (PSP, DSP, NSP, ASP vb.) Diğer Toksinler (Histamin, Tetradoksin, vb.)	Elementel (Kurşun, kadmiyum, civa, arsenik vb.) Sentetik Kirleticiler, Bulaşanlar ve Kalıntılar (Poliklorlu Bifeniller • Dioksin • Pestisit Kalıntıları • Veteriner İlaç Kalıntıları • Radyonüklidler • Ambalaj Malzemelerinden Taşınan Kirleticiler • Deterjanlar/Dezenfektan Kalıntıları • Hatalı Kullanılan Katkı Maddeleri • Pişirme İşlemi Sırasında Oluşan Zararlı Maddeler vb.)

2.2.1. Biyolojik Kökenli İntoksikasyon

2.2.1.1. Bakteriyel Toksinler

Bakterilerin neden olduğu gıda zehirlenmeleri bakteriyel toksinlerin oluşumundan kaynaklanmakta, bu toksinler **ekzo-** ve **endotoksinler** olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. **Ekzotoksinler**, bakteri tarafından sentezlenen ve salınan proteinlerdir. Etki faktörlerine bağlı olarak toksin türleri entro, nöro- ve sitotoksinler olmak üzere 3 grup altında toplanmaktadır. Entrotoksinler bağırsak dokusuna zarar verirken, nörotoksinler sinir sistemi üzerinde etkili olmakta, sitotoksinler ise, hücrelerin protein biyosentezini inhibe etmekte veya bakterilerin hedef hücreye yapışmasına izin vermek için hücrelerin yüzeyine bağlanabilen proteinlerdir. **Endotoksinler**, gram negatif bakterilerin dış zarından oluşmakta ve lipopolisakkarit yapıdan oluşmaktadır. Bakterilerin ölümü ve bir dizi uyarıcı makrofajlar vasıtasıyla serbest kalmaktadır (örn., İnterlökinler, prostaglandinler, lökotrienler ve tromboksanlar). Bu aracılar ile büyük miktarlarda endotoksin salındığında ateş, kan akışındaki rahatsızlıklar ve genel dolaşım yetmezliğine ("endotoksin şoku" denir) neden olabilmektedir (Pablo, 2003).



Şekil 2.4. Su ürünleri tüketimine bağlı intoksikasyonlar (Topal, 1996; Durlu Özkaya & Cömert, 2008 den uyarlanmıştır).

Gıda güvenliği bakımından insan sağlığını etkileyen en önemli toksin oluşturucu ajanlar arasında*, Clostridium botulinum, Clostridium perfringens*, *Bacillus cereus, Campylobacter jejuni, Esherichia coli*, *Listeria monocytogenes, Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Staphylococcus aureus, Vibrio cholerae* ve *Yersinia enterocolitica* bulunmaktadır (Pablo, 2003).

Yukarda verilen türlerden bazıları hakkındaki bilgiler enfeksiyon etmeni de olmaları bakımından "Enfeksiyonlar" başlığı altında verilmiştir.

Clostiridium botulinum

Gram-pozitif spor oluşturucu mikroorganizmalar grubunda yer alan *C. botulinum* pH 4.6 ile 8.5 arasında büyüyebilen anaerobik canlılardır. Bu özellikler *C. botulinum*' un kaynama sıcaklığında hayatta kalmasına ve oksijen olmadan çoğalmasına izin verir. Su ürünleri endüstrisinde anaerobik ortamlı paketleme uygulayan küçük/endüstriyel işletmeler için bu anlamda önemli bir gıda güvenliği sorunudur. Sporlar balıkların, yengeçlerin ve diğer kabuklu deniz canlılarının bağırsaklarında bulunabildiği gibi bulaşma yoluyla da yayılmaktadır. *Clostridium botulinum* bakterisi tarafından üretilen ve bilinen en etkili toksin **botulinum nörotoksinidir. Botulizm** zehirlenmesinin ilk belirtileri, konuşma ve yutma güçlüğüne neden olan boyun kaslarında paralize, çift görme, halsizlik, zayıflık ve vertigodur. Semptomlar doza ve zaman bağlı daha şiddetli hale gelir ve vücutta aşağı ilerler, hasta diyafram ve göğüs kaslarının felci nedeniyle nefes almakta zorlanarak ölüm meydana gelmektedir. Semptomların ortaya çıkması için birkaç nanogram toksin yeterlidir (Ingham, 1991). 0.1-1 µg botulinum nörotoksininin öldürücü olduğu bilinmektedir. LD_{50} değeri 1 ng/kg' dır (Halkman, 2019).

C. botulinum' un A-H arası harflendirmeyle kodlanmış 8 farklı toksin ürettiği bilinmektedir. Sekiz nörotoksini üreten bakteriler, birbirlerinden fizyolojik olarak ayrı olmakla birlikte DNA kökenini de kendi içlerinde yüksek düzeyde ilişkili olan 4 gruba (Grup I, Grup II, Grup III, Grup IV) ayrılmaktadır. Grup I ve II insanlarda botulizme sebep olurken Grup III ve IV insanlarda intoksikasyona sebep olmaz, bu bakımdan gıda güvenliği yönünden değerlendirilmemektedir (Tablo 2.13) (Halkman, 2019). Su ürünleri, bu ölümcül toksin üreten bakterinin bir soğuk toleranslı türü olan Tip E *Clostridium botulinum* sporları bakımından önemli bir risk teşkil etmektedir. E Tipi botulinum anaerobik spor oluşturan bir bakteri türü olup sedimentte ve balıkların bağırsak yolu gibi farklı ortamlardan köken almakta, 3.3 ila 45°C arasındaki sıcaklıklarda ise toksin oluşturabilmektedir (Banwart, 1989). Birçok buzdolabında sıcaklık 3.3°C'ın altında değildir, bu nedenle balık anaerobik koşullarda saklandığında *C. botulinum'*un çoğalması gıda güvenliğinde önemli bir risktir. E tipi *C. botulinum*' un neden olduğu botulizm salgınları tütsülenmiş balık, vakum ambalajlı balık ve konserve balık gibi anaerobik koşullar taşıyan birçok su ürünleri için tehlike olarak değerlendirilmektedir (Ingham, 1991).

Gıda kaynaklı botulizmde anaerobik koşulların, besinlerin saklama sıcaklığının ve bakteri üremesinin botulizm nörotoksini oluşumu için kritik özellikler olduğu bilinmektedir (Reis ve diğ. 2019). Anaerob olan *C. botulinum'* un endosporları, göllerde, nehirlerde ve kıyı deniz sularında, toprak ve dip tortuları dahil olmak üzere yaygın çevresel dağılımı söz konusudur. Proteolitik olmayan tip B, E ve F hariç, *C. botulinum* suşları genellikle mezofiliktir ve bu nedenle önemli büyüme ve toksin üretimi için 15°C' nin üzerindeki sıcaklıklara ihtiyaç duymaktadır. Botulizm nadir görülen ancak yüksek mortalite oranına sahip şiddetli bir intoksikasyondur (Fernandes, 2009).



Şekil 2.5. Bu çizim, daha önce Clostridium botulinum bakterisi olarak bilinen çok sayıda Gram-pozitif Clostridium botulinum ve bakteriyel endosporların varlığını ortaya koyan centiyan menekşesi lekeli bir kültür örneğinin fotomikrografik bir görünümünü göstermektedir (CDC, 1979).

Tablo 2.13. *C. botulinum* grupları ve özellikleri (Halkman, 2019)

***C. botulinum* Özellikleri**	**Grup I**	**Grup II**	**Grup III**	**Grup IV**
Nörotoksin tipi	A, B, F, H	B, E, F	C, D	G
Minimum gelişme °C	12	3	15	
Optimum gelişme °C	37	30	40	37
Minimum gelişme pH	4.6	5		
NaCI inhibisyonu (%)	10	5		
Minimum a_w	0.94	0.97		
D_{100} (spor)	25	<0.1	0.1-0.9	0.8-1.2
D_{121} (spor)	0.1-0.21	<0.001		

Su ürünlerinde *C. botulinum* 'un kontrolü, sporların inaktivasyonu veya büyümenin inhibisyonu ile sağlanabilmektedir. *C. botulinum*'a ilişkin güvenli gıda sağlanması için aşağıdaki yönergelerin uygulanması önerilmektedir (Huss ve diğ. Assessment and management of seafood safety and quality, 2004);

- Her zaman <3.3°C' de saklama
- 10 dakika boyunca 90°C'lik bir ısıl işlem ve soğuk depolama (<10°C)
- Soğutulmuş depolama (<10°C) ile gıda genelinde pH ≤5.0
- Soğukta saklama (<10°C) ile birlikte gıda boyunca su üzerinde tuz konsantrasyonu ≥%3.5 veya aw ≤0.97

Staphylococcus aureus

Çiğ deniz ürünlerinde bir sorun olarak görülmese de *Staphylococcus aureus,* gıda zehirlenmesi için temel bir etken olup, gram pozitif ve katalaz pozitif, fakültatif anaerobik yuvarlak formlu bir bakteridir (NACMCF, 2008). Bu bakteri tuza toleranslıdır ve diğer bakterilerin çoğalamadığı tuzlu yiyeceklerde bile çoğalabilmektedir (% ≤15). *S. aureus* salgınları gıdalarla **stafilokokal enterotoksin** (SEs) tüketimiyle oluşmaktadır. Stafilokok zehirlenmesinin belirtileri kusma, ishal ve karın ağrısıdır. Stafilokokal enterotoksinler, ısıl stabiliteleri nedeniyle ısıl işlem uygulanmış gıdalarda da bulunabilmektedir. Bu nedenle, stafilokoka dayalı gıda zehirlenmesini önlemek için *S. aureus*' un büyümesini inhibe etmek önemlidir. *S. aureus* insan derisinde de bulunabilen bir bakteridir (Bari & Ukuku, 2018). Büyüme inhibasyonuna yönelik ısıl işlem direnci düşüktür. *S. aureus* enterotoksinlerinin inaktivasyonuna yönelik ısıl işlem ise 100°C' de 1-3 saat ya da 120°C' da 10-40 dakikadır. Dünya çapında en yaygın gastroenteritislerden bir tanesi de *S. aureus'un* yapmış olduğu intoksikasyondur. Bu intoksikasyonun yaygınlığı ise ülkeden ülkeye değişmekle birlikte %15-40 olduğu tahmin edilmektedir (Halkman, 2019).

S. aureus serolojik olarak SE_A, SE_B, SE_C, SE_D, SE_E olarak isimlendirilen beş temel tip toksin oluşturabilmektedir. Bu enterotoksinlerden SE_A ve SE_D yaygın olarak stafilokokal gıda zehirlenmelerinden sorumlu tipler olup, SE_A ise stafilokokal gıda zehirlenmelerinin en sık rastlananıdır. Toksinler, gıdalardaki *S. aureus'un* gelişimi sırasında sentezlenir. SE_A ve SE_D logaritmik faz sırasında üretilmektedir. Toksin üretimi ortam pH' ı, su aktivitesi (a_w), bakterinin gelişim evreleri gibi çeşitli faktörlere bağlıdır (Tablo 2.14) (Çakıcı ve diğ. 2015). Günümüzde ise bilinen toksinlere ek SE_F, SE_G, SE_H, SE_I, SE_J, SE_K, SE_L, SE_M, SE_N, SE_O, SE_P, SE_Q, SE_R, SE_U, SE_S ve SE_T tipleri de belirlenerek isimlendirilmiştir (Sağlam & Şeker, 2016).

Enterotoksijenik *S. aureus* suşlarının besin maddesinde gram başına 10^5 veya daha fazla koloni oluşturması zehirlenme yönünden toksin oluşturması için yeterli görülmektedir. İntoksikasyonun klinik belirtiler için gıda da en az 100 ng/100g stafilokokal enterotoksin doz mevcudiyeti bulunması gereklidir (Çakıcı ve diğ. 2015). Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliğine göre "Tüketime hazır her türlü et ve sebze yemeği vb." lerinde 25 g hiç *S. aureus* (n=5) bulunmamalıdır (Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2011).

S. aureus insanların ve hayvanların doğal habitatında bulunmaktadır. Tüketime hazır ürünlere, hijyenik olmayan çalışma şartlarına (kişilerin doğrudan teması, solunum yoluyla, öksürme veya hapşırmayla) bağlı kontaminasyon yoluyla (özellikle bu kontaminasyonlar ısıl işlem sonrası) bulaşmakta ve özellikle aşağıda belirtilen gıda grupları tüketiciler için tehlike oluşturabilmektedir (Halkman, 2019);

- **Balık ve kabuklu su ürünleri**
- Et ürünleri, Etli yemekler, Jambon, sosis ve bunların yemekleri
- Süt ürünleri
- Pastacılık ürünleri, Tatlılar

Tablo 2.14. *S. aureus* gelişim ve toksin oluşturma faktörleri (Çakıcı ve diğ. 2015)

Faktör	***S. aureus* gelişimi**		**Enterotoksin oluşumu**		**Etkilenen Enterotoksinler**
	Optimum	**Spektrum**	**Optimum**	**Spektrum**	
Sıcaklık	35-41°C	6-48°C	34-40°C	10-46°C	SE_A, SE_B, SE_C, SE_D
pH	6-7	4-10	7-8	5-9,6	SE_A, SE_B, SE_C, SE_D, SE_E
a_w	0.99	0.83 ≥ 0,99	0.99	0.86 ≥ 0.99	SE_A, SE_B, SE_C, SE_H
NaCl	%0	%0-20	% 0	%12	SE_A, SE_B, SE_C
Oksijen	Aerobik	Aerobik-Anaerobik	Aerobik	Aerobik-Anaerobik	SE_A, SE_B, SE_C, SE_H

Fotoğraf A. S. aureus subsp. yi gösteren (%5 koyun kanlı) Columbia kanlı agar plağı. 24 saatlik inkübasyondan sonra S. aureus. Normal renkte, bir hemoliz bölgesi ile çevrili sarımsı bir renk tonuna sahip grimsi kolonilerdir. Kanlı agarda geniş bir beta (tam) hemoliz bölgesi olan. Fotoğraf B. S. aureus. Agardaki eritrositlerin temizlenmesi, kolonilerin çıkarıldığı noktalarda kolayca okunabilen plakanın altındaki "beta-hemoliz" metni ile gösterilir. Fotoğraf C. Biyolojik zarlarda gözenekler oluşturan protein toksinleri, Gram-pozitif ve Gram-negatif bakterilerde sıklıkla görülür. Eritrositler sıklıkla bu toksinlerin aktivitelerini test etmek için kullanıldığından, bunlardan bazılarına hemolizinler de denir. Bazı S. aureus türleri birden fazla hemolizin üretebilir. Burada çeşitli hemolizinlerin koyun eritrositleri üzerindeki etkisini görebilirsiniz. Koloniler, koyun eritrositlerinin tamamlanmamış lizizinin üç bölgesinde devam eden tam hemoliz bölgesi ile çevrilidir. Fotoğraf D. Triptik soya agar (TSA) üzerinde altı S. aureus suşunda pigment üretimi. Agar plakasına 20 µL bakteri süspansiyonu aşılandı. S. aureus, beyazdan koyu sarıya değişen pigmentler üreten birçok ortam türünde kolayca büyür. Birçok koloni, yalnızca uzun süreli inkübasyon sonrasında pigment geliştirir. Fotoğraf E. Triptik soya agarı üzerinde iki S. aureus suşunun kolonileri. Bu iki suş, koloni boyutu ve pigment üretimi bakımından farklılık gösterir. Her iki koloni tipi de düşük dışbükey, pürüzsüz ve opaktır. Fotoğraf F. S. aureus' un triptik soya agarı üzerindeki kolonileri, geçen ışıkla görülüyor. Ayırt edici altın pigmentin koloninin merkezinde en yoğun olduğuna dikkat edin. S. aureus' un sarı pigmenti, stafiloksantin, organizmanın konağın bağışıklık sisteminden kaçmasına yardımcı olan bir virülans faktörü gibi davranır. Fotoğraf G. Columbia koyun kanlı agarda gelişen S. aureus ve S. epidermidis kolonilerinin karşılaştırılması. S. aureus kolonileri sarı pigmentlidir ve bir beta hemoliz bölgesi ile çevrilidir. S. epidermidis kolonileri sarı pigmentasyon içermez ve hemolitik değildir. Fotoğraf H. Birçok klinik S. aureus izolatı, yetiştirme besiyerinde göze çarpan sarı pigmentasyon olmadan gelişir. Koloniler beyazımsı görünür, ancak koyun kanlı agarda gelişen diğer çoğu koagülaz negatif stafilokoktan farklı olarak, az çok derin bir beta hemoliz bölgesi ile çevrilidirler. Fotoğraf I. S. aureus, gram pozitif bir bakteridir. Resimde, yaklaşık 1 µm çapında, spor yapmayan, tek kok, çift, tetrad veya kısa zincirler halinde meydana gelen ve karakteristik olarak birden fazla düzlemde bölünerek düzensiz kümeler oluşturan Gram-pozitif küresel hücreleri salkım üzüm şeklinde görülür. Genç kültürlerde gram boyama yapılmalıdır, çünkü çok yaşlı hücreler kristal viyole tutma yeteneklerini kaybedebilir ve gram-değişken veya gram-negatif görünebilir. Fotoğraf J. S. aureus katalaz pozitif bir bakteridir (sarı pigmentli koloniler), yani hidrojen peroksidi su ve oksijene indirgeyerek %3 hidrojen peroksit solüsyonunda kabarcıklar oluşturabilir. Örneğin enterokoklar ve streptokoklar katalaz negatiftir. Kabarcık oluşumunun olmadığı pigmentsiz grimsi E. faecalis kolonisi, doğrudan agar plakası üzerinde gerçekleştirilen negatif bir katalaz testini göstermektedir.

Fotoğraf 2.14. Farklı agar ortamlarında S. aureus görünümü, pigment üretimi, hemoliz ve koloni morfolojisi (Fotoğraflar: Hans N.) (Wikimedia Commons, 2019).

Bacillus cereus

Bacillus cereus gram pozitif, aerob-fakültatif anaerob, çubuk şekilli bir bakteridir. Psikrotrof özellikleriyle gelişme gösterdiği sıcaklıklar 4-50°C ve pH 4.9-9.3 dır. Suşlarının çoğu %7.5 tuzda gelişim gösterebilmektedir. *B. cereus* ishale neden olan (enfeksiyon) ve kusturucu (intoksikasyon) olmak üzere iki farklı tip toksin üretmektedir. Literatür verilerine göre değişmekle birlikte genelde 10^3-10^7 KOB aralığında canlı bakterinin tüketilmesi enfeksiyon semptomların ortaya çıkması için yeterli görülmektedir. Enfeksiyon etmeni, protein bazlı bir toksindir. İntoksikasyon etmeni ise peptit yapıda olup diğer iki enfeksiyondan ayrımı ise, kusma ile kendini belli etmesidir (Halkman, 2019).

B. cereus, toprakta, sebzelerde ve birçok çiğ ve işlenmiş gıdada yaygın olarak bulunan bir bakteridir. Sporları pişirme sonrasında hala canlı kalabilir ve ürün hemen soğutulmazsa hızla çoğalabilir. Salgınlar genellikle uzun süreler boyunca uygun olmayan sıcaklıklarda bırakılan gıdalarla ilişkilidir. Bu mikroorganizmaların su ürünlerinde varlığı hakkında sadece birkaç hastalık raporu yayınlanmıştır (Iwamoto ve diğ. 2010). 2007'de *B. cereus*' un neden olduğu (İspanya) hazır ton balığı tüketimi sonucunda birkaç kusma olayının bildirildiği bir salgın gerçekleşmiştir. Mikrobiyolojik analizler, hazır su ürünleri tüketim ürünlerinde yüksek seviyelerde *B. cereus* saptandığını ve uygunsuz pişirme prosedürlerine bağlı geliştiğini göstermiştir (Doménech-Sánchez ve diğ. 2011).



Fotoğraf 2.15. Columbia kanlı agarda *B. cereus* kolonileri (Wikimedia Commons, 2018)

2.2.1.2. Alg Toksinleri (Fitotoksinler)

Kabuklu deniz canlılarından özellikle midye ve bunların ürünlerinin tüketimi sonucu alg toksinleri ile ilişkili zehirlenmelere dünya genelinde sıklıkla rastlanmaktadır. Midyelerden kaynaklanan zehirlenmelerin doğrudan toksin akümülasyonu ile bazı alg türlerindeki toksin oluşumu arasında bir ilişki bulunmaktadır. Bahar ve yaz aylarında yaşanan yüksek sıcaklıklar sebebiyle denizel ortamdaki besin yoğunluğuna bağlı "**red tide**" örneğinde olduğu gibi aşırı alg çoğalmalarına (alg patlaması) dünya genelinde sıklıkla rastlanmaktadır. "Red tide", dünyada meydana gelen bir dizi farklı mikroskobik alg patlaması için kullanılan genel bir konuşma dilidir. Daha bilimsel olarak kabul edilen terim ise, "**zararlı alg patlaması**" veya "**HAB** (H_{armful} A_{lgal} B_{loom})" dır. Alg patlamalarına günümüzde toksik olduğu kadar toksik olmayan tek hücreli mikro algler nezdinde daha sık rastlanmaktadır. Dünya genelinde algal patlamaların sıklığındaki artış ise iklim değişiklikleri ve ötrofikasyonla doğrudan ilişkilidir. Bu anlamda algal toksin üreten alglerin aşırı çoğaldığı dönemlerde kabuklu deniz canlılarının tüketimine bağlı zehirlenmeler ile daha sıklıkla karşılaşılabilmektedir. Yine bilinen 5000 fitoplankton türünden yaklaşık %2' si toksin üretmektedir (Erkan, Alg toksinleri, 2001; Watkins ve diğ. 2008).

Toksik mikro alglerin bazıları yaşam döngüleri içinde sedimentte kist olarak zorunlu bir faz dönemi geçirmekte ve serbest planktonlara nazaran daha toksik olabilmektedir. Toksik hücrelerin veya absorbe toksinlerin dibe doğru çökelmesi diğer organizmalar tarafından bunların tüketilmesine (başta kabuklu organizmaların filtrasyonu ile) ve besin zincirine dahil olmasına sebep olmaktadır. Özellikle sediment bölgesinde beslenme sürecinde devamlı bu organizmaların filtrasyonu kabuklulardaki yüksek toksin birikimlerinin temel sebebini oluşturmaktadır. *Alexandrium* spp.'nin vejetatif hücrelerinden kistleri 10 kat daha toksik yapıdadır. Sediment yapı beslenme sürecinde kabuklu canlılar tarafından devamlı filtre edilirse bu anlamda yüksek seviyede toksinlere maruz kalabilmektedir (Aydın & Uzar, 2009).

Alglerin toksinlerini kopepodlara aktarabilmeleri için iki ana yöntem vardır: çevre ortamına aktif salım yoluyla veya hücre hasarı sırasında pasif salım yoluyla (toksinlerin kopepod tarafından dahili olarak metabolize olması için) ya da hücre ölümü (olumsuz koşullara karşı toksinler ortama salınır). Toksinlerin aktif salımı, özellikle üretim sürekli olduğunda enerjisel olarak daha maliyetli olacaktır, ancak toksini üreten bireysel hücreyi koruyacaktır. Ölüm sırasında salınan toksinlerin, bireye hiçbir avantaj sağlamasa da koşulların elverişsiz olduğunu diğer hücrelere işaret ederek bu sayede popülasyon genomunun hayatta kalmasını arttırabileceği varsayılmaktadır (Cook ve diğ. 2010).

Toksik mikro algal organizmalara içme suyu kaynaklarında da yaygın rastlanmaktadır. Bunların toksinlerinin içme sularındaki düzeyleri, kabuklu su ürünlerindeki filtrasyona bağlı birikimden daha düşüktür (Küçükgünay & Bilgili, 2010).

Zararlı alg patlamalarının etkileri, deniz organizmalarının ölümüyle sonuçlanan zehirlenme olaylarına sebep olduğu gibi gıda zincirinde birikim yoluyla toksinin tüketiciye ulaşması zehirlenmelere neden olabilmektedir. Tüketicilerin zehirlenme potansiyeli nedeniyle, dinoflagellatların çoğalma eğilimleri/patlamaların izlenmesi çoğu ülkede zorunlu hale gelmiştir. Dinoflagellatlar HAB' ların başlıca nedensel ajanlarıdır. Birçok Dinoflagellat türlerinin çeşitli toksinler üretebildiği bilinmektedir. Bu toksinler düşük dozda bile aşırı derecede tehlikelidir (Lorenzoni ve diğ. 2013).

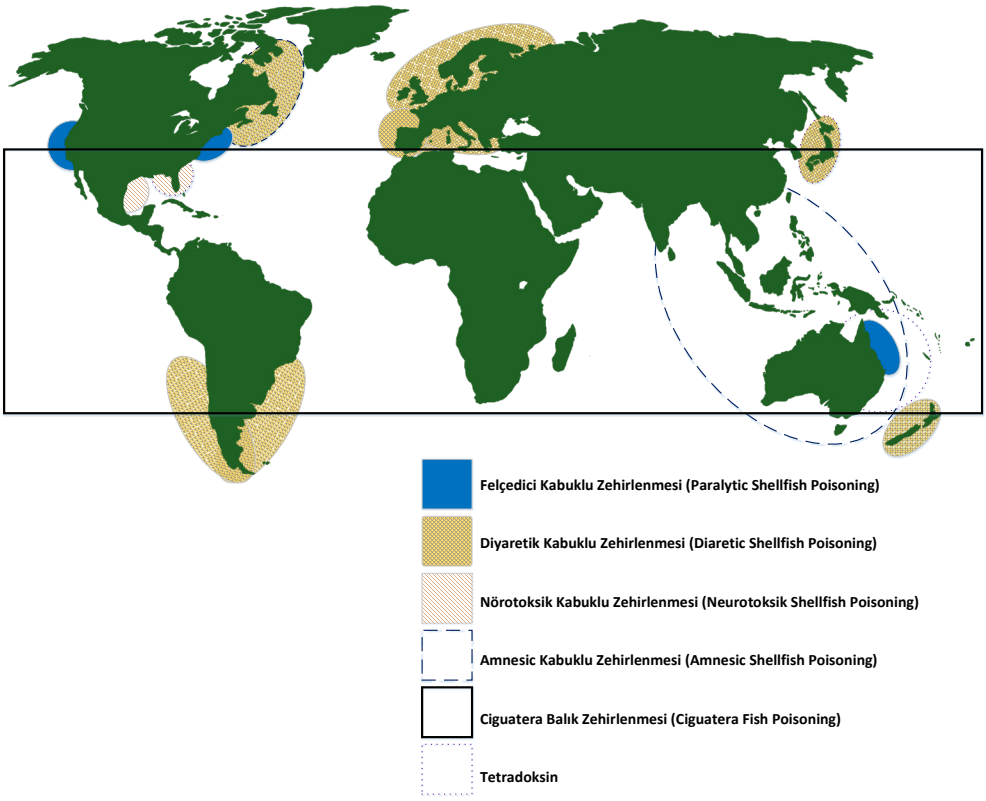
Toksik alg patlamalarında artış olduğuna dair kanıtlara yönelik gözlemlenen temel gelişmeler aşağıdaki gibidir (Özden ve diğ. 2006);

- Zehirli alg türleri sayısında artış
- Zehirli alg patlamalarının sıklığında artış
- Etkilenen kıyı kesimlerinde artış
- Balık ve midye ölümlerinde artış

Alg toksinleri çok farklı kimyasal kompleks yapılardan (pürin, polyeter ve aminoasitten) oluşurken, organik protein olmayan toksin grubuna girmektedir. Balık ve memeliler gibi yüksek organizmalar için alg toksinleri çok zehirlidir. Deniz kuşları, deniz memelileri ve balıklarda kitlesel ölümlere sebep olmaktadır. Alg toksinleri yedi önemli forma ayrılmaktadır (Erkan, Alg toksinleri, 2001; Aydın & Uzar, 2009);

1. **Paralitik (Felç edici) Kabuklu Zehirlenmesi ($P_{aralytic}S_{hellfish}P_{oisoning}$)**
2. **Diyaretik (İshal yapan) Kabuklu Zehirlenmesi ($D_{iaretic}$ $S_{hellfish}P_{oisoning}$)**
3. **Nörotoksik Kabuklu Zehirlenmesi ($N_{eurotoksik}S_{hellfish}P_{oisoning}$)**
4. **Amnezik (Hafıza kaybı yapan) Kabuklu Zehirlenmesi ($A_{mnesic}S_{hellfish}P_{oisoning}$)**
5. **Azaspirasid Kabuklu Zehirlenmesi ($AZ_{aspirasid}P_{oisoning}$)**
6. **Ciguatera Balık Zehirlenmesi ($C_{iguatera}F_{ish}P_{oisoning}$)**
7. **Siyanotoksin (Cyanobakterial)**

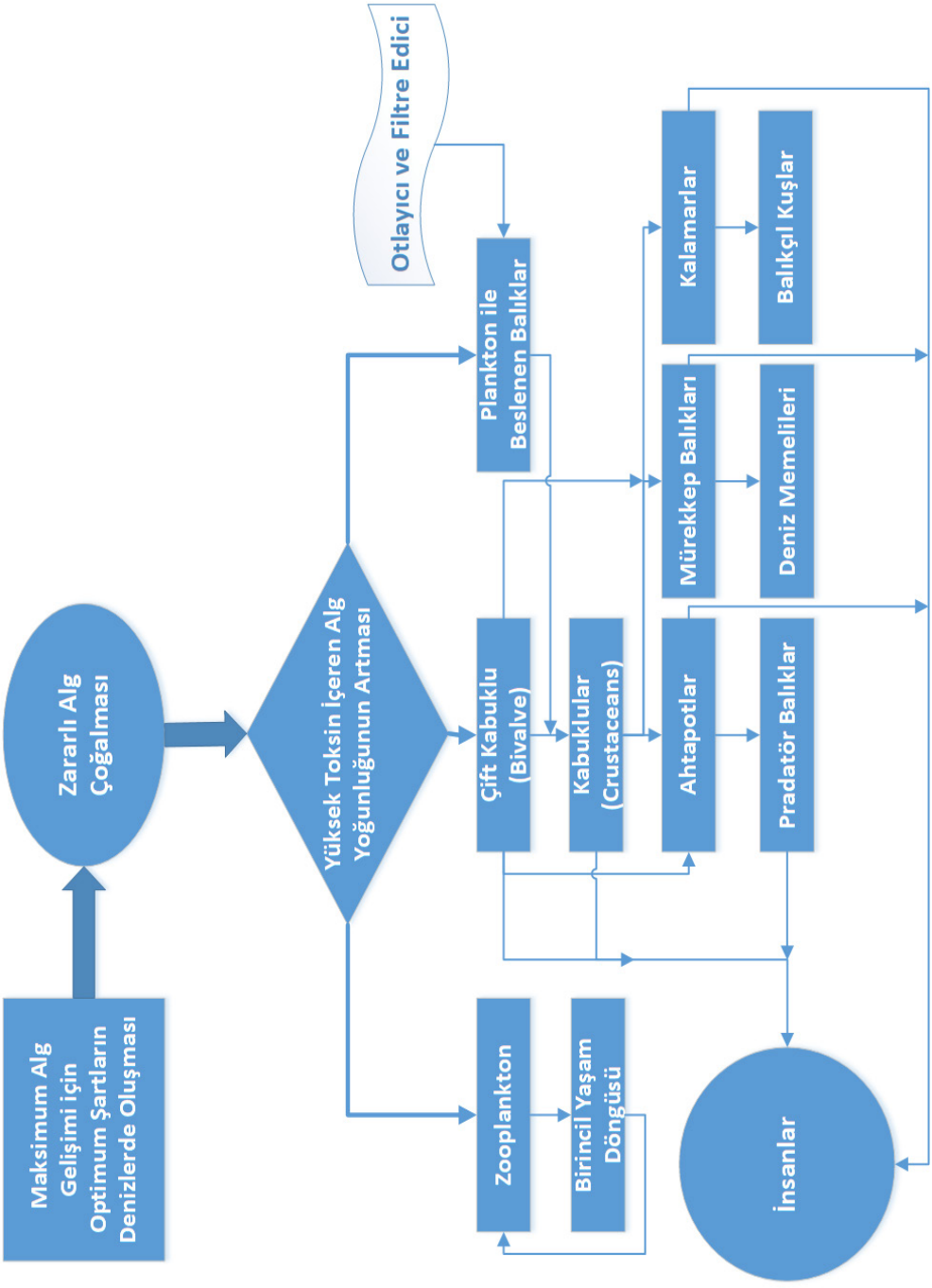
Bu bileşikler, genellikle besin zincirinde doğal olarak kontamine olmuş maddelerin diyetle alıma bağlı canlılarda intoksikasyon etkenleri olması, hatta ölüm olaylarının doğrudan nedenleri olan nörotoksinlerdir.



Şekil 2.6. Algal toksinlerin dünya üzerinde görülme bölgeleri (Barbier & Diaz 2003' den uyarlanmıştır).

Tablo 2.15. Su ürünlerinin neden olduğu toksin zehirlenmeleri (Erkan, Alg toksinleri, 2001; Watkins ve diğerleri, 2008)

	PSP	DSP	NSP	ASP	AZP	CFP
Toksin oluşturan algler	*Alexandrium* spp. *Gymnodinium caenatum, Pyrodinium bahamense,* Kırmızı algler	*Dinophysis fortii, Dinophysis acuminata, Dinophysis acuta, Dinophysis mitra, Dinophysis sacculu, Prorocentrum lima*	*Karenia brevis* (eski adıyla *Gymnodinium breve* ve *Ptychodiscus brevis*)	*Nitzschia pungens, Nitzschia australis*	*Protoperidinium crassipes*	*Gambierdiscus toxicus*
Toksinler	Saksitoksin Neosaksitoksin Gonyatoksin (1-6) Diğer saksitoksin derivatları (12-16)	Okadaik asit, Dinofisis toksin (1-3), Pektenotoksin (1-6), Yessotoksin	Breve toksin	Domoik asit	Azaspirasit (AZA) (1-32)	Ciguatoksin, Maitotoksin, Okadaasit
Kimyasal yapı	Pürin derivatı	Polyeter toksin	Polyeter toksin	Aminoasit derivatları	Polyeter toksin	Polyetertoksin
Etki prensibi	Sodyum kanallarının bloke edilmesi	Protein fosfatazlarının engellenmesi	Sodyum kanallarının aktivasyonu			Sodyum kanallarının aktivasyonu
Semptomlar	Sinir sistemi blokajı ve ağır felç oluşumu	Fenalaşma, mide bulantısı, ishal ve mide krampları	Mide bulantısı, İshal	Bilinç kaybı, bulantı, ishal	Mide bulantısı, kusma, ishal ve mide krampları	Yüksek ateş veya aşırı üşüme, bulantı, kas ağrısı
Kontamine olan gıdalar	Midye, Deniz tarağı, İstiridye	Midye Deniz tarağı İstiridye	İstiridye Midye	Deniz tarağı Midye	Kabuklu su ürünleri	Balık



Şekil 2.7. Toksin içeren alglerin besin zincirinde döngüsü (Lopes, Lopes, Costa, & Rosa, 2013 den uyarlanmıştır) (Lopes ve diğ. 2013).

Paralitik (Felç edici) Kabuklu Zehirlenmesi (PSP)

PSP (P$_{\text{aralytic}}$ **S**$_{\text{hellfish}}$ **P**$_{\text{oisoning}}$**)** *Gonyaulax tamarensis* ve *Gonyaulax catenella* gibi dinoflagellatlar ile mavi kırmızı algler tarafından üretildiği bilinmektedir. *Alexandrium, Gymnodinium* ve *Pyrodinium* türü dinoflagellatlar da PSP toksinini oluşturmaktadır. Ayrıca *Jania* cinsi kırmızı alglerde ve *Aphanizomenon, Anabaena, Lyngbya* ve *Oscillatoria* türlerinin dâhil olduğu tatlı su formu *Cyanobacteria* sınıfı alglerin de bu toksini oluşturabildiği tespit edilmiştir (Özden ve diğ. 2006).

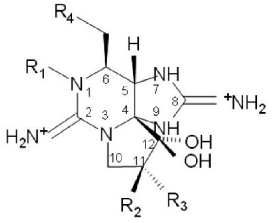
İklim değişikliğiyle suların yüzey sıcaklığının yükselmesi ve suyun katmanlarının artması ile zararlı alglerin gelişimleri artmaktadır. Deniz seviyesindeki artış, artan yağışlar ve ani seller de iklim değişikliğinin bir sonucu olup, zararlı alg populasyonunda artışa neden olmaktadır. Yoğun yağışa bağlı olarak seller ve artan nehir akışları ile topraktan gelen azot ve fosfor konsantrasyonlarındaki ciddi artışlar fitoplanktonların gelişimini teşvik etmektedir.

PSP dünya çapında dağılımı yaygın bir su ürünleri toksisite problemidir ve tipik olarak bu zehirlenme, kontamine yumuşakça, çift kabuklu ve diğer kabuklu deniz canlılarının tüketiminden kaynaklanmaktadır. Deniz ürünleri ile ilgili benzer bir sendrom, aynı toksin ailesi ile kontamine olan balon balığını da içerebilmektedir. Balon balığı kaynaklı tetrodotoksin balık zehirlenmelerinin neden olduğu intoksikasyonlardan ayırt etmek için, bu gıda zehirlenmesi sendromu literatürde saksitoksin zehirlenmesi olarak nitelenmektedir. Kabuklularda ise PSP toksinleri konusunda belgelenmiş birkaç vaka vardır. Su ürünleri gıda güvenliği açısından en önemli vektörler ise eklem bacaklılardan yengeçler ve ıstakozlardır (Etheridge, 2010).

PSP toksininin 20'den fazla derivatı tespit edilmiş olup bunlar dört grup altında toplanmaktadır (Erkan, Alg toksinleri, 2001; Costa ve diğ. 2015);

- **Karbamat**
- **Sulfokarbamil**
- **Dekarbamil**
- **Benzoat**

PSP toksinlerinin yapıları, iki kalıcı guanidinyum fonksiyonu olan bir tetrahidropürin iskeletine dayanmaktadır (Oshima, 1995). Temel PSP toksin yapısı çevresinde dört farklı pozisyondaki ikameler farklı PSP toksin derivatlarını kategorize etmektedir (Şekil 2.8). PSP olarak Saksitoksin (STX), Gonyautoksin (GTX) ve Neosaxitoksin en toksik grup olarak bilinmekte ve "Karbamat" grubu içinde yer almaktadır. Saksitoksin PSP nin ana toksini olarak nitelendirilmektedir. Bu toksin aynı zamanda tetratoksin benzeri yapıya sahip olup daha toksik niteliktedir (Erkan, Alg toksinleri, 2001; Cook ve diğ. 2010; Costa ve diğ. 2015).



R_1	R_2	R_3	R_4 Karbamat	Sulfokarbamil	Dekarbamil	Benzoat
H	H	H	STX	GTX5	dcSTX	GC3
H	H	OSO_3^-	GTX2	C1	dcGTX2	GC1
H	OSO_3^-	H	GTX3	C2	dcGTX3	GC2
OH	H	H	Neo	GTX6	dcNeo	GC6
OH	H	OSO_3^-	GTX1	C3	dcGTX1	GC4
OH	OSO_3^-	H	GTX4	C4	dcGTX4	GC5

Şekil 2.8. PSP toksininin yapısı ve derivatları (Costa ve diğ. 2015)

Suda çözülebilen PSP toksini, asidik sularda çok stabildir ve ısı etkisiyle parçalanmazken, gıdalar için uygulanan hiçbir işleme prosesinden de etkilenmemektedir. PSP toksini midye etinde enzimatik dönüşüme uğraya bilmekte, örneğin nispeten daha zayıf ve stabil olmayan N-sulfocarbomoyl toksini daha toksik olan decarbomoyl toksinine dönüşmektedir. PSP' nin toksik etkisi sinir membranlarındaki sodyum iyon kanallarının bloke edilmesi ile sinir sisteminin felç (çalışamaz) olmasına dayanmaktadır. Toksinin sindirim sistemindeki emilimi çok hızlı olup toksinle kontamine olan kabuklu su ürünlerinin tüketiminden sonraki 30 dakika ila 3 saat içinde ağız çevresinde uyuşukluk, baygınlık, mide bulantısı gibi ilk semptomlar (klinik belirtiler) belirti olarak görülmektedir. Daha ağır durumlarda ekstremitelerde hissizlik, hafif felç, solunum yetmezliği ve ölüm ile karşılaşılmaktadır. İlk 24 saat içinde iyileşme görülmezse sonuç ölüm olup, genelde ise vakaların %20 si ölümle sonuçlanmaktadır. Ağırlıklı PSP toksini kuzey ılıman iklim kuşağında daha yoğun görülmekte olup, güney yarım kürede PSP toksini üreten algler tropik ve subtropik bölgelerde yayılmıştır (Özden ve diğ. 2006; Etheridge, 2010).

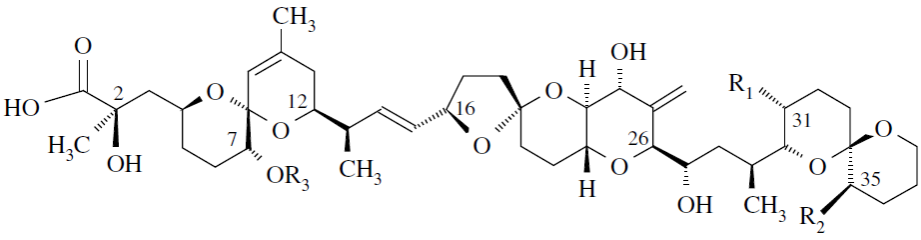
Hastalık ve ölümle sonuçlanan gerçek toksisite seviyeleri oldukça değişkenlik göstermektedir, bu değişkenlik bireysel hassasiyetlerdeki farklılıklara bağlı gibi görünmekte, çocuklar ve yetişkinler arasındaki ölüm oranlarında belirgin farklılıklar vardır. Örneğin, Avustralya Yeni Zelanda Gıda Kurumu, kişi başına 120 µg STX eşdeğeri kadar düşük bir konsantrasyonun insanlarda semptomları açığa vurduğunu, kişi başına 400 ila 10.000 µg STX eşdeğeri arasındaki değerlerin ölümlerden sorumlu olduğunu belgelemiştir (Etheridge, 2010).

Su ürünlerindeki PSP toksini yüklerinin hasat ve işleme süreçleriyle azaltılması mümkün olmadığından, halk sağlığını korumak için başka önemli izleme ve yönetim stratejileri uygulanmalıdır. ABD ve Avrupa birliğince PSP toksini ile kontaminasyon için belirlenen sınır değer 800 µg/kg (80 µg/100g) dır (Etheridge, 2010).

Tablo 2.16. PSP toksini rastlanan bazı türler (FAO, 2004)
Soletellina diphos (syn. *Hiatula di*phos), *Saxidomus giganteus*, *Tapes* (Amygdala) *japonica*, *Protothaca staminea*, *Siliqua patula*, *Mya aren*aria, *Spisula solidai*, *Spisula solidissima*, *Paphies subtriangulata*, *Venerupis rhomboides*, *Ensis siliqua*, *Donax trunculus*, *Scrobicularia plana*, *Chamalea striatula*, *Venerupis pullastra* (syn. *Venerupis rhomboides*), *Amphichaena kindermani*, *Arctica islandica*, *Mercenaria mercenaria*, *Mesodesma arctatum*
Mytilus edulis, *Mytilus californianus*, *Mytilus chilensis*, *Pinna bicolor*
Arctica islandica, *Aulocomya ater*, *Crassostrea gigas*, *Ostrea edulis*
Cerastoderma edule, *Acantocardia tuberculatum*, *Clinocardium nutalli*
Haliotis tuberculata, *Niotha clathrata*, *Zeux scalaris*, *Concholepas concholepas*, *Argobuccinum ranelliformes*
Placopecten magallanicus, *Patinopecten yessoensis*, *Argopecten irradians*, *Venus verricosa*, *Callista chione*, *Chlamys farreri*, *Pecten albicans*
Hinnites giganteus, *Buccinum* spp., *Colus* spp., *Thais* spp.
Homarus americanus

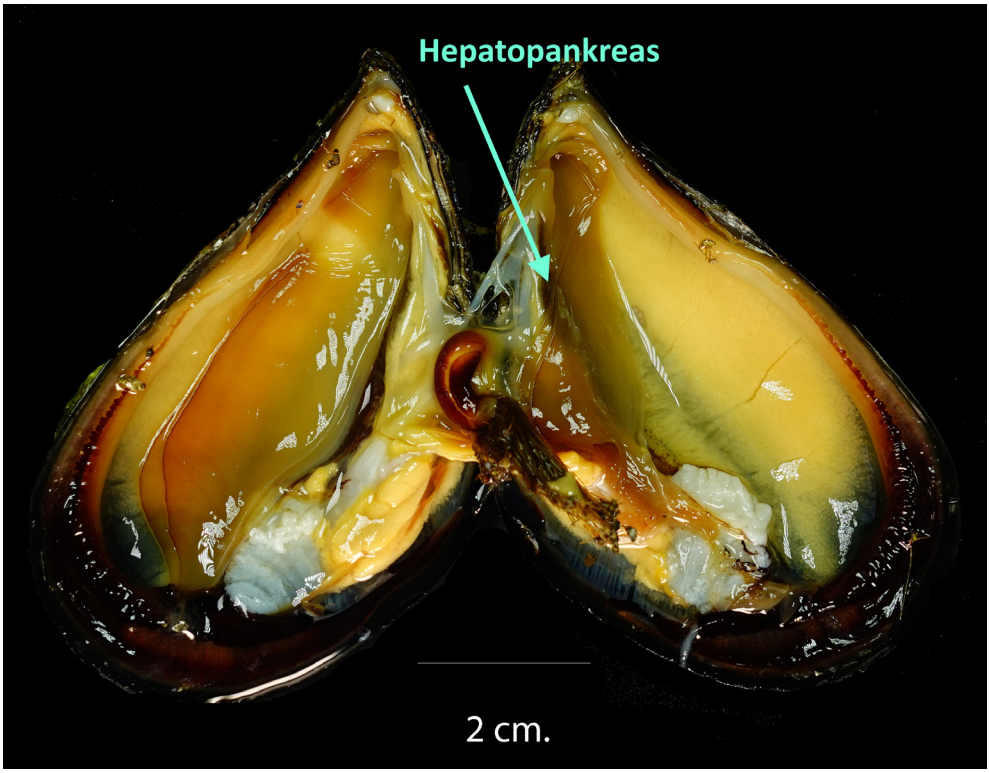
Diyaretik (İshal Yapan) Kabuklu Zehirlenmesi (DSP)

Diyaretik kabuklu zehirlenmesi (**D**$_{\text{iarrhetic}}$ **S**$_{\text{hellfish}}$ **P**$_{\text{oisoning}}$) ilk olarak 1960'larda Hollanda' da midye tüketimine bağlı bir gastroenterit vakası olarak tespit edildiğinde kaydedilmiştir. Japonya'da benzer bir olay 1970'lerin sonunda meydana gelmiştir (Salas & Clark, 2019). HAB biyotoksinleri Avrupa kıyılarında oldukça yaygındır. Bunlardan en önemlilerinden biri de DSP toksinleri olup, kontamine kabuklu deniz canlıları insan tüketimine bağlı gastrointestinal sistemdeki değişikliklerden sorumludur. DSP zehirlenmesi okadaik asit (OA) ve derivatları Dinophysistoksin-1 (DTX1), Dinophysistoksin-2 (DTX2), Dinophysistoksin-3 (DTX3) ve bunların açil türevlerini içeren Okadaik Asit (OA) grubunun toksinlerinin neden olduğu küresel bir hastalıktır. OA, ilk olarak deniz süngeri *Halichondria okadai*' den izole edilen ve genellikle *Dinophysis* ve *Prorocentrum* cinslerinin dinoflagellatları tarafından üretilen polyeter tipi bir lipofilik özellikte sekonder metabolittir (Prego-Faraldo ve diğ. 2013). Diğer toksinleri arasında pektenotoksin (PTX) ve yessotoksin ve türevleri (YTX) bulunmaktadır. Bununla birlikte, bu toksinlerin gastro-bağırsak sistemi yerine sırasıyla karaciğer ve kalp üzerinde ana etkileri vardır. Ayrıca, bugüne kadar, PTX'ler ve YTX'ler ile kontamine kabuklu deniz canlılarının tüketiminden kaynaklanan hiçbir insan zehirlenmesi rapor edilmemiştir ve bu nedenle DSP toksinleri grubuna dahil edilmeye bilmektedir (van der Fels-Klerx ve diğ. 2012).



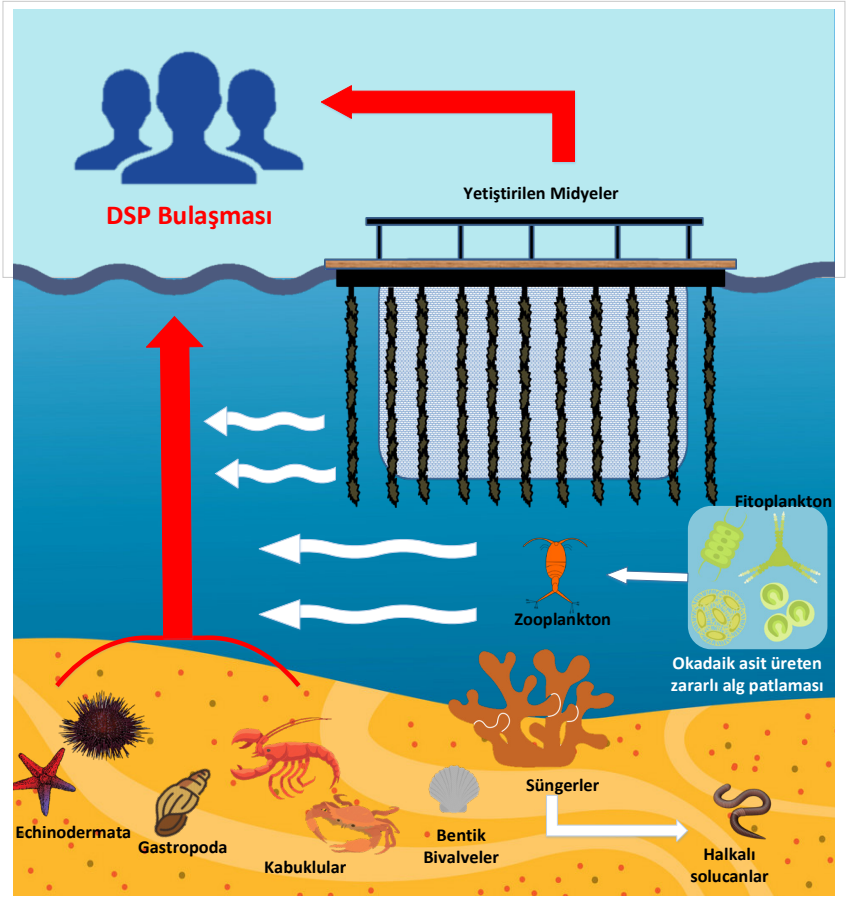
R_1	R_2	R_3	
CH_3	H	H	**Okadaik asit (OA)**
CH_3	CH_3	H	**Dinophysistoksin-1 (DTX1)**
H	CH_3	H	**Dinophysistoksin-2 (DTX2)**
H veya CH_3		Acyl	**Dinophysistoksin-3 (DTX3)**

Şekil 2.9. Okadaik asit (OA), dinophysistoksinleri (DTX) (Lee ve diğ. 2016; Arthur ve diğ. 2003).



Fotoğraf 2.16. Midyelerde hepatopankreasın konumu (Fotoğraf Doç. Dr. Bülent Topaloğlu).

Diyaretik kabuklu zehirlenmesi (DSP), filtrasyon ile okadaik asit (OA) veya ilgili dinophysis toksinini biriktiren çift kabuklu yumuşakçaların tüketiminden kaynaklanan akut bir gastrointestinal hastalıktır. DSP toksinleri, Dinophysis (*Dinophysis acuminata, D. caudata, D. fortii, D. mitra ve D. rotundata*) ve Prorocentrum (*Procentrum lima, P. elegans, P. hoffmannianum ve P. concavum*) cinsinden çeşitli deniz dinoflagellat türleri tarafından üretilmektedir. Deniz suyundaki 200 hücre/L konsantrasyonunda *D. fortii'nin bulunması* sonucu midyelerde birikim gösteren toksik madde insan tüketiminde zehirlenme belirtilerinin ortaya çıkması için yeterlidir. DSP toksini kabuklu su ürünlerinin sindirim sistemi içinde yer alan hepatopankreasta birikim göstermektedir. DSP bulantı, karın ağrısı, kusma, ishal, baş ağrısı, titreme ve ateş şeklinde semptomlar ile tanımlanmaktadır. Zehirlenme, kontamine gıdaların tüketiminden 0.5-4 saat sonrası ortaya çıkmakta ve semptomlar 72 saate kadar sürmektedir. Şimdiye kadar zehirlenme sonrası kalıcı olan işlev veya doku bozuklukları görülmemiştir (Lloyd ve diğ. 2013).



Şekil 2.10. DSP toksininin (Okadaik asit) denizel sistemde üretimi ve tüketiciye aktarımı (Prego-Faraldo ve diğ. 2013).

OA'nın su ürünleri besin zincirleri boyunca midye, istiridye, yengeç ve sünger gibi farklı organizmalar tarafından biriktirildiği bilinmektedir. Yırtıcılardaki bu toksinin biyolojik birikiminde, özellikle kabuklular, gastropodlar, deniz yıldızları veya deniz kestaneleriyle olan beslenme eğilimleri temel etken olarak görülmektedir. Yeşil yengeç (*Carcinus maenas*) ve kahverengi yengeç (*Cancer pagarus*) tüketiminden sonra Portekiz ve Norveç' te insanların OA derivatlarının neden olduğu gıda zehirlenme vakaları kayıtlara geçmiştir. Şaşırtıcı olmayan bir şekilde bu zehirlenmelerin aynı zamanda midyelerde yüksek seviyelerde OA rastlandığı dönemleri ile çakıştığı belirlenmiştir. Bu ve benzeri durumlar gıda endüstrisinde gıda güvenliğini arttırmak için kritik bir hedefi temsil eden, çift kabuklularda olduğu gibi insan tüketiminde yer alan yırtıcılarında (yengeç vb.) OA biyoakümülasyonu ve depürasyonu çalışmaları yapılmalıdır (Prego-Faraldo ve diğ. 2013).

Toksinin denizel sistemdeki üretimi ve tüketici ilişkisi Şekil 2.10.'da şematize edilmiştir. HAB süreçlerinde üretilen biyotoksin başlangıçta zooplankton, çift kabuklu ve diğer omurgasız kabuklular (açık dalgalı oklar) tarafından besin zinciri nezdinde artarak biriktirilmektedir. Çift kabuklar (hasat edilen veya bentik) ve yengeçler (daha az ölçüde), okadaik asidi tüketicilere (kırmızı oklar) aktarabilirken, bivalveler DSP zehirlenmesine neden olan en yaygın vektörlerdir (Prego-Faraldo ve diğ. 2013).

Sınır değer okadoik asit ve derivatları için 160 µg/kg midye eti olarak verilmekte, yessotoksin için 3.75 mg/kg midye etidir.

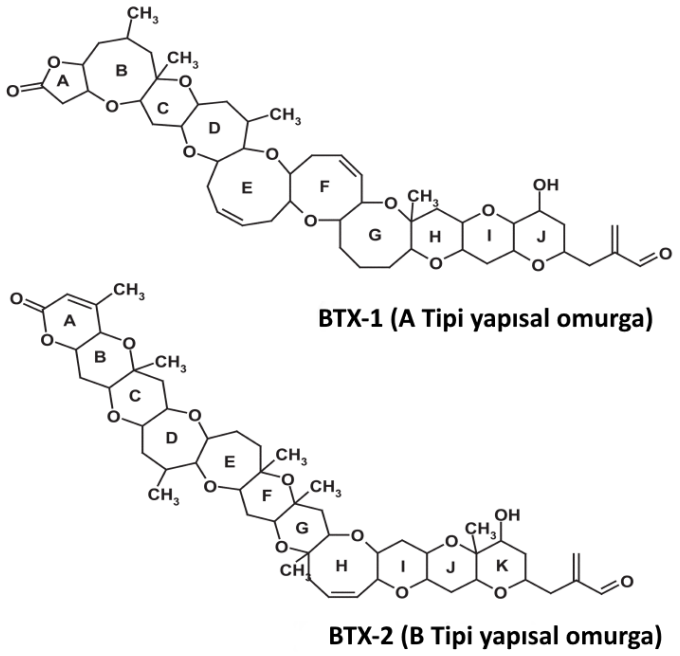
Nörotoksik Kabuklu Zehirlenmesi (NSP)

NSP ($\mathbf{N}_{\text{eurotoxic}}$ $\mathbf{S}_{\text{hellfish}}$ $\mathbf{P}_{\text{oisoning}}$**)** toksini breve toksinleri olarak da bilinmektedir. Brevetoksinler, öncelikle nörolojik ve gastrointestinal etkilere sahip bir grup toksindir. Halkalı polyeter grubu nörotoksinlerden olan breve toksinlerin tatsız, kokusuz, ısıya ve aside stabil bir yapısı vardır. Bu toksinler yağda çözünür ve doğada *Karenia brevis (*eski adıyla *Gymnodinium breve* ve *Ptychodiscus brevis)* türü dinoflagellatlar tarafından oluşturulmaktadır. Gastrointestinal ve nörolojik semptomlara olmakta, balıklar için çok zehirli olup toplu balık ölümlerinden sorumludur. Breve toksin daha çok Kuzey Amerika'nın güneydoğu bölgelerinde kuzey Akdeniz'de, İspanya'nın Atlantik okyanusu kıyılarında, Japonya'da ve Yeni Zelanda'da yayılım göstermektedir. NSP' den sorumlu toksinler, moleküler ağırlığı yaklaşık 900 olan 10' dan fazla gruptur ve lipitte çözünen halkalı polieterden oluşmaktadır. Bu halkalı polieterler önerilen numaralandırma sistemine dayalı bir PbTx 1…n notasyon sistemi kullanılarak tanımlanmıştır. NSP toksinleri sodyum iyon kanallarını aktif hale getirerek uyarıcı etki yapmaktadır. Brevetoksin molekülleri için iki yapısal omurga vardır ("A" veya "B" olarak adlandırılır) (Şekil 2.11) (Watkins ve diğ. 2008).

Kabuklu deniz canlıları (cikcik, istiridye, salyangoz, midye ve diğer suların filtrasyonu ile beslenen yumuşakçalar gibi) doğal gıda zinciri modellerine göre NSP biyotoksinlerini biriktirebilmektedir. Brevetoksinler birçok kabuklu deniz hayvanı türünde bildirilmiştir, ancak insan maruziyetinin en yaygın kaynakları istiridye ve midye tüketimiyle gerçekleşmektedir. Genel olarak, kabuklu deniz canlılarının brevetoksinin birikiminden etkilenmemektedir. Kabuklu deniz canlılarında toksinin uzaklaştırılma süresi iki ila sekiz hafta arasında değişkenlik göstermektedir (Watkins ve diğ. 2008).

Toksinin kontrolü ve ilgili alglerin sularda yayılımı konusunda dünyada standart bir izleme politikası oluşturulmamış olup ülkeler nezdinde uygulamalar değişmektedir. FDA' ya göre kabuklu deniz canlıları yetiştirme alanları aşağıdaki durumlarda hasada kapatılmalıdır (FDA, Marine Biotoxins, 2020);

- Kabuklu deniz canlılarının etinde, herhangi bir NSP toksini, yenilebilir kısım başına 20 MU[1]/100g biriminin üzerinde bir miktarda bulunur veya
- Su sütunundaki *Karenia brevis*' in hücre sayısı, litre su başına 5.000'ni hücreyi aşıyorsa



Şekil 2.11. BTX-1 (A-tipi) ve BTX-2'nin (B-tipi) kimyasal yapıları (Abraham ve diğ. 2018).

1 Bir fare ünitesi (MU), intraperitoneal enjeksiyon yoluyla 20 g'lık bir fareyi 15 dakika içinde öldürmek için gereken dozdur.

Günümüzde herhangi bir AB düzenleyici sınır değerleri bulunmamakla birlikte Amerika Birleşik Devletleri' nde 0.8 ppm veya 200 MU/kg ve Avustralya' da ise 200 MU/kg olarak NSP toksinleri için sınır değer olarak belirlenmiştir (Farrell ve diğ. 2018).

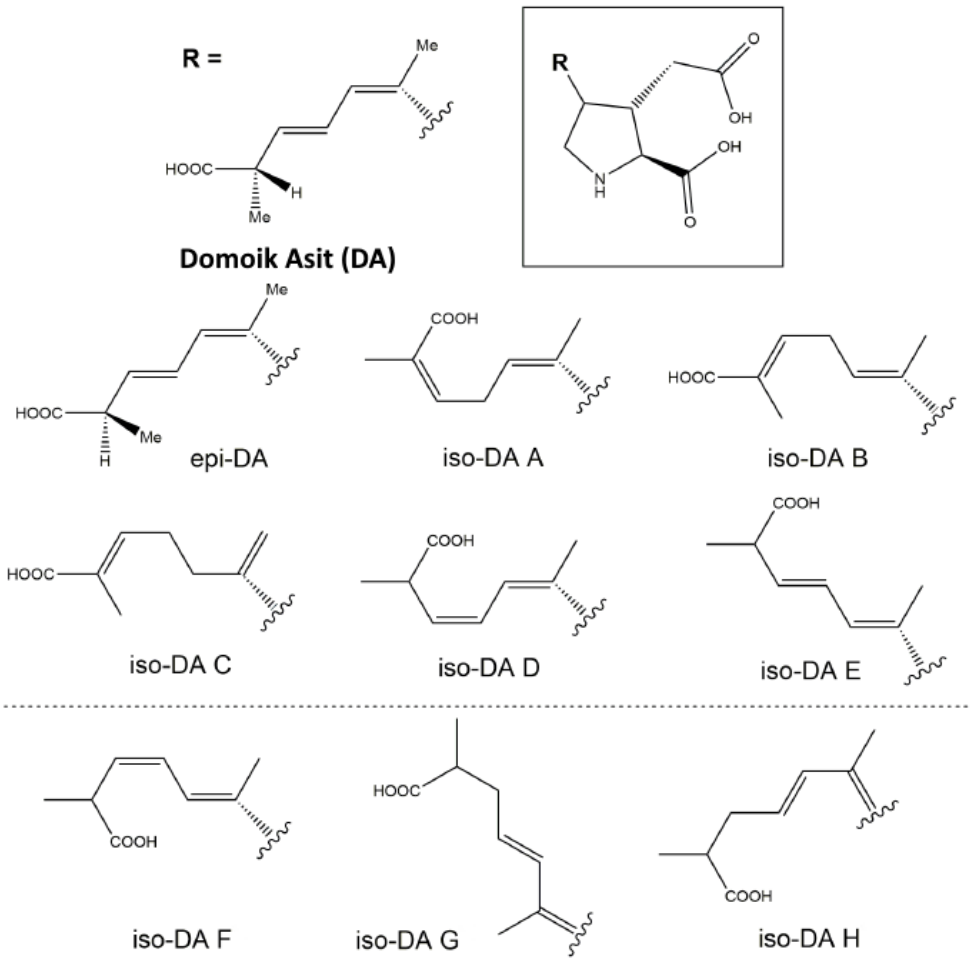
Amnezik (Hafiza kaybı yapan) Kabuklu Zehirlenmesi (ASP)

ASP (A_{mnesic} $S_{hellfish}$ $P_{oisoning}$) ilk olarak 1987'de, Pseudo-nitzschia diyatomu tarafından üretilen domoik asit (DA) ile kontamine *Mytilus edulis* (Linnaeus, 1758)' in tüketimi sonrası zehirlenme vakalarıyla belgelenmiştir. Bu midyenin zehirlenmesi Kanada'nın doğusundaki Prens Edward Adası'nda meydana gelmekle birlikte zamanla ASP' nin Avrupa içindeki farkındalığı artmış ve 1994' te İspanya'nın Galiçya bölgesinden toplanan midyelerde DA tespit edilmiştir. Üçlü karboksilik asit yapıdaki domoik asit ve bunların bazı izomerleri (Şekil 2.12), insanlarda gastroenteritide, nörodejenerasyona ve merkezi sinir sistemi disfonksiyonu ile özellikle kısa süreli hafıza kaybına neden olan amnezik kabuklu zehirlenmesi (ASP) toksinleridir (Cook ve diğ. 2010).

ASP toksini, domoik asit, orijinal olarak kırmızı bir makroalg olan *Chondria armata*' dan, alg ekstraktlarının böcek öldürücü özelliklerini inceleyen Japon araştırmacılar tarafından izole edilmiştir. Domoik asit, beyindeki nörotransmisyon mekanizmalarına müdahale eden nöroeksitanlar veya eksitotoksinler olarak sınıflandırılan kainoidler adı verilen bir grup amino asid yapıdadır. Grubun orijinal üyesi olan kainik asit, daha önce başka bir kırmızı makroalg olan *Digenea simpleks'* inden izole edilmiştir (Tablo 2.17) (Quilliam, 2003).

Pseudo-nitzschia spp. veya domoik asidin kopepodlar üzerindeki etkileri hakkında çok az araştırma mevcuttur ve bu çalışmalar ile genel anlamda domoik asidin kopepodlar için herhangi bir toksik etkisinin olmadığı yönünde olup, bu nedenle kopepodlar için bir besleme caydırıcısı olarak da rol oynamadığı belirlenmiştir. Böylece besin zincirininin önemli bir halkasını oluşturan kopepodların, domoik asidin bir vektörü olabileceği öngörülmektedir (Cook ve diğ. 2010). Domoik asit, çoğunlukla da *Pseudo-nitzschia* ve *Chondria* cinsi algler tarafından üretilmekte ve besin zinciri yoluyla midye, tarak ve hamsi de dahil olmak üzere çok çeşitli deniz ürünlerinde biriktiği bilinmektedir. Çift kabuklu olmayan türlerden, yengeçler de DA biriktirebilmektedir. Bununla birlikte, toksini biriktirme ve ortadan kaldırma yetenekleri bivalvelerden farklıdır. Yengeçlerde sindirim sisteminden hızla ve yoğun bir şekilde emilen DA toksinin atımı da aynı hızda olmaktadır. Öte yandan DA' nın balıklar için toksik olduğuna dair bir kanıt yoktur, ancak vücut ağırlığında 1800 µg/g seviyelerine kadar birikebilmektedir (örn. Somon). Bu toksin balıkların dokularından birkaç gün içinde depürasyonla uzaklaştırılabilmektedir. Avrupa Birliği normlarına göre ise sınır değer, 20 mg/kg midye eti olarak belirlenmiştir (Andjelkovic ve diğ. 2012).

Tablo 2.17. Domoik asit identifye edilen alg türleri (Ravn, 1995)	
Mikroalg Türleri (Diatomslar)	**Makroalg Türleri**
Pseudo-nitzschia pungens f. *multiseries* *(Nitzschia pungens* f. *multiseries)*	*Chondria armata*
Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima *(Nitzschia pseudodelicatissima)*	*Chondria baileyana*
Pseudo-nitzschia australis *(Nitzschia pseudoseriata)*	*Alsidium corallinum*
Nitzschia actydrophila	
Pseudo-nitzschia seriata	
Amphora coffaeiformis Cl. (Kültürü)	

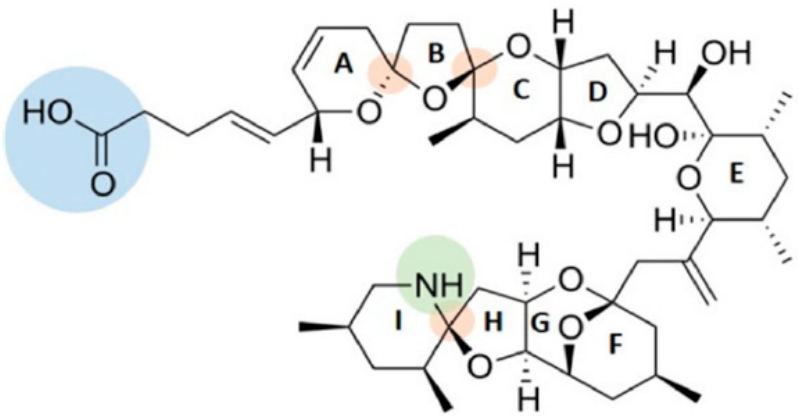


Şekil 2.12. Domoik asidin kimyasal yapısı ve izomerleri A – H (Nishimura ve diğ. 2021).

Azaspirasid Kabuklu Zehirlenmesi (AZP)

AZP (AZ$_{aspirasid}$P$_{oisoning}$) Azaspirasid (AZA) olarak değişik kabuklu türlerince akümüle edilen polyether grubu bir toksindir. 1995 yılında insanlar üzerindeki gastrointestinal zehirlenme (DSP toksini benzeri) semptomları (mide bulantısı, kusma, ishal ve mide krampları) midye (*Mytilus edulis)* tüketimi sonrası saptanmıştır. İlk tespit ve zehirlenme vakalarına İrlanda menşeli yetiştiricilik midyelerinde rastlanmasına rağmen diğer batı Avrupa ülkeleri kıyılarından da rapor edilmiştir (Aydın & Uzar, 2009). Avrupa birliğince 160 µg AZA/kg limit değer olarak bütün kabuklu etleri için belirlenmiştir (Luckas ve diğ. 2017). Azaspirasidler, istiridye, tarak gibi bir dizi çift kabuklu ila eklem bacaklı deniz canlılarında da tespit edilmiştir. Ayrıca Norveç'te yapılan bir çalışmada ise yengeçte de AZA' nın varlığı belirlenmiştir. AZA toksinlerinin oluşumundan sorumlu alglerin *Protoperidinum crassipes* olduğu öne sürülürken Tillman ve ark. (2009) yeni keşfedilen bir dinofisi olan *Azadinium spinosum* toksin ile ilişkilendirilmiştir. *P. crassipes*' in ise beslendiği türler ile toksinin taşınımında sadece bir vektör olduğunu göstermektedir (Tillmann ve diğ. 2009; Furey ve diğ. 2010).

Diğer toksinler (örn., DTX2 veya YTX) midye dokusundan ve fitoplanktondan izole edilebilirken, AZA' ların izolasyonu sadece midyeden gerçekleştirilebilmiştir. AZA' nın rapor edilmiş birçok analoğu vardır (Tablo 2.18). Azaspiracid toksininin etki mekanizması insanlarda hERG (the **h**uman ***E****ther-à-go-go-***R**elated **G**ene) üzerinden potasyum kanallarını etkileme üzerinedir. Azaspirasidler insanlar ve fareler gibi hayvanlar için oldukça toksiktir. LD_{50} değerleri ~ 110–200 µg/kg' dır (Twiner ve diğ. 2008; Furey ve diğ. 2010; Stonik & Stonik, 2016).



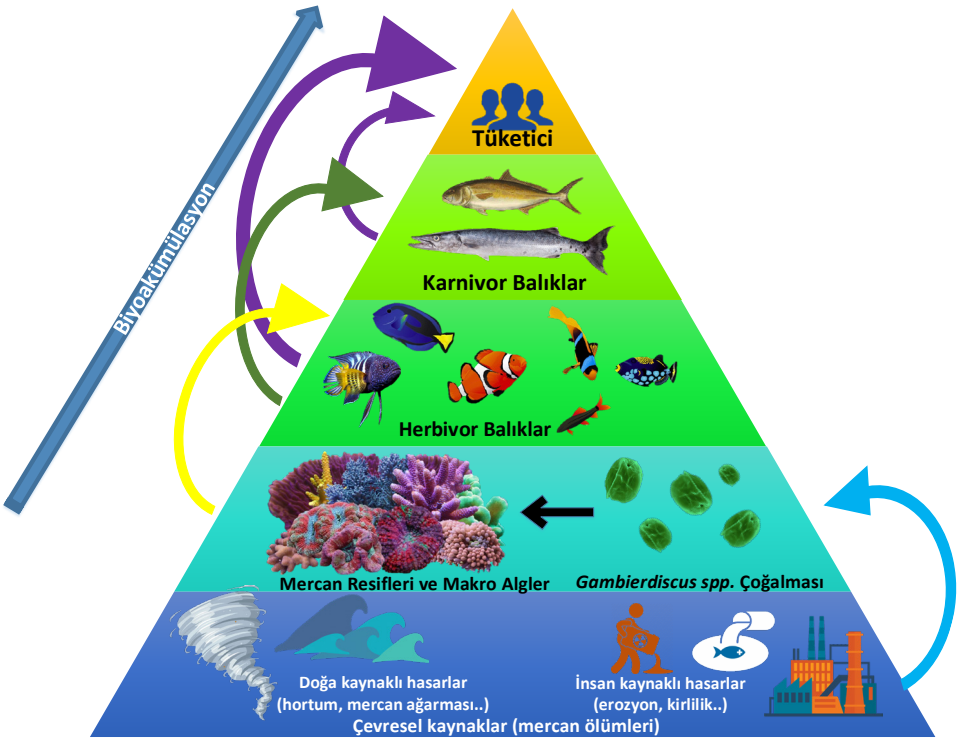
Şekil 2.13. Siklik amin (yeşil renkli aza grubu), bir trispiro grubu (turuncu) ve bir karboksilik asit grubu (mavi) içeren Azaspirasit (AZA)-1 yapısı (Giuliani ve diğ. 2019).

Tablo 2.18. AZA ve analogları (Twiner ve diğ. 2008)

Kısaltma		**Kimyasal İsmi**
AZA1		Azaspirasit
AZA2		8-methyl-azaspirasit
AZA3		22-desmetil-azaspirasit
AZA4	OH	22-desmetil-3-hidroksi-azaspirasit
AZA5	OH	22-desmetil-23-hidroksi-azaspirasit
AZA6		22-desmetil-8-metil-azaspirasit
AZA7	OH	3-hidroksi-azaspirasit
AZA8	OH	23-hidroksi-azaspirasit
AZA9	OH	22-desmetil-3-hidroksi-8-metil-azaspirasit
AZA10	OH	22-desmetil-23-hidroksi-8-metil- azaspirasit
AZA11	OH	3-hidroksi-8-metil-azaspirasit
AZA12	OH	23-hidroksi-8-metil-azaspirasit
AZA13	2 OH	22-desmetil-3,23-dihidroksi-azaspirasit
AZA14	2 OH	3,23-dihidroksi-azaspirasit
AZA15	2 OH	22-desmetil-3,23-dihidroksi-8-metil-azaspirasit
AZA16	2 OH	3,23-dihidroksi-8-metil-azaspirasit
AZA17	COOH	Karboksi-22-desmetil-azaspirasit
AZA18	COOH	Karboksi-azaspirasit
AZA19	COOH	Karboksi-22-desmetil-8-metil-azaspirasit
AZA20	COOH	Karboksi-8-metil-azaspirasit
AZA21	COOH + OH	Karboksi-22-desmethyl-3-hidroksi-azaspiracit
AZA22	COOH + OH	Karboksi-3-hidroksi-azaspirasit
AZA23	COOH + OH	Karboksi-22-desmetil-3-hidroksi-8-metil-azaspirasit
AZA24	COOH + OH	Karboksi-3-hidroksi-8-metil-azaspirasit
AZA25	$-H_2O$	21-22-dehidro-22-desmetil-azaspirasit
AZA26	$-H_2O$	21-22-dehidro-azaspirasit
AZA27	$-H_2O$	21-22-dehidro-22-desmetil-8-metil-azaspirasit
AZA28	$-H_2O$	21-22-dehidro-8-metil-azaspirasit
AZA29	$COOCH_3$	22-desmetil-azaspirasit-1-methil-ester
AZA30	$COOCH_3$	Azaspirasit-1-metil-ester
AZA31	$COOCH_3$	22-desmetil-8-metil-azaspirasit-1-metil-ester
AZA32	$COOCH_3$	8-metil-azaspirasit-1-metil-ester

Ciguatera Balık Zehirlenmesi (CFP)

Ciguatera zehirlenmesi tüm alg toksin zehirlenmeleri içinde görülme sıklığı bakımından en önemlisi sayılmaktadır. Çok kompleks hastalık belirtileri vardır. Nörolojik, gastrointestinal ve kardiyolojik semptomlar görülür, yıllarca süren ağır sağlık problemlerine sebep olmaktadır. En önemli toksin üreticisi bentik dinoflagellatlardan *Gambierdiscus toxicus'*tur. Bahsedilen algleri besin zinciri ile alan canlılar ve bu canlılarla beslenen insanlar için de tehlike arz etmektedir. Esas toksin olan Ciguatoksin'in yağda çözülebilir çok sayıda derivatı mevcuttur. Bunların toksik etkileri sodyum iyon kanallarının aktivitesinin engellenmesi şeklindedir (Erkan, Alg toksinleri, 2001).



Şekil 2.14. Ciguatera Balık Zehirlenmesi besin zinciri yoluyla aktarımı.

Toksininin çözünme şekline bağlı olarak, ikiye ayrılmaktadır: yağda (ciguatoksinler) ve suda çözünenler (maitotoksin) (Stonik & Stonik, 2016).

Ciguatoksin, iki spirokonjüge dahil olmak üzere 13 oksijen içeren konjüge halkaya sahiptir (Şekil 2.15.). Dinoflagellatlarda ve kontamine balıklarda ciguatoksine çok sayıda benzer doğal bileşik eşlik etmektedir. Bazılarında ciguatoksin ile karşılaştırıldığında, daha az sayıda halkalı olduğu görülmektedir. Bu gruba ait doğal ürünler son derece toksiktir, LD_{50} değerleri farelere intraperitoneal uygulamayı takiben 0.25-2.3 µg/kg aralığındadır. Ciguatoksin toksisitesinin kendisi (LD_{50} ~ 0.25 µg/kg), sodyum kanallarını aktive etme ve büyük dozlarda uygulandığında potasyum kanallarını bloke etme yeteneğinin bir sonucu sinir iletimini bozarak ölüme sebep olmaktadır (Stonik & Stonik, 2016).

Pasifik'teki alanlarda, ana ve en güçlü ciguatoksin Pasifik ciguatoksin-1'dir (P-CTX-1, molekül ağırlığı 1112). Pasifik bölgesinde, P-CTX-1, P-CTX-2 ve P-CTX-3 ana ciguatoksinler olup, balıklarda farklı nispi miktarlarda bulunmaktadır. Karayipler (ve Hint Okyanusu) ciguatoksinleri, Pasifik ciguatoksinlerinden farklıdır. Karayip CTX-1 (C-CTX-1)' i P-CTX-1'den daha az polardır. İki Karayip ciguatoksininin (C-CTX-1 ve C-CTX-2) yapıları 1998'de açıklanmıştır. Minör moleküler farklılıklara ve patojeniteye sahip çoklu ciguatoksin, formları tarif edilmiştir. CTX-1, etobur balıklarda bulunan başlıca toksindir ve 0.1 µg/kg balık eti üzerindeki seviyelerinde insan sağlığı için risk oluşturmaktadır (FAO, 2004).

Maitotoksin, bilinen en toksik, kompleks ve benzeri görülmemiş yapıdaki bir deniz toksinidir. Sülfat grubununkiler hariç 142 karbon ve 68 oksijen atomu içermektedir (Şekil 2.16). Otuz iki oksijen içeren halka dört polisiklik parçaya konjüge edilir: ilki A-F halkaları, ikinci G-M halkaları, üçüncü N-V halkaları ve dördüncü W-F0 halkalarını içermektedir. Palytoksin gibi maitotoksin de (biyopolimerler hariç) doğadaki en uzun karbon zincirine sahip yapıdır. Maitotoksin toksisitesi, palytoksinin toksisitesinin birkaç katıdır. Diğer protein olmayan toksinlerden önemli ölçüde yüksektir. Farelere intraperitoneal uygulamayı takiben LD_{50}' si ~ 50 ng/kg dır. Moleküllerin etki mekanizması, kalsiyum geçirgen, seçici olmayan iyon kanalları (CaNSC) ile etkileşimi ve kalsiyum akışını arttırma yeteneğini ve ardından uyarılabilir ve uyarılamaz hücrelerden sodyum iyonu çıkışı ile olmaktadır. Ek olarak, kalpain-1 ve -2 proteazların aktivasyonu ve membran geçirgenliği bozukluğu onkotik hücre ölümüne neden olmaktadır (Stonik & Stonik, 2016).

CFP'nin kilinik belirtileri

Gastrointestinal; İshal, karın ağrısı, kusma, bulantı

Nörolojik; Miyalji, parestezi (ağız, eller, ayaklar), artralji, soğuk allodini (soğukla temasında yanma), baş ağrısı, ataksi, baş dönmesi veya vertigo

Diğer; Asteni, kaşıntı, terleme, duygudurum bozuklukları, bradikardi, göz ağrısı, diş ağrısı, dizüri, deri döküntüsü

Pasifik ve Hint okyanusunun tropik ve subtropik kıyılarında Ciguatera toksini ile yüklenmis çok sayıda balık türü mevcuttur. Bu kıyılarda yüzyıllardır Ciguatera zehirlenmesi bilinmektedir, zehirlenme buralara gelen yabancı turistlerde görüldüğü gibi bu bölgeden ithal edilen balıkların tüketildiği Avrupa ve Kuzey Amerika da da görülmektedir. Aynı zamanda Doğu Akdeniz kıyılarında da bu zehirlenmelerle karşılaşılabilmektedir (Hanel, 2020). Örneğin Doğu Akdeniz'in İsrail kıyılarından lessepsiyen *Siganus luridus* ve yerli sparid *Sarpa salpa'* nın tüketilmesinden sonra birkaç klinik ciguatera zehirlenmesi vakası rapor edilmiştir (Bentur ve diğ. 2008).

Avrupa gümrüklerinden Frankfurt Havaalanında yapılan örneklemelerde Lutjanidae familyası balık türlerinde özellikle yanlış beyanlarla karşılaşılmıştır. Denetimlerin odak noktasında popüler bir gıda olan *Lutjanus malabaricus* bulunmaktadır. Bu türde, incelenen 103 ayrı örneğin tümü yanlış beyan edilmiştir. *Lutjanus malabaricus* yerine, çoğunlukla aynı familyadan *Lutjanus bohar* ve *Lutjanus argentimaculatus* ile benzer görünüme sahip türlerin gümrüklerde deklarasyonu yapılmıştır (Fotoğraf 2.17). Bu iki tür besin zincirinde farklı bir noktada bulunduğundan, ciguatoksinlere daha yüksek bir afiniteye sahiptir ve Almanya'daki Ciguatera zehirlenmelerinin birçoğundan sorumludur (Hanel, 2020).



Lutjanus malabaricus (FishIDER, 2020)

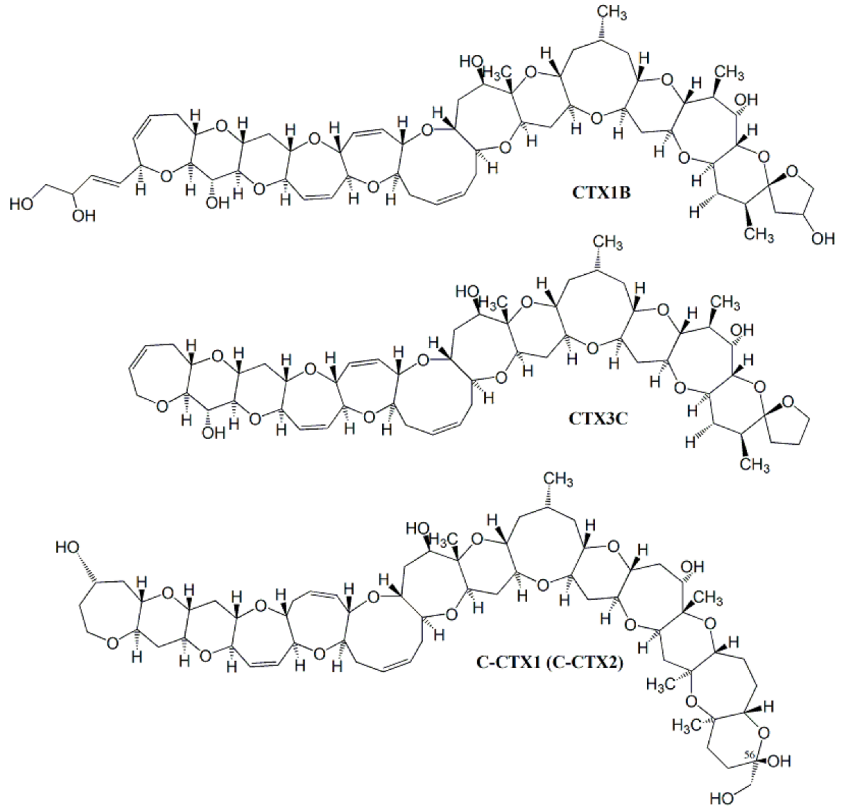


Lutjanus bohar (FishIDER, 2020)

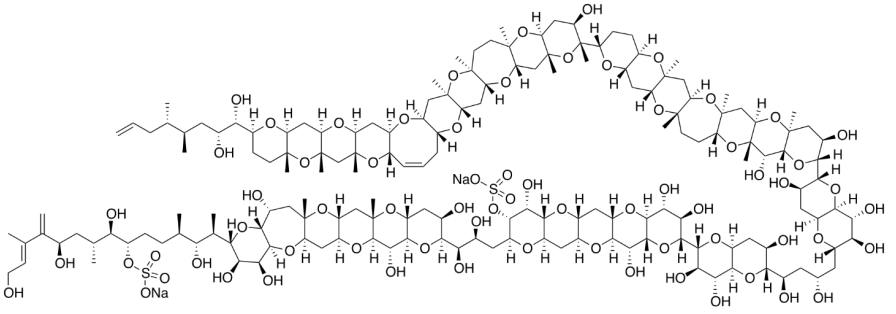


Lutjanus argentimaculatus (FishIDER, 2020)

Fotoğraf 2.17. Lutjanidae familyası balık türlerinde birbirlerine olan benzerlik.



Şekil 2.15. Başlıca ciguatoksinlerin kimyasal yapıları: CTX1B ve CTX3C ve C-CTX1 ve C-56'daki epimeri C-CTX2 (Estevez ve diğ. 2019).



Şekil 2.16. Maitotoksinin kimyasal yapısı.

Ciguatera toksini ile kontamine olmuş balık türlerinin çokluğu (400' ten fazla) ve bunların da değişik toksin miktarları içermesi, işleme proseslerinden (ısı stabilitesi sebebiyle) etkilenmemesi, renksiz, kokusuz ve tatsız olması ile yayılım alanlarının genişliği gıda güvenliğindeki temel sorunları oluşturmaktadır (Hanel, 2020).

Bunlardan dolayı balıkçılık bölgelerinde, hallerde ve gümrüklerde kontrollerin yoğun olarak yapılmasını gerektirmektedir.

Siyanotoksin

Siyanobakteriler içerdikleri fotosentetik pigmentler nedeniyle 'mavi yeşil alg' ler olarak da bilinen, denizlerde de bulunabilen ağırlıklı tatlı su habitatlarında dünya genelinde yayılım gösteren organizma grubudur. Siyanobakteriler, fotosentetik prokaryotlar olup, 16S rRNA ve klorofil-a içeren, karbondioksit ve atmosferik azotu fikse edebilen, fotosentetik, gram negatif, oksijen üretebilen organizmalardır. Siyanobakteriler genelde biyolojik olarak aktif sekonder bileşikler oluşturmaktadır ve bu bileşiklerin birçoğunun insan dâhil olmak üzere çeşitli organizmalarda son derece toksik olduğu bilinmektedir. Siyanobakterilerin aşırı çoğalması genelde su ortamları üzerindeki artan antropojenik baskılar nedeniyle dünya çapında iyi bilinmektedir. Siyanobakteriyel çoğalmalar tatlı sularda esas olarak hayvan zehirlenmeleri/ölümleri, özellikle balık ve kuşlar ile ilişkilidir (Şekil 2.17). Bu ölümlerin etken maddelerine siyanotoksin adı verilmektedir. Siyanotoksinler, su ortamlarındaki tüm organizmaları etkileyebilirler ve sucul besin ağlarında daha yüksek trofik seviyelere aktarılabildiklerinden, günümüzde tatlı su kaynakları, oradaki yaşam, çevresi ve insanlar için önemli bir risk faktörü / tehlike olarak görülmektedir. Siyanotoksinler etki mekanizmalarına göre üç gruba ayrılmaktadır (Varlı, 2021; Svirčev ve diğ. 2019; Kahraman & Küplülü, 2012; Jos ve diğ. 2017);

1. Hepatatoksinler
2. Genotoksin ve Sitotoksinler
3. Nörotoksinler

Hepatatoksinlerden en sık rastlananlar ise **Mikrosistin LR** ve **Nodularin** olup, Genotoksin ve Sitotoksinler arasında ise **Silindrospermopsin**, Nörotoksinlerde ise **Anatoksin-a** ve **Saksitoksin** bulunmaktadır (Tablo 2.19). Genelde insanlar bu toksinlerle temas (burun mukoza membranı ile temas, banyo, yüzme ve kano gibi eğlence aktiviteleri sırasında toksinler ile dermal temas), içme suyu ve besin zinciri (siyanotoksin içeren su ile sulanmış meyve ve kontamine olmuş sebzelerin tüketimi, balık, tatlı su karidesi, midye ve takviye gıdalar (spiruluna vb.)) ile dolaylı veya doğrudan maruz kalma yollarıyla etkilenmektedir (Varlı, 2021; Svirčev ve diğ. 2019; Kahraman & Küplülü, 2012; Jos ve diğ. 2017).

Birçok çalışma, siyanobakteriyel toksinlerin sudaki biyotada biyolojik olarak biriktiğini öne sürmektedir. Fitoplanktonlarda üretilen küçük miktarlardaki toksinin bile suda yaşayan organizmalarda daha yüksek konsantrasyonlar da birikeceğinden, bunun insanlar da dahil olmak üzere besin ağında daha yüksek biyotaya maruz kalma riskini artırabileceği öngörülmektedir. Bu nedenle, siyanobakteriyel toksinlerin potansiyel biyo birikimi, su ürünleri tüketimi ile ilişkilenebilmektedir. Bununla birlikte, pek çok makalede, tipik olarak sadece toksinlerin organizmalarda mevcut olduğu anlamına gelen gevşek bir biyobirikim tanımı da kullanılmaktadır (Ibelings & Chorus, 2007). Siyanotoksinlerin tatlı su kaynaklarından elde edilen su ürünlerinin kas dokularındaki birikim düzeyi ve bunların risk değerlendirmeleri konusunda yeterli düzeyde destekleyici çalışma bulunmamaktadır. Bu sebeple siyanotoksinlerin risk değerlendirmesi ağırlıklı tatlı su balıkları tüketimi değil de toksin mevcudiyeti söz konusu olabilecek suların içme suyu olarak tüketimi üzerinde yoğunlaşmaktadır (Tablo 2.20).

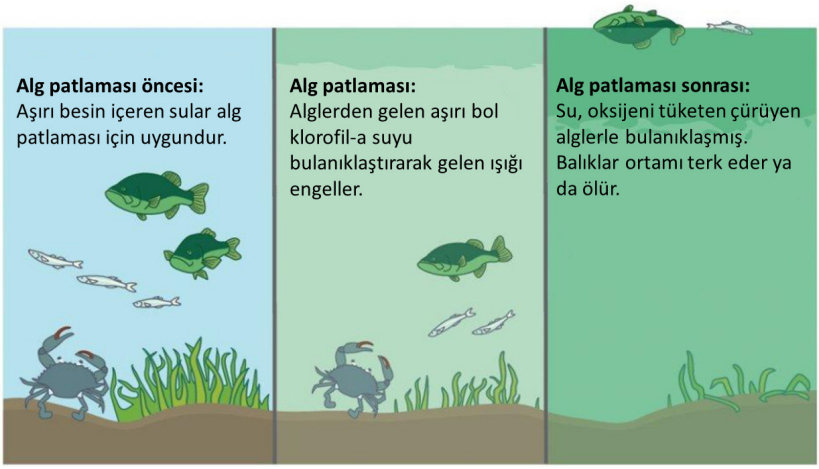
Tablo 2.19. Siyanobakteriler ve toksinleri (Kahraman & Küplülü, 2012)

Kimyasal Sınıflandırma	**Siyanotoksin**	**Hedef Organ**	**Siyanobakteri**
Siklik peptitler	**Mikrosistin**	Karaciğer	*Microcystis, Anabaena, Planktothrix nostoc, Hapalosiphon, Anabaenopsis*
	Nodularin	Karaciğer	*Nodularia*
Alkaloidler	**Anatoksin-a**	Sinir sinapsları	*Anabaena, Planktothrix (Oscillatoria), Aphanizomenon*
	Aplysiatoksin	Deri	*Lyngbya, Schizothrix, Planktothrix (Oscillatoria)*
	Silindrospermopsin	Karaciğer	*Cylindrospermopsis, Aphanizomenon, Umezakia*
	Lyngbiyatoksin-a	Deri ve bağırsak sistemi	*Lyngbya*
	Saksitoksin	Sinir aksonları	*Anabaena, Aphanizomenon, Lyngbya, Cylindrospermopsis*
Lipopolisakkaritler (LPS)	Lipopolisakkaritler (LPS)	Deride kızarıklık / tahriş	Tamamı

Tablo 2.20. İçme suları için verilen limit değerler (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019)

	CAS Numarası	**Kılavuz Değerler**		
		A1 Sınıfı Sular	**A2 Sınıfı Sular**	**A3 Sınıfı Sular**
Anatoksin	64285-06-9	3 µg/L	-	15 µg/L
Silindrospermopsin	143545-90-8	1 µg/L	-	5 µg/L
Mikrosistin-LR*	101043-37-2	1 µg/L	-	5 µg/L
Saksitoksin	35523-89-8	1 µg/L	-	5 µg/L

* Mikrosistin-LR değeri mikrosistin-YR ve mikrosistin-RR varyant değerlerinin toplamını ifade etmektedir
A1: Basit fiziksel arıtma ve dezenfeksiyon ardından içilebilir hale gelen suları,
A2: Fiziksel arıtma, kimyasal arıtma ve dezenfeksiyon ardından içilebilir hale gelen suları,
A3: Fiziksel arıtma, kimyasal arıtma, ileri arıtma ve dezenfeksiyon ardından içilebilir hale gelen suları, ifade eder



Şekil 2.17. Siyanobakterilerin tatlı sularda gelişimi (EPA, 2022).



Fotoğraf 2.18. Türkiye sularında gözlemlenen siyanobakteri patlaması örneği (Fotoğraf Prof. Dr. Reyhan Akçaalan Albay).

2.2.1.3. Diğer Toksinler

Biyojen Aminler

Biyojen amin bileşikleri canlıların metabolik ürünleri olup, bir veya daha fazla hidrojen atomu yerine alkil radikaliyle doyurulmuş, amonyak kökenli yapılardır. Kimyasal oluşum bakımından bu bileşikler aminoasitlerin dekarboksilasyonu veya aldehit ve ketonların aminasyonu ile trans -aminasyonu sonucunda meydana gelen düşük molekül ağırlıklı organik bazlardır. Farmakodinamik etkinliğe sahip olan biyojen aminlerin bazıları hormon ön maddesi ve koenzim yapıtaşı olarak görev alması yönünden biyolojik fonksiyonlar bakımından önemlidir. Su ürünleri, et ürünleri, peynir, fermente sebze ürünleri, bira ve şaraplar biyojen amin oluşumu yönünden en başta değerlendirilen gıdalar arasındadır. Su ürünleri biyojen aminler bakımından avcılık/hasat ve işleme süreçlerini kapsayan tüm aşamalardaki uygunsuzluklara bağlı olarak yüksek konsantrasyonlara ulaşabilmekte ve toksikolojik etkileri söz konusu olabilmektedir (Erkan, Biyojen aminler ve su ürünleri için önemi, 2004).

Molekül yapılarına göre biyojen aminler alifatik, aromatik ve heterosiklik bileşiklerdir. Azot sayısına göre monoaminler, diaminler ve poliaminler olarak sınıflandırılmaktadır (Akan & Demirağ, 2018) (Tablo 2.21).

Biyojen amin oluşum şartları (Erkan, Biyojen aminler ve su ürünleri için önemi, 2004);

- Gıdalardaki serbest amino asit miktarı
- Bozulabilirlik
- Hijyen
- Zaman, saklama süresi ile ilişkilidir.

Biyojen amin oluşum yolu (Steneberg, 2007);

- Azot içeren bileşiklerin hidrolitik parçalanması
- Aldehitler ve ketonların aminasyonu
- Amino asitlerin (ana kaynak) enzimatik dekarboksilasyon ile gerçekleşebilmektedir.

Biyojen amin oluşumununda dekarboksilasyon süreci (Erkan, Biyojen aminler ve su ürünleri için önemi, 2004);

- Dekarboksilaz enziminin aktivitesi sonucu
- Dekarboksilaz pozitif mikroorganizmaların, gıda maddesinde çoğalmaları sonucu oluşmaktadır.

Tablo 2.21. Biyojen amin gruplandırmaları (Wójcik ve diğ. 2021)		
Kimyasal Yapılarına Göre		
Aromatik	**Heterosiklik**	**Alifatik**
Tiramin, β-feniletilamin	Histamin, Triptamin	Spermidin, Metiamine, Etilamine, Spermin, Kadaverin, Agmatin, Putresin
İçerdikleri Azot Sayısına Göre		
Monoaminler-RNH2	**Diaminler-RNH1**	**Poliaminler-RN**
Metilamin, Etilamin, Tiramin, β-feniletilamin, Histamin	Putresin, Kadaverin,	Spermin, Spermidin, Agmatin

Gıdalarda bulunan en yaygın biyojenik aminler histamin, tiramin, kadaverin, 2-feniletilamin, spermin, spermidin, putresin, triptamin ve agmatindir. Ayrıca et/et ürünleri ve balıklarda octopamin ile dopamin de tespit edilmiştir (Naila ve diğ. 2010). Su ürünlerinde biyojen amin oluşum ve gelişimi yapısal kompozisyona, üretim, depolama ile pazarlama koşullarına göre değişim göstermektedir. Bu bakımdan sıcaklık, su aktivitesi, pH, tuz konsantrasyonu, oksijen ve mikroorganizma yükü önemlidir.

En önemli biyojen aminler histamin, kadaverin, putresin, tiramin, triptamin, feniletilamin, spermin ve spermidin olup genellikle ya vasoaktif ya da fizikoaktif olmak üzere insanlarda önemli fizyolojik etkilere sahiptir. Psikoaktif aminler (triptamin) sinir sistemini etkilerken, vasoaktif aminler vaskuler sistem üzerinde etkilidir. Vasoaktif aminlerden histamin, seratonin, tiramin, triptamin, feniletilamin kan basıncını artırıcı aminlerdir. Tiramin dolaylı olarak sinir sistemi yoluyla noradrenalini salgılatarak kan basıncında bir artışa neden olmaktadır. Ayrıca pupillayı ve palpebral doku damarlarını genişletmekte, solunumu ve kan şekerini artırmaktadır. Tiramin aynı zamanda kanda birikerek depresyon tedavisinde kullanılan monoaminoksidaz inhibitör ilaçları alan hastalarda hipertansif krizlere neden olmaktadır. Histamin, seratonin ve tiramin doku hormonlarıdır. Histamin dokularda oluşur, en önemli etkileri; kapiller damarların genişlemesi, mide sekresyonunun artması, alerjik reaksiyonların belirmesidir. Histamin organizmada lokal kanamaları regüle edici olarak da etkilerken, ayrıca baş ağrısı, mide bulantısı ve kızarıklık oluşumlarından da sorumludur.

Pişirme sadece biyojen aminlerden spermin üzerine etkilidir. Aminler termal stabiliteye sahiptir ve bir kere oluştuktan sonra parçalanmaları zordur. Biyojen amin oluşumunda önemli bir faktör olan amino-dekarboksilaz aktivitesi asidik ortam koşullarında daha fazladır. Amino-dekarboksilaz aktivitesi, pH 4.0-5.5 aralığında optimumdur.

Aminoasitleri dekarboksile eden enzimler ağırlıklı olarak *Bacillus* spp*., Citrobacter* spp*., Clostridium* spp*., Klebsiella* spp*., Escherichia* spp*., Proteus* spp*., Pseudomonas* spp*., Salmonella* spp., Laktik asit bakterileri, *Lactobacillus* spp*., Pediococcus* spp.ve *Streptococcus* spp. türlerinde bulunmaktadır (Tablo 2.24) (Chaidoutis ve diğ. 2019).

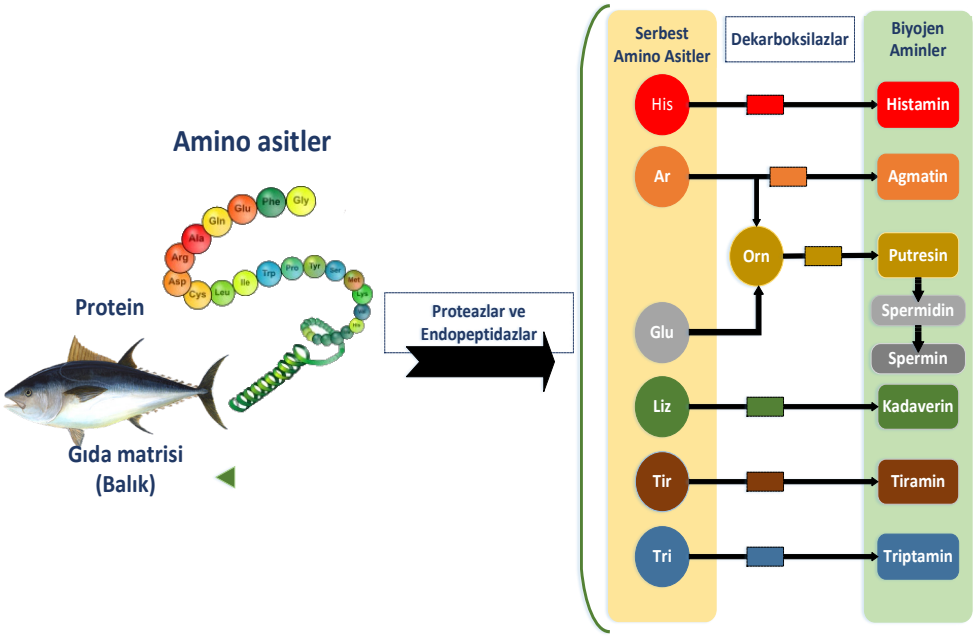
Tablo 2.22. Biyojen aminler (Wójcik ve diğ. 2021)

İsmi	Moleküler Formülü	Mol Ağırlığı ($g\ mol^{-1}$)	Sınıflandırması	Kimyasal Yapısı	Öncü Amino Asit
Metilamin	CH_5N	31.06	Monoamin	Alifatik	Glisin
Etilamin	C_2H_7N	45.08	Monoamin	Alifatik	Alanin
Feniletilamin	$C_8H_{11}N$	121.18	Monoamin	Aromatik	Fenilalanin
Tiramin	$C_8H_{11}NO$	137.18	Monoamin	Aromatik	Tirozin
Oktopamin	$C_8H_{11}NO_2$	153.18	Monoamin	Aromatik	Tirozin
Dopamin	$C_8H_{11}NO_2$	153.18	Monoamin	Aromatik	Tirozin
Norepinefrin	$C_8H_{11}NO_3$	169.18	Monoamin	Aromatik	Tirozin
Histamin	$C_5H_9N_3$	111.15	Monoamin	Heterosiklik	Histidin
Triptamin	$C_{10}H_{12}N_2O$	160.22	Monoamin	Heterosiklik	Triptofan
Serotonin	$C_{10}H_{12}N_2O$	176.22	Monoamin	Heterosiklik	Hidroksitriptofan
Putresin	$C_4H_{12}N_2$	88.15	Diamin	Alifatik	Ornitin
Kadaverin	$C_5H_{14}N_2$	102.18	Diamin	Alifatik	Lizin
Agmatin	$C_5H_{14}N_4$	130.19	Poliamin	Alifatik	Arginin
Spermidin	$C_7H_{19}N_3$	145.25	Poliamin	Alifatik	Arginin/Ornitin
Spermin	$C_{10}H_{26}N_4$	202.34	Poliamin	Alifatik	Arginin/Ornitin

Tablo 2.23. Bazı ticari balıklardaki histidin düzeyleri (Biji ve diğ. 2016)

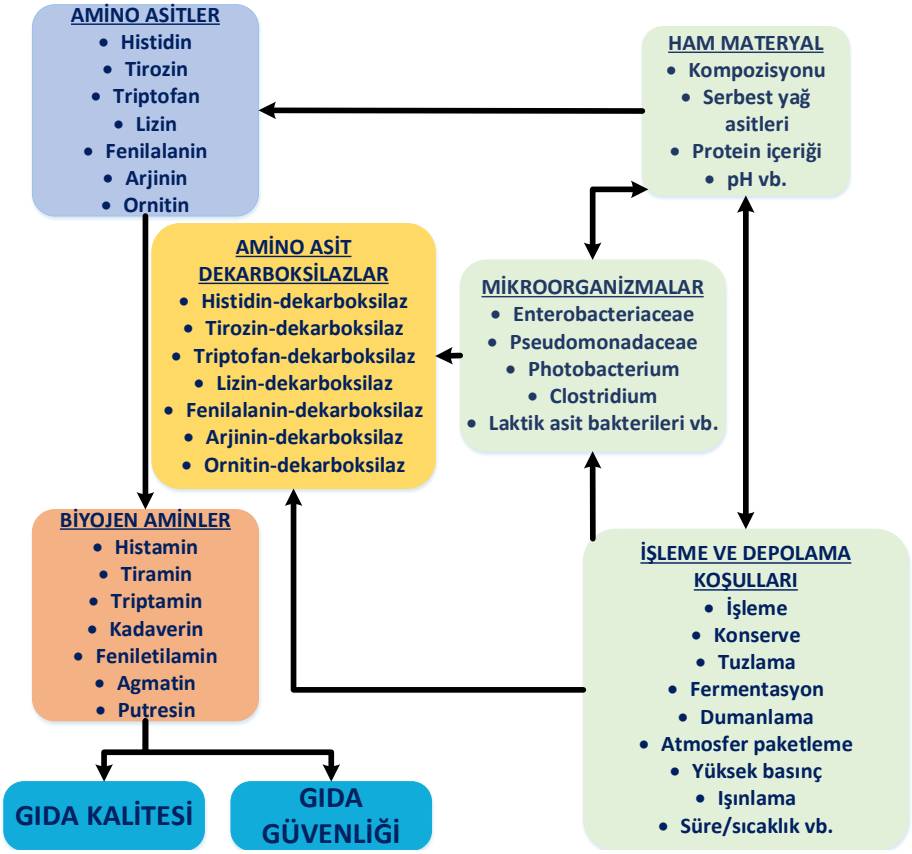
Bilimsel İsimleri	Kas Dokudaki Histidin Miktarı (mg/kg)
Auxius tapeinocephalus	1460
Katsuwonus pelamis	1340
Thunnus albacares	1220
Euthunnus affinis	1090
Thunnus maccoyii	667
Thunnus obesus	745
Seriola quinqueradiata	1160
Seriola aureovittata	732
Seriola purpurascens	286
Makaira mitsukurii	831
Makaira mazora	763

Tablo 2.24. Gıdalarda aminoasitleri dekarboksile eden mikroorganizmalar (Yerlikaya, 2002)		
Mikroorganizma	**Özelliği**	**Kaynağı**
Hafnia spp.	Gram (-) çubuk, *Fakültatif anaerob Hafnia alvei*	Balık, et ve ürünleri
Klebsiella spp.	Gram (-) çubuk, *Fakültatif anaerob Klebsiella pneumoniae*	Balık ve ürünleri, meyve, sebzeler
Escherichia coli	Gram (-) çubuk, *Fakültatif anaerob*	Balık ve ürünleri
Clostridiu m spp.	Gram (+) çubuk, *Anaerob Clostridium perfringens*	Balık ve ürünleri
Enterobacter spp.	Gram (-) çubuk, *Fakültatif anaerob Enterobacter aerogenes*	Balık, et ve ürünleri, peynir, sebzeler
Proteus spp.	Gram (-) çubuk, *Fakültatif anaerob Proteus morganii*	Sığır, hindi, balık ve ürünleri, süt
Pseudomonas spp.	Gram (-) çubuk, *Aerob Pseudomonas fluorescens Pseudomonas putrefaciens*	Balık, et ve ürünleri, sebzeler
Vibrio spp.	Gram (-) çubuk, *Aerob*	Balık ve ürünleri



Şekil 2.18. Su ürünlerinde biyojen aminlerin oluşum yolu (Lázaro de la Torre & Conte-Junior, 2018' den uyarlanmıştır) (Lázaro de la Torre & Conte-Junior, 2018).

Tablo 2.25. Bazı biyojen aminlerin kökeni, grubu ve sentez yolu (Barbieri ve diğ. 2019)			
Biyojen amin	**Amino asit**	**Grubu**	**Sentez Yolu**
Histamin	Histidin	Heterosiklik	Histidin Dekarboksilaz
Tiramin	Tirozin	Aromatik	Tirozin Dekarboksilaz
2-feniletilamin	Fenilalanin	Aromatik	Tirozin Dekarboksilaz
Kadaverin	Lizin	Alifatik	Lizin Dekarboksilaz
Putresin	Arginin	Alifatik	Ornitin Dekarboksilaz
	Agmatin	Alifatik	Agmatin Deaminaz



Şekil 2.19. Gıdalarda biyojen aminlerin oluşumu ve bu süreci etkileyen faktörler (Ruiz-Capillas & Herrero, 2019).

Putresin, spermin ve spermidin için oral toksisite seviyeleri sırasıyla 2000, 600 ve 600 ppm'dir. Tiramin ve kadaverin için akut toksisite seviyesi 2000 ppm'den yüksektir. Gözlenmeyen yan etki seviyesi (NOAEL) tiramin, putresin ve kadaverin için 2000 ppm iken, bu değer spermidin 1000 ppm ve spermin için 200 ppm' dir. Yüksek seviyelerde tek başına (peynir reaksiyonu olarak bilinmekte) histamin zehirlenmesine benzer semptomlara sahip bir zehirlenmeye neden olabilmektedir (Naila ve diğ. 2010).

Taze su ürünlerinde biyojen amin içeriği çok düşüktür ve biyojen amin oluşumu bozulmayla ilgilidir. Genelde bütün biyojen aminler toksikolojik etkilerinden başka, gıdalarda özellikle balık ve balık ürünlerinde mikrobiyal bozulmanın bir indeksi olarak ve/veya kalite indikatörü olarak kullanılmaktadır. Su ürünlerinde sıklıkla rastlanan biyojen aminler histamin, tiramin, triptamin, putresin, kadaverin, spermidin ve spermin'dir (Biji ve diğ. 2016).

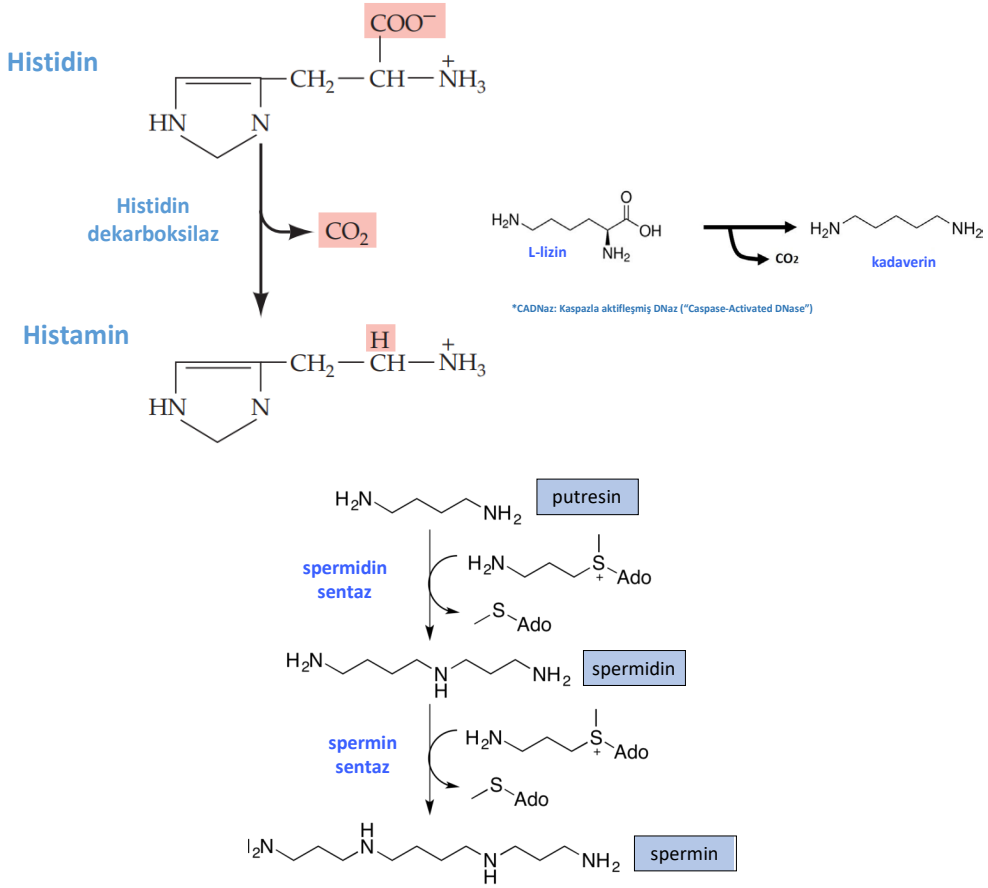
Tablo 2.26. Biyojen aminler ve toksititeleri (Chaidoutis ve diğ. 2019)

Biyojen amin	**Özelliği**
Histamin	Kılcal genişleme, hipotansiyon, bulantı, kusma, yüz kızarıklığı, mide rahatsızlıkları, dudak şişmesi, yoğun baş ağrısı, susuzluk, anafilaksi
Tiramin	Kan damarları, baş ağrısı, ateş, hipertansiyon, kusma, terleme üzerindeki etkiler
Putresin ve Kadaverin	Artan kardiyak debi, taşikardi, hipotansiyon, kanserojen etkiler
Triptamin	Kan damarları, baş ağrısı, ateş, hipertansiyon, kusma, terleme üzerindeki etkiler

Biyojen aminler balık zehirlenmelerine neden olabilmektedir. Balıkların tüketimine bağlı zehirlenmelere yol açabilen biyojen aminler bakımından histamin özellikle koyu kas muhteviyatı yüksek olan balıklarda yüksek oranlarda rastlanabilmektedir. Bunun temel sebebi koyu renkli kasların (210-726 mg) beyaz etli kaslara (0.5 mg) nazaran daha fazla serbest histidin içeriğine sahip olmasıdır. Avcılığı yapılan ve ekonomik değere sahip, uygun olmayan depolama ve hijyen şartlarında histamin zehirlenmesi yapabilecek genel balık türleri şu şekildedir; *Scomber scombrus* (Uskumru), *Scomber japonicus* (Kolyoz), *Scomber colias* (Akdeniz uskumrusu), *Thunnus thynnus*, *Thunnus albacares* (Sarıkanat Orkinos), *Sarda sarda* (Palamut), Engraulidae familyası (Hamsi) ve *Trachurus* spp. (İstavritgiller) (Erkan, Biyojen aminler ve su ürünleri için önemi, 2004).

Uygun olmayan koşullarda işlenen veya depolanan histamin içeriği yüksek bu tip balıkların tüketilmesi ile histamin (scombroid veya uskumru zehirlenmesi olarak da adlandırılabilmekte) zehirlenmesi denilen rahatsızlıklar meydana gelmekte, belirtiler birkaç dakika ile 8-12 saat içinde görülmektedir. Belirtiler; baş ağrısı, mide bulantısı, ishal, kusma, ciltte yanma, kızarma, dudaklarda kabarma, kalp atışlarında hızlanma şeklinde olmaktadır (Erkan, Biyojen aminler ve su ürünleri için önemi, 2004).

Kadeverin, putresin ve alkol, histamin toksisitesinin daha ağır süreçlerde yaşanmasına sebep olan sinerjik etki oluşumundan sorumludur (Yerlikaya, 2002).



Şekil 2.20. Biyojen aminlerin sentez mekanizması (Purves ve diğ. 2017; Kim ve diğ. 2017; Nowotarski ve diğ. 2013).

Balıklardaki histamin düzeyi "Codex Alimentarius" da bozulmuşluk ve hijyen/kontaminasyon kriteri olarak değerlendirilmektedir. Standartta bu kriterler açısından Clupeidae, Scombridae, Scomberesocidae, Pomatomidae ve Coryphaenidae türlerinde test edilen örneklerin ortalaması 10 mg/100g' dan (100 mg/kg) daha fazla histamin içermemelidir. Hijyen ve kullanım için ilgili standart: hiçbir numunede Scombridae, Clupeidae, Coryphaenidae, Scombreresacidae ve Pomatomidae familyalarında 200 mg/kg'ı aşan değerde histamin bulunmamalıdır. Kanada, İsviçre ve Brezilya'da ise balık ve balıkçılık ürünlerinde izin verilen maksimum histamin sınırı 100 mg/kg' dır. Avustralya ve Yeni Zelanda Gıda Standartları Kanunu' na göre, balık veya balık ürünlerinde histamin seviyesinin 200 mg/kg' ı geçmemesi gerekmektedir (Biji ve diğ. 2016).

Gıdalarda mikrobiyolojik kriterler için 2073/2005 sayılı düzenlemeyi değiştiren 1019/2013 sayılı yönetmeliğin yayımlanmasıyla AB, gıdalardaki güvenlik kriterleri için izin verilen limitleri şu şekilde belirlemiştir (Chaidoutis ve diğ. 2019):

1. Yüksek miktarda histidin ile ilişkili balık türlerinden balıkçılık ürünleri, 100-200 mg/kg,
2. Tuzlu suda enzimatik olgunlaşma geçirmiş balıkçılık ürünleri yüksek miktarda histidin ile ilişkili balık türlerinden hazırlanmış ise 200-400 mg/kg,
3. Balık ürünlerinin fermantasyonu ile yapılan balık sosu için 400 mg/kg

Amerika Birleşik Devletlerinde FDA' ya göre, eğer histamin seviyesi 50 ppm'e ulaşırsa, ilgili gıda bozuk olarak kabul edilmektedir (Biji ve diğ. 2016). Aynı zamanda gıdalardaki histamin (ve diğer biyojenik aminlerin) tespiti kalite kriteri olarak değerlendirilebilmektedir. Özellikle ürün prosesleri sırasında histamin üreten gıdalar için, hijyen gösterge kriteri olarak kullanılabilmektedir. Mietz ve Karmas, balıklarda bozulmuşluk derecesini belirlemek için 1977' de **Kimyasal Kalite İndeksi (CQI)** ve Vaciana ve ark (1997) **Biyojenik Amin İndeksi (BAI)** oluşturmuşlardır. CQI, beş biyojenik aminin aşağıdaki formüle göre hesaplanmasıyla elde edilmektedir (Mietz & Karmas, 1977; Veciana-Nogués ve diğ. 1997):

$$\mathbf{CQI} = \frac{\text{Histamin (ppm)} + \text{Putrescin (ppm)} + \text{Kadaverin(ppm}}{1 + Spermin\ (ppm) + Spermidin(ppm)}$$

CQI değeri ile sınıflandırma üç gruba ayrılmıştır (Mietz & Karmas, 1977; Ruiz-Capillas & Herrero, 2019):

1. Kalite 0-1 (iyi kalite),
2. Kalite 1-10 (kabul edilebilir) ve
3. Kalite >10 (bozulmuş) olarak değerlendirilmektedir.

Biyojenik Amin Endeksi (BAI) ise aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

BAI= Histamin + Putresin + Kadaverin + Tiramin

Ton balığı ve sardalyaların organoleptik kalitesi ile ters (BAI değeri artarken duyusal kalitenin düşmesi) yönde korelasyon göstermektedir (Prester, 2011). BAI <5 ppm olması durumunda iyi kalitede taze, 5≤ BAI <20 ppm arası kabul edilmekle birlikte başlangıç bozulma belirtileri görülürken, 20≤ BAI <50 ppm düşük kaliteliyi ve BAI ≥50 ppm ise bozulmuş balık etini tanımlamaktadır (Ruiz-Capillas & Herrero, 2019).

Tetrodotoksin (TTX)

Tetrodotoksin (TTX) ilk kez 1909'da Dr. Yoshizumi Tahara tarafından balon balıklarının yumurtalıklarından izole edilmiş, ancak balon balığının insanlar için uzun süredir toksik olduğu

bu tespitten önce de kayıtlarda bulunmaktadır. Toksisitesi, insanlar için siyanürden bin kat daha fazla toksik olduğu gerçeğine atıfta bulunularak vurgulanmaktadır (Bane ve diğ. 2014). TTX, başta balon balıkları olmak üzere diğer deniz canlıları ile kara hayvanlarında bulunan bir nörotoksindir. Sinir sisteminin çeşitli fizyolojik ve patofizyolojik süreçlerinde spesifik voltaj kapılı sodyum kanalları üzerinde etki göstermektedir. TTX, voltaj kapılı sodyum kanalları (VGSCs)'nın dış vestibülündeki α-alt birimindeki nörotoksin reseptör bölgesine bağlanır ve kanalın dış gözeneklerini tıkayarak sodyum iyon akışını engellemektedir (Nieto ve diğ. 2012).

Balon balığının yanı sıra, TTX barındırdığı bilinen diğer türler şunlardır: eklem bacaklılar, semenderler, kurbağalar, deniz salyangozları, denizyıldızları, mavi halkalı ahtapotlar, şerit kurdu ve bakteriler (Şekil 2.21 ve Tablo 2.27). TTX ve analoglarının dağılımının organizmaya ve/veya dokuya özgü olduğu da bilinmektedir (Bane ve diğ. 2014). Yirmiden fazla balon balığı türünün bu toksini barındırmaktadır. TTX hem suda çözünür hem de ısıya dayanıklıdır, bu nedenle pişirme prosesleri toksisitesini ortadan kaldırmaz; daha ziyade toksik etkiyi arttırmaktadır. Sonuç olarak, balığın tehlikeli kısımlarının (özellikle karaciğer, yumurtalıklar ve deri) servis edilmeden önce kesilmesini sağlamak için özel olarak eğitilmiş aşçılar tarafından büyük özen gösterilmesi gerekmektedir. Tüm bu süreçlere rağmen balon balığı tüketimine bağlı zehirlenmeler ve bazı ölüm vakaları TTX bağlantılıdır (Bane ve diğ. 2014).

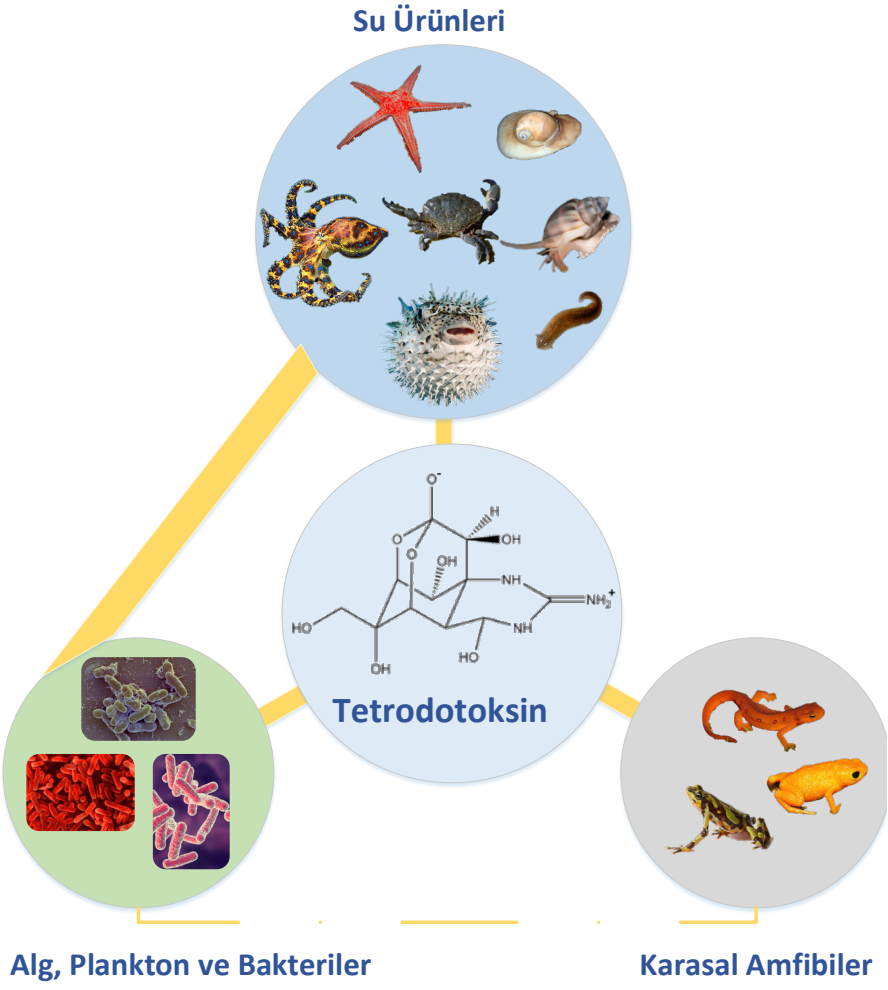
Balon balıklarında TTX'in kökeni konusunda bazı varsayımlar vardır. Kültür olarak yetiştiriciliği yapılan, toksik olmayan balon balığının TTX içeren bir diyetle beslendiğinde toksik hale geldiği ve TTX içermeyen bir diyetle beslendiğinde toksik balon balığının toksititesini kaybettiği tespit edilmiştir. Balon balığındaki TTX kaynağının, canlının bağırsağında doğal olarak yaşayan bir endo-simbiyotik bakteri ile ilişkili olduğu da belirlenmiştir. Bu, balon balığının başlangıçtaki besin ağı yoluyla TTX üreten bakterileri edinebileceği ve bu bakterilerin daha sonra balıkta kaldığı hipotezi ile açıklanabilmektedir. Aslında, *Pseudomonas* ve *Vibrio* cinslerinden bazıları da dahil olmak üzere, her yerde bulunan çeşitli bakteri türleri TTX üretebilmektedir. TTX'in karada yaşayan hayvanlarda, örneğin semender ve kurbağa daki kökeni endojen olup bu hayvanların yırtıcılardan korunmasında bir savunma rolü vardır (Şekil 2.21) (Bane ve diğ. 2014).

TTX'in doğal olarak oluşan 26 analoğu vardır. Bu analoglar için analizlere yönelik gerçek standartlar ticari olarak mevcut olmayıp, mevcut kaynaklardan çıkarılmalı ve izole edilmelidir (bazı durumlarda birçok kimyasal modifikasyon ile); TTX, 4-epiTTX ve 4,9-anhydroTTX birlikte şerit kurdu, *Cephalothrix simula*'dan (daha önce *Cephalothrix* spp.) izole edilebilmekte; *Fugu pardalis* yumurtalıklardan ve karaciğerlerinden TTX; Semenderlerden *Cynops ensicauda*' dan 11-deoxy TTX; *Fugu poecilonotus* ve *Fugu pardalis* yumurtalarından TTX, 4-epiTTX

ve 4,9-anhydroTTX; *F. poecilonotus* yumurtalarından 5,6,11-TrideoxyTTX; Semenderlerden, *Cynops ensicauda'* dan 6-epiTTX ve 11-deoxyTTX; Kurbağalardan *Atelopus chiriquiensis' den* kiriquitoksin; *Takifugu oblongus* türü balon balığı karaciğerinden TTX, 4-epiTTX ve anhidro TTX; *Fugu poecilonotus* ve *Fugu pardalis* türü balon balıklarından TTX, 4-epiTTX, 4,9-anhidroTTX ve 5,6,11-trideoksiTTX; Hwang ve diğ. 1988 yöntemiyle *Takifugu oblongus*' un karaciğerinden TTX (% 94.3 saflık); Semenderlerden 6-epiTTX ve 11-deoksiTTX, *Cynops ensicauda* türü balon balığından TTX, 6-epiTTX, 4-epiTTX ve 4,9-anhidroTTX izole edilebilmektedir (Şekil 2.22) (Bane ve diğ. 2014).

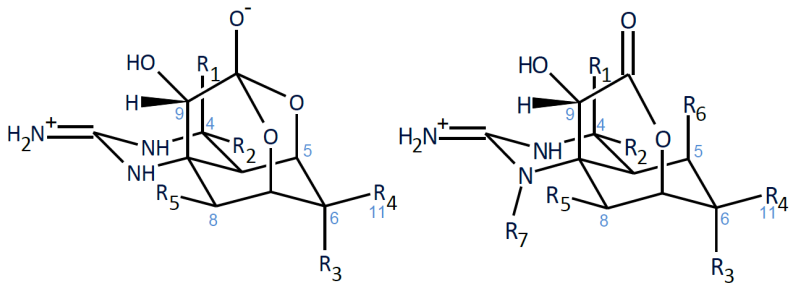
TTX ve analoglarının tespiti ve kantitatif analizi için çeşitli analitik yöntemler kullanılmaktadır. Fare biyolojik deneyi, TTX ve bazı toksik analoglarını (5,6,11-trideoxyTTX, 11-deoxyTTX ve 6,11-dideoxyTTX) saptama yönünden yaygın olarak kullanımı söz konusu iken, Sıvı Kromatografi Kütle Spektrometresi/Kütle Spektrometresi (LC-MS/MS) rakipsiz seçiciliği nedeniyle TTX ve analogları için tercih edilen bir yöntemdir. Farelerde TTX için toksisite limitleri oluşturulmuştur, ancak yine de insanlarda TTX için doğru düzenleyici limitler henüz ortaya konmamıştır. Bununla birlikte, TTX analogları için standartların yetersizliği, bu tür çalışmaların gerçekleştirilmesinde ana engeldir (Bane ve diğ. 2014).

Gıda güvenliği perspektifinden bakıldığında, TTX insan sağlığını ciddi şekilde tehdit etmektedir. TTX geçmişi tarihi kayıtlara dayanan birçok zehirlenme ve ölümün sorumlusu olmuş, gıdayla ilgili tehdit, balon balığından elde edilen "Fugu" nun tüketimi nedeniyle tarihsel olarak Japonya ve diğer Asya ülkeleri ile sınırlı kalmıştır. Bununla birlikte, günümüzde devam eden iklim değişiklikleri nedeniyle coğrafi kısıtlamalar ve TTX taşıyıcı tür yayılımı değişmektedir. Örnek olarak, bazı TTX taşıyıcı türler yakın zamanda Akdeniz bölgelerinde de tespit edilmiştir. Bu da bu toksin kemotipinin daha geniş bir coğrafi alana yayılma kapasitesine işaret etmektedir. Dahası, TTX'in son zamanlarda Avrupa'da hasat edilen midye ve Pasifik istiridyeleri gibi çift kabuklu yumuşakçalarını da kontamine ettiği görülmüş, bu da geniş bir tüketim potansiyeli olan gıdalar da dahil olmak üzere çok çeşitli su ürünleri türlerinde bulunma kapasitesine işaret etmektedir. Bu nedenle, yakın bir gelecekte, TTX, riskin şimdiye kadar ihmal edilebilir olarak değerlendirildiği coğrafi alanlardan daha yoğun gıda tüketim zincirine dahil olarak eskisinden daha geniş bir tüketici yelpazesini tehdit edebilecektir (Dellafiora ve diğ. 2017) (Tablo 2.28).



Şekil 2.21. Tetrodotoksin kaynakları

İnsanda, tetrodotoksinin öldürücü dozu 1 ila 2 mg civarındadır ve semptomlara neden olmak için gerekli minimum dozun 0.2 mg olduğu tahmin edilmektedir. Tetrodotoksin intoksikasyonu semptomlarının başlangıcı genellikle alımdan 10 ila 45 dakika sonra ortaya çıkar, ancak üç saat veya daha fazla gecikmelerde olabilmektedir. Yüzde ve ekstremitelerde parestezi, bunu baş dönmesi veya uyuşma, mide bulantısı, kusma, ishal ve epigastrik ağrı takip etmektedir. Daha sonra hızlı nefes alma gibi solunum semptomları görülmekte, bu sürececin devamında düşük tansiyon, konvülsiyonlar ve düzensiz kalp atış hızı oluşabilmektedir. Çoğu durumda, hastalar genellikle ilk altı saat içinde gerçekleşen ölümden kısa bir süre öncesine kadar bilinçlerini koruyabilmektedir. Tüm insanlar tetrodotoksin zehirlenmesine karşı hassas olup, tetrodotoksin için bilinen bir antidot veya antitoksin bulunmamaktadır (Tsang & Tang, 2007).



Sol: Hemilaktal tip analoglar

Toksin	R1	R2	R3	R4	R5
TTX	H	OH	OH	CH_2OH	OH
4-epiTTX	OH	H	OH	CH_2OH	OH
6-epiTTX	H	OH	CH_2OH	OH	OH
11-deoksiTTX	H	OH	OH	CH_3	OH
6-epi-11-deoksiTTX	OH	H	OH	CH_3	OH
6,11-dideoksiTTX	H	OH	H	CH_3	OH
8,11-dideoksiTTX[a]	H	OH	OH	CH_3	H
TTX-8-O-hemisüksinat	H	OH	OH	CH_2OH	$OCO(CH_2)_2COO^-$
Krikitoksin (CqTX)[b]	H	OH	OH	$CH(OH)CH(NH_3^+)COO^-$	OH
11-nor-TTX-6(S)-ol	H	OH	OH	H	OH
11-nor-TTX-6(R)-ol	H	OH	H	OH	OH
11-nor-TTX-6,6-diol	H	OH	OH	OH	OH
11-okso-TTX	H	OH	OH	$CH(OH)_2$	OH
TTX-11-COOH[b]	H	OH	OH	COO	OH

Sağda: Lakton tipi analoglar

Toklsin	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
TTX (lakton)c	H	OH	OH	CH_2OH	OH	OH	H
6-epi-TTX (lakton)[c]	H	OH	CH_2OH	OH	OH	OH	H
11-deoksiTTX (lakton)[c]	H	OH	OH	CH_3	OH	OH	H
11-nor-TTX-6(S)-ol (lakton)[c]	H	OH	OH	H	OH	OH	H
11-nor-TTX-6(R)-ol (lakton)[c]	H	OH	H	OH	OH	OH	H
11-nor-TTX-6,6-diol (lakton)[c]	H	OH	OH	OH	OH	OH	H
5-deoksiTTX	H	OH	OH	CH_2OH	OH	H	H
5,11-dideoksiTTX	H	OH	OH	CH_3	OH	H	H
4-epi-5,11-dideoksiTTX	OH	H	OH	CH_3	OH	H	H
1-hidroksi-5,11-dideoksiTTX[b]	H	OH	OH	CH_3	OH	H	OH
5,6,11-trideoksiTTX	H	OH	H	CH_3	OH	H	H
4-epi-5,6,11-trideoksiTTX	OH	H	H	CH_3	OH	H	H

a – Sentezlenmiş ve doğal olarak gözlemlenmemiş analog
b - Yalnızca semenderlerde tanımlanan analog
c - hemilaktal formun lakton tautomeri

Şekil 2.22. Hemilaktal (solda) ve lakton (sağda) tipi omurgalara sahip TTX analoglarının yapısı (Harwood ve diğ. 2020).

Tablo 2.27. TTX lerin analog ve kaynakları (Bane ve diğerleri, 2014)

No	Analoğu	Molar Kütle	Molekül Formülü	Kaynak Organizma
1	4-S-Cys TTX	422.110.753	$C_{14}H_{22}N_4O_9S$	Balon balığı: *Fugu pardalis*
2	TTX-8-O-hemisüksinat	418.109.787	$C_{15}H_{20}N_3O_{11}^-$	Sentetik analog
3	Chiriquitoksini	392.117.945	$C_{13}H_{20}N_4O_{10}$	Kurbağa: *Atelopus chiriquiensis*
4	11-oxoTTX	335.096.482	$C_{11}H_{17}N_3O_9$	(i) Balon balığı: *Arothron nigropunctatus* (ii) Gastropod: *Nassarius* spp. (iii) Ksantit yengeci: *Atergatis floridus* (iv) Semender: *Taricha* spp. ve *Notophthalmus viridescens* (v) Kurbağa: *Brachycephalus ephippium* ve *B. pernix*
5	TTX-11-karboksilik asit	332.073.007	$C_{11}H_{14}N_3O_9^-$	Sentetik analog
6	TTX	319.101.567	$C_{11}H_{17}N_3O_8$	(viii) Deniz salyangozu: *Pleurobranchea maculata* (ix) Kopepod: *Pseudocaligus fugu,* panter balon balığı *Takifugu pardalis* üzerinde ektoparazitik (x) Şerit kurdu: *Cephalothrix* spp. (Hortumlu solucanlar) ve *Cephalothrix linearis* (Hortumlu solucanlar) (xi) Bakteriler: *Fugu obscurus* kaynaklı *Bacillus* spp. W-3; *Atergatis floridus ksantid* yengeç kaynaklı *Vibrio* spp.; denizyıldızı *Astropecten polyacanthus* kaynaklı *Vibrio alginolyticus; Takifugu obscurus'* tan *Aeromonas; Fugu obscurus'* tan *Bacillus* spp.*; Fugu rubripes kaynaklı Bacillus* spp. *ve Actinomycete* spp.; *Microbacterium arabino galactanolyticum; Serratia marcescens; Chelonodon patoca* kaynaklı *Vibrio alginolyticus;* taze su sedimenti kaynaklı *Bacillus, Micrococcus, Alcaligenes, Caulobacter ve Flavobacterium;* Derin deniz sedimentinden *Bacillus, Micrococcus, Acinetobacter, Aeromonas, Alcaligenes, Alteromonas, Flavobacterium, Moraxella, Pseudomonas* ve *Vibrio;* mavi halkalı ahtapot *Octopus maculosus* kaynaklı *Alteromonas, Bacillus, Pseudomonas* ve *Vibrio* spp., *Pseudocaligus fugu kopepoddan Roseobacter* spp., balon balığı *Takifugu pardalis* paraziti, *Kopepodlar, Pseudocaligus fugu* ve *Taeniacanthus* spp., Balon *Takifugu niphobles* parazitleri, balon balığından *Aeromonas, Takifugu obscures* ve *Vibrio* suşu, balon *Fugu vermicularis radiatus*' tan LM-1

Tablo 2.27. Devamı

No	Analoğu	Molar Kütle	Molekül Formülü	Kaynak Organizma
7	4-epiTTX	319.101.567	$C_{11}H_{17}N_3O$	(i) Balon balığı: *F. niphobles, Takifugu nigroviridis, Fugu poecilonotos, Fugu pardalis, Takifugu oblongus, Tetraodon nigroviridis, Tetradon biocellatus* ve *Lagocephalus sceleratus, Sphoeroides annulatus, S. lispus, Arothron meleagris, Canthigaster punctatissima* ve *Pseudocaligus fugu ve A. meleagris* (ii) Gastropod: *Nassarius spp., Nassarius glans, Charonia lampas* ve *M. lineata* ve *N. semiplicatus* (iii) Yengeç: *Demania cultripes* (iv) Semender: *Cynops pyrrhogaster, Cynops ensicauda popei, Cynops ensicauda, Notophthalmus viridescens, Triturus türleri* ve *Taricha granulosa* (v) Kurbağa: *Brachycephalus ephippium* (vi) Mavi halkalı ahtapot: *Octopus maculosus* (vii) Kopepodlar: *Pseudocaligus fugu ve Taeniacanthus* spp., balon *Takifugu niphobles* parazitleri (viii) Şerit kurdu: *Cephalothrix* spp. (ix) Bakteriler: *Vibrio* suşu, balondan LM-1, *Fugu vermicularis radiatus*
8	6-epiTTX	319.101.567	$C_{11}H_{17}N_3O_8$	(i) Balon balığı: *Fugu poecilonotos,* (<LOD) (ii) Semender: *Taricha* spp., *Cynops ensicauda, Cynops ensicauda popei, Notophthalmus viridescens, Cynops pyrrhogaster, Triturus alpestris, Triturus cristatus, Triturus helveticus, Triturus vulgaris, Taricha granulosa ve Cynops* spp. (iii) Kurbağa: *Brachycephalus ephippium, B. nodoterga ve B. pernix*
9	Tetrodonik asit	319.101.567	$C_{11}H_{17}N_3O_8$	(i) Balon balığı (ii) Semender: *Cynops ensicauda* (iii) Kurbağa: *Brachycephalus ephippium*
10	11-norTTX-6,6-diol	305.085.917	$C_{10}H_{15}N_3O_8$	Sentetik analog
11	5-deoksiTTX	303.106.652	$C_{11}H_{17}N_3O_7$	(i) Balon balığı: *Lagocephalus sceleratus, F. niphobles, T. nigroviridis, T. biocellatus,* balon balığı, *Fugu poecilonotus* ve *Fugu pardalis* (ii) Semender: *Cynops ensicauda popei* (<LOD) (iii) Kurbağa: *Brachycephalus ephippium, B. nodoterga* ve *B. Pernix*
12	11-deoksiTTX	303.106.652	$C_{11}H_{17}N_3O_7$	(i) Balon balığı: *F. niphobles, Takifugu oblongus, T. Nigroviridis, T. biocellatus, Lagocephalus sceleratus, Fugu poecilonotos* ve *Fugu pardalis* (ii) Semender: *Cynops ensicauda, Cynops* spp., *Taricha granulosa* ve *Notophthalmus viridescens* (iii) Kurbağa: *Brachycephalus ephippium, B. nodoterga* ve *B. pernix*
13	1-hydroksi-5,11-dideoksiTTX	303.106.652	$C_{11}H_{17}N_3O_7$	Semender: *Taricha granulosa*

Tablo 2.27. Devamı

No	Analoğu	Molar Kütle	Molekül Formülü	Kaynak Organizma
14	4,9-anhidro TTX	301.091.002	$C_{11}H_{15}N_3O_7$	(i) Balon balığı: *F. niphobles, T. nigroviridis, T. biocellatus, Fugu poecilonotos,* balon balığı, *Fugu pardalis, A. meleagris, Lagocephalus sceleratus, Sphoeroides annulatus* ve *S. lispus* (ii) Gastropod: *Charonia lampas* (iii) Xanthid yengeci: *Demania cultripes* (iv) Semender: *Cynops ensicauda popei, Cynops pyrrhogaster, Notophthalmus viridescens, Triturus* spp. ve *Taricha granulosa* (v) Kurbağa: *Brachycephalus ephippium*
15	6-epi-4,9-anhidroTTX	301.091.002	$C_{11}H_{15}N_3O_7$	Semender: *Cynops pyrrhogaster, Notophthalmus viridescens* ve *Triturus* spp.
16	AnhidroTTX	300.083.177	$C_{11}H_{14}N_3O_7$	(i) Balon balığı: *Takifugu niphobles, Takifugu oblongus* ve *Pseudocaligus fugu* (ii) Gastropod: *Charonia lampas, Nassarius* spp., *Zeuxis samiplicutus* ve *Nassarius glans, Natica lineata* ve *Polinices didyma* (iii) Yengeç: *Xanthias lividus* ve *D. cultripes* (iv) Semender: *Cynops ensicauda* (v) Kurbağa: *Brachycephalus ephippium* (vi) Mavi halkalı ahtapot: *Octopus maculosus* (vii) Kopepodlar: *Pseudocaligus fugu ve Taeniacanthus* spp., *puffer Takifugu niphobles* parazitleri (viii) Şerit kurdu: *Cephalothrix* spp. (ix) Bakteriler: *Pseudocaligus fugu kopepoddan Roseobacter* spp., *Takifugu pardalis* balon balığı paraziti ve balon balığı *Fugu vermicularis radiatus* kaynaklı *Vibrio* suşu, LM-1
17	11-norTTX-6(S)-ol	289.091.002	$C_{10}H_{15}N_3O_7$	(i) Balon balığı: *Lagocephalus sceleratus, Fugu poecilonotos,* kirpi balığı, *Fugu pardalis* ve *A. meleagris* (ii) Kurbağa: *Brachycephalus ephippium* (iii) Semender: *Cynops ensicauda popei* (<LOD) ve *Arothron nigropunctatus* (iv) Deniz salyangozu: *Pleurobranchaea maculata*
18	11-norTTX-6(R)-ol	289.091.002	$C_{10}H_{15}N_3O_7$	(i) Balon balığı: *Lagocephalus sceleratus,* balon balığı ve *Fugu niphobles* (ii) Yengeç: *Atergatis floridus* (iii) Semender: *Cynops ensicauda* (iv) Deniz salyangozu: *Pleurobranchaea maculata*
19	1-hydroksi-8-epi-5,6,11-trideoksi TTX	287.111.737	$C_{11}H_{17}N_3O_6$	(i) Balon balığı*: Fugu poecilonotos* (<LOD) (ii) Semender: *Cynops ensicauda popei*

Tablo 2.27. Devamı

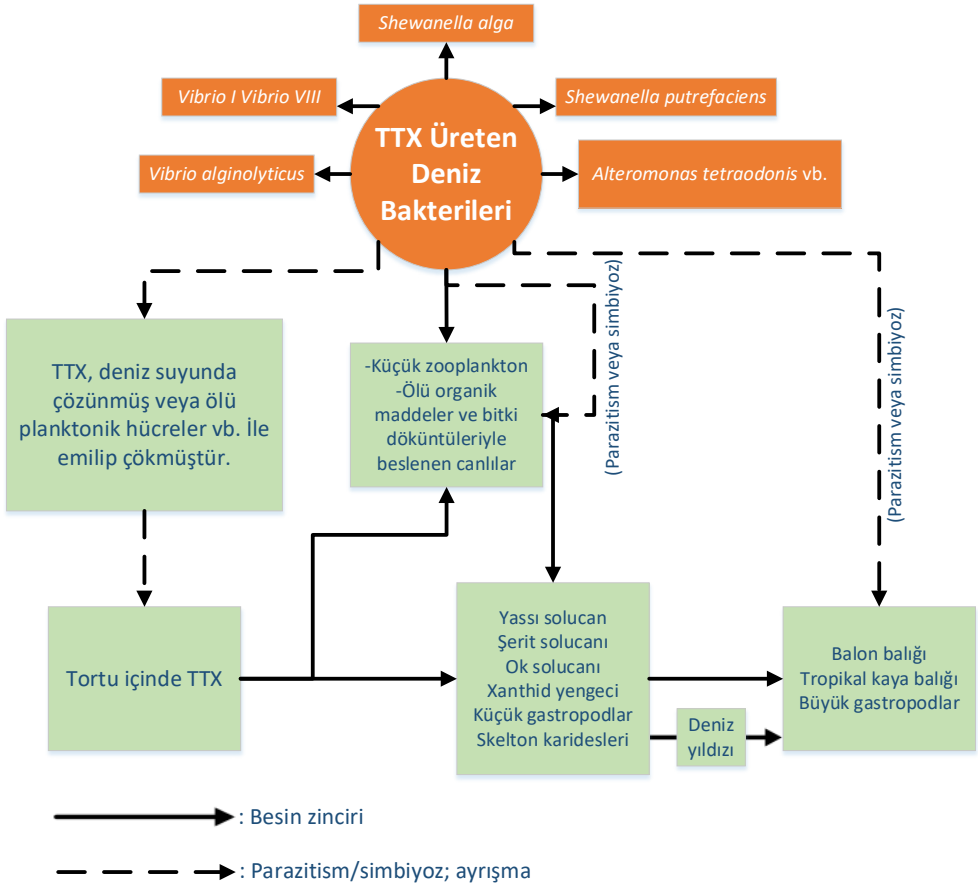
No	Analoğu	Molar Kütle	Molekül Formülü	Kaynak Organizma
20	6,11dideoksiTTX	287.111.737	$C_{11}H_{17}N_3O_6$	(i) Balon balığı: *F. niphobles, T. Nigroviridis, T. Biocellatus, Fugu niphobles* ve *Fugu poecilonotos* ve *Fugu pardalis* (ii) Semender: *Cynops ensicauda popei* (<LOD)
21	8,11dideoksiTTX	287.111.737	$C_{11}H_{17}N_3O_6$	*Sentetik analog*
22	5,6,11-trideoksi TTX	271.116.822	$C_{11}H_{17}N_3O_5$	(i) Balon balığı: *F. niphobles, Takifugu oblongus, T. nigroviridis, T. biocellatus, Lagocephalus sceleratus,* balon balığı *Fugu poecilonotos* ve *Fugu pardalis* (ii) Gastropod: *Nassarius* spp. ve *Charonia lampas*
23	8-epi-5,6,11-trideoksi TTX	271.116.822	$C_{11}H_{17}N_3O_5$	Semender: *Cynops ensicauda popei*
24	4-epi-5,6,11-trideoksi TTX	271.116.822	$C_{11}H_{17}N_3O_5$	Balon balığı
25	1-hydroksi-4,4a-anhidro-8-epi-5,6,11-trideoksi TTX	269.101.172	$C_{11}H_{15}N_3O$	(i) Balon balığı: *Fugu poecilonotus* (<LOD) (ii) Semender: *Cynops ensicauda popei*
26	4,9-anhidro-5,6,11-trideoksi TTX	253.106.257	$C_{11}H_{15}N_3O_4$	Balon balığı
27	4,9-anhidro-8-epi-5,6,11-trideoksi TTX	253.106.257	$C_{11}H_{15}N_3O_4$	*Semender: Cynops ensicauda popei*
28	4,4a-anhidro-5,6,11-trideoksi TTX	253.106.257	$C_{11}H_{15}N_3O$	*Balon balığı*
29	4-epi-11-deoksiTTX	-	-	*Semender (Cynops ensicauda)*
30	4,9-anhidro-11-deoksiTTX	-	-	*Semender (Cynops ensicauda)*



Fotoğraf 2.19. Sularımızda rastlanan balon balığı (Fotoğraf Doç. Dr. Özcan Gaygusuz).

Tablo 2.28. TTX kaynaklı zehirlenmeler (Noguchi & Ebesu, 2001)

Zehirlenme Aşamaları	**Belirti ve Bulgular**
Birinci aşama	Nöromüsküler semptomlar (dudak, dil ve yutak parestezi; tat alma bozukluğu; baş dönmesi, baş ağrısı; terleme; göz bebeği daralması); gastrointestinal semptomlar (salivasyon, hipersalivasyon, bulantı, kusma, hiperemezis, hematemez, hipermotilite, ishal, karın ağrısı)
İkinci aşama	Ek nöromüsküler semptomlar (ileri düzey genel parestezi; falanks ve ekstremitelerde felç; pupiller genişleme, refleks değişiklikleri)
Üçüncü aşama	Artmış nöromüsküler semptomlar (dizartri; disfaji, afaji; letarji; koordinasyon bozukluğu, ataksi; yüzen his; kraniyal sinir felçleri; kas fasikülasyonları), kardiyovasküler / pulmoner semptomlar (hipotansiyon veya hipertansiyon; vazomotor blok; sinüs bradikardi, asistolikardi dahil kardiyak aritmiler, taşikardi ve atriyoventriküler düğüm iletim anormallikleri; siyanoz; solukluk; dispne), dermatolojik semptomlar (eksfolyatif dermatit, peteşi, kabarcıklanma)
Dördüncü aşama	Solunum yetmezliği, bozulmuş zihinsel yetiler, aşırı hipotansiyon, nöbetler, derin tendon kaybı ve omurilik refleksleri



Şekil 2.23. TTX oluşum mekanizması (Bane ve diğ. 2014; Noguch & Arakawa, 2008).

Tablo 2.29. Balon balığı toksisitesi (Noguch & Arakawa, 2008)

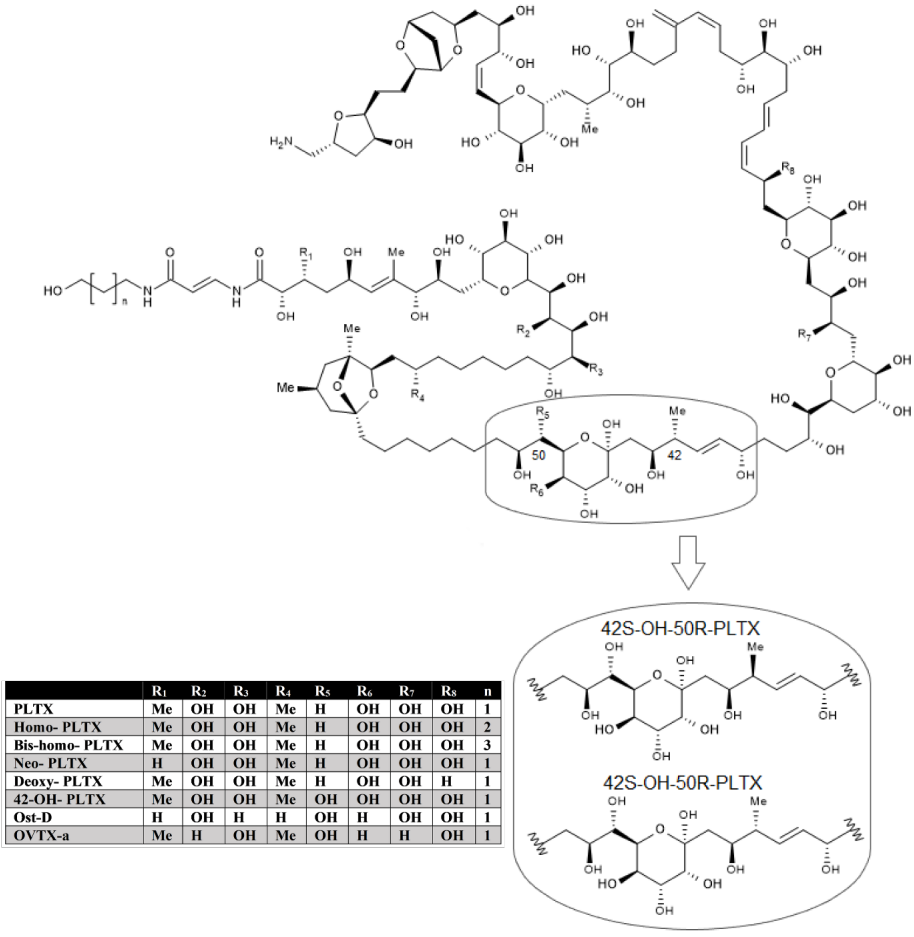
Maximal toxicity*								
Familya	**Habitat**	**Tür**	**Ovaryum**	**Testis**	**Karaciğer**	**Deri**	**Bağırsak**	**Kas**
Tetraodontidae	**Denizel**	**Japon Balon Balıkları**						
		Takifugu niphobles	●	○	●	Δ	●	○
		T. poecilonotus	●	Δ	●	Δ	Δ	○
		T. pardalis	●	○	●	Δ	Δ	×
		T. snyderi	●	×	●	Δ	Δ	○
		T. porphyreus	●	×	●	Δ	Δ	×
		T. chinensis	●	–	●	–	–	–
		T. obscurus	●	×	Δ	Δ	Δ	×
		T. exascurus	●	×	Δ	Δ	–	×
		T. pseudommus	●	×	○	○	○	×
		T. chrysops	Δ	×	Δ	Δ	○	×
		T. vermicularis	Δ	×	Δ	Δ	○	×
		T. rubripes	Δ	×	Δ	×	○	×
		T. xanthopterus	Δ	×	Δ	×	○	×
		T. stictonotus	Δ	×	Δ	○	×	×
		Tetraodon alboreticulatus	●	–	○	○	Δ	○
		Pleuranacanthus sceleratus	●	–	○	○	Δ	○
		*Chelonodon patoca***	Δ	Δ	Δ	●	–	Δ
		Arothron firmamentum	Δ	×	×	○	×	×
		Canthigaster rivulata	×	–	○	Δ	○	×
		Lagocephalus lunaris	×	×	×	Δ	×	●
		L. inermis	×	×	Δ	×	×	×
		L. wheeleri	×	×	×	×	×	×
		L. gloveri	×	×	×	×	×	×
		Sphoeroides pachygaster	×	×	×	×	×	×
	Denizel	**Çin Balon Balıkları**						
		Takifugu flavidus	●	Δ	●	Δ	Δ	○
	Acısu	Tayland Balon Balıkları						
		Tetraodon nigroviridis	–	–	×	Δ	○	○
		T. steindachneri	–	–	×	Δ	×	×
Diodontidae	**Denizel**	**Japon Balon Balıkları**						
		Diodon holocanthus	×	–	×	×	×	×
		Chilomycterus affinis	×	–	×	×	×	×
Ostraciidae	**Denizel**	**Japon Balon Balıkları**						
		Ostracion immaculatum	×	×	×	×	×	×
		Lactoria diaphana	×	×	×	×	×	×
		Aracana aculeata	×	×	×	×	×	×

* ×: <10 MU/g doku; ○: 10-100 MU/g doku (zayıf toksik); Δ: 100-1000 MU/g doku (orta derecede toksik); ● : >1000 MU/g doku (kuvvetli toksik), burada 1 MU (fare ünitesi), intraperitoneal uygulamadan 30 dakika sonra ddY suşu (20 g vücut ağırlığı) erkek bir fareyi öldüren toksin miktarı olarak tanımlanır. Miktar yaklaşık 0,2 μg TTX'e eşittir. –: veri yok. ** Denizden acı su türüne kadar.

Palytoksin

Palytoksin (PLTX), kimyasal yapısı (CAS Kayıt Numarası 77734-91-9, $C_{129}H_{223}N_3O_{54}$, MW 2680,148) ile en karmaşık ve büyük polimerik olmayan doğal moleküllerden biri olarak kabul edilmektedir (Şekil 2.24) (Patocka ve diğ. 2018).

Çeşitli deniz organizmalarının PLTX' ler ve deniz ürünleri dahil vektör türlerinde karşılaşılan analog toksinleri ürettiği bildirilmiştir. Sonuç olarak, PLTX' lerin dağılımını anlamak için PLTX üreten türlerin dağılımı da dikkate alınmalıdır. PLTX ilk olarak deniz zooksantiti *Palythoa toxica'* dan 1971 yılında Moore ve Scheuer tarafından izole edilmiştir. İzole edilmesinden bu yana *Palythoa* cinsinin çok sayıda yumuşak mercanda da bulunmuştur. Bununla birlikte, *Palythoa* zooxanthid' lerdeki PLTX orijini net değildir, bakterilerden veya simbiyotik mikroorganizmalardan türediği ileri sürülmüştür (Aligizaki ve diğ. 2011).



	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7	R_8	n
PLTX	Me	OH	OH	Me	H	OH	OH	OH	1
Homo- PLTX	Me	OH	OH	Me	H	OH	OH	OH	2
Bis-homo- PLTX	Me	OH	OH	Me	H	OH	OH	OH	3
Neo- PLTX	H	OH	OH	Me	H	OH	OH	OH	1
Deoxy- PLTX	Me	OH	OH	Me	H	OH	OH	H	1
42-OH- PLTX	Me	OH	OH	Me	OH	OH	OH	OH	1
Ost-D	H	OH	H	H	OH	H	OH	OH	1
OVTX-a	Me	H	OH	Me	OH	H	H	OH	1

Şekil 2.24. Palytoksin ve türevlerinin yapıları (Carlin ve diğ. 2022).

PLTX' lere atfedilen insan zehirlenmesi vakaları genellikle dört maruziyet yolu ile ilişkilendirilmiştir: (i) oral maruziyet; (ii) deri; (iii) solunum ve (iv) göz. Kontamine balık veya kabukluların yenmesinden sonra oral maruziyet, insan sağlığı için en zararlı olanıdır, ancak şimdiye kadar sadece tropikal ve subtropikal bölgelerde sınırlı sayıda gıda kaynaklı zehirlenme belgelenmiştir. PLTX' e atfedilen gıda kaynaklı zehirlenmeler arasında, sadece birkaçı kesinlikle biyolojik ve/veya kimyasal analiz yöntemleriyle kalıntıları doğrudan tespit ederek bu toksinlerle ilişkilendirilmiştir. PLTX vektörleri başlıca yengeçler (*Demania reynaudii*), papağan balığı (*Scarus ovifrons*), altın benekli ringa balığı (*Herklotsichthys quadrimaculatus*) ve serranid balıklar (*Epinephelus* spp.). Zehirlenme semptomları başlangıçta gastro-intestinal sistemi (bulantı, ishal ve kusma) ile sinir sistemini (konvülsiyonlar, baş dönmesi, uyuşma ve huzursuzluk), ardından iskelet kası gibi diğer uyarılabilir dokuları (zayıflık, kas krampları, miyalji ve rabdomiyoliz) ve kardiyovasküler sistemi (bradikardi, taşikardi) etkilemektedir. Klinik tabloya göre genelde solunum yollarını içeren semptomlar (hızlı, sık solunum, siyanoz ve nefes darlığı) görülmekte, bazı durumlarda solunum yetmezliğine bağlı nadiren mortalitede meydana gelebilmektedir (Pelin ve diğ. 2016).

Sardalya ve ringa balığı (Clupeidae) veya hamsi (Engraulidae) gibi klupeotoksizm olarak adlandırılan vaka da PLTX ile ilişkilenmektedir. Clupeoid balıkların yenmesinden kaynaklanan zehirlenme, dünyanın tropikal ve subtropikal bölgelerinde yaygındır. Bu zehirlenme, ciguatera veya diğer balık zehirlenmesi türlerinden ciddiyetine veya yüksek ölüm oranına bağlı olarak ayrılmaktadır. Zehirlenme, meydana gelmesi çok nadir olmakla birlikte, olayın öngörülemezliği nedeniyle Clupeoid balıkların gıda olarak tüketilmesinde ciddi bir engel oluşturmaktadır. Toksik numune elde etmenin aşırı zorluğu, bilim insanlarının kimyasal ve etiyolojik araştırmalar yapmasını engellemiştir. Clupeotoksin vakalarına ilişkin bir derlemede, en eski vaka raporu, bilinen sardalya benzeri bir balık tüketimini içeren Desportes (1770) raporudur. Halstead (1967), klupeoid zehirlenmesiyle ilgili toplam 87 referans listelemiştir. Genellikle değerli besin olarak kabul edilen bu balıkların yalnızca ara sıra toksik hale geldiği, biyo toksisitesinin ise tamamen öngörülemeyen bir fenomen olduğu belirtilmekle birlikte (Aligizaki ve diğ. 2011) balığın dipten beslenme alışkanlığına bağlı bentik organizmalardan *Ostreopsis siamensis*' in toksin kaynağı olduğu öngörülmektedir (Onuma ve diğ. 1999).



Şekil 2.25. PLTX' in deniz ürünleri örneklerinde dünya çapında dağılımı (Aligizaki ve diğ. 2011).

Tablo 2.30. Ciguatoksin, histamin, tetrodotoksin ve palytoksin zehirlenmeleri dışındaki farklı ihtiyosarkotoksizm türlerinin sınıflandırılması ve genel özellikleri (Kumar-Roiné ve diğ. 2010)

İsmi	Türler	Kilinik Beliritler	Toksin
Clupeotoksin	Ringa balığı, hamsi, sardalya, tarpon, kemikli balıklar, derin deniz kemikli balıklar	Kısa inkübasyon süresi sindirim sendromu, kaşıntı, taşikardi, baş dönmesi, siyanoz. Koma ve ölüm çok nadir	-
Halüsinasyonlu Balık Zehirlenmesi	Deniz kefali, kefal, keçi balığı, sur kefali	Kısa inkübasyon süresi, gastrointestinal ve psikolojik rahatsızlıklar, halüsinasyon, baş dönmesi, davranış değişiklikleri, motor koordinasyon bozukluğu	Çeşitli, bilinmeyen toksinler
Karkatoksin	Çeşitli köpek balığı türleri	Hem sinir hem de sindirim belirtileri	Karışık toksinler Karkatoksinler
Siklostom Zehirlenmesi	Lampreys*, hagfish*	Mide bulantısı, kusma, dizanteri ishali, tenesmus, karın ağrısı ve halsizlik	Tespit edilmemiştir
Gempilotoksin	Gempylidae (*Ruvettus* spp.)	İshal	Esas olarak oleik asitten oluşan yağ
Elasmobranch Zehirlenmesi	Köpekbalıkların ışın ve *Rajidae* ların kuyruk dikenleri	Gastrointestinal, nörolojik ve kardiyovasküler semptomlar	Tespit edilmemiştir

*Türkçesi yok

Tablo 2.31. Balık kaynaklı zehirlenmelerinde toksik bileşiklerin türüne ve kaynağına göre sınıflandırılması (Kumar-Roiné ve diğ. 2010)

Türü	Biyolojik Etki	İlgili Balık Türleri
İhtiyohemotoksizm	Taze balık kanının enjeksiyonu, emilimi veya yutulması	*Anguillidae*, *Congridae*, *Muraenidae* ve *Ophichthidae*
İhtiyohepatotoksizm	Muhtemelen aşırı miktarda A vitamini içeren balık karaciğeri	*Scombridae*, *Serranidae*, *Sparidae* ve *Trichodontidae*
İhtiyootoksizm	Ağırlıklı olarak tatlı su ve birkaç deniz balığı türünün yumurtaları ve gonadları	Barbus, *Schizothorax* spp., Kadife balığı ve *Stichaeus* spp.
İhtiyoalleinotoksizm "Halüsinojenik Balık Zehirlenmesi"	Tropikal Pasifik ve Hint okyanuslarındaki bazı resif balıklarının başlarının veya etlerinin yenmesi üzerine	Tespit edilememiştir
İhtiyoakanotoksizm	Zehir aparatından salgılanan sokmalar, diken ışınlar veya dişlerinden kaynaklı yaralanmalardan	Tespit edilememiştir
İhtiyokrinotoksizm	Zehirler, gerçek bir zehir aparatından bağımsız olarak, genellikle deride bulunan glandüler yapı vasıtasıyla üretilir.	*Myxinidae*, *Grammistes* spp., *Rypticus* spp. ve *Ostraciidae*
İhtiyosarkotoksizm	Balığın eti ve diğer kısımlarının yenmesi üzerine	Mercan resiflerinde yaşayan çok sayıda balık

2.2.2. Kimyasal Kökenli İntoksikasyonlar

Kimyasal kökenli intoksikasyon ifadesi biyolojik faaliyetler sonucu üretilmeyen (inorganik) tüm doğal kaynaklardan veya antropolojik faaliyetler sonucu ortaya çıkan etmenleri kapsamaktadır. Genelde bu grup içindeki etkenler aynı zamanda kirleticiler ve kalıntı etkeni maddelerle doğrudan ilişkili olup bu başlık altında değerlendirilmesi gerekir.

Bu başlık altında değerlendirilen maddeler tüketici güvenliği bakımından gıdalarda arzu edilmemekle birlikte farklı yollarla gıdalara nüfuz etmektedir (Nau, 2003):

1. Çevre kirlenmesi ile (sanayii atıkları, ulaşım araçları, evsel atıklar, vb.)
2. Tarım uygulamaları ile (bitki koruma, zararlı mücadelesi, hayvan sağlığı ilacı, hormonlar, vb.)

Kirleticiler (Bulaşanlar), bilinçli olarak kullanılmayan, bunun yerine çevreden veya antropolojik faaliyetler sonucu gıdaya giren maddelerdir.

Kalıntılar, gıda üretimi (tarım, besicilik, balıkçılık, işleme prosesleri, vb.) sırasında bilinçli olarak kullanılan maddelerdir. Katkı maddeleri, Tarım ilaçları, Veterinerlik ilaçları ve Biyositler bunlar için temel örneklerdir.

İnorganik kirleticiler doğal kaynaklardan köken alabildiği gibi, antropojenik aktiviteler sonucunda çevreyi etkileyebilmektedir. Bu sebeple genelde kirleticiler aynı zamanda kalıntı

olarak da nitelendirilmekte elementel intoksikasyon (kurşun, kadmiyum, cıva, arsenik vb.), dioksin veya polyclorize biphenyller, mikroplastikler, vb. bunlara örnek oluşturabilmektedir. Bu maddeler çevreden veya teknolojik uygulamalar ile gıdayla temas ederek bulaşan veya kalıntı olmaktadır (Nau, 2003). Burada bulaşan veya kalıntı olmasının ayrımı bazen çok zor olabilmektedir. Örneğin tarımda pestisit türevlerinin bitkisel zararlılara karşı kullanımı bitki için kalıntı bu maddeleri kalıntı sınıfına sokarken, su veya hava sirkülasyonu ile su ürünlerinde birikim göstermesi ise kirletici grubunda değerlendirilmesine sebep olmaktadır. Su ürünleri vasıtasıyla bu kirleticiler ise besin zinciri yoluyla tüketimin en üst basamaklarında yer alan insanlar için de risk oluşturmaktadır.

2.2.2.1. Bulaşanlar ve Kalıntılar

Bulaşanlar (Kirleticiler) gıdalara kasıtlı olarak eklenmemiş doğal çevre ve üretimin çeşitli aşamalarında (bulunduğu çevresel şartlar, avcılık, besin zinciri, paketleme, nakliye, depolama vs.) gıdalara dâhil olabilmekte ve mevcudiyetini tüketiciye kadar koruyabilmektedir.

Ekosistemde canlılar arasındaki dengeyi bozan kirleticiler Kalıcı Organik Kirleticiler (KOK = Persistent Organic Pollutants (**POPs**)) olarak tanımlanmaktadır.

Kalıcı organik kirleticiler (KOK=POP), organik (karbon bazlı), kimyasal bileşikler ve bunların karışımlarından oluşan toksik maddelerdir. Bunlar DDT benzeri pestisit ve PCB gibi farklı endüstriyel kimyasallardır (Tablo 2.32).

KOK' lar su kaynakları ve gıdalara doğrudan veya doğrudan olmayan sanayii ve tarımsal faaliyetler ile bulaşması söz konusu olurken bu maddeleri diğer kimyasal kirleticilerden ayıran dört temel özellik vardır:

1. Kalıcılık
2. Toksisite
3. Biyolojik birikim
4. Çevrede uzun süre taşınım ve birikim

Su ürünlerinde kalıcı kirleticiler niteliğinde genelde Organoklorlu pestisitler (OCPs), Poliklorlu Bifeniller (PCBs), Perflourlanmış yüzey aktif madde bileşikleri [Perfluorierten Tensiden (PFT), Perflouroktan Sulfonik Asit (PFOS) ve Perflouroktanik Asit (PFOA)] ve Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) bileşikleri, Organokalaylı bileşikleri ve Organobromlu bileşikler kısa ve uzun dönemli gıda tüketimine bağlı riskler olarak değerlendirilmektedir (Özden & Erkan, Chemische Gefahren in Fisch- und anderen Meeresprodukten, 2005).



Şekil 2.26. Ekosistem içinde kirleticilerin son tüketiciye olan geçişi.

KOK'lar yarı uçucu özellikleri nedeniyle çok uzun mesafelere taşınabilen bileşiklerdir. Bu uçuculuk özellikleri, tropikal bölgelerde daha fazladır. Ilıman ve soğuk bölgelerde ise yoğunlaşıp daha kalıcı olmaktadır. Örneğin soğuk bölgelerde kutup canlıları ve su ürünleri dokularında KOK taşınım ve birikim oranları daha yüksektir.

İnorganik kirleticilerde ise ağır metaller (toksik elementler) tüketiciler açısında gıda güvenliği nezdinde değerlendirilmektedir.

Ülkemizde de bol miktarda tüketilen *Mytilus galloprovincialis* (kara midye) veya Akdeniz'de rastlanan *Mytillus edulis* besin ihtiyacını fitoplanktonlardan suyu süzerek sağlaması organik ve inorganik kirleticilerin bazılarının (pestisitler ve metaller gibi) sulardaki düzeyleri ve diğer organizmalara olan etkilerinin yorumlanması bakımından izleme (monitoring) çalışmalarında indikatör organizma olarak kullanımını gerekli kılmaktadır.

Yine besin zinciri vasıtasıyla nakledilen ve süreç içinde katlanarak artan kirleticilerin ve toksik maddelerin (DDT, PCB gibi sentetik organik kimyasallar, radyoaktif maddeler ve ağır metaller, ilaç kalıntıları, vb.) izlenmesi ve tüketici güvenliğinin sağlanması amacıyla örneklerin seçiminde besin zincirindeki konumu, yaş faktörü ve boy/ağırlık faktörleri çok önemlidir.

Tablo 2.32. Kalıcı Organik Kirleticilerden doğa ve insan için en riskli görülen gruplar (Stockholm Sözleşmesine taraf olan ülkelerin gerekli düzenleme ve önlemleri alması gerektiği kimyasal grupları)

Pestisitler	**Sanayide Kullanılanlar**	**Yan Ürün Olarak Oluşanlar**
Aldrin	Poliklorlu Bifeniller (PCBs)	Heksaklorobenzen (HCB)
Klordan	Heksaklorobenzen (HCB)	Dioksin
DDT	Mireks	Furan
Endrin		
Heptaklor		
Heksaklorobenzen (HCB)		
Dieldrin		
Mireks		
Toksafen		
Klordekon	Heksabromobifenil	Alfa Heksaklorosikloheksan
Lindan	Tetrabromodifenil Eter	Beta Heksaklorosikloheksan
	Pentabromodifenil Eter	
	Pentaklorobenzen	
	Perflourooktan Sulfonik asit	
Endosülfan		

Su ürünlerinde gıda güvenliği yönünden uzun-kısa vadeli dönemde intoksikasyona sebep olan genel kirleticiler aşağıdaki gibi değerlendirilebilmektedir:

- Elementler/Metaller (Kurşun, kadmiyum, civa, arsenik vb.)
- Pestisitler
- Poliklorlu Bifeniller
- Perflourlanmış yüzey aktif madde bileşikleri [Perfluorierten Tensiden (PFT), Perflouroktan Sulfonik Asit (PFOS) ve Perflouroktanik Asit (PFOA)]
- Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH)
- Veteriner İlaç Kalıntıları
- Radyonüklidler
- Mikroplastikler
- Ambalaj Malzemelerinden Taşınan Kirleticiler
- Deterjanlar/Dezenfektan Kalıntıları • Hatalı Kullanılan Katkı Maddeleri vb.

Kirleticilerin maruziyet değerlendirmesi altı bileşeni içermektedir (United States Environmental Protection Agency, 2000):

- Su ürünlerindeki kimyasal oluşumlar
- Kontamine su ürünlerinin coğrafi dağılımı

- Bireysel maruziyet değerlendirmesi
- Nüfus maruziyet değerlendirmesi
- Çoklu tür maruziyeti
- Çoklu kimyasal maruziyet

Kirleticilerle nüfusun maruz kalma değerlendirmesinin yapılabilmesi için gerekli verilerin aşağıdaki kategorilerden elde edilmesi gerekmektedir (United States Environmental Protection Agency, 2000):

1. Nüfusun yaş, cinsiyet ve vücut ağırlığı dağılımı (demografik veriler)
2. Maruz kalmanın muhtemel olduğu bir alanda ortalama ve maksimum kalış süresi
3. Nüfus dağılımına göre tüketim kalıpları
4. Türe, yaşa (boyut sınıfı) ve su kütlesine göre balık dokusundaki kirletici seviyeleri
5. Nüfusun çeşitli kesimlerinin genel beslenme durumu
6. Yemek hazırlama ve pişirme yöntemleri
7. Diğer kaynaklardan balık kontaminantlarına eş zamanlı maruz kalma (örn. mesleki, içme suyu veya diğer gıdalardan, havadan, topraktan, vb.)

Tablo 2.33. Balık örnekleme programları için önerilen hedef analitler (United States Environmental Protection Agency, 2000)

Elementler/Metaller Kadmiyum Arsenik (İnorganik) Cıva (Metilciva) Selenyum Tribütilkalay **Organoklorlu Pestisitler (OCPs)** Klordan, toplam (cis- ve trans-klordan, cis- ve trans-nonaklor, oksiklordan) DDT, toplam (2,4'-DDD, 4,4'-DDD, 2,4'-DDE, 4,4'-DDE, 2,4'-DDT, 4,4'-DDT) Dikofol Dieldrin Endosülfan (I ve II) Endrin Heksaklorobenzen Lindan (γ-heksaklorosikloheksan; γ-HCH) Mirex Toksafen	**Organofosfat Pestisitler** Klorpirifos Diazinon Disülfoton Ethion Terbufos **Klorofenoksi Herbisitler** Oksiflorfen **PCBs** Toplam PCB'ler (PCB türdeşlerinin toplamı veya Aroklors) **Dioksinler/ Furanlar PAHs**

Kategori 5, 6 ve 7, genel risk değerlendirmesi için önemli olan, öncelikle yerel düzeyde mevcut olan bilgilerle ilgilenmektedir. Ancak yerel bilgi yoksa ilgili popülasyonlara benzer popülasyonlardan alınan verilerde kullanılabilmektedir. Yerel veriler mevcut değilse, ulusal verilerle değerlendirme yapılmalıdır. Diğer popülasyonlardan gelen verilerin kullanılması belirsizlikler getirmektedir. Örneğin, birçok kimyasal, yetersiz beslenme durumu olan kişiler için daha büyük riskler oluşturabilmektedir. Sonuç olarak, basitleştirici varsayımların kullanılması, riskin olduğundan az tahmin edilmesine yol açabilmekte, diğer koşullar altında ise riskler olduğundan fazla tahmin edilebilmektedir. Tüketimin yüksek olduğu popülasyonlarda yetersiz beslenmeden şüpheleniliyorsa, yerel bilgi edinmek özellikle önemlidir (United States Environmental Protection Agency, 2000).

Maruziyet değerlendirmeleri, bir bireyin veya benzer şekilde maruz kalan bir grubun genel, kirleticiye özgü, ortama özgü veya popülasyona özgü maruziyetinin tanımlarını sağlar. Aşağıdaki denklem, bir RfD ile kolayca karşılaştırılabilecek veya kanser risklerini hesaplamak için kullanılabilen bir şekilde (mg/kg-gün) maruziyeti ifade etmek için kullanılabilmektedir (United States Environmental Protection Agency, 2000):

$$E_T = \frac{C_m \times CR}{BW} E_A + E_W + E_F + E_O$$

$\mathbf{E}_T$ = tüm kaynaklardan kirletici maddeye maruz kalma (mg/kg-gün)

$\mathbf{C}_m$ = balığın yenebilir kısmındaki konsantrasyon (mg/g)

CR = ortalama günlük balık tüketim oranı (g/gün)

BW = grubun ortalama vücut ağırlığı (kg)

$\mathbf{E}_A$ = hava kaynaklarından maruz kalma (mg/kg-gün)

$\mathbf{E}_W$ = su kaynaklarından maruz kalma (mg/kg-gün)

$\mathbf{E}_F$ = balık dışı gıda kaynaklarından maruz kalma (mg/kg-gün)

$\mathbf{E}_O$ = toprak gibi diğer kaynaklardan maruz kalma (mg/kg-gün)

2.2.2.1.1. Elementler/Metaller

Sanayi devriminden ve ekonomik küreselleşmeden bu yana, sayısız antropojenik kaynakla birlikte çevresel kirleticilerin çeşitliliği katlanarak artmıştır. Bu nedenle, gıda güvenliğine ilişkin ortaya çıkan sorunların çeşitliliği, özellikle insan sağlığı yönünde küresel bir endişe haline gelmiştir. Bu anlamda toksik elementlere bağlı kirlilik de her geçen gün dünya çapın-

da geniş bir alana yayılmakta, çevreyi ve ciddi sağlık tehlikeleri ile insanları etkilemektedir. Antropojenik etkilerin temel nedenleri ise bu süreçte kentselleşme, arazi kullanımında değişiklikler, sanayileşme ve bunların süreçleri olarak kabul edilmektedir. Bu toksik elementler (ağır metaller), kesin zararlı yapıda olup bu nedenle, Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı ve Toksik Maddeler ve Hastalık Kayıt Ajansı (United States Environmental Protection Agency and the Agency for Toxic Substances and Disease Registry = ATSDR) tarafından ilk 20' de yer alan tehlikeli madde listesine dahil edilmişlerdir (Rai ve diğ. 2019).

Elementler özellikle biyolojik süreçlere etki derecelerine göre yaşamsal (esansiyel), yaşamsal olmayan (non-esansiyel) olarak ikiye ayrılmaktadır. Çoğunlukla enzimatik bir tepkimedeki kofaktörü oluşturan, aynı zamanda vitamin ve hormonların bileşenlerinde bulunan elementlerin organizma yapısında belirli miktarda bulunması yaşamsal önem taşımaktadır. Ayrıca bazıları belirli bir derişimden sonra toksik olarak etki göstermektedir (Fe, Cu, Zn, Ni ve Se). Buna karşın, yaşamsal olmayan elementler (toksik) (Pb, Cd, Hg vb.), başlangıç derişimlerinden itibaren toksiktir (Özbolat & Tuli, 2016).

Bunun temel nedeni, havamızın, suyumuzun ve toprağımızın hepsinin metal içermesinden kaynaklanmaktadır (ve metalleri ve metaloidler denilen ametalleri birleştiren elementler). Gıdada bulunan seviyeleri ise yetiştirme koşulları, endüstriyel, imalat ve tarımsal süreçler, gıda mahsullerinin DNA'sı, geçmiş veya mevcut çevre kirliliği gibi birçok değişken faktöre bağlıdır (FDA, Metals and your food, 2020). Genel tanımlamada ise bu elementler **ağır metaller** olarak bilimsel ve toplumsal olarak karşılık bulmaktadır.

Ağır metal için yoğunluğa, atom ağırlığına, kimyasal özelliklerine veya toksisitesine yönelik bir farklı açıklamalar ile ifade edilmektedir. En genel tanımı ise yoğunluğu 5 g/cm^3 'den daha büyük olan metaller şeklindedir. İnsan sağlığı yönünden değerlendirmesinde ise ağır metal tanımı, elementlerin atomik ağırlıklarına bakılmaksızın toksik nitelik taşıması yönünden tanımlanmaktadır (Özbolat & Tuli, 2016).

Çevrede cıva, kurşun, kadmiyum ve arsenik gibi elementel intoksikasyon kaynakları doğal olarak bulunabilmekte veya atıklar ile artış gösterebilmektedir. Bu da yiyeceklerimizde, özellikle su ürünlerinde elementel risklerin (ağır metallerin) varlığına neden olmaktadır.

Su ürünleri tüketimi birçok sağlık yararı sağlasa da, bu gıda grubunda kirleticiler tüketicilerin sağlığı için önemli bir tehdit oluşturabilmektedir. Çeşitli çevresel kirleticilerden, metaller ve metaloidler su ürünlerinde en yaygın olarak biriken ve güvenli tüketim seviyelerini aşan miktarlarda tüketildiğinde sağlık sorunlarına yol açabilen toksinler arasındadır (Bosch ve diğ. 2016). Bu birikim su ürünlerinde solungaçlar, besin zinciri ve deri aracılığı ile gerçekleşmek-

tedir. Dış kaynaklardan alınan ağır metaller, aktarıcı proteinler ve kan vasıtası ile dokular ile organlara aktarılmakta, buralarda yüksek oranlara ulaşabilmektedir (Aktop & Çağatay, 2020). Genellikle su ürünleri tüketici nezdinde ağır metallere maruz kalmanın ana kaynaklarından birini temsil etmekte, izin verilen seviyelerin üzerinde toksik metaller içeren yiyecekler insan sağlığına zararlı kabul edilmekte ve birçok ulusal / uluslararası yönetmeliklerle ticareti yasaklanmıştır. Ağır metallerin toksik etkilerinden bazıları şunlardır; Bozulmuş böbrek (Pb, Cd, Hg) ve karaciğer (Pb ve Cd) işlevi, azalmış bilişsel işlev (Pb, Hg), bozulmuş üreme kapasitesi (Cd, Pb), hipertansiyon (Cd), nörolojik değişiklikler (Hg, Pb), teratojenik etkiler (Hg) ve kanserler (Cd) (Djedjibegovic ve diğ. 2020).

Her bir ağır metal farklı derecelerde toksisiteye sahip olduğundan, gıda maddelerindeki ağır metaller için izin verilen maksimum limitler (MAL' ler= Maximum Allowable Limits) ve geçici tolere edilebilir haftalık alım (PTWI), tüketicinin korunması için her ağır metale özel olarak belirlenmiştir. MAL' ler gıda ürünlerine özgüdür ve tüketicilerin zararlı kirletici seviyelerine maruz kalma olasılığının yüksek olduğu bir sınır sağlarken, PTWI, "başka türlü sağlıklı ve besleyici gıdaların tüketimiyle kaçınılmaz olarak ilişkilendirilen metal kirleticilerine haftalık izin verilen insan maruziyetini" temsil etmektedir. Ağır metal birikimi farklı organizmaların farklı gelişimi ve metabolik hızlarından etkilendiğinden, bu sınırlar türe özgü de olabilmektedir. Belirli popülasyon gruplarının balık tüketim kalıpları dikkate alındığından, farklı ülkelerin genel düzenlemelerden farklı MAL değerleri bulanabilmektedir (Bosch ve diğ. 2016).

Sayısız gıda maddesi yasal sınırların üzerinde metal kirletici maddeler içerebilse de su ürünleri genelde Pb, Cd, Hg ve As gibi ağır metalleri yüksek seviyelerde bulundurma eğilimindedir (Bosch ve diğ. 2016).

Kurşun (Pb)

Kurşun ve bileşikleri madencilik, pil üretimi, mühimmat, metal su boruları, oluklar, tabak, para, boya, dekoratif nesnelerin süslenmesi, kaselerin parlatılması, kozmetik ve gıda maddelerinde (tatlı hale getirmek için) bunun gibi birçok alanda 8000 yıl öncesi antropolojik faaliyetlerle hayatımıza girmiştir. Kurşun saf metal olarak kullanılabildiği gibi (kablo, ağırlık, levha, yapı kaplamaları, vb.) inorganik ve organik kurşun formlarıda kullanılmakta veya bulunmaktadır (Tablo 2.34). Pb ortamda +2 ve +4 oksidasyonu ile hem organik hem de inorganik formlarda oluşabilmektedir, organik kurşun tüketiciler için en toksik kurşun formudur (tetra etil yapısında). Kurşunun insan vücuduna alımı ise üç yolla gerçekleşmektedir: İnhalasyon, Sindirim ve Deriden emilim (Dündar & Arslan, 2005; Tamele & Loureiro, 2020). Tüketime

bağlı su ürünlerindeki kurşun insan sağlığını etkilemekte olup, iç organlarıyla tüketilmeyen (midye, istiridye vb. hariç) tüm bu grup gıdalarda kas dokudaki düzey gıda güvenliği açısından değerlendirilmelidir.

Tablo 2.34. İnorganik ve organik kurşun formları (Dündar & Arslan, 2005)

Kurşun Bileşikler	Kurşun Monoksit (PbO=mürdesenk), Kırmızı Kurşun (Pb_3O_4, kurşun tetraoksit=sülyen), Beyaz Kurşun ($PbCO_3$ kurşun karbonat=üstübeç), Kurşun Silikat ($PbSiO_3$), Kurşun Sülfür (PbS), Kurşun Kromat ($PbCrO_4$)
Kurşun Alaşımlar	Kurşun antimon alaşımları
Kurşun Alkiller	Kurşun Tetra Etil Kurşun Tetra Metil Kurşun Stearat

Sindirime dayalı kurşunun emilimi metalik, tuz veya organik olmak üzere hangi formda alındığına bağlıdır. Emilim metalik <tuz <organik şekilde artmaktadır. Kurşunun vücut sindirim sisteminde emilimi için midenin asidik ortamında iyonizasyonuna bağlıdır (Baydan & Yurdakök, 2010). Bu bakımdan erişkin tüketicilerde oral yolla alınan kurşunun %3-10' u vücut tarafından emilimi yapılırken bu oran çocuklarda %50 olarak gerçekleşmektedir (Özkan ve diğ. 2020). Sindirim süreçlerinde kalsiyumla kurşunun iyonik olarak benzeşmelerinden dolayı kurşun iyonu, kalsiyum iyonu gibi, kalsiyum iyon taşıyıcıları tarafından taşınabilmektedir. Bu benzerlik diyetteki kalsiyum azlığına bağlı kurşun emilimini tetiklemekte, kurşun ile kalsiyum emilimi ters orantılı gerçekleşmektedir (Özbolat & Tuli, 2016). Kurşun vücutta en çok kemikte olmak üzere beyin, akciğer, dalak, böbrek korteksi, eritrositler ve dişte birikimi söz konusudur. Lipit içeriği yoğun santral sinir sistemi örneğindeki gibi dokular özellikle kurşunun organik formlarına karşı duyarlıdır (Özkan ve diğ. 2020). Aynı zamanda kurşun, çocukların beyin gelişimini etkileyerek, zekâ katsayısının (IQ) azalmasına, dikkat süresinde düşmeye, antisosyal davranışların artması gibi davranış değişikliklerine ve eğitim başarısının azalmasına neden olabilmektedir. Kurşunun nörolojik ve davranışsal etkilerinin geri döndürülemez olduğu varsayılmaktadır (WHO, 2019).

Kurşun (WHO, 2019);

- Kurşun, birden fazla vücut sistemini etkileyen ve özellikle küçük çocuklar için zararlı olan kümülatif bir toksik maddedir.
- Vücuttaki kurşun beyine, karaciğere, böbreğe ve kemiklere dağıtılır. Zamanla biriktiği dişlerde ve kemiklerde depolanır. İnsan maruziyeti genellikle kandaki kurşunun ölçülmesiyle değerlendirilebilmektedir.

- Kemikteki kurşun hamilelik sırasında kana karışır ve gelişmekte olan fetüse maruz kalma kaynağı haline gelmektedir.
- Zararlı etkileri olmadığı bilinen kurşuna maruz kalma düzeyi yoktur.

Kurşunun moleküler toksisitesi kandaki 5 µg/dL kadar düşük bir konsantrasyonda dahi ortaya çıkmaktadır. Kurşun, insanların vücut fonksiyonları için üç önemli enzimi, yani delta-aminolevulinik asit dehidrataz, delta-aminolevulinik asit sentaz ile ferroşelataz' ı inhibe etmektedir. Sentez enzimlerinin inhibisyonu, dolaşımdaki hemoglobin seviyelerinde bir azalmaya ve sitokrom P 450' ye bağımlı faz I metabolizmasının bozulmasına neden olabilmektedir. Buna bağlı hayvan modeli testleri, kronik maruziyette, Pb' nin böbreklerde nörotoksisiteye, nörogelişimsel toksisiteye, kardiyo toksisiteye, nefrotoksisiteye, genotoksisiteye (DNA ipliği kırılmalarında artış) ve karsinojeniteye (inorganik kurşun muhtemelen insanlar için kanserojen-Grup 2A) neden olduğunu bildirmektedir (Tamele & Loureiro, 2020).

Kurşun için MAL değerleri 2006 yılında yayınlanan Avrupa Birliği Direktiflerine göre balıklarda, çift kabuklu yumuşakçalarda, kafadanbacaklılarda ve kabuklular için sırasıyla 300, 1500, 1000 ve 500 µg/kg dır (Pastorelli ve diğ. 2012).

Kurşun ile ilgili olarak, JECFA, sırasıyla 1986 ve 1999'da 25 µg/kg (**ağırlıkça = yaş ağırlıkça = bw**)'lık bir PTWI değerinin kullanımını teyit etmiştir. Daha sonra yapılan araştırmalar ise (EFSA hem de JECFA tarafından) Pb değerlerinde bir güncellemeyi risk değerlendirmesi bakımından gerekli kılmış, 25 µg/kg bw özellikle çocuklar gibi bazı nüfus gruplarında artık sağlığı koruyucu olarak kabul edilmemektedir (Pastorelli ve diğ. 2012).

2006 yılında yayınlanan Avrupa Birliği Direktiflerine (Tablo 2.35) uyum çerçevesinde düzenlenen Türk Gıda Kodeksi (2008) gıda maddelerindeki bulaşanların maksimum limitleri hakkındaki tebliğde verilen kurşun limitleri Tablo 2.36' de verilmiştir (Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2011; EC 1881/2006, 2006).

Tablo 2.35. Avrupa Birliği direktiflerine göre kurşun (Pb) maksimum limitleri (EC 1881/2006, 2006)

Gıda Maddesi	**Maksimum Limit (mg/kg yaş ağırlık)**
Balığın kas eti veya balığın bütün olarak yenmesi amaçlandığında	0.30
Kabukluların ekstremitelerinden ve karın bölgesinden kas eti. Yengeçler ve yengeç benzeri kabuklular (Brachyura ve Anomura) söz konusu olduğunda, eklerden kas eti	0.50
Çift kabuklu yumuşakçalar	1.50
Kafadan bacaklılar (iç organları hariç)	1.00

Tablo 2.36. Türk Gıda Kodeksi (2008) kurşun (Pb) maksimum limitleri (Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2011)

Gıda Maddesi	**Maksimum Limit (mg/kg yaş ağırlık)**
Balık eti [(1) (2)]	0.30
Kabuklular (yengeç etinin kahverengi kısmı, istakoz ve benzeri büyük kabukluların (Nephropidae ve Palinuridae) baş ve göğüs etleri hariç) [(3)]	0.50
Çift kabuklu yumuşakçalar [(3)]	1.50
Kafadan bacaklılar (iç organları hariç) [(3)]	1.00

[(1)] Balık, bütün halde tüketiliyorsa maksimum limit bütün haldeki balığa uygulanır.
[(2)] Aşağıda Gümrük Tarife İstatistik Pozisyonu (GTİP) belirtilen gıda maddelerine (balık karaciğeri (GTİP No: 0302 70 00) hariç) uygulanır.
Canlı balıklar (GTİP No: 0301)
Taze veya soğutulmuş balıklar (GTİP No: 0302)
Dondurulmuş balıklar (GTİP No: 0303)
Taze soğutulmuş veya dondurulmuş balık filetoları ve diğer balık etleri (kıyılmış olsun olmasın), (GTİP No: 0304)
[(3)] Aşağıda Gümrük Tarife İstatistik Pozisyonu (GTİP) belirtilen gıda maddelerine uygulanır.
Kabuklu canlılar (kabukları ile birlikte olsun olmasın) (canlı, taze, soğutulmuş, dondurulmuş, kurutulmuş, tuzlanmış veya salamura edilmiş); kabuklu canlılar (kabukları ile birlikte) (buharda veya suda pişirilmiş soğutulmuş, dondurulmuş, kurutulmuş, tuzlanmış veya salamura edilmiş olsun olmasın); kabuklu canlıların insanların yemesine elverişli unları, ezmeleri ve peletleri (GTİP No: 0306)
Yumuşakçalar (kabuklu olsun olmasın) (canlı, taze, soğutulmuş, dondurulmuş, kurutulmuş, tuzlanmış veya salamura edilmiş); kabuklu canlılar ve yumuşakçaların dışında kalan suda yaşayan omurgasız canlılar (canlı, taze, soğutulmuş, dondurulmuş, kurutulmuş, tuzlanmış veya salamura edilmiş); suda yaşayan omurgasız canlıların (kabuklu canlılar hariç) insanların yemesine elverişli unları, ezmeleri ve peletleri, (GTİP No: 0307)
Hazırlanmış veya konserve edilmiş kabuklu canlılar, yumuşakçalar ve diğer su omurgasızları (GTİP No:1605)

Tablo 2.37. Balıkçılık sezonu boyunca İstanbul Büyük Şehir Balık Halinden temin edilen balıklardaki kurşun konsantrasyonları (Özden & Erkan, Evaluation of risk caracterization for mercury, cadmium, lead and arsenic associated with seafood consumption, 2016)

Ticari İsimler	**Kurşun (mg/kg)**
Çinekop	0.01–0.18
Lüfer	0.07–0.80
Sardalya	0.05–2.00
Hamsi	0.08–0.20
İstavrit	0.01–0.34
Atlantik Palamut	0.11–0.19
Mezgit	0.11–0.60
Dil	0.27–0.53
Barbunya	0.06–0.27
Midye	0.40–0.93
İstiridye	0.26–0.53
Karides	0.08–0.48
Pelajik (orta su) balıklar	0.06–0.62
Demersal (dip) balıklar	0.15–0.47
Kabuklular	0.24–0.65

Kadmiyum (Cd)

Ağır metallerden kadmiyum (Cd) çinko üretiminde kullanımı ortaya çıkıncaya kadar havaya, yiyeceklere ve suya doğal süreçlerle önemli miktarlarda karışmamıştır. Günümüzde ise 13.000 ton Cd üretimi dünya çapında gerçekleştirilmekte çeşitli ürünlerle günlük hayatımıza dahil olmaktadır. Cd fosfatlı gübrelerde, deterjanlarda, rafine petrol türevlerinde, pil üretimi başta olmak üzere evsel ve sanayideki yaygın kullanımı nedeniyle önemli miktarda çevresel kirlilik etkenidir (Coşan ve diğ. 2017).

Sigara içimi, insanlarda kadmiyum maruziyetinin en önemli kaynağı olarak kabul edilmektedir (Bernhoft, Cadmium toxicity and treatment, 2013). Gıda maddeleri ise sigara içmeyen genel nüfus için kadmiyuma maruz kalmanın ana kaynağıdır. Diyetle kadmiyum maruziyetine ana katkıyı sağlayan gıda grupları tahıllar ve tahıl ürünleri, sebzeler, kabuklu yemişler, bakliyat, nişastalı kökler, patatesler, et ve et ürünleridir. Yüksek tahıl, fındık, yağlı tohum ve bakliyat tüketimleri nedeniyle vejetaryenler daha yüksek kadmiyum yönünden diyet maruziyeti ile karşı karşıyadır. Bu aynı zamanda çift kabuklu yumuşakçaların ve yabani mantarların düzenli tüketicileri için de geçerlidir (European Commission, tarih yok).

Kadmiyum öncelikle böbrek için toksiktir ve böbrek yetmezliğine neden olabilmektedir. Kadmiyum ayrıca kemik demineralizasyonuna neden olabilmekte, mesleki araştırmalara göre insan için kanserojen (Grup 1) olarak sınıflandırılmaktadır. İnsanların kadmiyuma maruz kalmasına ilişkin yeni veriler, akciğer, endometriyum, mesane ve meme kanseri risklerini arttırdığını göstermektedir (European Commission, tarih yok).

Gıda Katkı Maddeleri Ortak FAO/WHO Uzmanlar Komitesi, 25 µg/kg vücut ağırlığı için geçici olarak tolere edilebilir bir aylık alım değerini sunarken, "Gıda Zincirindeki Kirleticiler Üzerine EFSA Paneli"' nde, tüm tüketiciler için yeterli korumayı sağlamaya yönelik tolere edilebilir haftalık alım değeri 2.5 µg/kg vücut ağırlığı olarak sunulmuştur (Authority European Food Safety (EFSA), 2012).

Su ürünleri kökenli gıdalardaki kadmiyum biyoakümülasyon düzeyi, biyolojik habitat, sudaki kimyasal kadmiyum formu, su sıcaklığı, su pH'ı, çözünmüş oksijen konsantrasyonu ve canlının fizyolojik özellikleri gibi çeşitli faktörlerin etkisi altındadır (Guan ve diğ. 2015).

2006 yılında yayınlanan Avrupa Birliği Direktiflerine göre Kadmiyum için ortaya konan limit değerler Tablo 2.38' da verilmiştir (EC 1881/2006, 2006).

Tablo 2.38. Avrupa Birliği direktiflerine göre kadmiyum (Cd) maksimum limitleri (EC 1881 /2006, 2006)

Gıda Maddesi	**Maksimum Limit (mg/kg yaş ağırlık)**
Kas eti: Uskumru (*Scomber* spp.), Orkinos (*Thunnus* spp.**,** *Katsuwonus pelamis*, *Euthynnus* spp.), Kırmızı kuyruklu gobi (*Sicyopterus lagocephalus*)	0.10
Kas eti: Tombik (Gobene) balığı (*Auxis* spp.)	0.15
Kas eti: Hamsi (*Engraulis* spp.), Kılıç balığı (*Xiplhas gladius*), Sardalya (*Sardina pilchardus*)	0.25
Yukarıda belirtilmeyen balık türlerinin kas eti	0.05
Kabuklular: Abdomen ve karın bölgesinden kas eti. Yengeç ve yengeç benzeri kabuklularda (Brachyura ve Anomura) uzantılardan gelen **kas eti** için geçerlidir.	0.50
Çift kabuklu yumuşakçalar	1.0
Kafadanbacaklılar (iç organlar olmadan)	1.0
Özel olarak veya büyük ölçüde kurutulmuş deniz yosunu, deniz yosunundan elde edilen ürünler veya **kurutulmuş çift çenetli yumuşakçalardan oluşan gıda takviyeleri**	3.0

Tablo 2.39. Türk Gıda Kodeksi (2008) kadmiyum (Cd) maksimum limitleri (Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2011)

Gıda Maddesi	**Maksimum Limit (mg/kg yaş ağırlık)**
Balık eti (1) (2)	0.05
Aşağıdaki balık türlerinin etleri (1) (2) Hamsiler *(Engraulis* spp.), Torik *(Sarda sarda),* Karagöz *(Diplodus vulgaris),* Yılanbalığı *(Anguilla anguilla),* Kefal (*Mugil labrosus labrosus*), İstavrit (*Trachurus* spp.), Louvar veya luvar (*Luvarus imperialis*), Sardalya (*Sardina pilchardus*), Sardalya türleri (*Sardinops* spp.), Orkinos *(Thunnus* spp.*ve Euthynnys* spp., *Katsuwonus pelamis*), Dilbalığı (*Dicologoglossa cuneata*)	0.10
Kılıçbalığı (*Xiphias gladius*) eti (1) (2)	0.30
Kabuklular (yengeç etinin kahverengi kısmı, is takoz ve benzeri büyük kabukluların [*Nephropidae* ve *Palinuridae*] baş ve göğüs etleri hariç) (3)	0.50
Çift kabuklu yumuşakçalar (3)	1.00
Kafadan bacaklılar (iç organları hariç) (3)	1.00

(1) Balık, bütün halde tüketiliyorsa maksimum limit bütün haldeki balığa uygulanır.
(2) Aşağıda Gümrük Tarife İstatistik Pozisyonu (GTİP) belirtilen gıda maddelerine (balık karaciğeri (GTİP No: 0302 70 00) hariç) uygulanır.
Canlı balıklar (GTİP No: 0301)
Taze veya soğutulmuş balıklar (GTİP No: 0302)
Dondurulmuş balıklar (GTİP No: 0303)
Taze soğutulmuş veya dondurulmuş balık filetoları ve diğer balık etleri (kıyılmış olsun olmasın), (GTİP No: 0304)
(3) Aşağıda Gümrük Tarife İstatistik Pozisyonu (GTİP) belirtilen gıda maddelerine uygulanır.
Kabuklu canlılar (kabukları ile birlikte olsun olmasın) (canlı, taze, soğutulmuş, dondurulmuş, kurutulmuş, tuzlanmış veya salamura edilmiş);
kabuklu canlılar (kabukları ile birlikte) (buharda veya suda pişirilmiş soğutulmuş, dondurulmuş, kurutulmuş, tuzlanmış veya salamura edilmiş olsun olmasın); kabuklu canlıların insanların yemesine elverişli unları, ezmeleri ve peletleri (GTİP No: 0306)
Yumuşakçalar (kabuklu olsun olmasın) (canlı, taze, soğutulmuş, dondurulmuş, kurutulmuş, tuzlanmış veya salamura edilmiş); kabuklu canlılar ve yumuşakçaların dışında kalan suda yaşayan omurgasız canlılar (canlı, taze, soğutulmuş, dondurulmuş, kurutulmuş, tuzlanmış veya salamura
edilmiş); suda yaşayan omurgasız canlıların (kabuklu canlılar hariç) insanların yemesine elverişli unları, ezmeleri ve peletleri, (GTİP No: 0307)
Hazırlanmış veya konserve edilmiş kabuklu canlılar, yumuşakçalar ve diğer su omurgasızları (GTİP No:1605)

Tablo 2.40. Balıkçılık sezonu boyunca İstanbul Büyük Şehir Balık Halinden temin edilen balıklardaki Kadmiyum konsantrasyonları (Özden & Erkan, Evaluation of risk caracterization for mercury, cadmium, lead and arsenic associated with seafood consumption, 2016)

Ticari İsimler	**Kadmiyum (mg/kg)**
Çinekop	0.01-0.10
Lüfer	0.001-0.07
Sardalya	0.01-0.11
Hamsi	0.02-0.10
İstavrit	0.001-0.07
Palamut	0.01-0.05
Mezgit	0.004-0.05
Dil	0.002-0.12
Barbunya	0.01-0.09
Midye	0.49-0.58
İstiridye	0.69-1.39
Karides	0.001–0.21
Pelajik (orta su) balıklar	0.03-0.08
Demersal (dip) balıklar	0.01-0.09
Kabuklular	0.43-0.73

Tüketici yaş grupları arasında gıda kaynaklı en fazla kadmiyum maruziyeti sınıflandırıldığında su ürünleri etken olarak en düşük yoğunluğu oluşturmaktadır (Authority European Food Safety (EFSA), 2012);

- Tahıl ve tahıl ürünleri %26.9, Ekmek %11.7, Unlu mamuller %5.1
- Sebze ve sebze ürünleri %16.0, Nişastalı kökler ve yumru kökler %13.2, Yapraklı sebzeler % 3.9
- Çikolata ürünleri %4.3
- Yumuşakçalar % 3.2

Cıva (Hg)

Cıva doğada organik ve inorganik formda bulunmaktadır. Yapısal olarak gümüşi parlaklıkta kokusuz ve oda sıcaklığında sıvı ve buharlaşma eğiliminde tüm formları toksik olan bir elementtir. Endüstri de tıbbi alanlar dahil birçok sektörde farklı amaçlar için kullanılabilmektedir. Bir dönem uygulanan amalgam dolguların %40-50 si yapılarında cıva bulundurmaktadır. Cıva kullanımı endüstrileşmeye bağlı artış göstermiş, çevrede bulunma oranı da 3 kat artmıştır. Organik cıva (metil cıva) en toksik form olarak bilinen cıvanın karbon atomu ile birleşmesiyle oluşmaktadır. Genelde su ürünleri açısından metil cıva bir risk olarak değerlen-

dirilmektedir. Cıva bakımından kirlenmiş sulardaki planktonlarca besin zincirine dahil edilir ve besin zinciri yoluyla insanlara kadar ulaşan toksisite etmenidir (biyomagnifikasyon) (Şekil 2.27) (Özkan ve diğ. 2020).

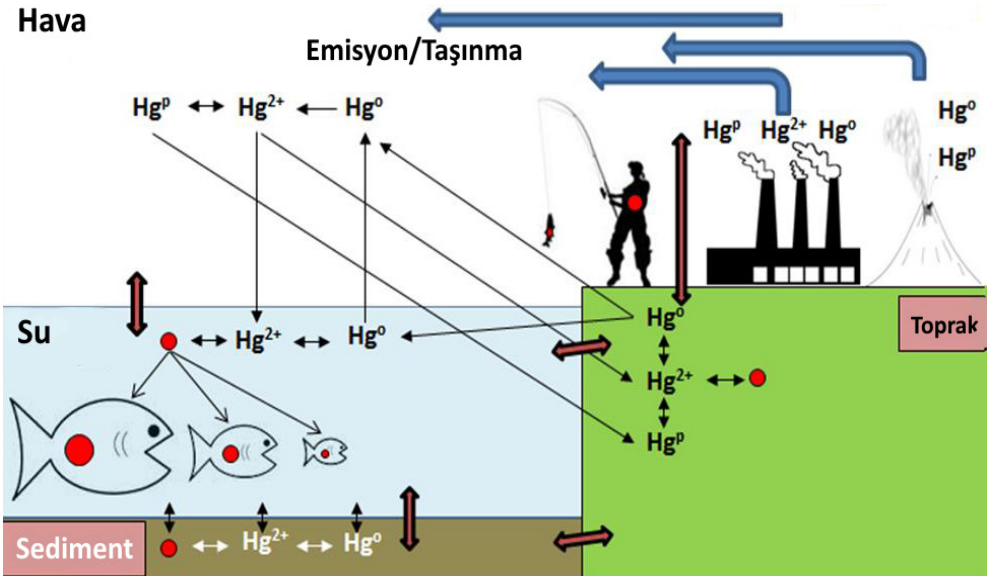
Cıvanın toksisitesi maruziyet formuna göre farklılıklar göstermektedir. Cıva, metalik/elementel, inorganik ve organik olmak üzere 3 formda bulunmaktadır. Metalik/elementel cıva, sıvı metal yapıda suda çözünmemekle beraber oda sıcaklığında oldukça toksik yapıda olan buharlaşma eğilimindedir (Özbolat & Tuli, 2016).

Doğada çeşitli yapıları;

- Metalik/Elementel cıva
- Cıva buharı (Hg^0)
- Cıva (Hg_2^{++})
- Cıva (Hg^{++}) tuzları içeren inorganik cıva
- Cıvanın (metil, etil, fenil veya benzer gruplar) karbon atomları içeren bir yapıya bağlandığı organik cıva (Bernhoft, Mercury Toxicity and Treatment: A Review of the Literature, 2012)

Metil cıva zehirlenmelerine yönelik ilk raporlar 1865 ve 1866'da yayınlanmıştır. Bu raporlar Avrupa ülkelerinde sansasyonel etkiler yapmış, sadece bilimsel dergiler de değil, gazeteler de konuyu haberleştirmiştir. Bu iki rapora 1927' de Japonya da atıfta bulunmuş ve asetoaldehit üretiminde organik cıva oluşumuna 1906' da Japonya'da dikkat çekmiştir. 1931' de (Minamata'da asetoaldehit üretiminin başlamasından bir yıl önce) yukarıda belirtilen bu önemli raporlara Kumamoto Üniversitesi'nce atıfta bulunulmuş ve asetoaldehit üretiminin başlamasından önce organik cıvanın toksisitesi ve çevre kirliliği hakkında uyarılar yapılmıştır (Ishihara, 2014). İnsan kaynaklı bu çevre kirliliğinin neden olduğu ilk şiddetli metil cıva zehirlenmesi Minamata Şehrindeki Chisso Co., Ltd.›de (Kumamoto, Japonya) asetaldehit üretmek için kullanılan sürecin bir yan ürünü olarak inorganik cıvanın doğrudan Minamata Körfezi'ne boşaltılmasıdır. Bu sebeple Japonya'nın Kumamoto Eyaleti, Minamata bölgesinde meydana gelen metil cıva zehirlenmesi aynı zamanda literatürde "Minamata hastalığı" olarakta tanımlanmaktadır. Minamata Körfezi'nde metil cıva ile kontamine olmuş büyük miktarda balık ve kabuklu deniz ürünlerini tüketen kişiler metil cıva semptomları göstermiş ve nörolojik semptomlardan muzdarip ilk hasta Mayıs 1956' da bildirilmiştir. Bu hastalar tarafından sergilenen başlıca semptomlar, ekstremitelerin distal kısımlarında duyusal bozukluklar ve ardından ataksi, görme alanında konsantrik kasılma, yürüme ve/veya konuşma bozukluğu,

kas güçsüzlüğü, titreme, anormal göz hareketi ve işitme bozukluğunu kapsamaktadır. Bunlar ise esas olarak sinir hasarına maruz kalan beyin bölgelerinin etkilendiğini göstermiştir (Sakamoto ve diğ. 2018).



Şekil 2.27. Metil cıva (Kırmızı nokta) döngüsü (ARD28, 2019).

Dünya Sağlık Örgütü'ne göre, insanlardaki cıva maruziyetinin genelde diş amalgamlarından cıvanın dışarı atılması, kontamine balıkların gıda olarak tüketilmesi veya mesleki maruziyetten kaynaklandığını bildirmektedir. Metil ve dimetil cıva (organik cıva) genellikle biyolojik kaynaklardan, özellikle tatlı su balıklarından veya tuzlu su balıklarından gıda zincirine dahil olan organik formdur. Amerika Birleşik Devletleri' nde bu maruziyeti önlemek için üç binden fazla göl, cıva kirliliği nedeniyle balıkçılığa kapatılmıştır. Aynı zamanda birçok okyanus balığı türü de önemli miktarda cıva ile kirlendiği belirlenmiştir (Bernhoft, Cadmium toxicity and treatment, 2013). Tüm balıklar ve kabuklu deniz ürünleri bir miktar MeHg içerir, ancak daha büyük, daha uzun ömürlü yırtıcı balıklar genellikle en yüksek seviyelere sahiptir. MeHg özellikle tehlikeli olmasının sebebi kan-beyin bariyerini aşabilmesinden kaynaklanmaktadır. MeHg zehirlenmesinin tezahürleri çok değişkendir ve kan veya saç cıva testi yapılmadıkça tespit edilmesi zordur (Silbernagel ve diğ. 2011).

Tablo 2.41. AB direktiflerine göre cıva (Hg) maksimum limitleri **(EC 1881/2006, 2006)**	
Gıda Maddesi	**Maksimum Limit (mg/kg yaş ağırlık)**
Kas eti: Fener balığı (*Lophius* spp.), Atlantik yayın balığı (*Anarhicas lupus*), Palamut (*Sarda sarda*), Yılan balığı (*Anguilla* spp.), Hoplostethus türleri, *Coryphaenoides rupestris*, Pisi balığı (*Hippoglossus hippoglossus*), *Genypterus capensis, Makaira* türleri, *Lepidorhombus* türleri, Kefal (*Mullus* spp.) türleri, Turna (*Esox lucius*) *Genypterus blacodes, Orcynopsis unicolor, Tricopterus dakika,* Portekiz köpek balığı (*Centroscymnes coelolepis*), *Raja* türleri, *Sebastes marinus, S. mentella, S. viviparus*, Yelken balığı (*Istiophorus platypterus*), *Lepidopus caudatus, Aphanopus carbo*, çipura veya pandora (*Pagellus* spp.), Köpekbalığı (tüm türler), *Lepidocybium flavobrunneum, Ruvettus pretiousus, Gempylus serpens*, Mersin balıkları (Acipenser spp.), Kılıç balığı (*Xiphas gladius*), Orkinos türleri (*Thunnus* spp., *Euthusynnus* spp. ve *Katsuwonynnus* spp.)	1.0
Yukarıda belirtilenler dışındaki tüm balıkçılık ürünleri ve balıkların kas etlerinde	0.5

Tablo 2.42. Türk Gıda Kodeksi (2008) cıva (Hg) maksimum limitleri (Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2011)	
Gıda Maddesi	**Maksimum Limit (mg/kg yaş ağırlık)**
Su ürünleri [3] **ve balık etleri** [1] [2] ile kabuklular (yengeç etinin kahverengi kısmı, istakoz ve benzeri büyük kabukluların (*Nephropidae* ve *Palinuridae*) baş ve göğüs etleri hariç)	0.50
Aşağıdaki balık türlerinin etleri [1] [2]**;** Fener balıkları (*Lophius* spp.), Atlantik yayını/kedi balığı (Anarhichas lupus), Torik (*Sarda sarda*), Yılanbalıkları (*Anguilla* spp.), Emperor veya orange roughy, rosy soldierfish (*Hoplostethus* spp.), Grenadier (*Coryphaenoides rupestris*), Kalkan benzeri yassı balık (*Hippoglossus hippoglossus*), Kılıç balığı benzeri balık (*Makaria* sp.), Megrim (*Lepidorhombus* sp.), Barbunya (*Mullus* sp.), Turna balığı (*Esox lucius*), Torik/iri uskumruya benzer balık (*Orcynopsis unicolor*), Poor cod (*Tricopterus minutes*), Portekiz köpek balığı (*Centroscymnes coelolepis*), Vatozlar (*Raja* spp.), Mercan türü balıklar (*Sebastes marinus, S. mentella, S. viviparus*), Kılıç benzeri balık (*Istiophorus platypterus*), Uskumru türü balıklar (*Lepidopus caudatus, Aphanopus carbo*), Mercan balıkları (*Pagellus* sp.), Köpekbalığı (bütün türleri), Uskumru türü balıklar (*Lepidocybium flavobrunneum, Ruvettus pretiosus, Gempylus serpens*), Mersin balığı (*Acipenser* spp.), Kılıçbalığı (*Xiphias gladius*), Orkinos (*Thunnus* spp. ve *Euthynnus* spp., *Katsuwonus pelamis*)	1.00

[1] Balık, bütün halde tüketiliyorsa maksimum limit bütün haldeki balığa uygulanır.
[2] Aşağıda Gümrük Tarife İstatistik Pozisyonu (GTİP) belirtilen gıda maddelerine (balık karaciğeri (GTİP No: 0302 70 00) hariç) uygulanır.
Canlı balıklar (GTİP No: 0301)
Taze veya soğutulmuş balıklar (GTİP No: 0302)
Dondurulmuş balıklar (GTİP No: 0303)
Taze soğutulmuş veya dondurulmuş balık filetoları ve diğer balık etleri (kıyılmış olsun olmasın), (GTİP No: 0304)
[3] Aşağıda Gümrük Tarife İstatistik Pozisyonu (GTİP) belirtilen gıda maddelerine uygulanır.
Kabuklu canlılar (kabukları ile birlikte olsun olmasın) (canlı, taze, soğutulmuş, dondurulmuş, kurutulmuş, tuzlanmış veya salamura edilmiş); kabuklu canlılar (kabukları ile birlikte) (buharda veya suda pişirilmiş soğutulmuş, dondurulmuş, kurutulmuş, tuzlanmış veya salamura edilmiş olsun olmasın); kabuklu canlıların insanların yemesine elverişli unları, ezmeleri ve peletleri (GTİP No: 0306)
Yumuşakçalar (kabuklu olsun olmasın) (canlı, taze, soğutulmuş, dondurulmuş, kurutulmuş, tuzlanmış veya salamura edilmiş); kabuklu canlılar ve yumuşakçaların dışında kalan suda yaşayan omurgasız canlılar (canlı, taze, soğutulmuş, dondurulmuş, kurutulmuş, tuzlanmış veya salamura edilmiş); suda yaşayan omurgasız canlıların (kabuklu canlılar hariç) insanların yemesine elverişli unları, ezmeleri ve peletleri, (GTİP No: 0307)
Hazırlanmış veya konserve edilmiş kabuklu canlılar, yumuşakçalar ve diğer su omurgasızları (GTİP No:1605)

2004 yılında, Çevre Koruma Ajansı (EPA) ve Gıda ve İlaç Dairesi (FDA), balık tüketimi ve metil cıva (MeHg) konusunda ortak bir tavsiye yayınlamıştır. EPA/FDA' nın tavsiyesi, doğurganlık çağındaki kadınların, hamile ve emziren kadınları veya küçük çocukların (<6 yaş) da dahil olduğu popülasyonlarda MeHg' nin yüksek risk oluşturabileceği yönündedir. Bu konuda birçok uluslararası kuruluş tarafından Orkinos türleri, Köpekbalıkları ve Kılıçbalığı türleri en riskli balıklar arasında değerlendirilmektedir (Silbernagel ve diğ. 2011). Besin zincirinin üst basamaklarında bulunan (predatör balıklar) ve uzun yaşam periyoduna sahip (orkinos, kılıç balığı vb.) balıklar biyomagnifikasyon sürecinde üst sıralarda yer almalarından dolayı daha fazla kas kütlelerinde cıva bulundurmaktadır. Genelde bu durum besin zinciriyle aktarılan tüm toksik elementler için söz konusu olup sırasıyla "biyoakümülasyon" ve "biyomagnifikasyon" temel etkendir.

Tablo 2.43. Balıkçılık sezonu boyunca İstanbul Büyük Şehir Balık Halinden temin edilen balıklardaki cıva konsantrasyonları (Özden & Erkan, Evaluation of risk caracterization for mercury, cadmium, lead and arsenic associated with seafood consumption, 2016)

Ticari İsimler	**Cıva (mg/kg)**
Çinekop	0.16–0.41
Lüfer	0.46–0.50
Sardalya	0.18–0.77
Hamsi	0.15–0.59
İstavrit	0.14–0.64
Atlantik Palamut	0.17–0.55
Mezgit	0.15–0.34
Dil	0.34–1.04
Barbunya	0.33–0.66
Midye	0.13–0.38
İstiridye	0.06–0.21
Karides	0.06–1.14
Pelajik (orta su) balıklar	0.21–0.58
Demersal (dip) balıklar	0.27–0.68
Kabuklular	0.08–0.58

Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi, yeni mevcut veriler ışığında tüm gıda ürünlerinde inorganik cıva ve metil cıvanın güvenliğini gözden geçirmiş, EFSA, WHO/FAO Gıda Katkı Maddeleri Ortak Komitesi JECFA tarafından oluşturulan inorganik cıva için 4 µg/kg vücut ağırlığı (bw) geçici toplam haftalık alımını benimsemiştir. EFSA, JECFA'nın 1.6 µg/kg vücut ağırlığı değerinden daha düşük olan, 1.3 µg/kg vücut ağırlığı oranında metil cıva için tolere edilebilir haftalık bir alım önermektedir (European Food Safety Authority (EFSA), 2012).

Genellikle balık kasındaki toplam civanın yaklaşık %80 ila 100' ünün metil cıva olduğu verilerle EFSA tarafında teyit edilmiştir. Bununla birlikte, metil cıvanın besin zincirindeki girdisi daha düşük olan balıklarda sadece toplam cıva içeriğinin daha düşük olmadığı, aynı zamanda metil cıva yüzdesinin de oldukça değişken ve hatta daha düşük olabileceği de belirtilmektedir. Bu da balıklarda metil cıvanın toplam civaya katkısının balık türüne, boyutuna, yaşına ve diyetine bağlı olarak genellikle %30 ile %100 arasında değiştiğini göstermektedir. Bu bakımdan Contaminants in the Food Chain (CONTAM) panelinde balıktaki cıvanın %100' ünün metil cıva şeklinde olduğunu varsayarak metil cıva diyet maruziyetini hesaplama yönünde katı bir yaklaşımla bu değeri kullanmıştır (European Food Safety Authority (EFSA), 2012).

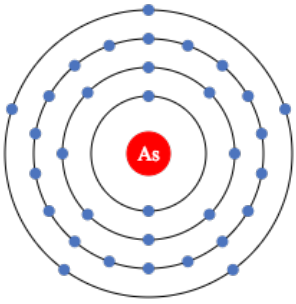
Arsenik (As)

Arsenik (As) bulunuş düzeyi bakımında, yerkabuğunda yirminci, deniz sularında on dördüncü ve insan vücudunda on ikinci element olarak sıralanan, aynı zamanda yaygın olarak tanınan kanserojenik bir ağır metaloiddir. Metalloid yapıdaki As, halk sağlığı sorunları ile insanda zehirlenme riskine sahip önemli ve yaygın bir çevre kirleticisidir (Bakan, 2019). Pek çok doğal jeolojik olaylar ve insan yapımı endüstriyel faaliyetler, dünyadaki As kirliliğinden birincil derecede sorumludur (Singh ve diğ. 2021). Arsenik, toprak, su ve havada dağılan bir elementtir. Sıklıkla içme suyu ve gıdalarda tespit edilir ve doğal ve antropojenik kaynaklardan elde edilen maddelerde görülmektedir. Arsenik hem organik hem de inorganik formlarda bulunmakta ve çok çeşitli arsenik türleri tanımlanmıştır. Arsenit (As^{3+}) ve arsenat (As^{5+}) gibi inorganik arsenik formları sağlık açısından halkı ilgilendiren en zararlı formlardır. ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) ve Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (IARC), arseniği bilinen bir insan kanserojenitesi olarak kabul etmektedir. Arsenik, kanserojenliğe ek olarak, çeşitli akut (kısa vadeli) ve kronik (uzun vadeli) toksikolojik etkiler de göstermektedir. Arsenik maruziyetinin akut etkileri esas olarak mesleki maruziyetten kaynaklanmıştır ve mide bulantısı, ishal ve karın ağrısı gibi mide-bağırsak etkilerini içermektedir. Aynı zamanda arseniğe bağlı kronik maruz kalma da deri toksisitesi, hiperpigmentasyon, anemi, periferik nöropati ve nörobilişsel problemlerle ilişkilendirilmiştir (Jara & Winter, 2014).

Zehirlenme veya Hastalık yapıcı etki; Arseniğin oluşturduğu bileşiğin fiziksel ve kimyasal yapısına, organizmanın vücuda alış şekline, vücuda alınan etkenin dozu ile alınış süresi ve diğer elementlerin varlığına bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca canlının yaşı ve cinsiyeti de bu süreçte etken olduğu da bilinmektedir (Öztürk ve diğ. 2017).

Arsenik atomu son yörüngesinde beş elektron (3d10 4s2 4p3) ile genellikle -3, 0, +3 ve +5 şeklinde dört farklı değerlikteki oksidasyon seviyelerinde bulunabilmekte ve dört oksidasyon ba-

samağındaki bu bileşikleri kararlı bir yapıdadır (Şekil 2.28). As^{-3} ve As^{+5} iyonları kolayca elektron transferi ile (yükseltgenme ve indirgenme) ortam şartlarına bağlı olarak diğer oksidasyon basamağındaki bileşiklerine dönüşebilmektedir. Su kaynaklarındaki arsenik türleri ve oksidasyon seviyeleri, suyun pH değerine, redoks potansiyeline, sülfür, demir ve kalsiyum gibi iyonlarının varlığına ve mikrobiyal aktiviteye bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Yeraltı ve yüzeysel su kaynaklarında arsenik genellikle üç değerli arsenit (AsIII) (+3 değerlikli arsenit) ya da beş değerlikli arsenat (AsV) (+5 değerlikli arsenat) olarak inorganik şekillerde bulunmakta, arsenit, arsenattan yaklaşık 25-60 kat daha toksik olduğu bildirilmiştir. Arsenit ve arsenat ile kirlenmiş toprak ve yeraltı suyu kaynakları çevresinde yaşayan insanlar ve diğer canlılar arseniği beslenme zinciri vasıtasıyla bünyelerine (su, bitki ve hayvansal gıda) almaktadır (Öztürk ve diğ. 2017).



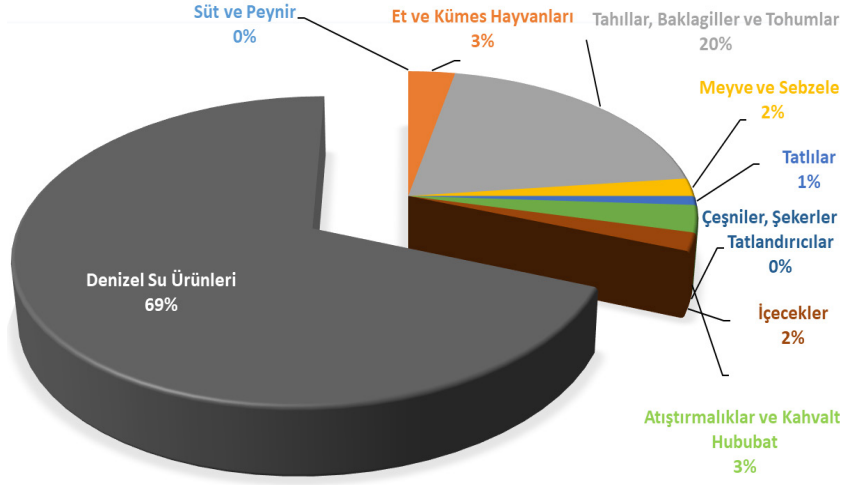
[Ar] 3d10 4s2 4p3 [2, 8, 18, 5]

Şekil 2.28. Arsenik yörüngesel elektron dizilimi.

Deniz ürünleri, başlıca arsenik kaynağı olarak tanımlanmıştır ve birçok balık ve kabuklu deniz ürünleri konsantrasyonları, çoğu karasal gıdalardakine nazaran daha yüksek seviyelerde bulunmaktadır (Şekil 2.29). Denizel su ürünlerinde, As genellikle öncelikle organik bileşikler şeklinde bulunmaktadır (Taylor ve diğ. 2017).

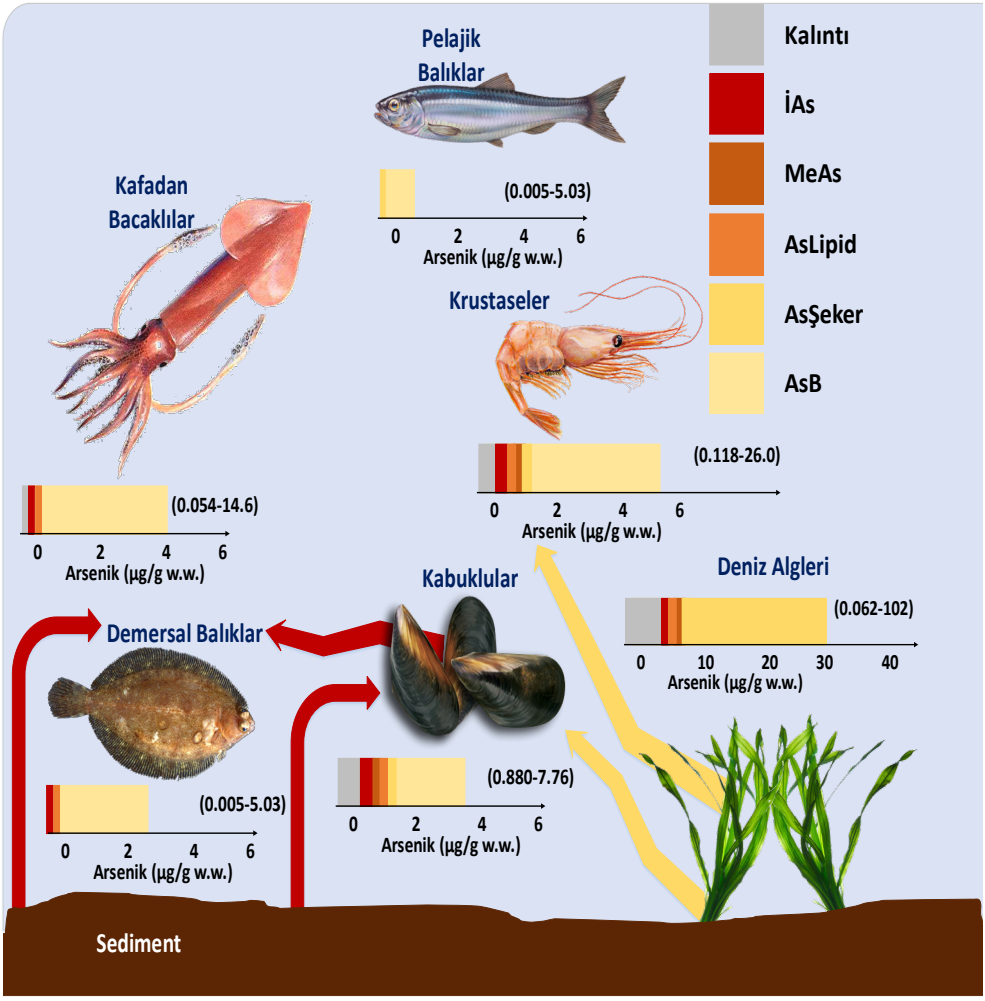
Çoğu deniz balığındaki başlıca As türü arsenobetain (AsB) olup toksik değildir ve metabolize edilmemektedir. Diğer daha karmaşık organikler arsenoşeker ve arsenolipid (AsSugars ve AsLipids) formundaki bileşikler de bazı deniz ürünlerinde önemli miktarlarda bulunmakta ve insanlarda metabolize edildiği bilinmektedir. As bileşiklerinin bu sınıfları, inorganik-arsenik ile aynı idrar metabolitini, yani dimetilarsinat (DMA) üretirler, bu nedenle diyetteki varlıkları, idrar ve kan gibi biyobelirteçlerin kullanıldığı inorganik-arsenik çalışmalarıyla veya diğer diyet kaynaklarının As' in biyobelirteç konsantrasyonlarına katkısını değerlendiren çalışmalarda karıştırılabilmektedir. Son bulgular, bazı organik As formlarının ve bunların ara metabolitlerinin hücre kültürlerinde sitotoksisite sergilediği de belirlenmiştir (Taylor ve diğ.

2017). Risk değerlendirmelerinde su ürünleri için toplam arseniğin %10' u inorganik arsenik olarak değerlendirilmesi önerilmektedir (Özden ve diğ. 2020). Denizel organizmalar, daha toksik olan inorganik arsenik formlarını detoksifikasyon sürecinin bir parçası olarak daha az toksik organik formlara dönüştürmektedir. Algler ise arsenik de dahil olmak üzere çevreden metal biriktirme yetenekleri nedeniyle genel olarak su kirliliğinin biyolojik göstergeleri olarak kabul edilmektedir. Birleşik Krallık, Avustralya, Yeni Zelanda, Fransa ve ABD gibi bazı ülkelerde yukarıda belirtilen inorganik arsenik kontaminasyonu nedeniyle *Hizikia fusiformis* türlerinin içeren deniz yosununu yememeleri için tüketiciler uyarılmaktadır. 2010 yılından bu yana, Gıda ve Yem için Hızlı Uyarı Sistemi (Rapid Alert System for Food and Feed: RASFF) kapsamında, özellikle kurutulmuş deniz yosunu kökenli olmak üzere, gıda takviyelerinde yüksek düzeyde arsenik rapor edildiğine dair bildirimler önemli ölçüde artmıştır. En yüksek seviyeler Japonya' dan gelen *Hizikia fusiformis* türlerinde rapor edilmiştir; 122 mg/kg (Mania ve diğ. 2015).



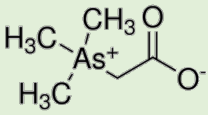
Şekil 2.29. Temel besin grupları ve bunların toplam arsenik maruziyetine göreceli katkıları (Jara & Winter, 2014).

Mania ve diğ. (2015) tarafından yapılan çalışmaya göre toplam ve inorganik arsenik düzeyleri piyasada bulunan balık, balık ürünleri, deniz ürünleri ve alg türevlerinden oluşan 55 örnekte araştırılmış, örneklerin tamamında organik arsenik bileşikleri toplam arseniğin % 95' inden fazlasını oluştururken, sadece *Hizikia fusiforme* türlerinde % 40' ın üzerinde inorganik arsenik tespit edilmiştir. Bu bakımdan değişik alg türlerinin gıda güvenliği bakımından inorganik arsenik bileşikleri yönünden daha dikkatli takip edilmesi gerekmektedir (Şekil 2.30).



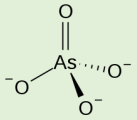
Şekil 2.30. Arseniğin denizel su ürünlerinde bulunma oranları (Taylor, ve diğ. 2017' den uyarlanmıştır) (Taylor ve diğ. 2017).

Arsenobetain

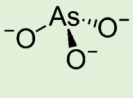


En çok balık ve kabuklu su ürünlerinde bir bileşik olarak bulunur; toksik değildir.

İnorganik arsenik



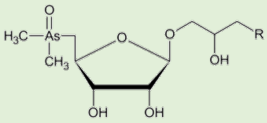
Arsenat



Arsenit

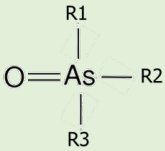
Çoğu su ürününde bulunan küçük bir bileşiktir; karsinojeniktir.

Arsenoşekerler



Deniz alglerinde bulunan temel bileşendir; insanlar tarafından metabolize edilir.

Metilleşmiş arsenikler



Su ürünlerinin küçük bileşenleridir, inorganik arseniklerin, arsenosekerler, arsenolipitler metabolitleridir.

Arsenolipidler

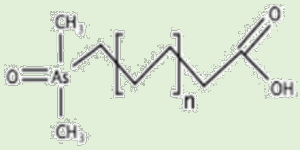
Arsenik içeren hidrokarbonlar



Balık yağlarında bulunur; insanlar tarafından metabolize edilir.

Arsenolipidler

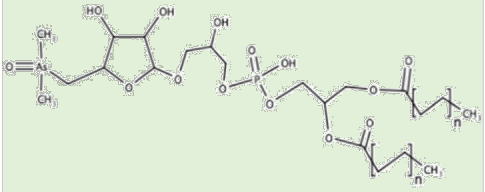
Arsenik içeren yağ asitleri



Balık yağlarında bulunur; insanlar tarafından metabolize edilir.

Arsenolipidler

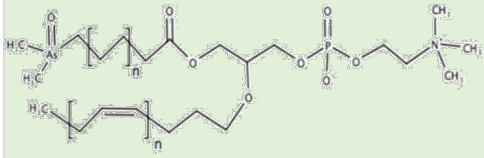
Arsenik içeren fosfolipidler



Deniz alglerinde bulunur.

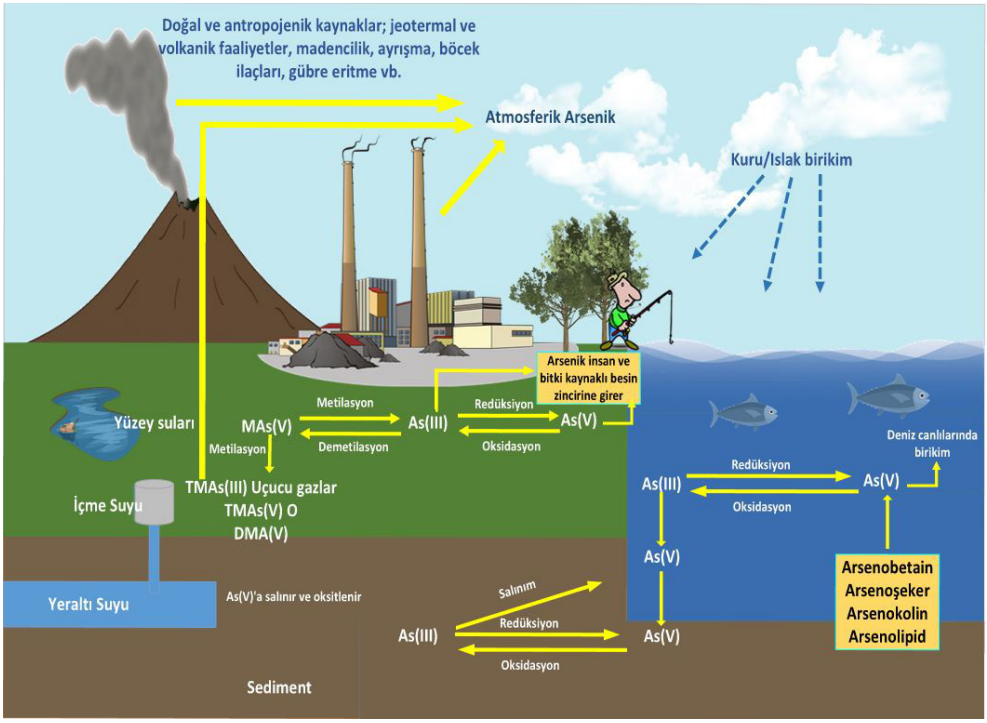
Arsenolipidler

Fosfatidilkolin



Balık yumurtalarında bulunur.

Şekil 2.31. Arsenik formları ve bulunduğu kaynaklar (Taylor ve diğ. 2017).



Şekil 2.32. Arsenik döngüsü (Singh, Ghosh, Chakraborty, & Majumdar, 2021'den uyarlanmıştır) (Singh ve diğ. 2021).

2.2.2.1.2. Pestisitler

Pestisit tanımı tarımsal üretim aşamaların hasattı, depolanması ile nakil süreçlerinde bunlara zarar veren etkenleri kontrol etmenin yanı sıra zararlarını önlemek üzere kullanılan kimyasal madde veya maddeleri ifade etmektedir (Akdoğan ve diğ. 2012). Pestisitler, böceklerin, yabani otların, mantarların, bakterilerin vb. yok edilmesi için kullanılan bir kimyasallar grubudur. Bunlara genel olarak böcek öldürücüler, mantar öldürücüler, bakteri öldürücüler, herbisitler ve kemirgen öldürücüler olarak tanımlanmaktadır (Jayaraj ve diğ. 2016).

Pestisitlerin çoğu, çok çeşitli zararlıları veya yabani otları yok etme yeteneğine sahiptir, ancak bazıları belirli zararlılara veya patojenlere karşı geliştirilmiştir. Bu kimyasalların çoğu ise hedef organizmanın fizyolojik aktivitelerini bozacak, işlev bozukluğuna ve canlılığının azalmasına neden olacak şekilde tasarlanmıştır. Zararlıların neden olduğu sorunlar ise her yıl dünya tarımsal üretiminin yaklaşık üçte birinin kaybolmasına neden olmaktadır. Pestisit tüketiminin iki milyon tonun üzerine çıkmasına rağmen bu kayıplar oluşmaktadır. Bu fenomen, ekosistemdeki bitki ve hayvan topluluklarının bir arada yaşamasına yönelik sürekli bir tehdit oluşturmaktadır (Jayaraj ve diğ. 2016).

Bu zararlılarla mücadele kimyasallarının bilinçsiz veya aşırı kullanımına bağlı kalıntıları hava, su ve toprak gibi çevresel faktörlere önemli bir kontaminasyon kaynağı olabilmekte bu da gıda güvenliği yönünden insanları tehdit etmektedir.

Pestisit kalıntıları genellikle lipofilik ve hidrofobik özellikleriyle karakterize edilmektedir. Bu nedenle, çevrede kalmakta ve besin zincirlerinde biyolojik olarak birikmekte bu süreçlere bağlı balık, deniz ürünleri, planktonlar vb. dahil deniz organizmalarında çeşitli toksik etkiler yaratmaktadır. Besin zincirine girişleri, emisyonların atmosferik taşınması ile bitkiler, toprak ve su üzerinde birikmeleri ile olmaktadır. Gıda zincirine giren pestisit kalıntıları, hayvansal ürünlerin, balıkların ve kabuklu deniz ürünlerinin yağlarında birikerek yoğunlaşmaktadır (Ulusoy & Özden, 2015). Bu nedenlerle pestisitlerin sucul ekosistem ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri, dünyadaki çevre ve halk sağlığı problemlerinde önemli bir yere sahiptir.

Kontamine olmuş riskli gıdaların tüketimi kronik toksisitelerin yanı sıra insanlarda mutajenik, teratojenik ve kanserojenik etkilerinin de olduğu bilinmektedir.

Pestisitler için en yaygın şekilde kullanılan gruplandırma ise kimyasal yapılarına göredir (Jayaraj ve diğ. 2016);

- **Organoklorlu (Organik Klorlu) Pestisitler (OCPs):** DDT, DDD, Dicofol, Aldrin, Dieldrin, Klorobenzoat, Lindane, BHC, Methoxy Chloro Aldrin, Chlordane, Heptaklor, Endosülfan, Isodrin, Isobenzan, Toxaphene, Chloropropylate
- **Organik Fosforlu Pestisitler:** Dimefox, Mipafox, Metil Parathion, Ronnel, Enitrothion, Bidrin, Phorate, Fenthion, Caumphos, Abate, Dichlorovas, Diptrex, Phosphomidon, Demetox, Oxydemetonmethyl, Malathion, Dimethoate, Trichlo-rofan
- **Karbamatlar:** Metil (Carbaryl, Carbanolate, Prupoxur, Dimethan, Dimetilan, Isolan, Carbofuran, Pyrolan, Aminocarb, Aldicarb), Thio (Vernolate, Pebulate, Diallate, Monilate, Butylate, Cycloate, Trillate, Thiourea) ve Dithio (Methan, Thiram, Ferban, Amoban, Naban, Zineb, Maneb, Ziram Polyran, Dithane M-45)
- **Sentetik pyrethroidler:** Allethrin, Fenotrin, Dimethrin, Tetramethrin, Permethrin, Cyclethrin Piretrin, Fenevelerat, Alfametrin, Dekametrin, Sipermetrin
- **Fenil amidler:** Carbanilates (Barban, Carbetamide, Chlororprofan, Prophan, Phenyl Urea, Fenuron, Monuron, Diuron, Flumeturon, Chloroxuron, Neburon, Bromuron), Acylanalide (Propanil, Solan, Dicryl, Karsil, Propachlor, Alachlor, Butachlor), Toluidines (Trifluralin, Dipropanil, Benefin, Oryzalin, Isopropanil, Nitralin) ve Acetamide (Diphenamid)

- **Fenoksi alkonatlar:** 2,4-D(2,4 Dikloro fenoksi asetik asit) 2,4 5 T(2,4 5 Trikloro fenoksiasetik asit) Dikloro Prop, Mecoprop, Erbin, Sezon
- **Trazinler:** Atrazin, Simazin, Ametrin, Atratone, Klorazin, Sinazin, Cyprazine, Metribu-zin, Propazin, Turbutryn, Simetrin
- **Benzoik asit:** Dikamba, Diklorobenil, Kloroambin, Tri-kamba, Neptalan, Bromoxynil
- **Ftalimitler:** Kaptan, Diflotan, Folpet
- **Dipiritler:** Parakuat, Diaquat
- **Diğerleri:** Pentaklorofenol, Floroasetat, Fenil cıva asetat, Etil cıva Fosfat, Metil cıva klorür, Sodyum arsenat, Kalsiyum arsenat, Kurşun arsenat, Kakodilik asit, Alüminyum fosfit, Çinko fosfit

Organoklorlu Pestisitler (OCPs)

Organoklorlu pestisitler yapılarında genellikle karbon-hidrojen ve klor içeren organik maddelerin klorlanmasıyla elde edilen insektisitlerdir. Bu bileşikler son derece toksik olabilirken birçoğu doğada yavaş bozunmaları, biyobirikim ve toksisiteleri sebebiyle yasaklanmış durumdadır. İnsan sağlığı ve ekosistem üzerinde olumsuz uzun süreli etkilerinin olması ve canlılarda yüksek emilim potansiyeline sahip olması organoklorlu pestisitleri daha tehlikeli yapmaktadır. Bu gruba giren başlıca pestisitler (Ulusoy & Özden, 2015):

- DDT
- Aldrin
- Lindan (γ-HCH α- ve β-HCH)
- Heptaklor
- Dieldrin
- Klordan
- Endrin
- Heksoklorobenzen (HCB)
- Mireks
- Toksafen
- Metoksiklor

Türk gıda kodeksine göre, kabul edilebilir limit değerler Heptaklor 10, Endrin 10, Σ DDT 50, HCB 10, Lindan 10 ve Klordan (cis ve trans klordan toplamı) 10 ng/g' dır (Ulusoy & Özden, 2015).

Organik Fosforlu Pestisitler

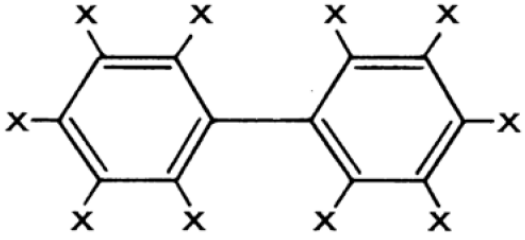
Organik Fosforlu Pestisitler (Organofosfatlar), fosfor içeren asitlerin ester, tiol ester veya anhidrit türevleri olup temelde tarımda, evlerde, bahçelerde ve veterinerlikte kullanımı söz konusu olup bunlara örnek olarak malation, paration, diazinon, forat, terbufos, fentiyon ve klorprifos gibi insektisitler; soman, sarin ve tabun gibi sinir gazları; göz tedavisinde kullanılan ekotiofat ve izoflurofat ile parazitlere karşı kullanılan triklorfon verilebilmektedir.

Organofosfatlar temelde sinir sistemi üzerinde etki gösteren kimyasallardır. Organofosfatlar son derece zehirli olmalarına rağmen genellikle çevrede kalıcı olmaması güneş ışığı, hava ve toprakla temas ettiklerinde hidroliz olarak parçalanmalarından dolayı OCP lerin yasaklanmasıyla kullanım ve popülariteleri 1970' lerden itibaren artmış ve DDT, aldrin ile dieldrin gibi kalıcı kirleticiler yerine kullanılmaya başlanmıştır. OCP'lere nazaran akut toksititeleri daha yüksektir (Demirdöğen, 2010).

2.2.2.1.3. Poliklorlu Bifeniller (PCBs)

Poliklorlu bifeniller (PCBs), 1930'larda endüstriyel amaçlarla üretilmiş klorlu organik bileşiklerdir. PCB' ler kalıcı çevresel kirletici maddelerdir, lipofiliktir ve belirli türdeşler için nispeten düşük reaktiviteleri ve yüksek hidrofobiklikleri nedeniyle ekosistemde biyobirikim yapmaktadır. Organik atıklara bağlanarak PCB' ler çevreyi özellikle deniz ürünlerini kirletebilmekte ve OCP' lerin yanı sıra insan sağlığı için ciddi tehdit oluşturmaktadır (Ulusoy & Özden, 2015).

PCB' ler, bir çift benzen halkasına bağlı bir veya daha fazla klor atomuna sahip ve türdeş olarak bilinen 209 homolog bileşikten oluşmaktadır (Şekil 2.33). Hidrofobik çözücülerde kolayca çözünen olan çevresel PCB' ler, organizmalarda, özellikle yağ dokularında birikim eğiliminde olup besin zinciri boyunca türler (biyomagnifikasyon) yoluyla aktarılmaktadır. PCB' ler ticari olarak yüksek dielektrik sabiti, yüksek stabilite ve yanmazlık gibi sanayide arzu edilen özellikleri nedeniyle geniş bir yelpazede kullanım alanı bulmuştur (boyalar, hidrolik sıvılar, kondansatörler ve transformatörler için yalıtkan yağ, vb.). Bununla birlikte, hem dioksin benzeri PCB' ler (kimyasal yapısı ve dioksinin sterik konfigürasyonuna yani PCB' ye benzeyen dl-PCB) hem de dl-PCB olmayan (ndl-PCB) insanlar ve diğer organizmalar için potansiyel olarak toksiktir. Bu nedenle, birçok ülke sağlık risklerini ve bu bileşiklerin çevresel yüklenmelerini azaltmak için PCB kullanımını ve üretimini yasaklamıştır (Uekusa ve diğ. 2017).



Şekil 2.33: Temel molekülsel yapı klorların pozisyonu.

PCB' lerin yasaklanma süreci (Hetzel & Hallaç, 2017):

- 1976: PCB ve "on iki kirli madde" A.B.D'de yasaklandı,
- 1983: PCB üretimi Almanya Federal Cumhuriyeti'nde yasaklandı
- 1987: PCB'ler Fransa'da yasaklandı
- 1989: Basel Sözleşmesi
- 1993: PCB'ler Türkiye'de yasaklandı
- 1995: Akdeniz'i korumak için Barcelona Sözleşmesi (1992'deki bazı uluslararası sözleşmelerden sonra)
- 1996: PCB' ler Avrupa'da yasaklandı
- 2001: Kalıcı organik kirleticilerin (KOK'lar) azaltılması için Stockholm Sözleşmesi
- 2004: PCB' ler, Stockholm Sözleşmesi'nin yürülüğe girdiği yıl dünya genelinde yasaklandı

Uluslararası anlaşmalardan Basel ve Stockholm Sözleşmeleri PCB lerin kullanımına, berterafına yönelik her türlü (çevresel etkiyi azaltarak) faaliyet ve PCB' lerin yerini ikame edecek ürünlerin geliştirilmesine yönelik düzenlemeleri kapsamaktadır (Çelik Çakıroğulları & Seçer, 2011).

Tablo 2.44. Poliklorlu Bifeniller (PCBs) bulunuşu, geçiş, depolanması ve toksititesi (IKSR-CIPR-ICBR, 2011)

	Dioxine, Furane, dl- PCB	**Indikatör-PCB**
Bulunuş	Organik maddelere bağlanma şeklinde	
Parçalanabilirliği	Çok yavaş	
Organizmalara geçiş	Gıdalar vasıtasıyla, Askıdaki maddeler, Su	
Depolanma	Yağ doku ve Karaciğer	Yağ doku, Karaciğer, Böbrekler ve Lenf bezleri
Bio-akkumulation	Tüm gıda zincirinde	
İnsanlar için toksititesi	Döküntü (chloracne), karaciğer hasarı, Üreme organları ve bağışıklık sisteminde gelişim bozuklukları kanserojen. Bazı PCB türleri tümör gelişimini hızlandırmakta	Sinir siteminde tahribat, Karaciğer, Akciğerde ve Üreme organlarında kanser tetikleyici

Tablo 2.45. Türk Gıda Gıda Kodeksinde Su Ürünleri için verilen Dioksinler ve PCB lere yönelik maksimum limitler (Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2011).

Gıda Maddesi	**Dioksinlerin toplamı en çok (WHO/ PCDD/F-TEQ)**[1]	**Dioksinler ve dioksin benzeri PCB'lerin (WHO/PCDD/ F- PCB-TEQ)** [1(2)]	**PCB 128, PCB 52, PCB 101, PCB 138, PCB 153 ve PCB 180 (ICES -6) toplamı**[1]
Balık eti, balıkçılık ürünleri ve bunlardan üretilen ürünler[2, 3] ve kabuklular Aşağıdakiler Hariç: Yılan Balığı, Tatlı Su Balıkları Balık Karaciğeri ve Bunların Ürünleri Deniz Ürünlerinden Elde Edilen Yağlar Maksimum limit; kabuklularda başlı gövde kısmı hariç karın ve karın uzantısı kas etine uygulanır. Yengeç ve yengeç benzeri kabuklularda (Brachyure ve Anamura) ise appendages kas etine uygulanır.	3.5 (pg/g yaş ağırlık)	6.5 (pg/g yaş ağırlık)	75 (pg/g yaş ağırlık)
Tatlı su balıkları ve bunların ürünleri (denizlerden tatlı suya göç eden ancak tatlı suda yakalanan balık ve ürünleri hariç)	3.5 (pg/g yaş ağırlık)	6.5 (pg/g yaş ağırlık)	125 (pg/g yaş ağırlık)
Yılan balığı eti (*Anguilla anguilla)* ve bunların ürünleri	3.5 (pg/g yaş ağırlık)	10,0 (pg/g yaş ağırlık)	300 (pg/g yaş ağırlık)
Balık karaciğeri ve bunların ürünleri (bir alt satırda belirtilenler hariç)	–	20.0 [(4)] (pg/g yaş ağırlık)	200 [(4)] (pg/g yaş ağırlık)
Deniz ürünlerinden elde edilen yağlar (insan tüketimine sunulan balık yağı, balık karaciğer yağı ve diğer deniz canlılarından elde edilen yağ)	1.75 pg/g yağ	6.0 pg/g yağ	200 pg/g yağ

[1] Üst sınır konsantrasyonu: Tespit sınır değerinden daha az olan farklı bileşenlerin bütün değerlerinin tespit sınır değerine eşit olduğu kabul edilerek hesaplanır.
[2] Balık, bütün olarak tüketiliyorsa maksimum limit bütün haldeki balığa uygulanır.
[3] **Maksimum limit aşağıdaki gıdalara (Balık karaciğeri hariç (Gümrük Tarife İstatistik Pozisyonu (GTİP) No: 0302 70 00 hariç)) uygulanır:** Canlı balıklar (GTİP No: 0301), Taze veya soğutulmuş balıklar (GTİP No: 0302), Dondurulmuş balıklar (GTİP No: 0303), Taze soğutulmuş veya dondurulmuş balık filetoları ve diğer balık etleri (kıyılmış olsun olmasın) (GTİP No: 0304), Kurutulmuş, tuzlanmış veya salamura edilmiş balıklar; tütsülenmiş balıklar (önceden veya tütsüleme sırasında pişirilmiş olsun olmasın); insanların yemesine elverişli balık unları, ezmeleri ve peletleri (GTİP No: 0305), Kabuklu canlılar (kabukları ile birlikte olsun olmasın) (canlı, taze, soğutulmuş, dondurulmuş, kurutulmuş, tuzlanmış veya salamura edilmiş); kabuklu canlılar (kabukları ile birlikte) (buharda veya suda pişirilmiş soğutulmuş, dondurulmuş, kurutulmuş, tuzlanmış veya salamura edilmiş olsun olmasın); kabuklu canlıların insanların yemesine elverişli unları, ezmeleri ve peletleri (GTİP No: 0306), Yumuşakçalar (kabukları olsun olmasın) (canlı, taze, soğutulmuş, dondurulmuş, kurutulmuş, tuzlanmış veya salamura edilmiş); kabuklu canlılar ve yumuşakçaların dışında kalan suda yaşayan omurgasız canlılar (canlı, taze, soğutulmuş, dondurulmuş, kurutulmuş, tuzlanmış veya salamura edilmiş); suda yaşayan omurgasız canlıların (kabuklu canlılar hariç) insanların yemesine elverişli unları, ezmeleri ve peletleri (GTİP No:0307), Hazırlanmış veya konserve edilmiş balıklar; balık yumurtalarından elde edilen havyar ve havyar yerine kullanılan ürünler (GTİP No: 1604)
[4] Konserve balık karaciğerinde maksimum limit konservenin yenilebilir tüm içeriğine uygulanır.

2.2.2.1.4. Perflorlanmış Yüzey Aktif Madde Bileşikleri / Perfluorierten Tensiden (PFT) [Perflorooktanoik Asit (PFOA), Perflouroktan Sulfonik Asit (PFOS) ve Perflouroktanik Asit (PFOA)]

Per- ve poliflorlu kimyasallar (PFC), sentetik olarak üretilmiş, doğal olarak oluşmayan uzun ömürlü organik kimyasallardır. Bunların bir alt grubunu ise perflorlanmış yüzey aktif madde bileşikleri olan PFT oluşturmaktadır. PFT' ler perflorooktanoik asit, perflorooktan sülfonik asit ya da perflorooktan sülfonatlar (PFOS) sentetik olarak perflorooktan sülfonil florit (PFOSF) veya bunun çözünmüş tuzlarından sanayide üretilmekte, "PFOS türevi maddeler" terimi ise bir veya daha çok PFOS grubu içeren ve çevresel şartlarda muhtemel olarak PFOS'a dönüşebilecek veya indirgenebilecek tüm yüzey aktif maddeleri için kullanılmaktadır. Yüzey aktif maddeleri, su ve yağ geçirmezlik elektronik ürünler, yangın söndürücü köpükler, tekstil, deri ve daha birçok alanda su geçirmezlik için PFOS hem isteyerek hem de PFOS-bağlantılı maddelerin çözünmesi sırasında kasıtsız olarak üretilir oluşan atıklardan su kaynakları ağır bir şekilde bu kirleticilerle yüklenmektedir (BFR, 2006; Fujii ve diğ. 2007; Larsen & Giovalle, 2015).

Balık ve kabuklu su ürünleri, PFOS için önemli bir insanlara taşınım kaynağıdır. PFOS ve PFOA, insan vücudunda yaklaşık olarak dokuz ve dört yıllık yarı ömürleme ile çok yavaş bir şekilde metabolize edilmektedir. PFOS ve PFOA, oral maruziyetten sonra kolay bir şekilde emilir ve böbreklerde, karaciğerde, kanda bulunur ve merkezi sinir sistemi de dahil olmak üzere diğer birçok organda da daha düşük seviyeye sahiptir. Potansiyel toksisite ve biyobirikim özelliklerine sahip olduklarından dolayı insan sağlığı için tehlikeli maddelerdir. Kan ile organ dokularında birikim göstermekte ve kansere neden olduğundan şüphelenilmektedir (Larsen & Giovalle, 2015).

Balıklardaki kontaminasyon ile ilgili Japonya'nın çeşitli bölgelerinde yapılan çalışmalarda toplanılan balık örneklerinin kan ve karaciğerlerinde PFOS konsantrasyonu 2-834 ng/mL olarak tespit edilmiştir. ABD New York eyaletinde toplanan balıkların karaciğer örneklerinde PFOS düzeyleri araştırılmış ve konsantrasyonları 9-315 ng/g arasında olduğu tespit edilmiştir (Fujii ve diğ. 2007).

Tablo 2.46. Perfluorinatlı yüzey aktif bileşikler (PFC) den PFOS ve PFOA' nın balıklardaki Avrupa Birliği Regülasyonlarına göre maksimum limitler (Commision Regulation (EU) 2022/2388, 2022)

Gıdalar	Maksimum limitler (yaş ağırlıkta µg/kg)				
	PFOS*	PFOA*	PFNA*	PFHxS*	Toplamları* **
Balık kas eti (aşağıda listenen balıklar dışındakiler için aşağıda listelenen balıkların, bebekler ve küçük çocuklara yönelik gıda üretimi durumunda ise kas etleri için bu değerler uygulanacak)	2.0	0..20	0.50	0.20	2.0
Aşağıdaki balıkların kas eti (Bebekler ve küçük çocuklar için gıda üretimi harici olanlar) *Clupea harengus membras*, *Sarda, Orcynopsis* türleri, *Lota lota, Sprattus sprattus,Platichthys flesus, Glyptocephalus cynoglossus*, *Mugil cephalus, Trachurus trachurus*, *Esox* türleri, *Pleuronectes* ve *Lepidopsetta* türleri, *Sardina* türleri, *Dicentrarchus* türleri, *Silurus* ve *Pangasius* türleri, *Petromyzon marinus*, *Tinca tinca*, *Coregonus albula*, *Coregonus vandesius*, *Phosichthys argenteus, doğadan avlanan Salmon* ve *Oncorhynchus* türleri ve *Anarhichas* türleri	7.0	1.0	2.5	0.20	8.0
Aşağıdaki balıkların kas eti (Bebekler ve küçük çocuklar için gıda üretimi harici olanlar) *Engraulis* türleri, *Barbus barbus*, *Abramis* türleri, *Salvelinus* türleri, *Anguilla* türleri, *Sander* türleri, *Perca fluviatilis*, *Rutilus rutilus*, *Osmerus* ve *Oregonus* türleri	35	8.0	8.0	1.5	45
Kabuklular ve çift kabuklu yumuşakçalar Kabuklular için, maksimum seviye, eklem ve karın kas etlerinde Yengeçler ve benzerleri için (*Brachyura* ve *Anomura*) eklem bölgesi kas etlerinde	3.0	0.70	1.0	1.5	5.0

* Maksimum seviye, kromatografik olarak ayrılmış olsun ya da olmasın, lineer ve dallanmış stereoizomerlerin toplamı için geçerlidir.
** PFOS, PFOA, PFNA ve PFHxS toplamı için, alt sınır konsantrasyonları, ölçüm limitinin altındaki tüm değerlerin sıfır olduğu varsayımıyla hesaplanmalıdır.

2.2.2.1.5. Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH)

Sanayide yanma prosesleri sonucu çevreye yayılan, organik (su ürünlerinin dumanlama/fümeleme/tütsüleme yapım işlemi sırasında veya yanma prosesleri sonucu çevresel şartlarla gıdalara bulaşan kirletici) bileşiklerin (piroliz) eksik yanması sonucu ortaya çıkan toksik ve kansorejenik etkiye sahip organik yapıda bileşiklere PAH denmektedir. İki ya da daha fazla benzen halkasına sahip hidrofobik karakterli yapıları vardır. Benzen halka sayıları dörtten az

ise hafif PAH, dört veya daha fazla benzen halkası yapılarında mevcut ise ağır PAH olarak sınıflandırılmaktadır. Saf pozisyonda PAH' lar renksiz, beyaz, açık sarı, yeşil renklerde hafif hoş bir kokulu karakteristik yapıları vardır. Doğal şekilde, orman yangınları veya volkanik patlamalarla oluşurken genelde endüstriyel ve motorlu taşıt kaynaklı kirleticilerdir (Günç Ergönül & Kaya, 2015).

En yüksek PAH konsantrasyonuna sahip gıda grupları arasında et, et ürünleri, su ürünleri, süt ürünleri (peynir, tereyağı, krema ve süt), sebzeler, tahıllar, içecekler (kavrulmuş kahve ve çay) ve bitkisel/hayvansal yağlar bulunmaktadır. Ekinlerin ve bitkilerin kontamine topraklarda büyümesi veya kontamine suda su canlılarının varlığı, PAH'ların besin zincirine geçişi için yeterli olmaktadır. Bazı durumlarda, gıda ürünlerinde PAH'lar, kontamine ambalaj malzemelerinin kullanılması yoluyla da ortaya çıkmaktadır (Huang & Penning, 2014).

Su Ürünlerinde PAH Bulaşanları Bakımdan Çevresel Etken: Petrol tankeri felaketleri, petrol sızıntıları veya endüstriyel atıklar nedeniyle kirlenen okyanuslar ve su yolları hem petrojenik hem de pirolitik PAH' larla daha yoğun şekilde kirlenebilmektedir. Beslenmeleri filtrasyon sistemine dayanan çift kabuklular, büyük miktarlarda suyu filtrelemeleri ve PAH' lar yönünden çok zayıf bir metabolik ayrıştırmaya sahip oldukları için, PAH' lara maruz kalan omurgasız hedeflerinde ilk sırada yer almaktadır. PAH' lar daha sonra besin zinciri boyunca beslenme yoluyla artarak aktarılmaktadır. Balıklar, PAH'ları hızla metabolize etmektedir. Bazı durumlarda, PAH' ların metabolitleri, ana PAH' lardan daha fazla zarar verici olabilmektedir. Böylece hem çift kabuklu canlılar hem de balıklar bundan daha yoğun etkilenmektedir (Huang & Penning, 2014).

Su Ürünlerinde PAH Bulaşanları Bakımdan Proses Etkeni: İşlenmiş su ürünlerinde PAH' ların ortaya çıkması temel olarak dumanlama/fümeleme/tütsüleme (hatalı talaş seçimi, yanma sıcaklığının yetersizliği vb.), kavurma, ızgara (közde, mangalda, vb.), kızartma, kurutma ve buharda pişirme gibi gıda hazırlama ve işleme tekniklerinden kaynaklanmaktadır. Özellikle klasik yöntemle yapılan dumanlama işlemleri sırasında balık veya gıdadaki yağın 200ºC üzerindeki aleve veya için yanmakta olan talaşa damlamasıyla piroliz meydana gelmekte ve oluşan dumanla PAH bileşenleri ürünleri kontamine etmektedir.

Tütsülenmiş balık ve etlerdeki PAH içeriğini etkileyen en önemli faktörlerden birisi dumanlama/fümeleme/tütsüleme işleminin yöntemidir (klasik veya endüstriyel). Odun/Talaşın pirolizinin gerçekleştiği sıcaklık dahil birçok faktöre bağlıdır. Piroliz sıcaklığı 400ºC'den 1000ºC'ye yükseldikçe PAH konsantrasyonu orantılı olarak arttığından, sıcaklık PAH oluşumunda önemli bir rol oynamaktadır. Odun/Talaşın pirolizi için en uygun sıcaklıklar ise 300

ila 600ºC arası sıcaklıklar olup, daha yararlı ve daha az zararlı potansiyel olarak kanserojen PAH bileşiklerinin oluşturulduğu sıcaklıklardır. Özellikle talaş seçimi yanmayı etkilediği ve yanma sürecinde PAH bileşiklerinin oluşumunda etkili olması sebebiyle reçineli ağaçların kullanımından kaçınılmalıdır (Belichovska ve diğ. 2019). Teknik anlamda su ürünleri işleme süreçleri üç tekniğe dayanmaktadır (Erkan, Su ürünlerinde sıvı duman kullanımı, 2000; Belichovska ve diğ. 2019);

1. Sıcak Dumanlama/Fümeleme/Tütsüleme
2. Soğuk Dumanlama/Fümeleme/Tütsüleme
3. Sıvı Duman Kullanımı

Yanma sonucu oluşan dumanın bileşimi yanma sıcaklığı, kullanılan odun/talaşın cinsi gibi faktörlere bağlı olmakla birlikte pirolizin başlangıcında, aromatik olmayan gazlar, sıvılar, katran ve reçine olmak üzere istenmeyen maddeler de ortaya çıkmaktadır. Pirolizin ikinci aşamasında, yaklaşık 1.000 farklı katı, sıvı ve gaz halinde organik bileşenden oluşan karmaşık bir kimyasal karışımdan oluşan çok önemli maddeler oluşmakta ve bunların yaklaşık 1.000' i de tütsülenmiş balığın özelliklerini oluşturmaya katılmaktadır (Belichovska ve diğ. 2019). Bu süreç üç temel faz ile ifade edilmektedir (Erkan, Su ürünlerinde sıvı duman kullanımı, 2000);

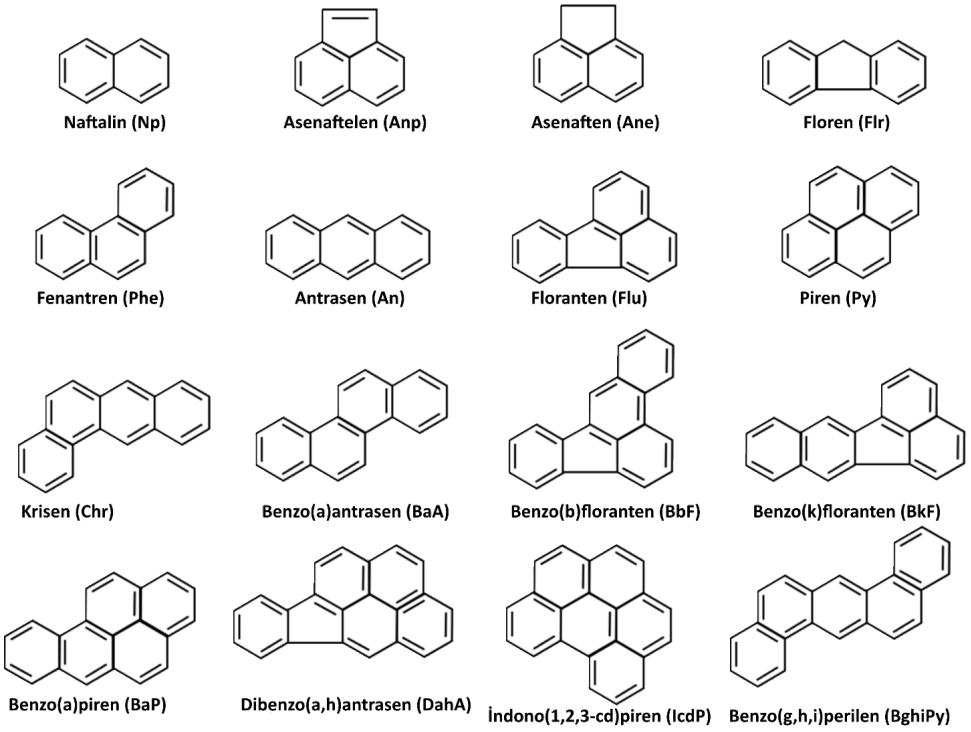
1. **Zerrecik fazı:** Kül, katran ve reçine
2. **Gaz fazı:** Genelde sıcak hava, yanıcı gazlar, CO_2, CO, su buharı ve asit, fenol, karbonil, alkol, hidrokarbon bileşenleri
3. **Yoğunlaşma fazı:** Gaz fazı içinde bulunan ve yoğunlaşma (eğilimi gösteren ürün yüzeyini kaplayan) fazı

Dumanlama/Fümeleme/Tütsüleme işleminde kullanılan dumanın elde edilme sürecinde kullanılan odun/odun talaşı yanmayla birlikte bünyesindeki suyu kaybederek CO_2, CO ve asetik asit gibi kısa karbon zincirli bileşikler oluşmaktadır (Erkan, Su ürünlerinde sıvı duman kullanımı, 2000; Belichovska ve diğ. 2019);

1. 100–170°C'de suyun yoğun buharlaşması
2. 200–260°C'de hemiselülozun termal ayrışması
3. 260–310°C'de selülozun termal ayrışması
4. 310–500°C'de ligninin termal ayrışması

Altı yüz atmış farklı PAH bileşiği tanımlanmış ve tütsülenmiş balıklarda yaklaşık 100 PAH ve bunların alkali türevleri belirlenmiştir. 15 PAH' ın in vivo koşullarda deney hayvanlarının somatik hücreleri üzerinde mutajenik ve genotoksik etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu genotoksik PAH' lar, insanlar için potansiyel olarak genotoksik ve kanserojen olarak da kabul görmektedir. Molekül ağırlığı 216 Da' nın altında olan PAH' ların kanserojen etkisinin olmadığı tahmin edilmektedir (Belichovska ve diğ. 2019). Kanserojen olduğu bilinen ve bu nedenle gıda güvenliği anlamında dikkat çeken benzo[a]piren ile karakterize edilen PAH' lar 0,001 ppm' e kadar ölçebilen teknikler mevcuttur (Ahmad, 2003).

İnsan sağlığı için risk teşkil eden temel 16 PAH bileşiği bulunmaktadır (Şekil 2.34).



Şekil 2.34. 16 PAH bileşikleri kimyasal yapıları (Honda & Suzuki , 2020).



Fotoğraf 2.20. Dumanlama/Fümeleme/Tütsüleme yapılmış balık örnekleri.

Tablo 2.47. Türk Gıda Gıda Kodeksinde Su Ürünleri için verilen Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH)' lara yönelik maksimum limitler (Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2011)

Gıda Maddesi	**Maksimum limit (µg/kg yaş ağırlık)**	
Benzo(a)piren, Benzo(a)anthrasen, Benzo(b) floranthen ve krisen	**Benzo(a)piren**	**Benzo(a)anthrasen, Benzo(b)floranthen ve krisen toplamı[3]**
Tütsülenmiş balık eti (bir alt satırlarda belirtilmiş balıkçılık ürünleri hariç), tütsülenmiş balıkçılık ürünleri[1, 2] ve tütsülenmiş kabuklularda başlı gövde kısmı hariç karın ve karın uzantısı kas etine uygulanır. Tütsülenmiş yengeç ve yengeç benzeri kabuklularda (Brachyure ve Anamura) ise appendages kas etine uygulanır.	2.0	12.0
Tütsülenmiş çaça balığı ve tütsülenmiş konserve çaça balığı (*Sprattus sprattus*)[1, 4]; çift kabuklu yumuşakçalar (taze soğutulmuş veya dondurulmuş)[2]; son tüketiciye sunulan ısıl işlem görmüş et ve et ürünleri	5.0	30
Tütsülenmiş çift kabuklu yumuşakçalar[2]	6.0	35.0

[1] Balık, bütün olarak tüketiliyorsa maksimum limit bütün haldeki balığa uygulanır.
[2] Maksimum limit aşağıdaki gıdalara uygulanır:
Kabuklu canlılar (kabukları ile birlikte olsun olmasın) (canlı, taze, soğutulmuş, dondurulmuş, kurutulmuş, tuzlanmış veya salamura edilmiş); kabuklu canlılar (kabukları ile birlikte) (buharda veya suda pişirilmiş soğutulmuş, dondurulmuş, kurutulmuş, tuzlanmış veya salamura edilmiş olsun olmasın); kabuklu canlıların insanların yemesine elverişli unları, ezmeleri ve peletleri (GTİP No: 0306)
Yumuşakçalar (kabukları olsun olmasın) (canlı, taze, soğutulmuş, dondurulmuş, kurutulmuş, tuzlanmış veya salamura edilmiş); kabuklu canlılar ve yumuşakçaların dışında kalan suda yaşayan omurgasız canlılar (canlı, taze, soğutulmuş, dondurulmuş, kurutulmuş, tuzlanmış veya salamura edilmiş); suda yaşayan omurgasız canlıların (kabuklu canlılar hariç) insanların yemesine elverişli unları, ezmeleri ve peletleri (GTİP No:0307)
Hazırlanmış veya konserve edilmiş kabuklu canlılar, yumuşakçalar ve diğer su omurgasızları (GTİP No: 1605)
[3] Düşük limit konsantrasyonu bu dört maddenin ölçülebilir miktarının sıfır olduğu kabulüyle hesaplanır.
[4] Konserve gıdalarda analiz tüm konserve içeriğinden yapılır. Maksimum limit kompozit gıdalarda olduğu gibidir.

2.2.2.1.6. Veteriner İlaç Kalıntıları

Su ürünlerinin yumurtadan hasatta gelinceye kadar ki tüm süreçlerinde hastalıkların sağaltımı ve önlenmesi, paraziter hastalıkların kontrolü amacıyla çok sayıda ilaç kullanılmaktadır.

Hastalıkların sağaltımı, önlenmesi sürecinde suya ya da yeme katılarak uygulanan ilaç ve diğer kimyasal maddelerin kullanılmalarını takiben hayvanın besin değeri taşıyan doku ve organları ile bunlardan elde edilen gıdalarda biriken veya depolanan metabolitleri, parçalanma ürünleri, serbest veya bağlı haldeki maddeler kalıntı olarak değerlendirilmektedir (Seymenoğlu, 2014).

Protein kaynaklarının dengeli beslenmedeki önemi ve hayvansal protein kaynaklarının insanların tüketimindeki gıda güvencesinin sağlanması ihtiyacı hayvansal üretimin artırılmasını zorunlu kılmaktadır. Hayvansal protein kaynaklarının üretiminde antibiyotiklerin verim artırıcı olarak kullanılmaları Avrupa Birliği Ülkeleri ve Türkiye de 2006' dan beri yasaktır. Gıdalarla alınan antibiyotik kalıntıları bakterilerde direnç artışına neden olmaktadır. Oluşan

direnç ise insanlarda kullanılan ilaçların etkisini azaltmakta bu da enfeksiyon hastalıklarının tedavisinde sorunlar oluşturmaktadır. Bu anlamda antimikrobiyal direnç hem insanların hem de diğer canlıların sağlığını tehdit eden önemli bir faktör olarak görülmekte ve ciddiyeti artarak gelişen bir durumdur. Dünya Sağlık Örgütü (WHO), insanlarda ve tarım üretimi kapsamında olan canlılarda antibiyotiklerin yanlış kullanımının, antibiyotik direncinin artmasında birincil etken olduğunu belirterek kalkınma, küresel sağlık ve gıda güvencesine yönelik en büyük tehditlerden biri olarak tanımlamıştır (Yavuz ve diğ. 2020).

"Canlı Hayvanlar ve Hayvansal Ürünlerde Belirli Maddeler ile Bunların Kalıntılarının İzlenmesi için Alınacak Önlemlere Dair Yönetmelik" de izleme programı su ürünleri üretimi içinde aşağıdaki gibi verilmiştir (Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2011);

GRUP A – Anabolik etkiye sahip maddeler ve kullanımına izin verilmeyen maddeler

(1) Stilbenler, stilben türevleri ve bunların tuzları ve esterleri

(2) Antitroid ajanları

(3) Steroidler

(4) Zeranol içeren resorsilik asit laktonları

(5) Beta agonistler

(6) Hangi seviyede olursa olsun tüketici sağlığını tehlikeye sokan ve gıdalarda hiçbir seviyede bulunmaması gereken farmakolojik aktif maddeleri

GRUP B – Veteriner ilaçları ([1]) ve bulaşanlar

(1) Sülfonamidler ve kinolonları da içeren antibakteriyel maddeler
(2) Diğer veteriner ilaçları
(a) Antihelmintikler
(b) Nitroimidazolleri de içeren antikoksidiyaller
(c) Karbamatlılar ve piretroidler
(d) Sedatifler
(e) Steroid olmayan antienflamatuvar ilaçlar
(f) Diğer farmakolojik aktif maddeler
(3) Diğer maddeler ve çevresel bulaşanlar
(a) PCB' leri de içeren organik klorlu bileşikler
(b) Organik fosforlu bileşikler
(c) Kimyasal elementler
(d) Mikotoksinler

(e) Boyalar

(f) Diğerleri

([1]) Veteriner hekimliği alanında kullanılabilen ruhsatsız maddeleri de içeren.

1- Yetiştiriciliği yapılan balıklarda

Örnekleme analitik metodun gereklilikleri ve söz konusu balığın büyüklüğüne göre bir veya daha fazla balıktan oluşmaktadır.

Yetkili makam, çiftlikte üretilen balığın miktarına (ton olarak) bağlı olarak, aşağıda verilen asgarî örnekleme seviyesi ve sıklığını dikkate almalıdır.

Her yıl toplanması gereken numunelerin asgarî sayısı, yıllık üretimin her 100 tonu için en azından 1 olmalıdır.

Analiz için araştırılan bileşimler ve seçilen numuneler, bu maddelerin olası kullanımlarına göre seçilmelidir.

Tablo 2.48. Hayvan türleri, hayvan yemi ve içme sularında ve hayvansal birincil ürünlerde aranılacak madde grupları ve kalıntılar *(Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2011)*

Aranılacak madde grupları			**Su Ürünleri**
Grup A	1		X
	2		
	3		X
	4		
	5		
	6		X
Grup B	1		X
	2	a	X
		b	
		c	
		d	
		e	
		f	
	3	a	X
		b	
		c	X
		d	X
		e	X
		f	

Örnekleme Dağılımı aşağıda belirtildiği gibi yapılmalıdır:

Ek-1 Grup A: Toplam numunelerin 1/3'ü:

Bütün numuneler çiftlik seviyesinde, tüketim için pazarda yer almaya hazır olan balık da dahil olmak üzere, yetiştiriciliğin bütün safhalarındaki balıktan oluşmalıdır. Örnekleme koşullarının özellikle zor olduğu deniz kültüründe, numuneler balık yerine yemden alınabilmektedir.

Ek-1 Grup B: Toplam numunelerin 2/3'ü:

Örnekleme aşağıda belirtilen şekilde yürütülmelidir;

a) Tercihen çiftlikte, tüketim için pazarda yer almaya hazır olan balıktan örnek alınmalı

b) İşleme fabrikasında veya toptancı seviyesinde, pozitif sonucun çıkması durumunda, çiftlik menşeine kadar dönebilme imkânı sağlayan taze balıktan örnek alınmalı

Çiftlik düzeyinde alınan numunelerde, kayıtlı üretim alanlarının asgarî %10'undan yukarıdaki örnekleme yapılmış olmalıdır.

2- Diğer su ürünleri

Yetkili makamların veteriner ilaç ve kimyasalların diğer kültürü yapılan su ürünlerine uygulandığına dair gerekçeleri varsa/veya çevresel bulaşıklıktan şüpheleniliyorsa, bu türler için balık çiftlik ürünlerinden alınan numunelere ilave olarak, üretimleriyle orantılı bir şekilde örnekleme planına da dahil edilmelidir.

Tablo 2.49. Su ürünlerindeki izinli maddeler ve limitleri (T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2017)

Farmakolojik Aktif Madde	Belirleyici Kalıntı	Maksimum Kalıntı Limiti	Hedef Doku	Terrapötik Sınıfı
Amoksilin	Amoksilin	50 µg/kg	Kas ve derinin doğal oranlarında	Antienfeksiyöz maddeler / Antibiyotikler
Ampisilin	Ampisilin	50 µg/kg	Kas ve derinin doğal oranlarında	Antienfeksiyöz maddeler / Antibiyotikler
Benzilpenisilin	Benzilpenisilin	50 µg/kg	Kas ve derinin doğal oranlarında	Antienfeksiyöz maddeler / Antibiyotikler
Danofloksasin	Danofloksasin	100 µg/kg	Kas ve derinin doğal oranlarında	Antienfeksiyöz maddeler / Antibiyotikler
Deltametrin	Deltametrin	10 µg/kg	Kas ve derinin doğal oranlarında	Antienfeksiyöz maddeler / Antibiyotikler
Difloksasin	Difloksasin	300 µg/kg	Kas ve derinin doğal oranlarında	Antienfeksiyöz maddeler / Antibiyotikler
Diflubenzuron	Diflubenzuron	1000 µg/kg	Kas ve derinin doğal oranlarında	Antienfeksiyöz maddeler / Antibiyotikler

Tablo 2.49. Devamı

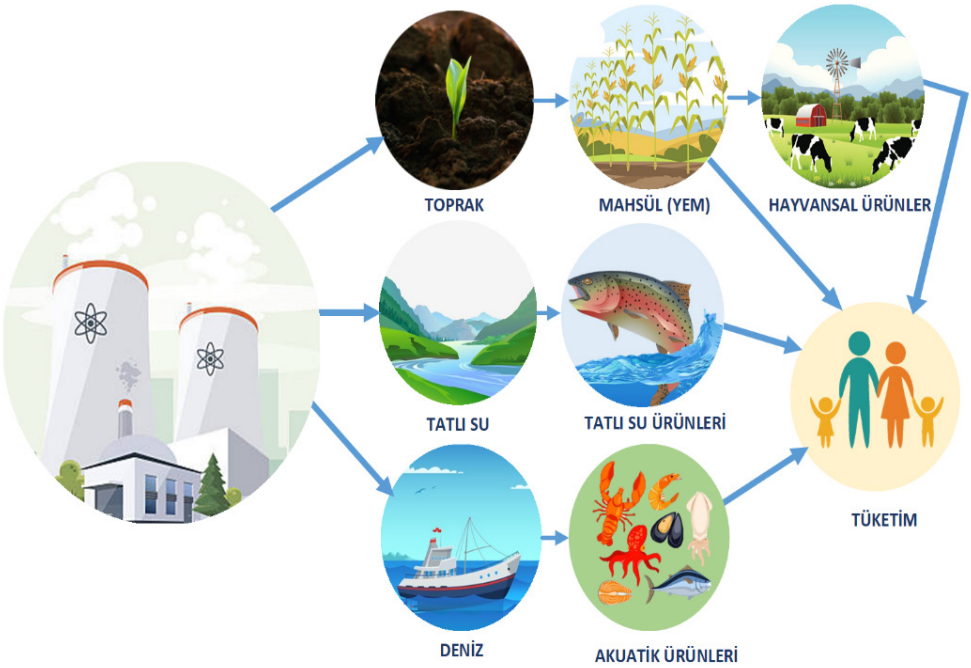
Farmakolojik Aktif Madde	Belirleyici Kalıntı	Maksimum Kalıntı Limiti	Hedef Doku	Terrapötik Sınıfı
Dikloksasilin	Dikloksasilin	300 µg/kg	Kas ve derinin doğal oranlarında	Antienfeksiyöz maddeler / Antibiyotikler
Doksisiklin	Doksisiklin	300 µg/kg	Kas ve derinin doğal oranlarında	Antienfeksiyöz maddeler / Antibiyotikler
Emamaektin	Emamaektin B1a	100 µg/kg	Kas ve derinin doğal oranlarında	Antienfeksiyöz maddeler / Antibiyotikler
Enrofloksasin	Enrofloksasin ve siprofloksasin toplamı	100 µg/kg	Kas ve derinin doğal oranlarında	Antienfeksiyöz maddeler / Antibiyotikler
Eritromisin	Eritromisin A	200 µg/kg	Kas ve derinin doğal oranlarında	Antienfeksiyöz maddeler / Antibiyotikler
Florfenikol	Florfenikol ve florfenikol amin olarak ölçülen metabolitleri toplamı	1000 µg/kg	Kas ve derinin doğal oranlarında	Antienfeksiyöz maddeler / Antibiyotikler
Flumekuin	Flumekuin	600 µg/kg	Kas ve derinin doğal oranlarında	Antienfeksiyöz maddeler / Antibiyotikler
Heksaflumuron	Heksaflumuron	500 µg/kg	Kas ve derinin doğal oranlarında	Antienfeksiyöz maddeler / Antibiyotikler
İsoeugenol	İsoeugenol	6000 µg/kg	Kas ve derinin doğal oranlarında	Antienfeksiyöz maddeler / Antibiyotikler
Kloksasilin	Kloksasilin	300 µg/kg	Kas ve derinin doğal oranlarında	Antienfeksiyöz maddeler / Antibiyotikler
Klortetrasiklin	Ana madde ve 4. Epimerlerinin toplamı	100 µg/kg	Kas ve derinin doğal oranlarında	Antienfeksiyöz maddeler / Antibiyotikler
Kolistin	Kolistin	150 µg/kg	Kas ve derinin doğal oranlarında	Antienfeksiyöz maddeler / Antibiyotikler
Linkomisin	Linkomisin	100 µg/kg	Kas ve derinin doğal oranlarında	Antienfeksiyöz maddeler / Antibiyotikler
Lufenuron	Lufenuron (RS-izomerleri)	1350 µg/kg	Kas ve derinin doğal oranlarında	Antienfeksiyöz maddeler / Antibiyotikler
Neomisin (Framisetin dahil)	Neomisin B	500 µg/kg	Kas ve derinin doğal oranlarında	Antienfeksiyöz maddeler / Antibiyotikler
Oksasilin	Oksasilin	300 µg/kg	Kas ve derinin doğal oranlarında	Antienfeksiyöz maddeler / Antibiyotikler
Oksasitetrasiklin	Ana madde ve 4-epimerleri toplamı	100 µg/kg	Kas ve derinin doğal oranlarında	Antienfeksiyöz maddeler / Antibiyotikler
Oksalinik asit	Oksalinik asit	100 µg/kg	Kas ve derinin doğal oranlarında	Antienfeksiyöz maddeler / Antibiyotikler

Tablo 2.49. Devamı				
Farmakolojik Aktif Madde	**Belirleyici Kalıntı**	**Maksimum Kalıntı Limiti**	**Hedef Doku**	**Terrapötik Sınıfı**
Paromomisin	Paromomisin	500 µg/kg	Kas ve derinin doğal oranlarında	Antienfeksiyöz maddeler / Antibiyotikler
Sipermetrin	Sipermetrin izomerleri toplamı	50 µg/kg	Kas ve derinin doğal oranlarında	Antienfeksiyöz maddeler / Antibiyotikler
Spektinomisin	Spektinomisin	300 µg/kg	Kas ve derinin doğal oranlarında	Antienfeksiyöz maddeler / Antibiyotikler
Sülfonamidler (Sülfonamid grubuna ait tüm maddeler)	Ana madde	100 µg/kg	Kas ve derinin doğal oranlarında	Antienfeksiyöz maddeler / Antibiyotikler
Teflubenzuron	Teflubenzuron	500 µg/kg	Kas ve derinin doğal oranlarında	Antienfeksiyöz maddeler / Antibiyotikler
Tetrasiclin	Ana madde ve 4-epimerleri toplamı	100 µg/kg	Kas ve derinin doğal oranlarında	Antienfeksiyöz maddeler / Antibiyotikler
Tiamfenikol	Tiamfenikol	50 µg/kg	Kas ve derinin doğal oranlarında	Antienfeksiyöz maddeler / Antibiyotikler
Tilmikosin	Tilmikosin	50 µg/kg	Kas ve derinin doğal oranlarında	Antienfeksiyöz maddeler / Antibiyotikler
Tilozin	Tilozin A	100 µg/kg	Kas ve derinin doğal oranlarında	Antienfeksiyöz maddeler / Antibiyotikler
Trimetoprim	Trimetoprim	50 µg/kg	Kas ve derinin doğal oranlarında	Antienfeksiyöz maddeler / Antibiyotikler

2.2.2.1.7. Radyonüklidler

İnsanların radyasyona maruz kalmasına katkıda bulunan gıdalardaki doğal radyoaktivite, esas olarak potasyum izotopu (potasyum-40) ve uranyum-radyum ve toryum bozunma zincirinin uzun ömürlü radyonüklidlerinden kaynaklanmaktadır (BFS, 2021); Uranyum-238, Uranyum-234, Radyum-226, Radyum-228, Kurşun-210, Polonyum-210, Toryum-230, Toryum-232, Toryum-228.

Yapay radyonüklidler arasında özellikle sezyum-137 insanın radyasyona maruz kalması açısından önemlidir (BFS, 2021). Bir nükleer kaza veya diğer herhangi bir radyolojik acil durum sonrasında gıda maddelerinin ve yem maddelerinin izin verilen maksimum radyoaktif kontaminasyona dayalı radyonüklit seviyelerini belirleyen 22 Aralık 1987 tarih ve 3954/87 Sayılı Konsey Tüzüğüdür (Euratom) (Concil Regulation (EURATOM) 3954/87, 1987). Doğal radyonüklidler ayrıca balıklarda ve kabuklularda (diğerlerinin yanı sıra deniz tarağı, karides, ıstakoz ve karideslerin yumuşak dokularında), özellikle kurşun-210 ve polonyum-210'da birikebilmektedir (BFS, 2021).



Şekil 2.35. Radyonüklidlerin besin zinciri ile tüketiciye aktarımı (Ministry of Health, Labour and Welfare den uyarlanmıştır).

Tablo 2.50. Gıda ve yem maddeleri için izin verilen maksimum radyonüklid seviyeleri (Bq/kg veya Bq/L) *(Concil Regulation (EURATOM) 3954/87, 1987)*

Maksimum izin verilen sınır değer (Bq/kg)	**Süt ürünleri**	**Diğer gıdalar**
Stronsiyum İzotopları, özellikle Sr-90	125	750
İyot izotopları, özellikle I-131	500	2000
Plütonyum ve transplütonyum elementlerinin alfa yayan izotopları, özellikle Pu-239, Am-241	20	20
10 günden daha fazla yarılanma ömrü olan bütün diğer radyonüklidler, özellikle Cs-134, Cs-137	1000	1250

2.2.2.1.8. Mikro ve Nano Plastikler (MNP)

1900'lerin başında sentetik bileşenlerden yapılan ilk plastiğin keşfinden bu yana endüstri, plastik malzemelerle ilgili yeni özellikler ve fırsatlar araştırmaktadır. Okyanuslardaki plastik atıklarla ilgili ilk araştırmalar 1970'lerde başlamış, ancak 2000' lerin başına kadar bilim camiasından fazla ilgi görmemiştir. 'Mikroplastik' terimi ise ilk olarak 2004 yılında kullanılmıştır. Mikroplastikler havada, toprakta, tatlı suda, denizlerde, biyotada ve beslenmemizin çeşitli bileşenlerinde bulunan karışık şekilli plastik parçacıklardır. Daha büyük plastik parçalar ile mikroplastiklerin parçalanması ve bozulması sonucu, nanoplastiklerin oluşması söz konusu

da olabilmektedir. Bilim adamları, politika yapıcılar, halk, hem mikro ile nanoplastiklerin her yerde bulunması hem de bunların çevremiz ve insan sağlığı üzerindeki etkileri, gıda güvenliği yönünden belirsizliklerin ortaya konması gerekliliği üzerinde durmaktadır.

Mikroplastiklerin boyutlarını tanımlayan evrensel uyumlu bir terminoloji henüz oluşturulmamıştır. Literatürde, mikroplastikler için genellikle, 0.1-5.000 µm aralığındaki parçalar, lifler, sferoidler, granüller, topaklar, pullar veya boncuklar olarak adlandırılan farklı şekilli malzemelerin heterojen bir karışımını içerdiği, 0.1 µm den daha küçük parçacıklar ise nanopalastikler olarak sınıflandırılmaktadır (CONTAM, 2016; SAPEA, 2019). Plastiklerin geniş uygulama ve kullanım yelpazesinin bir sonucu olarak, çeşitli MNP kaynakları mevcuttur. Genel olarak mikroplastikler, birincil mikroplastikler ve ikincil mikroplastikler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Birincil mikro ve nano plastikler, belirli uygulamalar için özel olarak üretilmiş mikroskobik plastik parçalarıdır; endüstriyel üretim ve mikro boncuklar için peletler vb... İkincil mikro ve nano plastikler ise hem denizde hem de karada daha büyük plastik atıkların veya döküntülerin parçalanmasından dolaylı olarak oluşan plastik kirleticilerdir (SAPEA, 2019).

Plastik polimerler çok çeşitli uygulamalar için kullanılmaktadır ve günlük hayatımızda önemli bir malzeme haline gelmiştir. Avrupa'da en çok talep edilen polimerler (azalan sırayla) polipropilen (PP), polietilen (PE), polivinil klorür (PVC), poliüretan (PU), polietilen tereftalat (PET) ve polistirendir (PS). Üçte birinden fazlası Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri'ndeki plastikler, üretildikten sonra üç yıl içinde atılan tek kullanımlık ürünlerde kullanılmaktadır (Paul ve diğ. 2020).

Yiyecekleri ile içme sularını kirleten mikro ve nanoplastikler, insanlar tarafından yutulmadan önce çeşitli aşamalardan geçmektedir. Plastik malzemeler ve partiküller yaşam döngüleri boyunca farklı çevresel koşullara bağlı olarak değişebilmektedir. Yine de mikroplastiklerin ve nanoplastiklerin alımı ve etkileri üzerine yapılan çoğu araştırma, bozulmamış, kasıtlı olarak üretilmiş parçacıklarla yapılmıştır. Bu nedenle, üretimden gıdaya kadar olan varoluşları boyunca plastik parçacıklarının özelliklerini değiştirebilecek çeşitli hususlar dikkate alınmalıdır. Bu yönler, yaşlanma ve bozunma, bir protein korona ve biyofilm oluşumu, katkı maddelerinin sızması ve bileşiklerin emilmesini içermektedir (Paul ve diğ. 2020).

Deniz ürünlerindeki mikro ve nanoplastiklerin insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri, plastik parçacıklarının kendisinden veya kalıcı, biyobirikimli ve toksik maddeler gibi katkı maddeleri ya da emilmiş/emdirilmiş kirletici maddelerden kaynaklanabilmektedir. İnsanların deniz ürünlerinden (örneğin midye) mikroplastik alımının, deniz ürünleri tüketim alışkanlık-

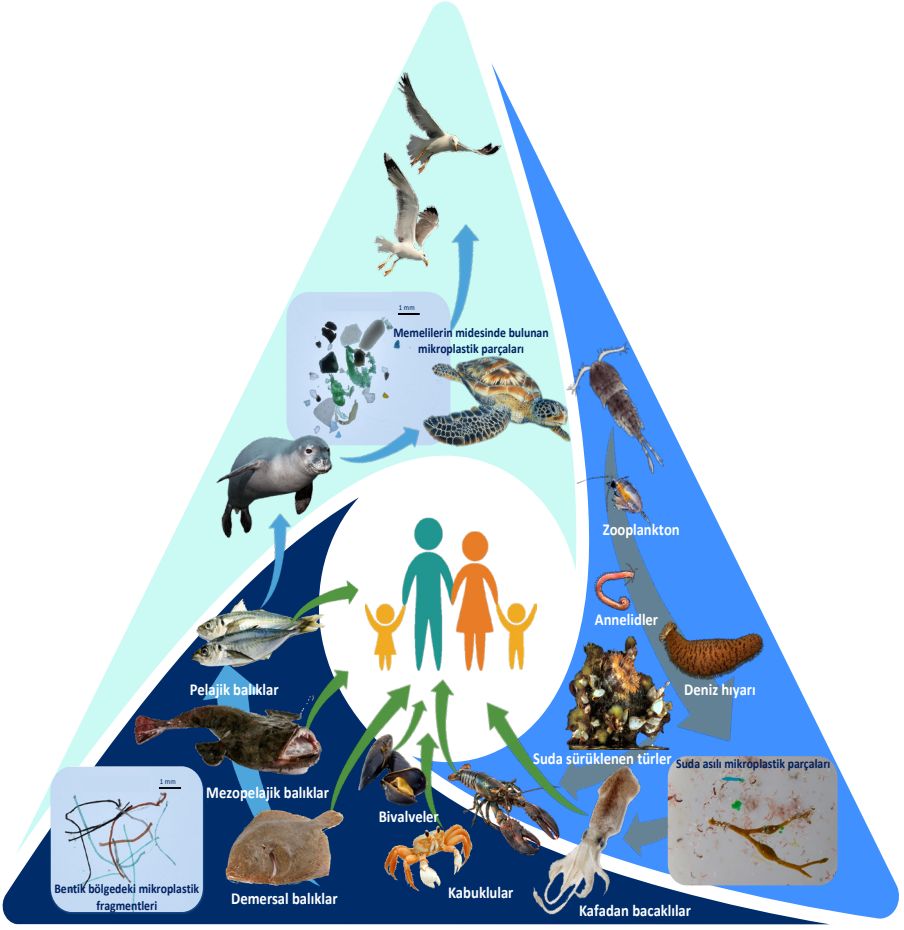
larına ve organizmaların mikroplastiklere maruz kalmasına bağlı olarak günde 1 parçacıktan günde 30 parçaya kadar olduğu tahmin edilmektedir. Mikroplastiklere maruz kalan suda yaşayan organizmalarda, sindirim sistemi en büyük miktarda mikroplastik muhteviyatını içermektedir. Bununla birlikte, çift kabuklular, derisidikenliler ve bazı küçük balık türleri dışında, deniz ürünleri normalde insan tüketiminden önce ayıklanmaktadır. Örnek olarak, bir midye porsiyonunun (225 g) tüketilmesinden sonra mikroplastiklere maruz kalmanın en kötü durum tahmini 7 µg plastik olduğu varsayılmaktadır. Bu tahmine dayalı olarak ve mikroplastik kökenli rapor edilen en yüksek katkı maddesi ile kirletici konsantrasyonları ve yuttuktan sonra mikroplastiklerden tam salınımı göz önüne alınsa bile mikroplastiklerin Kalıcı, Biyobirikimli ve Toksik (PBT) kirleticilere ve katkı maddelerine maruz kalma üzerinde ihmal edilebilir bir etkisi söz konusudur. Günümüz beslenme diyetinde insanların bu bileşiklerle toplam diyet maruziyetiyle etkilenme oranı yüzde 0.1' den azdır. Mikroplastiklerin trofik transferi, su ürünlerinde birikime yol açmaz ve ilişkili PBT' ler ve katkı maddeleri, bu bileşiklerin toplam insan diyeti alımı üzerinde ihmal edilebilir bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Bu noktada nanoplastiklerle ilgili veriler önemlidir, çünkü nanoplastiklerin yüksek biyolojik etkiye sahip olabileceğine dair endişeler de vardır (Lusher ve diğ. 2017).

Yüz elli (150) µm veya daha büyük plastik parçacıkların bağırsaklar tarafından emilemeyeceği bildirilmektedir. Yenilebilir kas dokusunda ve farklı organlarda bulunan mikroplastiklerin ise mideye alınan <20 µm küçük parçacıklardan oluştuğu varsayılmaktadır. 0.1-10 µm aralığındaki mikroplastiklerin organlara, hücre zarından, kan-beyin bariyerlerinden ve plasentaya nüfuz ortaya konmuştur. İnsanlar tarafından alınan mikro ve nanoplastiklerin %90' dan fazlasının insan vücudunun boşaltım sistemi yoluyla atıldığı da ön görülmektedir. İnsan hücreleri ile yapılan in vitro çalışmalara göre MNP' lerin insan hücreleri üzerindeki potansiyel sitotoksik etkileri de araştırmalarda ortaya konmuştur (Tablo 2.52) (Can Tunçelli & Erkan, 2021; Lusher ve diğ. 2017).

MNP' lerin, yapılarında barındırabildikleri patojenik ve patojenik olmayan bakteriler, kimyasallar ve katkı maddeleri kaynaklı olarak tüketiciler nezdinde tehlike oluşturmaktadır (Can Tunçelli & Erkan, 2021).

MNP' lerin insanlarda tüketim sonrası dokularda tutunum veya uzaklaştırılma oranları parçacıkların şekil, boyut, polimer tipi, yüzey kimyası ve içerdikleri kimyasal maddeler dahil birçok faktörle ilişkilenmektedir. MNP' lerin canlılar üzerindeki uzun süreli etkileri konusunda net bir bilgi bulunmamaktadır. MNP' lerin insan sağlığı üzerine etkileri tüketim konsantrasyonuna bağlı değişkenlik gösterebilirken, günümüzde gıdalar vasıtasıyla alınabilecek MNP tüketim limitleri konusunda yasal bir düzenleme yoktur (Can Tunçelli & Erkan, 2021).

Tablo 2.51. MNP lerin insan vücudunda emilimi (Lusher ve diğ. 2017)	
Mikroplastikler (0.1–5000 µm)	**Nanoplastikler (1–100 nm)**
> 150 µm Emilim Yok	
< 150 µm Lenf emilimi % ≤ 0.3	
= 110 µm Portal damarlarda	
≤ 20 µm Organlara geçiş	≤ 100 nm tüm organlara erişim, kan-beyin ve plasenta bariyerinin translokasyonu % 7 yakın emilim

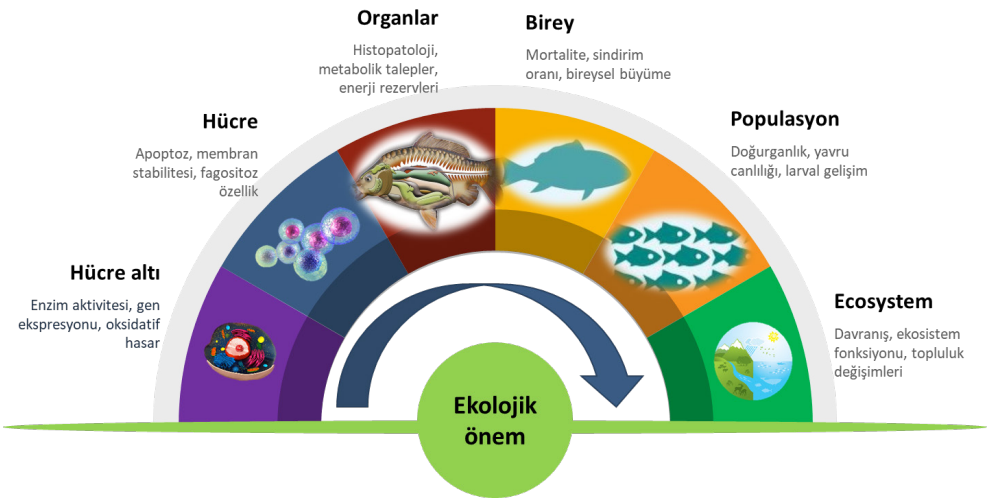


Şekil 2.36. Mikroplastiklerin besin zincindeki aktarımı (Lusher, 2015' den uyarlanmıştır) (Lusher ve diğ. 2017).

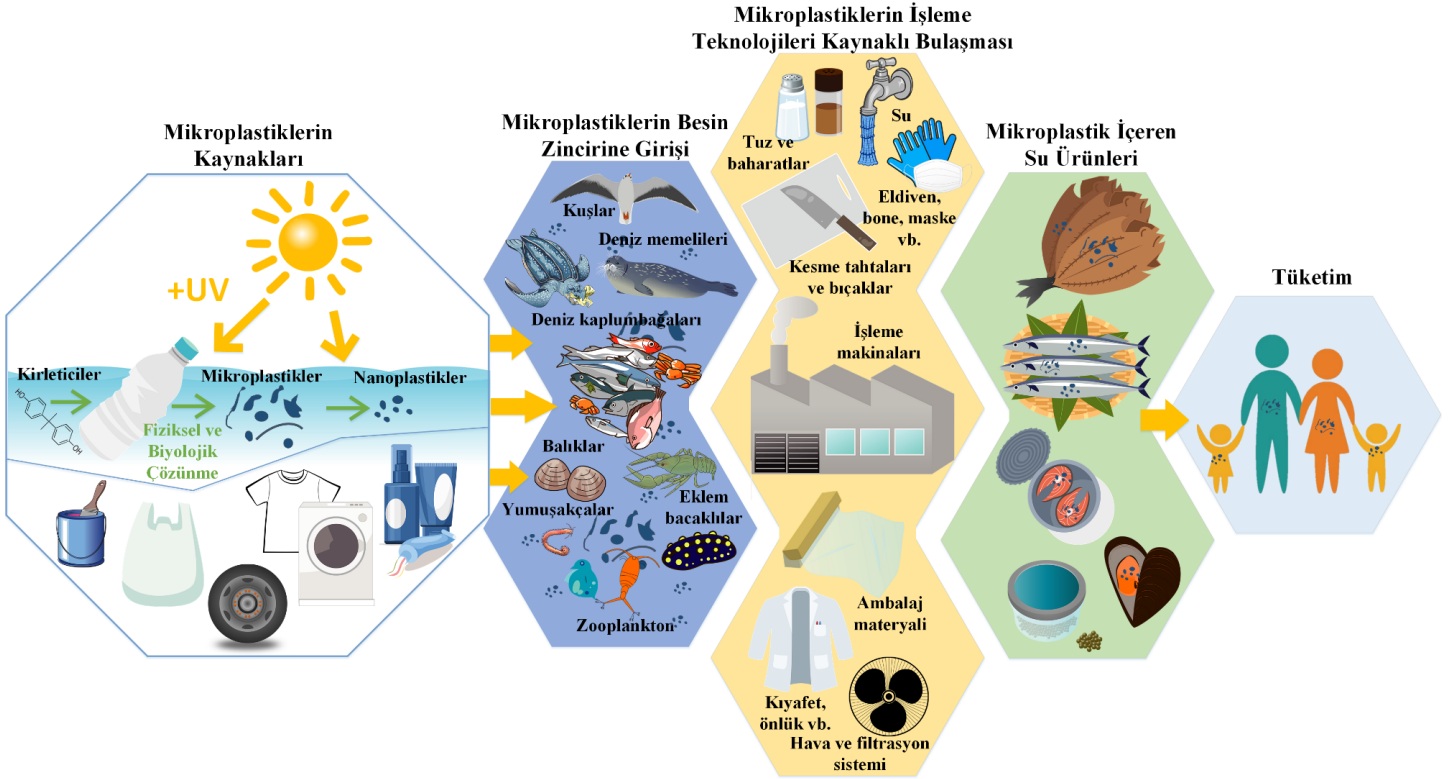
Tablo 2.52. Çeşitli biyolojik yapılarda inhalasyon ve cerrahi malzemelerden kaynaklanan mikroplastiklerin ve nanoplastiklerin etkisine ilişkin tıbbi literatür bilgileri (Lusher ve diğ. 2017)

Biyolojik Yapı	Parçacık Tipi ve Boyutu	Etki
Makromoleküller	PE 100 nm - 30 µm PS 50 nm - 4.7 µm PMMA 1 µm - 2 µm PC 1 µm - 55 µm	DNA hasarı, gen ve protein ifadesindeki değişiklikler
Organeller*	PMMA 10 µm	Daha fazla mikronükleidler
Hücreler	PS 20 nm - 4.7 µm PE 300 nm - 10 µm PMMA 2 µm - 35 µm PS 20 nm - 200 nm PS 60 nm - 200 nm	Hücre pıhtılaşması, nekroz, apoptoz, proliferasyon ve hücre canlılığının kaybı Oksidatif stres Artmış Ca iyonları
Dokular	PE 600 nm - 21 µm, PMMA 1 µm - 35 µm	İnflamasyon ve kemik osteolizi
Organlar	PMMA 1 µm - 10 µm	Lezyonlar

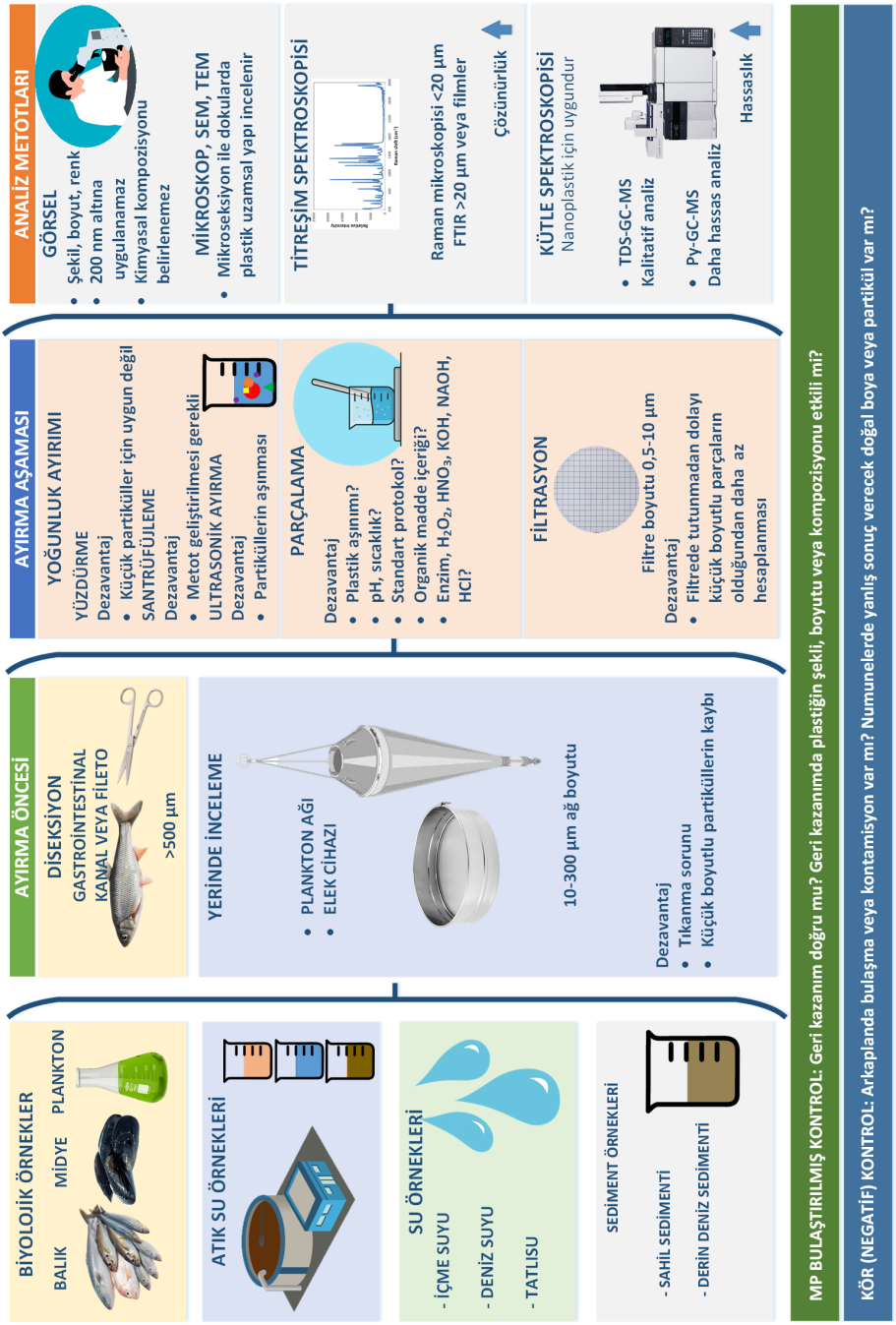
* Bir organel, belirli bir işlevi olan bir hücre yapısı (örneğin mitokondri). PE (Polietilen), PS (Polistiren), PMMA (Poli(metil metakrilat)), PC (Polikarbonat)



Şekil 2.37. MNP' lerin etki boyutu (SAPEA, 2019' dan uyarlanmıştır) (SAPEA, 2019).



Şekil 2.38. Su ürünleri ve bunların işleme süreçlerinden insan tüketimine geçiş yapan mikroplastik ve nanoplastik riski (Can Tunçelli & Erkan, 2021).



Şekil 2.39. Basit ve karmaşık matrislerde mikroplastik ve nanoplastik ayırma ve analiz yöntemlerine genel bakış (Nguyen, ve diğ., 2019' dan uyarlanmıştır) (Nguyen ve diğ. 2022).

2.2.2.1.9. Ambalajlama Süreç ve Malzemeleri ile Taşınan Kirleticiler

Gıda ambalajlarında kullanılan malzemeler metal, bitkisel (kâğıt, ahşap), cam ve ağırlıklı plastik malzemelerdir. Plastikler çok yönlü yapıları ile bilinen kullanışlı malzemeler olup, plastik ambalaj kullanımı her geçen gün artmaktadır. Türk Gıda Kodeksi' ne göre gıda maddeleri ile temas edecek plastikler, yüksek moleküler ağırlıklı polimerlerden oluşmalı ve gıdanın yapısı ile kimyasal reaksiyona girmemelidir. Gıdalarda kullanılacak üretimindeki olan plastikleştirici (yumuşatıcı), antioksidan (koruyucu), stabilizatör (dayanıklılık sağlayıcı), emülgatör (homojenleştirici), librifiyan (parlatıcı), boya (renklendirici), katalizör (hızlandırıcı) gibi maddelerin miktarı ambalajlanacak ürünün kalitesini değiştirmemeli ve toksik bir etki göstermemelidir. Gıda maddeleriyle temas edecek plastik malzemelerin gıdalarca emilimi olmamalı, ürünü sızdırmamalı, tadı, kokusu ve rengini değiştirmemelidir. Taşıma ve depolama koşullarının gerektirdiği fiziksel ve mekanik özelliklere sahip olmalıdır. Plastiklerin yapısında kullanılan kimyasallar, gıda benzeri çözücülerde 60 ppm' den, gıda ve benzeri çözücülerin temas ettiği yüzeylerde ise 10 mg/dm^2' den fazla çözünür özellikler taşımamalıdır (Erkmen, 2010).

Gıda ambalajlarından kontaminasyon riskleri üç başlık altında değerlendirilmelidir (MASTERPACK GROUP, 2018);

1. **Fiziksel Kirleticiler**

Fiziksel kontaminasyon, gerçek nesneler gıda olarak tüketilecek ürüne bulaştığında meydana çıkmaktadır. En yaygın fiziksel kirleticiler cam, ahşap, taşlar, metal, mücevher, pislik, yalıtım, kemik, plastik, kişisel eşyalar, mermiler ve iğneler vb. unsurlardır. Gıda ürünlerindeki tuhaf ve sıra dışı nesneler genellikle haber kanallarının manşetlerine çıkmaktadır. Gıda endüstrisi, tüketicilere ulaşan herhangi bir nihai ürünün fiziksel kirleticilerden arınmış olmasını sağlamak için birçok önlem almaktadır. Gıda ambalajlarındaki bu yabancı maddeleri önleme yönünde tanımlama teknikleri hızla gelişmekte ve gıda ambalajlarındaki fiziksel kirleticiler ile karşılaşma olasılığı önemli ölçüde azalmaktadır.

2. **Kimyasal Kontaminantlar**

Olmaması gereken yerlerde kimyasalların varlığı veya ambalajın yapısında bulunan fakat güvenli olarak atfedilen miktardan daha yüksek bir miktar kimyasalın varlığı ambalaj kaynaklı kimyasal kontaminasyondur. Yenilebilir ürünlerde bulunan yüksek konsantrasyondaki kimyasalların ciddi sağlık riskleri taşıyabileceği gerçeği göz önüne alındığında, ambalajdaki bu kontaminasyonun mevcudiyeti oldukça tehlikelidir.

Gıda üretimi, paketleme ve hazırlama, her aşamada gıdaya nüfuz edebilecek potansiyel bir kimyasal kirletici kaynağına sahip farklı aşamalardan oluşan bir süreçten geçmektedir. Bu nedenle, birçok potansiyel kimyasal kontaminasyon riski bu süreçlerde söz konusu olabilmektedir. En yaygın olanı ise gıdayla uyumlu olmayan bazı zararlı maddelerin gıdalara geçmesiyle kimyasal kontaminasyonlara yol açabilen ambalaj malzemeleriyle doğrudan gıda temasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca onaylanmamış veya hatalı katkı maddelerinin kullanılması gıda kontaminasyonuna da neden olabilmektedir. Kimyasal kontaminasyonun diğer yaygın biçimleri şunlardır:

- Haşere kontrol ürünleri ile kontaminasyon
- Ekipman bakımında kullanılan kimyasallarla kontaminasyon
- İkincil paketleme, depolama ve nakliyeden kaynaklanan kontaminasyon
- Üretim sürecini desteklemesi amaçlanan kontrolsüz veya gıdaya uygun olmayan kimyasal maddelerle kontaminasyon

Fiziksel kirleticilere nazaran gıda ambalajlarında daha fazla toksik kimyasallar risk oluşturabilmektedir. Bu anlamda toksik elementlere ve PFAS' a ek olarak, Çevre Savunma Fonu (Environmental Defense Fund = EDF), gıda paketleme ve gıda işleme ekipmanlarında, her yerde bulunabilmeleri ve potansiyel sağlık etkileri bakımından gıda güvenliği ile geri dönüşüm akışının kontaminasyonu hakkında ciddi endişeler uyandıran başka kimyasallar belirlemiştir. Bu kimyasallar ya plastik ya da kâğıt ambalajlarda ya da her ikisinde birden bulunabilmektedir. Bunlar (Neltner, 2019);

Kasıtlı Olarak Eklenen Bileşenler

Orto-ftalatlar (genellikle plastikte kullanılmaktadır, ancak baskı mürekkepleri de dahil olmak üzere birçok başka kullanımı da söz konusudur): Araştırmalar, bu kimyasalların endokrin bozulması, gelişimsel ve üreme toksisitesi ile bağlantılı olduğunu göstermektedir. Yiyeceklere bulaşmaları yaygındır. Güvenlikleri şu anda FDA tarafından araştırılmaktadır.

Perklorat (plastikte kuru gıda ve gıda işleme ekipmanlarında kullanılan anti-statik maddelerde bulunmakta): Bu kimyasal, tiroid bezinin normal işlevini bozar ve sağlıklı fetal ve çocuk beyin gelişimi için gerekli olan tiroid hormonunun üretimini azaltır. Gıda kontaminasyonu yaygındır; özellikle sorunlu, bebek maması kuru tahıllarındaki perklorat seviyelerinin artmasıdır. Perkloratın güvenliği şu anda FDA tarafından araştırılmaktadır.

Per- ve poli-florlu alkil maddeler (kâğıt ambalajlarda kullanılan yağ geçirmezlik maddesi) (Per- and polyfluoroalkyl substances = PFAS): Genellikle uzun zincirli veya kısa zincirli olarak ayırt edilen PFAS, endokrin bozulması ve çocukların gelişimsel bozuklukları da dahil olmak üzere bir dizi sağlık sorunuyla ilişkili biyolojik olarak biriken, kalıcı kimyasallardır. PFAS' la yaygın olarak bir maruziyet söz konusudur; su ve yiyecek olası kaynaklardır.

Benzofenon (tekrar kullanım amaçlı kauçuk eşyalarda plastikleştirici olarak kullanılır): Benzofenon ile ilgili kanserojen kanıtlara atıfta bulunan FDA, 2020 yılından geçerli olmak üzere gıda ambalajlarında kullanımını yasaklamıştır.

Etil ve metil glikol, toluen ve n-metil-pirolidon: Genellikle matbaa mürekkeplerinde kullanılan bu solventler, ambalajlarda kalıntı bırakır ve üreme veya gelişmeye zarar verme riski taşır. Toluen ve n-metil-pirolidon, diğer ürün kategorilerinde de kaldırılması hedeflenmiştir.

Epoksi reçineler ve organosoller (polivinil klorür (PVC) boyalar ve/veya polyester boyalar) genellikle yiyecek ve içecek kutularının ve kutu kapaklarının iç katmanını astar/kaplama için kullanılmaktadır. Bisfenol A, F, S kaplamalara mekanik ve kimyasal stabilite gibi nedenlerle çok gıda ambalajlamasında yüksek talep görmektedir. Epoksi reçineler ve organosoller bu gereklilikleri karşılar niteliktedir. Bir veya daha fazla bisfenol bileşiği endokrin bozulmasına, gelişimsel ve/veya üreme toksisitesine bağlanmıştır. Bisfenol A (BPA), Bisfenol A polikarbonat ve Bisfenol A diglisidil eterin (BADGE) gıdaya geçişleri ve toksik etkileri vardır. Bisfenol A, eter ve alkol gibi polar ortamlarda da çözünebilmektedir. Belirgin lipofilik karakteri nedeniyle, öncelikle yağlı gıdalara geçebilmekte ve burada hidroliz yoluyla başka türevler oluşturabilmektedir. EFSA, BPA' nın günlük alım limitini 0.05 mg/kg vücut ağırlığı/gün olarak ortaya koyarken, gıdalar için migrasyon limiti de 0.6 mg/kg olarak belirlenmiştir. Bebek beslenmesinde kullanılan polikarbonat malzemelerin (başta biberonlar vb.) üretiminde kullanımı da ülkemizde yasaklanmıştır. Su ürünlerinde ise konserve kutu iç çeper laklarında rastlanmakta olup yağlı ürünlerin yağlarına geçiş olabilmekte bu da gıda güvenliği anlamında gerekli kontrollerin yapılmasını önemli kılmaktadır. Son zamanlarda BPA'sız etiketi ile satılan birçok üründe BPS ve BPF nin kullanımı söz konusu olup, bunların akut toksisite özellikleri ile BPA' lara benzer bir yapıya sahip olduğunu gösteren bilimsel çalışmalar vardır (Erkan ve diğ. Bestimmung von Bisphenol-[A]-Diglycidylether (BADGE) in auf dem Türkischen Markt erhältlichen Fischdauerkonserven, 2005; Gölge ve diğ. 2005; Öksüz ve diğ. 2012; Sur ve diğ. 2017).

Tablo 2.53. Gıda ambalaj malzemelerinden taşınan kimyasal kirleticilerin genel (Indian Institute of Packaging, 2016)

Tipi	Madde Sınıfı	Kontaminant	Kaynak (FPM)
Kasıtlı olarak eklenen maddeler	Plastik monomerler	Vinil klorür	PVCs
		Akrilamid	poliakrilamidler
		Kaprolaktam	poliamidler
		6-aminoheksanoik asit	poliamidler
		p-hidroksibenzoik asit	Polyesterler
		2-hidroksi-6-naftoik asit	Polyesterler
	Metaller	Aluminyum	Aluminyum folyo ve kaplar
	Boyalar	Azo-aminler	Kağıt / Karton
	Antioksidantlar	Bütillenmiş hidroksianisol (BHA), bütillenmiş hidroksitoluen (BHT)	Plastikler
	Ara Ürünler/ Plastifiyanlar*	Bisphenol-A (BPA)	Plastikler
	Foto-başlatıcılar	2-izopropiltiyoksanton	Kağıt / Karton
	Su/Yağ iticiler	perflorlu asitler	Kağıt / Karton
Kasıtlı olmayan maddeler	Mineral yağlar	Mineral yağ doymuş hidrokarbonlar (MOSH) / Mineral yağ aromatik hidrokarbonlar (MOAH)	Geri Dönüşümlü Kağıt / Karton

*PVC ile reaksiyona girdiğinde ürünlerin pratikleşerek esneklik kazanmasını sağlayan, polimer malzemenin yumuşaklık ve elastikiyet özellikleri kazanarak birçok alanda kullanışlı hale gelmesini sağlayan şeffaf yağlardır.

Gıdalarla temas eden maddeler (Food Contakt Materials = FCM) için genel güvenlik ilkelerini ortaya koyan Avrupa Komisyonu çerçeve düzenlemesi (EC) No 1935/2004 yönetmeliğidir. Temel ilke FCM' nin insan sağlığını tehlikeye atmaması üzerine kurulmuştur. FCM' nin uyması gereken diğer bir AB yönetmeliği, üretim zincirlerindeki tüm aşamalar için geçerli olan "İyi Üretim Uygulamaları" (GMP) hakkındaki (EC) No 2023/2006 düzenlemesidir. Genel mevzuatın yanı sıra, plastik malzemeler (ayrıca geri dönüştürülmüş), seramikler, rejenere selüloz filmler, aktif ve akıllı malzemeler gibi bazı FCM' ler için ve ayrıca bisfenol A, epoksi türevleri ve nitrozaminler gibi bazı maddeler için özel Avrupa Birliği (AB) önlemleri de mevcuttur. Ancak, uyumlaştırılmış bir şekilde özel olarak düzenlenmemiş birçok malzeme ve madde için risk değerlendirmesinin yapılması zorunluluk arz etmektedir (Beneventi ve diğ. 2020).

3. **Mikrobiyolojik Kontaminasyon**

Mikrobiyolojik kontaminasyon da gıda ambalajlarından kaynaklama bakımından büyük bir risk oluşturmaktadır. Mikrobiyolojik kontaminasyon bakteri, maya, küf, mantar ve virüs

gibi canlıların bulaşmasını kapsamaktadır. Uygun önlemler alınmadan kullanımı söz konusu olan ambalaj materyalleri ve süreç kaynaklı kontaminasyon riski üretim aşamasında meydana gelme olasılığı her zaman mevcuttur. Mikrobiyolojik bulaşma ambalaj materyallerine, depolama sürecinde böcek benzeri zararlılar tarafından, aynı depolama ortamında bulundurulan bitkisel besinler/katkılar vasıtasıyla olabilmekte, ayrıca mantar ve mayaların bulaşması da söz konusu olup bu taşınımla da gıdalar kontaminasyona uğramaktadır.

Tablo 2.54. Amabalaja dayalı kontaminasyon ve hijyen sorunları (Food Standards Scotland, 2015)

Problem	**Etki**	**Olası Sonuç**
Kalitesiz ambalaj malzemeleri	Malzemeler yırtılabilir	Gıda kontaminasyona maruz kalır
Uygun olmayan ambalaj malzemeleri	Malzemeler kimyasal içerebilir	Gıda, ambalaj malzemesindeki kimyasallardan etkilenir
Kötü saklama koşulları	Ambalaj ve/veya ambalaj materyali bozulabilir	Yiyecekler kir ve zararlılardan (pest) etkilenir
Kötü saklama koşulları	Kartonlar mikrobiyolojik kontaminasyonu emebilir, toz ve kağıt parçalarının kaynağı olabilir	Mikrobiyolojik ve fiziksel kontaminasyon kaynağı
Yeniden kullanılabilir kapların yetersiz temizliği	Ürün grupları arasında çapraz bulaşma	Gıda ürünlerine gıda zehirlenmelerine yol açan bakteriler (salmonella gibi) tarafından kontaminasyon olasılığının artması
Taşıma sırasında açıkta kalan ve paketlenmiş gıda ürünü arasında yetersiz ayrım	Gıdaların çapraz kontaminasyonu	
Taşıma yetersiz temizlenmiş, bakımı yapılmış veya gıdaları taşımak için uygun olmayan araçlar veya kapların kullanılması	Gıdaların mikrobiyolojik, fiziksel veya kimyasal çapraz kontaminasyonu	

2.2.2.1.10. Dezenfektan / Deterjanlar Kalıntıları

Dezenfektan maddeler, Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından "antimikrobiyal pestisitler" olarak tescillenmiştir. Cansız nesneler ve yüzeyler üzerindeki zararlı mikroorganizmaları (örn. bakteri, virüs veya mantar) kontrol etmek, önlemek veya yok etmek için kullanılan maddelerdir. Bir ürünün kimyası, etkinliği, insanlar, hayvanlar, bitkiler üzerindeki toksisitesi ve diğer parametreler hakkındaki veriler, kimyasalın pazarlanmasından önce test edilmeli ve resmî kurumlarca kullanımı onaylanmalıdır. Deterjanlar ise katyonik, anyonik ve noniyonik olmak üzere üç kategoriye ayrılmaktadır. Katyonik deterjanlar pozitif yüklü çözeltilerdir ve kuaterner amonyum bileşikleri (QAC' ler) istisnası dışında, nadiren temizlik maddesi olarak kullanılmaktadır. Anyonik deterjanlar veya sabunlar, yağ asitlerinin negatif yüklü alkali tuzlarıdır. Aşırı derecede köpüklü olabildikleri, kir ve mikroorganizmaların birikmesine izin verebilecek bir kalıntı oluş-

turabildikleri için temizlik için daha az tercih edilmektedir. İyonik olmayan (yüksüz) deterjanlar çok iyi emülgatörlerdir, iyi penetrasyon ve dağılıma sahiptir, yüzey gerilimini düşürmede etkilidir ve düşük köpürme özellikleri bulunmaktadır. Bu ürünler tipik olarak sert suda bulunanlar gibi metalik iyonlarla kompleks oluşturmamaktadır. Çoğu ticari deterjan, anyonik ve iyonik olmayan bir kombinasyondan oluşmaktadır (Dvorak, 2005). Kullanışlı bir deterjan şu özelliklere sahip olmalıdır; Suda kolayca çözünebilmeli, yüzeylerde aşınmaya neden olmamalı, kokusuz olmalı, ekonomik kullanıma sahip olmalı, kolay durulanabilmeli, saklama koşullarında ve kirlerin tüm cinslerinde stabil olmalı, deri ve gözlerde toksik etki yaratmamalıdır (Ayaz & Yurttagül, 2008).

Su ürünleri işleme endüstrisinde dezenfeksiyon için klor kullanımı tehlikeli yan ürünlerin oluşmasına yönelik endişelerini bilim insanları sıklıkla dile getirmektedir. Başlıca kaygılar, su ürünlerine yıkama suyundan klor alımı ve klorlu su kullanımından kaynaklanan dezenfeksiyon yan ürünlerinin alımı veya oluşumu ile ilişkilidir. FAO ve WHO klorlu su kullanımına ilişkin Norveç'teki Balık ve Balıkçılık Ürünleri Kodeks Komitesi'nin (CCFFP) 1998 yılındaki toplantısında, karides ve karides gibi çiğ su ürünlerinin mikrobiyal yükünü azaltmak için dezenfektan olarak klor kullanımı tartışılmış ve balık işleme sektöründe klorlu su kullanımının yaygın bir uygulama olduğu, ancak bu kullanımda ülkeler arasında önemli farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Su ürünlerinin yıkanmasında klorlu suyun kullanılmasından kaynaklanan yan ürünlerden oluşabilecek toksik kalıntılar ve halk sağlığına olası riskleri hakkında endişeler de bu toplantıda ele alınmıştır. Mevcut Kodeks tavsiyeleri, balıkçılık ürünleriyle temas eden suda litre başına 10 miligrama ve ekipman ve tesislerin temizlenmesi için kullanılan suda litre başına 100 miligrama kadar klora izin vermektedir (Jory, 2000).

2015 yılında yapılan bir çalışmada, EFSA, insanların yiyecek ve içme suyundan aldığı mevcut klorat seviyesinin çok yüksek olduğunu tespit etmiştir. Bu durum, bebekler, çocuklar ve mevcut tiroit sorunları olan kişiler gibi risk altındaki gruplar için sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Tüketiciler nezdinde klorat iyot alımını engelleyebilmekte ve guatr gelişimine neden olmaktadır. Ayrıca zekâ üzerinde olumsuz bir etkisi olabilmektedir. İnsanların diyetindeki birincil klorat kaynağı içme suyudur. Balık ve deniz ürünleri endüstrisinde, klorat kalıntısı genellikle klor bazlı ürünlerle temizlenen yüzeyler veya makinelerle olan temastan kaynaklanmaktadır (CBI, Ministry of Foreign Affairs, 2020).

Su ürünleri üretim ve işleme tesislerinde dezenfektan ve deterjan kullanımında ürünlerde kalıntı bırakmaması ve başka zararlı bileşiklere dönüşmemesi için mutlaka aşağıdaki kurallara uygun ürünlerin olması büyük önem taşımaktadır;

- Kullanımı düşünülen alanda ve kullanımına dair yasal izinler olmalı
- Limitler ve prospektüsler dahilinde usulüne uygun kullanılmalı
- Dezenfeksiyon ve temizlik amaçlı (deterjan kullanımına yönelik) bir eylem planı, bunun için yöntemler ve değerlendirmeler bulunmalı
- İdeal bir dezenfektanın, geniş spektrumlu, her ortamda çalışan ve toksik olmayan ürünler olduğu bilinmeli

2.2.2.1.11. Hatalı Kullanılan Katkı Maddeleri

Gıdalarda mikrobiyolojik bozulmaları önlemek, dayanıklılığı artırmak, besleyici değerlerini korumak, teknolojik işlemlere yardımcı olmak, renk, görünüş, lezzet, koku gibi duyusal özellikleri düzenlemek gibi birçok açıdan gıda katkı maddeleri kullanılmaktadır. Bilimsel çalışmalar sonucunda WHO ve FDA, ve EFSA tarafından kabul edilen günlük kabul edilebilir (ADI) gıda katkı maddesi miktarından yararlanılarak her ülkenin gıda otoriteleri katkı maddelerinin katılabileceği gıdaları ve katılma miktarını kendi ülkelerinin koşullarına göre belirlemektedir. Gıda katkı maddelerinin kullanılmasından kaynaklanabilecek olumsuzluklar genelde;

- Katılmasına izin verilen kimyasal maddelerin mevzuata uygun olarak kullanılmaması,
- Sürekli ve uygun şekilde kontrol edilmemesi,
- Üretici bilincinin olmaması,
- Satışa sunulan ürünlerde kalıntı analizlerinin yapılarak risk değerlendirmelerinin yapılmaması

gibi nedenlerden kaynaklanmaktadır (Erkmen, 2010).

Bu nokta en büyük sıkıntı katılmasına izin verilen kimyasal maddelerin mevzuata uygun olarak kullanılmaması veya izin verilmeyen kimyasalların kullanılması yönünde karşılaşılmaktadır.

Su ürünleri alanında bu konuya verilebilecek en güzel örnek karides avlayan ya da işleyen kuruluşların en önemli sorunlarından biri olan renk değişimleri gösterilebilmektedir. Karidesler avlandıktan sonra kabuk segmentlerinde hızlı işlenmediğinde (kafa, kabuk ve etin ayıklanması veya karidesin haşlanması), özellikle **sefalotoraks** bölgesinde çevresel faktörlerin (güneş, sıcaklık, vb.) de etkisi ile renk değişimi oluşmaktadır. Bu oluşumda çevresel faktörlerin yanı sıra avlanmadan sonra baş kısmının geç koparılması, avlanmış materyale hiç ya da yetersiz soğutmanın uygulanması renk değişimini hızlandırmaktadır. Bu renk değişimi "**Melanosis**", "**Siyahlaşma**", "**Kararma**" ya da "**Black Spot**" isimleri ile tanımlanmakta-

dır. Bu kararmanın engellenmesine yönelik ise çeşitli katkı maddeleri kullanılmakta olup bunlardan ikisi sodyum metabisülfit ve 4-hexylresorcinol dür. Amerika Birleşik Devletleri' nde FDA tarafından sülfit ajanlarının kullanımında tüketici güvenliğine yönelik sıkı kurallar uygulamakta ve yasal limitler ile kullanım düzeylerini sınırlamaktadır. Avrupa Birliği de sodyum metabisülfit kalıntı miktarını ürünlere yönelik "Directive 95/2/CE" ile belirleyerek uygulamaya koymuştur. Su Ürünleri Yönetmeliğinde (Yetki kanunu: 1380, Yayımlandığı R. Gazete: 10/03/1995-22 223, Tebliğ No:2001/45) 03 Şubat 2001 tarih ve 24307 sayılı Resmi Gazete' de ilan edilen değişiklikte değişiklik yapan 14 Kasım 2002 tarih ve 24936 sayılı Resmi Gazete' de karideslerin ve diğer kabukluların yenilebilir kısmındaki limit değerler sodyum metabisülfit (Kükürt dioksit (SO_2) cinsinden) için150 mg/kg olarak belirlenirken pişirilmiş ürünlerde Türk Gıda Kodeksi Renklendiriciler ve Tatlandırıcılar Dışındaki Gıda Maddeleri Tebliğine göre 50 mg/kg olarak verilmiştir. Limit üstü kullanımları tek yönlü ürün görünüş yönünden üretici/satıcıya yarar sağlamakta, tüketicinin sağlığını tehdit etmektedir. Bu katkı astım ataklarına, göğüste sıkışma, kurdeşen, karında kramp, ishal, kan basıncı düşmesi, başta yanma hissi, halsizlik ve nabız hızlanması gibi bulgulara neden olmaktadır. Ürünlerin görünüşünü koruma noktasında limit üstü kullanımlar veya her satış noktasında ürüne koruyucunun tekrar ilave olarak katılması gıda güvenliği noktasında tüketiciler için risk oluşturmaktadır (Erkan ve diğ. 2007; Selçuk & Özden, 2014).

Su ürünlerinde kullanımına izin verilen katkı maddeleri, hangi ürünlerde kullanılabileceği ve kullanım sınırları konusunda detaylı bilgi için Tablo 1.8'e bakınız. Kullanımına izin verilen ürünler ve limitleri dışında kullanımı insan sağlığı için her zaman bir risk faktörüdür.

Tablo 2.55. FDA'nın Balık ve Balıkçılık Ürünlerinde Tehlikeler Kılavuzunun 2022 baskısında HACCP işleme kontrolleri yönünden yaygın gıda güvenliği risk listesi Amerika Birleşik Devletlerinde satılan su ürünleri için aşağıdaki gibi verilmiştir (1) (FDA, 2022)

Pazar İsimleri	Latince İsimleri	Parazit Tehlikeleri	Doğal Toksin Tehlikesi	Histamin Tehlikesi	Çevresel Kimyasal Tehlike	Veteriner İlaç Tehlikesi
Tirsi	*Alosa pseudoharengus*			+	+	
Amerika Alligatoru	*Alligator mississipiensis*				+	
	Alligator sinensis				+	
Amerika Alligatoru (Yetiştiricilik)	*Alligator mississipiensis*				+	+
	Alligator sinensis				+	+
Kuzu Balığı	*Seriola dumerili*		**CFP**	+		
	S. rivoliana		**CFP**	+		
	Seriola spp.			+		
Sarı Kuyruk	*Seriola lalandi*			+		
Sarı Kuyruk (Yetiştiricilik)	*Seriola lalandi*	+[2]		+	+	+
Sarı Kuyruk (Yetiştiricilik)	*Seriola quinque radiata*			+	+	+
Ançüez	*Anchoa* spp.	+	**ASP**[3]	+		
	Anchoviella spp.	+	**ASP**[3]	+		
	Cetengraulis mysticetus	+	**ASP**[3]	+		
	Engraulis spp.	+	**ASP**[3]	+		
	Stolephorus spp.	+	**ASP**[3]	+		
Atka Mackerel*	*Pleurogrammus monopterygius*	+				
Baraküda	*Sphyraena barracuda*		**CFP**		+	
	S. jello		**CFP**		+	
	Sphyraena spp.				+	
Barramundi*	*Lates calcarifer*				+	
Barramundi* (Yetiştiricilik)	*Lates calcarifer*				+	+
Basa veya Bocourti*	*Pangasius bocourti*				+	
Basa veya Bocourti* (Yetiştiricilik)	*Pangasius bocourti*				+	+
Levrek	*Ambloplites* spp.				+	
	Micropterus spp.				+	
	Morone spp.				+	
	Stereolepis gigas				+	
	Synagrops bellus				+	

Tablo 2.55. Devamı

Pazar İsimleri	Latince İsimleri	Parazit Tehlikeleri	Doğal Toksin Tehlikesi	Histamin Tehlikesi	Çevresel Kimyasal Tehlike	Veteriner İlaç Tehlikesi
Levrek (Yetiştiricilik)	*Centropristis* spp.				+	+
	Morone spp.				+	+
Deniz Levreği	*Acanthistius brasilianus*	+				
	Centropristis spp.	+				
	Dicentrarchus labrax	+				
	Lateolabrax japonicus	+				
	Paralabrax spp.	+				
	Paranthias furcifer	+				
	Polyprion americanus	+				
	P. oxygeneios	+				
	P. yanezi	+				
Deniz Levreği (Yetiştiricilik)	*Dicentrarchus labrax*	+			+	+
Bata*	*Labeo bata*				+	
Lüfer	*Pomatomus saltatrix*			+	+	
Bakır Burun	*Lepomis macrochirus*				+	
Bombay Duck*	*Harpadon nehereus*				+	
Bonito	*Cybiosarda elegans*			+		
	Gymnosarda unicolor			+		
	Orcynopsis unicolor			+		
	Sarda spp.			+		
Bowfin* ve Yumurtası	*Amia calva*			+		
Çipura (Yetiştiricilik)	*Abramis brama*				+	+
Buffalo fish*	*Ictiobus* spp.				+	
Bullhead*	*Ameiurus* spp.				+	
Tatlısu Gelinciği	*Lota lota*				+	
Butterfish*	*Odax pullus*				+	
	Peprilus spp.				+	
	Pampus cinereus				+	
Çubuklu Yayın Balığı	*Pseudoplatystoma tigrinum*				+	
Capelin* ve yumurtası	*Mallotus villosus*	+				

Tablo 2.55. Devamı

Pazar İsimleri	Latince İsimleri	Parazit Tehlikeleri	Doğal Toksin Tehlikesi	Histamin Tehlikesi	Çevresel Kimyasal Tehlike	Veteriner İlaç Tehlikesi
Sazan	*Barbonymus spp.*				+	
	Carassius carassius				+	
	Cyprinus carpio				+	
	Hypophthalmichthys molitrix				+	
	H. nobilis				+	
Sazan (Yetiştiricilik)	*Carassius carassius*				+	+
	Cyprinus carpio				+	+
	Hypophthalmichthys molitrix				+	+
	H. nobilis				+	+
Zırhlı Yayın Balığı	*Callichthys callichthys*				+	
Yayın Balığı	*Ameiurus catus*				+	
	Ictalurus spp.				+	
	Pylodictis oliveris				+	
Yayın Balığı (Yetiştiricilik)	*Ictalurus* spp.				+	+
Char*	*Salvelinus alpinus*				+	
Char* (Yetiştiricilik)	*Salvelinus alpinus*				+	+
Characin*	*Leporinus obtusidens*				+	
Ak Balık	*Coregonus kiyi*				+	
	Kyphosus spp.				+	
	Semotilus atromaculatus				+	
Uzun Çeneli Ak Balık	*Coregonus alpenae*				+	
	C. reighardi				+	
	C. zenithicus				+	
Ringa	*Coregonus artedi*				+	
Yürüyen Kedi Balığı	*Clarias spp.*				+	
Yürüyen Kedi Balığı (Yetiştiricilik)	*Clarias gariepinus x Clarias macrocephalus*				+	+
	Clarias spp.				+	+
	Heterobranchus longifilis x Clarias gariepinus				+	+

Tablo 2.55. Devamı

Pazar İsimleri	Latince İsimleri	Parazit Tehlikeleri	Doğal Toksin Tehlikesi	Histamin Tehlikesi	Çevresel Kimyasal Tehlike	Veteriner İlaç Tehlikesi
Kara Kral Balığı (Yetiştiricilik)	*Rachycentron canadum*	+			+	+
Morina	*Arctogadus spp.*	+				
	Boreogadus saida	+				
	Eleginus gracilis	+				
	Gadus spp.	+				
Pasifik Morinası	*Gadus macrocephalus*	+				
Kaya Morina	*Lotella rhacina*	+				
	Mora moro	+				
	Pseudophycis barbata	+				
	Pseudophycis spp.	+				
Morina (Yetiştiricilik)	*Gadus morhua*				+	+
Coroata*	*Platynematichthys notatus*	+			+	
Corvina*	*Cilus gilberti*	+				
	Micropogonias undulates	+				
Crappie*	*Pomoxis* spp.				+	
Mavroşgil Balığı	*Argyrosomus* spp.				+	
	Bairdiella spp.				+	
	Cheilotrema saturnum				+	
	Genyonemus lineatus				+	
	Micropogonias spp.				+	
	Nebris microps				+	
	Nibea spp.				+	
	Odontoscion dentex				+	
Şarlatan	*Pachypops* spp.				+	
	Pachyurus spp.				+	
	Paralonchurus spp.				+	
	Plagioscion spp.				+	
	Pseudotolithus spp.				+	
	Pterotolithus spp.				+	
	Roncador stearnsii				+	
	Umbrina roncador				+	
Croaker veya Corvina*	*Cynoscion* spp.				+	

Tablo 2.55. Devamı

Pazar İsimleri	Latince İsimleri	Parazit Tehlikeleri	Doğal Toksin Tehlikesi	Histamin Tehlikesi	Çevresel Kimyasal Tehlike	Veteriner İlaç Tehlikesi
Granyöz	*Argyrosomus regius*				+	
Küçük Sarı Şarlatan	*Larimichthys polyactis*				+	
Timsah	*Crocodylus johnsoni*	+				
	Crocodylus moreletii	+				
	Crocodylus novaequineae	+				
	Crocodylus niloticus	+				
	Crocodylus porosus	+				
Timsah (Yetiştiricilik)	*Crocodylus niloticus*	+			+	
	Crocodylus porosus	+			+	
Gümüşlü Balık	*Rhinichthys* spp.				+	
Gümüşlü Balık (Yetiştiricilik)	*Rhinichthys* spp.				+	+
Drum*	*Collichthys* spp.				+	
	Larimus spp.				+	
	Pogonias cromis				+	
	Stellifer spp.				+	
	Totoaba macdonaldi				+	
	Umbrina coroides				+	
Drum veya Cubbyu*	*Pareques umbrosus*				+	
Drum* (Tatlısu)	*Aplodinotus grunniens*				+	
Granyöz	*Argyrosomus regius*				+	
Kraliçe Balığı	*Seriphus politus*				+	
İşkine	*Sciaenops ocellatus*				+	
İşkine (Yetiştiricilik)	*Sciaenops ocellatus*				+	+
Yılan Balığı	*Anguilla anguilla*		**IHT**			
Yılan Balığı (Yetiştiricilik)	*Anguilla anguilla*		**IHT**		+	+
	A. australis				+	+
	A. dieffenbachii				+	+
	A. japonica				+	+

Tablo 2.55. Devamı

Pazar İsimleri	Latince İsimleri	Parazit Tehlikeleri	Doğal Toksin Tehlikesi	Histamin Tehlikesi	Çevresel Kimyasal Tehlike	Veteriner İlaç Tehlikesi
Miğri	*Ariosoma balearicum*				+	
	Conger conger		**IHT**			
	Conger spp.	+			+	
	Gnathophis cinctus				+	
	Paraconger caudilimbatus				+	
	Rhynchoconger spp.				+	
Yılan Balığı (Tatlısu)	*Anguilla rostrata*				+	
Yılan Balığı (Tatlısu Yetiştiricilik)	*Anguilla rostrata*				+	+
Müren	*Gymnothorax funebris*		**CFP**			
	Lycodontis javanicus		**CFP**			
	Muraena helena		**IHT**			
	Muraena retifera		**CFP**			
Eelpout*	*Zoarces viviparus*	+				
Hayalet Köpek Balığı	*Callorhynchus millii*		**CFP**			
Emperor*	*Lethrinus* spp.		**GFP**	+		
Escolar veya Oilfish*	*Lepidocybium flavobrunneum*		**GFP**	+		
Flathead*	*Platycephalus conatus*				+	
Pisi Balığı	*Ancylopsetta dilecta*	+			+[1]	
	Arnoglossus scapha	+			+[1]	
	Bothus spp.	+			+[1]	
	Chascanopsetta crumenalis	+			+[1]	
	Cleisthenes pinetorum	+			+[1]	
	Colistium spp.	+			+[1]	
	Cyclopsetta chittendeni	+			+[1]	
	Hippoglossina oblonga	+			+[1]	
	Hippoglossoides robustus	+			+[1]	
	Limanda ferruginea	+			+[1]	
	Liopsetta glacialis	+			+[1]	
	Microstomus achne	+			+[1]	

Tablo 2.55. Devamı

Pazar İsimleri	Latince İsimleri	Parazit Tehlikeleri	Doğal Toksin Tehlikesi	Histamin Tehlikesi	Çevresel Kimyasal Tehlike	Veteriner İlaç Tehlikesi
Pisi Balığı	*Paralichthys albigutta*	+			+[1]	
	P. olivaceus	+			+[1]	
	P. patagonicus	+			+[1]	
	P. squamilentus	+			+[1]	
	Pelotretis flavilatus	+			+[1]	
	Peltorhampus novaezeelandiae	+			+[1]	
	Platichthys spp.	+			+[1]	
	Pseudorhombus spp.	+			+[1]	
	Reinhardtius evermanni	+			+[1]	
	Rhombosolea spp.	+			+[1]	
Pisi/Kalkan Balığı	*Samariscus triocellatus*	+			+[1]	
	Scophthalmus spp.	+			+[1]	
Pisi Balığı (Yetiştiricilik)	*Ancylopsetta dilecta*	+[2]			+	+
	Arnoglossus scapha	+[2]			+	+
	Bothus spp.	+[2]			+	+
	Chascanopsetta crumenalis	+[2]			+	+
	Cleisthenes pinetorum	+[2]			+	+
	Colistium spp.	+[2]			+	+
	Cyclopsetta chittendeni	+[2]			+	+
	Hippoglossoides robustus	+[2]			+	+
	Limanda ferruginea	+[2]			+	+
	Liopsetta glacialis	+[2]			+	+
	Microstomus achne	+[2]			+	+
	Paralichthys spp.	+[2]			+	+
	Pelotretis flavilatus	+[2]			+	+
	Peltorhampus novaezeelandiae	+[2]			+	+
	Pseudorhombus spp.	+[2]			+	+
	Reinhardtius evermanni	+[2]			+	+
	Rhombosolea spp.	+[2]			+	+
	Samariscus triocellatus	+[2]				
	Scophthalmus spp.	+[2]			+	+

Tablo 2.55. Devamı

Pazar İsimleri	Latince İsimleri	Parazit Tehlikeleri	Doğal Toksin Tehlikesi	Histamin Tehlikesi	Çevresel Kimyasal Tehlike	Veteriner İlaç Tehlikesi
Pisi Balığı	*Limanda limanda*	+			+[1]	
	L. proboscidea	+			+[1]	
	L. punctatissima	+			+[1]	
Pisi Balığı	*Paralichthys dentatus*	+			+[1]	
	P. flesus	+			+[1]	
	P. lethostigma	+			+[1]	
	P. microps	+			+[1]	
Ok Dişli Pisi Balığı	*Atheresthes stomias*[4]	+			+	
Kaliforniya Pisi Balığı	*Paralichthys californicus*	+				

Kısaltmalar:
ASP = Amnezik Kabuklu Zehirlenmesi; **CFP** = Ciguatera Balık Zehirlenmesi; **GFP** = Gempylid Balık Zehirlenmesi; **IHT** = İhtiyohemotoksik Balık

[1] Bu tehlike, açık denizden avlanmada geçerli değildir (örneğin, kıyıdaki kirletici deşarjlara maruz kalmayan alanlar).

[2] Enfekte avı tüketmenin bir sonucu olarak normalde parazit tehlikesi olan türler, bir su ürünleri yetiştiriciliği operasyonunda yalnızca peletlenmiş yemle yetiştirildiğinde aynı parazit tehlikesine sahip değildir.

[3] Bu tehlike, ürün ayıklanmadan pazarlanması durumunda geçerlidir.

[4] Bu türün bilimsel adı, bu kılavuzun bir önceki baskısından bu yana değişmiştir.

* Türkçe isimlendirmesi bulunmamaktadır.

Tablo 2.56. FDA'nın Balık ve Balıkçılık Ürünlerinde Tehlikeler Kılavuzunun 2022 baskısında HACCP işleme kontrolleri yönünden yaygın gıda güvenliği risk listesi Amerika Birleşik Devletlerinde satılan su ürünleri için aşağıdaki gibi verilmiştir (2) (FDA, 2022)

Pazar İsimleri	**Latince İsimleri**	**Parazit Tehlikeleri**	**Doğal Toksin Tehlikesi**	**Histamin Tehlikesi**	**Çevresel Kimyasal Tehlike**	**Veteriner İlaç Tehlikesi**
Kurbağa	*Rana* spp.	+			+	
Kurbağa (Yetiştiricilik)	*Rana* spp.	+			+	+
Gar*	*Lepisosteus* spp.				+	
Goby*	*Neogobius melanostomus*				+	
Grayling*	*Thymallus arcticus*				+	
Siyah Tütün Balığı	*Reinhardtius hippoglossoides*	+				
Grouper*	*Anyperodon* spp.	+				
	Caprodon schlegelii	+				
	Cephalopholis argus	+	**CFP**			
	C. miniata	+	**CFP**			
	Cephalopholis spp.	+	**CFP**			
Grouper*	*Dermatolepis inermis*	+	**CFP**			
	Diplectrum formosum	+				
	Epinephelus fuscoguttatus	+	**CFP**			
	E. lanceolatus	+	**CFP**			
	E. morio	+	**CFP**			
	Epinephelus spp.	+	**CFP**			
	Mycteroperca bonaci	+	**CFP**			
	Mycteroperca spp.	+	**CFP**			
	M. venenosa	+	**CFP**			
	Variola louti	+	**CFP**			
	Variola spp.	+	**CFP**			
Grouper veya Coral Grouper*	*Plectropomus* spp.	+	**CFP**			
Gag Orfoz	*Mycteroperca microlepis*	+	**CFP**			
Kırmızı Orfoz	*Epinephelus guttatus*	+	**CFP**			
Atlantik Golyat Orfozu	*Epinephelus itajara*	+	**CFP**			
Scamp Orfoz	*Mycteroperca phenax*	+	**CFP**			
Grouper, Orange -Spotted* (Yetiştiricilik)	*Epinephelus coioides*				+	+

Tablo 2.56. Devamı

Pazar İsimleri	Latince İsimleri	Parazit Tehlikeleri	Doğal Toksin Tehlikesi	Histamin Tehlikesi	Çevresel Kimyasal Tehlike	Veteriner İlaç Tehlikesi
Yağlı Orfoz (Yetiştiricilik)	*Epinephelus malabaricus*				+	+
Orfoz (Yetiştiricilik)	*Epinephelus* spp.				+	+
Atlantik Pisisi	*Hippoglossus* spp.	+				
Atlantik Pisisi (Yetiştiricilik)	*Hippoglossus* spp.	+[2]			+	+
Ringa[10]	*Alosa* spp.	+		+	+	
	Etrumeus teres	+		+	+	
	Harengula thrissina	+		+	+	
	Ilisha spp.	+		+	+	
	Opisthopterus tardoore	+		+	+	
	Pellona ditchela			+	+	
Ringa / Deniz Ringası[10]	*Clupea* spp.	+		+		
Ringa / Deniz Ringa Yumurtası[10]	*Clupea* spp.	+				
Atlantik İplik Ringası[10]	*Opisthonema* spp.				+	
Hind*	*Epinephelus adscensionis*	+	**CFP**	+		
	E. drummondhayi	+				
	E. guttatus	+	**CFP**			
Domuz Balığı	*Lachnolaimus maximus*	+	**CFP**			
Karagöz İstavrit	*Trachurus trachurus*	+		+		
Jack*	*Carangoides bartholomaei*	+	**CFP**	+		
	Caranx ignobilis	+	**CFP**	+		
	C. latus	+	**CFP**	+		
	C. lugubris	+	**CFP**	+		
	C. melampygus	+	**CFP**	+		
	C. ruber	+	**CFP**	+		
	Caranx spp.	+	**CFP**	+		
	Oligoplites saurus	+	**CFP**	+		
	Selene spp.	+		+		
	Urapsis secunda	+		+		
Trakun Balığı	*Caranx crysos*	+	**CFP**	+		

Tablo 2.56. Devamı

Pazar İsimleri	Latince İsimleri	Parazit Tehlikeleri	Doğal Toksin Tehlikesi	Histamin Tehlikesi	Çevresel Kimyasal Tehlike	Veteriner İlaç Tehlikesi
Hint İplik Balığı	*Alectis indicus*	+		+		
Gökkuşağı Sarıkuyruk	*Elagatis bipinnulata*	+	**CFP**	+		
Jack / Roosterfish*	*Nematistius pectoralis*	+		+		
Jacksmelt / Silverside*	*Antherinopsis californiensis*		**ASP**			
Snapper*	*Aphareus* spp.	+	**CFP**			
	Aprion spp.	+	**CFP**			
	Pristipomoides spp.	+	**CFP**			
Avustralya Somonu	*Arripis* spp.	+		+		
Kral Balığı[4]	*Menticirrhus littoralis*		**ASP**			
	Menticirrhus spp.					
Aslan Balığı	*Pterois miles*		**CFP**[11]			
	P. volitans		**CFP**[11]			
Uskumru	*Gasterochisma melampus*	+		+		
	Grammatorcynus spp.	+		+		
	Rastrelliger kanagurta	+		+		
	Scomber scombrus	+	**PSP**	+		
Atka Mackerel*	*Pleurogrammus monopterygius*	+				
Kolyoz	*Scomber* spp.	+		+		
İstavrit	*Trachurus* spp.	+		+		
Atlantik İspanyol Uskumrusu	*Scomberomorus* spp.	+		+		
Atlantik İspanyol Uskumrusu / Kral Uskumru	*Scomberomorus regalis*	+	**CFP**	+		
Atlantik İspanyol Uskumrusu / Kral Uskumru	*Scomberomorus cavalla*	+	**CFP**	+		
Palamut Kolyoz	*Scomberomorus commerson*		**CFP**	+		
Lambuka	*Coryphaena* spp.			+		

Tablo 2.56. Devamı

Pazar İsimleri	Latince İsimleri	Parazit Tehlikeleri	Doğal Toksin Tehlikesi	Histamin Tehlikesi	Çevresel Kimyasal Tehlike	Veteriner İlaç Tehlikesi
Lambuka (Yetiştiricilik)	*Coryphaena* spp.			+	+	+
Yelken Balığı	*Makaira* spp.			+		
	Tetrapturus spp.			+		
Menhaden*	*Brevoortia partonus*		**ASP**	+		
	Brevoortia spp.			+[7]	+[8]	
	Ethmidium maculatum			+[7]	+[8]	
Süt Balığı	*Chanos chanos*			+	+	
Süt Balığı (Yetiştiricilik)	*Chanos chanos*			+	+	+
Fener Balığı	*Lophius* spp.	+				
Kefal	*Agonostomus monticola*	+			+	
	Aldrichetta forsteri	+			+	
	Crenimugil crenilabis	+			+	
Kefal	*Mugil cephalus*	+			+	
	M. curerna	+	**ASP**			
	Mugil spp.	+			+	
	M. thoburni	+			+	
	Mullus spp.	+			+	
Çizgili Turna Balığı	*Esox masquinongy*				+	
Nil Levreği	*Lates niloticus*				+	
Nil Levreği (Yetiştiricilik)	*Lates niloticus*				+	+
Oreo dory*[10]	*Allocyttus* spp.		**GFP**			
	Neocyttus spp.		**GFP**			
	Oreosoma spp.		**GFP**			
	Pseudocyttus spp.		**GFP**			
Oscar*	*Astronotus ocellatus*				+	
Oscar* (Yetiştiricilik)	*Astronotus ocellatus*				+	+
Paddlefish* ve Yumurtası	*Polyodon* spp.				+	
Paddlefish* ve Yumurtası (Yetiştiricilik)	*Polyodon* spp.				+	+

Tablo 2.56. Devamı

Pazar İsimleri	Latince İsimleri	Parazit Tehlikeleri	Doğal Toksin Tehlikesi	Histamin Tehlikesi	Çevresel Kimyasal Tehlike	Veteriner İlaç Tehlikesi
Panga Büyük	*Pangasius gigas*				+	
	P. sanitwongsei				+	
Kısa Bıyık Panga	*Pangasius micronemus*				+	
Papağan Balığı	*Chlorurus gibbus*		**CFP**[1]			
	Scarus coeruleus		**CFP**			
	S. taeniopterus		**CFP**			
	Sparisoma chrysopterum		**CFP**			
	S. viride		**CFP**			
Şili Levreği	*Dissostichus eleginoides*	+				
Şili Levreği (Yetiştiricilik)	*Dissostichus eleginoides*				+	+
Tatlısu Levreği	*Hermosilla azurea*				+	
	Perca fluviatilis				+	
Tatlı Su Levreği	*Perca flavescens*				+	
Kırmızı Levrek	*Sebastes* spp.	+				
Pile Perch*	*Rhacochilus vacca*				+	
Gümüş Levrek	*Bairdiella chrysoura*				+	
Beyaz Levrek	*Morone americana*				+	
İzmarit	*Spicara maena*				+	
Kara Turna	*Esox* spp.				+	
Turna Balığı	*Esox lucius*				+	
Sardalya	*Sardina pilchardus*			+		
	Sardinops spp.		**ASP**[3]	+		
Piramutaba / Laulao Fish*[6]	*Brachyplatystoma vaillantii*				+	
Yaldızlı Pisi Balığı	*Hippoglossoides platessoides*	+				
	Pleuronectes platessa	+				
	P. quadrituberculats	+				
Mezgit (Pollock)	*Pollachius pollachius*	+				
	P. virens	+				
Alaska Mezgiti	*Gadus chalcogrammus*[7]	+				

Tablo 2.56. Devamı

Pazar İsimleri	Latince İsimleri	Parazit Tehlikeleri	Doğal Toksin Tehlikesi	Histamin Tehlikesi	Çevresel Kimyasal Tehlike	Veteriner İlaç Tehlikesi
Pompano*	*Alectis ciliaris*		**CFP**			
	Parastromateus niger					
	Trachinotus spp.					
Pompano* (Yetiştiricilik)	*Trachinotus carolinus*				+	+
Porgy*	*Calamus* spp.		**CFP**			
	Chrysophrys auratus					
	Dentex spp.					
	Diplodus spp.					
	Lagodon rhomboides					
	Pagrus spp.					
Balon Balığı[6, 11]	*Sphoeroides maculatus*					
	S. nephelus		**PFP**			
	Takifugu rubripes		**PFP**			
Balon Balığı[6, 11] (Yetiştiricilik)	*Takifugu rubripes*		**PFP**		+	+
Rockfish*	*Scorpaena cardinalis*	+				
	S. papillosus	+				
	Sebastes spp.	+				
Rohu Balığı	*Labeo rohita*				+	
Turuncu İmparator Balığı[12]	*Hoplostethus atlanticus*		**GFP**			
Sablefish*	*Anoplopoma fimbria*	+				
Sablefish* (Yetiştiricilik)	*Anoplopoma fimbria*				+	+
Sailfish*	*Istiophorus platypterus*			+		
Salmon ve yumurtası (Yetiştiricilik)	*Oncorhynchus* spp.	[4]			+	+
	Salmo salar	[4]			+	+
Salmon ve yumurtası (Tatlı Su Avcılık)	*Oncorhynchus* spp.	+			+	
	Salmo salar	+			+	
Salmon ve yumurtası, (Okyanus Avcılık)	*Oncorhynchus* spp.	+				
	Salmo salar	+				
Sanddab*	*Citharichthys sordidus*				+	

Tablo 2.56. Devamı

Pazar İsimleri	Latince İsimleri	Parazit Tehlikeleri	Doğal Toksin Tehlikesi	Histamin Tehlikesi	Çevresel Kimyasal Tehlike	Veteriner İlaç Tehlikesi
Sardine*[9]	*Harengula clupeola*		**ASP**	+		
	H. jaguana		**ASP**	+		
	Harengula spp.			+		
	Sardinella spp.			+		
	Sardinops sagax		**ASP**	+		
Zargana	*Cololabis saira*			+		
	Scomberesox saurus			+		
Scad*	*Atule mate*	+				
	Decapterus spp.	+				
	Selar crumenophthalmus	+		+		
	Trachurus spp.	+		+		
İstavrit	*Trachurus trachurus*	+		+		
Çipura (Yetiştiricilik)	*Sparus aurata*				+	+
Benekli Deniz Alası	*Cynoscion* spp.	+				
Tirsi	*Alosa* spp.		**ASP**[3]	+	+	
Tirsi Yumurtası	*Alosa* spp.				+	
Çamur Tirsi Balığı	*Dorosoma* spp.			+	+	
	Nematoalosa vlaminghi			+	+	
Hilsa Shad*	*Tenualosa ilisha*			+		
Sheepshead / California Sheephead*	*Archosargusprobatocephalus*				+	
	Semicossyphus pulcher				+	
Shiner*	*Notropis* spp.				+	
Silverside*	*Atherinopsis californiensis*		**ASP**		+	
	Basilichthys australis				+	
	Membras marinica		**ASP**			
	Menidia menidia				+	
Skate*	*Amblyraja* spp.				+	
	Bathyraja spp.				+	
	Leucoraja spp.				+	
Skate*	*Malacoraja* spp.				+	
	Raja spp.				+	

Tablo 2.56. Devamı

Pazar İsimleri	Latince İsimleri	Parazit Tehlikeleri	Doğal Toksin Tehlikesi	Histamin Tehlikesi	Çevresel Kimyasal Tehlike	Veteriner İlaç Tehlikesi
Smelt*	*Allosmerus elongatus*				+	
	Argentina spp.				+	
	Hypomesus spp.				+	
	Osmerus spp.				+	
	Plecoglossus altivelis altivelis				+	
	Retropinna retropinna				+	
	Spirinchus spp.				+	
	Thaleichthys pacificus				+	
Snapper*	*Lutjanus bohar*		**CFP**			
	L. buccanella		**CFP**			
	L. cyanopterus		**CFP**			
	L. gibbus		**CFP**			
	L. griseus		**CFP**			
	L. jocu		**CFP**			
	L. sebae		**CFP**			
	Ocyurus chrysurus		**CFP**[10]			
	Pristipomoides spp.	+	**CFP**			
Snaper*	*Symphorus nematophorus*		**CFP**			
Schoolmaster Snapper*	*Lutjanus apodus*		**CFP**			
Schoolmaster Snapper* (Yetiştiricilik)	*Lutjanus* spp.				+	+
Çavuş Balığı	*Centropomus* spp.				+	
Dil / Pisi Balığı	*Aseraggodes* spp.	+				
	Austroglossus spp.	+				
	Brachirus orientalis	+				
	Buglossidium luteum	+				
	Clidoderma asperrimum	+				
	Embassichthys bathybius	+				
	Eopsetta jordani	+				
	Glyptocephalus spp.	+				
	G. zachirus	+				
	Gymnachirus melas	+				
	Hippoglossina spp.	+				

Tablo 2.56. Devamı

Pazar İsimleri	Latince İsimleri	Parazit Tehlikeleri	Doğal Toksin Tehlikesi	Histamin Tehlikesi	Çevresel Kimyasal Tehlike	Veteriner İlaç Tehlikesi
Dil / Pisi Balığı	*Lepidopsetta bilineata*	+				
	Lyopsetta exilis	+				
	Microchirus spp.	+				
Dil / Pisi Balığı	*Microstomus kitt*	+				
	M. pacificus	+				
	Parophrys vetulus	+				
	Psettichthys melanostictus	+				
	Pseudopleuronectes americanus	+				
	Solea solea	+				
	Trinectes spp.	+				
	Xystreurys liolepis	+				
Dil / Pisi Balığı (Yetiştiricilik)	*Aseraggodes* spp.	+[2]			+	+
	Austroglossus spp.	+[2]			+	+
	Brachirus orientalis	+[2]			+	+
	Buglossidium luteum	+[2]			+	+
	Clidoderma asperrimum	+[2]			+	+
	Embassichthys bathybius	+[2]			+	+
	Eopsetta jordani	+[2]			+	+
	Glyptocephalus spp.	+[2]			+	+
	G. zachirus	+[2]			+	+
	Gymnachirus melas	+[2]			+	+
	Hippoglossina spp.	+[2]			+	+
Dil / Pisi Balığı (Yetiştiricilik)	*Lepidopsetta bilineata*	+[2]			+	+
	Lyopsetta exilis	+[2]			+	+
	Microchirus spp.	+[2]			+	+
	Parophrys vetulus	+[2]			+	+
	Psettichthys melanostictus	+[2]			+	+
	Pseudopleuronectes americanus	+[2]			+	+
	Solea solea	+[2]			+	+
	Trinectes spp.	+[2]			+	+
	Xystreurys liolepis	+[2]			+	+
Sorubim / Surubi*	*Pseudoplatystoma corruscans*				+	
Yelken Balığı	*Tetrapturus* spp.			+		

Tablo 2.56. Devamı

Pazar İsimleri	Latince İsimleri	Parazit Tehlikeleri	Doğal Toksin Tehlikesi	Histamin Tehlikesi	Çevresel Kimyasal Tehlike	Veteriner İlaç Tehlikesi
Spot*	*Leiostomus xanthurus*		ASP		+	
Sprat / Bristling*	*Sprattus* spp.	+		+		
Mersin Balığı (Havyarı)[6]	*Acipenser* spp.				+	
	Huso huso				+	
	Pseudoscaphirhynchus spp.				+	
	Scaphirhynchus spp.				+	
Mersin Balığı[8] (Yetiştiricilik)	*Acipenser* spp.				+	+
	Huso huso				+	+
	Pseudoscaphirhynchus spp.				+	+
	Scaphirhynchus spp.				+	+
Sucker*	*Carpiodes* spp.				+	
	Catostomus commersonii				+	
	Cycleptus elongatus				+	
Nehir Kızıl Atı	*Moxostoma macrolepidotum*				+	
Güneş Balığı	*Archoplites interruptus*				+	
	Lepomis spp.				+	
Surfperch*	*Amphistichus* spp.				+	
	Cymatogaster aggregata				+	
	Embiotoca spp.				+	
	Hyperprosopon argenteum				+	
	Rhacochilus toxotes				+	
Sutchi / Swai*	*Pangasianodon hypophthalmus*				+	
Sutchi / Swai* (Yetiştiricilik)	*Pangasianodon hypophthalmus*				+	+
Kılıç Balığı	*Xiphias gladius*			+		
Tang*	*Acanthurus* spp.		**CFP**[1]			
	Ctenochaetus striatus		**CFP**[1]			
Tang*	*C. strigosus*		**CFP**[1]			
	Naso spp.		**CFP**[1]			
Tarpon*	*Megalops atlanticus*				+	
Kara Balık	*Tautoga onitis*				+	
Thornyhead*	*Sebastolobus* spp.	+			+	
Kaplan Balığı	*Datnioides microlepis*				+	
	D. polota				+	

Tablo 2.56. Devamı

Pazar İsimleri	Latince İsimleri	Parazit Tehlikeleri	Doğal Toksin Tehlikesi	Histamin Tehlikesi	Çevresel Kimyasal Tehlike	Veteriner İlaç Tehlikesi
Tilapya	*Oreochromis* spp.	+			+	
	Sarotherodon spp.	+			+	
	Tilapia spp.	+			+	
Tilapya (Yetiştiricilik)	*Oreochromis* spp.	+[2]			+	+
	Sarotherodon spp.	+[2]			+	+
	Tilapia spp.	+[2]			+	+
Tomcod*	*Microgadus* spp.	+				
Tonguesole*	*Cynoglossus* spp.	+				
Trevally*	*Caranx ignobilis*	+	**CFP**	+		
	C. melampygus	+	**CFP**	+		
	Caranx spp.	+		+		
Tetik Balığı	*Balistes vetula*		**CFP**			
Alabalık (Yetiştiricilik)	*Oncorhynchus aguabonita*				+	+
	O. clarkii				+	+
	O. gilae				+	+
	O. mykiss				+	+
	Salmo trutta				+	+
	Salvelinus fontinalis				+	+
	S. malma				+	+
	S. namaycush				+	+
	Stenodus leucichthys				+	+
Gökkuşağı Alabalığı	*Oncorhynchus mykiss*	+				
Trumpeter*	*Latridopis* spp.				+	
	Latris lineata				+	
Orkinos	*Allothunnus fallai*	+		+		
	Auxis spp.	+		+		
	Euthynnus spp.	+		+		
	Katsuwonus pelamis	+		+		
	Thunnus alalunga			+		
	T. albacares			+		
	T. atlanticus			+		
	T. maccoyii			+		
	T. obesus			+		
	T. thynnus			+		
	T. tonggol	+		+		

Tablo 2.56. Devamı

Pazar İsimleri	Latince İsimleri	Parazit Tehlikeleri	Doğal Toksin Tehlikesi	Histamin Tehlikesi	Çevresel Kimyasal Tehlike	Veteriner İlaç Tehlikesi
Orkinos (Yetiştiricilik)	*Thunnus* spp.	+[2]		+	+	+
Kalkan Balığı	*Pleuronichthys guttulatus*	+				
	Pleuronichthys spp.	+				
	Psetta maxima	+				
Kalkan Balığı	*Psettodes* spp.	+				
	Reinhardtius hippoglossoides	+				
Kalkan Balığı (Yetiştiricilik)	*Psetta maxima*	+[2]			+	+
Kaplumbağa	*Apalone* spp.				+	
	Chelydra spp.				+	
	Malaclemys spp.				+	
	Trachemys spp.				+	
Kaplumbağa (Yetiştiricilik)	*Apalone* spp.				+	+
	Chelydra spp.				+	+
	Malaclemys spp.				+	+
	Trachemys spp.				+	+
Tek Boynuzlu Balık	*Naso unicornis*		**CFP**			
Wahoo*	*Acanthocybium solandri*			+		
Yelow Pike*	*Sander vitreus*				+	
Zayıf Balık	*Cynoscion* spp.	+			+	
Bıyıklı Balık	*Arius* spp.				+	
Bıyıklı Balık / Kedi Balığı	*Bagre marinus*				+	
Bıyıklı Balık / Sert Baş Bıyıklı Balık	*Ariopsis felis*				+	
Beyaz Balık	*Coregonus* spp.				+	
	Prosopium cylindraceum				+	
Bakalyaro	*Merluccius gayi*	+				
	M. hubbsi	+				
	M. merluccius	+				
Mavi Mezgit	*Micromesistius* spp.	+				
Pasifik Berlamı	*Merluccius productus*	+				

Tablo 2.56. Devamı

Pazar İsimleri	Latince İsimleri	Parazit Tehlikeleri	Doğal Toksin Tehlikesi	Histamin Tehlikesi	Çevresel Kimyasal Tehlike	Veteriner İlaç Tehlikesi
Lapina*	*Cheilinus undulatus*		**CFP**			
Atlantik Kurt Balığı	*Anarhichas* spp.	+				
Sarı kuyruk	*Seriola lalandi*			+		
Sarı Kuyruk (Yetiştiricilik)	*Seriola lalandi*	+[2]		+	+	+
Sudak Balığı	*Sander lucioperca*				+	
Sudak Balığı (Yetiştiricilik)	*Sander lucioperca*				+	+

Kısaltmalar:
ASP = Amnezik Kabuklu Zehirlenmesi; **CFP** = Ciguatera Balık Zehirlenmesi; **GFP** = Gempylid Balık Zehirlenmesi; **PFP** = Balon (Tetradoksin) Balığı Zehirlenmesi

[1] Ciguatera tehlikesinin bu türde yalnızca tropikal Pasifik Okyanusuyla ilişkilidir.

[2] Enfekte avı tüketmenin bir sonucu olarak normalde parazit tehlikesi olan türler, bir su ürünleri yetiştiriciliği operasyonunda yalnızca peletlenmiş yemle yetiştirildiğinde aynı parazit tehlikesine sahip değildir.

[3] Bu tehlike, ürün ayıklanmadan pazarlanması durumunda geçerlidir.

[4] Amberjack, sarıkuyruk, İspanyol uskumrusu, kral uskumru ve diğer histamin (scombrotoksin) oluşturan balıklar bazen yanlış bir şekilde balık istenerek pazarlanmaktadır.

[5] Bu türün bilimsel adı, bu kılavuzun bir önceki baskısından bu yana değişmiştir.

[6] Bu türün pazar adı, bu kılavuzun bir önceki baskısından bu yana değiştirilmiştir.

[7] Bu tehlike hayvan yemi veya balık yağı ürünleri için geçerli değildir. Ancak kasın doğrudan insan tüketimine yönelik ürünler ve gıda katkı maddesi olarak kullanılacak balık proteini konsatreleri gibi sulu bileşenler için geçerlidir.

[8] Bu tehlike, yalnızca diyet bileşenleri olarak kullanılan yağ özleri gibi insan tüketimine yönelik gıda ürünleri için geçerlidir.

[9] Diğer Doğal Deniz Toksinleri bu tür için geçerli olabilir.

[10] Toksin, bir FDA araştırma projesi aracılığıyla tanımlanmıştır; ancak bulunan toksin seviyeleri belirlenen kılavuz seviyeleri aşmamaktadır ve/veya hastalıklarla ilişkilendirilmemiştir.

[11] FDA, bu tür balıkların yalnızca uygun olduğu şekilde tüketilmesini önerir.

* Türkçe isimlendirmesi bulunmamaktadır.

Tablo 2.57. FDA'nın Balık ve Balıkçılık Ürünlerinde Tehlikeler Kılavuzunun 2022 baskısında HACCP işleme kontrolleri yönünden yaygın gıda güvenliği risk listesi Amerika Birleşik Devletlerinde satılan su ürünleri için aşağıdaki gibi verilmiştir (3) (FDA, 2022)

Pazar İsimleri	Latince İsimleri	Parazit Tehlikeleri	Doğal Toksin Tehlikesi	Histamin Tehlikesi	Çevresel Kimyasal Tehlike	Veteriner İlaç Tehlikesi
Deniz Kulağı	*Haliotis laevigata*			+	+	
	H. ruber				+	
	Haliotis spp.				+	
	Marinauris roei				+	
Arkshell*	*Anadara* spp.	+		+	+	
	Arca spp.	+		+	+	
Kaz Boyunlu Midye	*Pollicipes olymerus*			+	+	
Kıvrık Burunlu Deniz Tarağı	*Macoma nasuta*	+		+	+	
Washington Istiridye	*Saxidomus* spp.	+		+	+	
Clam, Calico	*Macrocall stamaculata*	+		+	+	
Pasifik Geoduck	*Panopea bitruncata*	+		+	+	
	Panopea spp.	+		+	+	
Sert İstiridye	*Arctica islandica*	+		+	+	
	Meretrix spp.	+		+	+	
	Venus mortoni	+		+	+	
Sert Kabuklu Deniz Tarağı	*Mercenaria* spp.	+		+	+	
	Protothaca thaca	+		+	+	
Pasifik Küçük Boyunlu Deniz Tarağı	*Protothaca taminea*	+		+	+	
	P. tenerrima	+		+	+	
Pasifik Küçük Boyunlu Deniz Tarağı	*Tapes variegata*	+		+	+	
	T. virginea	+		+	+	
	Venerupis aurea	+		+	+	
	V. decussata[3]	+		+	+	
	V. philippinarum	+		+	+	
Bataklık Midyesi	*Corbicula japonica*	+		+	+	
Pismo Istiridye	*Tivela stultorum*	+		+	+	
Razor İstiridye	*Ensis* spp.	+		+	+	
	Siliqua spp.	+		+	+	
	Solen spp.	+		+	+	
	Tagelus spp.	+		+	+	

Tablo 2.57. Devamı

Pazar İsimleri	Latince İsimleri	Parazit Tehlikeleri	Doğal Toksin Tehlikesi	Histamin Tehlikesi	Çevresel Kimyasal Tehlike	Veteriner İlaç Tehlikesi
Sanguin İstiridye	*Sanguinolaria* spp.	+		+	+	
Yumuşak Kabuklu Tarak	*Mya arenaria*	+		+	+	
Sörf Midyesi	*Mactra* spp.	+		+	+	
	Mactrellona alata	+		+	+	
	Mactromeris spp.	+		+	+	
	Mactrotoma spp.	+		+	+	
	Simomactra spp.	+		+	+	
Sörf Midyesi	*Spisula* spp.	+		+	+	
	Tresus spp.	+		+	+	
Sörf Midyesi (Yetiştiricilik)	*Mactra schalinensis*	+		+	+	
Venüs İstiridyesi	*Chione* spp.	+		+	+	
	Chionista spp.	+		+	+	
	Macrocallista nimbosa	+		+	+	
Takoz İstiridye	*Paphies* spp.	+		+	+	
Kum Midyesi	*Cardium* spp.	+		+	+	
	Clinocardium spp.	+		+	+	
	Dinocardium robustum	+		+	+	
	Serripes groenlandicus	+		+	+	
Kabuklu Deniz Salyangozu	*Lambis lambis*	+		+		
	Strombus spp.	+		+		
Kum Şirlani	*Donax* spp.	+		+	+	
False Kum Şırlanı	*Iphigenia brasiliana*	+		+	+	
Beni-Zuwai Yengeci	*Chionocetes japonicus*				+	
Mavi Yengeç	*Callinectes sapidus*				+	
Mavi Yengeç (Yetiştiricilik)	*Callinectes sapidus*				+	+
Kahverengi Yengeç	*Chaceon fenneri*				+	
Kahverengi Kral Yengeç	*Lithodes aequispinus*				+	

Tablo 2.57. Devamı

Pazar İsimleri	Latince İsimleri	Parazit Tehlikeleri	Doğal Toksin Tehlikesi	Histamin Tehlikesi	Çevresel Kimyasal Tehlike	Veteriner İlaç Tehlikesi
Güney Kral Yengeç	*Lithodes antarcticus*				+	
	L. murrayi				+	
Killi Yengeç	*Eriocheir sinensis*				+	
Killi Yengeç (Yetiştiricilik)	*Eriocheir sinensis*				+	+
Derin Deniz Yengeci	*Paralomis granulosa*				+	
Dungeness Yengeci	*Metacarcinus magister*		+[2]		+	
Japon Tatli Su Yengeci	*Geothelphusa dehaani*	+[1]			+	
Jonah Yengeci	*Cancer borealis*		+[2]		+	
Kral Yengeç	*Paralithodes camtschaticus*				+	
	P. platypus				+	
Hanasaki Yengeci	*Paralithodes brevipes*				+	
Kore Yengeci	*Erimacrus isenbeckii*				+	
Lithodes Yengeci	*Neolithodes brodiei*				+	
Kırmızı Yengeç	*Chaceon quinquedens*				+	
Kırmızı Kaya Yengeci	*Cancer productus*			+[2]	+	
Kaya Yengeci	*Cancer irroratus*				+	
	C. pagurus				+	
Güney Kral Yengeç	*Lithodes santolla*				+	
Koyun Yengeci	*Loxorhynchus grandis*				+	
Kar Yengeci	*Chionoecetes angulatus*				+	
	C. bairdi				+	
	C. opilio				+	
	C. tanneri				+	
Örümcek Yengeci	*Jacquinotia edwardsii*				+	
	Maja squinado				+	
Kaya Yengeci	*Menippe* spp.				+	
Bataklik Yengeci	*Scylla serrata*				+	

Tablo 2.57. Devamı

Pazar İsimleri	Latince İsimleri	Parazit Tehlikeleri	Doğal Toksin Tehlikesi	Histamin Tehlikesi	Çevresel Kimyasal Tehlike	Veteriner İlaç Tehlikesi
Bataklik Yengeci (Yetiştiricilik)	*Scylla serrata*				+	+
Yüzücü Yengeç	*Callinectes arcuatus*				+	
	C. toxotes				+	
	Ovalipes punctatus				+	
	Portunus spp.				+	
Yüzücü Yengeç (Yetiştiricilik)	*Portunus pelagicus*				+	+
Kerevit	*Astacus* spp.				+	
	Cambarus spp.				+	
	Cherax spp.				+	
	Euastacus armatus				+	
Kerevit	*Pacifastacus* spp.				+	
	Paranephrops spp.				+	
	Procambarus spp.				+	
Kerevit (Yetiştiricilik)	*Astacus* spp.				+	+
	Cambarus spp.				+	+
	Cherax spp.				+	+
Kerevit	*Euastacus armatus*				+	+
	Pacifastacus spp.				+	+
	Paranephrops spp.				+	+
	Procambarus spp.				+	+
Mürekkepbalığı	*Sepia* spp.			+[2]		
Istakoz	*Homarus* spp.			+[2]		+[2]
Midye	*Modiolus* spp.	+		+	+	
	Mytilus spp.	+		+	+	
	Perna canaliculus	+		+	+	
Ahtapot	*Eledone* spp.		+[1]	+[2]		
	Octopus spp.		+[1]	+[2]		
Mavi Halkalı Ahtapot	*Hapalochlaena* spp.			+		
İstiridye	*Crassostrea* spp.	+		+	+	
	Ostrea spp.	+		+	+	
	Spondylus spp.	+		+	+	
	Tiostrea spp.	+		+	+	
Kalem Kabuk	*Atrina pectinata*	+		+	+	

Tablo 2.57. Devamı

Pazar İsimleri	Latince İsimleri	Parazit Tehlikeleri	Doğal Toksin Tehlikesi	Histamin Tehlikesi	Çevresel Kimyasal Tehlike	Veteriner İlaç Tehlikesi
Yaygın Deniz Salyangozu	*Littorina littorea*	+[2]		+[2]	+	
Tarak	*Aequipecten* spp.	+[2]		+[2]	+	
	Amusium spp.	+[2]		+[2]	+	
	Argopecten nucleus	+[2]		+[2]	+	
Tarak	*Chlamys* spp.	+[2]		+[2]	+	
	Euvola spp.	+[2]		+[2]	+	
	Patinopecten essoensis	+[2]		+[2]	+	
	Pecten spp.	+[2]		+[2]	+	
	Placopectin magellanicus	+[2]		+[2]	+	
Tarak (Yetiştiricilik)	*Aequipecten* spp.	+[2]		+[2]	+	
	Amusium spp.	+[2]		+[2]	+	
	Argopecten nucleus	+[2]		+[2]	+	
	Chlamys spp.	+[2]		+[2]	+	
	Euvola spp.	+[2]		+[2]	+	
	Patinopecten yessoensis	+[2]		+[2]	+	
	Pecten spp.	+[2]		+[2]	+	
	Placopectin magellanicus	+[2]		+[2]	+	
Körfez Tarağı	*Argopecten irradians*	+[2]		+[2]	+	
Calico Tarağı	*Argopecten gibbus*	+[2]		+[2]	+	
Alaska Tarağı	*Patinopecten caurinus*	+[2]		+[2]	+	
Deniz Patlıcanı	*Cucumaria* spp.				+	
	Holothuria spp.				+	
	Parastichopus spp.				+	
	Stichopus spp.				+	
Deniz Patlıcanı (Yetiştiricilik)	*Apostichopus japonicus*				+	+
	Holothuria scabras				+	+
Deniz Kestanesi	*Echinus esculentus*				+	
	Evechinus chloroticus				+	
	Heliocidaris spp.				+	
	Loxechimus spp.				+	
	Paracentrotus spp.				+	

Tablo 2.57. Devamı

Pazar İsimleri	Latince İsimleri	Parazit Tehlikeleri	Doğal Toksin Tehlikesi	Histamin Tehlikesi	Çevresel Kimyasal Tehlike	Veteriner İlaç Tehlikesi
Deniz Kestanesi	*Pseudocentrotus* spp.				+	
	Strongylocentrotus spp.				+	
Sea Squirt*	*Styela* spp.			+		
Karides	*Acetes japonicus*				+	
Karides (Yetiştiricilik)	*Crangon* spp.				+	+
	Exopalaemon styliferus				+	+
	Farfantepenaeus spp.				+	+
	Fenneropenaeus spp.				+	+
	Litopenaeus spp.				+	+
	Marsupenaeus spp.				+	+
	Macrobrachium spp.				+	+
	Melicertus spp.				+	+
	Metapenaeus spp.				+	+
	Palaemon serratus				+	+
	Palaemonetes vulgaris				+	+
	Pandalopsis dispar				+	+
	Pandalus spp.				+	+
Karides (Yetiştiricilik)	*Penaeus* spp.				+	+
	Plesionika martia				+	+
Tatlısu Karidesi (Yetiştiricilik)	*Macrobrachium* spp.				+	+
Salyangoz	*Achatina fulica*				+	
	Cornu aspersa		+[1]		+	
	Elona quimperiana		+[1]		+	
	Helix lucorum		+[1]		+	
	Helix pomatia				+	
	Otala spp.		+[1]			
	Pila polita		+[1]		+	
Ay Salyangozu	*Polinices* spp.			+		
Kalamar	*Doryteuthis opalescens*			+		
	Dosidicus gigas		+[1]	+[2]		
	Illex spp.		+[1]			

Tablo 2.57. Devamı

Pazar İsimleri	Latince İsimleri	Parazit Tehlikeleri	Doğal Toksin Tehlikesi	Histamin Tehlikesi	Çevresel Kimyasal Tehlike	Veteriner İlaç Tehlikesi
Kalamar	*Loligo media*		+[1]			
	Loligo spp.		+[1]			
	Lolliguncula spp.		+[1]			
	Nototodarus spp.		+[1]			
	Ommastrephes spp.		+[1]			
	Rossia macrosoma		+[1]			
	Sepiola rondeleti		+[1]			
	Sepioteuthis spp.		+[1]			
	Todarodes sagittatus		+[1]			
Deniz Salyangozu	*Busycon* spp.			+		
	Neptunea spp.			+[2]		

[1] Bu tehlike, parazit içeren balık veya balık ürünlerinin parazitleri öldürmek için yeterli bir işlem olmaksızın tüketileceği bilinmesi geçerlidir.
[2] Bu tehlike, ürün ayıklanmadan pazarlanması durumunda geçerlidir.
[3] Su ürünlerindeki patojenleri öldürmek için yeterli bir işlem yapılmadan tüketilme potansiyeli bulunması durumunda hasat alanındaki patojenler türler potansiyel bir tehlike olarak tanımlanmalıdır.
* Türkçe isimlendirmesi bulunmamaktadır.

Tablo 2.58. Gıda güvenliği açısında karşılaşılabilecek su ürünleri kökenli genel tehlikeler ve önleyici tedbirler (1) (ESSA, 2018' den modifiye)

	Tehlike		Kaynak	Sağlık Etkisi	Önleyici Tedbirler
Biyolojik Tehlike	Parazitler	Nematodlar, *Anisakis* spp., *Capillaria* spp., *Gnathostoma* spp., *Pseudoterranova* spp.	Balık veya kabuklulardan	Nadir vakalarda cerrahi müdahale gerektirebilen akut dispepsi	Parazitlerin varlığını önlemek veya en aza indirmek için hızlı ve etkili bir ayıklama gerekli bir uygulamadır. Parazit bulunmadığını garanti edilemediğinde, kontrol önlemi şu şekilde sağlanmalıdır: a) Su ürünlerinin dondurulması, ≤- 20°C veya -35°C' de 24 saat boyunca balığın tüm kısımlarında en az 15 saat süreyle. b) Isıtma işlemi (en az 1 dakika ≥60°'de veya 15 saniye 74°C (mikrodalga) c) Sıcak dumanlama/fümeleme/ tütsüleme (≥60°C›de 1 dakika) d) 21 günden fazla tuzda bekletme
		Cestodlar (taenias), dahil Diphyllobothrium latum	Esas olarak tatlı su ve alabalıklar dahil diadrom balıklarda	Böbrek hasarı	
		Clonorchis dahil trematodlar (kurtlar) ve Ophisthorchi (karaciğer parazitleri), Paragonimus (akciğer parazitleri), Heterophyes ve Echinochasmus (bağırsak parazitleri)	Belirli bölgelerde, özellikle Asya ve Güney Doğu'da endemik kontaminasyon Temel olarak tatlı su balıkları		

Tablo 2.59. Gıda güvenliği açısında karşılaşılabilecek su ürünleri kökenli genel tehlikeler ve önleyici tedbirler (2) (ESSA, 2018' den modifiye)

	Tehlike		Kaynak	Sağlık Etkisi	Önleyici Tedbirler
Biyoloj ik Tehl ike	Patojen Bakteriler	*Aeromonas hydrophila*		Gastroenterit, özellikle bebekler, yaşlı veya bağışıklığı baskılanmış kişilerde	Su ürünleri balıkçılık veya yetiştiricilik alanları hakkında bilgi sahibi olmak, Hızlı soğutma (mikroorganizma gelişimini azaltır), İyi ayıklama (iç organlar dağılıp ete bulaşmamalı ve periton zarar görmemeli) İyi hijyen uygulamaları
		Clostridium botulinum	Su ortamlarında genel olarak bulunur. Balıkların derisinde, solungaçlarında veya sindirim sisteminde yer alır.	Mide bulantısı ve kusma, ardında merkezi sinir sistemi etkilenme: gözler (çift görme, zor uyum), sindirim sistemi (yutkunma güçlüğü), ciddi vakalarda, solunum felci ve ölüm. Ateş ve ishal oluşmaz.	
		Vibrio parahaemolyticus hemolitik genlerle (THD veya TDR)	Balığın kökenine bağlı	Sulu ishal, bazen düşük dereceli ateş, kolik, mide bulantısı	
		Listeria monocytogenes	Su ortamlarında genel olarak bulunur. Esas olarak balığın derisinde, solungaçlarında veya sindirim sisteminde yer almaktadır. Tüm balıkçılık ve işleme süreçleri sırasında kontaminasyon (dilimleme, iç organ çıkarma, fileto çıkarma vb.)	Menenjit, ensefalit, septisemi, düşük	Ürünler için uygun işleme tesisleri, hızlı soğutma (orta derecede çoğalma), çapraz kontaminasyondan kaçınma, tesislerin temizlenmesi ve dezenfeksiyonu, kişisel temizlik, dilimleme ve iç organ çıkarma sırasında balık işleme koşulları, iyi hijyen uygulamaları
		Salmonella spp.	Çevrenin evsel ve endüstriyel atıklarla kirlenmesi	Febril sendromu: bitkinlik, ishal ve kolik ile birlikte >38°C ateş baskınlığı, Nadire kusma görülür, Solunum bozuklukları olmadan	Su ürünleri balıkçılık veya yetiştiricilik alanları hakkında bilgi sahibi olmak, hızlı soğutma (orta derecede çoğalma), çapraz kontaminasyondan kaçınma, tesislerin temizlenmesi ve dezenfeksiyonu, kişisel temizlik, dilimleme ve iç organ çıkarma sırasında balık işleme koşulları, iyi hijyen uygulamaları
		Shigella	Esas olarak balığın derisinde, solungaçlarında veya sindirim sisteminde bulunur. Balığın kökenine bağlı olarak değişkendir.	Bazen kanlı ve cerahatli bol sulu ishal, ateş	
		*Vibrio cholerae s*erogroup C veya O139 veya kolera toksin geni olmayan O1/O139 *V. cholera* ile	Sulu ishal, kusma, dehidratasyon		
		Escherichia coli O 157		Hemolitik sendrom	
		Edwardsiella tarda *Pleisomonas shigeloides* *Yersinia enterocolitica*	Akut sulu ishal, ateş, baş ağrısı		

[1] Deniz canlılarının neden olduğu ve daha az sıklıkta görülen başka zehirlenme türleri de vardır, örneğin, clupeotoksin (Clupeidae balık ailesi), tetrodoksin (Tetraodintidae, Molidae, Diodontidae ve Canthisgasteida balık aileleri), karkatoksin (çoğunlukla Carcharhinus ve köpekbalıkları) Sphyrna), kelotoksin (şahin gagalı deniz kaplumbağası (*Eretmochelys imbricata*) halüsinasyon zehirlenmesi ("sarhoş dişi") (Siganus balık ailesi) Risk dönemlerinde potansiyel olarak toksik türler

Tablo 2.60. Gıda güvenliği açısında karşılaşılabilecek su ürünleri kökenli genel tehlikeler ve önleyici tedbirler (3) (ESSA, 2018' den modifiye)

	Tehlike		Kaynak	Sağlık Etkisi	Önleyici Tedbirler
Biyolojik Tehlike	Biyolojik Toksinler	Histamine	Ton balığı, uskumru, kılıç balığı gibi histidin açısından zengin bazı balıkların kaslarında oluşabilmekte, yakalama sonrası zayıf soğutmanın ve hijyen sorunlarının göstergesi	Deri döküntüsü, kızarıklık, yüzde şişme, ateş basması, mide bulantısı, kusma, ishal, baş ağrısı, baş dönmesi, ağızda biber tadı, boğazda yanma hissi, mide rahatsızlıkları, kaşıntı, deride karıncalanma, çarpıntı	Yakalandıktan sonra hızlı soğutma, ayıklama, kullanım sırasında alınacak önlemler, iyi hijyen uygulamalarına uygunluk
		Mikotoksinler	Balık yemlerinde bileşen veya tahıl olarak kullanılan sebzelerden	Alerjiler, Mide sorunları, böbrek sorunları, bağışıklığı baskılanmış kişilerde bulaşıcı hastalıklara karşı direncin azalması	
		Fitotoksin	Algler ve bunlarla beslenen kabuklular	DSP, PSP, ASP, vb…	Ürünler açısından toksik alg mevcudiyeti ve düzeylerinin balıkçılık/üretim bölgelerinde takibi
		Ciguatoksin ve diğer potansiyel tropikal toksinlerl	Tropikal mercan resiflerinde veya çevresinde yaşayan sığ su etobur balıkları	Akut gastroenterit, ekstremitelerde karıncalanma, sinir sistemi ve solunum semptomları	Potansiyel olarak toksik türlerden kaçınmak
		Stafilokokal toksin	Elleçleme (tedarikçi) ve dahili	Kusma, ishal	İyi hijyen uygulamaları

[1] Deniz canlılarının neden olduğu ve daha az sıklıkta görülen başka zehirlenme türleri de vardır, örneğin, clupeotoksin (Clupeidae balık ailesi), tetrodoksin (Tetraodintidae, Molidae, Diodontidae ve Canthisgasteida balık aileleri), karkatoksin (çoğunlukla Carcharhinus ve köpekbalıkları) Sphyrna), kelotoksin (şahin gagalı deniz kaplumbağası (Eretmochelys imbricata) halüsinasyon zehirlenmesi ("sarhoş dişi") (Siganus balık ailesi) Risk dönemlerinde potansiyel olarak toksik türler

Tablo 2.61. Gıda güvenliği açısında karşılaşılabilecek su ürünleri kökenli genel tehlikeler ve önleyici tedbirler (4) (ESSA, 2018' den modifiye)

	Tehlike		**Kaynak**	**Önleyici Tedbirler**
Kimyasal tehlikeler	Bitki sağlığı kalıntıları	Dezenfektanlar, pestisitler, herbisitler, algisitler, fungisitler vb…	Çevre kirliliği, taşıma işlemi vb… farklı durumlar sırasında kirlenme	Balıkçılık/su ürünleri yetiştiricilik alanlarının seçimi ve iyi hijyen uygulamaları
	Vetirner ilaç kalıntıları	Antibiyotikler, büyüme hormonları, diğer balık yemi katkı maddeleri	Balık yemi (yetiştirilen balıklar) ve çevre kirliliği	
	Ağır metaller, dioksin, PCB (Poliklorlu bifeniller) ler, vb... kalıntılar	Topraktan, endüstriyel atıklardan, kanalizasyon sularından, hayvan dışkıları ve farklı kaynaklardan bulaşma	Çevre kirliliği	
	Hidrokarbonlar .	Sudaki yakıt, gaz veya yağ vb. ile kirlenme...	Balıkçılık ve yetiştirme alanındaki çevre kirliliği	
Fiziksel tehlikeler	Radyonüklidler		Çevre kirliliği	Su ürünleri balıkçılık veya yetiştiricilik alanlarının seçimi
	Kutular, plastik parçalar vb.		Hijyenik balık taşıma	Tedarik ve işleme sırasında iyi hijyen uygulamalarına uygunluk

Tablo 2.62. Gıda güvenliği açısında karşılaşılabilecek su ürünleri kökenli genel tehlikeler ve önleyici tedbirler (5) (ESSA, 2018' den modifiye)

	Tehlike	**Önleyici Tedbirler**
Su ve buz	Patojenik bakteri, Kimyasal ve fiziksel kontaminasyon	İçme suyu kullanımı, dezenfeksiyon, filtreleme, su borularının bakımı
Sarma malzemeleri Ambalaj gazları Saklama kapları	Mikrobiyolojik kontaminasyon Kimyasal kirlenme Fiziksel kirlenme (yabancı maddeler)	Gıda maddeleri ile temas ve üreticinin iyi hijyen uygulamaları yönünden ambalajın uygunluğun teyidi
Dumanlama/ Fümeleme/ Tütsüleme için kullanılan talaşın cinsi	Kimyasal kirlenme (yanma sırasında PAH bileşiklerinn limit dışı oluşum ve ürünlere geçişi)	Kullanılan ağaç türü (yüksek lignin içeren kozalaklı ağaçlardan kaçınılmalıdır), Yanma odası sıcaklığı (≤400 °C)
Diğer katkılar (aromatik otlar, baharatlar, tuz, şeker, sirke vb.)	Mikrobiyolojik kontaminasyon (baharatlar), viral kontaminasyon (aromatik otlar ve taze sebzeler), alerjenler, kimyasal kontaminasyon (ağırmetaller, pestisitler, PAH, ...), Fiziksel kontaminasyon (yabancı maddeler)	Tarımsal üretim koşulları (iyi tarım uygulamaları, vb.), tedarikçinin iyi hijyen uygulamaları, tedarikçinin teknik belgeleri, dekontamine olmuş baharatlar için iyonize radyon uygulaması, vb… ve kullanıma hazır kontrol edilmiş sebze ve katkıların kullanımı

3. SU ÜRÜNLERİNDE KALİTE KONTROL

Su Ürünleri diğer gıdalara oranla çok daha kısa sürede bozulan ürünlerdir. Bozulmanın çabuk olması gıdanın yapısı ve besin bileşimleri (bağ dokunun zayıf olması, doymamış yağ asitleri, su [su aktivite değerinin] miktarı vb.) ile doğrudan ilişkilidir. Gıdalardaki tazelik ya da bozulmanın tespitinin yanı sıra, dayanım ve zararlı madde düzeylerinin belirlenmesi ve besin içeriklerinin ortaya konması da üretici, satıcı gibi tüketici açısından büyük bir önem taşımaktadır.

Kalite köken olarak Latince "qualis" kelimesinden türemiş olup, tanımlanan ürünün nasıl oluştuğu anlamına gelmektedir. Kelime anlamı, kullanım yerine göre "ürün veya hizmetin" gerçekte ne olduğunu belli etmek amacını taşımaktadır. Kalite kavramlarının tanımlanmaları konusunda çeşitli görüşler bulunmakla birlikte günlük yaşamda iyiliği ve üstünlüğü temsil etmektedir (Albayrak, 2018).

Kontrol ise gıda maddeleri için nicelik ve niteliklerin tüketici istekleri yönünde tespiti ile yasalar, yönetmelikler, standart ve sözleşmelerde belirtilen tolerans değerlere sahip olup olmadığının saptanması ayrıca işletmelerin verimli ve ekonomik faaliyet göstermeleri, için yapılan çalışmaların tümünü kapsamakta olup terim olarak "**Gıda Kalite Kontrolü"** ile tanımlanmaktadır (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2017; Varlık ve diğ. 2007).

Su ürünlerindeki kalite canlının fizyolojik yapısı, yaşadığı çevre, tür, cinsel olgunluk, yaş gibi birçok faktörden etkilenmektedir.

Yapılış amaçlarına göre kalite kontrol bu anlamda üçe ayrılmaktadır (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2017; Varlık ve diğ. 2007);

- Hijyenik kalite kontrol
- Teknolojik kalite kontrol
- Nutrisyonel kalite kontrol

3.1. Kalite Kontrol ve Bazı Temel Kavramları

Kalite Kontrol, kalite ile ilgili belirli bir hedefe, amaca veya standarda ulaşmak için uygulanan teknikler ve gerçekleştirilen faaliyetlerdir. Bu faaliyetler, kontrol, istatistiksel değerlendirme, hatayı tespit etme, hatanın nedenini bulma ve nasıl düzeltileceğini içeren sistematik bir yaklaşımdır (Perinçek ve diğ. 2008).

Su ürünleri üretiminin ilk safhalarından (balıkçılık/hasat) itibaren ürünün kalite düzeyinin en duyarlı şekilde ortaya konması önemli bir kriterdir. Ancak, bu kalitenin işlenmiş ürün

üretim süreçlerinde istenilen düzeyde olması için yeterli değildir. Örneğin konserve balığın üretim hattından çıktıktan sonra ürünün kalite düzeyine bakıp bozuksa bunun nedenini araştırmak doğru bir yol olmayacaktır. Önemli olan işleme hattı boyunca işlem basamaklarında aranılan özelliklere uygunluğunu ne ölçüde sağlandığının saptanmasıdır. Ancak bu şekilde yapılan uygulamalar ve bunların formlara işlenmesi ile elde edilecek ürünün kalite düzeyinin önceden tahmin edilmesine yardımcı olacaktır. Ayrıca bu kontroller uygulanacak işlemlere de yön verebilecektir. Örneğin hammadde de yapılan bir analizle bu üretim hattına alınıp alınmayacağına (kabul veya reddine) karar verilebildiği gibi herhangi bir sınıflandırmanın da gerekip gerekmediğine; kutu doldurma ve ısıl işlemlerde uygulanacak değerlerin belirlenmesine de yardımcı olacaktır. Özetle kalitenin tahmini için üretim periyodunda sürekli takip ve kayıt ön şartı bulunmaktadır.

3.1.1. Objektif (Nesnel) ve Sübjektif (Öznel) Ölçümlerin Bazı Karakteristikleri

Herhangi bir kişi belirli bir gıda maddesini yiyerek ya da içerek tükettiği zaman sübjektif (öznel) değerlendirme yapmaktadır. Ticari anlamda gıda maddelerinin duyusal kalite özellikleri panelistler tarafından ya da nesnel ölçümlere dayalı yöntemlerle yapılmaktadır. Duyusal özelliklerin sübjektif olarak değerlendirilme sürecindeki araç, insandır. Objektif (nesnel) değerlendirmelere göre bazı sakıncalar taşımaktadır. Bu sakıncaların başlıcaları şunlardır (Gönül, 1983):

a. Duyusal değerlendirme için olması gerekli olan gerekliliklerin yerine getirilememesi (Çevre koşulları, Sağlık sorunları, Bilinçli/Bilinçsiz taraf tutulması vb.)

b. Değerlendirme testlerine katılacak eğitimli/deneyimli eleman eksikliği/azlığı

c. Değerlendirmede belirli ve açık dayanak noktasının bulunmaması karmaşıklığı, ancak karşılaştırma yolu ile karar verilmesi

Nesnel ölçümlere dayalı değerlendirmelerde ise insan duygularının kesinlikle yeri yoktur. Herhangi bir nesnel ölçümle alınan sonuçların yine de duyusal değerlendirme ile kontrol edilmesi gerekmekte ve olumlu yönde korelasyon verdiği taktirde kullanımı söz konusudur. Kalitenin değerlemesinde duyusal yöntemlerin önemi birçok alandaki başarılı uygulamalardan kaynaklanmakta olup söz konusu değerlendirmeler mevcut ürün kalite geliştirmelerinde, günlük üretim değerlendirmelerinde, yeni ürün geliştirmelerinde ve pazarlama analizleri gibi birçok alanda kullanılabilmektedir. Genelde duyusal yöntemler paneller şeklinde uygulanmakta ve ikiye ayrılmaktadır (Gönül, 1983);

1. Tüketici Paneli (Tüketici tabanlı eğitilmemiş katılımcıyı içermeli)
2. Laboratuvar Paneli (İlgili duyusal testler konusunda eğitimli katılımcıyı içermeli)

Tüketici paneli için normal ortam şartları kullanılabilirken, laboratuvar tipi panelde özel koşulların gerekliliği söz konusudur.

Herhangi bir nesnel yöntemin yeterliliğinin denetlenmesinde de üç temel ölçüt vardır.

Duyarlılık/Hassasiyet (Sensivity): Belirli bir prosedürle tespit edilebilen bir bileşenin en düşük konsantrasyonunun ölçüsü (McClements, 2022).

Güvenilirlik/Doğruluk (Accucary): Bir yöntemin güvenirliliği, aynı koşullarda tekrarlanan analizlerde elde edilen deney sonuçlarının kararlılığıdır. Deney sonuçlarının kararlılığı iki farklı yaklaşımla yorumlanması sözkonudur (Ercan & Kan, 2004). Bunlar **kesinlik** ve **gerçeklik** bileşenleridir (TÜRKAK, 2019).

1. **Kesinlik (Precision):** Kesinlik ölçüm sonuçlarının birbirine yakınlığının ifadesidir. Bağımsız analiz sonuçları arasındaki tutarlılığın göstergesidir. Kesinlik doğruluğun gerçeklik dışındaki diğer bir bileşeni olup rastgele hataların dağılımını ifade etmektedir (Yılmaz, Tarih Yok).

   Kesinlik 4 faktörden etkilenebilmektedir (Yılmaz, Tarih Yok);

   1. Zaman (kısa ve uzun zaman aralığı),
   2. Kalibrasyon (ölçümler arasında kalibrasyon yapılıp yapılmadığı),
   3. Analizi yapan kişi (aynı veya değişik kişilerin analizi yapması) ve
   4. Ekipman (ölçümlerde aynı veya farklı ekipmanların kullanılıp kullanılmadığı) ve bunların değişkenliğine göre kesinlik de değişmektedir.

- **Tekrarlanabilirlik** ve **tekrar üretilebilirlik** olarak iki genel **kesinlik ölçümü** bulunmaktadır (Yılmaz, Tarih Yok);
- **Tekrarlanabilirlik**, "r" harfi ile ifade edilmekte olup, aynı ekipman ve aynı laboratuvar koşullarında kısa zaman aralığında aynı personel tarafından elde edilen bağımsız test sonuçlarını tanımlamaktadır.
- **Tekrar üretilebilirlik**, "R" harfi ile ifade edilmekte olup, aynı metot ile eşdeğer örneklerde farklı laboratuvarda, farklı ekipman ve farklı analist tarafından uzun zaman aralığında elde edilen bağımsız test sonuçlarının elde edilmesi olarak tanımlanmıştır.

2. **Gerçeklik:** Belirli sayıdaki analiz sonucu ortalamasının gerçek değere yakınlık derecesinin göstergesidir. Analizlerden elde edilen sonuçlar çok azı bilimsel çalışmaların

koşulları gereği gerçek değerin doğrudan ölçülebilmesine imkân vermektedir. Yapılan çalışmalarda kullanılan deney/test numunesinin tüm numuneleri temsiliyetindeki yetersizlik, kimyasal analizlerde matriks yapısı, ölçümün çevresel koşullardan etkilenmesi ve analizlerde kullanılan donanımsal farklılıklar ölçüm sonucuna etki etmektedir. Değişkenliklerin tümü ölçüm sonucunun belirsizliği olarak raporlanmaktadır (bunlar ölçüm sonuçlarının kalite göstergesidir). Burada gerçekliğin ölçütü bir referans değerden sapmadır (TÜRKAK, 2019).

Analiz ölçümlerinin dört şekilde yapılan karşılaştırmalar ile gerçekliğin tespiti yapılabilmektedir (TÜRKAK, 2019);

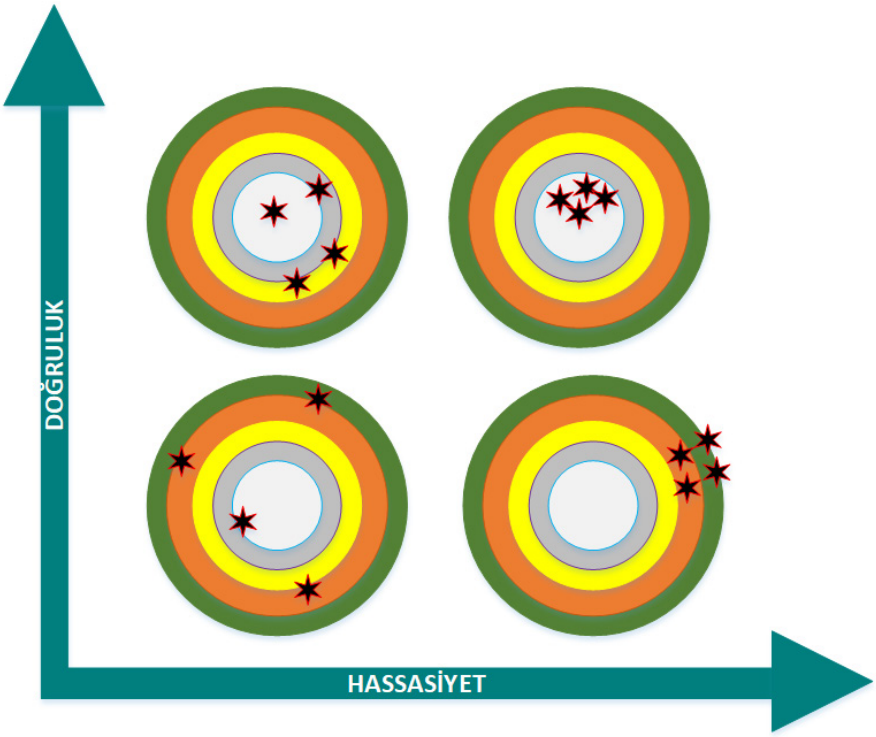
1. Referans malzemelerin analizi
2. Referans değer
3. Ekleme (spike)
4. Yeterlilik testleri

Herhangi bir partideki örneklerin tümünün analizi imkânsızdır. Ancak tesadüfi Örnekleme yolu ile o parti hakkında fikir edinebilmektedir. Alınan örneklerin partiyi temsil ediyor olması büyük önem taşımaktadır.

Uygulanacak yöntem veya kullanılacak aracın kullanımı yeterli tanımlanmamış değil ise analizi yapan kişiden kişiye değişen sonuçlar alınabilmektedir. Yöntemlerin tanımlanmasında çok anlamlılıktan özellikle kaçınılmalıdır. Metotta belirtilen kimyasal madde saflıklarına ve kullanılan malzemenin kalitesine mutlaka uyulmalıdır. Eğer uyulmuyorsa yerine kullanılan maddelerin alınan sonuç üzerindeki etkisi araştırılarak ortaya konulmalıdır.



Şekil 3.1a. Ölçüm sonuçlarında hata, doğruluk ve hassasiyet durumu (Yılmaz' dan modifiye edilmiştir).



Şekil 3.1b. Ölçüm sonuçlarında hata, doğruluk ve hassasiyet durumu.

3.1.2. Ölçme ve Kontrol

Ölçmenin temel basamağı örnek alma işlemi olup aşağıdaki hususları açıklayan, onaylanmış yazılı prosedürlere göre yapılmalı ve kayıtlanmalıdır (Mahmutoğlu, 2010):

- Analiz edilen parametre
- Örnekleme metodu
- Analiz metodu
- Kullanılacak ekipman
- Alınacak örneğin tanımlayıcı bilgileri; ürün adı, üretim tarihi, parti no, miktarı vb.
- Örneğin öngörülen alt parçalara bölünmesine ilişkin talimatlar
- Kullanılacak örnek kabının tipi ve durumu
- Örnek alınan kapların tanımlanması

- Özellikle steril veya sağlığa zararlı maddelerden örnek alınmasında, izlenmesi gereken özel hususlar
- Saklama koşulları
- Örnekleme ekipmanının temizlenmesine ve saklanmasına ilişkin talimatlar
- Analiz tarihi, analizin yapıldığı kuruluş, analizi yapanın adı ve imzası
- Analizle ilgili kayıtların nerede saklandığı

Alınan örnekler, alındıkları materyal veya ürün serisini temsil edebilmelidir. Ayrıca bir prosesin en kritik kısımlarını izlemek amacıyla (örneğin prosesin başında veya sonunda) başka örnekler de alınabilmektedir.

Örnek kaplarının üzerinde içeriğini, parti seri numarasına, örneğin alındığı tarihi ve örneklerin hangi seri veya partiden alındığını gösteren bir etiket bulunmalıdır.

Kontrol ve test etme işleminde kullanılan tüm analitik metotlar valide edilmeli, ayrıca üretim personelinin üretim alanlarında gerçekleştirdikleri de dahil olmak üzere, tüm proses içi kontroller, kalite kontrol tarafından onaylanmış metotlarla yapılmalı ve sonuçlar kaydedilmelidir.

Gerekli hallerde, testlerde kullanılan maddelerin (reaktifler ve referans standartlar gibi) alındığı tarihler de kap üzerinde belirtilmelidir. Kullanma ve saklama talimatlarına uyulmalıdır.

3.1.3. Kalite Özelliklerinin Sınıflandırılması

Gıda kalite öğeleri duyusal, gizli (saklı) ve kantitatif olmak üzere üç başlık altında incelenmektedir (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2017; Varlık ve diğ. 2007);

I. Duyusal ögeler: Tüketicinin bir gıdayı kabul veya reddetmesine neden olan ve duyular ile belirlenebilen görünüş, yapısal özellikler, aroma, tat vb özellikleridir.

II. Gizli ögeler: Gıdaların duyusal unsurları kadar önemli olan duyular ile belirlenemeyen mikrobiyolojik ve kimyasal analizler gibi farklı analiz teknikleri ile belirlene bilen tüm ögelerdir.

III. Kantitatif ögeler: Verim, karşım oranları ve ağırlıklar gibi konuları kapsamaktadır.

II. Duyusal öğeler

1. Görünüş (Gözle)

- Renk ve Parlaklık
- Viskozite ve Konsistens
- İrilik ve Şekil
- Kusurlar

2. Yapısal Özellikler (Tekstürel Yapı)

- El veya Parmakla
- Ağız ile

3. Aroma (Tat ve Koku)

- Tat
- Koku

III. Gizli Öğeler

a. Besin Bileşenleri

- Su Miktarı
- Protein Miktarı
- Yağ Miktarı
- Karbonhidrat Miktarı
- Kalori Değeri
- Özgül Etkili Bileşiklerin Miktarı (vitaminler, temel yağ asitleri, amino asitler, mineral maddeler)

b. Katkı Maddeleri

- Sakıncalı Katkılar
- Müsaadeye Tabii Kullanımı sınırlı katkılar

c. Kirlilik ve Bulaşma

- Metalik Kontaminasyonlar
- İlaç Kalıntıları
- Kirlilik

d. Hijyenik ve Mikrobiyolojik Güven

- Mikotoksinler
- İndikatör Mikroorganizmalar

IV. Kantitatif öğeler

a. Verim

b. Karışımdaki (içerik) Madde Oranı

c. Net Ağırlık

d. Süzme Ağırlık vb.

Görünüş başlığında yer alan ögeler tüm tüketiciler tarafından ilk algılanan özellikler arasındadır. Tüketicinin içerik bilgisi olmasını gerektirmeksizin ürün hakkında karar vermesinde etkili olmaktadır. Yapısal kalite öğeleri dokunma duyuları veya ağızla belirlenmektedir. Aromaya ilişkin öğeler ise tüketiciler tarafından tat ve koklama organları ile değerlendirilmektedir. Bu süreci açlık durumu veya sıcaklık, soğukluk gibi dış etkenler olumlu/olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Gizli kalite öğelerinden besin değeri tüketiciler arasında en çok önemsenen ögelerden olup, bunu katkı muhteviyatı takip etmektedir. Limitler dahilinde gıdalarda katkılara izin verilse de, genel olarak tüketicilerin katkı maddesi içermeyen gıda maddelerini tercih ettikleri bilinmektedir. İşletmede hangi katkı maddelerinin hangi ürünlere katılıp katılmayacağının çok iyi bilinmesi gerekmektedir. Katkı maddelerinin kontrolü tüketici tarafından yapılmamakla birlikte tüketicinin korunması çerçevesinde T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı "Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü" nce yapılmaktadır. Yabancı maddelerden çoğu duyusal olarak fark edilemez, ancak gıda maddesinin tadına ve kokusuna yansıyanlar fark edilebilmektedir. Yabancı maddelerin en önemlileri metalik kontaminasyonlar (Hg, Cd, Pb, As, Fe, Sn, Cu, vb.), haşere-böceklerle olan kirlenmeler ile ilaçlama kalıntılarıdır. Gıda maddeleri tam steril olmamakla birlikte mikroorganizma içermeleri de istenmemekte olup mevcut mikroorganizmanın kaynağı, miktarı ve niteliği tüketici açısından gıda güvenliği anlamında önem taşımaktadır (Varlık ve diğ. 2007).

Verim, karışımdaki madde oranı ve ağırlıklar gibi konular bu başlık altında incelenmektedir;

1. Verim
2. Karışımdaki madde oranı
3. Net ağırlık
4. Süzme ağırlık vb.

Tüm bu faaliyetlerin ortaya konması sonucunda söz konusu ürün piyasada bir yer edinebilmektedir. Ürünün piyasada alacağı pay tüketicinin kullanımına uygunluk derecesine, diğer bir deyişle tatmin olma derecesine bağlı olarak da değişiklik göstermektedir.

Satışa sunulan ürünün kullanıcısı tarafından belirlenen, kullanıma uygunluğu anlamında ele alınan ürün kalitesi, tüketici ihtiyaçlarının tatmin edilmesi ve ürünün ekonomik bir şekilde sunulması noktasında bir seviyeye gelecektir. Kalite seviyesini belirleyen bu iki yönlü gelişme (kalite denetimi ve kalite maliyetleri) söz konusu ürünü satan şirketin başarısını da belirlemektedir.

Ayrıca gıdalarda kullanıma uygunluk olarak kalite özellikleri ürünün çeşidine, ürünün pazarlandığı ülkeye ve satılan alıcı grubu taleplerine bağlı pozitif yönde beklentilerle değişim göstermektedir.

3.1.3.1. Su Ürünlerinde Duyusal Ögeler

Su ürünlerinin aroma özellikleri, taze ve/veya pişmiş su ürünleri lezzetine katkıda bulunan bileşenlerle doğrudan ilişkilidir. Taze su ürünlerinin lezzeti ve aroması ürünün tüketici tarafından kabul edilebilirliği üzerindeki etkisi nedeniyle büyük önem taşımaktadır. Hem balık hem de kabuklu deniz ürünleri taze su ürünlerinin tadı, öncelikle lipoksijenazdan türetilen lipid bazlı uçucular dan etkilenmektedir. Bununla birlikte, başta trimetilamin olmak üzere aminler kadar ayrıca çevre kaynaklı tatlar da taze su ürünlerinin lezzetini etkileyebilmektedir. Pişirildikten sonra, deniz ürünlerinin tadı önemli ölçüde değişim göstermektedir. Termal olarak indüklenen değişiklikler, genellikle türe özgü olan pişmiş etteki aromaların ortaya çıkmasıyla sonuçlanmaktadır. Maillard ve strecker bozunma reaksiyonları, pişmiş deniz ürünlerinin etlerindeki aromaların geliştirilmesinde baskın rol oynamaktadır. Burada da dienallerin retro-aldol yoğunlaşması ve lipid oksidasyonu gibi diğer reaksiyonlar, birçok önemli aroma bileşiğine yol açmaktadır. Yukarıdaki reaksiyonların kombinasyonu, pişmiş kabuklular, balık, kabuklu deniz ürünleri ve diğer su ürünlerindeki karakteristik aroma bileşiklerinin oluşumu için gereklidir. Bu anlamda su ürünlerinin aroması hem uçucu aroma aktif hem de uçucu olmayan tat aktif bileşenlerden oluşmaktadır. Bu bileşiklerin izolasyonu ve tanımlanması önemli bir konudur (Shahidi & Cadwallader, Flavor and Lipid Chemistry of Seafoods: An Overview, 1997).

Her canlı gibi insan da fiziksel çevresini kendi duyularıyla aldığı sinyallere göre tanımakta ve sınıflanmaktadır. Yani çevresinden duyu organları yardımıyla algıladığı, hissettiği ve kaydettiği bu etkileri daha önce belleğine aldıklarıyla kıyaslayarak kavrayıp ve değerlendirmektedir. Genelde insandaki duyular 8 başlık altında toplanır;

1. **Tatma**
2. **Koklama**
3. **Görme**
4. **İşitme**
5. **Dokunma**
6. Ağrıyı hissetme — **Somato sensorik algılar**
7. Sıcaklığı hissetme
8. Soğuğu hissetme

İnsanın bir gıda maddesi ile ilk kontağı genel olarak görme, koklama, işitme (kızarmakta olan balığın cızırtısı veya ürünün dişler arasında çıkarmış olduğu çıtırtı sessiyle), dokunma

(balık yüzeyine elleme gibi) ve bu duyu algılamalarından ikisinin veya üçünün aynı anda gerçekleştirilmesiyle oluşmaktadır. Bundan sonraki etki mekanizması, dudaklarla gıdaya dokunarak onun sıcaklık, soğukluk, ağrı ve acı verip vermediğini hissetme ve ağızda oluşan çiğneme sesi gibi yeni bir işitme duyusu algılamasıdır. Bunun arkasından doğrudan doğruya tatma ve yeni bir koku gelmektedir. Bu aşamada kez boğaz bölgesi üzerinden endirekt olarak duyu daha ileri bir düzeyde algılama yapmaktadır. Bütün bu algılamalar gıda üzerindeki genel değerlendirmeyi etkiler ve bu doğrultuda aşağıda verilen genel değişimler gıda bozulmasına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır.

Görünüş, renk, yapı, tekstür/doku, koku ve **aroma/tatta** oluşan değişimler.

3.1.3.1.1. Görünüş ve Renkte Meydana Gelen Değişimler

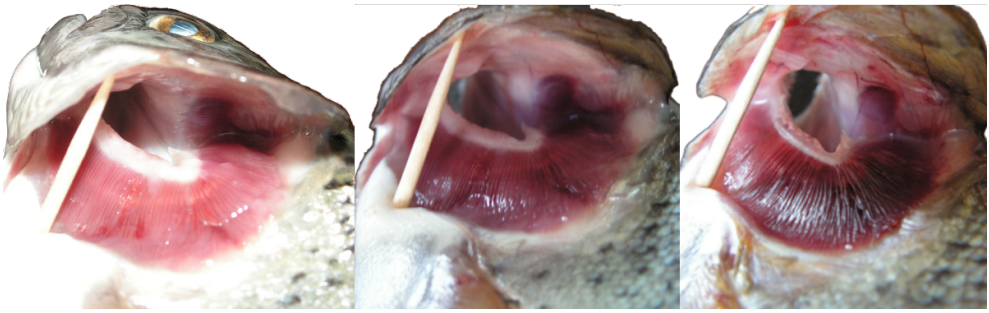
Görünüşte meydana gelen değişimler genellikle balığın deri yüzeyinde, solungaçlarında, karın boşluğunda ve kaslarında gözlenmektedir. Burada tespit edilen özellikler ve değişimler türe ve yaşam koşullarına göre değişiklik gösterebilmekte, deri yüzeyinde meydana gelen değişimler doğal pigmentlerin kaybolmasından ve oksidasyondan ileri gelmektedir. Bazı durumlarda pigmentlerdeki yoğunluk avlama ve depolama sırasında oluşacak mekanik etkilerle de azalabilmektedir (kuruma vb.). Post mortal dönemde kuvvetli mukoz tabaka oluşumu nedeni ise bakteriyel değil, mukoz bezelerinin bir reaksiyonudur. Genelde oluşan mukoz tabaka bakteri faaliyetleri ile değişmektedir. Cam şeffaflığındaki görünüş sütümsü bir renge dönüşmekte ve, yumuşamalar meydana gelmektedir. Solungaçlarda avlamadan itibaren hemoglobin oksidasyonu ile hızlı bir renk değişimi görülmekte, kan kırmızısı rengindeki solungaçlar kahverengiden gri yeşile doğru değişim göstermektedir. Depolama süreç ve şartlarına bağlı solungaçlar üzerindeki mikrobiyal gelişim ve mukoz tabaka oluşumu artmakta, karın boşluğunda otolitik değişimler meydana gelmektedir. Mide ve bağırsak duvarında zedelenme ve mikroorganizma gelişimi gözlenmekte, bunun sonucu olaraktan iç organlar da hızla bozulmalar oluşmaktadır. Bu sırada böbrek ve safra çevresindeki organlarda da hızla renk değişimi gözlemlenirken, ayrıca yağlı balıklarda dondurma sonrasındaki depolama aşamalarında yüzgeç ve karın bölgelerinde bariz belirgin yağ acılaşmasına dayalı sarımtırak renk değişimi gözlemlenmektedir. Bu değişikliklerin, dışında belirgin şekilde başka bir fiziksel değişim gözlerde ortaya çıkmakta, ölümden sonra su kaybı, saydamlığı yitirme gibi nedenlerden dolayı göz yuvarlağında form/görünüş değişikliği oluşmaktadır. Yaşayan ya da yeni avlanmış su ürünlerinin göz yuvarlağı; dolgun, parlak görünümde olup konvekstir (dışa dönük). Göz yuvarlağının içindeki ışığı geçiren, saydam kısım berraktır. İris parlak renkte, pupillanın sınırları belirgin, göz merceği parlaktır. Ölümden hemen sonra vücudun korumasız tek yeri olan gözlerde, içten ve dıştan gelen etkilerle ürün kalite özelliklerini belirleyen değişimler meydana

gelmektedir. Bu da intraoküler (göz içi) basıncın düşmesine neden olmaktadır. Buna bağlı olarak göz yuvarlağı küçülür, kornea düzleşir, hatta içeri doğru çökerek konkavlaşmaktadır (iç bükey). Göz içi sıvısının geçirgenliğini kaybetmesi ile göz bulanıklaşır, iris kahverengiye dönüşür ve pupillanın hudutları belirginsizleşmektedir. Bu değişimlerle birlikte, göz sıvısının konsantrasyonu ve bu sıvının ışığı kırma özelliği de değişir. Kurumaya bağlı olarak, göz yuvarlağı ve çevresindeki dokulardan göz sıvısına geçen maddeler, burada çözünmüş maddelerin konsantrasyonunu arttırmakta, bu da optik kırılmanın artmasına neden olmaktadır (bu ayrıca fiziksel bir değişimdir). Organizmanın ölümünden sonra gözlerde oluşan değişimlerin derecesi geçen zamanla doğrusal ilişkilidir. Tazelik dercesine bağlı olarak gözlerde oluşan bu değişiklikler, göz içi sıvısının ışığı kırma özelliğinin (Refraktif İndeks-RI) ölçülmesi ile saptana bilmektedir.

Renk dönüşümü; Ölümden sonra pigment hücrelerinin içerdiği pigment maddelerinin oksidasyonu, ya da pigment hücrelerinin mekanik olarak zarar görmesi ile ortaya çıkabildiği gibi balık derisinin su kaybına bağlı kuruma ile de meydana gelebilmektedir.

Genel olarak renk dönüşümü; Balığın kendine özgü renginin matlaşması ile karakterize olup orijinal rengin yerini, yeni dikkat çekici mat renklerin oluşmasıyla tanımlanmaktadır.

Su ürünlerinin rengi, tazeliğin belirlenmesi açısından son derece önemlidir. Örneğin Somon balığının pigmentasyonu, tüketicinin ürünü beğenmesine yol açmakta ve balık daha yüksek fiyata satılabilmektedir. Salmonidlerin etine renk veren pigmentler karotenoidlerdir. Karotenoidler kültür alabalığının yeminde daha çok astaksantin ile kantaksantin şeklinde bulunmakta ve etin renginde değişikliğe sebep olmaktadır. Bundan başka paketlemenin de renk üzerinde etkili olduğu bilinmektedir. Ayrıca ölmüş balıkta kan akıtma işlemi yapılmazsa filetolarda pembemsi ve kan pıhtısı şeklinde renk değişimleride gözlemlene bilmektedir.



A **B** **C**

Fotoğraf 3.1. Alabalık solungaçlarında taze balıktan bozulmaya (A. Çok taze, B. Tüketilebilir ve C. Bozuk) doğru solungaç görünümleri.



Fotoğraf 3.2. Taze balıklardaki gözlerde görünüş.



Fotoğraf 3.3. Kalite kayıpları başlamış balıklarda gözlerdeki görünüş değişimleri.



Fotoğraf 3.4. Taze balıkta göz, omurga boyunca et, fileto et-karın bölgesi genel görünüşü.



Fotoğraf 3.5. Taze (üste) ve bozulma sürecindeki (altta) alabalığın dış görünüşü.

Farklı yöntemlerle işlenmiş ürünlerde ise yağ oksitlenmesine bağlı olarak sarımsı ve kirli sarımsı şeklinde renk değişiklikleri de karın ve yüzgeç bölgelerinde gözlenmektedir.

Bozulmuş eklembacaklılarda; Su ürünlerinin bü türlerinde bozulma belirtisi olarak dış görünüşlerinde normale nazaran renginde bir uçukluk ve solgunluk ile belirginleşmekte, karides gibi eklem bacaklı türlerinde enzimatik reaksiyonlara bağlı, avlanmadan belirli bir süre sonra herhangi bir koruyucu işlem uygulanmamış ise sefololatoraks bölgesinde esmerleşme veya kararma (melanosis veya blackspot) diye tanımlanan renk değişimi ortaya çıkmaktadır.



Fotoğraf 3.6. Eklem bacaklılardan karideslerde duyusal değişimler (üst resim taze ve alt resim bozulma sürecindeki karides).

3.1.3.1.2. Tekstür/Dokular da Meydana Gelen Değişimler

Mekanik etkiler karşısında balığın veya su ürünlerinin formunu koruyabilmesi **Doku/ Tekstür** terimi ile tanımlanmaktadır. Ölüm sertliğinin sona ermesinden ve kastaki yıkımlanma olaylarının başlaması ile balık elastikiyetini kaybetmektedir. Balık üzerine bastırıldığında eski formunu alamaz ve elle/istiflemeyle oluşan baskı izi kaybolmaz, bu aynı zamanda doku zedelenmesinin en tanımlanabilir özelliğidir. Doku üzerinde sadece balığın avlanma yaşı değil aynı zamanda avlanma sırasında ve sonrasındaki mekanik etkiler, avlanma zamanındaki yağ ve su miktarı da etkili olmaktadır.

Su ürünlerindeki depolama sırasındaki ilk duyusal değişiklikleri iç organlar ve dokuların durumu ile ilgili değişiklikler tüm depolama sürecinde gözlemlenmekle birlikte, karakteristik değişim ilk birkaç gün içinde oluşmaktadır. En dramatik değişiklik rigor mortisin başlangıcıdır. Bu süreçte yapılacak olan teknik hatalar geri dönüşümü olmayan duyusal değişimlerin sebebi veya tetikleyicisi olabilmektedir (Fotoğraf 3.7).

İç organları çıkarılmamış taze balıkta karın bölgesinin durumu mekanik etkinin belirtileri için fikir verebilirken, dokuda oluşan fazla zedelenme karın boşluğu bölgesinin gevşek ve sarkık görünümü ile belirginleşmektedir. Karın boşluğunun kokuşması, gaz oluşumu ile şişkinleşmesi ve karın duvarının yırtılması da söz konusu olmaktadır.

Taze deniz tekesi ve karides elle kontrol edildiğinde kuru ve gevşek oldukları görülmekte, bunlar bozulmayla birlikte ıslak, yapışkan bir görünüm almaktadır. Bozulmuş yengeçlerde ise kıskaçlarında ve kuyruğunda gevşeme, ıstakozlarda ise yine kuyruğunda gevşeme ve eğilip bükülmesi ile anlaşıla bilen dokusal bozulma değişimleri meydana gelmektedir.

3.1.3.1.3. Aromada/Tatta Meydana Gelen Değişimler

Su ürünlerinde (kasının) lezzet her tür için tipiktir. Ancak bu da avlanma yeri, beslenme koşulları, boyut, yaşa ve yağ miktarı gibi birçok faktöre bağlı olarak kendine has değişimler göstermektedir.

Deniz balıklarının derisi çok yoğun lezzet verici maddeleri içermekte, piperidin, piridin, N-aminopiperdin, aminovalerialdehit, glutamik asit, tat verici maddeleri olarak bilinmektedir. Bu maddelerin çok az miktarları serbest aminoasit ve aminlerle birleşerek taze balığın sahip olduğu hoş koku ve lezzeti oluşturabildiği gibi, bu maddelerin diğer maddelerle yaptığı bileşikler ve miktarları arasındaki oranın değişmesi ile arzu edilmeyen koku ve lezzet oluşmaktadır. Trimetilaminoksit' in yıkımlanmasında oluşan ilk yıkım ürünü Trimetilaminde (TMA) balığın koku ve lezzetinde sorumludur.



Fotoğraf 3.7. Rigor dönemi ani kasılma sonrası dondurma işlemine bağlı ilişkili doku açılmaları.

3.1.3.1.4. Kokuda Meydana Gelen Değişimler

Koku değişiminin meydana geldiği organlar, solungaçlar, karın boşluğu, deri ve kaslardır.

Solungaçlar, avlanma yerinin flora, fauna ve jeolojik formasyonuna göre değişik kokuda olabilmektedir (sazandaki toprak kokusu örneği gibi). Solungaçlar fazla miktarda mikroorganizma içerir ve solungaçları örten solungaç kapakları da hava dolaşımına fazla imkân vermediğinden ötürü, oldukça fazla miktarda koku değişimleri bu organda gözlemlenmektedir. Bu süreç "sokucu ve iğneleyici" solungaç kokusu denen değişimi oluşturmaktadır. Bunun yanında solungaçların renk kaybetmesi ve mukoz oluşumu da (sümüğümsü yapışkan) söz konusudur. İleri düzeyde bozulmada solungaçların bu iğneleyici kokusu, çürük yumurta kokusuna (H_2S) dönüşmektedir.



Fotoğraf 3.8. Levrek balığı solungaçlarında sümüğümsü yapışkan mukoz oluşumu.

İleri düzeyde bozulmaya bağlı olmayan kaslarda fark edilebilir en önemli koku değişimi buharda veya suda pişirmede belirginleşmektedir. Bu noktada hissedilebilir en önemli koku değişimi lahanamsı koku olup, koku, balıkların yediği, kabuklular, yumuşakçalar, fito ve zooplanktonlarla da ilgili olabilmektedir. Bozulmakta olan köpekbalığı ve vatozlarda bozulmanın başlangıcında fazla miktarda amonyak kokusu hissedilmektedir. Bozulmuş balığın tiksindirici kokusundan özellikle merkaptan ve isovaleryanik asit bileşikleri sorumludur.

Taze deniz tekesi ve karideslerin kendilerine özgü hoşa giden kokuları vardır. Özellikle karideslerde bozulmayla birlikte amonyak kokusu salgılamakta, yengeçlerin kuyrukları kaldırıldığında tiksindirici bir koku hissedilmektedir. Ayrıca Istakoz gibi kabukluların eti çıkarıldığında dikkati çeken bir koku ile belli olmaktadır.

Duyusal Yöntemlere Göre Balıkçılık/Hasat ile Elde Edilen Su Ürünlerinin Değerlendirilmesi

Bir ürünün kalite özelliklerini duyusal değerlendirmesi olarak adlandırılan nasıl göründüğü, kokusu, tadı, hissi vb. sensorik faktörler belirlerken aynı zamanda müşterinin ürünü satın alma kararını birinci derecede etkileyen ana unsurlardır.

Duyusal yöntemler, balık ve balık ürünlerinin tazeliğini derecelendirmenin ve değerlendirmenin en eski ve hala en tatmin edici yolu ve bilimsel tazelik değerlendirmelerinde en önemli yöntem gruplarından biridir. Duyusal değerlendirmenin hızlı, güvenilir ve yalnızca orta düzeyde eğitim ile çok az veya hiç ekipman gerektirmemesi nedeniyle birçok avantajı bulunmaktadır. Bozulma sırasında balığın görünümünde, kokusunda, dokusunda ve tadında karakteristik duyusal değişiklikler meydana gelmektedir. Avrupa'da bütün balığın tazelik kalite değerlendirmesi için en yaygın kullanılan yöntem, 2406/96 sayılı Konsey Tüzüğü'nde yayınlanan Avrupa Birliği (AB) belirli balıkçılık ürünleri için ortak pazarlama standartları hakkında tazelik derecelendirmeleridir. (Tablo 3.1-8). Bu değerlendirme türler arasındaki farklılıkları dikkate almaz, çünkü sadece balık grupları için genel parametreler kullanılmakta ve her tablo birkaç tür için geçerlidir. Bireysel derecelerin tanımının kesin, nesnel ve bağımsız olduğu, kalite indeks metodu (QIM) gibi alternatif duyusal yöntemler de önerilmektedir. Kalite İndeksi Metodu (QIM), birçok balık türü için hızlı olduğu kanıtlanmış deniz ürünlerinin tazeliğini ve kalitesini tahmin etmeye yönelik bir derecelendirme sistemidir. QIM şemaları şu anda taze ringa balığı ve morina, Atlantik uskumrusu, istavrit ve sardalya, kalkan, saithe balığı, dil balığı ve çipura dahil olmak üzere bir dizi balık türü için geliştirilmiştir. Kalite indeksi metodu, bozunma süreçleri sırasında her türde en belirgin şekilde değişen duyusal parametreleri ve nitelikleri değerlendirdiği için kullanımı tavsiye edilmektedir (Erkan & Özden, Gutted and un-gutted sea bass (Dicentrarchus labrax) stored in ice: Influence on fish quality and shelf-life, 2006).

Karaya çıkış noktaları ve pazar alanlarındaki avlanmış/hasat edilmiş balıkların duyusal değerlendirmesi, görünüm, doku ve koku değerlendirilerek yapılmaktadır. Balıkların duyusal özellikleri Tablo 3.1.' de listelenmiştir. Çoğu puanlama sistemi, eriyen buzda depolama/nakliye sırasında meydana gelen değişiklikleri belirlemeye yöneliktir. Unutulmamalıdır ki, depolama/nakliye yöntemine bağlı olarak karakteristik değişiklikler de değişebilmektedir. Buzsuz soğutulmuş (soğuk hava depolarında) durumda saklanan balığın görünümü buzlu balık kadar değişmez, ancak balık daha hızlı bozulur ve pişmiş lezzetin değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, karaya çıkarken balığın zaman/sıcaklık geçmişinin bilinmesi büyük önem taşımaktadır (Huss, Quality and quality changes in fresh fish, 1995).

Balıklarda ölüm sonrası karakteristik duyusal değişiklikler, balık türlerine ve depolama yöntemine bağlı olarak önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Tablo 3.1. 'de gösterildiği gibi balıkların kalite değerlendirmesi için kılavuzlarda Avrupa Birliği normları tarafından genel bir kritere bağlanmıştır. Önerilen ölçek, 3' ün en iyi kalite olduğu bir sistem olup, 0' dan 3'e kadar puanlama yapılarak tüm duyusal yönler bakımından değerlendirme yapılması gerekmektedir (Huss, Quality and quality changes in fresh fish, 1995). Ürünler A (2≥ Balık <2.7) ve B (1≥ Balık <2) kalite olarak iki gruba ayrılmaktadır. 1 puanın altındaki balıklar pazarda satışa sunulması uygun değildir (EEC 103/76, 1976).

EC 2406/96 sayılı Konsey Tüzüğü' ne göre türlere özgü değerlendirme aşağıda verilmiştir (EC 2406/96, 1996) (Tablo 3.2-7);

A. Beyaz Etli (Yağsız) Balıklardan: *Pollachius virens*, *Pollachius pollachius*, *Pleuronectes platessa*, *Melanogrammus aeglefinus*, *Gadus morhua*, *Sebastes* spp., *Merlangius merlangus, Molva spp.*, *Merluccius merluccius* (türleri), *Lepidorhombus* spp., *Brama* spp., Lophius spp., *Trisopterus luscus*, *Trisopterus minutus*, *Boops boops*, *Maena smaris*, *Conger conger*, *Trigla* spp., *Mugil* spp., *Lepidorhombus* spp., *Microstomus kitt*, *Solea* spp., *Limanda limanda*, *Platichthys flesus*, *Lepidopus caudatus* and *Aphanopus carbo*

B. Koyu Etli (Yağlı) Balıklardan: *Thunnus alalunga*, *Thunnus thynnus*, *Thunnus veya Parathunnus obesus*, *Micromestistius poutassou* veya *Gadus poutassou*, *Clupea harengus* (türleri), *Sardina pilchardus, Scomber scombrus* (türleri), *Engraulis* spp.

C. Kıkırdaklı Balıklar: Köpekbalığı (*Squalus acantbias* ve *Scyliorbinus* spp.) ve Raja türleri (*Raja* spp.)

D. Kafadan Bacaklılar: Mürekkep balıkları (*Sepia officiıualis* ve *Rossia macrosoma*)

E. Kabuklular: Karidesler (*Crangon crangon* ve *Pandalus borealis*) ve Norveç istakozu (*Nephrops norvegicus*)

Tablo 3.1. *Gadus morrhua, Pollachius virens, Melanogrammus aeglefinus, Merlangus merlangus, Pleuronectes platessa, Sebastes norvegicus, Scomber scombrus, Clupea harengus, Clupea pilchardus, Engraulis encrasicolus ve Merluccius* spp. balıkları için tazelik derecelendirmeleri (EEC 103/76, 1976)

Kriterler				
	Verilen Puan			
Kontrol edilen parametreler	**3**	**2**	**1**	**0**
Dış Görünüş				
Deri	Kuvvetli parlak renklerde, berrak mukoz sıvı mevcut, renk değişikliği yok	Kuvvetli fakat parlak olmayan renklerde, hafif bulanık mukoz sıvı mevcut	Mat renklerde, süt benzeri mukoz sıvı mevcut	Cansız soluk renklerde, bulanık mukoz sıvı mevcut[1]
Gözler	Kornea dış bükey, saydam, pupilla siyah parlak renkte	Kornea dış bükey ve hafifçe çöküк, hafif yanardöner renkte, pupilla siyah bulanık görünüşte	Kornea düz yanardöner renkte, pupilla bulanık görünüşte	Kornea ortası çökmüş süt benzeri görünüşte pupilla gri renkte[1]
Solungaçlar	Parlak kırmızı renkte mukoz sıvı mevcut değil	Solgun pembe renkte, az miktarda mukoz sıvı mevcut	Donuk pembe renkte berrak olmayan, mukoz sıvı mevcut	Kirli boz renkte, mukoz sıvı mevcut[1]
Et (Karın bölgesinden kesilmiş)	Mavimsi beyaz renkte renk değişikliği mevcut değil.	Bal mumu sarısı renkte	Hafif bulanık	Bulanık[1]
Omurga boyunca balık eti rengi	Renk değişikliği mevcut değil	Hafif pembe	Pembe	Kırmızı[1]
Organlar	Böbrekler, iç organlar ve aorttaki kan parlak kırmızı renkte	Böbrekler ve iç organlar mat kırmızı, kan donuk renkte	Böbrekler, iç organlar ve kan soluk kırmızı renkte	Böbrekler iç organlar ve kan kahverengimsi renkte [1]
Tekstür				
Et	Yüzeyi parlak, sert ve elastiki	Sertliği ve elastikiyeti azalmış	Yüzey sarımsı renkte cansız ve mat, hafifçe gevşemiş	Yüzeyi oldukça pürüzlü, gevşek ve pullar deriden kolayca ayrılabilir[1]
Omurga	Balık etine sıkıca tutunmuş ayrılacağı zaman kolayca kırılabilir	Balık etine sıkıca tutunmuş	Balık etinden ayrılabilir	Balık etinden kolayca ayrılabilir[1]
Periton	Sıkıca tutunmuş	Tutunmuş halde	Ayrılabilir halde	Kolaylıkla ayrılabilir halde[1]
Koku				
Solungaçlar, deri yüzeyi, karın boşluğu	Deniz yosunu	Deniz yosunu kokusu veya herhangi bir kötü koku yok	Hafif ekşi (hafif asidik)	Ekşi (asidik)[1]

[1] Veya daha ileri bir çürüme durumunda.

Tablo 3.2. Beyaz etli (yağsız) balıklar için AB taze balık duyusal şeması

Kriterler	Ekstra Kategori	A Kategori	B Kategori	Kabul Edilemez[1]
Deri	Parlak, yanardöner pigment veya yanar döner; Renk değişikliği yok	Pigmentasyon canlı ama parlak değil	Renksiz ve donuk pigmentasyon	Donuk pigmentasyon[2]
Deri mukus	Su şeffaflığında	Hafif bulanık	Sütümsü	Sarımsı gri, opak mukus[2]
Gözler	Dışbükey (konveks); Pupilla parlak siyah; Şeffaf kornea	Dışbükey ve hafif batık; Pupilla mat siyah; Hafifçe hareli kornea	Düz; Pupilla opak; Opak kornea	Merkezde içbükey (konkav; Pupilla gri; Sütümsü kornea[2]
Solungaçlar	Parlak renk; Mukus yok	Daha az renkli; Şeffaf mukus	Kahverengi/gri rengin solması; Kalın, opak mukus	Sarımsı; Sümüğümsü mukus[2]
Periton (Ayıklanmış balıkta)	Düz; Parlak; Etten ayırmak zor	Hafif mat; Etten ayrılabilir	Kabuklu; Etten kolayca uzaklaşır	Ette yapışmamış[2]
Solungaçların kokusu ve karın boşluğu (Pisi balığı dışındaki yağsız balıklar)	Deniz yosunu	Deniz yosunu kokusu yok; Nötür koku	Fermente olmuş; Hafif ekşi	Ekşi[2]
Solungaçların kokusu ve karın boşluğu (Pisi balığı)	Taze yağımsı; Biberimsi; Toprağımsı	Yağımsı, Deniz yosunumsu veya biraz tatlımsı	Yağımsı; Fermente olmuş; Bayat, biraz ekşi	Ekşi[2]
Et	Sıkı ve elastik; Düzgün yüzey	Daha az elastik	Biraz gevşek (sarkık), daha az elastik; Mumsu ve mat yüzey	Gevşek; Deriden kolayca ayrılan pullar, Yüzey oldukça buruşuk[2]
Fener Balığı için Özel Kriterler				
Kan damarları (Karın kaslarında)	Keskin şekilde belirgin ve canlı kırmızı	Keskin şekilde belirgin ve kanda koyulaşma	Hatlar kayboluş ve kahverengi	Tamamen dağınık kahverengi ve ette sararma[2]

[1] Bu sütun, yalnızca 91/493/EEC sayılı Konsey Direktifi uyarınca insan tüketimine uygun olmayan balıklar için kriterler belirleyen bir Komisyon Kararı alınana kadar geçerli olacaktır.
[2] Veya daha ileri bir bozulma durumunda.
[3] Rigor mortis başlangıcından önceki taze balıklar sıkı ve esnek olmayacak, ancak yine de Ekstra kategorisinde derecelendirilecektir.

Tablo 3.3. Koyu etli (yağlı) balıklar için AB taze balık duyusal şeması

Kriterler	Ekstra Kategori	A Kategori	B Kategori	Kabul Edilemez[1]
Deri[2]	Yoğun parlak, ışıltılı ve yanardöner renkler; Sırt ve karın bölgesi arasında belirgin fark	Işıldama ve parlaklık kaybı; Daha soluk renkler; Sırt ve karın bölgesi yüzeyleri arasında fark azalmış	Mat ve cansız, soluk renkler; Balık kıvrıldığında cilt kırışır	Çok mat renk; Deri kendi kendine etten ayrılır[3]
Deri mukus	Su şeffaflığında	Hafif bulanık	Sümüğümsü	Sarımsı gri, opak mukus[3]
Etin kıvamı	Çok sıkı, sert	Sıkı, hafif sert	Hafif yumuşak	Yumuşak (Gevşek)[3]
Solungaç kapakları	Gümüşi	Gümişi, hafif kırmızı veya kahverengi	Damarlardan kahverengimsi ve yoğun kan sızması	Sarımsı[3]
Gözler	Dışbükey, şişkin; Pupilla parlak mavi-siyah, şeffaf göz kapağı	Dışbükey ve hafif batık; Pupilla koyu; Kornea hafif hareli	Düz; Pupilla bulanık; Göz çevresinde kan sızıntısı	Merkezde içbükey; Pupilla gri; Sütümsü kornea[3]
Solungaçlar[2]	Tekdüze koyu kırmızıdan mora; Mukus yok	Daha az parlak renk; Kenarlarda daha soluk görünüm; Şeffaf mukus	Şişmiş, solmuş; Yapışkan mukus	Sarmsı; Sümüğümsü mukus[3]
Solungaçların kokusu	Taze deniz yosunu; Keskin; İyot	Deniz yosunu kokusu yok; Nötür koku	Yağlı, hafif kükürtlü ekşi/ bozulmuş veya çürük meyve kokusu	Kokuşmuş, ekşi[3]

[1] Bu sütun, yalnızca 91/493/EEC sayılı Konsey Direktifi uyarınca insan tüketimine uygun olmayan balıklar için kriterler belirleyen bir Komisyon Kararı alınana kadar geçerli olacaktır.
[2] 92/48/EEC Direktifinde belirtilen gerekliliklere uygun olarak, soğuk deniz suyunda (buzla soğutulmuş (CSW) veya mekanik yollarla soğutulmuş (RSW)) ringa ve uskumru için.) Ek II, madde 8, aşağıdaki tazelik kategorileri için geçerlidir: Ekstra ve A kategorileri
[3] Veya daha ileri bir bozulma durumunda.
[4] Buzlu balık bayatlamadan önce kokuşur, CSW/RSW balıkları bayatlamadan önce bayatlar.

Tablo 3.4. Kıkırdaklı balıklar için AB taze balık duyusal şeması				
Kriterler	**Ekstra Kategori**	**A Kategori**	**B Kategori**	**Kabul Edilemez[1]**
Gözler	Dışbükey, çok parlak ve yanardöner; Pupilla küçük	Dışbükey ve hafif sönük; Daha az parlak ve yanardönerlik; Pupilla oval	Düz; Mat	İçbükey ve sarımsı[2]
Dış görünüş	Rigor mortis te veya kısmen rigor olarak; Deride az miktarda berrak mukus bulunur	Rigordan çıkmış; Deri ve özellikle ağız ve solungaç açıklıklarında mukus yok	Ağız ve solungaç açıklıklarında biraz mukus; Çeneler hafifçe basık	Ağızda ve solungaç açıklıklarında büyük miktarlarda mukus[2]
Koku	Deniz yosunu kokusu	Kokusuz veya çok hafif bayatlama kokusu ama amonyak değil	Hafif amonyak; Ekşimsi	Keskin amonyak kokusu[2]
Kıkırdaklı Balıklar için Spesifik Ek Kriterler				
Deri	Yoğun, yanardöner ve parlak renk; Su berraklığında mukus	Yoğun renk; Su berraklığında mukus	Renk solması ve matlaşma; Bulanık mukus	Solmuş; Kırışmış cilt; Yapışkan mukus[2]
Etin Textürü	Sıkı ve elastik	Sıkı	Yumuşak	Gevşek[2]
Görünüş	Yüzgeçlerin kenarları yarı saydam ve kavisli	Sert yüzgeçler	Yumuşak	Sarkık[2]
Karın kısmı	Beyaz ve parlak yüzgeçlerde leylak rengi bir kenar	Beyaz ve parlak, sadece yüzgeçlerin kenarlarında kırmızı lekeler var	Beyaz ve mat, çok sayıda kırmızı veya sarı lekeli	Sarı veya yeşilimsi; Kas etinde de kırmızı lekeler[2]

[1] Bu sütun, yalnızca 91/493/EEC sayılı Konsey Direktifi uyarınca insan tüketimine uygun olmayan balıklar için kriterler belirleyen bir Komisyon Kararı alınana kadar geçerli olacaktır.
[3] Veya daha ileri bir bozulma durumunda.

Tablo 3.5. Kafadan bacaklılar için AB tazelik duyusal şeması			
Kriterler	**Ekstra Kategori**	**A Kategori**	**B Kategori**
Deri	Parlak renkler; Deri ete yapışık	Mat renkler; Deri ete yapışık	Renksiz; Deri etten kolayca ayrılır
Et	Çok sıkı; İnci beyazı	Sıkı; Kireç beyazı	Hafif yumuşak; Pembemsi beyaz veya hafif sararma
Tentaküller	Koparılmaya dirençli	Koparılmaya dirençli	Kolay koparıla bilir
Koku	Taze deniz yosunu	Hafif veya nötür koku	Mürtekkep kokusu

Tablo 3.6. Karidesler için AB tazelik duyusal şeması

Kriterler	Ekstra Kategori	A Kategori
Minimum gereksinimler	Kabuk yüzeyi: nemli ve parlak Karidesler bir kaptan diğerine aktarılırken ayrı olarak düşmeli Ette yabancı koku bulunmamalı Karidesler kum, mukus ve diğer yabancı cisimler olmamalı	Ekstra kategori ile aynı
Görünüşü: **1. Kabuklu Karides**	Küçük beyaz benekler ile kırmızımsı-pembe arası açık renkler; Kabuğun göğüs (pectoral) kısmı belirgin açık renkte	Beyaz benekli hafif soluk kırmızımsı-pembeden mavimsi-kırmızıya kadar değişen renklerde; Kabuğun pektoral kısmı açık renkli, griye doğru eğilim göstermekte
2. Derin su karidesi	Eşit dağılımlı pembe	Pembe ve kafa kısımlarında kararma başlangıcı
Kabuklu et durumu	Sadece teknik olarak kaçınılmaz olan et kayıpları ile kolayca kabuk ayrılmakta	Kabuklar daha zor bir şekilde, küçük et kayıpları ile ayrılmakta
Kabuğu soyulmuş et durumu	Sıkı ama sert değil	Daha az sıkı, hafifçe sert
Kopuk parça	Ara sıra karides parçalarına izin verilmekte	Düşük oranda karides parçalarına izin verilmekte
Koku	Taze deniz yosunu; Hafif tatlı koku	Ekşimsi; Deniz yosunu kokusu yok

Tablo 3.7. Norveç ıstakozu için AB tazelik duyusal şeması

Kriterler	Ekstra Kategori	A Kategori	B Kategori
Kabuk	Soluk pembe veya pembeden turuncu kırmızıya dönen renkte	Soluk pembe veya pembeden turuncu-kırmızıya dönen renkte; Siyah benekler yok	Hafif renk kaybı; Kabuk ve kuyruk segmentleri arasında kararma ve grimsi ren oluşumu
Göz ve Solungaçlar	Parlak siyah gözler; Pembe solungaçlar	Gözler mat ve gri/siyah; Grimsi solungaç	Solungaçlar koyu gri veya kabuğun sırt yüzeyinde biraz yeşilimsi renk
Koku	Karakteristik yumuşak deniz kabuklusu kokusu	Karakteristik yumuşak deniz kabuklusu kokusunda kayıp; Amonyak kokusu yok	Hafifçe ekşi
Et (Kuyruk)	Yarı şeffaf, beyaza doğru mavi renk	Yarı şeffaflık yok, ama renk kaybı yok	Opak ve mat görünüş

2012/73 nolu "Balıkçılık Ürünlerine Ait Duyusal Özellikler ve Toplam Uçucu Bazik Azot Limitleri Tebliği" Resmî Gazetede 21 Kasım 2012 tarihinde yayınlanarak balıkçılık ürünlerine ait tazelik kriterleri aşağıdaki Tablo 3.8. deki gibi belirlenmiştir (T.C Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2012).

Tablo 3.8. Balıkçılık ürünlerine ait tazelik kriterleri

1. Yumuşakçalar (Kafadan bacaklılar, karından bacaklılar) ve kabuklular		
1.1. Yumuşakçalar (Kafadan bacaklılar, karından bacaklılar) (Deniz salyangozu, ahtapot, mürekkep balığı, kalamar ve benzeri) (Taze ve soğutulmuş)		
Parametre	**Kabul edilebilir**	**Kabul edilemez**
Deri	Renk parlak veya mat Ete yapışık	Renksiz Etten kolaylıkla ayrılıyor
Et	Çok sıkı veya sıkı Beyaz, inci parlaklığında veya kireç beyazlığında	Hafif yumuşak Pembemsi beyaz veya hafif sarı
Bacaklar	Ayrılmaya dayanıklı veya direnç göstermekte	Daha kolay ayrılmakta
Koku	Deniz kokusu veya hiç koku yok	Deniz kokusunun kaybı, yoğun amonyak ve asidik koku
1.2. Kabuklular (Taze ve soğutulmuş)		
1.2.1. Karides ve kerevit		
Parametre	**Kabul edilebilir**	**Kabul edilemez**
Görünüm	Kabuk yüzeyi nemli ve ışıltılı Bir kaptan diğerine aktarılırken birbirlerine yapışmadan ayrı ayrı dökülmeli Kum, mukus ve diğer yabancı maddelerden ari olmalı Kuyruk kıvrık ve diriliğini korur şekilde, elle düzleştirilmek istendiğinde direnç göstermeli	Kabuk yüzeyi mat, soluk ve nemini kaybetmiş Birbirine yapışık Kum, mukus ve diğer yabancı maddeler mevcut Kuyruk elle rahatça düzleştirilebilir, diriliğini kaybetmiş ve yumuşamış
Görünüm **Kabuklu karidesler**	Açık kırmızımsı pembe renk veya hafif yıkanmış kırmızımsı pembeden mavimsi kırmızıya kadar olan aralıkta Kabuğun göğüs kısmı ağırlıklı olarak açık renkte veya griye doğru dönmekte	Renkte koyulaşma ve kırmızımtırak pembeden gri ve koyu siyaha doğru dönüşüm
Derin su karidesi/Büyük karides	Homojen bir biçimde pembe renkte veya kısmen koyu renklenmeye doğru değişim	Baştan kuyruğa kadar rengin kararması
Et **(Kabuğun soyulması sırasında ve soyulduktan sonra)**	Kabuklar sadece teknik olarak kaçınılmaz et kayıplarıyla kolaylıkla veya küçük et kayıplarıyla soyulabilme Sıkı ancak sert değil veya daha az sıkı ve hafif sert yapı	Kabuğun soyulması sırasında et kaybının fazlalığı ve soyulmanın zor olması Yumuşak ve sıkılığını kaybetme

Tablo 3.8. Devamı		
1.2. Kabuklular (Taze ve soğutulmuş)		
1.2.1. Karides ve kerevit		
Parametre	**Kabul edilebilir**	**Kabul edilemez**
Parçalar	Nadiren veya az miktarda karides parçaları kabul edilebilmekte	Yoğun parçalanmış karides parçaları ile birlikte olması
Koku	Deniz kokusu, hafif tatlı koku veya mayhoş koku	Tamamen deniz kokusunun kaybı, yoğun amonyak ve asidik koku
1.2.2. Yengeç, pavurya, ıstakoz ve benzeri		
Parametre	**Kabul edilebilir**	**Kabul edilemez**
Görünüm	Doğal görünümde	Doğal görünümü kaybolmuş, kabuk yüzeyinde matlaşma ve yeşilimsi renklenme
Kabuk	Soluk pembe veya pembeden portakal kırmızısına kadar değişen renkte, siyah leke yok	Renk kaybı Özellikle kabukta ve kuyruk segmentleri arasında grimsi renk ve siyah lekeler
Göz	Parlak siyah gözler	Mat ve gri/siyah gözler
Koku	Kabuklulara özgü koku veya bu kokunun kaybolması	Asidik koku ve amonyak kokusu
Et (Kuyruk)	Şeffaf ve beyaza çalan mavi renk veya şeffaf değil ancak renkte değişim yok	Etin görünümü donuk ve mat
2. Balıklar		
2.1. Balıklar (Taze ve soğutulmuş)		
Parametre	**Kabul edilebilir**	**Kabul edilemez**
Deri	Canlı ve parlak, renk kaybı yok Bazı türler için karın ile sırt arasında açık renk farkı veya daha az renk farkı	Renksizleşme Mat renk Derinin etten ayrılması Kolayca deriden ayrılan pullar (*)
Deri mukusu	Şeffaf, sulu veya hafif bulanık	Sütümsü mukus Donuk renkte, saydam değil
Gözler	Dışbükey, şeffaf kornea veya hafif çökmüş yansımalar gösteren saydam tabaka Siyah parlak gözbebeği veya solgun göz bebeği	Merkezde iç bükey (*) Sütümsü kornea Gri renkli göz bebeği
Solungaçlar	Parlak, kırmızı veya pembemsi renk ya da daha az renkli Mukus yok veya şeffaf mukus	Mat, kahverengi renkte Sütümsü mukus
Et (Karından kesit)	Mavimsi, yarı şeffaf, pürüzsüz, parlak veya kadifemsi alalı Orijinal renginde bir değişiklik yok veya hafif değişmiş	Saydam olmayan (*)

Tablo 3.8. Devamı

2. Balıklar		
2.1. Balıklar (Taze ve soğutulmuş)		
Parametre	**Kabul edilebilir**	**Kabul edilemez**
Omurga	Omurga boyunca renklenme yok veya hafif pembe Ayrılmadan kırılıyor veya ete yapışık	Kırmızı renkte (*) Etten kolayca ayrılır (*)
Organlar	Böbrekler, diğer organ kalıntıları ve aortun içindeki kan, parlak kırmızı veya donuk kırmızı olmalı	Böbrekler, diğer organ kalıntıları ve kan kahverengimsi (*)
Et	Sıkı ve esnek veya esneklikte azalma	Yumuşak (gevşek) (*)
Karın zarı (Periton)	Tamamen ete yapışık veya kısmen yapışık	Yapışık değil (*)
Koku (Solungaçlar, deri, karın boşluğu)	Deniz kokusu veya koku yok	Asidik koku Amonyak kokusu
2.2. Kıkırdaklı balıklar (Taze ve soğutulmuş)		
Parametre	**Kabul edilebilir**	**Kabul edilemez**
Gözler	Dışbükey, parlak ve ışıltılı veya hafif çökmüş ve ışıltı kaybolmuş Göz bebekleri küçük veya ovalleşmiş	İçbükey Sarımsı renkte
Görünüm	Ölüm sertliğinde veya ölüm sertliğine yakın sertlikte veya sertlik durumu azalmış Deride az miktarda açık renkte mukus mevcut ve özellikle ağız etrafında, solungaç açıklıklarında mukus yok	Ağız etrafında ve solungaç açıklıklarında mukus var
Koku	Deniz kokusu veya koku yok veya hafif koku ancak amonyak kokusu yok	Keskin amonyak kokusu
2.3. Yassı balıklar (Dil, pisi) (Taze ve soğutulmuş)		
Parametre	**Kabul edilebilir**	**Kabul edilemez**
Deri **Et**	Rengi canlı, parlak, ışıltılı Sulu mukus Yapısı sert veya elastiki	Renksizleşme Sütümsü mukus Gevşek ve yumuşak
Görünüm	Yüzgeç kenarları yuvarlaklaşmış Yarı saydam ve diriliğini kaybetmemiş	Gevşek ve yumuşak
Karın	Beyaz ve parlak renkte Yüzgeçler etrafında mor yansımalar veya sadece yüzgeçler etrafında kırmızı lekeler	Sarıdan yeşile dönmüş karın Ette kırmızı lekeler

(*) *Bozulmanın daha ileri aşamasında.*

Bazı su ürünleri türleri için tazelik görselleri aşağıdaki fotoğraflarda verilmiştir (Fotoğraflar Seyithan ER ve Prof. Dr. Özkan ÖZDEN'den derlenmiştir).






HAMSİ


LÜFER


MEZGİT


BERLAM


GELİNCİK


EŞKİNA


KIRLANGIÇ


BARBUN


ÖKSÜZ


ALTINBAŞ KEFAL


ZARGANA


FENER BALIĞI


İSKORPİT TÜRLERİNE ÖRNEK


İSKORPİT TÜRLERİNE ÖRNEK


İSKORPİT TÜRLERİNE ÖRNEK


İSKORPİT TÜRLERİNE ÖRNEK


KUPES


KIRMA MERCAN


DÜLGER


YAZILI ORKİNOS


YAZILI ORKİNOS


PALAMUT


ÇİPURA


DİL BALIĞI


YALANCI DİL BALIĞI


TATLI SULEVREĞİ


SAZAN


KIZILKANAT


İSTİRİDYE


DENİZ SALYANGOZU


KALAMAR


AHTAPOT TÜRLERİNE ÖRNEK


SÜBYE


KALAMAR TÜRLERİNE ÖRNEK


KARİDES TÜRLERİNE ÖRNEK


KARİDES TÜRLERİNE ÖRNEK


KARİDES TÜRLERİNE ÖRNEK


MANTİS KARİDESİ



Balıklardaki duyusal bozulma fazları (Huss, Quality and quality changes in fresh fish, 1995; Seafood ITO, 2000)**;**

Faz 1. Balıklar çok tazedir ve tatlı, yosunumsu ve hassas bir tada sahiptir. Tadı çok hafif metalik olabilmektedir. Birçok beyaz etli balıkta (ör. morina, mezgit ve pisi balığı gibi), yakalandıktan 2-3 gün sonra tatlı tat en üst düzeye çıkmaktadır.

Faz 2. Karakteristik koku ve tat kaybı vardır. Et nötr hale gelir ancak kötü tatlar yoktur. Doku hala iyidir.

Faz 3. Bozulma belirtisi vardır. Balık türüne ve bozulmanın şekline (aerobik, anaerobik) bağlı olarak çeşitli uçucu, hoş olmayan koku maddeleri oluşmaktadır. Bozulma belirtisi vardır, balık türüne ve bozulmanın şekline (mikrobiyolojik olarak aerobik, anaerobik) bağlı olarak çeşitli uçucu, hoş olmayan koku bileşenleri üretilmektedir. Uçucu bileşiklerden biri, trimetil-aminoksidin (TMAO) bakteriyel indirgenmesinden türetilen trimetilamin (TMA) oluşabilmekte, bu da karakteristik bir "balığımsı" koku oluşumundan sorumludur. Fazın başında, özellikle yağlı balıklarda, kötü tat, hafif ekşi, meyvemsi ve hafif acı olabilmektedir. İlerleyen evrelerde hoşa gitmeyen bir tatlımsı lahana benzeri, amonyak, çürük yumurta ve ekşimiş kokuları gelişim göstermektedir. Bu süreçte doku yumuşak, sulu veya sert ve kuru hale gele bilmektedir.

Faz 4. Balık bozuk ve kokuşmuş bir yapı almaktadır.

Midyelerde duyusal bozulma fazları (Seafood ITO, 2000);

Faz 1. Kabuklar sıkı kapalı ve hafif bir deniz suyu kokulu taze tipik tatta midye aroması ile doku yumuşak ve sulu haldedir.

Faz 2. Ölüm sonrası kabuklar aralıklı açık, deniz suyu ile temas ettiğinden (salamuralaşma) tipik lezzet kaybı oluşmaktadır. Çiğnemenin sonunda hoş olmayan bir tat hissi belirgindir.

Faz 3. Midyelerde ağır bir ekşi tat olumu meydana gelmekte, aşırı koku, yumuşak, yapışkan dokular ilerleyen süreçte doku sertleşmesi ve lastiğimsi yapı oluşmaktadır.

Faz 4. Midyelerde mide bulandırıcı bir koku ve sert kauçuksu bir doku gözlemlenmektedir.

Canlı ıstakoz türlerinde duyusal bozulma fazları (Seafood ITO, 2000);

Faz 1. Denizden taze, yürüyebilen, hareket kabiliyeti mevcuttur.

Faz 2. Yürüyemiyor ama bacak hareketi hala kuvvetli ve ara sıra kuyruk çırpmakta, bu hareketler faz iki sırasında yavaş yavaş azalma eğilimindedir.

Faz 3. Can çekişmesine bağlı bacak hareketi seğirme şeklinde ve git gide azalmakta, ayrıca kuyruğun zayıf hareketi vardır.

Faz 4. Ölüdür.

Istakoz, yengeç, kerevit, kara midye ve diğer tüm çift kabuklular genelde sudan çıktıktan sonra dahi canlılıklarını sürdüren canlılar olması sebebiyle satışları da canlı olarak yapılan, tüketiciler tarafından canlı alımı ya da işlenmiş olarak alımı tercih edilen ürünlerdir. Canlı ürünlerdeki duyusal parametreler oldukça basittir. Canlılıklarının belirlenmesine dayanır ve ölüm sonrası bu ürünler balıklara nazaran tazeliklerini daha hızlı kaybetmektedir.



Fotoğraf 3.9. Depurasyondaki canlı çift kabuklular.

3.1.3.2. Su Ürünlerinde Besin Bileşimleri (Gizli Ögeler)

Su Ürünleri kökenli gıdalar her ne kadar mükemmel bir protein kaynağı olmakla birlikte çok iyi de makro ve mikro besin kaynaklarıdır. Bu gıdalar tüketicilerin tüm makro ve mikro besin öğelerinin farklı seviyelerini farklı türler nezdinde (mevsim, yaşam alanı, yaş, cinsiyet, boyut, işleme, pişirme yöntemi vb. faktörlere göre değişken) karşılayabilmektedir.

Makro ve mikro besin bileşimleri aynı zamanda ürünün kalite kayıpları yönünden değişimlere de ne kadar hassas olduğunu veya hangi ürünlerin bozulma süreçlerindeki olası seyirleri ve risk değerlendirmenin yapılabilmesi açısından da büyük önem taşımaktadır. Örneğin yağ oranı yüksek balıklar oksidatif değişimlere karşı daha duyarlı iken su içeriği yüksek su ürünlerinde mikrobiyolojik gelişimler daha hızlı olmaktadır. Bu anlamda sadece beslenme yönünden değil besin bileşim düzeylerinin bilinmesi kalite korunumunun sağlanması veya hangi su ürünlerinin hangi işleme prosedürlerine tabii tutulması gerektiğinin kararları açısından da bir gerekliliktir.

Tablo 3.9. Yağlı ve yağsız balıkların kalori değerleri, vitamin ve mineral içerikleri (Varlık ve diğ. Su ürünleri besin bileşimi, 2011)

Besin maddeleri	**Yağlı balık**	**Yağsız balık**
Kalori (Kcal)	435-795	125-195
Vitamin A (IU)	3900-7500	30-150
Vitamin B_1 (mg)	0.15-0.40	0.2-0.3
Vitamin B_2 (mg)	0.20-0.80	0.2-0.5
Niasin (mg)	4.5-13.5	2.5-9
Vitamin C (mg)	-	6
Vitamin D (IU)	4500-14000	Eser miktarda
Sodyum (mg)	-	250-2000
Potasyum (mg)	-	940-1020
Kalsiyum (mg)	60 mg kadar	50-60
Magnezyum (mg)	-	65-85
Mangan (mg)	-	0.03-0.05
Demir (mg)	3-3.5	2.5-3
Bakır (mg)	-	0.5-0.7
Fosfor (mg)	630-660	560-640
Kükürt (mg)	-	600-720
Klor (mg)	-	260-3200
İyot (mg)	-	0.3-1.5

- Veri bulunamamıştır.

Tablo 3.10. Bazı su ürünlerindeki makro besin bileşenleri (g/100g) (Varlık ve diğ. Su ürünleri besin bileşimi, 2011)

Balık türü	Ham protein	Ham yağ	Ham kül
Yılan balığı (tatlı su)	12-14	24.5-27.5	1
Yılan balığı (deniz)	18-19	2-6	1
Sarıağız	19-22	0.1-0.4	1
Sivri burun karagöz	15.5-18.5	7-12	1.5
Tatlı su levreği	15-19	0.5-2.5	1.5
Alabalık	18-21	2-2.5	1.5
Turna balığı	18-19	0.5-1.5	1.5
Morina	16-18	0.1-0.4	1
Kalamar	15-20	1-2	2
Sazan	15-19	2-9	1.5
Yayın balığı	14-17	2-6	1
Karides	14-22	0.5-2	2
Istakoz	14-19	1-2	2
Böcek (*Palinurus elephas*)	14.4-16.5	0.5-1	2
Somon	18-21	5-20	1.5
Gelincik	18-20	0.3-1	1.5
Tirsi balığı	17-20	2-18	1.5
Atlantik uskumrusu	18.5-20	8-25	1.5
Melanur	19-21	1-1.3	1.5
İstiridye	6-10.5	1-2	2
Kara midyesi	8-12	1.2	2
Kum midyesi	14.5-16.5	0.1-0.3	1.5
Dil balığı	16-18	0.5-2	1.5
Kızılgöz	17.5-18.5	2-4	1.5
Levrek	15.5-19.5	2-10	1.5
Sardalya	17-19	4-15	1.5
Hamsi	17-21	4-8	1.5
Mezgit	17-19	0.1-0.3	1
Kadife balığı	15-19	0.5-2	1.5
Berlam	16-18	1-2	1
Deniz hıyarı	6	0.5	3
Çaça balığı	16-17	5-13	1.5
İstavrit	19-22	0.5-10	1.5
Mersin balığı	17-20	2-25	1.5
Orkinos balığı	18-27	4-15	1.5
Hani balığı	18-21	1.5-5	1.5
Sudak	18-22	0.3-1.5	1.5

Tablo 3.11. Günlük esansiyel aminoasit gereksinimi ve balık etinin bunu karşılama oranı (Varlık ve diğ. Su ürünleri besin bileşimi, 2011)

Aminoasitler	Günlük gereksinim (mg)	200 g balık filetosundaki miktar (mg)	Gereksinimi karşılama oranı (%)
Valin	1.6	2.0	125
Treonin	1.0	1.6	160
Löysin	2.2	2.8	125
İzolöysin	1.4	2.0	140
Lizin	1.6	3.2	200
Methiyonin	2.2	1.2	55
Fenilalanin	2.2	1.4	65
Triptofan	0.5	0.4	80

*Arjinin insanlar için esansiyel değildir.

Tablo 3.12. Farklı balık türlerinin toplam yağ, EPA ve DHA içeriği (g/100g) (FAO, 2010)

Türler	Toplam Yağ	EPA	DHA	EPA + DHA[a]
Somon, Atlantik, çiftlik	12.4	0.690	1.457	2.147
Hamsi, Avrupa, yağda konserve[b]	9.7	0.763	1.292	2.055
Ringa balığı, Atlantik, pişmiş	11.6	0.909	1.105	2.014
Somon, Atlantik, avcılık, pişmiş	8.1	0.411	1.429	1.840
Somon, Chinook, pişmiş	13.4	1.010	0.727	1.737
Ton balığı, Mavi yüzgeçli, taze, pişmiş	6.3	0.363	1.141	1.504
Sardalya, Pasifik, konserve[c]	10.5	0.532	0.865	1.397
Uskumru, Atlantik, pişmiş	17.8	0.504	0.699	1.203
Pisi Balığı, Grönland, pişmiş	17.7	0.674	0.504	1.178
Alabalık, gökkuşağı, çiftçilik, pişmiş	7.2	0.334	0.820	1.154
Alabalık, Gökkuşağı, avcılık, pişmiş	5.8	0.468	0.520	0.988
Kılıç balığı, pişmiş	5.1	0.138	0.681	0.819
Pisi Balığı, Atlantik ve Pasifik, pişmiş	2.9	0.091	0.374	0.465
Karides, karışık türler, pişmiş	1.1	0.171	0.144	0.315
Orfoz, karışık türler, pişmiş	1.3	0.035	0.213	0.248
Mezgit, pişmiş	0.9	0.076	0.162	0.238
Yayın balığı, Kanal, avcılık, pişmiş	2.9	0.100	0.137	0.237
Yayın balığı, Kanal, çiftlik, pişmiş	8.0	0.049	0.128	0.177
Morina, Atlantik, pişmiş	0.9	0.004	0.154	0.158

[a] En yüksekten en düşüğe doğru sıralanan EPA + DHA değeri
[b] Süzülmüş katılar
[c] Domates sosunda

Tablo 3.13. Farklı balık türlerindeki aminoasit miktarları (mg/100g toplam azot) (Varlık ve diğ. Su ürünleri besin bileşimi, 2011)

Aminoasitler	Balık türü								
	Köpek Balığı	Vatoz	Yılan Balığı	Ringa	Somon	Sazan	Uskumru	Yengeç	Yumuşakça
İzolöysin*	434	468	270	330	283	289	277	291	295
Löysin*	534	522	505	551	437	499	425	542	483
Lizin*	603	682	470	563	557	552	539	493	498
Methiyonin*	178	198	165	194	163	231	152	182	171
Sistin	57		69	76	63	77	68	79	99
Fenilalanin*	258	242	235	289	233	224	212	252	259
Tirozin	231	338	245	242	190	207	224	227	260
Treonin*	257	226	280	321	273	274	247	285	293
Triptofan*	70	86	63	-	-	-	-	-	-
Valin*	344	337	330	384	333	404	413	299	391
Arjinin*	430	491	355	396	353	405	318	518	470
Histidin*	138	120	130	192	190	163	312	117	149
Alanin	447	-	400	415	390	354	311	419	353
Aspartik asit	485	-	740	732	537	557	578	675	698
Glutamik asit	803	-	970	933	827	834	828	976	880
Glisin	297	-	365	332	363	309	228	408	323
Prolin	232	-	250	259	237	258	193	274	259
Serin	285	-	245	296	243	299	224	319	320
*Esansiyel aminoasitler									

Tablo 3.14. Balık etindeki protein olmayan azotlu maddelerin miktarları (mg/100g) (Varlık ve diğ. Su ürünleri besin bileşimi, 2011)

Protein Olmayan Azotlu Maddeler	mg/100g balık eti
Kreatin	63
Trimetilaminoksit (TMAO)*	55
Taurin	47
Purin Derivatları	31
Anserin	24
Serbest aminoasitler, Üre, Amonyak, Düşük değerli aminler ve henüz tanımlanmamış maddeler	12
*Sadece deniz balıkları ve deniz yengeçlerinde	

Tablo 3.15. Yağ miktarına göre balıkların sınıflandırılması (Varlık ve diğ. Su ürünleri besin bileşimi, 2011)

Sınıflandırma	Yağ miktarı (%)	Enerji miktarı (100 g/Kcal)	Toplam yağdan (%)
Yağsız	<4	>120	<33
Orta yağlı	4-8	120-160	33
Yağlı	8-15	160-330	50
Çok yağlı	>15	>230	>60

Tablo 3.16. Deniz balığının etindeki mineral madde miktarı (mg/100g ette) (Varlık ve diğ. Su ürünleri besin bileşimi, 2011)

Mineral Madde	Miktarları	Mineral Madde	Miktarları
Potasyum	300-350	**Demir**	0.4-1.0
Klor	60-200	**Çinko**	0.2-0.4
Fosfor	200-250	**Flor**	0.2-0.4
Sodyum	60-120	**Bakır**	0.02-0.04
Magnezyum	20-30	**İyot**	0.05-0.3
Kalsiyum	15-30	**Selenyum**	0.02-0.04

Tablo 3.17. Bazı balık türlerinde mineral madde miktarları (mg/100g ette) (Varlık ve diğ. Su ürünleri besin bileşimi, 2011)

Mineral madde	Morina	Mezgit	Uskumru	Ringa	Yılan balığı	Alabalık
Sodyum	72	116	95	117	65	40
Potasyum	365	301	396	360	217	465
Magnezyum	25	24	31	32	21	27
Kalsiyum	24	18	12	34	17	18
Mangan	0.13	0.02	0.04	-	0.07	0.03
Demir	0.44	0.61	1.0	1.1	0.6	1.0
Fosfor	184	176	244	250	223	242
Flor	0.2	0.2	0.34	0.35	0.16	-
Klor	97	-	170	170	52	-
Iyot	0.12	0.42	0.04	0.05	0.004	0.003

- veri bulunamamıştır

Tablo 3.18. Deniz Balıkları ve Kabuklu Su Ürünlerindeki Mikro Elementler (µg/g) (Varlık ve diğ. Su ürünleri besin bileşimi, 2011)

Mikro elementler	Morina türü balıklar	Yayın balığı	Istakoz	İstiridye
Vanadyum	0.6	0.1	2.9	0.1
Krom	0.1	0.1	0.1	0.1
Molibden	3.0	0.2	0.2	-
Mangan	0.2	0.4	1.5	3.3
Kobalt	0.3	0.8	1.5	0.2
Nikel	0	1.0	0.1	0.5
Bakır	2.6	1.7	20.4	79.3
Çinko	17	4.6	27.0	844
Kadmiyum	0.1	0	0.01	-
Cıva	0.2	0.2	0.2	0.1
Alüminyum	4.1	11.0	45.9	13.4
Kalay	1.4	0.9	1.2	0.1
Kurşun	0.5	0.4	1.6	24.9
Arsenik	2.3	2.5	12.8	9.1
Selenyum	0.7	0.7	0.7	0.7
Flor	3.8	0.4	-	1.1
İyot	1.5	0.4	1.0	0.6

Tablo 3.19. Bazı balık türlerindeki vitamin miktarları (µg/100g ette) (Varlık ve diğ. Su ürünleri besin bileşimi, 2011)

Vitaminler Balık	A	D	E	K_1	B_1	B_2	Niasin	B_6	Pantotenik asit	Biotin	Folik asit	B_{12}	C
Kalkan	31	15	850	-	65	70	1300	430	-	-	12	1	-
Morina	6.5	1.3	1000	-	55	46	2300	200	256	2.2	7.96	1.16	2000
Uskumru	100	4	1250	5	130	360	7500	630	460	4.3	1.2	9	0-800
Sardalya	20	10.8	-	-	20	250	9700	960	-	-	-	0.14	-
Mezgit	17	-	390	-	50	170	3100	-	221	2.5	8.9	0.7	-
Dil Balığı	0-6	-	-	-	210	220	4000	220	800	-	11	1.5	1500
Ton	450	4.5	-	-	160	160	8500	460	660	-	15.0	4.3	-
Yılan Balığı	980	20	-	-	180	320	2600	280	-	-	13	1	1800
Alabalık	32.1	-	1720	-	84	76	3410	-	1720	4.5	9.2	-	-
Sazan	44	-	-	-	68	53	1900	150	-	-	-	-	1000
Somon	41	16.3	2250	-	170	170	7500	980	1020	7.4	3.4	2.9	1000

- veri bulunamamıştır

3.1.3.3. Su Ürünlerinde Kantitatif Ögeler

Gıdalardaki kantitatif öğeleri ise net ağırlığı, süzme ağırlığı, karışımdaki madde (ingredient) oranı, verimi ve bunun gibi ölçülen özellikler olup, bunların bazılarının etiketler üzerinde belirtilmesi yasal bir zorunluluk olduğu gibi tüketicilerin kalite beklentilerinin karşılandığı spesifik özelliklerdir. Özellikle kutulanmış su ürünleri (kutu, kavanoz ve poşetli ürünler) analiz edileceğinde öncelikle tartılıp brüt ve net ağırlıkları saptanması gerekmektedir. Kutu ve kavanozların üzerine takribi net ağırlığın belirtilme zorunluluğu bulunmaktadır. Yapılan kantitatif ölçümler bize satılan ürünlerin etikette vaat edilen içerikler ve miktarlar bakımından doğruluğunu göstermektedir. Burada tüketicinin aldatılıp aldatılmadığını ortaya koymaktadır (Varlık ve diğ. 2007).

3.2. Su Ürünlerinde Bozulma

Gıdalar doğal şartlarda ki bozulma süreçlerine göre değerlendirildiğinde;

- Dayanıklı gıdalar (Şeker, un, baklagil,…)
- Yarı dayanıklı gıdalar (Patates, elma,…)
- Dayanıksız ve hassas gıdalar (Et, balık, kanatlı,…)

olarak sınıflandırılması gerekmektedir.

Su ürünlerinin (işlenmemiş) tüm çeşitleri "Dayanıksız ve Hassas Gıdalar" sınıflandırması içinde yer almaktadır (Varlık ve diğ. 2007). Besinlerin satış öncesi/koşullarındaki kalitesi ve raf ömrü proses öncesi ile depolama sırasındaki sıcaklık, bağıl nem, oksijen, ışık gibi faktörlerden doğrudan etkilene bilmektedir (Gökmen & Öztan, 1995). Özellikle su ürünlerinde balıkçılık ve hasat faaliyetleri öncesi-hasat süreci ile tesise aktarım süreçleri de kalite ve raf ömrünü etkileme bakımından büyük önem taşımaktadır.

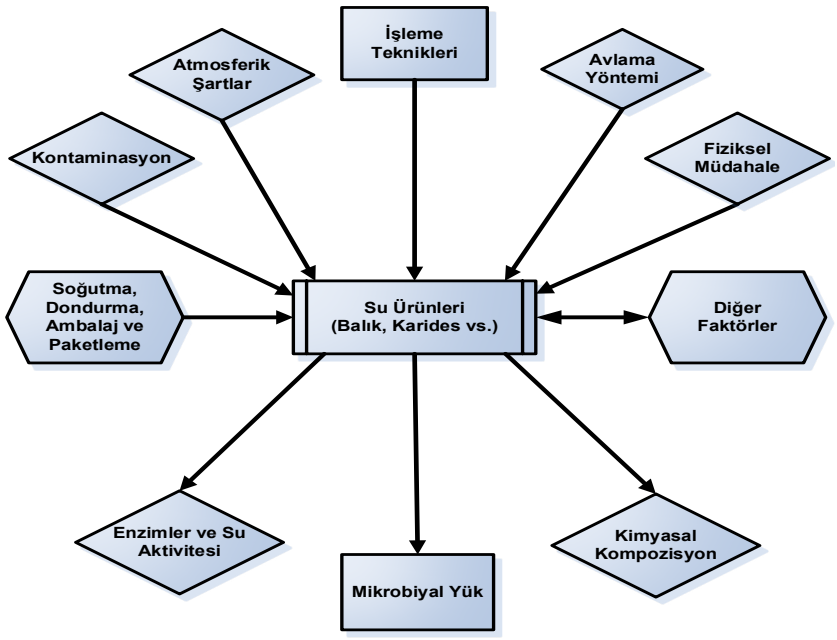
Genel olarak söylemek gerekirse duyusal, mikrobiyolojik, fiziksel ve kimyasal yöntemlerle saptanan bozulmaya bağlı kalite değişimlerine yol açan faktörler iki grup altında toplanmaktadır bilir (Varlık ve diğ. 2007);

1. Endojen faktörler
2. Eksojen faktörler

Aktivatör nitelikte olan bu faktörler ürüne etki ettiği zaman ürünlerde bozulma ve kalite kayıplarının oluşumunda temel unsurları oluşturmakta, gıda güvenliği ve kalite kayıpları yönünden tüketiciyi olumsuz etkileyebilmektedir (Şekil 3.2.) (Varlık ve diğ. 2007).

3.2.1. Endojen Faktörler

Tür, cinsiyet, boyut, kondisyon, kimyasal kompozisyon, su aktivitesi enzimler, mikroorganizma yükü, parazitler vb. faktörler bu kapsamda kalite ve raf ömrü üzerinde etkili olmaktadır. Bu faktörler inhibatör nitelikte (yukarıda saydığımız durumlar için yapılacak iyileştirici/engelleyici faaliyetler) olduğunda üretici lehine gerçekleşecek güven ve kazanç artışını etkileyebilmektedir (Şekil 3.2) (Varlık ve diğ. 2007).



Şekil 3.2. Su ürünlerinde bozulma süreci buna bağlı kalite kaybından sorumlu eksojen ve endojen faktörler (Varlık ve diğerleri 2007' den uyarlanmıştır).

Genel olarak, her balık türünde kimyasal (besin) kompozisyonunun değiştiği bilinen bir durumdur. Bu değişkenlikler hem endojen hem de eksojen faktörlerden etkilendiği de bilinmektedir. Bu anlamda su ürünlerinin besin kompozisyonu üzerinde sıcaklık, beslenme alışkanlığı, yaş ve mevsimsel değişkenlikler, türden türe değişiklik, kondisyon faktörü, büyüklük, cinsiyet durumu, mevsim, yoğun beslenme veya açlık, göç, yumurtlama, yem, olgunluk aşaması, kas konumu vb. çeşitli faktörlerin de belirgin bir etkisi olduğu yapılan araştırmalarla ortaya konmuştur. (Tablo 3.20 ve 21). Besin bileşimi analizlerinde anatomik örnekleme bölgesi de etkilidir. Boyun bölgesinden alınan numune ile aynı balığın gövde veya kuyruk bölgesinden numune sonuçları homojen değildir. Buna gövdedeki "**Kimyasal Heterojenlik"** denmektedir. Stansby (1962), somonun pembe kaslarını ense, orta ve kuyruk kısımlarından

örnekleri değerlendirmiş, enseden kuyruk bölgesine yaklaşık %75.0-%77.0 arasında nem miktarında önemli bir artış bildirirken, bunun aksine, yağ içeriği miktarında boyun kuyruğa doğru yaklaşık %4.8-%2.6 arasında bir düşüş kaydedilmiştir (Ahmed ve diğ. 2022).

Yukarıda belirtildiği gibi, farklı su ürünleri türlerinin kimyasal bileşimi, mevsimsel değişimlere, göç davranışlarına, cinsel olgunlaşmaya, beslenme döngülerine vb. faktörlere bağlı değişkenlik göstermektedir. Su ürünleri yetiştiriciliğinde yetiştirilen canlılar da kimyasal bileşimde değişiklik göstermekte, ancak bu durum birkaç faktörle kontrol altına alınabileceğinden, kimyasal bileşimi tahmin etmek daha kolaydır. Su ürünleri yetiştiricisi, bir dereceye kadar, yetiştirme koşullarını seçerek veya kontrol altında tutarak ürün bileşimi tasarlanabilmektedir. Yem kompozisyonu, çevre, balık boyutu ve genetik özellikler gibi faktörlerin hepsinin su ürünlerinin kompozisyonu ve kalitesi üzerinde önemli bir etkisi olduğu bildirilmiştir. Kimyasal bileşim üzerinde en belirgin etkiye sahip tek faktör, yem bileşimi olarak kabul edilmektedir. Su ürünleri yetiştiriciliğinde yem ana maliyet bileşeni olduğundan, balık yetiştiricisi balığın minimum miktarda yemle mümkün olduğunca hızlı büyümesini sağlamakla ilgilenmektedir. Balık, enerji amaçlı yüksek lipid içeriği ve iyi dengelenmiş bir amino asit bileşimi içeren yüksek miktarda protein içeren bir diyetle beslendiğinde büyüme potansiyeli yüksektir (Huss, Quality and quality changes in fresh fish, 1995).

Yağsız balıkları yağlı balık türlerinden ayırmanın olası bir diğer yöntemi de lipitleri sadece karaciğerde depolayan balıklar yağsız, diğer vücut dokularında dağılmış olan yağ hücrelerinde depolayan balıklara yağlı balık olarak sınıflandırılabilmektedir. Tipik yağsız türler morina, saithe, berlam vb. dipte yaşayan balıklardır. Yağlı türler, hamsi, çaça, ringa balığı, uskumru, orkinos vb. pelajik türleri kapsamaktadır. Bazı türler, lipitleri vücut dokularının yalnızca sınırlı kısımlarında veya tipik yağlı türlerden daha düşük miktarlarda depolarlar ve bu nedenle yarı yağlı türler olarak adlandırılmaktadır (örneğin, barakuda, kefal ve köpekbalığı). Bir balık ister yağsız ister yağlı olsun, gerçek yağ içeriği, ölüm sonrası süreçler yönünden önemli sonuçlar doğurmaktadır. Taze yağsız balıkta meydana gelen değişiklikler, protein fraksiyonundaki biyokimyasal reaksiyonlar ile tahmin edilebilirken, yağlı türlerde lipit fraksiyonlarındaki değişikliklerin bu sürece dahil edilmesi gerekmektedir. Bunun anlamı, lipid oksidasyonu nedeniyle depolama süresinin kısalması veya bunu önlemek için özel önlemlerin alınması gerektiğidir.

Balık kasındaki karbonhidrat içeriği çok düşüktür, genellikle %0.5'in altındadır. Bu, karbonhidratın glikojende ve nükleotitlerin kimyasal bileşenlerinin bir parçası olarak oluştuğu çizgili kas için tipiktir. İkincisi, ölüm sonrası otolitik değişikliklerin bir sonucu olarak serbest kalan ribozun kaynağıdır (Huss, Quality and quality changes in fresh fish, 1995).

Tablo 3.20. Balıkların besin kompozisyonu (%) (Belitz ve diğ. 2001)

Balık Türü	Su	Protein	Yağ	Mineralmadde	Yenilebilir Kısım
Tatlı Su Balıkları					
Yılan Balığı	61	15	26	1.0	70
Tatlı Su Levreği	80	18	0.8	1.3	38
Sudak	78	19	0.7	1.2	50
Sazan	75	19	4.8	1.3	55
Turna	80	18	0.9	1.1	55
Somon	66	20	14	1.0	64
Alabalık	78	19	2.7	1.2	50
Deniz Balıkları					
Morina	82	17	0.64	1.2	75
Kabuklu Deniz Ürünü	81	18	0.61	1.1	57
Gelincik Balığı	79	19	0.6	1.0	68
Berlam Balığı	79	17	2.5	1.1	58
Yaldızlı Pisi Balığı	79	17	1.9	1.4	56
Pisi Balığı	81	17	0.7	1.3	45
Dil Balığı	80	18	1.4	1.1	71
Atlantik Dil Balığı	75	19	1.7	1.3	80
Kalkan Balığı	80	17	1.7	0.7	46
Atlantik Ringası	63	17	18	1.3	67
Baltık Ringası	71	18	9	1.3	65
Sardalya	74	19	5	1.6	59
Uskumru	68	19	12	1.3	62
Orkinos	62	22	16	1.1	61

Tablo 3.21. Balıklar yağ ve protein içeriklerine göre beş tipe ayrılır (Ahmed ve diğ. 2022; Sikorski ve diğ. 1990)

Kategori	Tip	Yağ Miktarı	Protein Miktarı	Örnek Türler
A	Düşük yağ − Yüksek protein	<5%	15-20%	Morina, pisi balığı, kefal, yengeç, ıstakoz, tarak
B	Orta yağ − Yüksek protein	5-15%	15-20%	Hamsi, uskumru, lüfer
C	Yüksek yağ − Düşük protein	>15%	<15%	*Salvelinus namaycush*
D	Düşük yağ − Çok yüksek protein	< 5%	>20%	*Hippoglossus hippoglossus*, *Thunnus alalunga*
E	Düşük yağ − Düşük protein	<5%	<15%	Deniztarağı, istiridye

3.2.1.1 Bozulma Tipleri ve Hızını Etkileyen Faktörler

Su ürünlerinde bozulma (tazelik ve kalite kayıpları) üç temel mekanizmayla gerçekleşmektedir: **Fiziksel**, **biyokimyasal** ve **mikrobiyolojik** aktiviteler balıkçılık/hasat sonrası ürünlerde görünen **kimyasal ve anatomik** değişimleri yönetmektedir. Yapısal stabilitenin yıkımlanmasına bağlı görünüş, tekstür, tat ve koku da gıda güvenliği ve satın almayı olumsuz yönde etkileyen süreçler meydana gelmektedir. Bu sürecin temel etkenleri ve su ürünlerinin bozulma yönünden hassas gıdalar arasında yer almasına sebep olan biyolojik faktörler olarak aşağıda verilmiştir (Varlık ve diğ. 2007; Ghaly ve diğ. 2010; Gram & Huss, Microbiological spoilage of fish and fish products, 1996; Chéret ve diğ. 2006);

- Yüksek nem (%65-90) içeriği ve su aktivite (0.98-0.99 a_w) değeri
- Yüksek yağ içeriği (çoklu doymamış yağ asitlerini fazla miktarda içermesi)
- Yüksek pH (post mortem sonrası pH>6 olması)
- Yüksek protein içeriği (çok az karbonhidrat içeriği <0.5 buna bağlı laktik asit oluşumunun minimum seviyede gerçekleşmesi)
- Zayıf kas dokusu (bağdokunun azlığı ve etlerinin boşluklu bir yapıya sahip olması),
- Kontaminasyona açıklık (mikroorganizma kontaminasyonunun solungaç boşluğundan daha kolay gerçekleşmesi ve mide-bağırsak florasındaki patojen mikroorganizmaların ölüm sonrası ete geçişin süratli olması)

Taze su ürünlerinde bozulmanın ana nedeni, hoş olmayan ve kabul edilemez kötü tatlara sahip aminler, sülfürler, alkoller, aldehitler, ketonlar ve organik asitlerin oluşumuyla sonuçlanan mikrobiyal büyüme ve metabolik aktivitelerdir (Wang ve diğ. 2017).

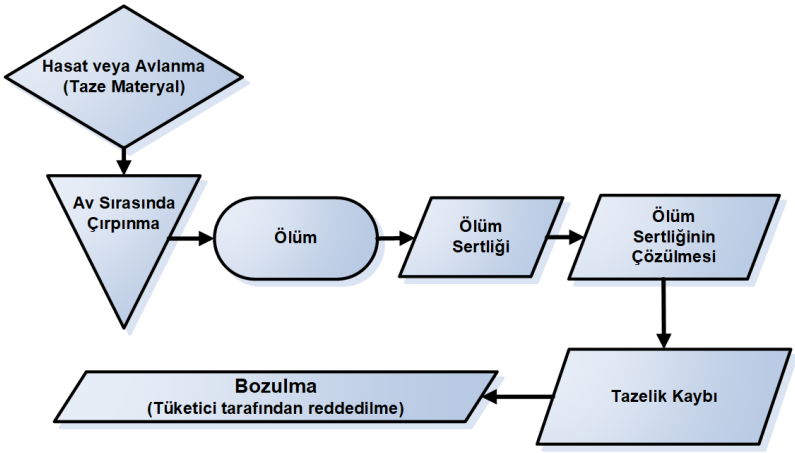
Dünyanın gıda arzının dörtte biri ve karaya çıkan balıkların %30'u yalnızca mikrobiyal aktivite yoluyla kaybedilmektedir (Ghaly ve diğ. 2010).

Su ürünlerinde bozulma modelleri ise başlangıçtaki bakteri florasına, taşıma/nakliye ve işleme sırasında edinilen floraya, balığın depolama ile işleme süreçlerinde maruz kaldığı koşullarla birlikte hammaddenin kimyasal bileşimine bağlı değişkenlikler göstermektedir (Suriasih, 2004). Ayrıca yeni ve yenilikçi teknolojiler, hem ürün kalitelerini iyileştirmiş hem de hasat edildiği andan tüketicinin gıda olarak tüketeceği ana kadar başlangıç özelliklerini korumaktadır. Kalite garantisini kontrol edebilecek ve belgelendirebilecek ilkeleri oluşturmak için de birçok ülke tarafından su ürünleri ile ilgili düzenlemelerle tazelik ve kalite kriterleri belirlenmiştir. Tüketici açısından bakıldığında ise lezzet su ürünlerinin tazeliği ile doğru oran-

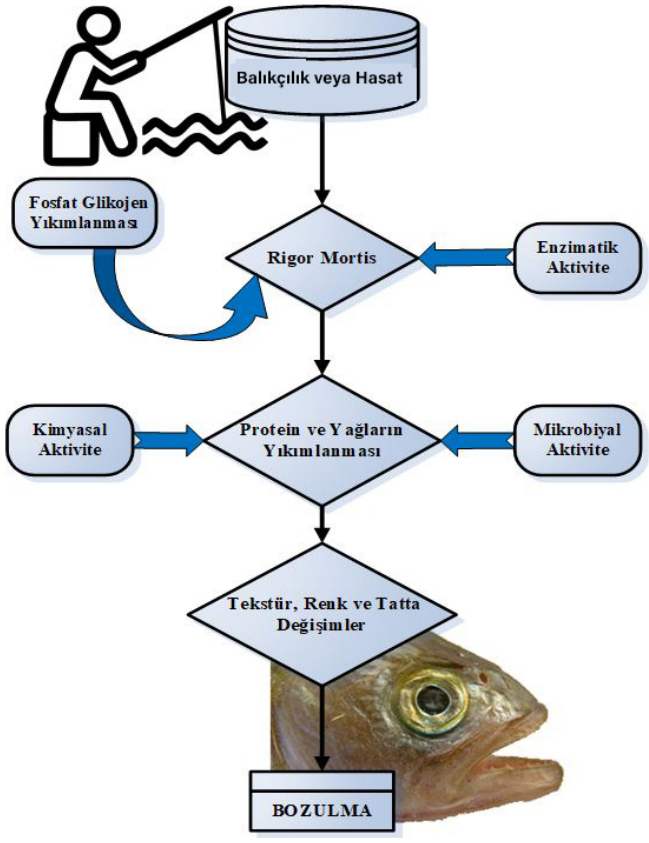
tılı olan en önemli unsur ve dolayısıyla en çok ihtiyaç önemsenen özelliklerindendir. Tadın balığın tazeliği ile ilgili ilişkisi, taze hasat edilmiş balığın üzerinden depolama sürecindeki günlere bağlı koku oluşumunda **biyokimyasal** (**enzimatik), mikrobiyolojik** aktivitelerle ilişkili oluşan **kimyasal** yapılardan uçucu bileşiklerin ve çiğneme sırasında dokudaki değişimin çoğu insan tarafından daha az tercih edilmesine sebep olmaktadır (Prabhakar ve diğ. 2020).

Su ürünlerinde balıkçılık/hasat sonrası kaliteyi ve kalite değişimlerini etkileyen en önemli faktör ölüm sertliği (rigor mortis) dönemiyle ilişkili olarak gelişim göstermektedir. Avlanmadan veya hasattan hemen sonra meydana gelen ilk post mortal değişimi bu dönem oluşturmaktadır. Mikrobiyolojik ve kimyasal bozulma süreçleri bu rigor döneminin sonlanmasıyla değerlendirmeye alınmaktadır.

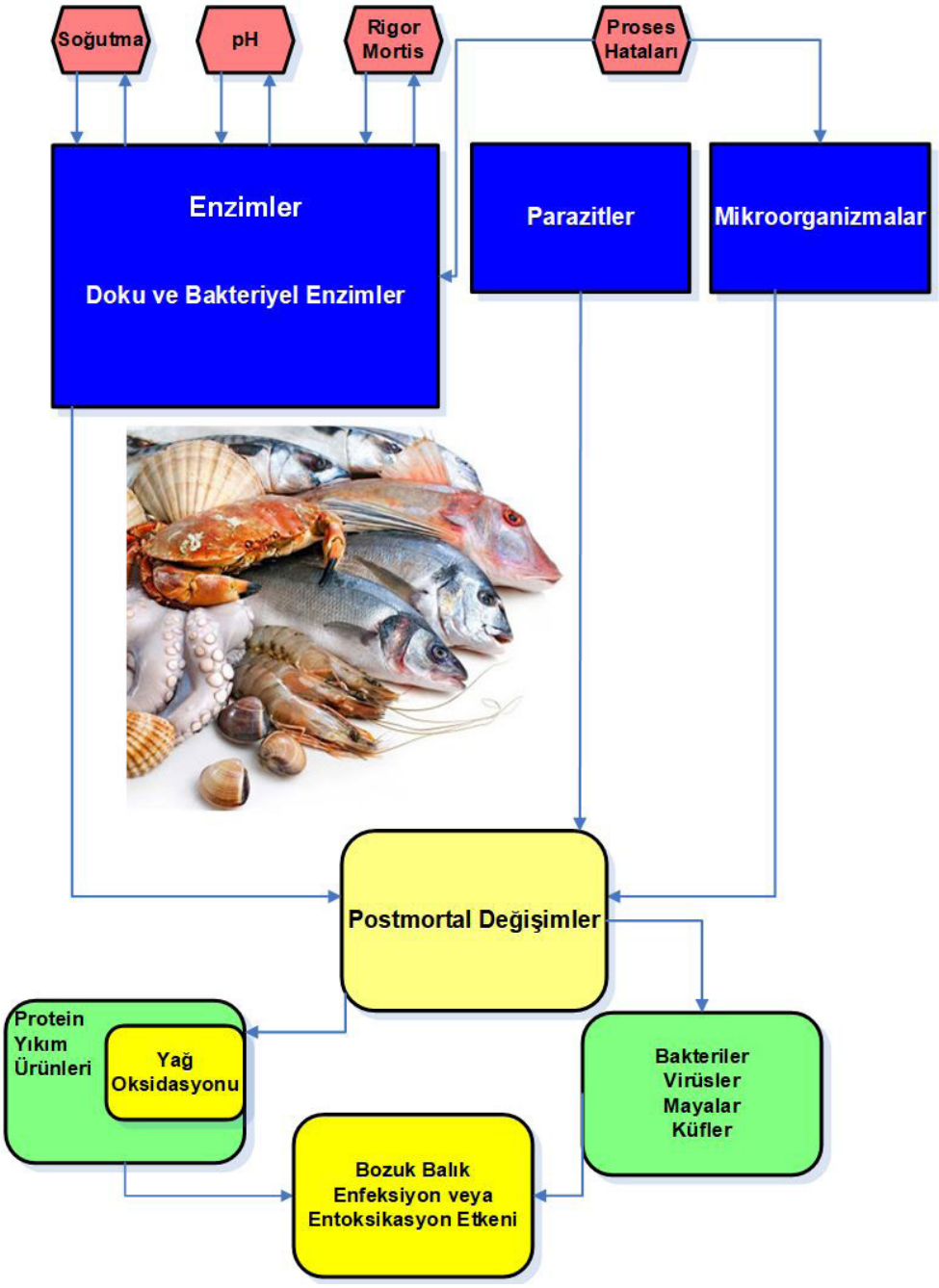
Ölümle birlikte metabolizma faaliyetleri bir müddet daha devam etmekte, ölümün ilk safhalarında kan dolaşımı durmakta bu nedenle hücrelere O_2, besin bileşimlerinin taşınması ve hücrede oluşan metabolik atıkların uzaklaştırılması söz konusu olamamaktadır. Balıklarda ölüm sonrası gelişen ilk görünür değişim ölüm sertliğidir (rigor "**sertlik**" mortis "**ölüm**"). Bu dönem omurgasız ve kabuklu canlılarda ihmal edilebilir bir evre olarak gelişmektedir. Post mortal sürecin ve rigora girişin ana noktasını enerjice zengin fosfat ve glikojen yıkımlanması oluşturmaktadır. Solunumun durması ve kasların oksijensiz kalması ile birlikte aerobik yoldan sağlanamayan enerji metabolizması anaerobik yola dönüşmekte ve laktik asit oluşumunu tetiklemektedir. Anerobik koşullarda enerji rezervi olarak glikojen glikoliz yoluyla laktik asid parçalanırken kasın pH'ı düşmektedir. Bu değişim teleostei türlerinde 5.4-6.5 arasında değişkenlik göstermektedir. Ayrıca hücreden dışarı atılamayan CO_2 hücre içinde su ile reaksiyona girerek karbonik asid dönüşmekte bu yolla da pH düşüşü üzerinde eksra bir etki söz konusu olmaktadır. Ölümden sonraki süreçte kaslardaki madde değişimi için kullanılacak enerji glikojen ve fosfatlarca sağlanmaktadır. Ölümden hemen sonra ATP' ten defosforilizasyon ile ADP oluşmakta ve bu sırada enerji serbest kalmaktadır. ADP' nin bir miktarı kastaki glikojenin glikolizi ile ATP'ye geri sentez edilebilse de ölümden sonra ATP ve glikojen miktarı hızla azalmaktadır (Huss, Quality and quality changes in fresh fish, 1995).



Şekil 3.3. Bozulma süreci ve basamakları (Varlık ve diğ. 2007' nden modifiye) (1).

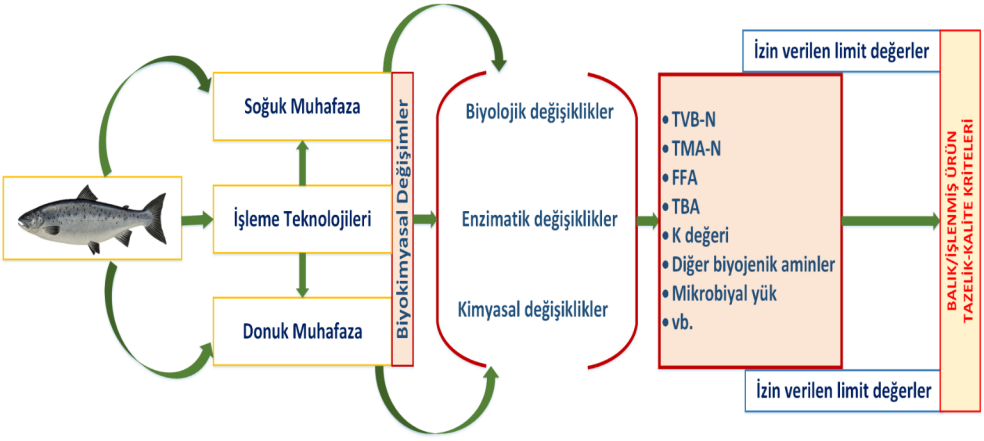


Şekil 3.4. Bozulma süreci ve basamakları (Varlık ve diğ. 2007' nden modifiye) (2).



Şekil 3.5. Su ürünlerinde kalite ve kalite kaybını etkileyen faktörler (Varlık ve diğ. 2007' nden uyarlanmıştır).

Yaşayan ve yeni ölüm gerçekleşmiş kaslardaki ATP kas protein fraksiyonu olan miyozin ile bağlı durumdadır, bu durumda kaslar yumuşak ve elastikidir. Ölümle birlikte mevcut ATP defosforilizasyon mekanizmasıyla ile ADP üzerinden AMP ve IMP' ye kadar parçalanmaktadır. Glikojenin glikolizi yoluyla oluşan yıkımlanma ürünleri fosfatlara enerji takviyesini oluşturmaktadır. ATP miktarı azalıp miyozin bağlayacak ATP kalmayınca miyozin bir başka kas proteini olan aktine bağlanarak aktomiyozin oluşumuyla kasların kasılarak sertleşmesine sebep olmaktadır. Bu olaya **rigor mortis** denmekte, ölümden sonra kasların belirli süreler nezdinde (birçok faktöre bağlı değişken) kasılması rigor mortistir. Ölüm sonrası **Rigor** safhası kasların esnekliğini kaybetmesi ve sertleşmesine neden olmaktadır. Rigor mortis her canlıda görülmekte, ölümden hemen sonra kaslar kasılmamış formdadır, bu duruma ise **prerigor** (rigor öncesi) denmektedir. Rigor bitiminde ise kaslar esnek ve gevşek ilk hallerine geri dönmekte, bu duruma **post rigor** denmektedir.



Şekil 3.6. Bozulma (tazelik ve kalite değişimleri) nın su ürünlerinde identifikasyonu (Prabhakar ve diğ. 2020' nden uyarlanmıştır).

Ölüm sertliği, düz ve enine çizgili kasların konstraksiyone (kasılması) olması ile tüm balık vücudunu kaplamaktadır. Ölüm sertliği, alt çeneden başlar solungaç kapaklarına doğru ilerlemekte ve daha sonra kuyruk sonuna kadar tüm vücudu kaplamaktadır. En son yüzgeç kasları kasılmakta, ölüm sertliğinin çözülmesi de yine aynı yolu izlemektedir. Balığın rigor mortiste olduğu süre ne kadar uzun olursa balık o kadar geç bozulma sürecine girmektedir. Rigorun sürecini birçok biyolojik ve teknik faktör etkilemektedir. Su ürünlerinin cinsi/türü, stres, biyolojik faktörler (erişkinlik durumu, üreme dönemi vb.), beslenme durumu, balıkçılık türü/şekli, hasat, öldürme metodu, balığın fiziksel durumu, sıcaklık, ölümden sonra uygulanan işlemler (istifleme, ayıklama, kesme vb.) vb.

Stres: Çok yabancı gibi gözükse de stres bozulmayı etkileyen önemli bir faktördür. Stres hızlı rigor mortise ve enzim aktivitesine neden olmaktadır. Bu bahsedilen durumlar söz konusu olduğunda kalite kaybı artmaktadır. Avdan önce strese girmiş veya yorgun düşmüş balık rigor mortis boyunca düşük seviyedeki enerji rezervini çok çabuk tüketecektir. Avlama yönteminden veya yumurtlama döneminden hemen sonra da balıklarda enerji seviyesi düşüktür, stres söz konusu olabilmektedir. Kabuklu deniz canlıları kabaca işlenip, uzun süre güneş altında tutulduğu zaman kalite kaybına uğramakta, kabuklunun cinsine bağlı olarak bu tip bir stres çok farklı kalite kayıpları ile sonuçlanabilmektedir. Depolama süresince canlı kalan kabuklularda tat kaybı oluşmaktadır. Buradaki etken doğal habitatlarından uzak olmalarından kaynaklanan bir strestir. Kabuklu su ürünleri bir kez su dışına çıkarıldığında beslenme için uygun gıda bulamaz ve yaşamak için enerji rezervlerini hızla tüketir. Kabuklu su ürünlerinden ıstakozlarda stres sudan alındıklarında meydana gelmekte, sudan çıkar çıkmaz, acı ile stres atağı oluşmakta, anten veya bacaklarında bir kırılma söz konusu ise meydan gelecek yaralanma-kanama mevcut stresi daha da artırmaktadır. Rüzgar ve direk güneş ışığı da stersi etkileyen faktörler arasındadır. Bu etkenlerden dolayı ıstakoz canlılığını kaybeder ve zayıf düşmekte, bu tip ürünlerde stresi azaltmak için dikkatli taşımak çok önemlidir. Özellikle soğuk ve nemli tutulmalı, güneş, rüzgâr ve tatlı sudan korunmalıdır.

Fiziksel koşullar; Yumurtlama dönemi ve yetersiz beslenme koşulları balığın enerji seviyesini düşürmekte ve güçsüzleştirmektedir. Benzer şekilde, balık yakalandığı sırada ağ içindeki çırpınma süreci balıkta stres oluşturmakta ve enerji seviyesi ise düşmektedir. Bu durum rigor süresini kısaltır. Balığın yakalandıktan sonra hızlı öldürülmesindeki amaç enerjinin mümkün olduğunca harcanmaması ve rigor mortis periyodunun uzatılmasıdır.

Balığın boyutu; rigordaki önemli faktörlerden biridir. Küçük balıklarda rigor mortis süresi kısa, büyük balıklarda uzundur.

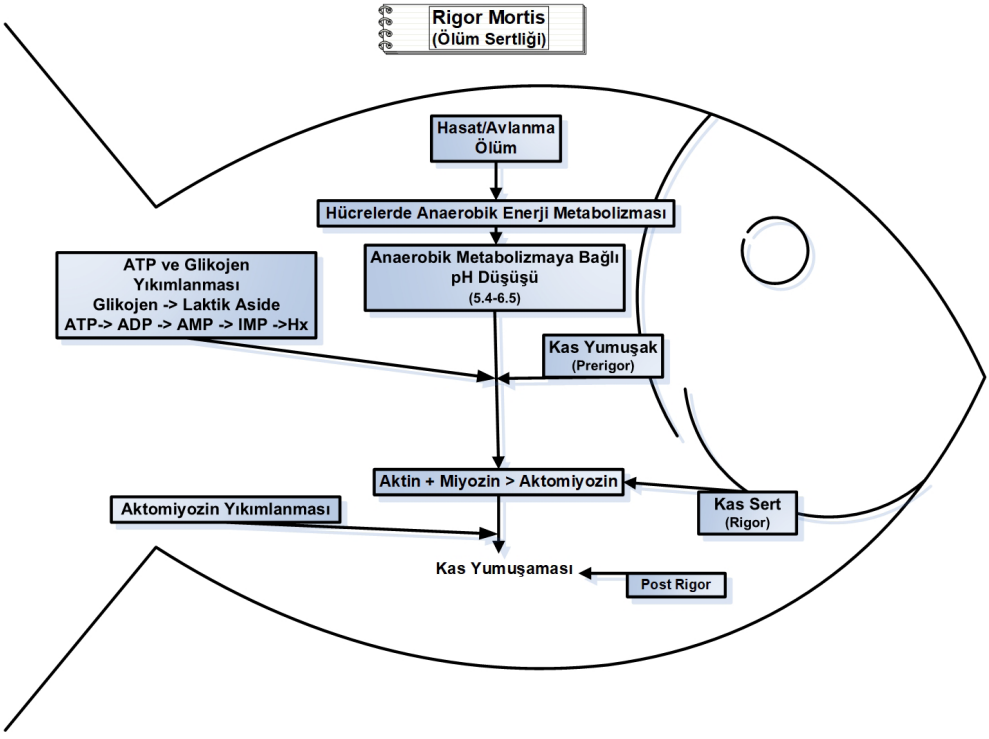
Elle muamele; Balık yakalandıktan sonra dikkatli bir şekilde elle muamele edilmezse rigorda geçen süre daha kısa olmaktadır. Kaba muamele etin zarar görmesine neden olduğundan düşük kaliteyi beraberinde getirmektedir.

Rigor mortis evresinde kaslar kasılmış, balık sertleşmiş ve bükülmez hale gelmiştir. Bu durumdaki bir balığın, daha düşük kalitede bir ürünle sonuçlanmadan işlenmesi zordur. Buda, prerigor periyodunun mümkün olduğunca uzun olması tercih edilmektedir.

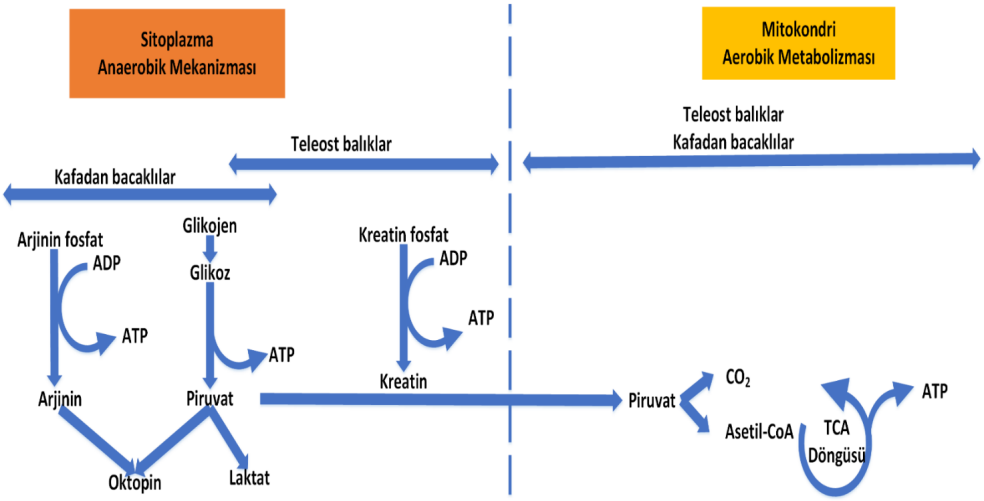
Rigor süreci balıklarda balıkçılık/hasat öncesi/sürecindeki aç kalmaya, glikojen rezervlerinin tükenmesine veya balıkların stres durumuna bağlı ölümden kısa bir süre sonra başlamasına sebep olmaktadır. Balığın enerji sarfiyatının minimize etmek yönünde hızla öldürülmesi için

kullanılan yöntemler aynı zamanda ölüm sonrası rigorun başlangıç süresini de etkilemektedir. Rigor mortis gerçekleşmeden işleme teknolojileri açısından balıkların rigor öncesinde fileto edilmesi büyük önem taşmakta, rigor sürecinde balık gövdesi tamamen sert olacağından; fileto verimi çok düşük olacaktır ve sert müdahaleler sebebiyle kaslar arasında yırtıklar ile boşluklar oluşabilmektedir. Filetoların prerigor dönemindeki balıklardan çıkarılması kasların işleme sonrası kasılmasına sebep olacağından ürün raf ömrü ve kalitesinde de belirgin iyileşme sağlayacaktır (Huss, Quality and quality changes in fresh fish, 1995).

Rigor mortis yavaş geliştiği zaman, kas kasılmaları hafif olmakta ve fileto formunu kaybetmemektedir. Rigor sürecine ölüm sonrası su ürünlerinde hızla girilmesi kaslar gerçekleşen kasılmaları daha kuvvetli kılmakta bu da bağ dokuların ayrılarak et dokusunda parçalar halinde yırtıkların oluşmasına neden olmaktadır. Bu yırtılmalar rigordan sonra oluşacak otoliz ve bakteriyel bozulmayı hızlandırıcı bir faktör olduğundan ürünün raf ömrünü kısaltmaktadır.



Şekil 3.7. Su ürünlerinde Rigor Mortis (Varlık ve diğ. 2007).



TCA: Trikarboksilikasit

Şekil 3.8. Kafadanbacaklılarda ve balık kasında glikojenin aerobik ve anaerobik parçalanması (Huss, 1995 den uyarlanmıştır).





Fotoğraf 3.10. Rigor döneminde Levrek (*Dicentrarchus labrax*) ve Palamut balığı (*Sarda sarda*) (kuyruk bölgesi dahil tüm gövde kasılmış).

Rigorda kalma süresi ne kadar uzun olursa raf ömrü de o kadar uzun olmakta, rigor mortis gibi bir bozulma faktörü kabuklu ve eklem bacaklılardan (Crustacea) ziyade balıkların kalitesini etkilemektedir. Kabuklular örneğin midye, istiridye ve taraklar çok küçük kaslara sahiptir bu da rigorun kalite üzerine etkisini ve bunu bizim kontrol etme olanağımızı minimum seviyeye indirgemektedir. Bu yüzden kabuklu su ürünlerinde rigor mortis bozulma faktörü olarak dikkate alınmamaktadır. Crustacea' lardan kaya istakozunda daha belirgin bir rigor görülse de bu durum ürün kalitesini çok etkilememektedir. Istakoz ölümden hemen sonra pişirilmekte ve kuyruk kaslarındaki bağ dokusu çok güçlü olduğundan ayrılma olmamaktadır.

Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi, balıkları öldürmek için kullanılan yöntemleri iki ana grupta sınıflandırmıştır (EFSA, 2004):

1. **Sersemletme/Öldürme:** Vurmalı sersemletme/öldürme ve elektrikle sersemletme/öldürme gibi bazı yöntemler uygulama parametrelerine bağlı olarak birincil sersemletme ardından öldürme yöntemi olabileceği unutulmamalıdır. Genel kullanım ise pratik uygulamada hemen hemen her zaman bir öldürme yöntemidir. Vurmalı sersemletme, somon endüstrisinde halibut (halibut, sağ gözlü pisi balığı ailesinin *Hippoglossus* ve *Reinhardtius* cinslerindeki üç yassı balık türü ve bazı bölgelerde daha az yaygın olarak diğer büyük yassı balık türleri için İngilizce de kullanılan isim olup, Türkçe karşılığı yoktur) balığı yetiştiricileri ve olta balıkçıları tarafından öldürme amaçlı yaygın olarak kullanılmaktadır. Balıklar sudan çıkarılır çıkarılmaz zapt edilmekte ve balığın öldüğü varsayılana kadar bir sopa veya çekiçle öldürme için gereken darbe enerjisi, (düz bir çekiç yuvarlak veya koni başlı bir çekiçten daha kullanışlıdır) beynin üst kısmına tek bir darbe veya tekrarlanan (mekanik otomatize versiyonları yetiştiricilik sektöründe Norveç' te kullanılmakta) darbeler şeklinde uygulanmaktadır. Tipik olarak, balıklar, darbe uygulanmadan önce tutuldukları ve konumlandırıldıkları sırada 5 ila 10 saniye suyun dışında kalmaktadır. Ayrıca orkinos balıkları gibi bazı balıkların besicilik sonrası hasat aşamasında ateşli aparatlar ve elektrikli zıpkınlar gibi hızla ölümü gerçekleştirecek ekipmanlar (kafa kısımlarından beyin bölgesine ateşlenmek suretiyle) ile sudan çıkarılmadan önce öldürülmektedir. Alternatif diğer öldürme yöntemlerinde ise hidrolitik şoklama (basınç oluşturan patlayıcılar) ve hipoksik su banyoları (özellikle inert gazların kullanımıyla ortamdaki oksijenin giderimiyle) kullanılabilmektedir.
2. **Sersemletmeden/bayıltmadan öldürme teknikleri:** Karbondioksit narkozu, boğma (su dışına alınarak), buzda asfiksi/termal şok, kuru tuz veya amonyak banyosu, kanama/kansızlık, elektro-hareketsizleştirme/elektrostimülasyon/elektrik şoklarıyla fiziksel yorgunluk ve kafa kesme uygulanabilmektedir.

Balıklarda ağrı algısı üzerine yapılan son çalışmalar, memeliler ve kuşlar da dahil olmak üzere diğer omurgalılarda olduğu gibi ağrı algılama mekanizmalarına sahip olduklarını

göstermiştir. Gıda olarak tüketime alınan su ürünleri de diğer karasal canlılarla aynı refah düzeylerine sahip olmalıdır. Bu nedenle Human Slaughter Association, aşağıdaki yöntemlerden herhangi birinin kullanılmasını önermemektedir (Humane Slaughter Association, 2022):

- Buz bulamacında öldürme (buzda asfiksi/termal şok) (Fotoğraf 3.11)
- Canlı soğutma ile öldürme
- Sersemletilmeden solungaç kesimi ile öldürme
- Karbondioksit narkozu ile öldürme

Doğru ayarlanmış elektriksel şok ile anlık ölümün sağlanması en insancıl ve kalitenin korunumu açısından da en avantajlı yöntemdir. Ayrıca hasat sürecinin kısaltılması yönünde önemli avantajlar sunmaktadır (Fotoğraf 3.12).

Balıkçılık faaliyetleri ve hasat sonrası su ürünleri hızla 0°C gibi düşük sıcaklıklara soğutulmalıdır. Bu rigor sürecine girişi geciktirecek aynı zamanda rigorda kalış süresini de uzatacaktır (Fotoğraf 3.13).



Fotoğraf 3.11. Klasik hasat buz bulamacında öldürme (buzda asfiksi/termal şok).



Fotoğraf 3.12. Elektirikli sistemle hasat (elektrikle balık öldürme-anlık elektriksel şok uygulamasıyla).



Fotoğraf 3.13. Levrek hasat faaliyeti sonrası balıkların livarlarda 0°C yakın sıcaklıkta kapakla kapatılmadan öncesi.

Tablo 3.22. Bazı balıklar için kondisyon şartlarına bağlı rigora giriş süreçleri (Huss, Quality and quality changes in fresh fish, 1995)

Türler	**Kondisyon**	**°C**	**Ölümden Rigor başlangıcına kadar geçen süre (saat)**	**Ölümden Rigor sonuna kadar geçen süre (saat)**
Morina *(Gadus morhua)*	Stres altında	0	2-8	20-65
Morina *(Gadus morhua)*	Stres altında	10-12	1	20-30
Morina *(Gadus morhua)*	Stres altında	30	0.5	1-2
Morina *(Gadus morhua)*	Stres yok	0	14-15	72-96
Orfoz *(Epinephelus malabaricus)*	Stres yok	2	2	18
Mavi Tilapia *(Areochromis aureus)*	Stres altında	0	1	
Mavi Tilapia *(Areochromis aureus)*	Stres yok	0	6	
Hamsi *(Engraulis anchoita)*	Stres altında	0	20-30	18
Yaldızlı Pisi Balığı *(Pleuronectes platessa)*	Stres altında	0	7-11	54-55
Pisi Balığı *(Paralichthys olivaceus)*		0	3	>72
Pisi Balığı *(Paralichthys olivaceus)*		5	12	>72
Pisi Balığı *(Paralichthys olivaceus)*		10	6	72
Pisi Balığı *(Paralichthys olivaceus)*		15	6	48
Pisi Balığı *(Paralichthys olivaceus)*		20	6	24

3.2.1.1.1 Biyokimyasal Aktiviteye (Otolitik Aktivite/Otoliz) Bağlı Değişimler

Enzimler yaşayan organizmada tüm metabolizma reaksiyonlarını düzenleyen önemli protein yapılardır. Enzimler, globüler proteinlerdir aktive ettikleri reaksiyona göre isim almaktadır; Oksidoredüktazlar, transferazlar, hidrolazlar, ligaz, glikosidaz, lipaz, proteaz vb. Aynı zamanda enzimler, balık ve kabukluların metabolizma faaliyetlerini düzenlemektedir. Su ürünleri balıkçılık veya hasat sonrası belirli bir süre daha normal metabolizma faaliyetlerine devam etmektedir. Bu süreçte enzimler inşa ve yıkım prosesini dengeleyerek faaliyet

göstermekte, ölüm sonrası yıkımlanma prosesinde ise otoliz sürecinden doğrudan sorumlu yapıları oluşturmaktadır. Balıkçılık/Hasat faaliyetleri sonrası enzimler taze su ürünleri kalitesinin erken dönem kalite kayıplarından sorumludur. Balık kasındaki ilk enzimatik değişiklik, glikojenin glikoliz olarak laktik aside kademeli hidrolizidir. Otoliz, kas ve deri bileşenlerinin endojen enzimler (vücut enzimleri=endojen enzimler) tarafından parçalanma sürecidir. Otolize neden olan enzimler su ürünlerinde kas veya iç organlarda olduğu için otolizin önlenmesi ya da kontrolü zordur. Endojen enzimler oldukça etkili olup, özellikle proteinlerin yıkımlanmasında önemli görevler üstlenmektedir. Canlı organizmalarda sindirime yardımcı olan enzimler (sindirim enzimleri), su ürünleri canlılığını kaybetmesi sonucu zamanla kontrolden çıkmakta dokularda ve organlarda bozulma yönünde değişimlere neden olmaktadır. İkinci grup metabolit faaliyetlerden sorumlu kas dokularında yer alan (diğer metabolik aktivitelerden sorumlu) enzimler de bozulmaya farklı süreçlerde dahil olan doku enzimleridir. Bu enzimler su ürünlerinde tat değişimleri üzerinde etkili olmakta ve kimyasal bileşiklerin faaliyeti sonucu meydana gelmektedir. İlk safhalarda fazla göze çarpmayan tat bileşiminin meydana gelmesi ile ileri süreçler de balığın acımsı tat ve koku oluşumlarından sorumlu etkenlerdir. Bu anlamda su ürünleri enzimatik faaliyetler ile oluşan ana katabolik reaksiyonların görünen hedefleri karbonhidratlar, yağlar, proteinler ve nükleotidlerdir. Otoliz kabuklu ve omurgasız su ürünlerin de ölümden sonra balıklara göre çok daha hızlı gelişmekte (iç organ muhteviyatından), bu ürünlerin proses ve işleme süreçleri de daha hızlı yapılması gerekliliğini ya da canlı satışını/tedariğini zorunlu kılmaktadır. Kabuklular/Bazı eklem bacaklılar (istakoz, yengeç, kerevit vb.) suyun dışına çıktıktan sonra da bir müddet canlılığını sürdürebilmekte enzimatik bozulma süreçleri kabuklulardan ziyade balık avcılığı/hasattı sonrasıyla daha çok ilişkilendirilmektedir. Bunun temel sebebi ise ölümden hemen sonra enzimatik bozulma aktivitelerinin başlamasıdır (Rathod ve diğ. 2021; Varlık ve diğ. 2007; All Topic Project, 2013).

Kısaca otoliz sonucu (All Topic Project, 2013; Varlık ve diğ. 2007);

- Glikojenin yıkımlanması,
- Proteinlerin yıkımı ve çözünebilir azotlu bileşiklerin artması,
- pH değerinin yükselmesi ve kas dokusunun tampon kabiliyetinin yükselmesi,
- Tekstürü etkileyen hücre membranlarının parçalanması,
- Serbest aminoasit ve peptitlere bağlı aroma maddelerinin oluşumu ve
- Yağ hidrolizasyonu na bağlı değişimler görülmektedir.

Başlangıçta, meydana gelen ana otolitik değişiklikler, adenozin trifosfatın (ATP) ve ilgili ürünlerinin enzimatik bozunması, ardından Tablo 3.23' de ki gibi proteolitik enzimlerin faaliyetleridir. ATP konsantrasyonları parçalanması indirgenme adenozin difosfat (ADP), adenosin

monofosfat (AMP), inosin monofosfat (IMP) ürünleri oluşur, inosin (Ino) ve hipoksantin (Hx)) düzeyleri balık tazeliğinin en etkili ve güvenilir göstergelerinden biridir. K değeri olarak belirtilir, balık türüne, kas tipine ve saklama koşullarına göre değişmektedir. Bozulma ile artan K değeri aşağıdaki formüle göre hesaplanmaktadır (Tavares ve diğ. 2021):

$$\text{K Değeri (\%)} = \frac{100 \times (\text{Ino} + \text{Hx})}{\text{ATP} + \text{ADP} + \text{AMP} + \text{IMP} + \text{Ino} + \text{Hx}}$$

Orkinos için önerilen kalite sınıflanması 1. sınıf K≤3.5, 2. sınıf 3.5< K≥18.7 ve 3. Sınıf 18.7<K≥52 olarak tavsiye edilmektedir (Sikorski ve diğ. 1990).

Tablo 3.23. Soğutulmuş balıklarda enzim etkisi (Tavares ve diğ. 2021)

Enzimler	**Substratlar**	**Etki**
Glikolitik enzimler	Glikojen	Laktik asit üretimi pH düşüşü
Nükleotid parçalama enzimleri	ATP, ADP, AMP, IMP	Kademeli hipoksantin üretimi
Katepsin	Protein ve peptitler	Doku Yumuşaması
Kimotripsin, tripsin, karboksipeptidaz	Protein ve peptitler	Karın yumuşaması
Kalpain	Miyofibriller proteinler	Doku yumuşaması
Kollajenazlar	Bağ doku	Dokunun yumuşaması ve açılması
TMAO demetilaz	TMAO	Formaldehit oluşumu

ATP: Adenozin trifosfat; ADP: Adenosin difosfat; AMP: Adenosin monofosfat; IMP: İnosin monofosfat; Hx: Hipoksantin; TMAO: Trimetilamin oksit

Ana kas endojen proteazlarının yüksek otolitik aktivitesi, ölüm sonrası depolama sırasında miyofibril yapısının zayıflamasına katkıda bulunan önemli miyofibriler proteinlerin hidrolizine neden olmaktadır. Mevcut ana proteolitik sistemler, sitoplazmik kalpainler (nötr pH'da) ve katepsinler B, L, H ve D gibi lizozomal katepsinlerdir (pH' a değişimine etki eder) (Tavares ve diğ. 2021).

Bu süreç de aşağıdaki değişimlerin tetikleyicisidir (All Topic Project, 2013; Varlık ve diğ. 2007; Gonçalves & de Oliveira, 2016; Gökoğlu & Yerlikaya, 2015);

1. Glikoliz

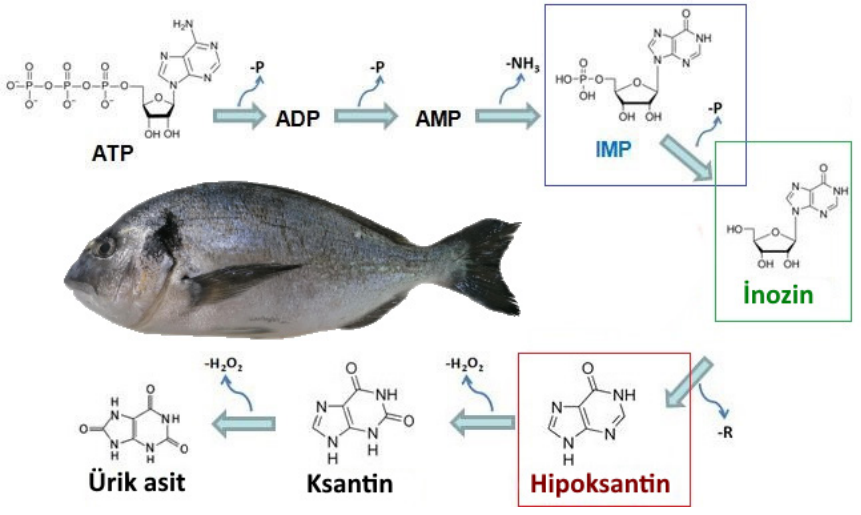
Ölümden sonra kan dolaşımı durur ve hücreler oksijen, dolayısıyla glikojen ile beslenemez bu süreçte canlı hücrelerde olduğu gibi karbondioksitle birlikte metabolitler dokulardan uzaklaştırılamamaktadır. Ölüm sonrası dönemde, glikoliz, glikojen kaynaklarının son ürünün laktik asit olduğu anaerobik şartlarda hücreler tarafından kullanılmaktadır. Glikolitik değişiklikler hızlıdır ve 0°C'nin hemen altındaki sıcaklıklarda bile bu oran dikkate değerdir. Laktik asit biriktikçe kasın pH'ı düşmektedir. Balıklarda glikojen kaynağı tamamen tükenene kadar glikoliz

devam etmektedir. Genel olarak balık kasları, memeli kaslarına kıyasla nispeten düşük miktarda glikojen içermekte ve sonuç olarak ölüm sonrası nihai pH değeri daha yüksektir. Bu da balık etini mikrobiyal saldırıya karşı daha duyarlı hale getirmektedir. Ancak, farklı türlerin glikojen içeriğinde büyük farklılıklar vardır. Örneğin orkinos larda memelilerde ve aynı türlerde bulunanlarla karşılaştırılabilir seviyelerde glikojen mevcudiyeti söz konusudur. Kural olarak, strese girmemiş/ölüm süreçlerinde çırpınmamış balıklar strese girmiş/çırpınmış balıklara nazaran, iyi beslenmiş balıklar aç balıklardan ve büyük balıklar küçük balıklardan daha fazla glikojen içermektedir. Aynı zamanda balıklarda glikojen düzeyi koyu renkli kaslarda açık renkli kaslardan daha yoğun bulunmaktadır.

2. Lezzet değişiklikleri (Tat)

En önemli enzimatik bozulma su ürünlerinde tat değişimi olarak meydana gelmektedir. Balık kasındaki nükleotid bozunması, birçok lezzet taşıyan bileşikleri üretmekte ve bu bileşikler, Adenozin trifosfat' ın bir dizi fosforilzasyon ve deaminasyon reaksiyonları ile oluşmaktadır.

Aşamalı olarak ADP' ye, AMP' ye ve IMP' ye ve amonyağa hidrolize edilmektedir. Ortam sıcaklığında, ATP yıkımı hızla gerçekleşmekte ve IMP balık dokusunda birikmektedir. Taze balıklarda IMP oranı çok yüksektir, bu da balığa arzu edilen tatlı ve karakteristik bir lezzet kazandırmaktadır. Otoliz ilerledikçe, IMP seviyesi düşer ve dokuda nötr tat inozin veya acı tat oluşumundan sorumlu olan hipoksantinin birikimine sebep olmaktadır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Balık kasında ölüm sonrası ATP metabolizması ((NOVACIB, 2016 dan uyarlama).

3. Karın bölgesinde değişimler:

Enzimatik bozulmadaki en belirgin işaret karın bölgesindeki deformasyondur. Enzimatik bozulmada özellikle yüksek gıda alımı dönemlerinde avlanan balıklarda karın patlamasına rastlanmakta, bunun temel sebebi sindirim sistemindeki sindirim enzimi içeriğinin bozulma sürecine olan etkisinden kaynaklanmaktadır. Bunu karın boşluğu etrafındaki etin yumuşaması ve lekelenmesi şeklinde de görülebilmektedir. Bu yoğun beslenme döneminde avlanan veya hasat edilen balıklarda sindirim enzimlerinin yoğun faaliyetine bağlı hızla bozulma sürecine girmekte ve çözünen bağırsak bileşenlerinde bakteriler yoğun şekilde çoğalmaktadır. Bakterilerin bu aktiviteleri sırasında CO_2 ve H_2 gibi gazlar oluşmakta, bu gazlar depolama süreçlerinde karın patlamasına (karın bölgesinde delinmelere) neden olmaktadır. Enzimatik aktiviteler sonucu oluşan kimyasal değişim ürünleri avcılıktan/hasattan kısa bir süre sonra bozulma süreçlerini hızlandırmaktadır. Özellikle bu sebeple balık çiftliklerinde hasat aşamasında bulunan balığın belirli bir süre hasat öncesi aç bırakılması zorunluluk arz (bu sürecin açlık stresine girmeden yönetilmesi gereklidir) etmektedir. Balıkçılık faaliyetleri sürecindeki kalite kaybı ve bozulmaya örnek ise ağır bir şekilde beslenmiş olarak yakalanan mezgit balıklarında ense bölgesinde renk açılması ve ette parçalanma meydan gelmektedir. Buna ilaveten sıcak havalarda balık avlandığı zaman eğer balığın iç organları temizlenmemiş ise balığın karın duvarında bir delik meydana gelmektedir. Bu durumun ise, enzimlerin dokuları ve iç organları (özellikle bağırsaklar) sindirmeye bağlı parçalamasından kaynaklanmaktadır.

4. Renk değişiklikleri:

Renk, su ürünlerinin kalitesinde önemli bir faktördür. Su ürünlerinde renk değişimi, yağ oksidasyonu ve değişik pigmentlerin (enzimatik veya enzimatik olmayan aktivitelerden) oluşumundan kaynaklanmaktadır. Su ürünlerindeki renk değişimi bu anlamda bozulmanın bir göstergesidir. Su ürünlerinde enzimler veya yağ oksidasyonunun neden olduğu önemli renk değişiklikleri aşağıdaki gibi gerçekleşmektedir:

a. Kararma (Black Spot)

Hemosiyanin (Hc), oksijen taşınmasından sorumlu yumuşakçaların ve eklembacaklıların hemolenfinde bulunan bakır bağlayıcı bir proteindir. Kabuklularda toplam plazma proteininin % 90-95'ini oluşturmaktadır. Perklorat ve sodyum dodesil sülfat gibi kimyasal reaktiflere maruz kaldığında polifenol oksidaz

(PPO) aktivitesi göstermektedir. Buna etki eden faktörler; endojen savunma molekülleri, bu tür pıhtılaşma etkenleri, antibakteriyel peptitler ve proteolitik enzimler (en yaygın olarak serin proteinazlar) dir. Bu aktivatörler, Hc' nin üçüncül ve dördüncül yapısını etkilemekte, onu fenol oksidaz aktivitesi (HcPO) elde etmek için form değiştirmesine yönlendirmektedir. Bu bulgulardan önce, PPO, hemolenfteki difenollerin o-kinonlara oksidasyonunda rol oynayan tek enzim olarak kabul edilirken bu aktivitenin artık sadece PPO'ya değil, aynı zamanda HcPO ilede ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Karides: Karideslerde kararmaya bağlı renk değişimi, bir enzim olan polifenol oksidazın (PPO) varlığından kaynaklanmaktadır. Black Spot (melanin) / Kararma olarak ta isimlendirilen bu olay tirozinazın tirozin üzerindeki oksidatif reaksiyonu ile oluşmaktadır. Farklı karides türleri, farklı derecelerde ölüm sonrası renk değişikliğine uğramakta, bu renk değişimi iç kabuk yüzeylerinde veya alt karın kısmında yer alan karides eti üzerinde ileri derecelerde gerçekleşmektedir. Bu, karideslerin pazarlanmasındaki çekiciliğin kaybolması anlamına gelmektedir. Fenolaz reaksiyonundan kaynaklanan kararmaya bağlı renk değişimini önlemek için sülfit koruyucular veya 4-hexylresorsinol ile farklı organik asitler kullanılabilmektedir. Genelde ise balıkçılar tarafından bilenen ve yoğun şekilde kullanılan sodyum bisülfittir. Karideslerin bir dakika boyunca % 0.2-0.5 sodyum bisülfit solüsyonuna daldırma şeklinde uygulanmakta olup kalıntı bırakma bakımından yasal sınırlamalara tabidir.

Istakoz: Istakozun dondurulması sırasında ortaya çıkan kararma, önemli ticari kayıplara neden olan ciddi bir sorundur. Kanda tirozinaz aktivitesi, diğer dokularda daha az miktarda tanımlanmıştır. Can çekişen ıstakozda kuyruk bölgesindeki renk değişikliği, ekstremiteler arasında kararma ve diğer bozulmalar daha belirgindir. Kararma eğilimi, kabuk değişim döngüsünden de etkilenmektedir.

Yengeç: Fenolaz, yengeçlerin mavi – siyah renklenmesinde rol oynamaktadır. Enzim kanda bulunmaktadır. Çeşitli katkı maddelerinin mavi renk bozulmasını önlediği bilinmektedir (ör. organik asit, sodyum bisülfit ve EDTA). Hemosiyanin kaynaklı kararma yengeçte de belirgindir ve enzimatik değildir.

Kabuklular, yumuşakçalarda ve eklem bacaklılarda ölümden sonra veya ölüm yakınlaştığı zaman sindirim enzimleri eti parçalamaya başlamakta, tekstürü direkt etkileyen bu parçalanma eklem bacaklıların kuyruk etlerinde belirgin şekilde görülmektedir.

b. Balık etinin sararması

Bazı balıkların dondurularak saklanması, derinin altındaki etlerin sararmasına neden olabilmektedir. Donma veya diğer işlemler kromatoforları bozmakta ve karotenoidleri serbest bırakırken bunların deri altı yağ tabakasına göç etmesi de sararmaya neden olmaktadır. Dondurulmuş depolama sırasında lipid oksidasyonu ve karbonil-amin reaksiyonu ile ilişkili sararma da gözlenmektedir.

c. Kahverengi renk oluşumu

Kahverengi veya sarı renk değişimi, protein veya amino asitlerin lipid oksidasyonu ürünüler ile reaksiyonu neden olmaktadır. Sardalya, uskumru, tuzlu köpekbalığı, deniz yılanbalığı vb. yağlı ve işlenmiş balıklarda olmak üzere işlenmiş ürünlerin çoğunda kahverengi renk değişikliği bu anlamda gözlenmektedir. Yağlı balıklarda, yağsız balıklara göre protein – lipid esmerleşmesine bağlı renk değişikliği daha fazladır.

5. Koku değişiklikleri:

Su ürünlerinde meydana gelen otoliz sürecinde kas proteinleri ve yağların serbest amino asitlere, amonyak, karbon dioksit, aminler, indol, serbest yağ asitleri, peroksitler, aldehitler, ketonlar vb. gibi diğer bileşiklere proteinaz ve lipaz enzimleri vasıtasıyla indirgeme faaliyetleri ile genelde tat değişiklikleri ile birlikte kötü/iğneleyici ve tiksindirici koku oluşumlarından da sorumlu faktörler arasında yer almaktadırlar. Özellikle deniz balıklarında hoş olmayan koku ve tattan sorumlu Trimetilamin (TMA) bu sırada oluşmaktadır.

Otoliz, mikroorganizmaların gelişimi ile ilerler ve steril kaslarda mikroorganizmaların yayılımına zemin hazırlamaktadır. Endojen enzimlere göre daha etkili olan ve proteazların önemli bir kısmını oluşturan mikrobiyal enzimlerle (eksojen enzim) protein yıkımı kuvvetli düzeyde gerçekleşmektedir.

Kısaca enzimler otoliz prosesini başlattıklarında kalitenin değişimine neden olmaktadır. Etin tekstürünün yumuşamasına ve elastikiyetini kaybetmesine ezik bir görünüş oluşmasına sebep olduğu gibi tat/aroma değişimlerinden de sorumludur. Enzimatik bozulmadaki en belirgin görsel değişimler sindirim organlarındaki belirgin sınırsal hatların bozularak yapının parçalanması, sıvılaşması, dıştan ise gaz oluşumuna bağlı karın şişmesi veya ileri süreçte karın patlamasıdır. Kabuklular, yumuşakçalarda ve eklem bacaklılarda ölümden sonra tekstürü direkt etkileyen enzim aktivitesi ile eklem bacaklıların kuyruk etinde gevşeme en belirgin

gözlemlenen durumlardır. Bu süreçlerin kontrol altına alınması veya uzatılması ise ölümden hemen sonra su ürünlerinin hızla 0°C'ye soğutulması ile mümkündür, tüketiciye sunulana kadar bu sıcaklıkta tutulmalıdır. Güneşten koruma, stresin minimize edilmesi, kurumanın önlenmesi, pişirme ve diğer işleme yöntemlerinin kullanılması ile enzimatik bozulma minimize edilebilmekte veya tamamen durdurulabilmektedir.

3.2.1.1.1.1. Protein Yapıdaki Değişimler

Proteinler, hücredeki yapısal ve motor yapı taşları olarak işlevleri bulunan bileşikler olup, canlıların biyolojik yapılarında meydana gelen nerdeyse her biyokimyasal reaksiyon için katalizör görevi üstlenmektedir. Proteinler yapısal, düzenleyici, kasılabilir veya koruyucu olabilmekte; aynı zamanda taşımada, depolamada veya membranlarda hizmet edebilirken toksinler ve enzimler de protein yapılarından oluşmaktadır. Canlı bir sistemdeki her hücre her biri benzersiz bir işleve sahip binlerce farklı protein içermekteyken, yapıları ve işlevleri büyük ölçüde değişiklik göstermektedir. Ancak bunların tümü, doğrusal bir dizilimde düzenlenmiş ve kovalent bağlarla birbirine bağlanmış alfa amino asitlerin polimerleridir (Western Oregon Universty, Tarih Yok).

Proteinin en basit tanımı ise bir peptit bağı ile bir arada tutulan ve amino asitlerden oluşan çok yönlü biyomoleküllerdir (Ahmed ve diğ. 2022).

Su ürünleri proteinlerinden yararlanma değeri 75-95 arasıdır, bu tükettiğimiz her bir gram proteinden gelen nitrojenin %75-95'ni insan vücudu tarafından emilip tutulduğu anlamına gelmektedir (Nurdiani ve diğ. 2020; Ahmed ve diğ. 2022). Çoğu su ürünleri proteininin besin değerlerinin kazein ve albümininkine eşit veya ondan daha iyi olduğu da bildirilmektedir. Su ürünleri proteinleri yüksek besin değerine ek olarak su tutma kapasitesi, jelleşme, emülsifikasyon ve dokusal özellikler gibi iyi fonksiyonel özelliklere de sahiptir. Yine su ürünlerinin protein içerikleri türe, cinsiyete, yaşa, çevreye ve mevsime göre değişiklik gösterebilmektedir. İşlenmemiş balık eti %17 ila 22 arasında protein içermektedir. Kabuklular ve kafadanbacaklılar da biraz daha yüksek değerde protein bulunmaktadır. Örneğin karides proteini %17.0 ila %22.1 aralığındayken, tarak, kalamar, yengeç, ıstakoz, kril ve istiridye de bu değerler sırasıyla %14.8-17.7; %13.2-19.6; %15-18.4; %18.2-19.2; %12-13; %8.9-11.7 dir (Nurdiani ve diğ. 2020). Su ürünleri proteinleri yaklaşık 20 amino asitten oluşmakta ve lizin, triptofan, histidin, fenilalanin, lösin, izolösin, treonin ve metiyonin, sistein gibi bol miktarda esansiyel amino asit içermektedir (sırasıyla toplam protein muhteviyatında yaklaşık %9.3, %1.0, %2.1, %4.2, %8.9, %6.4, %4.9 ve %4.2) (Tablo 3.24.) (Nurdiani ve diğ. 2020; Ryu ve diğ. 2021).

Proteinler kasların oluşumundan, tekstürel yapının korunumundan sorumlu su ürünlerinin besin olarak en önemli kalite faktörlerinden biridir. Su ürünlerindeki kas hücreleri ve bağ do-

kuları arasındaki yapısal bağlantılar, etin balıkçılık/hasat sonrası süreçlere, işleme ve depolamanın etkilerine dayanabilmesi için gerekli bütünlüğü sağlamaktadır. Çoğu karasal hayvanda etin yumuşaması arzu edilen bir durum olsa da su ürünlerinde bunun tam tersidir. Birçok türde meydana gelen dokudaki ilk yumuşamanın, Z-disklerinin kaybolması, bağ dokunun yok edilmesi ve kolajen dokusunun genel denatürasyonu ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Ölüm sonrası tekstürel değişim için olası üç açıklayıcı mekanizma vardır:

1. Miyofibriller içindeki ya da hücre dışı bağların ana bileşenlerinin bozunması,
2. Kas bileşenleri arasındaki yapıyı organize ve stabilize eden bağların bozulması veya
3. Bu mekanizmaların her ikisinin birlikte meydana gelmesi (Hernandez-Herrero ve diğ. 2003).

Su ürünlerinde proteinler ölüm sonrası depolama şartlarına bağlı proteolitik süreçte **denatürasyona** (proteinlerin iç ve dış etkilerle bozularak primer yapılarına dönüşmesi) uğramaktadır.

Balık kasları fiziksel görünüş bakımından iki ana tipe ayırılmıştır (Fotoğraf 3.14) (Ahmed ve diğ. 2022):

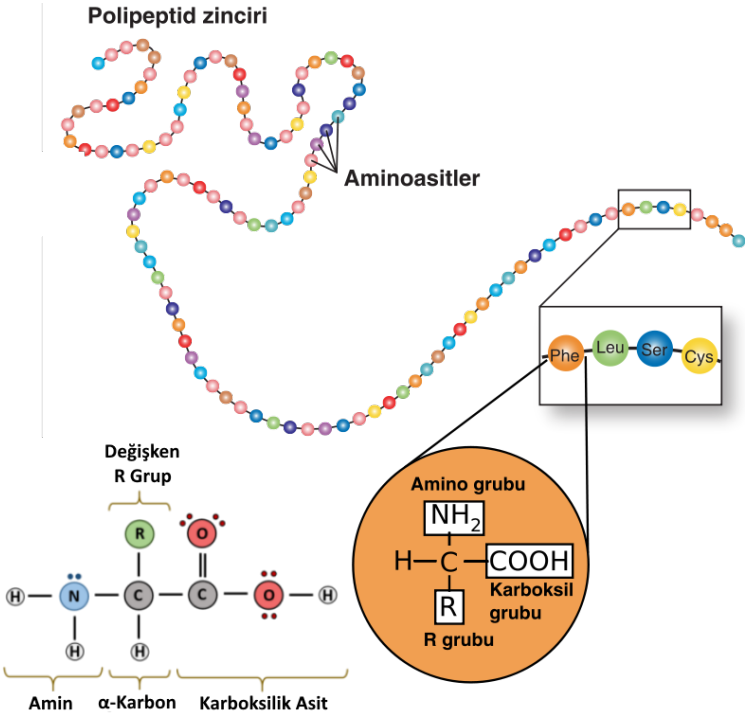
1. Koyu renk, kırmızı veya esmer adı verilen renk kaslar
2. Açık renk kaslar

Su ürünleri kaslarının proteinleri, iskelet kaslarındaki bulunuşlarına ve sulu çözeltilerdeki çözünürlüklerine göre üç ana sınıfa ayrılmaktadır: **sarkoplazmik yapıdaki proteinler** (%20 -50) (örn., enzimler ve miyoglobin), (SP'ler), **miyofibriller yapıdaki proteinler** (MP) (%70-80) (örn., aktin ve miyozin) ve **stroma yapıdaki proteinler** (%3-10) (bağ doku proteinleri örn., kolajen, elastin ve proteoglikanlar). Kas liflerinin sarkoplazmasında lokalize olan sarkoplazmik proteinler suda veya düşük iyonik kuvvetli çözeltilerde çözünürken, miyofibriller proteinler yüksek tuzlu suda çözünmekte, kolajen ve elastin gibi stroma proteinleri yüksek tuzlu çözeltilerde çözünmedikleribilinmektedir (Vieira ve diğ. 2018; Singh & Singh, 2020; Malva ve diğ. 2018).

Anatomik olarak myoseptuma (bağ dokusuna) bağlı olan balık kası hücreleri birbirine paralel olarak yerleşmiştir. Desmin, spektrin (ara filamentler), integrin, sarkoglikan (zar ötesi glikoproteinler), vinculin, distrofin, vimentin (kostamer), aktin (ince filament), miyozin (kalın filament), a-aktinin (z-disk), troponinler, tropomiyosin, nebulin ve titin proteinleri sarkomeri (miyofibrillerin temel tekrarlayan birimi) oluşturmaktadır. Depolama sırasında, bağ dokusu ile birlikte kas hücreleri, proteolitik enzimlerin etkisi altındadır ve hücre iskeleti bileşenlerinin proteolizi, miyofilament bozulmasına yol açmaktadır. Miyozin proteininin bölünmesi, miyofibriler yapıların zayıflamasından sorumludur (Singh & Singh, 2020).

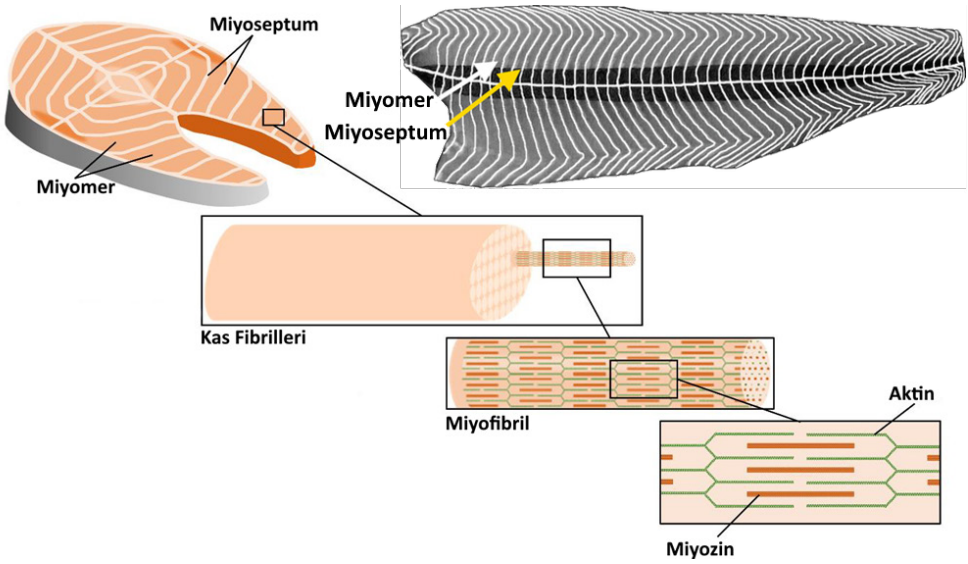
Tablo 3.24. Balık kas amino asitlerinin sığır ve kazaeinle karşılaştırılması (Toplam protein azot üstünden % olarak) (Belitz ve diğ. 2001)

Aminoasitler	Kazaein	Sığır Kası	Morina Kası
Alanin	3.0	4.9	5.9
Arginin	8.2	14.5	13.2
Aspartik asit	4.7	4.0	6.8
Asparajin	-	-	-
Sistein	0.2	0.8	2.5
Glutamik asit	13.3	9.3	8.8
Glutamin	-	-	-
Glisin	3.2	6.0	5.8
Histidin	5.3	4.9	3.5
İzolösin	4.1	4.2	2.7
Lösin	6.1	5.1	5.1
Lizin	9.8	9.8	11.7
Metionin	1.8	2.2	2.0
Fenilalanin	2.7	2.7	2.1
Prolin	7.5	4.3	3.4
Serin	5.3	4.6	3.6
Treonin	3.6	3.7	3.4
Triptofan	1.0	1.2	1.1
Tirozin	3.0	2.1	1.7
Valin	5.4	3.7	2.5

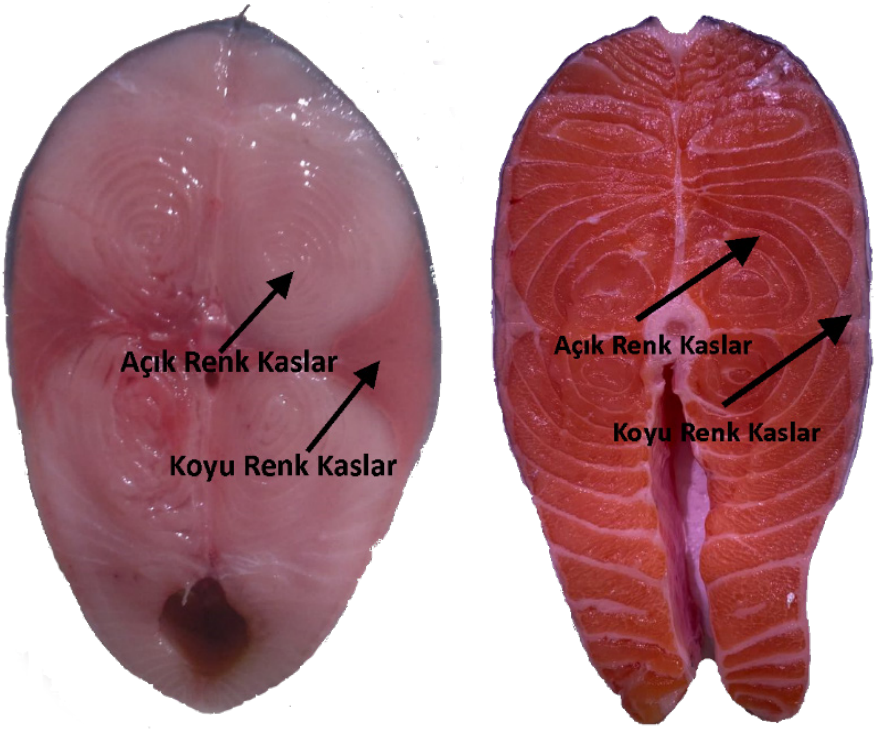


Şekil 3.10. Proteinin yapısal görünümü (Western Oregon Universty, Tarih Yok' dan uyarlanmıştır).

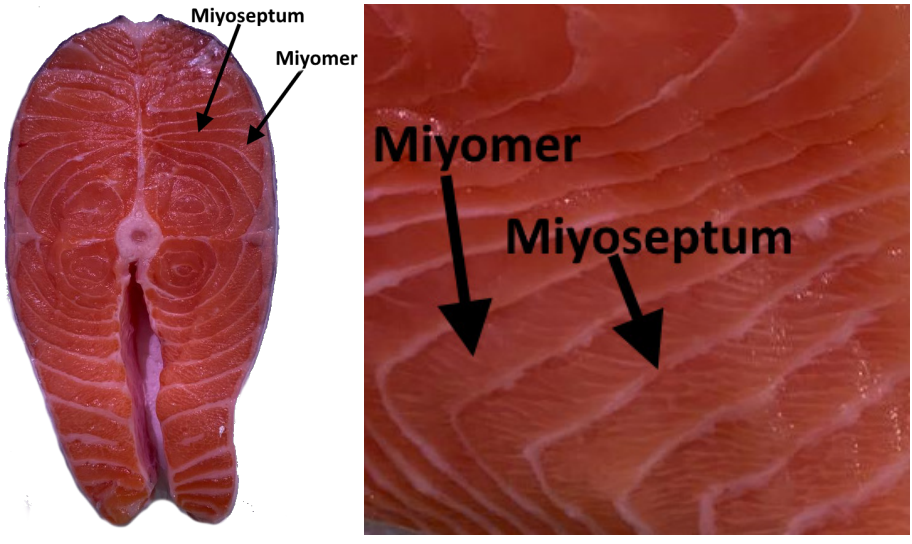
Tablo 3.25. α-Aminoasit kısaltmaları (Western Oregon Universty, Tarih Yok)		
Aminoasitler	**Üç Harfli Kodlama**	**Tek Harfli Kodlama**
Alanin	Ala	A
Arginin	Arg	R
Aspartik asit	Asp	D
Asparajin	Asn	N
Sistein	Cys	C
Glutamik asit	Glu	E
Glutamin	Gln	Q
Glisin	Gly	G
Histidin	His	H
İzolösin	Ile	I
Lösin	Leu	L
Lizin	Lys	K
Metionin	Met	M
Fenilalanin	Phe	F
Prolin	Pro	P
Serin	Ser	S
Treonin	Thr	T
Triptofan	Trp	W
Tirozin	Tyr	Y
Valin	Val	V



Şekil 3.11. Miyomer ve myoseptum ayrımı Somon diyagramı (Kazir & Livney, 2021; Listrat ve diğ. 2016).



Fotoğraf 3.14. Balık kasları fiziksel görünüş bakımından ayrımı (Palamut ve Somon).



Fotoğraf 3.15. Miyomer ve miyoseptum ayrımı Somon Dilim-Fileto.

Bir proteinin benzersiz kimyasal ve üç boyutlu yapısındaki bir değişiklik, **denatürasyona** neden olmaktadır. Proteinin katlanmış doğal hali, katlanmamış, denatüre haline göre çok marjinal bir stabiliteye sahiptir. Bu kararlılık, sıcaklık, hidrostatik basınç, tuzluluk ve pH gibi bir dizi fiziksel değişkenden etkilenmektedir (Sotelo ve diğ. 1995). Denatürasyon işlemleri tüketilebilir veya daha stabil forma sokmak için kullanılabildiği gibi ürünün bozulmasını veya indirgenme reaksiyonlarını da tanımlamaktadır.

Sarkoplazmik Proteinler

Balık sarkoplazmik proteinleri, miyojenleri ve enzimleri içeren suda veya düşük iyonik kuvvetli çözeltide çözünebilen geniş bir protein ailesini kapsamaktadır (bazı durumlarda su da çözünür protein olarak da nitelenir). Sarko-plazmada bulunan sarkoplazmik proteinler, toplam kas proteinlerinin %20 ila %40'ını temsil etmektedir. Koyu kas, enerji rezervlerinin uzun süreli aerobik metabolizması için gerekli olan beyaz liflerden daha fazla mitokondri ve daha az sarkoplazmik retikulum içermektedir. Pelajik balıkların kasları, ileri düzeyde aerobik aktivite için donatılmış, önemli miktarda miyoglobin içeren koyu renkli kas bulundurmaktadır. Demersal balıklar, okyanus akıntılarıyla sürüklenme eğiliminde oldukları için uzun süre aktif olarak yüzmemekte, bu anlamda sarkoplazmik proteinlerin bulunuş konsantrasyonu balık türleri arasında farklılık göstermektedir. Koyu renk kaslı balıklar, açık renk kaslı türlere göre daha fazla miktarda sarkoplazmik protein içermektedir. Örneğin Pasifik uskumrusu ve sardalye balıklarında 100 g kas başına 650 ila 800 mg sarkoplazmik protein bulunurken bu miktar Alaska mezgitti (Alaska pollock) gibi beyaz etli türlerde 100 g kas başına 187 mg sarkoplazmik protein belirlenmiştir (Jafarpour & Gorczyca, 2012; Nurdiani ve diğ. 2020; Hemung & Chin, 2013; Gökoğlu & Yerlikaya, 2015).

Balıkların gıda olarak kalitesini etkileyen sarkoplazmik enzimler arasında başlıca glikolitik süreç enzimleri ve lizozomların hidrolitik enzimleri bulunmaktadır. Farklı türlerdeki balıkların ve deniz omurgasızlarının kaslarından çeşitli proteinazlar da izole edilmiştir. Bu enzimlerin endojen ve diğer substratlara karşı maksimum aktivitesi asidik, nötr veya alkalin pH aralığı içindedir, asit proteinazların aktivitesi genellikle en yüksektir. Antarktika kril nötr ve alkali proteinazların aktivitesi, sefalotoraksta kuyruk etinden yaklaşık on kat daha yüksektir. Sarkoplazmik fraksiyonda ayrıca azotlu bileşiklerin daha fazla bozunmasını katalize eden enzimler de vardır; Örn. oligopeptidazlar, tri- ve dipeptidazlar, transaminazlar, amidazlar, glutamat dehidrojenaz, karmosinaz, arginaz, nikotinamid adenin dinükleotidaz, adenosin trifosfataz (ATPase), adenosin deaminaz, trimetilamin demetilaz ve tiaminaz. Birkaç kabuklu hayvanın sarkoplazmik fraksiyonunda yüksek katekol oksidaz aktivitesi de tespit edilmiştir. Antarktika krili, çeşitli polisakkarit parçalayıcı enzimler ve lipazlar açısından zengindir. Li-

zozim aktivitesi yumuşakçaların mukus, manto kasları ve iç organlarında gözlemlenmiştir. Sarkoplazmik enzimlerin aktivitesi, balığın türüne, hayvanın durumuna ve kas türüne bağlı değişkenlik göstermektedir (Sikorski ve diğ. 1990).

Sarkoplazmik proteinlerin su tutma kapasiteleri düşük olmakla birlikte suriminin jel özellikleri üzerindeki inhibitör ve arttırıcı rollerine dair kanıtlar bir çok araştırmacı tarafından belirtilmiştir. Farklı sarkoplazmik protein türleri ve uygulanan surimi işleminin türü, kamaboko jelin elastikiyetinin belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır (Nurdiani ve diğ. 2020). Bu bileşenler, surimi depolaması sırasında bozulmaya yol açabildikleri için normal olarak surimi işleme süreçlerinde yıkanmaktadır. Yıkama aşaması, surimi jelin kalitesini, özellikle jel gücünü ve beyazlığını iyileştirmek için gereklidir (Hemung & Chin, 2013).

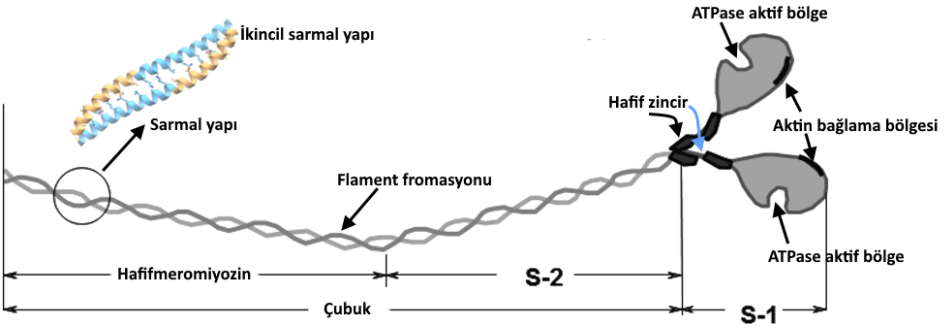
Balık sarkoplazmik proteinleri, hem proteinleri (hemoglobin ve miyoglobin) ve kreatin kinaz, aldolaz, gliseraldehit-3-fosfat dehidrojenaz, fosforilaz, proteinaz inhibitörleri, proteazlar A ve C, fosfolipaz, peroksidaz, transglutaminaz, fruktoz-bifosfat aldolaz A, glikojen fosforilaz, beta-enolaz, triozfosfat izomeraz B, fosfoglukomutaz, fosfogliserat kinaz, parvalbüminler ve kalmodulinler gibi enzimler de dahil olmak üzere çeşitli protein türlerini içermektedir (Nurdiani ve diğ. 2020).

Oksimiyoglobin ve oksihemoglobin, balık kasının renk özelliklerinden sorumludur. Taşıma ve depolama sırasında hemoglobin kolayca çözünürken, miyoglobin hücre yapısında tutulmaktadır. Örneğin bazı yumuşakçalar, kabuklular ve bazı renksiz kanlı Antarktika balık türleri hemoglobin içermemektedir. Kabuklu deniz ürünleri, hemosiyaninler adı verilen bakır içeren proteinlere sahiptir. Balığın yenebilir kalitesi hidrolazlar, oksidoredüktazlar ve transferaz enzimleri tarafından belirlenmektedir. Balık kasının bozulmasından sarkoplazmik enzimler sorumludur. Sarkoplazmik proteinlerin mevcudiyeti, miyofibriler protein jellerinin gücü, deforme olabilirliği ve su tutma kapasitesi üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir. Uskumru ve sardalya ürünlerinin düşük jel gücü, sarkoplazmik protein içeriği ile açıklanabilmektedir (Gökoğlu & Yerlikaya, 2015).

Miyofibriler Proteinler

Miyofibriler (kasılmadan sorumlu) proteinler, ATP'nin kimyasal enerjisinin mekanik enerjiye dönüştürüldüğü kas kasılma sürecine doğrudan katılan proteinlerdir. Bunlar sarkomeri oluşturan proteinlerdir. Miyofibriller proteinler, çözünürleştirme için yüksek tuz konsantrasyonu (iyonik kuvvet 0.6' nın üzerinde) gerektirdiğinden "tuzda çözünür fraksiyon" olarak adlandırılmaktadır. Bu proteinler, kas proteinlerinin %50-60' ını oluşturmakta ve harekete izin veren kasılma sürecinden sorumludur. Miyofibriller proteinler, miyozin, aktin ve tro-

pomiyozin, m-protein, alfa-aktinin, beta-aktinin, c-protein ve troponin T, I ve C gibi düzenleyici proteinlerden oluşmaktadır. Omurgasız kaslarıda ayrıca vertebra miyofibrillerinde bulunmayan bir protein olan paramiyozin bulunmaktadır. Paramiyozin seviyesi omurgasızlar arasında değişiklik gösterebilmektedir; tarak, kalamar ve istiridye için %3-19 rapor edilmiştir. Miyozin ve aktin ise su ürünlerinde toplam miyofibriller içeriğin yaklaşık %65' ini ve toplam kas protein içeriğinin yaklaşık %40' ını oluşturmaktadır. Miyozin, iki 16-25 kDa hafif zincire (Light Chain = LC) kovalent olmayan bir şekilde bağlanan miyozin ağır zincir (Myosin Heavy Chain=MHC) olarak adlandırılan iki 220 kDA polipeptitinden oluşan 520 kDa' lık bir heksomerdir (Şekil 3.12) (Hultin, 1984; Nurdiani ve diğ. 2020).



Şekil 3.12. Miyozin molekülünün şematik modeli, iç kimotriptik parçalar ve moleküldeki fonksiyonel bölgeler (Konno, 2017 den uyarlanmıştır).

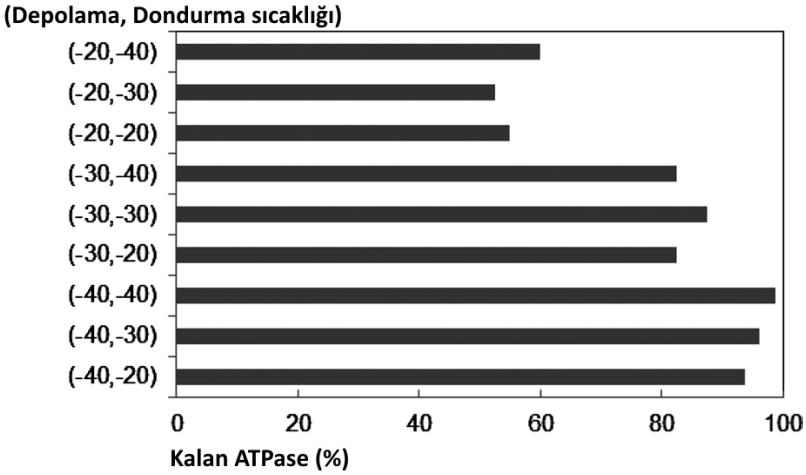
Miyozin ve aktin, miyofibriller proteinlerin ana bileşenleridir. Balıklardan elde edilen miyofibriller proteinler, nihai gıda ürünü kalitesine katkıda bulunan çeşitli fonksiyonel özellikler sergilemektedir. Fonksiyonel özellikler jelleşme, su tutma aktivitesi ve yağ bağlama kabiliyetini içermektedir. Deniz ürünleri miyofibriller proteinleri genellikle karasal hayvanlardan izole edilenlerden daha az termal stabilitesi bulunmaktadır. Ayrıca, soğuk su balık türlerinden izole edilen miyofibriller proteinler, sıcak su türlerine göre termal olarak daha az kararlıdır. Miyofibriller proteinlerin termal stabilitesi pH ve iyonik kuvvetten etkilenmektedir. Miyofibriller proteinlerin kalitesi balık türü, yaş, hasat mevsimi, tazelik, pH, protein konsantrasyonu, iyonik güç ve sıcaklık gibi işleme parametrelerinden de etkilenmektedir (surimi üretimi için kullanılan miyofibriller proteinlerin kalitesini etkiler). Miyozin denatürasyonu, donmuş balıkların kalite kaybını tespit etmenin etkili bir yolu olarak kabul edilmektedir. Dondurulmuş saklanmış uskumru kıymasının miyozin denatürasyonunu analiz ederek, Fukuda ve ark. (1984), donmuş depolama sıcaklığının, donma sıcaklığından ziyade miyozin denatürasyonunun ilerlemesini belirlediğini bildirmiştir. Kantitatif analizler için balık kıymasını işlemek oldukça zor olduğundan, donma sırasında miyozinin denatürasyonuna ilişkin bazı çalışmalarda miyofibriller

proteinlerin modeli kullanılmıştır, çünkü bu materyalin kullanımı kolaydır ve kasa benzer şekilde yapısı bozulmadan kalmaktadır. Bununla birlikte, dondurulmuş depolama sırasında karideslerdeki miyofibriller proteinlerin sağlam kas için oldukça farklı bir miyozin denatürasyon profilleri de rapor edilmiştir (Nurdiani ve diğ. 2020; Fan ve diğ. 2020).

Balıkların kas hücreleri yüksek konsantrasyonda ATP (~ 10 mM) içermektedir. Gevşemiş durumda, miyozin başı F-aktin'den ayrılmakta, böylece ATP tüketimini en aza indirmekte ve miyozinde çok düşük Mg-ATPase aktivitesi ile sonuçlanmaktadır. Sarkoplazmik retikulumdan (bir Ca^{2+} depolama organeli) salınan Ca^{2+}'nın aktin filamentleri üzerinde bulunan troponin alt birimlerine (troponin-C) bağlanması kasılmayı tetiklemektedir. Bu koşullar altında aktinin miyosine bağlanması, miyozinin Mg-ATPase aktivitesini önemli ölçüde uyarılmakta ve kasılma için yeterli enerjinin üretilmesiyle sonuçlanmaktadır. Sarkoplazmik retikuluma Ca^{2+}' nın restorasyonu kası gevşetir. Balık miyozini memeli miyozini ile karşılaştırıldığında kararsız olduğu iyi bilinmektedir. Balık miyozininin stabilitesi büyük ölçüde balığın habitat su sıcaklığına veya vücut sıcaklığına bağlıdır. Miyozinin balık türüne özgü bu kararlılığı, balıkların bulundukları ortamın su sıcaklığına adaptasyonundan kaynaklanmaktadır. Miyozin molekülündeki birkaç amino asit kalıntısı, bu türler tarafından tercih edilen su sıcaklığında miyozini uygun şekilde esnek hale getirmek için ikame edilmektedir. Kas kasılması, balığın habitat sıcaklığında miyozin yapısının uygun esnekliğini gerektirmektedir. Buna göre, düşük vücut sıcaklığına sahip soğuk su balıklarından elde edilen miyozin daha az sert olurken, daha yüksek su sıcaklığında yaşayan balık türlerinden ve yüksek vücut sıcaklığına sahip memelilerden elde edilen miyozin çok daha sert olmaktadır. Görünüşe göre, soğuk su balıklarından elde edilen miyozin, ılık su balıklarından veya homoiotermik canlılardan elde edilen miyozinden daha az stabildir. Balık miyozininin, özellikle soğuk su balık türlerinde, kararsız doğası, işlenmiş gıda için bir hammadde olarak balık kasının kullanılmasında zorluk oluşturmaktadır. Buna göre, tilapia, sazan, ton balığı ve sarıkuyruk gibi balıkların nispeten daha stabil bir miyozine sahiptir (Konno, 2017).

Dondurulmuş depolama, yüksek kaliteli balık kasının korunması için en popüler yöntemdir. Ancak donmuş depolama sırasında kalite kaybı meydana gelir ve bu kaybın boyutu, kullanılan dondurma ve saklama koşullarına bağlıdır. Dondurulmuş balık kasının kalite kaybı, fiziksel ve yapısal değişikliklerin yanı sıra ana kas proteini olan miyozindeki biyokimyasal değişikliklerden dolayı meydana gelmektedir. Fan ve diğerleri (2020) de taze balık kasının -20°C' de dondurularak saklanmanın miyozin denatürasyonunu önlediği, ancak bu etki depolamanın erken aşaması, yani maksimum 2 ay ile sınırlı olduğunuda bildirmiştir.

Miyozin denatürasyonunun nihai jel ürünlerinin kalitesini bozduğu kabul edilmektedir. Bu nedenle, et (kıyma şeklinde) veya ham maddenin depolanması sırasında miyozin denatürasyonunu önlemeye yönelik birçok çözüm vardır. Tatmin edici teknoloji ise donmuş depolama sırasında miyozin denatürasyonunu önlemek için kriyoprotektan olarak yıkanmış ve suyu alınmış balık etine şeker veya şeker alkolünün eklendiği Alaska mezgitinden surimi işlemesidir (Kuwahara & Konno, 2010).



Şekil 3.13. Balık kıymasının (Kefal-Uskumru) değişik sıcaklıklarda dondurularak farklı sıcaklıklarda 8 ay depolanması sonucu bu kıymadan hazırlanan ürünlerdeki miyofibriller yapıdaki Ca^{2+}-ATPase aktivite değişimi (Konno, 2017).

Proteolitik sistemlerin balık kası bozulmasına katkıları çok az aydınlatılmış süreçlerdir. Kalpainler ve katepsinler, ölüm sonrası bozulma ile ilgili sıklıkla belirtilen enzimlerdir. Kalpainler ve katepsinlerin sinerjik bir şekilde hareket ettiği düşünülmektedir. Kalpainler (EC 3.4.22.17) enzimatik aktiviteleri için kalsiyum gerektiren hücre içi endopeptidazlardır. Kasta yaygın olarak iki izoformu bulunmaktadır: μ-kalpain (5-50 μM Ca^{2+} 54 aktif olmak üzere) ve m-kalpain (150-1000 μM Ca^{2+} 55). Kalpainler, molekül ağırlığı sırasıyla yaklaşık 80 kDa ve 28 kDa olan büyük bir alt birimden ve küçük bir alt birimden oluşan heterodimerlerdir. Ayrıca, bu enzimler, endojen spesifik bir inhibitör olan kalpastatin tarafından düzenlenmektedir. Levrek kasında (*Dicentrarchus labrax*) üç farklı izoform tespit edilmiştir. Kalpainler, miyofibrillerin proteolitik bozunmasının erken başlangıcından sorumlu gibi görünmektedir. Katepsinler, lizozom adı verilen organellerde gömülü olan "asit" proteazlardır; kaslarda ve organlarda yaygın olarak bulunmaktadır. Ölümden sonra ve kasın depolanması sırasında lizozomal yıkımın bir sonucu olarak hem sitoplazmaya hem de hücre içi boşluklara salınabilmektedir. Bu enzimler, hücre ve dokuların parçalanmasına katkıda bulunmaktadır. Bazı

katepsinler, katepsinler B ve L için bir sistatin gibi bir inhibitör tarafından düzenlenmektedir. Tüm lizozomal proteazlar arasında katepsinler B (EC 3.4.22.1), D (EC 67 3.4.23.5) ve L (EC 3.4.22.15) genellikle balık kasının yumuşamasıile ilgili olduğu belirtilmektedir (Chéret ve diğ. 2006).

Yumuşama, belirli endojen proteazların hidrolitik aktivitesi (proteoliz) nedeniyle su ve et ürünlerinde ölüm sonrası bozulma yönünde atıfta bulunan önemli bir terimdir. Su ürünlerinde miyofibriller proteinler, gerekli dokusal ve duyusal özelliklerin korunmasından büyük ölçüde sorumludur. Mercan (*Pagrus major*), sazan (*Cyprinus carpio*), Meksika pisi balığı (*Cyclopsetta chittendeni*)' vb. balıkların buzlu depolaması sırasında balık kasında yumuşama bildirilmiştir. Bu süreçte miyofibriller proteindeki miyozin ağır zincir bileşeninin birincil olarak etkilendiği gözlemlenmiştir. Proteaz kontrolü ile protein yıkımlanmasının en aza indirme süreci, balık eti kalitesini uzun süre korumak için gereklidir. Depolama sırasındaki geleneksel muhafaza teknikleri (buzlama veya soğutma), surimi jelin belirli ölçülerde kalite kaybını engelleyen aynı zamanda balıkların yumuşamasını önleyen hayvansal kaynaklardan (peynir altı suyu proteini, yumurta akı, vb.) belirli katkı maddeleri kullanılabilmektedir. Araştırmalar, belirli bitki ürünlerinin (örneğin baklagil tohum unu) balık ve balık ürünlerindeki proteolitik bozunmayı daha kabul edilebilir kıldığı da bildirilmiştir. Ayrıca Miyofibriller protein yıkımının, temel belirleyicileri olarak proteolizin hızı ve kapsamının belirleyici bir faktör olduğu bilinmelidir (Singh & Singh, 2020).

Stroma Proteinleri

Balık kasındaki stroma (bağ dokusu) proteinlerinin içeriği (%1.3), memeli kasına göre daha düşüktür. Kollajen, %90'a varan bir paya sahip ana bileşendir, geri kalanı elastindir. Balık kolajeninin büzülme sıcaklığı (T_s), memeli kolajeni (60-65°C)' nden yaklaşık 45°C ile önemli ölçüde daha düşüktür. Bu sıcaklık değeri balık kasının memeli kasından daha hassas olmasına neden olmaktadır (Belitz ve diğ. 2001).

Stroma proteinlerinden kolajen proteininin bozulması, kolajen fibril düzensizliğini, moleküller arası kolajen çapraz bağlarının bozulmasını, lifler arasındaki boşluğun artmasını ve ardından kolajen bağlantısının bölünmesini (miyoseptum ve kas lifleri arasındaki bağlantı) kapsamaktadır. Kolajen normalde nispeten stabil bir protein olarak kabul edilmektedir. Buzlu depolama sırasında, ince kolajenin aşamalı olarak bozulması, kas lifi içinde myocommata dan ayrılma ile sonuçlanmaktadır. Tip V kolajenin bozulması, perisellüler bağ dokusundaki ince kolajen fibrillerinin parçalanmasına neden olarak balıkçılık/hasat sonrası yumuşamaya neden olmaktadır. Atlantik morina balığı için, 17°C' ye ulaştıktan sonra, muhtemelen bağ dokusunun

bozulması ve yüksek sıcaklık maruziyeti nedeniyle kasın hızla kısalması nedeniyle boşlukların kaçınılmaz olduğu görülmüştür. Yapının aşamalı olarak bozulması ve parçalanması, onun enzimler tarafından saldırıya uğraması ile tutarlıdır. Bu, kolajenlerin saldırıya karşı çok hassas olduğu ya da mevcut enzimlerin çok aktif olduğu anlamına gelmektedir. Dahili olarak, serin proteazlar ve katepsin L, en olası ajanlar iken, kolajen tip I, IV ve V' e karşı aktif olan hücre dışı matris kolajenazları, yıkımın başlatıcıları olarak gösterilmektedir. Genel olarak, kolajen dokuya ilk saldırı spesifik kolajenazlarla olmaktadır. İlk bölünme sağlandığında, diğer spesifik olmayan proteazlar saldırıyı takip etmektedir. Bu kapsamda Ando et al. (1992), gökkuşağı alabalığı kasının ölüm sonrası yumuşaması sırasında üç boyutlu fibriller ağda değişikliklere yol açan perisellüler bağ dokusunda kolajen liflerinin parçalandığını bildirmiştir (Singh & Singh, 2020; Hernandez-Herrero ve diğ. 2003).

Protein Olmayan Azotlu (NPN) Bileşiklere İndirgenme Reaksiyonları

Proteinlerin parçalanması sırasında oluşan protein olmayan azotlu bileşikler, balık ürünlerinin tat ve kokusunun belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Serbest amino asitler, peptitler, pürin bazları, üre ve trimetilamin oksit (TMAO) bu kimyasal grubun ana bileşenleridir. Balıkçılık/Hasat sonrası işlemler ve işleme prosesleri, biyojenik aminler, toplam uçucu bazik nitrojen (TVB-N), trimetilamin (TMA), dimetilamin (DMA) ve amonyak gibi istenmeyen protein olmayan nitrojen bileşiklerinin oluşumu nedeniyle proteinlerde değişikliklere neden olabilmektedir. Gıda güvenliği açısından bu bileşiklerin oluşumunu kontrol altında tutmak ve en aza indirmek önemlidir (Nguyen ve diğ. 2022).

Tablo 3.26. Protein olmayan azotlu bileşiklerin bazı su ürünlerindeki düzeyleri (%) (Shahidi, Seafood proteins and preparation concentrates, 1994)

Türler	Serbest amino asitler	Peptitler	Nükleoditler	Kreatin/kreatinin	Betainler	Diğerleri[a]
Uskumru	25	5	10	35	-	25
Köpek Balığı	5	5	5	10	-	75[b]
Karides	65	5	5	-	5	20
Yengeç	75	5	15	-	5	-
Kalamar	50	5	15	-	10	20[c]
Clam	35	5	35	-	15	10

[a] Amonak, Üre, Trimetilamine oksit ve amidler
[b] Birinci üre
[c] %10 oktopin içerir

Trimetilamin (TMA) ve onun N-oksit (TMAO) bileşikleri genellikle balıkçılık ürünlerinde tazelik indeksi olarak kullanılmaktadır. TMAO ve TMA den formaldehit ve amonyak üretiminin yolu Şekil 3.16' da gösterilmektedir, bunlar istenmeyen kokuların oluşumuyla ilişkilidir ve balık-

larda trimetilamin-N oksit redüktaz (TMAO redüktaz), trimetilamin dehidrojenaz (TMA dehidrojenaz), dimetilamin dehidrojenaz (DMA dehidrojenaz) ve amin dehidrojenaz gibi çeşitli enzimlerin etkisiyle indirgenmektedir. Toplam uçucu bazik nitrojen (TVB-N) ve trimetilamin-azot (TMA-N), balık ürünleri için geleneksel olarak kullanılan kalite göstergeleridir. TVB-N, bakteriler tarafından üretilen TMA, otolitik enzimlerin etkisinde türetilen DMA, amino asitlerin deaminasyonu ile üretilen amonyak ve diğerleri gibi deniz ürünleri bozulması ile ilişkili uçucu bazik azotlu bileşiklerin ölçümünün toplamını oluşturmaktadır. TVB-N de bozulma başlangıcı için üst sınır genel olarak 35 mg N/100 g değeri önerilmektedir. Ancak bazı çalışmalar, balık türlerine bağlı olarak bu değerin değiştiğini vurgulamakta ve daha düşük limitler önerilebilmektedir. TMA-N tipik olarak balık kokusuna sahiptir ve bakteriyel bozulma ve enzimatik aktivitenin neden olduğu TMAO (protein olmayan nitrojen fraksiyonunun ana bileşeni) ayrışmasıyla üretilmekte, kabul edilebilirliğin üst sınırı tipik olarak 10-15 mg TMA-N/100 g civarındadır, ancak TVB-N gibi bozulmuşluk sınır değerleri türe bağlı değişkenlik burada da söz konusudur (Tavares ve diğ. 2021). Aynı zamanda işlenmiş, hafif veya yarı korunmuş deniz ürünlerinde, bozulmaya bağlı duyusal ret seviyeleri ile ilişkili TVB-N değerleri de değişkenlik göstermektedir. Bu duruma en iyi örnek vakumla paketlenmiş soğuk tütsülenmiş dilimlenmiş somonun duyusal reddinde 100 g'da 30-40 mg TVBN miktarı tespit edilirken, modifiye atmosferle paketleme (MAP) yapılmış örneklerde 100 g' da 10-20 mg gibi daha düşük seviyelerde bu sonuç alınmıştır. Bununla birlikte, kabul edilebilir duyusal kalitede şekerle tuzlanmış ringa balığı ürünlerinde 100 g'da 75 mg kadar TVB-N öngörülmüştür. TVBN içeriklerinin değişkenliği, onu sadece son depolama ömründe balıkların tazeliğinin belirlenmesi için bir indeks olarak faydalı kılmaktadır (Venugopal, 2006).

2012/73 nolu "Balıkçılık Ürünlerine Ait Duyusal Özellikler ve Toplam Uçucu Bazik Azot Limitleri Tebliği" resmî gazetede 21 Kasım 2012 tarihinde yayınlanarak balıkçılık ürünlerine ait Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) Limitleri aşağıdaki Tablo 3.27. deki gibi belirlenmiştir (T.C Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2012).

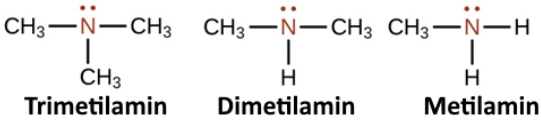
Tablo 3.27. Balıkçılık ürünlerine ait Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) limitleri (T.C Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2012)

Balık türleri	**Kabul edilebilir sınır değer**
Sebastes spp., *Helicolenus dactylopterus ve Sebastichthys capensis* türlerin ettinde	25 mg Azot/100 g
Pleuronectidae ailesine ait türlerin *(Hippoglossus spp.* hariç olmak üzere) ettinde	30 mg Azot/100 g
Salmo salar, Merlucciidae ailesine ait türler, *Gadidae* ailesine ait türlerin ettinde	35 mg Azot/100 g
İnsan tüketimi amaçlı balık yağı üretiminde kullanılacak olan tüm balıkçılık ürünlerinde (*)	60 mg Azot/100 g
(*) *Hayvansal Gıdalar İçin Özel Hijyen Kuralları Yönetmeliğinin 48 inci maddesinin ikinci fıkrasında belirtilen.*	

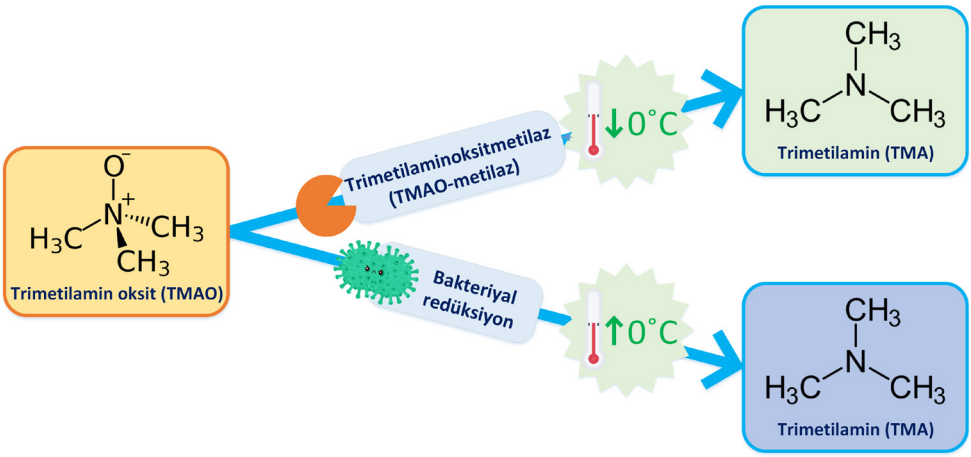
Hemen hemen tüm deniz ve bazı tatlı su balık türlerinde bulunan trimetilamin oksit (TMAO), tipik olarak bozulma bakterileri tarafından trimetilamine (TMA) indirgenmektedir. Trimetilamin, uzun süredir deniz balıklarının bozulmuş koku ve lezzet kalitesiyle ilişkilendirilen olağanüstü güçlü bir aroma bileşiği olduğu bilinmektedir. TMAO ise kokusuz bir bileşiktir. TMA genelde su ürünlerindeki bozulma süreçlerinde balığımsı kokudan sorumlu ana bir bileşiktir. Tek başına TMA genel bozulmuş su ürünlerinin kokusundan sorumlu değildir. TMA ancak dokulardaki yağlarla reaksiyona girdiği zaman bozulmuş su ürünleri kokusunu temsil etmektedir. Tatlı su balıklarındaki TMAO miktarı 0-5 mg/kg gibi önemsiz oranlardadır. TMAO, deniz balıklarında ise osmoregülasyon görevini yerine getirdiği için yoğun olarak bulunmaktadır. Alabalıklarda rastlanan TMAO ise bu balıkların yem rasyonlarında deniz balıkları kökenli hammaddelerin bulunduğunun genel göstergesidir. Endojen enzimlerin (TMAOmetilaz) faaliyetleri sonucu (0°C altındaki sıcaklıklarda) olduğu gibi saprofit bakterilerin aktivitesiyle (0°C ve üzerindeki sıcaklıklarda) TMAO, trimetilamine (TMA) indirgenmektedir. TMA, ileri derecedeki balık bozulmasında, duyusal olarak hissedilen hoş olmayan kokudan sorumlu üründür. TMAO miktarı, su ürünlerinde türe, yaşam koşullarına, derinliğe ve mevsimlere bağlı olarak değişimler gösterebilmektedir. Laktik asit bakterileri, *Aeromonas* spp., *Alteromonas* spp., çoğu *Enterobacteriaceae* spp., *Shewanella* spp. ve *Vibrio* spp. ve tüm denizel liminüsans bakterileri dahil *Photobacterium* spp. TMAO' i trimetilamine indirgeye bilmektedir. Laktik asit ile bağlantılı olan trimetilamin indirgenme reaksiyonu glikoz yıkımından köken almaktadır. Laktik asit burada hidrojen verici olarak rol oynayarak aşağıda verilen mekanizmayla asetik aside oksitlenmektedir (Howgate, A critical review of total volatile bases and Trimethylamine as indices of freshness of fish Part 1., 2019; Howgate, A critical review of total volatile bases and Trimethylamine as indices of freshness of fish Part 2., 2010; Lougovois & Kyrana, 2005; Ryder ve diğ. 2014; Summers ve diğ. 2017; Serdaroğlu & Deniz, 2001; Belitz ve diğ. 2001).

$$CH_3CHOH.COOH + 2(CH_3)_3NO + H_2O \rightarrow CH_3COOH + 2(CH_3)_3N + CO_2 + H_2O$$

Laktik asit — Trimetilaminoksit Su — Asetik asit — TMA — Karbondioksit Su



Şekil 3.14. Trimetilamin, dimetilamin ve metilamin moleküler formülü.



Şekil 3.15. TMA indirgenme mekanizması.

Balıklarda depolama süresi ile TMA içeriğindeki değişiklikler, özellikle koku ile bakteri sayısı ve duyusal skor ilişkili gelişmektedir. Reddetme limiti genellikle 100g başına 5 ila 10 mg TMA azot dur. Balık için reddetme limiti olarak 100 g başına 10 ila 15 mg TMA önerilirken ve karideslerde bu değer 100 g başına 5 mg TMA olarak dikkate alınması araştırmalarda ortaya konmuştur. TMA, mezgit türlerinde gösterge olarak iyi bir tazelik kriteri olup, ancak sonuçlar değişkenlik gösterebilmektedir. Mezgit türlerinde bile 5 mg/100g sınırına asla ulaşmazken, bazı diğer kabuklu deniz canlılarında 100 g başına 5 mg TMA değeri bozulmadan çok önce aşılabilmektedir (Sikorski ve diğ. 1990).

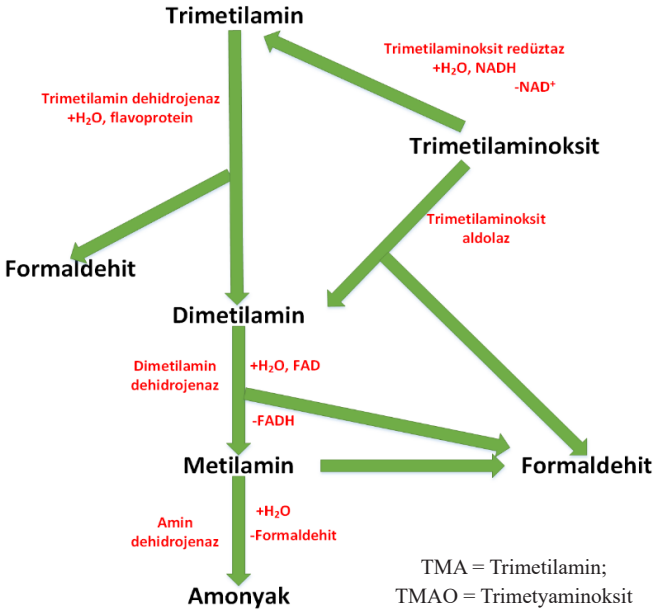
Bozulmanın ilerlemesi ile uçucu indirgen maddelerin ve uçucu bazik azotlu maddelerin (TVB-N) miktarlarında artışlar olmaktadır. Bozulmanın ileri aşamasında amonyak açığa çıkmakta, ancak bununla beraber kıkırdaklı balıklarda (Köpek balığı, Vatoz vs.) normal olarak fazla miktarda üre vardır. Bundan dolayı tazelik testlerinde diğer balıklara göre TVB-N, TMA-N değerleri daha yüksek ölçümlenmektedir.

Biyojenik aminler, serbest amino asidin enzimatik yollarla dekarboksilasyonundan oluşan ve genellikle karşılık gelen öncü amino asitlerden sonra adlandırılan düşük moleküler ağırlıklı maddelerdir. Tiramin tirozinden, histamin histidinden ve kadaverin lizinden türetilirken, spermin ve spermidin farklı şekillerde oluşturulabilen putresinden türeyebilmektedir. Bu nedenle, poliaminler putresin, spermin ve spermidin birbirine dönüştürülebilmektedir (Miller ve diğ. 2021). Yaygın biyojenik aminlerin oluşumunu şematik olarak Şekil 2.18' de gösterilmiştir. Biyojen amin' ler hakkında ki detaylı bilgi "Biyojen Aminler" başlığında verilmiştir.

Tablo 3.28. Taze ve az korunmuş su ürünlerinde spesifik bozulma organizmaları (Ryder ve diğ. 2014)

Su Ürünleri	Spesifik Bozulma Mikroorganizmaları	Oluşan Metabolitler
Taze soğutulmuş ürünler		
Çeşitli türler, özellikle TMAO* içeren ve pH'ı 6> olanlar	H_2S üreten Shewanella[a]	TMA*, hidrojen sülfür ve diğer kükürt bileşikleri, hipoksantin
Çeşitli türler, çok az TMAO içeren veya hiç olmayan ve ≤6 pH olanlar	*Pseudomonas* spp.	Amonyak, esterler, kükürt bileşikleri, ancak hidrojen sülfür oluşmaz
Modifiye atmosfer ambalajında taze, soğutulmuş ürünler		
~15 °C' nin altındaki sıcaklıklarda deniz suyun avlanan/hasat edilen TMAO içeren türler içeren	*Photobacterium phosphoreum*	TMA, hipoksantin, alkoller, ketonlar ve biyojenik aminler
Daha sıcak sulardan gelen türler, özellikle TMAO' i çok az veya hiç içermeyen türler	Lactik asit bakterileri ve *Brochothrix thermosphactab*[b]	Asetik asit, amonyak, tiramin, asetoin, diasetil, hidrojen sülfür
Tropikal tatlı su türleri	Aeromonas spp.	?
Ortam sıcaklığında saklanan taze ve hafif korunmuş ürünler	*Aeromonas* spp. *Vibrio* spp./ *Photobacterium* spp. *Enterobacteriaceae* *Enterococcus faecalis*	TMA, kükürt bileşikleri, biyojenik aminler NH_3, asetik asit, asetoin, diasetil, tiramin
Hafifçe korunmuş ve soğutulmuş ürünler Balık yumurtası dahil salamura, baharatlı/gravad ve tütsülenmiş ürünler	Lactik asit bakterileri[c] ve *Brochothrix thermosphacta* *P. phosphoreum*, Vibrio and Enterobacteriaceae[d]	Asetik asit, amonyak, tiramin, asetoin, diasetil, kükürt bileşikleri TMA, biyojenik aminler, alkoller, aldehitler, kükürt bileşikleri

[a] *Shewanella putrefaciens*, *Shewanella baltica* ve diğer yakından ilişkili H_2S üreten Gram negatif bakteriler
[b] *Brochothric thermosphacta*, oksijen içeren modifiye atmosferlerdeki ürünler için önemlidir
[c] *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus sake* ve *Leuconostoc* spp.
[d] *Enterobacter aglomerans*, *Hafnia alvei* ve *Serratia liquefaciens*' i içerir.



Şekil 3.16. Trimetilamin ve N-oksit bileşiklerinin indirgenmesi (Tavares ve diğ. 2021).

3.2.1.1.1.2. Yağ Yapıdaki Değişimler

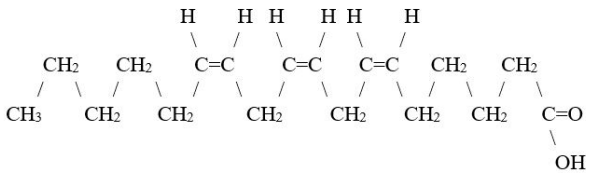
Teleost balık türlerinde bulunan lipidler iki ana gruba ayrılmaktadır; Fosfolipitler ve trigliseritler. Fosfolipitler, hücrelerdeki birim zarların ayrılmaz yapısını oluşturmaktadır, bu nedenle, genellikle yapısal lipidler olarak sınıflandırılmaktadır. Trigliseritler, genellikle bir fosfolipit zar ve oldukça zayıf bir kolajen ağı ile çevrili özel yağ hücreleri içinde, yağ depolarında enerji depolamak için kullanılan lipidlerdir. Trigliseritler genellikle depo yağı olarak adlandırılmaktadır (Huss, Quality and quality changes in fresh fish, 1995). Bu anlamda genel su ürünlerinde yağlar, fosfolipitler, steroller, trigliseritler (triaçilgliseroller yani TAG), mum esterleri, bunların küçük miktarlarda metabolik ürünlerinden ve ayrıca gliseril esterler, glikolipitler, sülfolipitler ve hidrokarbonlar gibi küçük miktarlarda olağandışı lipidlerden oluşmaktadır. Fosfolipitler ve steroller, dokuların yaş ağırlığının %0.2 ila %0.3' ü gibi küçük fakat nispeten sabit miktarlarda bulunmaktadır. Biyomembranlar da önemli bir yapısal rol oynamakta ve temel hücresel fonksiyonlara katılım göstermektedir. Kalan lipidler esasen enerji depoları ve yüzdürme için önemli kaynaklardır. Bu nedenle miktarları farklı ve değişkendir. Ortalama bir balık fosfolipit fraksiyonu yaklaşık %60 fosfatidilkolin, %20 fosfatidiletanolamin, düşük yüzdelerde fosfatidilserin ve sfingomyelin içerirken, geri kalanı ise diğer fosfolipidlerden oluşmaktadır. Omurgasız su ürünleri fosfolipitleri daha az fosfatidilkolin içermektedir. En düşük fosfatidilkolin içeriği deniz bitkilerindedir (Sikorski ve diğ. 1990).

Su ürünleri yağları öncelikle çok çeşitli yağ asitleri içeren trigliseritlerden oluşurken doymuş (SFA), tekli doymamış (MUFA) ve çoklu doymamış (PUFA) yağ asitleri olarak sınıflandırılmaktadır. Bu noktada su ürünleri yağları, memeli lipidinden farklıdır. Ana fark, çoklu doymamış olan uzun zincirli yağ asitlerinin (PUFA) (14-22 karbon atomu) %40'a kadarını oluşturmasıdır. Balıkların depo yağları beş veya altı çift bağ ile birkaç yağ asidi içerirken, memeli yağları nadiren yağ asidi molekülü başına ikiden fazla çift bağ içermektedir. Su ürünleri yağları doymamışlık derecelerine bağlı olarak iki ana PUFA ailesi vardır : ω-3/n-3 ve ω-6/n-6. Bununla birlikte, çok küçük miktarlarda ω-6, özellikle linoleik ($C_{18:2}$ ω-6) ve araşidonik ($C_{20:4}$ ω-6) asitler balık yağlarında bulunabilmektedir. Ayrıca su ürünleri yağları, eikosapentaenoik (EPA, $C_{20:5}$ ω-3), dokosapentaenoik (DPA $C_{22:5}$ ω-3) ve dokosaheksaenoik (DHA, $C_{22:6}$ ω-3) asitler gibi sağlık yararları nedeniyle tüketiciler nezdinde özel ilgi gören PUFA'ları içermekte bu anlamda tüketimleri de teşvik edilmektedir. Su ürünlerinde yağ içeriği büyük ölçüde değişkenlik göstermekte ve büyük dalgalanmalara tabidir. Bu miktar sadece türe değil, beslenme şekline, besinlerin türüne, biyolojik yapıya, olgunluk siklusu, üreme döneminde olup olmadığına, mevsimlere (soğuk ve sıcaklık farkı) vb. farklı faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Balıklardaki başlıca lipit depo alanları yine farklı tür-

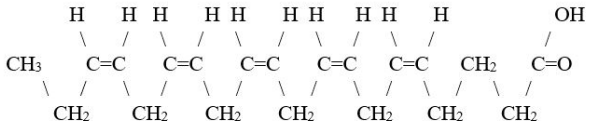
lerde değişkenlik göstermektedir. Bununla birlikte, lipidler öncelikle deri altı doku, göbek flebi, kas dokusu, karaciğer, mezenterik doku ve kafada bulunmaktadır. Yağlı balıklar da ise yağlar kaslarda (kas fibrilleri arasında) kürecikler şeklinde depolanmaktadır. Kaslardaki yağ tüm vücuda eşit olarak dağılmaz, belirli bölgelerde yoğunlaşmıştır. Baştan kuyruğa, yüzme için kullanılan kasların bulunduğu yere doğru kasta dağılan lipid miktarı azalmaktadır. Koyu kastaki lipit içeriği genellikle açık renkli kaslardan birkaç kat daha fazladır. Ayrıca kasları çevreleyen miyoseptada önemli miktarda lipid bulunmaktadır. Açık renkli kaslar ani ve hızlı yüzme gibi aktivite patlamalarından sorumluyken, koyu kas sabit, sürekli yüzme için görev yapmaktadır. Bu nedenle, hızlı hareket eden göçmen türlerin (yani ton balığı, ringa balığı, uskumru, çaça, hamsi ve sardalya gibi birçok pelajik balık) eti, morina gibi genellikle daha yavaş hareket eden türlere göre daha koyu kas dokusu ve daha fazla yağ içermektedir. Yağsız balık genellikle çoğunlukla beyaz ete sahiptir. Balık derisi, kas dokusundan daha fazla lipid içermektedir. Yağsız balığın (örneğin morina, mezgit) derisindeki lipid içeriği ortalama %0.2 ila %3.9 arasındadır. Yağlı balıkların derisinin lipid içeriği çok daha yüksektir ve %50' den fazla olabilmektedir. Diğer organlardan sadece bazı balık türlerinde karaciğer besin maddesi depolama amacıyla görev yapmaktadır. Morina balığında balık yumurtası vücut ağırlığının %27' sine kadar bulunabilmekte (mevsime bağlı olarak) ve %0.3 ila 1.5 arasında yağ içerebilmektedir. Karaciğer ise balığın vücut ağırlığının %4 ila 9' u kadar olabilirken, %70' e varan oranda lipid içerebilmektedir (Özden, Süperkritik akışkan ekstraksiyon yöntemiyle balıklardan çoklu yağ asitleri ekstraktının eldesi, 1999; Belitz ve diğ. 2001; Moradi ve diğ. 2011; Secci & Parisi, 2016; Suárez-Jiménez ve diğ. 2016).

Yağlı balıkların etleri sarı, gri, pembe veya diğer renklerde pigmentasyon gösterebilmektedir. Yağlı türlerdeki yağ küreciklerini oluşturan yağ hücreleri tipik olarak deri altı dokuda, karın kasında, yüzgeçler ve kuyruk hareketin sorumlu kaslarda bulunmaktadır. Aşırı yüksek miktarda lipit depolayan bazı türlerde yağ, göbek boşluğunda da birikebilmektedir. Çoklu doymamış yağ asitlerinin miktarına bağlı olarak, çoğu balık yağı düşük sıcaklıkta bile az ya da çok sıvıdır. Yağ kürecikleri tipik olarak kas yapısı boyunca yayılmış olarak bulunmaktadır. Yağ hücrelerinin konsantrasyonu, miyoseptuma çok yakın açık ve koyu kas lar arasındaki bölgelerde görünmektedir. Koyu renkli kaslar yağsız balıklarda bile kas hücrelerinin içinde bazı trigliseritleri içermekte, bunun nedeni ise bu kassın lipidleri doğrudan enerji kaynağı olarak metabolize edebilmesiyle ilişkilidir. Açık renkli kas hücreleri, anaerobik metabolizma için enerji kaynağı olarak glikojene bağımlıdır. Buna karşılık, çoğunlukla kabuklular (karides, yengeç, ıstakoz, kerevit) ve yumuşakçalar (çift kabuklular, kalamarlar) dan oluşan kabuklu deniz ürünleri genellikle sadece %1 ila 2 oranında lipid içermektedir (Moradi ve diğ. 2011).

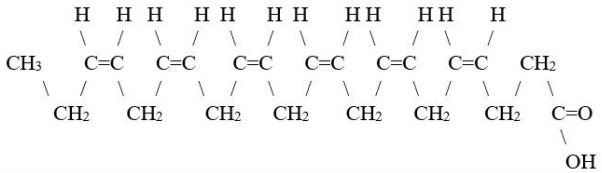
γ-Linolenikasit (GLA), $C_{18:3}$ (ω-6)



Eicosapentaenoikasit (EPA), $C_{20:5}$ (ω-3)



Docosahexaenoikasit (DHA), $C_{22:6}$ (ω-3)



Şekil 3.17. Bazı önemli su ürünleri PUFA' larının açık kimyasal yapıları (Gün ve diğ. 1996).

Ayrıca balıklar, yenen kısmındaki yağ miktarına göre de dört ana gruba ayırılmaktadır (Ahmed ve diğ. 2022):

1. Yağsız (<%2 yağ): kabuklu deniz ürünleri, mezgit, morina
2. Az yağlı (%2-4 yağ): pisi balığı, pisi balığı
3. Orta yağlı (%4-8 yağ): Avcılık somonu
4. Yüksek yağ (>%8 yağ): uskumru, çiftlik somonu, ringa balığı, palamut

Su ürünleri yağlarındaki değişimler **Oksidatif** (enzimatik veya enzimatik olmayan) veya **Hidrolitik** = **Lipoliz** (enzimatik) reaksiyonlar sonucu meydana gelmektedir. Bu reaksiyonlarla PUFA' larda meydana gelen kalite değişimleri daha çok aşağıdaki gibidir (Tavares ve diğ. 2021; Secci & Parisi, 2016);

- Kötü aroma bileşenlerinin oluşumu
- Farklı depolama koşullarında kalitenin düşmesi
- Besin değerinin kaybı
- Anti-beslenme molekülleri

Bu olaylar yağın oluşturduğu su ürünleri doku ve yapılar içerisinde meydana gelmektedir. Bu nedenle bozulan yağ aynı zamanda bulunduğu ürünün tüketilebilme özelliklerini kaybettirerek yukarda bildirilen değişimlerin meydana gelmesine sebep olmaktadır. Yağların bozulması sonucu meydana gelen denatürasyon ürünleri de aşağıdaki gibi dir;

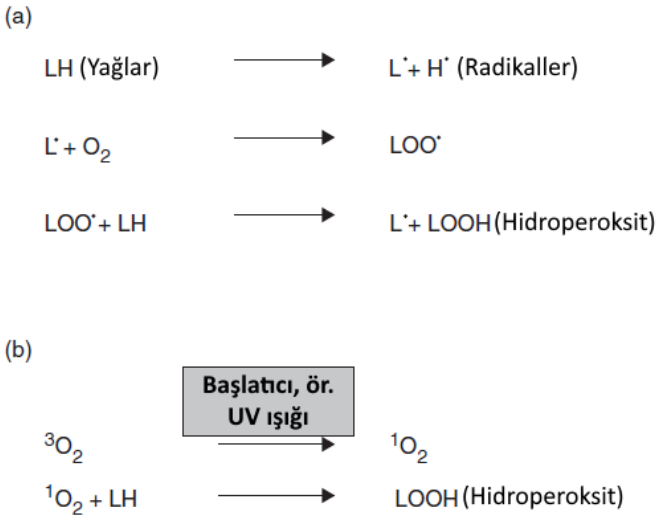
1. Asitlik oluşumu
2. Peroksit oluşumu
3. Aldehit oluşumu
4. Keton oluşumu

Oksidatif Reaksiyonlar

Yağların (lipitler) oksidasyonu, etlerinde yüksek yağ içeriği olan su ürünlerinde bozulmaya bağlı değişimlerin başlıca nedenidir. Oksidasyon tipik olarak oksijenin yağ asitlerinin çift bağlarıyla reaksiyonu ile oluşmaktadır. Yağların oksidasyonu, protein denatürasyonunu, proteinin modifikasyonunu, elektroforetik profilleri, beslenme kayıplarını ve endojen antioksidan sistem kayıplarını desteklemektedir (Magar, 2021).

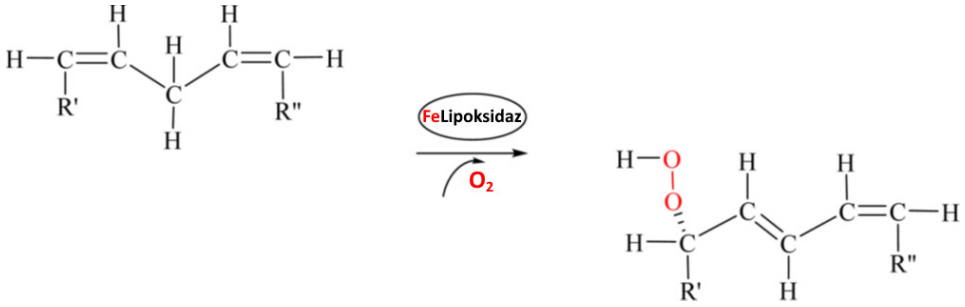
Oksidasyon yoluyla yağ bozulması, doymamış yağlar atmosferik O_2 ile temas ettiğinde meydana gelmektedir. Bu oksidatif süreç, metallerin mevcudiyeti ile ışık ve ısıya maruz kalma gibi farklı faktörlerle hızlanmaktadır. Balık yağları, bitkisel veya diğer hayvansal yağlardan daha yüksek miktarlarda uzun zincirli n-3 PUFA' lar içerdiğinden oksidatif bozulmaya karşı daha hassastır. Burada oksidasyonun iki yolu vardır (Şekil 3.18-19) (Turner ve diğ. 2006);

1. Oto-oksidasyon (a)
2. Foto oksidasyon (b)



Şekil 3.18. (a) Hidroperoksitlerin oto-oksidasyonu ve serbest radikal oluşumu. (b) Hidroperoksitlerin ışığa duyarlı oluşumu (Turner ve diğ. 2006).

Oto-oksidasyon lipoksidaz enzimi veya havanın oksijeninin etkisi ile oluşmakta ve acılaşma olarak tanımlanmaktadır. Burada, oksidasyonun oluşumunda havanın oksijeni oldukça etkilidir.



R' ve R", lipit molekülüne bağlanan karbon zincirinin geri kalanını temsil eder

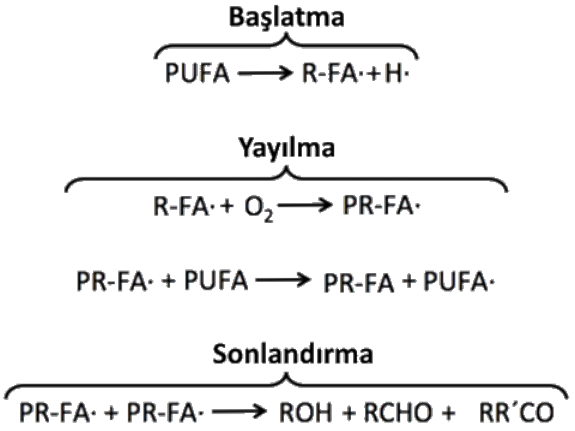
Şekil 3.19. Lipoksidaz tarafından indüklenen lipid dioksijenasyon reaksiyonu (Tayeb ve diğ. 2017).

Lipit oto oksidasyonu, doymamış lipitler ve oksijen arasındaki serbest radikal zincir reaksiyonudur. Lipid oksidasyonunun temel mekanizması üç aşamadan oluşmaktadır (Şekil 3.20) (Bortone & Mann, 2006);

1. **Başlatma:** Başlatıcıların varlığında lipitler, serbest radikaller oluşturmak için bir hidrojen radikalini kaybetmektedir. Başlatıcılar tipik olarak geçiş metalleri, ultraviyole ışık, kimyasal oksitleyiciler veya enzimlerdir.
2. **Yayılma:** Serbest radikaller, peroksitler oluşturmak için oksijen ile reaksiyona girebilmektedir. Bu peroksil radikalleri ayrıca zincir reaksiyon mekanizmasını sürdürmek için hidroperoksitleri oluşturmak üzere lipitlerle reaksiyona girmektedir.
3. **Sonlandırma:** Oto oksidasyonun son basamağı sırasında peroksil radikalleri, radikal olmayan ürünler oluşturmak üzere birbirleriyle etkileşim söz konusudur. Hidrokarbonların, aldehitlerin, ketonların, alkollerin ve ekşime ile ilişkili organik asitlerin üretimiyle oksidasyonun dışa dönük belirtilerinin ortaya çıktığı yer burasıdır. En önemli sonlandırma reaksiyonu antioksidanlar ve peroksil radikalleri arasındadır.

Oto oksidasyonun hızı farklı faktörlere bağlıdır. Bunlar; yağların doymamışlık durumu, yüksek sıcaklık, ışık ve nemdir. Bu etmenler oksidasyonu hızlandırmaktadır. Antioksidan denen bazı maddeler ise kendilerinin oksitlenmesi ile reaksiyon zincirini kırarak oto oksidasyonu önleyici etkide bulunmaktadır. Doğal antioksidan olarak tokoferoller, çeşitli fosfatidler ve aromatik hidrokarbon bileşikleri bilinmektedir. Bunun yanında bazı maddeler, kendilerinin oksitlenmesi ile oksidasyon engellemez, ancak bu maddeler antioksidanların etkilerini artırmaktadır. Bunlar ise fosforik asit, sitrik asit, askorbik asit vb.' dir.

Yağlardaki diğer yaygın oksidasyon reaksiyonu fotooksidasyondur (Şekil 3.18 (b)). Işığa maruz kalma (UV radyasyonu) ve bir duyarlılaştırıcı (UV radyasyonu ile uyarılabilen kimyasallar) mevcut olduğunda, üçlü oksijen ($3O_2$) tekli oksijene ($1O_2$) dönüştürülür, bu daha sonra lipidlerden **Hidroperoksitler**i (serbest radikal katalizli lipid oksidasyonunda ilk bozunma ürünü) oluşturmak için yağ asidi çift bağlarıyla etkileşime (bağlanır) girmektedir. Bu tip reaksiyon, gerekli aktivasyon enerjisinin düşük olması nedeniyle oto oksidatif reaksiyonlardan daha hızlı gerçekleşmekte, foto-oksidasyon ürünleri genellikle daha ileri oto-oksidasyon reaksiyonlarını başlatabilmektedir (Turner ve diğ. 2006).



PUFA: Çoklu doymamış yağ asitleri **FA:** Yağ asidi **PR:** Peroksil radikali ($ROO^{\bullet}$)

Şekil 3.20. Su ürünleri yağlarında yer alan PUFA'ların oto oksidasyonunun ana adımları (Suárez-Jiménez ve diğ. 2016).

Peroksit oluşumu yağ oksidasyonunun temel reaksiyon basamağıdır. Organik peroksitler dayanıksız (labil) bileşikler olup su girişiyle (etkisiyle) reaksiyonun alt basamaklarında peroksitlerden başka bileşiklerin oluşumuna neden olmaktadır. Peroksitlerin parçalanmaları sonucu farklı asitler, ketonlar, aldehitler ve karbonil bileşikleri yanında polimerizasyon ürünleri de meydana gelmekte, bu asitler ve karboniller balığın bozulma süreçleriyle ilişkili hoş olamayan koku ve tattan sorumludur (Varlık ve diğ. 1993).

Oksidatif değişiklikte doymamış yağ asitlerinin çift bağlarının bulunduğu yerlerde önce, çabuk ve geçici olan **Moloksit** denilen ve çok hızlı gelişen maddeler, sonra **Peroksit**, daha sonra da yağ zinciri parçalanarak iki ucunda **Aldehit** bulunan bileşikler meydana gelmektedir. Böylece yağ molekülü çift bağ yerinden koparak bir yağ molekülü iki aldehite ayrılmaktadır.

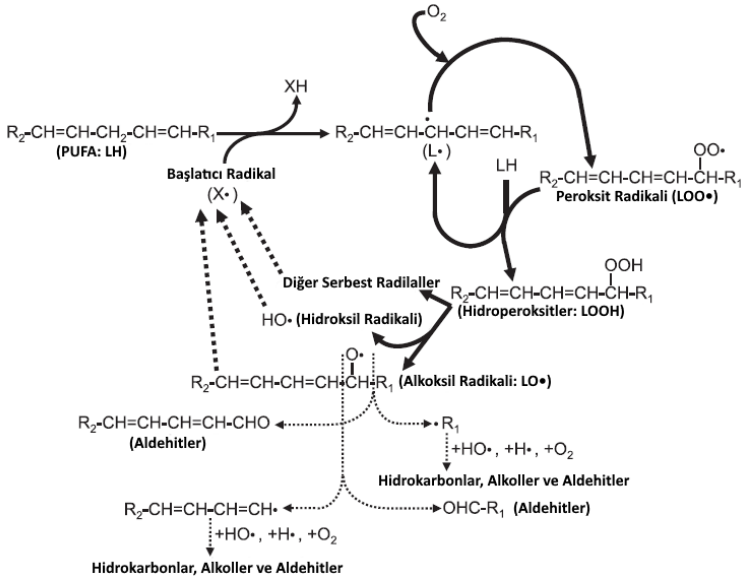
Lipid oksidasyonu, özellikle yağlı balıklarda kötü kokuların gelişmesi nedeniyle balık kalitesi için önemlidir. Geçiş metalleri, oksidasyona oldukça duyarlı olan, çoğunlukla çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA' lar) olmak üzere yağ asitlerinin çift bağları ile reaksiyona giren

oksijenden oluşan oksidasyona yol açan moleküler oksijenin birincil aktivatörleridir (Tavares ve diğ. 2021).

Oksitlenmiş yağların çeşitli hastalıkların gelişiminde çok önemli bir role sahip olduğu bilinmektedir. Özellikle diyetle alınan okside olmuş yağların ateroskleroz ile tromboz gelişimine katkıda bulunduğu ve bu etkilerin balık ürünlerinin düzenli tüketiminde oksitlenmiş yağlardan da kaynaklana bileceği bildirilmiştir (Turner ve diğ. 2006).

Normalde, lipid oksidasyonunun derecesi, hidroperoksitlerle (lipid oksidasyonunun ilk ürünleri) reaksiyonla oluşan malondialdehit (MDA) içeriğini ölçen bir tiyobarbitürik asit (TBA) değeri ile verilir. 2-4 mg MDA/kg TBA değerleri kalite sınırları içindedir. Bununla birlikte, bu değer gerçek lipid oksidasyon oranını yansıtmaya bilmektedir. Bazı durumlarda MDA balık vücudunun diğer bileşenleri ile etkileşime girebilmekte ve karbonhidratlar, furfural, alkenaller, alkadienaller, diğer aldehitler ve ketonlar ile reaksiyonları içeren ikincil metabolitler üretebilmektedir. Bu nedenle, balıklarda lipid oksidasyonu, üç farklı faz ile karmaşık bir reaksiyon zincirinden oluşmaktadır (Şekil 3.21):

1. Birincil (hidroperoksitlerin oluşumu),
2. İkincil (örneğin, hekzanal ve malondialdehit oluşumu) ve
3. Üçüncül/etkileşim bileşikleri (parçalanma ile yeni bileşikler oluşturulmakta ikincil oksidasyon ürünlerinin veya diğer moleküllerle reaksiyon yoluyla oluşan nükleofilik tip ürünler) (Tavares ve diğ. 2021).



Şekil 3.21. PUFA oksidasyonu ve uçucu bileşiklerin oluşumu için serbest radikal zincir mekanizması (Miyashita, 2019).

Peroksit ve anisidin ölçümleri, bu yan ürünlerin kaçının yağda oluştuğuna dair ölçülebilir bir gösterge sağlamaktadır. Peroksit ve anisidin ölçümleri kullanılarak hesaplanan ToTox (toplam oksidasyon) değeri, yağın tazelik seviyesinin daha net bir durumunu ortaya koymaktadır. Kural olarak, oksidasyon değeri ne kadar düşükse, su ürünlerinin içerdiği yağlar o kadar tazedir. Kodeks Alimantarius Komisyonu "Standarts for Fish Oils" standartlarına göre üst oksidasyon limitleri 5 mEq/kg ile peroksit, 20 mEq/kg anisidin ve 26 ToTox değeri ve lipoliz deki asitlik için ise 3 mg KOH/g olarak belirlemiştir (FAO WHO, 2017).

Enzimatik Hidroliz (Lipoliz)

Yağı hidrolize eden enzimlerin özellikleri az çok farklıdır. Bunlar nötral yağları, serbest yağ asitlerine ve gliserine parçalamaktadır. Canlı organizmada iken bu enzimler kontrol altında tutulduklarından vücut ve dokulardaki depolarda bulundukları zaman nötral haldedir. Ölümden sonra hücrelerin koordine edici mekanizması ortadan kalktığından **lipaz** yağlara etki etmektedir. Bu hidroliz hem aerobik hem de anaerobik şartlarda oluşabilmektedir. Hidroliz sonucu uçucu yağ asitleri açığa çıkarak karakteristik kokuyu oluşturmaktadır. Hidroliz balığın tadında ve et renginde özellikle etin kenar kısımlarında acılaşma ve sararmaya neden olmaktadır. Serbest yağ asitlerinin oluşturduğu tat değişimi aşağıda verilmiştir;

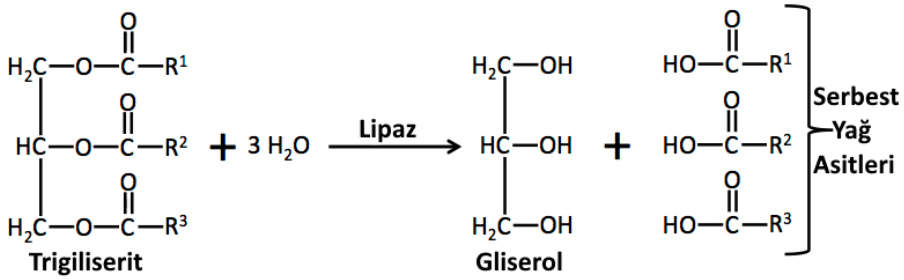
Stearik asit	iç yağımsı
Palimitik asit	nötral
Laurik asit	kuvvetli sabunsu
Oleik asit	nötral
Linoleik asit	hafif acı
Linolenik asit	kuvvetli acı

Lipazın etkisinden daha önemli etki sonradan yağa bulaşabilen mikroorganizmalarca oluşturulan **lipolitik enzimlerin** faaliyeti sonucu oluşmaktadır. Fermente balık ürünlerinde, asetik asit, propiyonik asit ve bütirik asit gibi düşük moleküler ağırlıklı uçucu yağ asitleri dahil olmak üzere triaçilgliserollerin gliserol ve serbest yağ asitlerine hidrolizini katalize eden hücre dışı lipazları üretebilen birçok mikroorganizma bulunmaktadır (Daroonpunt ve diğ. 2018).

Lipoliz, depolama sırasında su ürünlerinin yağlarında (yağ ve kas) ki süreci de yoğun bir şekilde etkilemekte ve kalitenin bozulmasının ana nedenini oluşturmaktadır. Genellikle, trigliseritlerin hidrolize edilmesinden sorumlu olan lipolitik enzimlerin etkisiyle ilişkilidir, böylece daha fazla oksidasyona maruz kalan yağ asitlerini serbest bırakmakta ve yağ acılaşmasına neden olmaktadır (Şekil 3.22). Balık kasında, ilk depolama aşamasında lipozomlardan lipazların salınması nedeniyle soğutma veya donmuş koşullarda bile lipit hidrolizinin devam edebileceği

bildirilmiştir. Ek olarak, serbest yağ asitlerinin (FFA), dondurulduktan sonra önemli ölçüde artan toplam yağ içeriğinin %10' undan daha azına karşılık geldiği bildirilmiştir. FFA oluşumu gıdanın besinsel kaybı olarak görülmese de lipidler üzerinde prooksidan bir etki yaptığı bilinmektedir. Bu nedenle, salıverilmeleri acılaşma gelişiminin başlangıcı olarak değerlendirilmektedir. Aynı zamanda FFA' ların boyutsal farklılıkları nedeniyle, trigliseritlerden daha hızlı oksidasyona uğradıkları da bilinmektedir (Suárez-Jiménez ve diğ. 2016).

Enzimatik hidroliz (lipoliz) işleminde, gliseritler lipazlar tarafından bölünerek, acılaşma ve sarkoplazmik ve miyofibriller proteinlerin denatürasyonundan sorumlu olan serbest yağ asitlerini oluşturmaktadır. Ana lipolitik enzimler arasında trigliserit lipaz, fosfolipaz A2 ve fosfolipaz B bulunmaktadır. Bunlar endojen olabildikleri gibi psikrotrofik mikroorganizmalardan türetilebile bilmektedir. Ayrıca lipoksijenazlar ve peroksidazlar gibi pro-oksidan enzimlerin varlığı lipid oksidasyonunu kolaylaştırmaktadır (Tavares ve diğ. 2021). Enzimatik ve bakteriyel faaliyetler kontrol altına alınmadığında oksidatif yağ parçalanması birtakım önlemler ile engellense de hidrolitik yağ parçalanması devam edebilmektedir. Oksidatif ve hidrolitik yağ parçalanmasının tipik örneklerini yağlı balıklarda görmek mümkündür. Özellikle karın bölgesinde sararma şeklinde görülen ilk organoleptik değişim acı tat olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 3.22. Su ürünleri yağı sistemlerinde trigliseritlerin enzimatik hidrolizinin genel şeması (Suárez-Jiménez ve diğ. 2016).

3.2.1.1.2. Mikrobiyal Aktiviteye Bağlı Değişimler (Mikrobiyal Bozulma)

Teorik olarak, bir gıdada çoğalarak yüksek bir seviyeye (bozulma tespit seviyesi) ulaşabilen herhangi bir mikroorganizma (gıda fermantasyonunda kullanılan mikroorganizmalar ve patojenler dahil) gıdanın bozulmasına neden olabilmektedir. Genellikle birkaç cinse ait bakteri türleri, çoğu gıdanın bozulmasıyla daha fazla ilişkilendirilmiştir. Mikrobiyal aktiviteye bağlı gerçekleşen bozulma süreçleri bakteri özellikleri, gıda özellikleri ve saklama koşulları tarafından belirlenmektedir (Ray, 2004). Patojenler burada gıda güvenliği yönünden önemli olmakla birlikte bu süreçte yer almamaktadır (Patojenler için bakınız Tablo 2.2, 3 ve 4).

Birçok gıda buzda (soğutucuda) veya soğutuculardа saklanmakta ve mümkün mertebe uzun raf ömrüne sahip olması beklenmektedir. Ürünler işleme ile tüketim süreçlerinde 10°C ve daha yüksek sıcaklıklara maruz kalabilmektedir. Bu sıcaklıklarda **Psikrotrofik** bakterilerin (ayrıca psikrotrofik olan birçok maya ve küf) gıdalarda bozulmaya neden olabilmesi için yeterli bir süreçtir. Gıda aerobik koşullar altında saklanırsa, **psikrotrofik aeroblar** baskın bozulmaya neden olan bakteriler olarak etkinken, anaerobik koşullarda saklanan gıdalarda (hazır gıdaların iç kısımları dahil) **anaerobik ve fakültatif anaerobik** bakteriler baskındır. Gıdaya düşük ısıl işlem uygulanırsa ve düşük sıcaklıkta saklama sırasında ısı sonrası kontaminasyona maruz kalmazsa, **psikrotrofik termodurik bakteriler** gıdanın bozulmasına neden olabilmektedir. Bazı önemli psikrotrofik aerobik bozulma bakteriler arasında *Pseudomonas* spp., *Acinetobacter* spp., *Moraxella* spp. ve *Flavobacterium* spp. ila bazı küf ve maya türleri bu grubta yer almaktadır. Önemli psikrotrofik fakültatif anaerobik bozulma bakteriler arasında ise *Brochothrix termosphacta*, *Lactobacillus viridescens*, *Lactobacillus* sake, *Lactobacillus curvatus*, tanımlanamayan *Lactobacillus* spp., *Leuconostoc carnosum*, *Leuconostoc gelidum*, *Leuconostoc mesenteroides*, tanımlanamayan *Leuconostoc* spp., bazı *Enterococcus* spp., *Alcaligenes* spp., Enterobacter spp., *Serratia liquifaciens*, bazı *Hafnia* spp. *Proteus* spp. ve *Shewanella putrefaciens* ile bazı mikroaerofilik mayalar bulunmaktadır. Bazı önemli termodurik psikrotroflar *Bacillus coagulans* ve *Bacillus* megaterium sporları gibi fakültatif anaerobları içermekte, ayrıca bazı *Lactobacillus* viridescens, *Clostridium laramie*, *Clostridium estertheticum*, *Clostridium algidicarnis*, *Clostridium putrefaciens* ve tanımlanamayan *Clostridium* spp. sporları gibi anaeroblar da grupta yer alırken düşük ısıl işlem süreçlerinden sağ kurtulabilmektedir. Çimlenme ve büyümenin ardından, hücreler düşük sıcaklıkta çoğalmaya devam etmektedir. Bir gıda 5°C'nin üzerinde sıcaklığa maruz kaldığında (nakliye veya mağazalarda teşhir sırasında olduğu gibi), bazı gerçek mezofiller de (büyüme sıcaklık aralığı 15 ila 45°C, optimum 25 ila 40°C) büyüyebilmektedir. Bununla birlikte, 10 ila 15°C' de, psikrotroflar genellikle bu mezofillerden çok daha hızlı büyüme eğilimindedir (Ray, 2004).

Bir gıdanın renginde, kokusunda ve dokusunda, mukoz veya gaz ve sıvı birikimi ile birlikte algılanabilir değişimler için, mikroorganizmaların (esas olarak bakteri ve mayalar) çoğalması ve genellikle "bozulma algılama seviyesi" olarak adlandırılan belirli seviyeye ulaşması gerekmektedir. Bozulmanın spesifik doğasına ve mikrobiyal tiplere bağlı olarak, bozulma tespit seviyesi $10^{6–8}$ hücre/g, /mL veya /cm^2 arasında değişebilmektedir. H_2S, bazı aminler ve H_2O_2 oluşumu ile ilişkili bozulma daha düşük bir mikrobiyal yükte tespit edilebilirken laktik asit ise daha yüksek bir mikrobiyal yükte oluşumu görülmektedir (Ray, 2004).

Bu grup mikroorganizmalar ürün üzerinde çoğalarak renk ve yapıda bozulmalara, hoşa gitmeyen kokuların oluşumuna ve ürünün besin değerinde kayıplara neden olmakta, miktarları 10^6/g veya cm^2 yi geçtiği takdirde bozulma belirgindir. Öte yandan patojen bakteriler çok düşük (10/g) miktarlarda da enfeksiyonlara nedendir. Balıkların bozulmasından hem **Psikrofil** hemde **Mezofil** mikroorganizmalar ve bunların genellikle **Proteolotik** karakterde olanları önemli rol oynamaktadır. Su sıcaklığının 12°C' tın altında olan sularda avlanan balıkların mikroflorasında çoğunlukla psikrofiller yer edinmiştir. Buna karşın sıcak sularda avlanan balıkların mikroflorasında mezofil mikroorganizmalar hakimdir. Bu mikroorganizmalar, balıkların (avlanmış) kaslarında uygun yaşam ve çoğalma koşulları bulduklarında, proteolitik etkileri ile kısa sürede duyusal olarak saptanabilen değişimleri oluşturmaktadır. Psikrotoleran mikroorganizmaların ortak özellikleri; 5°C ila 20°C arasında yoğun üremeleri, -0.5°C ta bile proteolotik aktivite göstermeleri, son derece hareketli oluşları nedeni ile kas dokusunda süratle yayılmaları ve bol miktarda renk, koku ve tat maddeleri üretmeleridir. Ancak bu mikroorganizmalar balık kasında belirli bir seviyede üredikten sonra renk, koku, lezzet bozukluklarına neden olurlar, bu bakımdan bunların balık etinden izole edilmiş olmalarının bir önemi yoktur. Önemli olan, psikrofil mikroorganizmaların balık etinde hangi oranda bulunduğunun tespitidir. Buna dayalı olarak balık etinin hijyenik durumu ve tazelik derecesi hakkında bilgi edinilebilmektedir. Hijyenik statü ile ilgili olarak mikroorganizmalar için belirli basamak değerler belirlenmiştir.

Bakteriyel bozulmanın ölüm sertliğinin oluşumundan sonra başladığı konusunda uzmanlar hemfikirdir. Ölüm sertliğinden sonra dokularda meydana gelen otolitik reaksiyonlar sonucu meydana gelen yumuşama bakteriyel gelişme için ortam hazırlamakta, canlı su ürünlerinin kasları genellikle steril olarak kabul edilmektedir. Canlı su ürünlerinde bakteriler derinin mukoza tabakasında, solungaç yüzeylerinde ve bağırsaklarda bulunmaktadır. Ayrıca işleme proseslerinde de kontaminasyon yoluyla mikroorganizmalar bulaşabilmekte ve bu mikroorganizmalar su ürünlerinin dokularında rigor sonrası depolama/satış şartlarına bağlı olarak hızla gelişim göstererek ürünlerin bozulmasına sebep olmaktadır. Mikroorganizmaların balık dokusuna ana giriş yeri solungaçlar olup, en çok yerleştikleri bölgeler, dolaşım sistemi ve böbreklerdir. Bunların deri ve mide-bağırsak yolu ile kaslara geçişi daha yavaştır. Önce, solungaç boşluğu, sonra böbrek ve karın duvarı bakterilerin hücumuna uğramakta, bu nedenle ilk bozulma belirtileri bu bölgelerde görülmektedir. Bakteriyel kontaminasyona en geç uğrayan kısım kuyruk bölgesi kaslarıdır.

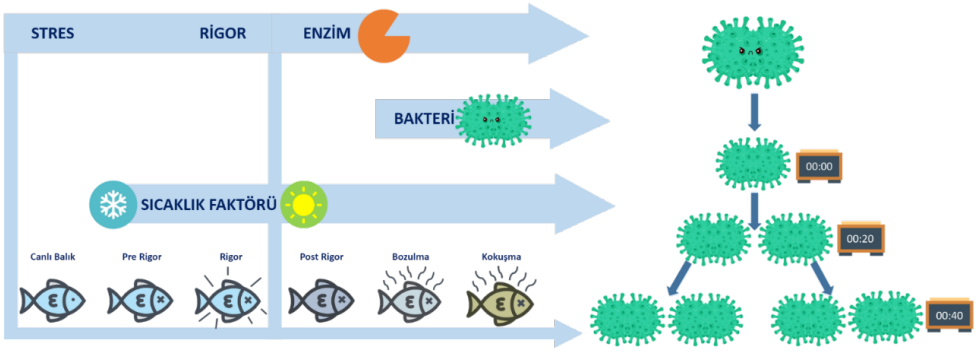
Su ürünlerinin bakteriyel flora, türe, coğrafi konuma, çevreye, suyun sıcaklığı ve tuzluluğu gibi benzeri/çeşitli faktörlere bağlı olarak farklılıklar göstermektedir. Bununla birlikte, genel

olarak, aynı tür mikroorganizmalar belirli bir coğrafi bölgeye bağlı olarak benzerlik göstermektedir (Françoise & Jean-Jacques, 2011). Aynı zamanda taze balıktaki kalite kayıplarının oluşum hızı da balığın yakalandığı suyun bakteriyolojik kalitesi, sıcaklığı, tuzluluğu, yerleşim alanlarına yakınlığı ile mevsim, elleçleme/müdahale şekli, hasat, işleme (kafa kesme, iç organ çıkarma, kesme vb.), depolama sıcaklığı gibi tüm süreçlerde izlenen prosedürlerle doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle, soğutma sıcaklığında aerobik olarak depolanan su ürünlerinin ana bozulma florasını ağırlıklı olarak *Pseudomonas*, *Photobacterium*, *Flavobacterium*, *Aeromonas*, *Shewanella*, *Acinetobacter* ve *Moraxella* gibi psikrotrofik Gram negatif türlerin oluşturduğu bilinmektedir. Bu psikrotrofik bakteriler balıktaki çeşitli besin bileşimlerine saldırarak metabolitler, kötü tatlar ve koku gibi yapıların oluşumuna etki etmektedir (Boulares ve diğ. 2013).

Psikrofil mikroorganizmalar, bakteriyel bozulmanın başlangıç döneminde görülmekte ve bozulmanın esas nedenini oluşturmaktadır. Mezofil mikroorganizmalar ise, balıkçılık faaliyetleri ile elde edilen su ürünlerine taşıma, işleme ve pazarlama döneminde kontaminasyon yoluyla geçmekte ve kokuşmaya varan değişimlere neden olabilmektedir. Bu mezofil mikroorganizmalar, diğer proteinli gıda maddelerinde rastlananların aynısıdır. Saprofit karakterli olup optimum gelişim sıcaklığı 37°C' dir.

Su ürünlerinde mikrobiyolojik kontaminasyon ise (Magar, 2021);

- Çevresel faktörlere bağlı
- Avcılık malzemeleri, güverteler, taşıma, ambalaj, işleme ekipmanlarından
- Yıkama ve temizlik sürecinde kullanılan sudan
- Hasat ve işleme süreçlerindeki çalışanlardan
- İşleme yöntemleri ve süreçlerindeki çapraz etkileşimden (çapraz kontaminasyon) kaynaklanmaktadır.



Şekil 3.23. Balıklarda mikrobiyolojik bozulma ve mikroorganizmaların çoğalması (Seafood ITO, 2000' dan modifiye).

Tablo 3.29. Gıdalarda mikrooganizma gelişimini etkileyen faktörler (Durlu Özkaya & Cömert, 2008; Varlık ve diğ. 2007)

Gıdanın Yapısı (İç Faktörler)	**Gıdaya Uygulanan Ön İşlemler**	**İşleme Teknikleri**	**Çevre Koşulları**
Gıdanın kolloidal yapısı Besin içeriği Su aktivitesi (Aw) pH Redoks potansiyeli (Eh) Antimikrobiyal bileşikler Koruyucu biyolojik yapılar Mikrobiyal flora ve yük vb.	Formülasyon Dondurma Kurutma Nemlendirme Isıl işlem vb.	İşleme yöntemleri Saklama-koruma yöntemleri Depolama koşulları vb.	Oksijen Bağıl nem Sıcaklık Işık Çevresel gazlar Gaz konsantrasyonları Gaz basıncı vb.

Tablo 3.30. Soğutulmuş gıdalarda bozulma yapan bakteri türleri (Varlık ve diğ. 2007)

Depolama Sıcaklığı	**Paketleme Tipi**	**Baskın Mikroflora**	**Spesifik Mikroorganizmalar**
0°C	Aerobik	Psikrotrofik	*Shwanella putrefaciens,* *Pseudomonas* spp., *Moraxella* spp., *Acinetobacter* spp.
0°C	Vakum paketleme	Psikrotrofik, psikrofilik	*Shwanella putrefaciens,* *Photobacteirum phosphoreum*
0°C	Modifiye atmosferle paketleme	Psikrotrofik, psikrofilik	*Laktobasiller*
5°C	Aerobik	Psikrotrofik,	*Aeromonas* spp., *Shwanella putrefaciens*
5°C	Vakum paketleme	Psikrotrofik,	*Aeromonas* spp.,
5°C	Modifiye atmosferle paketleme	Psikrotrofik,	*Aeromonas* spp.,

Su ürünleri kasları içerik olarak proteinler, yağlar, karbonhidratlar, su ve trimetilamin oksit (TMAO), üre, taurin, kreatin, serbest amino asitler ve eser glikoz vb. gibi birçok yapı ve bileşiklerden oluşmaktadır. Kalite kayıplarına ve gıda güvenliğinde sorunlara sebep olan bozulmalarda bu yapı ve bileşiklerin, taze veya yarı prezerve su ürünlerinin depolanması sırasında mikroorganizmalar tarafından üretilmektedir. Su ürünlerinde mikrobiyal gelişme ile birlikte aminler, biyojenik aminler, organik asitler, alkoller, aldehitler ve hoş olmayan kötü aromalı ketonlar üretimiyle ürün genel anlamda bozulmaktadır. Su ürünlerindeki yüksek su aktivite ve düşük asitlik (pH>6) mikroorganizmaların hızla dokularda gelişmesine neden olarak görünüm, doku, tat ve kokuda istenmeyen değişikliklere yol açarak kalitenin olumsuz yönde değişmesine sebep olmaktadır. Oda sıcaklığında *Bacillus* spp.*, Clostridium* spp.*, Escherichia* spp.*, Micrococcus* spp.*, Proteus* spp.*, Sarcina* spp. ve *Serratia* spp. ler baskın olarak görülmektedir. Preveze edilmemiş su ürünleri için bozulmaya gram negatif, fermentatif bakteriler (*Vibrionaceae* spp. vb.) neden olurken, psikrotolerant gram negatif bakteriler (*Pseudomonas* spp. ve *Shewanella* spp. vb.) soğutulmuş balıkların bozulmasından sorumludur. Su ürünleri bozulmasına ayrıca

Pseudomonas spp., *Moraxella* spp., *Acinetobacter* spp., *Shewanella putrifaciens, Vibrio* spp., *Flavobacterium* spp., *Photobacterium* spp. ve *Aeromonas* spp. gibi psikrotrofik, aerobik veya fakültatif anaerobik gram negatif bakteriler de neden olmaktadır. Balıklarda *Staphylococcus* spp., *Micrococcus* spp., *Bacillus* spp., *Clostridium* spp., *Corynebacterium* spp., *Brochothric thermosphacta* ve *Streptococcus* spp. vb. gram pozitif bakteriler de bulunmaktadır. Laktik asit bakterileri (LAB), vakum altında veya CO_2 depolama altındaki su ürünlerinde baskın tür olarak da görülebilmektedir. Mikrobiyolojik bozulma sırasında oluşan ana metabolitler Tablo 3.31' de verilmiştir. Histamin, kadaverin, tiramin ve putresin gibi biyojenik aminler, depolama sırasında mikroorganizmalar tarafından spesifik serbest amino asitlerin dekarboksilasyonu ile üretilir ve su ürünleri gıda güvenliğini ve kalitesinin olumsuz yönde etkilenmesine sebep olmaktadır (Tavares ve diğ. 2021; Magar, 2021) (Bakınız "Biyojen Aminler" başlıklı konu).

Bozulma bakterileri öncelikle ürünlerdeki fiziksel ve kimyasal koşulların bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır; Bununla birlikte, su ürünleri bozulması mikroorganizmaların yüksek sayılara (10^6-10^7 cfu/g) ulaşmasını kapsar ve farklı mikroorganizma grupları arasındaki etkileşim (antagonizma veya simbiyoz) gelişimlerini ve metabolizmalarını etkileyebilmektedir.. Depolama sırasında hem karbon hem de azot kaynaklı bileşiklerin mikrobiyal metabolizması, balık ve kabukluların bozulmasında önemli rol oynamaktadır. Şekil 3.24' de gösterildiği gibi, proteinler, özellikle yapısal proteinler, balık etinin fizikokimyasal özelliklerinde (doku, nem dağılımı, renk, su tutma kapasitesi, vb.) değişikliklere neden olan mikrobiyal proteaz tarafından peptitlere ve amino asitlere hidrolize edilmektedir. Su ürünlerindeki peptitler bakteri hücrelerine aktarılarak ardından amino asitlere indirgenebilmekte ve amino asitler sitozomda sırasıyla α-keto asitler, amonyak ve çeşitli biyojenik aminlerin üretildiği transaminasyon, deaminasyon ve dekarboksilasyon metabolizmalarına uğramaktadır. Gıdalardaki farklı amino asitler arasında, kükürt içeren amino asitlerin, dallı zincirli amino asitlerin ve aromatik amino asitlerin mikrobiyal ayrışması, kötü kokuya sahip uçucu organik bileşiklerin (VOC) üretimi ile ilgili oldukları bilinmektedir. Bozulma süreçlerine özel bakteriler, amino asitlerden amonyak, biyojenik aminler, organik asitler ve kükürt bileşiklerini, ATP bozunma ürünlerinden hipoksantin ve laktattan asetat üretimine etki etmektedir. Bunun dışında protein olmayan azotlu bileşiklerden TMA anaerobik solunumda TMAO kullanabilen bazı bakteriler tarafından üretilmektedir. Su ürünlerindeki bozulma sürecinde oluşan birçok mikrobiyal metabolitler, et ve kümes hayvalarındaki oluşumlarla benzerdir. Bununla birlikte, özellikle deniz balıkları bozulmasında, TMA karakteristik amonyak benzeri ve kötü tatlara katkıda bulunmaktadır. *Aeromonas* spp., psikrotolerant *Enterobacteriaceae*, *Photobacterium phosphoreum*, *Shewanella putrefaciens* benzeri organizmalar ve *Vibrio* spp. TMAO' i TMA' ne indirgenmesinde etkindir (Gram & Dalgaard, Fish spoilage bacteria – problems and solutions, 2002; Zhuang ve diğ. 2020).

Krustase (Crustacea-Kubuklular) grubunda mikrobiyolojik bozulma yengeç ve istakozlara nazaran karideslerde daha sık karşılaşılan bir durumdur. Bunun temel sebebi karideslerin canlı satışının yapılmamasıdır. Kabukluların etleri özellikle protein olmayan azotlu bileşiklerce zengindir ayrıca yaklaşık %0.5 oranında glikojen (karbonhidrat) de içermekte ve etlerindeki pH değeri 6' nın üzerindedir. Bu türlerde baskın flora *Pseudomonas* spp. ve diğer gram negatif çomak grubu bakterilerden oluşmakta, balıklarda görülen mikrobiyolojik aktiviteye bağlı değişimler benzer şekilde bu türlerde de gözlemlenmektedir. Kokuşma, yapışkan madde üretimi, dokularda yumuşama, renkte solma en sık görülen bozulma belirtileridir. Kabuklu eklem bacaklılara ve balıklara nazaran istiridye, deniz tarağı, midye gibi çift kabuklu yumuşakçalarda protein olmayan azotlu bileşikler daha azdır, bunun yanında glikojen (karbonhidrat) oranı %3.5-5.5 seviyelerine kadar bulunabilmekte ve pH değerleri de 6' nın üzerindedir. Kabuklu yumuşakçalar satışa veya işleme proseslerine kadar canlı tutulmaktadır. Bundan dolayı genel bozulma süreçleri işleme prosesleri sonrası olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Yine bu ürünlerde de başlıca bozulma süreçlerinden sorumlu mikroorganizma türleri benzerdir. Mikroorganizmalar soğuk depolama sırasında protein olmayan azotlu bileşikleri ve karbonhidratları indirgeme yoluyla farklı bileşiklere dönüştürmektedir. Özellikle yumuşakçalarda karbonhidrat metabolizmasıyla organik asit oluşumuyla pH düşmesi ve protein olmayan azotlu bileşiklerden de aminler, NH_3 ve uçucu yağ asitlerin oluşması laktik asit bakterileri (asit oluşumu), entrekoklar (asit oluşumu), koliformlar (asit oluşumu), *Pseudomonas* ve *Vibrio* türleri (aminler, NH_3 ve uçucu yağ asitleri) tarafından gerçekleştirilmektedir (Ray, 2004).

İşlenmiş ürünlerde mikrobiyolojik aktiviteye bağlı bozulma (Magar, 2021);

1. Kurutulmuş balık

- Tamamen kurutulmuş veya tuzlanmış ve kurutulmuş balıkların su aktivitesi düşüktür, bu nedenle bakteri üretememektedir.
- Ancak maya ve küf oluşumu önemli bir sorundur ve balıklarda tuzlama ve kurutma gibi işlemler sırasında da mikrobiyolojik değişiklikler meydana gelmektedir.
- *Aspergillus niger, Aspergillus flavus* ve *Penicillium* spp., Kurutulmuş balıklarda yaygın olarak bulunan küflerdir.

2. Dumanlamış/Fümelenmiş/Tütsülenmiş balık

- Dumanlamış/Fümelenmiş/Tütsülenmiş işlemi gram-negatif bakterileri azaltır ancak gram-pozitif bakteriler, özellikle mikrokoklar ve *Corynebacterium* türleri sıcak tütsülenmiş balıklarda bulunurken, soğuk tütsülenmiş balıklarda *Pseudomonas* spp. bozulması meydana gelmektedir.

- Dumanlamış/Fümelenmiş/Tütsülenmiş işlemleri sırasında, tütsülenmiş ürün üzeri fenolik bileşiklerle kaplanmakta bu da mikrobiyolojik yükde azalmaya neden olmaktadır.

3. Surimi

- Surimi üzerindeki mikroflora *Moraxella*, *Pseudomonas* ve *Corynebacterium*' türlerinden oluşmaktadır.

Tablo 3.31. Taze balıkların depolanması sırasında mikroorganizmalar tarafından üretilen bozulma bileşikleri (Tavares ve diğ. 2021)

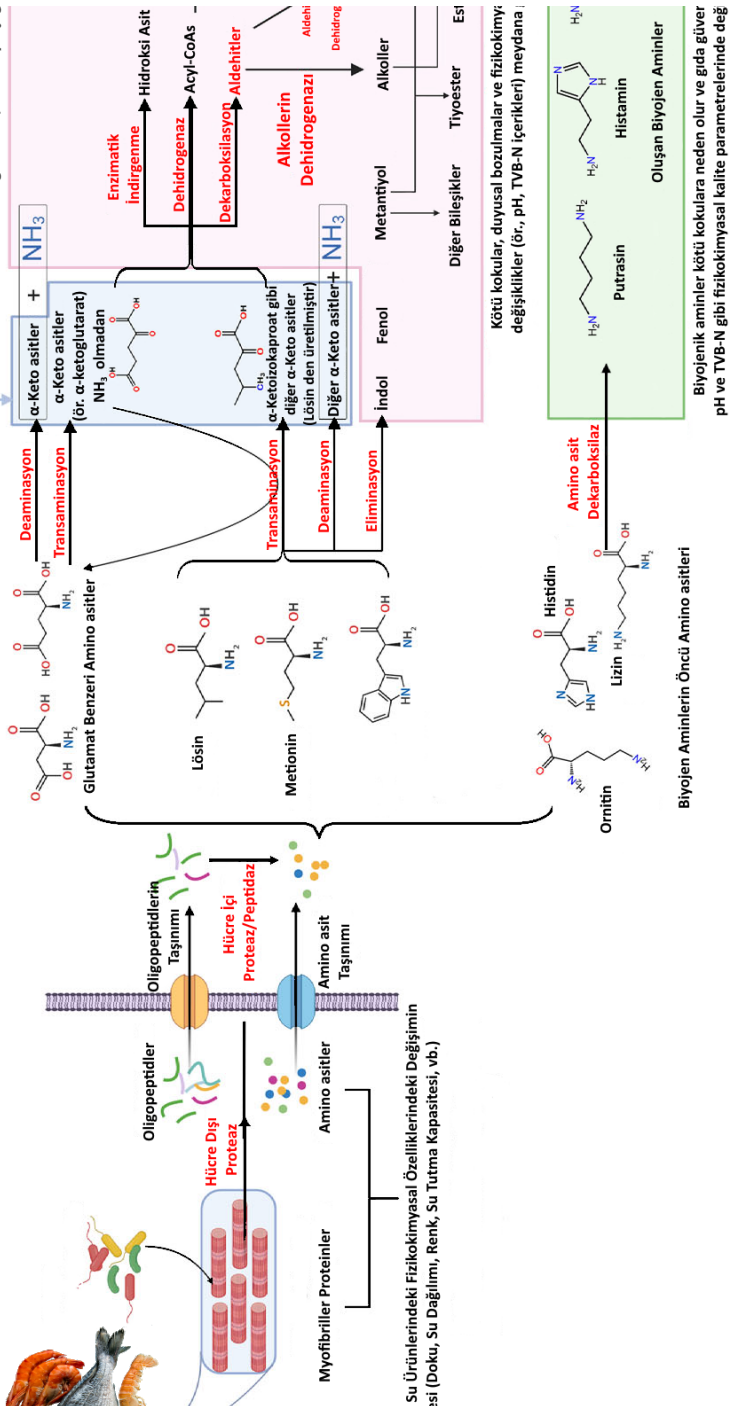
Bozulma Bakterileri	**Üretilen Bozulma Bileşik(ler)i**
Shewanella putrefaciens	TMA, H_2S, CH_3SH, $(CH_3)_2S$, Hx, ve asitler
Pseudomonas spp.	CH3SH, $(CH_3)_2S$, ketonlar, esterler, aldehitler, NH_3 ve Hx
Photobacterium phosphoreum	TMA ve Hx
Vibrionaceae spp.	TMA ve H_2S
Enterobacteriaceae spp.	TMA, H_2S, ketonlar, esterler, aldehitler, NH_3, Hx ve asitler
Laktik asit bakterisi	H_2S, ketonlar, esterler, aldehitler, NH_3 ve asitler
Maya	Ketonlar, esterler, aldehitler, NH_3 ve asitler
Aerobic spoilers	NH_3, asetik, butirik ve propiyonik asitler
Anerobik çomaklar	Ketonlar, esterler, aldehitler ve NH_3

TMA: Trimetilamin; H_2S: Hidrojen sülfür; CH_3SH: Metilmerkarptan; $(CH_3)_2S$: Dimetilsülfür; Hx: Hipoksantin; NH_3: amonyak

Tablo 3.32. Su ürünleri için numune alma planı ve önerilen mikrobiyolojik limitler (Sciortino & Ravikumar, 1999)

Ürün	**Test**	**Gramındaki Limit**	
		m	**M**
Taze ve dondurulmuş balık	Aerobic Plate Count (APC)	5×10^5	10^7
	E. coli	11	500
Önceden pişirilmiş balık	APC*	5×10^5	10^7
	E. coli	11	500
Frozen raw crustaceans	APC	10^6	10^7
	E. coli	11	500
Dondurulmuş pişmiş kabuklular	APC	5×10^5	10^7
	E. coli	11	500
	S. aureus	10^3	-
Pişmiş, soğutulmuş ve dondurulmuş yengeç eti	APC	10^5	10^6
	E. coli	11	500
	S. aureus	10^3	-
Taze ve dondurulmuş çift kabuklu yumuşakçalar	APC	5×10^5	-
	E. coli	16	-

*Agar petrisinde koloni oluşturabilen canlı mikroorganizma sayısı



Şekil 3.24. Balıklarda ve kabuklularda bozulmaya neden olan mikroorganizmaların neden olduğu potansiyel protein bozunma yolları (Şeffaf mavi alan içine alınan metabolitler, karbon metabolizması ile ilgili keto asitleri gösterir; şeffaf pembe alan içine alınan metabolitler, kötü kokuların üretimi ile ilgili bileşikler/reaksiyonlardır; kapalı metabolitler şeffaf yeşil alanda biyojenik aminleri temsil eder (Zhuang, Hong, Zhang, & Luo, 2020 den uyarlanmıştır).

Su Ürünleri için Önemli İndikatör Mikroorganizmalar

Koliform (*Esxherichia coli ve Coli aerogenes* grubu) ve Entrobacteriaceae enterik indikatörlerdir. Mevcudiyetleri ürünlerin yetersiz hijyenik koşullarda işlendiğini, insan, toprak, su veya gübre kanalıyla bir buluşma olduğunu göstermektedir. Bir gıda maddesinde toplam canlı bakteri sayısı, patojen mikroorganizmaların gelişebilmeleri için ortam koşullarının uygun olup olmadığını belirlemede, indikatör olarak kullanılmaktadır. Maya ve küf sayısı da ilgili ürün gruplarında belli bir seviyenin üzerinde olmamalıdır. Küf mevcudiyeti mikotoksin oluşum riskini de ifade etmektedir.

İndikatör mikroorganizma olarak, toplam canlı bakteri sayısı olarak gram (-) karakterli bakteriler, fekal koliformlar, fekal *Streptecocus* spp. anaerobik karakterli bakteriler, maya ve küfler tespit edilmelidir.

Bakteriyel Bozulma Nasıl Kontrol Edilir?

Bakteriyel bozulmayı geciktirmek/engellemek için bakterilerin gelişimine müdahale etme prensipleri gıdalarda önemlidir. Bunun birçok yöntem vardır, su ürünlerinde ise en önemli faktör sıcaklık kontrolü veya uygulamalarıdır. Soğutma bakteri gelişimini yavaşlatır veya indirgemektedir. Dondurma işlemi bakteri gelişimini -10°C'nin altında durdurmaktadır. Yeterli düzeyde uygulanan ısıl işlem uygulaması bakterileri öldürmekte, ısıl işlem uygulamaları dışında gelişimlerini sınırlayan veya kontrol altında tutan su ürünleri işleme veya ambalajlama yöntemi gibi ürün niteliği ve gelişebilecek mikroorganizmanın özelliklerine yönelik birçok alternatif metot vardır.

Koruma ve işleme yöntemleri genelde ham madde karakteri ve son ürün niteliğine göre seçilmelidir. Ürünlerin proses basamaklarındaki bulaşma kaynakları ve bulaşma düzey olasılıklarına göre koruma ve işleme yönetimine karar verilirken gıdalardaki hâkim mikroorganizmaların sayısal yükü veya cins-türleri, spor ya da vejetatif form durumları etkin rol oynamaktadır (Tablo 3.33) (Topal, Gıda güveliği ve kalite yönetim sistemleri, 1996).

Tablo 3.33. Su ürünlerindeki mikrobiyolojik gelişim den koruma (Topal, 1996' dan modifiye edilmiştir)

İşlev	**Koruma Faktörleri**	**Uygulanan İşlemler***
Mikroorganizmaların öldürülmesi (İnhibasyon)	Isıtma	Pastörizasyon
		Sterilizasyon
		Haşlama
	Işınlama	Radisidasyon
		Radurizasyon
		Radapertizasyon
	UV ve Mikrodalga	UV ile dezenfeksiyon
		Mikrodalga ile pişirme
	Yüksek Basınç	Yüksek basınç uygulaması
Mikroorganizmaların gelişmelerinin yavaşlatılması veya durdurulması (İnaktivasyon)	Soğukta Saklama	Soğutma
		Dondurma
	Suyu Sınırlamak	Kurutma
		Tuz ilavesi
		Şeker ilavesi
		Gliserol ilavesi
		Yukardakilerin kombineli kullanımı veya başka maddelerin ilavesi
		Liyofilize etme
	Oksijeni Sınırlamak	Vakum ambalajlama
		Azot altında ambalajlama
		Kontrollü veya modifiye atmosferde depolama/paketleme
		CO_2 altında ambalajlama
	Asitlendirme	Asit ilavesi
	Prezervatif (Koruyucu) İlavesi	İnorganik katkılar
		Organik katkılar
		Antibiyotik etki göstererek katkılar (Nisin vb.)
		Dumanlama
Mikroorganizmaların ürüne girişinin engellenmesi	Mikroyapısal Kontrol	Emülsiyonlarla
	Dekontaminasyon	Katkılarla
		Paketleme materyalleriyle
		Kimyasallarla
		Isıtma
		Işınlama (iyonize, iyonize olmayan veya X ışınları)
	Aseptik veya Temiz Koşulların Sağlanması	Süper temiz işleme
		Aseptik işleme
		Aseptik veya temiz ambalajlama
	Ambalajlama	Isıl işleme dayanıklı ambalaj
		Özel Laminasyonlarla fonksiyonu çeşitlendirilmiş ambalaj altında işleme (Sous vide vb.)

* Uygulanan işlemler bazı durumlarda kombine şekilde bir arada uygulana bilmektedir.

3.2.2. Eksojen Faktörler

Eksojen faktörler geleneksel balıkçılık faaliyetleri ile birlikte su ürünleri yetiştiriciliği (tuzlu, acı veya tatlı sularda yapılan, dünyanın birçok yerinde hızla gelişen önemli bir endüstriyel su ürünleri sektörü) de gıda güvenliği ve kalite prosedürleri açısından birbirlerine benzer süreçleri (balıkçılık/hasat, nakliye, su ürünleri işleme, depolama, dağıtım ve pazarlama vb.) kapsamaktadır. Bu anlamda birçok dış etkenin kalite ve bozunma üzerinde etkisi söz konusu olabilmektedir; Çevresel koşullar, mevsim, stres, su ürünleri çiftliklerinden hasat öncesi ve sonrası süreçler, avlanma şekli, soğutma, nakliyesi, depolaması, işlenmesi, koruyucu ilavesi, vb. (Şekil 3.2).

3.2.2.1 Çevresel Koşullar, Mevsim, Balıkçılık, Hasat Öncesi, Sonrası Süreçler ve Stres

Su ürünlerinin tutulduğu mevsim, balıkçılık yöntemi, depolama şekli ve sıcaklığı yapısal özellikleriyle birlikte raf ömrü üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Su ürünleri avlandıktan hemen sonraki sıcaklığı, teknedeki havanın sıcaklığına yavaş yavaş ulaşacaktır. Genelde havanın sıcaklığına bağlı olarak su ürünlerini etkileyen bu sıcaklık artış hızı değişkenlik göstermekte ve bu da ürün kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Teknede anında soğutma olmaması ve zayıf soğuk depolama tesisleri, otolitik değişiklikler ile taze su ürünlerinde bozulma sürecini hızlandırmaktadır. Bağırsaklardaki önemli miktardaki proteolitik enzim aktiviteleri olan hamsi gibi pelajik balıklarda karın patlaması otolitik değişikliklerin önemli bir yan etkisidir. İdeal olarak, balıkçılık faaliyetleri sonrası sıcaklığı hızla 0-2°C' ta düşürülmesi gerekmektedir. Genellikle 14-18°C' de güvertede tutulan balıkların her saat için bir günlük raf ömrü kaybı meydana gelmektedir (Venugopal, 2006).

Normalde balıklarda ana beslenme mevsiminin sonu ile gonad gelişiminin ilk aşamaları arasındaki dönemde yağ düzeyi bakımından en yüksek, yumurtlamadan hemen sonra ise yağ düzeyi en düşük durumdadır. Açık deniz balıklarındaki yağ içeriği, bazı türlerde %30' a kadar çıkabilen mevsimsel değişimler gösterebilmektedir. Yumurtlayan balıklarda, kastaki lipidlerin ve proteinlerin çoğu yumurta veya sperm için kullanılmakta, bunun bir sonucu olarak, filetolar daha yumuşak ve sulu olma eğilimindedir. Yumurtlama tamamlandığında ise balıkların tükenen protein ve enerji depolarını yenilemeleri gerekmektedir. Bu da kas glikojeninin birikmesine ve sonuç olarak daha düşük kas pH' ına yol açarak kas kalitesini olumsuz etkilemektedir. Balık dokusunun nihai pH düzeyi taze ve dondurulmuş balığın doku kalitesi üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir. Düşük pH, miyofibriller kafes üzerindeki negatif yüklerin azalması sonucu olarak suyun dışarı atılması ve filamentlerin kasılmasıyla filetoyu daha sert ve kuru hale getirmektedir. Bu, zayıf doku ve depolama

stabilitesine neden olurken, balıkta daha yüksek bir pH, dokusal sertleşme bir sorun haline gelmeden önce kabul edilemez bir lezzetin gelişimini teşvik etmektedir. Yumurtlama alanlarının yakınında somonlar doku lipitlerini yumurta ve sperm üretmek için kullanmaktadır, bu noktada protein içerikleri az ve nem içerikleri yüksektir. Bu nedenle somon hasadı için yumurtlama dönemi ne kadar uzaksa kalite o kadar iyi olmaktadır (Venugopal, 2006). Bu verilen örnekleme mevsimsel ve üreme periyotları açısından diğer balıklar içinde söz konusudur. Bu sebeple balıkların hangi dönemde beslenme yoğunluğu bakımından ve üreme süreçleri yönünden periyodlarının çok iyi bilinmesi buna göre balıkçılık faaliyetlerinin oluşturulması kalite açısından büyük önem taşımaktadır.

Habitat suyundan gelen mikroorganizmaların yanı sıra balıklar ve kabuklular, daha sonraki taşıma, işleme süreçleri, balık/karides bağırsak, işleme tesisleri ve insan kökenli farklı kaynakların mikroflorası tarafından da kontamine edilebilmektedir. Gastrointestinal sistem, balıkçılık ürünlerinde iyi bilinen bir içsel mikroorganizma kaynağıdır. *Photobacterium* spp., *Pseudomonas* spp. ve *Psychrobacter* spp. gibi deniz ürünlerindeki birçok bozulma bakterisinin, çeşitli balık türlerinin bağırsaklarında bol miktarda bulunduğu bilinmektedir. Bu nedenle, pul ve bağırsak ayıklamanın hijyenik durumu, balık etinin mikrobiyotasını ve ardından ürünlerin raf ömrü ile bozulma modellerini büyük ölçüde etkileyebilmektedir. Yetersiz hijyenik koşullar altında, endüstriyel olarak işlenmiş somon filetolarında, manuel olarak içi boşaltılmış/fileto edilmiş somonlara göre daha yüksek seviyelerde bozulma bakterisi (örneğin, *Shewanella* spp. ve *Pseudomonas* spp.) bulunabilmektedir (Zhuang ve diğ. 2020). Bu süreç endojen faktörler ile eksojen faktörlerin kalite kaybı ve gıda güvenliği noktasında birbirlerine etki edebildiklerinin temel göstergelerinden bir tanesidir.

Taze yakalanmış balık, otoliz ve bakteriyel aktivitenin bir sonucu olarak kalite değişikliklerine uğramaktadır. Zamanla bu değişikliklerin kapsamı, ürünün raf ömrünü belirlemektedir. Raf ömrü, gıdanın önceden belirlenmiş kalite özelliklerinin korunduğu maksimum süre olarak tanımlanmaktadır. Balığın soğutulmuş depolama ömrü, esas olarak duyusal değerlendirme ile belirlenmektedir. Sıcaklığın yanı sıra, soğutulmuş depolama ömrü, bileşim, lipid içeriği, mikrobiyal kontaminasyon ve mikrofloranın türü gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Ölümden hemen sonra 0°C' ye soğutulmuş soğuk su balıklarının normal raf ömrü 1-2 hafta iken, tropikal su balıkları bu sıcaklıkta biraz daha uzun süreli bir raf ömrü görülmektedir. Depolama sıcaklığı, taze balık ürünlerinin raf ömrü üzerinde derin bir etkiye sahiptir. Balığın avlandıktan hemen sonraki sıcaklığı, teknedeki havanın sıcaklığına yavaş yavaş artabilmektedir. Tropikal iklimlerde, sıcaklıktaki bu artış oldukça hızlıdır ve bu da balık kalitesini olumsuz etkilemektedir. Teknede anında soğutma olmaması ve zayıf soğuk depolama tesisleri, otolitik değişiklikler

taze balıkların bozulma hızını artırmaktadır. Otoliz ve bakteriyel bozulma nedeniyle oldukça çabuk bozulan kafadanbacaklılar ise hasattan hemen sonra tüketilinceye kadar iyi soğutulmalıdır. Buzlanma ekonomik bir koruma yöntemi olmasına rağmen, raf ömrü buzun kalitesine, buzlanma yöntemi ve saklama süresine bağlı değişkenlik göstermektedir. Kalamarın soğutulmasında narin bir yapıya sahip olan yaprak buz tercih edilmekte, bu da dokunun zarar görmesini engellemektedir. Bununla birlikte, çoğu ticari uygulamada, ayıklanmış kalamarlar dondurulmadan önce kırılmış buz ila depolanmaktadır. Kalamar önemli miktarda suda çözünür protein içerdiğinden, buzdan eriyen su, bu proteinlerin protein olmayan nitrojen bileşikleri ile birlikte yıkanması nedeniyle bulanık hale getirmektedir. Bu bileşiklerinin azalmasıyla birlikte kalamardaki nem içeriğinde yaklaşık %5 oranında bir artış gerçekleşebilmektedir. Bakterilerin etkisiyle kasın toplam uçucu bazik nitrojen içeriği 30 mg/100 g' a yükseldiğinde, kalamar peltemsi bir hal almaktadır. Kafadanbacaklılar dondurulmadan önce minimum bir süre buzda tutulması kalite korunumu açısından çok önemlidir (Venugopal, 2006).

Farklı türde teçhizat ve avlanma yöntemlerinin, avlandıktan hemen sonra balık kaslarının biyokimyasal durumu üzerinde belirli etkileri vardır. Rigor mortis, olta ile yakalanan aynı türden balıklara göre trol balıklarında daha erken başlar ve daha uzun sürmektedir. Bir solungaç ağına hapsolmuş balıkta ölüm sonrası değişiklikler ileri düzeyde olabilmekte veya yakalama ile çekme arasında geçen süreye bağlı olarak gemiye alındığında hala hayatta olabilmektedir. Aynı durum, gırgır, misina, paragat ve uzatma ağ kullanan kıyı balıkçı teknelerinde de geçerlidir (Venugopal, 2006). Bu tarz balıkçılık yöntemlerinin su ürünleri üzerinde farklı ölüm süreçleriyle ilişkili stres etkileri de farklı olmaktadır. Canlı ne kadar çok çırpınır, uzun süre ağda kalır veya av yoğunluğuna bağlı ağırlık baskısı altında kalırsa kalite kayıpları bu balıkçılık ürünlerinde o kadar hızlı gelişmektedir. Bu konuda bakınız kitabın "Rigor ve Süreçleri" nin anlatıldığı bölümler.

Yine su ürünleri yetiştiriciliğinde, hasat ve sonrası endüstriyel tesislerden/aletlerden balık yüzeyine spesifik bozulma bakterilerinin (specific spoilage organisms, SSOs) çapraz kontaminasyon ile bulaşması önemli bir endişe kaynağıdır. Hasat/sersemletme uygulaması, balığın stres koşulları ile sıkı bir şekilde ilişkilidir ve bu nedenle bozulma bakterilerinin gelişimini doğrudan (ör. balık kası pH, glikoz, laktat ve glikojen içeriğini) etkilemektedir. Genel olarak, yukarıda tartışılan depolama öncesi faktörler büyük ölçüde başlangıçtaki mikrobiyal yükü belirlemektedir. Hijyenik uygulamalar ise başlangıçtaki mikrobiyal yükü azaltması, ilk mikrobiyota yükü değiştirmesi ve böylece depolama sırasında bozulma sürecini geciktirmesi beklenmektedir. Aksine, gıda pazarlama ve üretim süreçleri açısından uygun olmayan hijyenik koşullar altında insan muamelesinin, ilk mikrobiyotanın karmaşıklığına katkıda bulunduğu ve

mikrobiyal bozulmayı önlemede zorluklara neden olduğu varsayılmaktadır. Bu nedenle, çevresel mikropların neden olduğu kirlenmeyi kontrol altına almak için etkili önlemler almak çok önemlidir. Bu önlemler, yetiştiricilik suyunun kalitesinin bilimsel yönetimini, insan taşıma uygulamalarında GMP'nin (Good Manufacturing Practice İyi Üretim Uygulaması) ve SSOP'nin (Sanitation Standard Operating Procedure, Sanitasyon Standart Operasyon Prosedürleri) sıkı bir şekilde uygulanmasını ve HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point, Kritik Kontrol Noktalarına Tehlike Analizi) sisteminin doğru kullanımını içermektedir. Bununla birlikte, balıkçılık ürünlerindeki mikroorganizmalar habitat kökeninden işleme aletlerine kadar pek çok kaynaktan gelebilmektedir. Balıkçılık ürünlerinde farklı bakteri kaynaklarının çok yönlü değişkenliklerinden dolayı mikrobiyotaya katkıları henüz tam olarak aydınlatılamamıştır. Balıkçılık ürünleri ve çevresel kaynaklar (örneğin, habitat suyu, tekne, av aletleri, kutulama, istif, buz, balık derileri, iç organlar, işleme alet ve araçları, vb.) arasındaki mikrobiyota benzerliklerini ortaya çıkarmak, başta insan olmak üzere farklı faktörlerin ilk mikrobiyota üzerindeki etkilerini değerlendirmek ve su ürünleri bozulma bakterilerinin ana kaynaklarının tespiti için gelecekteki çalışmalar teşvik edilmektedir. Bu çalışmalar, endüstriyel üretimde kritik kontrol noktalarının bulunmasında ve su ürünlerinin raf ömrünün uzatılmasında faydalı olacaktır (Zhuang ve diğ. 2020).

Çevresel etmenlerden bir diğer önemli unsurda su ürünlerinin tüm balıkçılık faaliyetleri ile yetiştiricilikte hasat sonrası, nakliye ve işleme süreçlerinde haşere tarzı ürünleri hem mikrobiyolojik hem de kendi larvaları ile kontamine etmemeleri için korunması hijyen kuralları açısından büyük önem arz etmektedir.

Et sinekleri (Saracophagidae), böcekler (*Dermestes*, *Cornestes* ve *Necrobia* spp.) ve akarlar (*Lardoglyphus* ve *Lyrophagus* spp.) gibi bir dizi böcek, özellikle güneşte kurutma sırasında su ürünlerine bulaşmakta ve ürünleri istila etmektedir. En yıkıcı haşere *D. maculatus* deri böceğidir. Hijyen prosedürlerine uygun olmayan korunaksız dumanlanmış balıklardaki kayıplarla ilgili bir vaka çalışması, kurutulmuş sardalya ürünlerindeki kayıpların ana nedeninin sinek istilası olduğunu göstermiştir (Venugopal, 2006).

3.2.2.2. Depolama Süreçleri ve İşlenmiş Su Ürünlerinde Meydana Gelen Kalite Kayıpları

FAO verilerine göre 2020 yılı dünya su ürünleri üretiminin 157 milyon tondan fazlası insan tüketimi için kullanılmaktır. Kalan 20 milyon ton ise gıda dışı kullanıma yönlendirilmiştir. Tüketim dışı ağırlıklı olarak balık unu ve balık yağı (16 milyon ton) üretiminde kullanılmıştır. İnsan tüketimine sunulan su ürünlerinde taze veya soğutulmuş ürünler %44 ile en büyük paya sahipken, bunu %35 ile dondurulmuş, %11 ila işlenmiş ve preserve ürünler ve %10' u ise kür-

lenmiş ürünlerden oluşmaktadır. Bu genel veriler işleme yöntemleri kıtalar, bölgeler ve hatta ülkeler arasında bile önemli ölçüde farklılıklar göstermektedir. Asya ve Afrika' da tuzlama, dumanlama, fermantasyon veya kurutma yoluyla işlenen su ürünleri üretiminin payı dünya ortalamasının çok üzerindedir. Avrupa ve Kuzey Amerika'da insan tüketimi için kullanılan su ürünleri üretiminin yaklaşık üçte ikisi dondurulmuş, tüketime hazır ve preservasyon işlemleri uygulanmış formlardadır (FAO, 2022).

Tablo 3.34. İşleme tekniklerinin mikroflora üzerine etkileri (Topal, Gıda güveliği ve kalite yönetim sistemleri, 1996)

Uygulanacak İşleme Türleri*	**Gıda Türleri**	**Beklenen Etki**
Yıkama Temizleme	Bütün işlenmemiş ürünler	Mikroorganizma yük azalması
Antimikrobiyal malzemelerle yıkama/daldırma	Yapısal olarak bu işleme uygun gıdalarda	Belirli mikro organizmaların eliminasyonu
Soğutma (<10°C)	Bütün gıdalar	Bozulma yapan mikroorganizma gelişimlerinin yavaşlaması
Dondurma (<-10°C)	Bütün gıdalar	Bütün mikroorganizmaların gelişimlerinin durması
Pastörizasyon (60-80°C)	Konserve ve ısı stabilitesi olan ambalaj içindeki gıdalar	Isı toleransı çok yüksek olmayan (spor oluşturmayan) mikro organizmalar eliminasyonu veya in aktif hale getirilmesi
Ön Haşlama (60-80°C)	Haşlama niteliğine uygun gıdalar (karidesler vb.)	Vejetatif bakteriler, maya ve küflerin eliminasyonu
Isıl Sterilizasyon (≥121°C 1 atm basınç)	Konserve veya ısıl işlemle sterilizasyon uygulanabilecek ambalajda bulunan gıdalar	Bütün patojenik ve sporsuz bakterilerin öldürülmesi
Kurutma	Meyve, sebze, et ve su ürünleri	a_w<0.60 indirilmesi ve mikroorganizma gelişiminin durdurulması
Tuzlama	Sebze, et ve su ürünleri	%10 seviyelerine ulaşan tuz konsantrasyonu ile birçok mikrobiyal gelişimin inhibe edilmesi
Şeker İlavesi	Değişik gıdalar (reçel, marmelat, gravlaks, vb.)	a_w<0.70 seviyelerine indirgenerek mikrobiyal gelişimin inhibe edilmesi
Asitlendirme	Çeşitli gıdalar	Kullanılan asit cinsine bağlı olarak mikrobiyal gelişimin inhibe edilmesi
Işınlama	Çeşitli gıdalar	Uygulanan doza bağlı inhibasyon veya eliminasyonun gerçekleşmesi

* Uygulanan işleme teknikleri gereklilik durumlarına göre kombine şekilde bir arada uygulana bilmektedir.

Depolama öncesi faktörlerle karşılaştırıldığında, sıcaklık, atmosfer ortamı, paketleme ve koruyucular gibi saklama koşulları, depolama içindeki mikrobiyota ardıllık sürecini esas olarak etkilerken, ilk bakteri florası üzerinde daha az etkiye sahiptir. Depolama sıcaklığı, mikrobiyal florayı etkileyen en yaygın faktörlerden biridir ve tür nezdinde önemli mikrobiyota yoğunluğu değişikliklerine neden olabilmektedir. Depolama sıcaklığı dışında, çok sayıda kalite parametrelerindeki değişkenlikler tüm depolama boyunca mikrobiyal büyüme üzerindeki sürekli etkileriyle su ürünleri mikrobiyotasındaki ardıllığı etkileyebilmektedir (Zhuang ve diğ. 2020).

Soğutma süreci içinde yer alan soğuk depolama yöntemi üretimden tüketime kadar olan zincirin her aşamasında kullanılması genelde zaruriyet arz etmektedir. Soğutma derecesi ne olursa olsun depolama, sıcaklığa bağlı kalmak ve farklı üretim partisini tanımlayabilmek için çok önemlidir. Ayrıca soğuk zincirin her aşaması, ürünlerin soğuk taşıma süreci ile başlayacak ve sona erecektir. Ayrıca kalite kayıplarının minimize edilmesi için ürünlerin tüm satış koşullarındaki soğutma yönünden sıcaklık stabilitesi de büyük önem taşımaktadır. Benzer durumlar dondurma, donmuş ürünlerin depolaması ve satış koşulları içinde geçerlidir. Su ürünlerinin bozulması mikroorganizmaların ve enzimlerin faaliyetleri ile doğrudan ilişkilidir. Bunların faaliyetleri ise sıcaklıklardan etkilenmekte ve optimum sıcaklık aralıklarında faaliyetleri maksimum düzeylerde gerçekleşmektedir. Bu nedenle, su ürünleri soğutularak veya dondurularak kalite kayıpları ile ürünlerin bozulmasına sebep olan mikroorganizmaların büyümesi ve enzimlerin aktivitesi engellene bilmekte, biyokimyasal reaksiyonlar yavaşlatılarak uzun süreli yüksek kaliteli ürün depolaması sağlanabilmektedir. Kutulama (plastik, strafor, vb.) işlemi su ürünlerinin teknede depolanması için en uygun yöntemi sunmaktadır. Aynı boy ve türdeki su ürünleri genellikle aynı kutulara konmakta böylece kutu içindeki ürünler buzlanarak (kapaklı veya kapaksız) üst üste zarar görmeden istiflenebilmektedir. Daha sonra kullanılmak üzere ortam sıcaklıklarında saklanan buzun su ürünleri üzerinde olumlu etki yapabilmektedir. Böyle ortamlarda soğutma amaçlı buzun yapısına (yaprak, kırılmış buz vb.) bağlı olarak yüzeyinde %12-20 oranında su oluşabilmektedir. Burada ki su yalnızca ısı transferini iyileştirmek ve su ürünlerini nemli tutmak için yararlıdır. Erime ve kötü kullanımdan kaynaklanan su kaybını telafi etmek için su ürünlerine yaklaşık %12-20 ekstra buz eklenmesi tavsiye edilmektedir. Teknelerde yaşanan genel kalite kaybı problemleri: yüzey oksidasyonu, ekşime, karın patlaması, kan, yağ, balçık vb. durumların oluşumudur. Soğutmada gecikme ve su ürünlerinde yüksek sıcaklığa bağlı olarak kalite kayıpları, ambar depolaması sırasında sıcaklığa bağlı olarak dökme balıklarda anaerobik koşullarda amonyak vb. kalite değişimleri de meydana gelebilmektedir (Venugopal, 2006).

Soğutma

Taze su ürünleri tipik olarak sıcaklığı yaklaşık 0°C'de tutan yaprak buz ile nakliye edilir ve bu buzun üzerinde pazarlanmaktadır. Tazelik ve kalite soğutma (soğutuculardа veya buzda) ile korunabilmektedir, ancak bu şartlar bakterileri öldürmez veya yok etmez ya da enzimatik aktiviteyi durdurmamaktadır. Çoğu biyolojik bozulma süreci soğukta depolama sırasında yavaşlamaktadır. Bu hem enzimatik faaliyetlerde hem de mikroorganizma gelişiminde yavaşlamayla meydana gelmektedir (örneğin morina balığında hidroliz 20°C'de göre 0°C de üç kat daha yavaş olmakta). Bu sıcaklıklarda ise psikotrofik bakteriler 0°C civarında daha

etkin gelişim göstermekte ve düşük sıcaklıklarda bile gıdayı hızla bozabilmektedir. *Shewanella putrefaciens*' in 0°C'deki büyüme hızı, optimal büyüme sıcaklığındakinin sadece onda birinden daha azdır. Örneğin daha soğuk su balıkları ve kabuklu deniz ürünleri *Shewanella putrefaciens*' i mikrofloralarında bulundurduğundan daha sıcak sulardan gelen su ürünlerinden daha hızlı bozulma süreçleri gösterebilmektedir. Aynı durum soğuk su karidesi, sıcak su karidesinde de söz konusudur. Su ürünlerinde ölümden sonra mümkün olan en kısa sürede soğutma işlemine başlanmalıdır. Gökkuşağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) raf ömrü, buzlanması yakalandıktan hemen sonra yapılması ila 4 ve 8 saat geciktirilmesinde sırasıyla 9-11, 5-7 ve 1-3 güne kadar düşmektedir. İstenen raf ömrünü sağlamak için, tüm nakliye ve depolama süresi boyunca yeterli soğutma sağlanmalıdır. Balıkçı gemilerinde, geleneksel buz uygulamasına ek olarak, soğutulmuş deniz suyu (tuzlu suya buz eklenerek yapılır) ve mekanik olarak soğutulmuş deniz suyu (RSW) ila soğutma genelde uygulanmaktadır. Bu yöntemlerin su ürünlerini normal buzdan daha iyi soğuttuğu ve bozulma süreçlerini geciktirdiği kanıtlanmıştır. Bu işlemdeki önemli bir dezavantaj kısmi bozulma meydana gelen ürünlerde, gelişen mikroorganizmalar ile bozulma depolama boyunca artarak yayılacaktır. Bu da bu sıvı soğutma yönteminin önemli bir problemidir. Bu noktada içine CO_2 enjekte edilen RSW' nin çok daha etkili olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, CO_2 ile modifiye edilmiş RSW, donmuş depolama sırasında tuz emilimini ve acılaşmayı artırarak balıkta duyusal değişiklikleri indüklemektedir. Sıvı buz olarak da bilinen "Slurry Ice" ise son zamanlarda daha fazla kullanım olanakları ve alanları kendine bulmaktadır. Daha yüksek ısı değişim kapasiteleri nedeniyle, bu su-buz sistemleri, sıfırın altındaki sıcaklıklara daha hızlı ulaşabilmekte aynı zamanda balıkları oksidasyon ve dehidrasyona karşı korumaktadır. Bazı durumlarda buz bulamaçlarının (Bulamaç buz; su ve donma noktası düşük solüsyonun [salamura, şeker, vb.] oluşturduğu akışkan mikrokristal yapı) etkinliğini artırmak için farklı katkılarda eklenebilmektedir. Doğal antioksidanlar, ozon ve organik asit kombinasyonları bu maddelere örnektir. Bunun yanında unutulmamalıdır ki akışkan buz bulamaçları yaprak buzdan daha fazla küresel parçacıklara sahiptir ve bu da daha az fiziksel hasara sebep olmaktadır. Buz bulamacında su ürünleri depolandığında bozulma oranı önemli ölçüde yavaşlarken, çipura gibi bazı balık türlerinin tuzlu su bazlı bulamaçta tutulduğunda bulanık göz oluşumu sergilediği ve bunun balığın görünümü ile algılanan kalitesini olumsuz etkilediği bildirilmektedir. Bu durum muhtemelen, mevcut birçok buz bulamaç sisteminde çalıştığı sıfırın altındaki sıcaklıklarda gözdeki bir bileşeninin çökelmesinden kaynaklanmaktadır. Deniz suyundan üretilen buz bulamacı, pelajik balıklar gibi bazı balık türlerinin uzun süreli depolanması sırasında da tuz alımı sorununa yol açabilmektedir. Bu buz çeşidinde zorluklar, her bir balık türü için en uygun soğutma ve depolama koşullarını belirlemek ve ardından buz bulamacının hem sıcaklığını hem de tuzluluğunu her

uygulama için ideal seviyeye doğru bir şekilde kontrol edebilen bir sistemi tasarlama yönünde olmaktadır (Fotoğraf 3.16) (Wang M.-J. , Slurry systems worldwide work for nearly all major seafood species, 2010; Rumape ve diğ. 2022).

Su ürünlerinde soğutma hızı, yalnızca oksidasyon ve bozulma açısından değil, aynı zamanda tekstür açısından da nihai ürünün kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Rigor mortis sırasında balığın kırmızı kası %52' ye kadar, beyaz kası ise %15'e kadar kasılabilmektedir. Balık rigor mortis' e girmeden sıfıra yakın veya 0°C' in altındaki bir sıcaklıkta soğutulduğu durumlarda rigor süreci Ca metabolizması bozularak daha uzun süreli bir rigor süreci sağlanabilmektedir (Rumape ve diğ. 2022). Soğutma süreçlerinde fiziksel ambalaj koruması sağlanmazsa özellikle fiziksel değişimler ya da kayıplar ortaya çıkabilmektedir. Fiziksel değişimlerde, çözünmüş maddeleri içeren (hücre sıvısı) su kaybı ilk sırada yer almakta ve kalite parametrelerine etki etmektedir (Baygar & Varlık, Soğutma teknolojisi, 2011).

Su ürünlerinde soğutmanın başlıca kullanım alanları (Baygar & Varlık, Soğutma teknolojisi, 2011):

- Yeni avlanmış balıkların deniz ya da karada nakli,
- Yeni avlanmış balıkların daha sonra işleme için kısa süre depolanması,
- Dondurma işleminin ön prosesi için balığın ön soğutma uygulaması,
- İşleme sonucu meydana gelen ara ürünlerin kısa süre depolanması,
- Farklı işlenmiş ürünlerin depolanması ve pazarlama süreçlerinde satışa sunumunda uygulanmaktadır.

Artan et kalınlığına göre balığın depolanmasında aşağıdaki değişimler ortaya çıkmaktadır (Baygar & Varlık, Soğutma teknolojisi, 2011):

- Doku suyu kaybı
- Dokunun yumuşaması
- Ezilmiş bölgelerde kan akışı ve doku parçalanmaları
- Fiziksel bozukluklar

Soğuk depolamada su ürünlerinin kalitesine etki eden faktörler iki grup altında toplanmaktadır (Baygar & Varlık, Soğutma teknolojisi, 2011):

1. Dış faktörler;

a. Soğutma ortamının karakteri (hava, azot vb. diğer gazlar veya buzlu su oluşu, vb.)
b. Soğutma ortamının sıcaklığı
c. Soğutma ortamının olumsuzlukları (gıdanın etrafında hızla gelişen sıcak noktalar veya ortamın sürekli sirkülasyon yapmadığı hallerde yavaş soğuma)

d. Ambalaj veya taşıyıcının geometrik şekli

e. Gıdanın içinde olduğu ambalaj veya taşıyıcının dolum ağırlığı

f. Sıcak gıdanın ve soğutma ortamının sıcaklıkları arasındaki fark

g. Ambalaj veya taşıyıcının boyutu

h. Ambalajın kapatılmış olup olmadığı

2. İç faktörler;

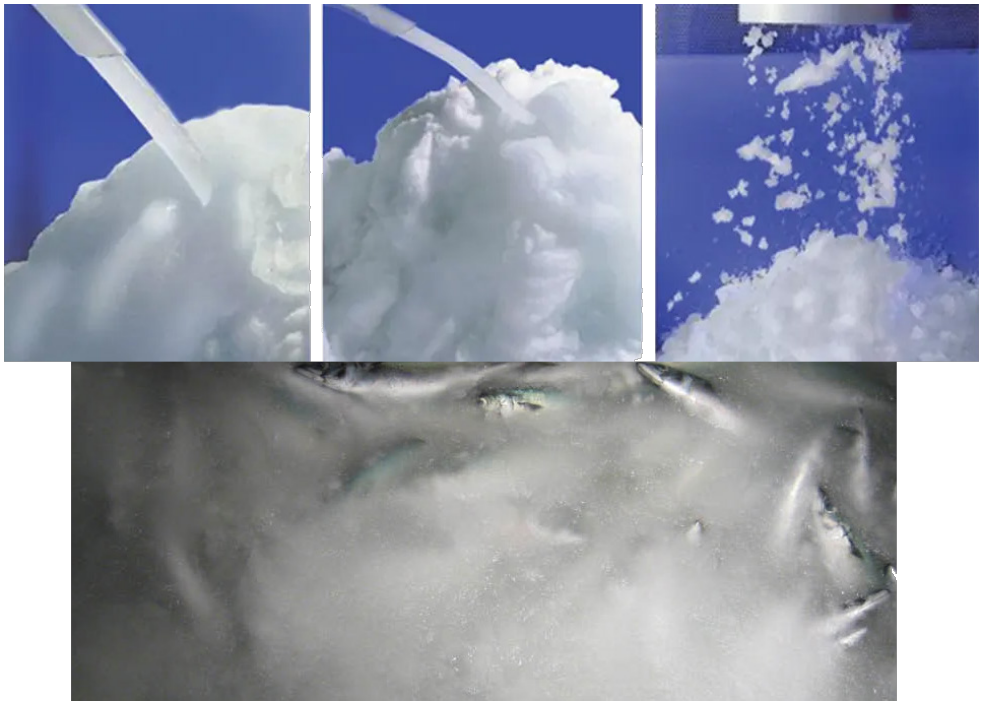
a. Ürünün ısıl geçirgenlik ve sıcaklık kapasitesi

b. Ürün Yoğunluğu

c. Ürün depolama başlangıç sıcaklığı

d. Ürün kütle ve toplam hacim

e. Ürün nem içeriği



Fotoğraf 3.16. Değişken durumlu buz bulamaç sistemleri, aktarılan bulamacın hem buz fraksiyonunu hem de tuzluluğunu kontrol ederek çeşitli tutarlılıkta ürün görünümleri (Wang M.-J. , Ice slurry is preserving product freshness around the world, 2010; Wang M.-J. , Slurry systems worldwide work for nearly all major seafood species, 2010).

Tablo 3.35. Soğutmaya bağlı taze balık depolamalarında balıklarda bozulma hızını etkileyen temel faktörler (Huss, Quality and quality changes in fresh fish, 1995)

Bozulma Hızını Etkileyen Faktörler	**Oransan Bozulma**	
	Hızlı	**Yavaş**
Boyut	Küçük balık	Büyük balık
Post mortem pH	Yüksek pH	Düşük pH
Yağ miktarı	Yağlı türler	Yağsız türler
Deri	İnce deri	Kalın deri

Tablo 3.36. Farklı sıcaklıklarda depolanan balık ürünlerinin tahmini raf ömürleri (gün) (Huss, Quality and quality changes in fresh fish, 1995)

Buzda Raf Ömrü	**Soğuk Depolamada Raf Ömrü**		
0°C	**5°C**	**10°C**	**15°C**
6	2.7	1.5	1
10	4.4	2.5	1.6
14	6.2	3.5	2.2
18	8	4.5	2.9

Tablo 3.37. Buz içerisinde saklanan deniz balıklarında meydana gelen değişimler (Baygar & Varlık, Soğutma teknolojisi, 2011)

Bozulma Zamanı	**Balık Etindeki Değişimler**	**Organoleptik Değişimler**	**Mikroorganizma Sayısı**	**Kimyasal Değişimler**
0-5. gün	Ölüm sertliği, ATP→İnosin, TMA'da yükselme	Deri, solungaçlar ve gözler parlak; doku sert	10^2-10^3	TMA<1-1.5 mg/100g
5-10.gün	Hissedilebilir bakteriyal gelişme; Hipoksantin oluşumu, TMA-O→TMA, NH_3 artışı	Deri ve solungaçlar solmuş, gözler mat, dokuda yumuşama, balığımsı koku	10^3-10^6	TMA<5 mg/100g TVB-N<15 mg/100g
10-14. gün	Bakteriyel gelişimin ete yayılması, Hipoksantin→ Ksantin, ürik asit artışı, TMA da hızlı artış, TVB-N de artış	Solungaçlar renksiz, gözler çökmüş, deri rengi açıklaşmış, balık etinde yumuşama, balığımsı koku artışı	10^6-10^8	TMA=10 mg/100g TVB-N=20-30 mg/100g
>14.gün	TVB-N de hızlı artış, TMA deki artış fazla, fakat durma aşamasında, Proteoliz başlamıştır	Gözler solmuş ve çökmüş, Solungaçlar renksizleşmiş, yumuşamış balık eti, kokuşma	10^8	TMA>10 mg/100g TVB->30mg/100g H_2S ve İndol oluşumu (hissedilir oranlarda)

Tablo 3.38. Bazı taze ve işlenmiş su ürünlerinin soğukta depolanabilme şartları (Baygar & Varlık, Soğutma teknolojisi, 2011)

Balık Cinsi	Depolama Sıcaklığı (°C)	Bağıl Nem (%)	Süre (Gün)
Mezgit	0/1	95-100	10
Ringa	0/2	80-90	10
Uskumru	0/1	95-100	6-8
Orkinos	0/2	95/100	14
Sardalya	0/2	95/100	5-8
Hamsi	0/2	95/100	5-8
Morina	0/2	95/100	14
Berlam	0/2	95/100	14
Kalkan	0/1	95/100	24
Dil	0/1	95/100	29-30
Tekir	0/1	95/100	29-30
Çipura	0/1	95/100	29-30
Karagöz	0/1	95/100	29-30
Mercan	0/1	95/100	29-30
Yayın balığı	0/1	95/100	15
Çaça	0/1	95/100	3
Tuzlanmış yağsız balık	-2	80/85	10 ay
Tuzlanmış ringa balığı	-2	90/95	12 ay
Havyar	-3/-2	85/90	3 ay
Tarama	-4/-2	85/90	6 ay

Duyusal olarak buzda depolanan balıkların pişirilme testleriyle balıklarda ki bozulma süreci 4 aşamada karakterize edilmektedir;

1. **Aşama:** Balık eti tazedir, kendine has lezzetli bir tat vardır. Yosun kokusu ve biraz metalik tat gösterebilmektedir.

2. **Aşama:** Karakteristik tatta kayıplar söz konusudur. Nötr karakterde ve doku iyidir.

3. **Aşama:** Bozulma belirtileri görülmeye başlamıştır. Balık türlerine göre farklılık gösteren hoşa gitmeyen kokular oluşmakta, tat değişimlerinin kötü yönde gelişim sürecinde özellikle yağlı balıklarda lezzet kayıpları, ekşi hafif acımsı ve meyvemsi ekşi tatlar gözlemlene bilmektedir. Bu süreçte tatlımsı, lahana benzeri, amonyağımsı, sülfürlü ve acı kokular yaygınlaşmakta aynı zamanda doku ise yumuşak, sulu veya sert, kuru özellikler türe göre gösterebilmektedir.

4. **Aşama:** Balık bozulmuş ve kokuşmuş olarak tanımlanmaktadır.

Soğutma sürecindeki taze su ürünlerindeki kalite kayıpları ve bozulmaya etki eden değişimler işlenmiş ürünlerde de bazı farklarla aşağıdaki süreçlerden etkilenmektedir;

- Post mortem süreçteki kaslardaki enerji düzeyinden
- Otoliz ve nükleotit yıkımlanmasından
- Proteolitik enzimlerin aktivitesinden
- Bakteriyolojik flora, kontaminasyon ve bunların çoğalmasından
- Biyokimyasal yıkımlanmadan
- Yağların oksidasyonu ve hidrolizinden

Tablo 3.39. Taze ve soğutulmuş su ürünlerinde kaliteyi/bozulmayı etkileyen faktörler ve kontrolü (Baygar & Varlık, Soğutma teknolojisi, 2011)

Kalite/Bozulmayı Etkileyen Faktörler	Kaliteye Olumsuz Etkisi	Kalitenin Korunumu
Canlı materyalde stres	Balıkçılık/Hasat faaliyetlerine bağlı stres (çırpınma, aç kalması vb.), güneşe, hava akımlarına doğrudan maruz kalma ve nakliye sırasında elle müdahale yapılması	Hızlı soğutma (0/+2°C), avlama ve balıkçılık/hasat sürecinin stresi minimize edecek şekilde optimize edilmesi
Rigor mortis süresi	Rigora giriş ve kalış süresinin kısa olması	Balıkçılık/Hasat faaliyetleri müteakip hızla soğutma ve olumsuz dış faktörlerden koruma
Enzim akvitesi	Enzim aktivitesine bağlı dokuda yumuşama/gevşeme, karın kısmında yırtılma (patlama), renk ve tat değişimleri	Hızlı soğutma veya -18°C' in altında dondurma
Bakteri	Kontaminasyon, bakteri gelişim ve yüküne bağlı olarak renk, koku ve tat değişimleri ile enfeksiyon veya entoksikasyon oluşması	Mikroorganizma kontamisayonu ve eliminasyonuna yönelik önlemlerin alınması, hızlı soğutma veya -18°C' in altında dondurma
Balıkçılık/Hasat faaliyetleri sonrası işlemler	Balıkçılık/Hasat faaliyetlerinde ürünlerin hırpalanması	Balıkçılık/Hasat sonrası uygulanacak işlemlerde fiziksel etkenlerin minimize edilmesi

Dondurma

Su ürünlerinin dondurularak saklanmasının amacı, raf ömrünü uzatmak bu süreçte bozulmaya neden olan mikrobiyal ve enzimatik aktiviteyi sınırlamaktır. Dondurulmuş gıdaların saklanması için genel tavsiye edilen depo sıcaklığı -18°C ila -20°C'dir. Gıdaların dondurulma süreçlerinde iki amaç vardır; Birincisi suyun buz kristallerine dönüştürülmesi ve ikincisi ise dokunun düşük derecelere soğutulmasıdır. Bu işlemlerin gerçekleştirilmesi veya depolama aşamalarında şartların bozulması dondurulan ürünlerdeki kalite kayıpları ve gıda güvenliği yönünden risklerin oluşmasına sebep olmaktadır. Dondurma işleminin uzun süredir su ürünleri için yeterli bir stratejik bir depolama olduğu düşünülmektedir, yine de dondurma, serbest yağ

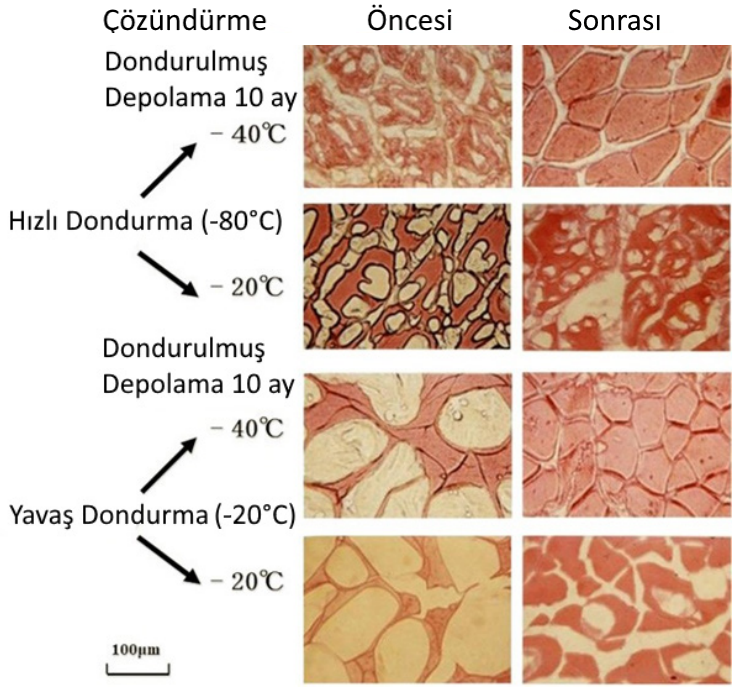
asitlerin (FFA) ve lipid oksidasyon ürünlerinin konsantrasyonundaki artışı engelleyememesi kasın kimyasal ve yapısal özelliklerini ciddi şekilde olumsuz etkileye bilmektedir. Buna rağmen dondurma, enzimatik ve mikrobiyal aktiviteyi azaltmakta, tat ve besin niteliklerini soğuk depolamadan daha etkili bir şekilde koruya bilmektedir. Dondurulmuş ürünlerin kalitesinin uzun süreli korunması bakımından su ürünlerinin çok taze olması büyük önem taşımaktadır. Hammaddenin tazeliği yanında yaşı, olgunluk durumu, beslenme şekli, av mevsimi, balıkçılık/hasat yöntemi, ölüm sertliği süreci, çevre sıcaklığı, su ve yağ miktarı, dondurma şartları kaliteyle birlikte raf ömrünü etkileyen önemli faktörlerdir. Ürün avlandıktan sonra hemen yıkanıp temizlenerek mikroorganizma yükü düşürülmelidir. Dondurulmadan önce ön soğutma uygulanmalıdır. Ancak uzun süre buzda bekletme dondurma sonrası raf ömrünü sınırlamaktadır. Dondurma öncesi balık ve diğer et ürünleri %2 tuz çözeltisine daldırılmalıdır. Bu şekilde kuruma mümkün olduğunca önlenmekte, tatta iyileşme sağlanmakta ve damlama kaybı nispeten azaltılmaktadır (Rumape ve diğ. 2022; Erkan & Varlık, Dondurarak muhafaza teknolojisi, 2011).

Dondurmanın kalite ve ürünün raf ömrü üzerine olan etkisi buz kristalleri oluşumundan kaynaklanmaktadır. Gıdadaki suyun donma sürecinde buz kristallerinin oluşması suyun kristal oluşturma sürecine bağlı hacimsel genişlemeler oluşmaktadır. Bu süreç dokularda mekanik zedelenmelere yol açmakta ve geri dönüşü olmayan kalite kayıplarına sebep olabilmektedir. Hızlı dondurma işlemi uygulanmış su ürünlerinde hücre içi suyun hücre içinde kristallenmesinin sağlanmasına "**hücre içi dondurma**", donma hızı düşük olan işlemelerde buz kristallerinin hücre dışında oluşması "**hücre dışı dondurma**" olarak tanımlanmaktadır (Erkan & Varlık, Dondurarak muhafaza teknolojisi, 2011).

Gıda maddelerinin dondurulmasında gerekli tüm faktörlere hızlı dondurma süreçlerinde dikkat ederek kristal iriliğini kontrol altında tutmak mümkündür. Su ürünleri veya kas dokulu diğer gıdalarda donma sürecinde fibriller arasında su kristallerinin oluşumuyla birlikte donmaya başladığında burada dokularda bulunan besin bileşenlerinin konsantrasyonu yükselmektedir. Bu süreçte fibriller içinde donmamış halde bulunan su hücreler arası boşluklara difüze olarak büyük amorf şekilli buz kristalleri oluşturmaktadır. Bunun sonucunda fibriller yapıda büzülmeler, büyük buz kristallerinin neden olduğu zedelenmeler meydana gelerek histolojik deformasyonlar meydana gelmektedir (Şekil 3.25). Hızlı dondurmada hücre içi ve hücre dışı osmotik basıncında fazla bir farklılık olmadığından dolayı selüler ve ekstraselüler su bulunduğu yerlerde küçük kristaller halinde hızla donmaktadır. Yavaş dondurma süreçlerinde protein denatürasyonu bu anlamda fazla olmaktadır (Erkan & Varlık, Dondurarak muhafaza teknolojisi, 2011). Bazı kötü tasarlanmış ve çalıştırılmış dondurucularda elde edilen 12- 24

saate kadar veya daha uzun dondurma süreleri bu anlamda, donmuş su ürünlerinde ciddi kalite kayıplarına neden olmaktadır. Örneğin, balıkların bir soğuk hava deposunda yığın halinde dondurulması nedeniyle çok uzun donma süreleri, yığının ortasındaki sıcaklık yeterince düşmeden önce mikroorganizma gelişimiyle bozulma süreçlerinin başlamasının genel sebebidir. Yine 0°C'nin hemen altındaki sıcaklık, protein denatürasyonu nedeniyle bozulma için kritik bölge olduğundan, "hızlı dondurma" nın İngiltere'deki tanımı, tüm balıkların 2 saat veya daha kısa sürede 0°C'den -5°C'ye düşürülmesini belirtmektedir. Su ürünlerinin sıcaklığı daha sonra, dondurma işleminin sonundaki ortalama sıcaklık olarak önerilen saklama sıcaklığına yani -30°C'ye eşit olacak şekilde daha da düşürülmelidir. Birleşik Krallık'taki normal dondurma uygulamasında, bu ikinci gereklilik, dondurmanın sonunda balığın en sıcak kısmının -20°C'ye düşürülmesiyle tanımlanmıştır. Bu sıcaklığa ulaşıldığında, balığın en soğuk kısımları örneğin -35°C soğutucu akışkan sıcaklığında veya bu sıcaklığa yakın olacak ve ortalama sıcaklık -30°C civarında olacaktır. Bu, hızlı dondurmanın oldukça ayrıntılı bir tanımıdır (Johnston ve diğ. 1994). Yukarıda da yapılan açıklama ve örneklere göre ürünlerdeki bozulma süreçlerinin geciktirilmesi ve kalite kayıplarının önlenmesi dondurulmuş ürünler için optimum depolama sıcaklığı balık türüne ve amaçlarına göre değişmektedir. Aynı zamanda kalitenin ve enerjinin korunduğu, bireysel balık türleri için uygun bir depolama sıcaklığı belirlemek de önemlidir (Nakazawa & Okazaki, 2020).

Yavaş dondurmada; dış yüzeylerdeki suyun hızlı, iç yüzeylerdeki suyun yavaş donması nedeniyle et kütlesi içindeki içten dışarı su hareketi fazladır. Yüzeye doğru olan bu hareket sonucu süblimasyonla ağırlık kaybı daha fazla olmakta, don yanığı riski artmakta ve yağ oksidasyonu daha hızlı gerçekleşmektedir. Hızlı dondurmada; hem süblimasyonla olan ağırlık kaybı düşük, hem de don yanığı ve oksidasyon hızı yavaştır. Ayrıca yavaş dondurma mikrobiyolojik faaliyetlere daha fazla imkân tanıdığı gibi, yavaş dondurulmuş etlerin çözündürülmesi sırasında meydana gelen ileri seviyedeki tekstürel bozulmalar ve yüksek orandaki sızıntı suyu oluşumu da mikrobiyolojik riski artırmaktadır. Kaliteli bir ürün elde etmek için dondurma hızı 1-3 cm/saat'den daha hızlı olması tercih edilmelidir. Kristal oluşum sıcaklıkları diye tanımlanan 0 ila -5°C arası buz kristali oluşum/büyüme aralığı mümkün olduğunca hızlı geçilmelidir. Bu süreçlerin dışında kalite korunumu için donmuş ürünlerdeki depolama şartlarında stabil olması büyük önem taşımaktadır. Özellikle kristallerin kararsız depo sıcaklıklarında her zaman daha fazla büyüme eğilimi bulunmaktadır. Hızlı bir dondurma süreciyle elde edilmiş küçük kristallerin daha sonra büyümesi olayına "**rekristalizasyon**" denmektedir. Rekristalizasyon özellikle depolamada ve çözülme süreçlerinde görülen en önemli kalite kayıplarından biridir (Erkan & Varlık, Dondurarak muhafaza teknolojisi, 2011).



Şekil 3.25. *Scomber japonicus* kas dokusuna donma hızı ve dondurulmuş depolama sıcaklığının etkileri (Nakazawa & Okazaki, 2020).

Rekristalizasyon olayı iki şekilde gerçekleşir; **Gezgin** (bazı kristallerin kaybolurken diğerlerinin irileşmesi) ve **yapışma** (birbirine çok yakın kristallerin birleşerek büyümesi). Rekristalizasyon çok düşük sıcaklıklarda ve bu sıcaklığın sabit olduğu depolarda yavaş bir hızda uzun sürede gerçekleşmekte, depo sıcaklık derecelerinin stabil olmadığı durumlarda gezgin tip rekristalizasyon oluşumu hızlanmaktadır (Erkan & Varlık, Dondurarak muhafaza teknolojisi, 2011). Bu anlamda, donma sırasında buz kristallerinin oluşum süreci kalite üzerinde etkisi açısından önemli bir aşamadır. Donma sürecinde oluşan buz kristalleri ne kadar büyük olursa, membran kopması ve dokusal hasar da o kadar artacağının bilinmeli gerekmektedir. Bu da oksidasyonun artmasına neden olan ana etkenlerden biridir. Dondurma sırasında, çözülmeyi takiben gelişen oksidasyon ve dokusal bozulmayı önlemek için küçük buz kristallerinin oluşumu önem arz etmektedir. Dondurma işlemi ne kadar hızlı ve homojen olabilirse üretilen buz kristalleri de o oranda küçük ve daha tutarlı olacaktır (Rumape ve diğ. 2022). Dondurma işlemi hızlı bir şekilde yapıldığında kristaller daha küçüktür ve buz çözme sırasındaki sıvı kayıplarını da en aza indirecek yüksek kaliteli bir ürün elde edilmesini sağlamaktadır. Bununla birlikte, dondurulmuş ürünün depolama sürecinde yaşanabilecek sıcaklık dalgalanmaları yeniden kristalleşmeye (çözünme-kristallenme) neden olarak ürünün kalitesini düşürerek yavaş donan bir ürüne eşdeğer sonuçlar oluşturabilmektedir.

Diğer taraftan, dondurma işlemi süresince enzim aktivitesi, kimyasal reaksiyonlar ve mikroorganizma faaliyeti yavaşlasada devam etmektedir. Belli bir sıcaklık derecesinden sonra mikrobiyolojik değişimler tümden sona ererken enzim aktivitesi tamamen durmadığından biyokimyasal değişimler düşük hızla da olsa aktiftir (Erkan & Varlık, Dondurarak muhafaza teknolojisi, 2011). Bu nedenle, donmuş balık kalitesindeki değişiklikler, renk değişikliği (gıda yüzeyindeki bozulma, kimyasal ve biyolojik etkilerden dolayı), kilo kaybı (her ikisi de buz kristali büyümesinin neden olduğu), artan enzimatik aktivite ve lipid oksidasyonunu kapsamaktadır. Dondurulmuş balıklardaki dokusal değişikliklerin tam olarak bilinen bir mekanizması yoktur, ancak bunların esas olarak formaldehit ve DMA oluşumu ile miyofibrillerin su tutma kapasitesindeki değişimden kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Bu kapasite, miyofibriller arasında oluşan buz tarafından lifler arasındaki boşluk/sıkıştırma ile veya kas liflerince donma sırasında kaybedilen suyun geri emilememesi sebebiyle başlangıç hacimlerini geri kazanmalarını önleyen belirli dönüşümlerden kaynaklanmaktadır (Duarte ve diğ. 2020). Ayrıca bu süreçte üretilen formaldehit miktarının oluşan dimetilamine eşdeğer olduğu, ancak ticari açıdan formaldehit oluşumunun çok daha önemli olduğu bilinmelidir. Formaldehit, kas proteinlerinin çapraz bağlanmasını indükleyerek kası sertleşmekte ve su tutma kapasitesini kaybetmesine sebep olmaktadır. Formaldehit kaynaklı sertleşmeden sorumlu olan enzime TMAO-az veya TMAO demetilaz denir ve en yaygın olarak deniz balıklarında rastlanmaktadır. Bu enzimler koyu kaslarda açık renkli kaslara nazaran daha yüksek aktivite oranına sahipken, böbrek, dalak ve safra kesesi gibi diğer dokular ise enzim açısından son derece zengindir. Bu nedenle, donmuş depolamada sertleşmeden kaçınılacaksa, özellikle deniz balıklarının böbrek gibi organ ve bunların dokularından tamamen arındırılmış olması önemlidir. Böbreğin mekanik kemik çıkarma işleminden önce çıkarılmasını sağlamak genellikle zordur, çünkü bu organ balıklarda omurga boyunca uzanır ve ona yapışıktır. Ek olarak, formaldehit kaynaklı katılaşmanın, balıkçılık faaliyetleri sırası ile sonrası ürünlerin dondurulmasından önce gerçekleşen uygun olmayan fiziksel etkenler ve donmuş depolama sırasında sıcaklık dalgalanmaları ile arttığı da birçok kaynakta bildirilmektedir. Formaldehitin otolitik süreçte oluşumunun önlenmesinin en pratik yolu, soğuk hava deposundaki sıcaklık dalgalanmalarının en aza indirmek ve donmadan önce balıklara uygulanan fiziksel müdahale veya basınç uygulamalarından kaçınarak, balıkları -30°C' in altındaki sıcaklıklarda depolamaktır. Taze ve dondurulmuş balıkların yenile bilirliğini etkileyen otolitik değişiklikler Tablo 3.40' ta özetlenmiştir. Genel olarak, otolizi etkileyen en önemli faktör, kas hücrelerinin fiziksel olarak parçalanmasıdır.

Su ürünlerinin dondurarak depolama sürecinde oksidatif değişimler önemli bir yer tutmaktadır. Balık yağları çoklu doymamış yağ asitlerini yüksek oranlarda içerdiğinden dondurarak

depolama koşullarında özellikle otooksidasyona karşı duyarlı olup, yağlı balıklarda depolama ömrünü sınırlayan en önemli faktördür. Lipit oksidasyonunun hızı ve büyüklüğü bünyesindeki doymamış yağ asitlerinin miktarına, dondurarak depolama süresine, depo sıcaklığına, dondurma öncesi bekletme süresine, oksijen miktarına, bünyesindeki antioksidan ve prooksidan varlığı ile ilişkilidir. Kırmızı kaslardaki hem bileşikleri yağ oksidasyonunda katalitik etki gösterirken, lipaz ve lipoksidaz enzimleri düşük sıcaklık derecelerinde dahi aktiftir. Bu süreçte yağ yıkım ürünlerinden aldehit, keton, asit, peroksit oluşumuna sebep olmaktadırlar. Parçalanma ürünleri hoş olmayan koku ve tat oluşumunu tetiklemekte, mat kırmızı kahverengi renk değişimlerine neden olmaktadır. Yağlı balıklarda oto oksidasyon sonucu tatta acılaşma, üst yüzeyde sarımsı kahverengi renk değişimleri gözlenmektedir. Dondurulmuş ürünlerde acılaşmanın yavaşlatılabilmesi için -30/-35 °C'de depolanması, su ürünlerinin hava geçirmez ambalajlarda paketlenmesi ya da glazelenmesi tavsiye edilmektedir. Ayrıca askorbik asit çözeltisinin (%0.5-2) ürün yüzeyine uygulanması acılaşmaya karşı iyi sonuçlar elde edilmesine yardımcı olmaktadır (Erkan & Varlık, Dondurarak muhafaza teknolojisi, 2011).

Tablo 3.40. Dondurulmuş balıkta otolitik değişiklikler (Huss, Quality and quality changes in fresh fish, 1995)

Enzimler	Substratlar	Karşılaşılan Değişiklikler	Önleme/Engelleme
Glikolitik enzimler	Glikojen	Laktik asit üretimi, dokuda pH ve kasta su tutma kapasitesinde düşme	Balıkların rigorun mümkün olduğu kadar 0°C'ye yakın sıcaklıklarda gerçekleşmesine izin verilmeli Rigor öncesi stresten kaçınılmalıdır.
Nükleotit parçalanmasında rol oynayan otolitik enzimler	ATP ADP AMP IMP	Taze balık aromasının kaybı, Hx ile kademeli acılık üretimi	Yukarıdakinin aynısı Özensiz nakliye/taşıma veya yoğun istiflemeden kaçınılmalı
Katapsin	Proteinler Peptitler	İşlemeyi zorlaştıran veya imkânsız hale getiren dokunun yumuşaması	Depolama ve boşaltma sırasında dikkatli olunmalı
Kimotripsin, tripsin, karboksi-peptidazlar	Proteinler, Peptitler	Pelajik balıklarda iç organ boşluğunun otolizi (Karın patlaması)	Donma/çözülme veya soğukta depolamada uzun sürelerden kaçınılmalı
Kalpain	Miyofibriller proteinler	Kabuklularda yumuşama	Kalpainler, enzim aktivasyonu için kalsiyum iyonlarına ihtiyaç duyan sistein proteazlardır. Kalsiyumun uzaklaştırılması, böylece aktivasyonun önlenmesi gerekmektedir.
Kollajenazlar	Bağ dokusu	Filetolarda kas yırtılması "boşluklu yapı" Yumuşama	Dondurulmuş ürün deposunun zaman ve sıcaklık değişkenliğinin kontrol altında tutulmalı
TMAO demetilaz	TMAO	Donmuş deniz balıklarının formaldehit kaynaklı sertleşmesi	Balıkları ≤-30°C sıcaklıkta saklayın fiziksel muameleyi minimize etmeli ve depolama şartlarında tekrar donma/çözülme oluşumunun önüne geçilmeli

Orkinos balığı etinin kalitesini korumak için düşük depolama sıcaklıkları önemli bir faktördür. Orkinos balığı etinin parlak kırmızı rengi, bir kromoprotein olan miyoglobin ile ilişkilidir. 1950'lerde, offshore orkinos (uzun yüzgeç) balık çiftlikleri ilk kurulduğunda, orkinos balığı etinin yetersiz sıcaklıklarda depolanma süreçlerinde kaslarda kahverengileşme şeklinde renk değişimleri meydana gelmiş, bu da ürünün ticari değerini düşürmüştür. Sonraki çalışmalar, -35°C veya daha düşük sıcaklıklarda nakliye veya depolamanın met-miyoglobin oluşumunu önleyebileceğini göstermiştir. İlgili çalışma verilerine göre donmuş saklama koşullarındaki sıcaklıklar düşürülerek ve endüstriyel ortamlarda -50°C veya daha düşük sıcaklıklar kullanılmaya başlanarak bu kalite kaybının önüne geçilmiştir (Nakazawa & Okazaki, 2020).

Dondurulmuş su ürünlerinin çözündürülmesi veya çözünme süreçlerinde daima başlangıçtaki sıkı ve sert yapılarından ideal şartların sağlanma düzeyine bağlı olarak az ya da çok kayıplar vermektedir. Çözünen ürün, bir kısım hücre suyunu dışarı bırakmakta, buna **damlama kaybı** veya **sızıntı kaybı** denmektedir. Sızıntı ile sıvı kaybı, ürün çeşidine, ürünün yüzey büyüklüğüne, dondurma, depolama ve çözme koşullarına bağlı değişkenlik göstermektedir. Bu yüzden sızıntı ile kaybolan sıvı miktarı dondurulmuş ürünün kalite kriterlerinden birisi olarak değerlendirilmektedir. Bu sebeple çözündürme süreçlerinde ürün kalitesi açısından dondurma ve donmuş muhafazadan daha fazla önem arz etmektedir. Temel çözülme olayı 0°C' da gerçekleştiğinden bu noktada rekristalizasyon fazladır. Yine bu nokta psikrofilik mikroorganizmaların çoğaldığı kritik sıcaklık dır. Kısaca çözülme sırasında gıdada mekanik ve mikrobiyolojik değişimler meydana gelebilmektedir. Çözündürme işleminin kontrollü şartlarda yapılması ürünü tekrar işleyecek işletmeler veya son tüketicinin ürünün başlangıç kalitesine yakın ürün elde etmesi bakımından büyük önem taşımakta, bu süreçte mikroorganizma sayısındaki artış ve gerekse ağırlık kaybı kabul edilebilir sınırlar içerisinde tutulabilmektedir. Kontrolsüz şartlarda çözündürme sırasında yüzey ve yüzeye yakın dokularda mikroorganizmanın gelişimine olanak sağlayan sıcaklıklar oluşmakta çözündürme süresi uzadıkça mikroorganizma sayısı da artmaktadır. Yine çözündürme sürecinde oluşan damlama su kaybı çözündürme ve dondurma hızına bağlı olup, hızlı dondurulan-yavaş çözündürülen üründe çözündürme suyu (damlama suyu) miktarı düşüktür (Erkan & Varlık, Dondurarak muhafaza teknolojisi, 2011).

Dondurulmuş ürünlerde kuruma ve don yanığı depolama koşullarındaki sıcaklık oynamalarına bağlı sıklıkla karşılaşılan bir durumdur. Genelde bu durum glaze yapılmadan dondurulan veya paketlenmeden depolanan ürünlerde görülse de uygun olmayan paket materyali ya da hatalı paketleme yapılmış ürünlerin zamanla dış yüzeylerinden su kaybetmesi ve kurumanın yoğun alanlar oluşturmasına **don yanığı** denmektedir. Don yanığı meydana gelmiş balık kuru, keçemsi görünüşte ve kahverengimsi renk değişimlerine uğramaktadır. Bu kalite kaybı donma

hızı, depo sıcaklığı, soğutucu ortamdaki havanın dolaşım hızı, ürünün su buhar basıncı ile ortamın su buhar basıncı arasındaki farka bağlı olarak oluşmaktadır. Su ürünleri, dondurma süreçlerinden sonra soğutulmuş suya daldırılarak veya üzerlerine soğutulmuş su püskürtülerek glaze edilmektedir. Bu işlemle ürünün yüzeyinde oluşturulan buz tabakası balığı, özellikle yağlı balıkları sıklıkla rastladığımız kuruma ve oksidatif değişimlerden korumakta, ayrıca don yanığının önlenmesi içinde birincil öneme sahiptir (Erkan & Varlık, Dondurarak muhafaza teknolojisi, 2011).

Tablo 3.41. Dondurulmuş su ürünlerinde kaliteyi/bozulmayı etkileyen faktörler ve kontrolü (Erkan & Varlık, Dondurarak muhafaza teknolojisi, 2011)

Kalite/Bozulmayı Etkileyen Faktörler	Kaliteye Olumsuz Etkisi	Kalitenin Korunumu
Materyal	Tazeliği, bileşimi, rigor süreci, çevre şartları ve işleme şartlarındaki uygunsuzluk	Taze/Kaliteli ürün tercih edilmeli, balıkçılık/hasat sonrası dondurulunca ya dek olumsuz faaliyetler/çevresel etkiler minimize edilmeli
Ön işlemler	Balıkçılık/Hasat faaliyeti sonrası buzlama/ön soğutma yapılmaması	Ürünün Balıkçılık/hasat faaliyeti sonrası yıkanması (mikroorganizma başlangıç yükünü düşürecektir) ve buzlama/ön soğutma uygulaması
Donma hızı	Yavaş dondurma hızı (aşırı kristal büyümesi, süblimasyon/ağırlık kaybı, don yanığı, oksidasyon vb. kalite kayıplarının tetiklenmesi)	Ürüne has yüksek hızlı dondurma tekniklerinin tercihi
Dondurma sıcaklığı	Mikroorganizmalar -5/-8°C, mayalar -10/-12°C, küflerin -12/-15°C' da aktif faaliyet göstermesi	Dondurma sürecinde -25/-40°C' a inilmeli, orta nokta sıcaklığı -18/-20°C olmalı
Depo sıcaklığı	Donmuş depolama sürecinde sıcaklık değişimlerinin meydana gelmesi (rekristalizasyonu, oksidasyonu, don yanığını, mikroorganizmaların aktivasyonunu vb. kalite kayıplarını tetiklemesi)	Yağsız balıklar -18/-25°C, yağlı balıklar -25/-30°C min. Sıcaklıklarda depolanmalı, depo sıcaklığı sabit tutulmalı, ürünlerin ambalajlı olması tercih edilmeli
Buz Kaplama (Glazeleme)	Glazeleme yapılmadığında don yanığı ve su kaybına bağlı ağırlık kayıpları oluşması	Ağırlık kaybı, renk kaybı ve don yanığına karşı korumak amacıyla su ürünleri dondurulduktan sonra 10-20 (boyuta göre değişken) sn süreyle donma sıcaklığındaki soğuk suyla temasının (daldırma veya püskürtme) sağlanması, depo sıcaklığının sabit olmasına dikkat edilmeli
Depo koşulları	Yağlı balıklarda sıcaklık, oksijen ve ışık varlığına bağlı oksidasyon reaksiyonlarına bağlı kalite kayıplarının oluşması	Dondurulmuş ürünler depo koşullarında sıcaklık değişimleri engellenmeli, ışıktan korumalı, paketlenmeden dondurulan ürünler hava hareketi olmayan odalarda depolanmalı

Tablo 3.41. Devamı		
Kalite/Bozulmayı Etkileyen Faktörler	**Kaliteye Olumsuz Etkisi**	**Kalitenin Korunumu**
Depolama süresi	Balığın su, yağ miktarı, hijyenik koşullar, ön soğutma süresi, ambalaj şekli, büyüklüğüne bağlı kalite değişimlerinin meydana gelmesi	Dondurulan ürünlerde yağsız balıkların yağlı balıklara ve ambalajlı ürünlerin ambalajsız ürünlere nazaran daha uzun kalite korunumuna sahip olduğu bilinmeli
Paketleme	Ambalajsız ürünlerde don yanığı, ağırlık kaybı ve acılaşma oluşumu	Kurumanın, ağırlık kaybının ve oksidasyonun önlenmesi için ışık ve nem geçirmeyen materyal ile paketlemeye özen gösterilmeli, yağlı balıklar için vakum paket tercih edilmeli
Transport	Dondurulmuş ürünlerde üretimden tüketime değin geçen süreç içinde soğuk zincir kırılması	Soğuk zincir kırılmadan -20/-25°C' de depolama tercih edilmeli, sıcaklık -18°C'nin üstüne çıkmamalı
Çözündürme	Uygun olmayan çözündürme koşullarına bağlı mikroorganizma gelişimini tetiklemesi	Mikroorganizma sayısının kontrolü, ağırlık ve su kaybı olmaksızın çözündürme için kontrollü şartlarda ürünlerin çözündürmenin (mikrodalga, soğutulmuş suda, buzdolabı koşullarında) sağlanması



Fotoğraf 3.17. Türkiyede marketlerde satılan bazı donmuş su ürünleri çeşitleri.

Kurutma

Kurutulmuş ürünler genellikle raf ömrü uzun gıdalar olarak kabul edilmekte, bu nedenle genellikle soğutulmadan depolanarak pazara sunulmaktadır. Kurutulmuş gıdaların uzun raf ömrüne sahip olmalarını sağlayan özellik, düşük su aktiviteleridir (a_w). Su aktivitesi, patojenler de dahil olmak üzere mikroorganizmaların büyümesi için mevcut olan bir gıdadaki su miktarının ölçüsüdür. 0.85 veya altındaki bir su aktivitesi, *Staphylococcus aureus* ve *Clostridium botulinum* dahil olmak üzere tüm patojenlerin büyümesi ile toksin üretimini önleyebilmekte

ve raf ömrü dayanıklı bir kurutulmuş ürün için temel gerekliliktir. *S. aureus*, diğer patojenlere göre daha düşük su aktivitesinde büyümekte olup, kurutulmuş ürünler için hedef patojen olarak düşünülmelidir (SeafoodNIC, Tarih Yok). Aynı zamanda uygun olmayan şartlarda üretimi ürünlerin bozulma süreçlerini hızlandıracak veya besin içerikleri ile diğer komponentlerce yoğunlaştırılmış ürünler olmasından dolayı bazı zararlı maddeleri daha yüksek düzeyde bünyelerinde bulundurabilmektedir.

Su aktivitesi, gıdaların korunması için büyük önem taşımaktadır. Mikrobiyal büyüme, yağ oksidasyonu, enzimatik olmayan ve enzimatik aktiviteler ile gıdaların tekstürü hakkında güvenilir bir değerlendirme sağlamak için kullanılmaktadır. Su aktivitesinin, mikroorganizmaların büyümesinden kaynaklanan kalite bozulması ile ilişkili olduğu da birçok literatürde belirtilmektedir. Ürünlerin tipine ve uygulanan kurutma yöntemine bağlı olarak kurutulmuş balık ürünlerinin su aktivitesi için farklı sınırlamalar önerilmiştir. Bununla birlikte, mikrobiyal büyümeyi tamamen önlemek için kurutulmuş balık ürünlerinin su aktivitesi için kritik değer olan 0.60' ın altında tutulmalıdır (Nguyen ve diğ. 2014). Kaliteli kurutulmuş balıklar da a_w değerinin 0.85-0.60 aralığında olması tercih edilmektedir (Fitri ve diğ. 2022).

Kurutma, farklı moleküller arası ve molekül içi bağların oluşumunu sağlamaktadır. Protein denatürasyonu sonucunda protein zincirleri açılmakta serbest karboksilik ve amino grupları açığa çıkmaktadır. Açıkta kalan sülfidril gruplarının oksidasyonu nedeniyle disülfit bağları oluşmaktadır. Ayrıca, kararlı kovalent bağların oluşumu ve/veya maillard reaksiyonu kurutma sırasında gerçekleşmektedir. Protein yapısındaki değişiklikler, protein çözünürlüğünde ve sindirilebilirliğinde azalmaya yol açmaktadır. Kurutma sırasında proteinlerin denatürasyonu, kurutma yöntemlerine ve sıcaklık ve hava hızı gibi kurutma parametrelerine bağlıdır. Yağlar, kurutulmuş balık ürünlerinin hem işlevselliğini hem de duyusal özelliklerini belirleyen önemli bir bileşendir. Balık kasındaki lipoliz ve yağ oksidasyonu gibi kurutma işlemleri sırasında lipidlerde meydana gelen değişiklikler, kalite ve bozulma ile ilişkilidir. Ayrıca, enzimatik etkilerle (örneğin lipazlar ve fosfolipazlar) indüklenen lipoliz, daha fazla oksidasyona uğrayan serbest yağ asitlerinin artmasına sebep olmakta, bu da ekşimiş tat, renk ve doku bozulmasından sorumlu düşük moleküler ağırlıklı bileşiklerin oluşmasından sorumludur. Su aktivitesi ve oksijen içeriği, kurutma işlemi sırasında lipit oksidasyonunun ilerlemesinde büyük rol oynamaktadır. Düşük su aktivitesi, yağ oksidasyonunu hızlandırmakta ve oksidasyona karşı direnç, 0.3 civarında ki bir su aktivite değerlerinde en yüksek seviyededir. Oksijenin yağ oksidasyonu üzerindeki etkisi, ürün gözenekliliği ile ilişkilidir. Bu nedenle, dondurularak kurutulmuş ürünler, özellikle yüksek gözeneklilikliklerinden dolayı, depolama sırasında diğer kurutulmuş ürünlere kıyasla oksidasyona daha yatkındır. Peroksit değeri ve tiyobarbitürik

asit reaktif maddelerinin başlıca lipid oksidasyon indeks değerleri kurutma yöntemlerine ve kurutma parametrelerine bağlı olarak önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Bu faktörler dokulardaki duyusal kalite üzerinde etkili olup, balık ürünlerinde en önemli kalite faktörlerinden biri olarak kabul görmektedir. Doku, bir gıda ürününün mikro ve makro yapısal özelliklerinin dışsal bir yansımasıdır. Bu nedenle, kurutma işlemi sırasında su kaybı ile balık kasındaki protein ve lipidlerdeki değişiklikler, dokusal değişikliklere neden olmaktadır. Balık kasının dokusundaki değişiklikler, ham maddelere ve kurutma yöntemlerine olduğu kadar sıcaklık, hava hızı ve kurutma odasındaki havanın bağıl nemi gibi değişik kurutma parametrelerinden de etkilenmektedir. Canlıların genetik orijini, yağ bileşimi, pH, proteolitik potansiyel ve hammaddelerin cinsiyeti ve eşeysel durumu vb. faktörler tekstür değişimleri üzerinde etkendir (Nguyen ve diğ. 2014).

Kurutarak patojen büyümesini ve toksin oluşumunu kontrol etmek en iyi şu şekilde gerçekleştirilmektedir (SeafoodNIC, Tarih Yok):

- Ürün soğutulmadan depolanacak ve dağıtılacaksa (rafta stabil) su aktivitesini 0.85 veya altına düşüren bir kurutma işleminin bilimsel olarak oluşturulması
- Ürün buzdolabında (dondurulmadan) azaltılmış oksijen ambalajında saklanacaksa, su aktivitesini 0.97'nin altına düşüren bir kurutma işleminin bilimsel olarak oluşturulması
- Kurutma ekipmanını, bir ürünün her biriminin en azından belirlenen minimum süreci alacağı şekilde tasarlanması ve işletmesi
- Bitmiş ürünü bir kapta paketlemek suretiyle rehidrasyonun önlenmesi

Kabuk bağlama kurutma koşullarının ürün nezdinde hatalı seçim veya uygulanmasıyla oluşan bir durumdur. Kurutmanın ilk aşamalarında yüzeyde hızla oluşan kuru tabaka büzüşme sonucu alt tabakalara baskı oluşturmakta alt tabakalarda henüz mevcut su uzaklaşmadığından bu baskıya direnç göstermektedir. Bu aşamada büzüşme olanağı bulamayan üst tabakada sert bir kabuk oluşumuyla dış kısım ile iç kısmı izole etmektedir. Kabuk bağlama ile kuruma hızı azalmaktadır. Kuruma hızı, kurutulmuş ürünün kalite ve niteliklerini etkileyen en önemli faktördür. Kurutma koşulları ayarlanarak, kaliteli ürün eldesi için "kabuk bağlamanın" önüne geçilmelidir (Özden, Kurutma teknolojisi, 2011).

Kurutulmuş ürünler için kitle yoğunluğu da önemli bir kalite parametresidir. Herhangi bir materyalin birim hacminin ağırlığına kitle yoğunluğu denmektedir. Kurutulmuş bir ürünün kitle yoğunluğu, onun kurutulmasında uygulanan koşulların bir belirtecidir. Eğer kurutulan herhangi bir materyalde hiçbir büzüşme, buruşma, olmasa ve materyal kurutma sonunda da başlangıçtaki boyutlarını korusa bu materyalin kurutma sonundaki kitle yoğunluğu sadece kaybedilen su kadar azalmaktadır. Fakat kurutulan maddelerde genelde bir buruşma, büzüşme

ortaya çıkmaktadır. Gıda maddeleri genelde elastik özellik gösteren materyallerdir. Kusursuz elastik bir maddeden su uzaklaşınca büzüşme miktarı ile kaybedilen su arasında doğrusal bir ilişki vardır. Ancak gıdalar her ne kadar elastik özellikteyse de kusursuz bir elastikiyet taşımadıklarından kurtulan gıdalarda büzüşme ile su kaybı arasında lineer bir ilişki görülmemektedir. Gıdalar, kurutmada uygulanan koşullara bağlı olarak kendine özgü bir buruşma niteliği göstermektedir. Buna göre kurutulan materyalin hacmi az veya çok düşerek kurutulmuş ürünün kitle yoğunlukları değişkenlik göstermektedir. Genelde kurutulmuş ürünlerde aranan en önemli kalite niteliği, kullanım/tüketim sürecinde verilen su ile orijinal formunu geri kazanma düzeyi ile belirlenmektedir. Yani kurutulmuş bir ürün suda tutulunca, taze halinde içerdiği kadar su alarak eski haline ve şekline dönüşürse, mükemmel niteliklerde olduğu kabul edilmektedir (Özden, Kurutma teknolojisi, 2011).

Kurutulan üründe daima ortaya çıkan en önemli kalite kayıpları renk değişimleriyle görsellik kazanmaktadır. Dış yüzeylerde esmerleşme genelde birçok faktöre bağlı olarak kurutmadan önce, kurutma sırasında ve/veya depolama süreçlerinde meydana gelebilmektedir. Bu renk değişiminin iki yolla meydana geldiği bilinmektedir; Enzimatik veya enzimatik olmayan reaksiyonlar. Kurutmada sıcaklık, hammaddedeki enzimleri aktif hale getirmeye yeterli değildir. Bununla birlikte kurutulmuş ürünlerde esmerleşmeye dayalı renk değişimi daha çok, enzimatik olmayan yolla meydana gelmektedir. Enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları, kurutma sırasında ve depolama sırasında koşullara göre belli bir hızla oluşan kalite değişimleridir. Diğer kimyasal reaksiyonlarda olduğu gibi, enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları da sıcaklık derecesi arttıkça ve reaksiyona giren maddelerin ortamdaki konsantrasyonu yükseldikçe hızlanmaktadır. Kurutmada hem sıcaklık derecesi hem de reaksiyona giren maddeler ortamda gittikçe artmakta bu anlamda esmerleşme reaksiyonu sıcaklık derecesine bağlı olduğundan depolamada sıcaklıkları olabildiğince düşük olmalıdır. Depolama süreçlerinde her 10ºC' lik artış, esmerleşme reaksiyon hızı da ürünün içerdiği su oranına bağlı hızlanmaktadır (Özden, Kurutma teknolojisi, 2011).

Kurutulan su ürünlerine tuz dışında koruma ve değer katmak için farklı katkı maddeleri eklenebilmektedir. Muhafaza için kimyasal ve doğal koruyucular genelde uygulanmaktadır. Ancak kimyasal koruyucular genellikle zararlıdır ve kullanımı bazı ülkelerde yasaklanmıştır. Bunlara sıklıkla gelişmekte olan ülkelerde kurutulan su ürünlerinde böcek istilasıyla mücadele etmek için kullanılan zararlı organoklorlu pestisitler olan diklorodifeniltrikloroetan (DDT) ve heptaklorlu katkılardır. Bunlar gıda güvenliği yönünden ciddi riskler taşımaktadır (Fitri ve diğ. 2022).

Kurutulmuş gıda ürünlerinin kalitesinden ve besin kaybından sorumlu faktörler arasında kurutma süreçlerindeki altyapı eksikliği, uygun kurutma yöntemlerinin uygulanmaması

veya ihmal ve/veya ham maddenin ve son ürünün uygun şekilde taşınmaması yada kurutma süreçleri, böcek ilacı kullanımı, hijyenik olmayan koşullar, uygun sanitasyon eksikliği, nihai üründeki yüksek nem içeriği, düşük kaliteli hammaddeler, uygun olmayan paketleme ve depolama gibi konulardaki bilgi eksiklikleri yer almaktadır (Rasul ve diğ. 2022).

Tablo 3.42. Su ürünleri işleme teknolojisinde su aktivite değerlerine göre mikroorganizma faaliyetleri (Özden, Kurutma teknolojisi, 2011)

Mikroorganizma	**a_w Değeri**	**Su Ürünleri Kökenli Gıda Maddeleri**	**Grup**
Pseudomanas spp., C. perferinges, C. botulinum, Salmonella spp., *V. parahaemolyticus*	1.00-0.98	Taze su ürünleri (balık, kabuklu, yumuşakça ve v.s.) Konserve su ürünleri	Yüksek Nemli Gıdalar
Pseudomanas spp., C. perferinges, C. botulinum, Salmonella spp., *V. parahaemolyticus, Lactobacilus* spp., *Bacillus spp., Micrococus* spp., Enterobakteriaceae	0.98-0.93	Az tuzlu su ürünleri, Marinat ürünleri, Dumanlamış/Fümelemiş/Tütsülenmiş su ürünleri,	Nemli Gıdalar
Micrococus spp., *S. aureus* Maya ve küfler	0.93-0.85	Islak tuzlama uygulanmış su ürünleri	
Osmofilik mayalar Halofil bakteriler	0.85-0.60	Kuru tuzlama uygulanmış su ürünleri	
Mikrobiyal aktivite yok	0.60-0.00	Tam kurutulmuş su ürünleri	Kuru Gıdalar

Tablo 3.43. Kurutulmuş su ürünlerinde kaliteyi/bozulmayı etkileyen faktörler ve kontrolü (Özden, Kurutma teknolojisi, 2011)

Kalite/Bozulmayı Etkileyen Faktörler	**Kaliteye Olumsuz Etkisi**	**Kalitenin Korunumu**
Materyal bileşimi ve kalitesi	Mikroorganizma yükü yüksek, taze olmayan ürünlerde raf ömrü ve ürün kalitesi düşük ürün oluşması	Mikroorganizma yükü düşük, çok taze ürün tercih edilmeli, Yağsız ürün materyal olarak kurutmaya uygun olmakta Ancak daha aromalı ürün eldesi için orta yağlı balıkların kullanımı önerilmekte
Kurutma hızı	Kurutmada inilmek istenen nem düzeyi ile kalite ilişkisinin dengelenememesi (uygulama koşullarına göre ürünün neminin yeterli düşürülememesi)	Geniş yüzeyli ince ürünler daha hızlı, dar yüzeyli kalın ürünler ise daha yavaş kuruma eğilimi göstermekte, hızlı kurutmaya yönelik yönelik yöntemler tercih edilmeli
Ambalaj şekli	Uygun olmayan ambalaj kullanımı yüksek kalite kayıplarına neden olmakta	Ambalajlama işlemi dahi nem kontrolü bulunan (düşük nemli) odalarda uygulanmalı, yağ oranı yüksek olan kurutulmuş ürünler oksidatif bozulmaya duyarlı oldukları unutulmamalı, nem ve oksijen geçirgenliği çok düşük ambalaj materyalleri kullanılmalı
Depolama koşulları	Depo nemi yüksekliği, kalite kayıplarını artırması, depo nemi kontrol altında tutulmadığında (yüksek tutulduğunda) kurutulmuş ürünlerin çevreden nem absorbe etmesi, bu durumun üst dokuda nemlenmeye bağlı küf gelişimine sebep olması	Kurutulmuş ürünlerde depo nemi %20' nin altında tutulmalı

Tuzlama

Su ürünleri tuzlama sürecinde birincil kalite için kullanılacak tuzun temiz bir görünüme sahip olması ve renkli parçacıklar ya da yabancı kristaller ile koku içermemesi gerekmektedir. Genelde tuzlama için endüstride kullanılan tuzun yaklaşık %98 oranında tuz içerirken, kalan kısmı ise kalsiyum, magnezyum, sülfatlar, bakır ve demir içeriklerinden oluşmaktadır. Daha az kalsiyum, magnezyum, bakır ve sülfatlar: kalsiyum ve magnezyum beyazlık, sertlik ve tat için önemlidir. Çok fazla kalsiyum ve magnezyum, balıkta sert, kompakt bir yüzeye neden olmaktadır. Tuz tanelerinin boyutu ve tuzun farklı elenmiş fraksiyonları arasındaki hacimsel oran, tuzlama süreleri ve tuz alımını doğrudan etkilemektedir. Çok fazla büyük tuz kristali, balık ve tuz arasında daha az temas nedeniyle daha uzun tuzlama sürelerine neden olurken, çok fazla küçük tuz kristali balığın birbirine yapışmasına neden olmakta, bu da fiziksel kalite üzerinde etkilidir. Tuzlama sürecinde balık kalıntıları ve kan proteinlerinin ortamda mevcudiyeti tuzun grimsi renk almasına neden olurken, 8°C' in üzerindeki sıcaklıklarda halofillerdeki (*Halophilic archaea*) aşırı gelişme aynı zamanda tuzun kırmızıdan pembemsi bir renge dönüşmesine neden olmaktadır. Ortamda kanın varlığı ise daha yüksek demir seviyelerine neden olurken, demir ise ekşimiş bir tadı destekleyen yağı okside etmektedir (Lorentzen, 2020). Tuz ise oksidaz enziminin aktivitesini artırmaktadır. Bu anlamda tuzlanmış ürünlerde yağ oksidasyonu ve hidroliz en önemli sorunlardan birini oluşturmaktadır (Mol & Özden, 2011).

Balık filetolarının rengi, ürünün duyusal kalitesi ve buna bağlı pazarlamada çok önemlidir. Balık filetolarının rengi temel olarak pH, su içeriği, protein içeriği, yağ içeriği, kas pigmentleri ve bunların etkileşimleri gibi faktörlere bağlı değişkenlikler göstermektedir. Rengin açıklığı balık kasındaki nem içeriğine göre değişirken, yağ oksidasyonu balık filetolarının sarılık düzeyine etki ederken, enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları ve düşük pH ise hemoglobin oksidasyonu ile balık kasının kızarıklığını artırmaktadır (McNeish, 2018).

Tuzlama ile su ürünlerinin mikrobiyolojik florası değişime uğramaktadır. Taze su ürünlerinde bozulmadan sorumlu anaerob mikroorganizmalar ve protein yıkımlanmasında etkili *Pseudomonas* türleri ortamda inhibe olmaktadır. Bu sebeple halofilik ve halotoleranz özellik gösteren mikroorganizma türlerinden kaynaklanan bozulmalar söz konusudur (Özden & Varlık, Marinat teknolojisi, 2011). Bu anlamda tuzlanmış su ürünleri için en önemli bozulma yapan mikroorganizmalar *Halobacterium salinaria, H. cutirubum, Sarcina morrhuae, S. litoralis* olup, bu bakteriler "**pembe renk oluşumu**" ndan sorumludur. Pembe renk oluşturan bakterilerin genel anlamda toksik veya patojenik olmadığı bilinmektedir. Tuzlanmış su ürünleri tüketimi ile meydana gelen zehirlenmeler *Staphylococcus aureus*'un eksotoksititesine bağlı olarak gerçekleşmektedir. Tuzlanmış su ürünlerinde *S. aureus* önemli bir gıda güvenliği

sorunudur. Genelde su ürünleri, tuzlandıktan sonra su aktivitesi bakımından bakteriyal gelişimi destekleyemeyecek kadar düşük olmaktadır. Bu mevcut şartlar uygun olmayan depolama/satış koşullarında (sıcaklık ve nem şartlarına bağlı) bozulmakta osmofilik küfler gelişim gösterebilmektedir. Küfler pembe bakteriler gibi yüzeyi kaplayarak ürünü duyusal olarak satılmaz hale getirmektedir. Bu durumun önüne geçilebilmesi için tuzlanmış ürünlerin ambalajlı satışı tavsiye edilmekte fakat plastik ve vakum paketler (stabil olmayan satış koşullarında sıcaklıktaki düşüş-artış pakette yoğunlaşmaya yol açmakta) uygun görülmemektedir. İşlevsel olarak ambalajların nitelik bakımından oluşan nemin uzaklaşmasına izin veriyor olması dışardan nem almasını engellemesi kalite korunumu açısından önemlidir. Tuzlanmış su ürünlerinin bitkisel yağ içinde saklanması ise ortamdan alabileceği nem miktarını azaltmak yönünde tavsiye edilen bir koruyucu niteliği taşıması yönünden önemlidir (Mol & Özden, 2011).

Tuzlama işleminde hammadde kalitesi, kullanılan yöntem, depolama aşamasındaki sıcaklık/nem, tuzlama sırasında ürüne koruyucu veya antioksidan maddeler eklenip eklenmemiş olması gibi faktörler de ürünün kalite ve dayanım süresini etkilemektedir. Tuzun az kullanılması durumunda kokuşma, fazla kullanılması halinde ise acılaşmanın meydana geldiği kalite değerlendirmeleri açısından unutulmamalıdır. Tuz kullanımı birçok teknolojinin de temel katkı maddesi veya kombinasyonu olabilmesi (kurutma, marinasyon, dumanlanmış vb.) sebebiyle gıda güvenliği sorunları ve kalite kayıpları bazı noktalarda birbirine benzeye bilmektedir.

Tablo 3.44. Tuzlanmış su ürünlerinde kaliteyi/bozulmayı etkileyen faktörler ve kontrolü (Mol & Özden, 2011)

Kalite/Bozulmayı Etkileyen Faktörler	Kaliteye Olumsuz Etkisi	Kalitenin Korunumu
Materyal	Ürünün başlangıç kalitesinin düşük olması	Su ürünlerinin tazelik derecesi yüksek ve mikroorganizma yükü düşük olmalı
Uygulanan yöntemler	Kuru tuzlama veya salamura uygulamasının ve burada kullanılan tuzun miktarı-süresi ürün tadı, rengi, dokusu ve mikrobiyolojik yük üzerinde doğrudan etkisinin olması	Kuru tuzlama uygulandıysa balığın her tarafının tuz ile kaplı olmasına, salamura içindeyse ürünün tamamının salamura içinde kalmasına ve olgunlaşma süresinin yeterli uygulanmasına dikkat edilmeli
Kullanılan tuz derişimi ve kalitesi	Kullanılan tuzun kalitesi ürün kalitesi üzerinde belirleyici etkisi bulunması (saflık ve mikrobiyolojik yük)	Tuzun tane büyüklüğü ve bileşimi kaliteyi etkilemekte saflık oranı yüksek nitelikli tuz tercih edilmeli, iri taneli tuz dokulara zarar verebilmekte ve mikroorganizma yükü düşük olmasına dikkat edilmeli
Depolama koşulları	Oda veya buzdolabı sıcaklıkları üzerindeki sıcaklıklar tuzlanmış su ürünlerinin kalite ve raf ömrünü olumsuz etkilemesi	Düşük sıcaklık derecelerinde depolama, ürüne uygun ambalajlama, ısıl işlem ile muamele (pastörizasyon veya sterilizasyon) vb. raf ömrünü artırıcı yöntemler tercih edilmeli



Fotoğraf 3.18. Türkiye' de marketlerde satılan bazı tuzlanmış su ürünleri çeşitleri.

Marinasyon

Marinasyon; Su ürünlerinin (taze, dondurulmuş, tuzlanmış vb.) ısıl işleme (bazı ürünlerde dumanlama veya/ve asetik asit buharı gibi ısıl işlemlerde uygulana bilmekte) tabii tutulmadan organik asitler (genelde asetik asit) ve tuz ile tüketime hazır hale getirilmesi işlemi/işlemleri ne verilen isimdir. Tüketime hazır ürüne ise marinat denmektedir (Özden & Varlık, Marinat teknolojisi, 2011).

Marinat son ürün kalitesi üzerinde birçok faktörün etkisi bulunmaktadır (Özden & Varlık, Marinat teknolojisi, 2011);

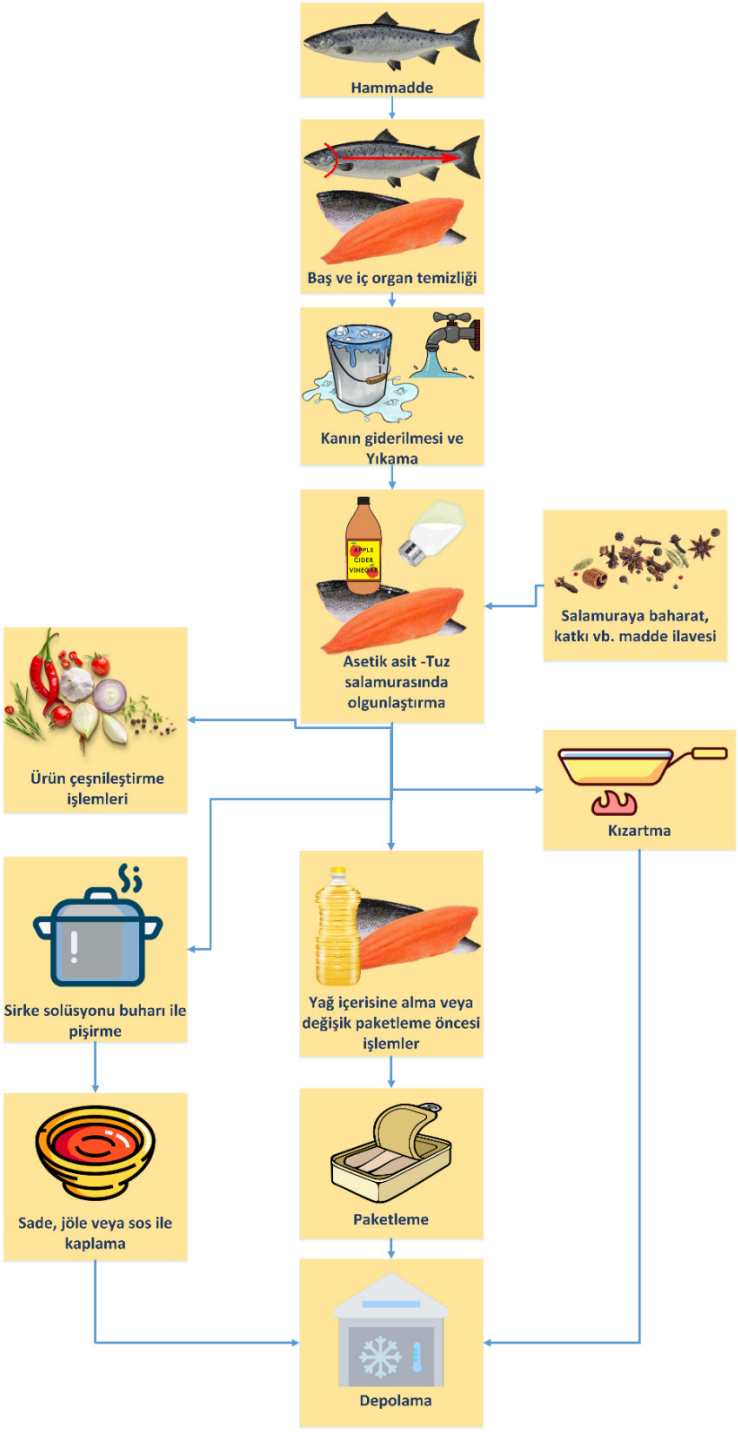
- Hammaddenin dokusal ve fiziksel durumu ile besin kompozisyonu; kas yapısı, yağ miktarı, etin fiziksel durumu (ayıklama, fileto, takoz, et kalınlığı vb.)
- Tuz ve asetik asidin dokulara nüfuzu
- Mikroorganizma yükü, türü ve gelişimi
- Ürün işleme, depolama ve pazarlama süreçlerindeki ısı, ışık vb. parametreler

Bozulma ve Kalite kayıplarından işlem proseslerindeki hatalar, personel/işletme hijyeni ve kullanılan materyalin kalitesi birincil faktörleri oluşturmaktadır. Marinatlarda ağırlıklı olarak yağ ve proteinlerin fiziko kimyasal yapılarındaki değişimler bu süreçte etkili olmaktadır. Mikro organizmaların etkisi ise heterofermentatif laktobasiller ile söz konusu olup, maya ve küfler de bozulmayı önemli derecede etkilemektedir. Isıl işlem olmadığından marinatlar için

gıda güvenliği yönünden potansiyel risklerden biri de patojen parazitlerdir. Su ürünlerinde halofilik gruplar arasında değişik türler buluna bilmekle birlikte marinatlarda laktobasiller öne çıkmaktadır. Halofilik mikroorganizmalar engellenmesine yönelik bu bakterilerin oksijene olan bağımlılıkları ve mezofilik özelliklerinden yararlanılmaktadır. Bu iki faktör engellendiğinde bu bakterilerin gelişme şartları da ortadan kaldırılmış olmaktadır. Bu tip ürünlerde belirgin konserve edici etki tuzdan değil asetik asitten kaynaklanmaktadır. Asetik asit sadece pH düşürücü etkisiyle değil aynı zamanda spesifik olarak bakterisit etki de göstermektedir. Kalite korunumu ve raf ömrü asetik asit düzeyi ile ilişkili değişkenlik göstermektedir. Duyusal tüketim tercihleri sebebiyle asetik asit kullanımına bir sınırlama söz konusu olup pH 4-4.4 arasında olması tercih edilmekte, aynı zamanda bu pH aralığında mayaların, küflerin ve laktik asit bakterilerinin dışında anaerobik ortamlarda gelişim göstererek toksin oluşturan *C. botulinum* dahil bozulmadan sorumlu bakterilerin oluşumu/gelişimini durdurulabilmektedir. Laktik asit bakterilerinden ise *Betabacterium buchneri ve Betabacterium breve* aminoasitlerden Arjinin, Glutamikasit, Histidin, Lizin ve Tirozin dekarboksilasyona uğrayarak bombajlara ve hatta sınırlı düzeyde olsa da proteolitik aktiviteye sebep olarak ticari kayıpların oluşmasında etkili olabilmektedir (Özden & Varlık, Marinat teknolojisi, 2011).

Tablo 3.45. Marine edilmiş su ürünlerinde kaliteyi etkileyen faktörler ve kontrolü (Özden & Varlık, Marinat teknolojisi, 2011)

Kalite/Bozulmayı Etkileyen Faktörler	Kaliteye Olumsuz Etkisi	Kalitenin Korunumu
Materyal	Hammaddenin başlangıç kalitesi düşüklüğü ve yağ miktarının yüksekliği	Yağlı materyal oksidasyona daha hassastır ve uygun ambalaj materyali ile paketlenmeli ve ön işlemler sırasında oksidasyona maruz kalmamalı
pH	Asit konsantrasyonuna bağlı oluşan (asetik asit, sirke vb.) pH' ın 4.5 ve üzeri değerlerde son üründe oluşması	Aside dayanıklı mikroorganizmaların ve önemli patojenlerin gelişimini önlemek için ayrıca aşırı ekşi olmamasına yönelik pH'ın 4-4.4 aralığında olmasına dikkat edilmeli
Tuz ve sirke konsantrasyonu	Asit ve tuz konsantrasyon değişimlerinin dengelenememesi (tüketim beklentileriyle ilişkili son üründe)	Marinatların raf ve ömrü duyusal parametreler üzerinde direkt etkili olmakta ürünlerde amaçlanan etkinin sağlanması için düzenli olarak bu parametreler kontrol altında tutulmalı
Katılan ilave maddeler	Sos, yağ gibi katılan ilave maddelerin mikrobiyolojik yükü son ürünün hijyen kalitesindeki sorunlar	Patojenlere bağlı sağlık riskinin azaltılması ve raf ömrünün istenen düzeyde kalabilmesi için katılan katkıların mikrobiyolojik yükü düşük, kimyasal ve duyusal kalitesi yüksek olmalı
Paketleme ve depolama	Depo şartları (sıcaklık, nem vb.) ve ambalaj materyalinin ürün bileşimi ilişkili uygun şartlarda seçilememesi	Yağ oranı yüksek hammadde ürün yapımında kullanıldıysa oksidasyona duyarlı ambalaj materyali seçilmeli, yağ ve sos içinde ürün saklanıyorsa sızdırmaz paketler tercih edilmeli, soğuk zincirin kırılmamasına dikkat edilmeli



Şekil 3.26. Su ürünlerinden marinat yapım süreç diyagramı (Özden ve Varlık, 2011'den uyarlanmıştır).

Marinatlarda herhangi bir sterilizasyon veya pastörizasyon işlemi uygulanmadığı için, ortam sıcaklığı sadece olgunlaştırma aşamalarında değil depolama sürecindeki raf ömrü ve mikroorganizma gelişiminde büyük öneme sahiptir.

Marinatta meydana gelen protein ve yağlardaki bozulma taze balık bozulmasıyla aynıdır. Enzimatik protein parçalanmasıyla oluşan değişimleri gerçekleştiren peptidaz, amidaz ve imidaz ektivitesi bakteri ve doku enzimleri gerçekleşmektedir. Mikrobiyolojik olaylar sonucu oluşan parçalanma ürünleri depolamanın ileri aşamalarında gözlemlenmektedir. Bunun la birlikte TVB-N analizleri marinat tipi ürünlerde direkt bir sonuç vermemekte olup sonuçlar sınır değerlerinin çok altında kalmakta ayrıca değişimler stabil olmamaktadır. Bu konuda yapılan çalışmalarda bu analizin marinat tipi ürünleri için uygun bir bozulma indikatörü olmadığı tespit edilmiştir. Bunun temel sebebi ise ortamın asidik yapısının ürünün bozulmasında söz sahibi olan birçok enzimatik ve mikrobiyolojik aktiviteyi inhibe etmesinden dolayı olabileceğidir. Ayrıca proteinlerin parçalanması ile biyojen aminler de oluşmaktadır. Bu bileşikler arasından kırmızı etli balıklarda özellikle histamin büyük önem arz etmektedir (Özden & Varlık, Marinat teknolojisi, 2011).

Dumanlama/Fümeleme/Tütsüleme

Konservasyon amacıyla yapılan dumanlama (fümeleme=tütsüleme) tuzlama ve kurutma teknolojileri ile kombine yapılan birbirini tamamlayan süreç zinciri ilişkisine dayanan gıda işleme teknolojisidir. Her bir süreç kendi başlıkları altında belirtilen koruyucu faktörlerin gıdaya aktarımı ve oranlarıyla ilişkili olarak görev yapmaktadır.

Dumanlanmış balığın depolama stabilitesi, dört faktörün birleşiminden kaynaklanmaktadır; (a) Su aktivitesini azaltan ve patojenler de dahil olmak üzere bozulmaya neden olan birçok organizmanın büyümesini engelleyen tuzlama; (b) Mikroorganizmaların geçişine fiziksel bir engel oluşturan kurutma; (c) Fenol gibi antimikrobiyal maddelerin doku içeriklerine geçişi ve yüzeyi kaplamasıyla mikrobiyal çoğalma için engelleyici bir ortam oluşturması; (d) Oto oksidasyon ve ekşime/acı tat gelişimini geciktiren dumandaki fenolik antioksidan maddelerin nüfuzu. Mikroorganizmaların vejetatif formları dumana karşı en duyarlı olanlardır, ancak küf sporları nispeten dirençlidir. Dumanlanmış ürünlerin karakteristik altın rengi, karbonillerin et yüzeyindeki amino bileşenlerle etkileşiminden kaynaklanmaktadır. Geleneksel gerekliliklere göre, sıcak dumanlanmış balıkların yüzeyi parlak bir görünüme sahip olmalıdır. Parlaklık eksikliği, donmuş ham madde kullanımı veya donmaya bağlı protein denatürasyonundan kaynaklanmaktadır. Doku, sululuk ve tuzluluk gibi diğer duyusal özellikler, yalnızca dumanlanmış gıdaların özellikleri olmasa da dumanlanmış balıkların genel kalitesini de etkile-

mektedir. Aynı zamanda lezzet, dumanlanmış ürünlerin en tipik özelliğidir (Fellows, 2017). Dumanlamada tüketici kalite algıları bakımından aroma ve görünüşün etkisi önemlidir (Erkan, Dumanla teknolojisi, 2011; Miler & Sikorski, 1990).

Dumanlanmış ürünlerde depolama sırasında duyusal, kimyasal ve mikrobiyolojik değişimler söz konusudur. Bu değişimler dumanlanan balığın türüne, yağ oranına, dumanlama yöntemine, duman içeriğine dumanlama süresi ve sıcaklığına, dumanlama öncesi yapılan işlemlere göre farklılıklar arz etmektedir. Bozulmanın başlangıcında ürünün üst yüzeyinde sulanma ve küf oluşumu depolama süresi ile ambalaj türüne bağlı zamanla et renginin kaybolması ve yağ oksidasyonundan kaynaklı acı tat oluşumu söz konusudur. Mikroorganizmaların çoğu, dumanlama süreçleriyle faaliyet gösteremez hale gelse de bakteri sporları ortadan kaldırılamaz, dumanın bakterisit etkisi bakteri türüne göre değişmekle beraber dumanlanmış ürünler için risk oluşturan mikroorganizmalar arasında *Listeria monocytogenes* (bu tip ürünlerde aranması gereken) en önemli mikroorganizmalardan biridir. Bu ürünlerde mikroorganizma yoğunluğu iki faktörle doğrudan ilişkilidir; Yüksek-uzun süreli sıcaklık uygulaması (içerdiği mikroorganizma yükü düşüktür), düşük-kısa süreli sıcaklık uygulaması (mezofil mikroorganizmalar, hatta psikofıllerin bir kısmı hayatta kalabilir yük yüksektir). Ayrıca kontaminasyon çoğu kez dumanlanmış balıkların paketleme, taşıma ve pazarlama süreçlerinde olabilmektedir. Dumanlanmış su ürünlerinde total bakteri $>10^6$/g ve enterobakterilerin $>10^5$/g seviyesine ulaşması gıda güvenliği açısından sakıncalıdır. Öte yandan bazı dumanlanmış balık tiplerinin mikroorganizma miktarları $<10^6$/g olarak belirlendiği halde, henüz organoleptik değişimler göstermedikleri de bildirilmiştir. Ancak bu miktarları aşan oranlarda kontaminasyon gösteren dumanlanmış balık ürünlerinin büyük bir çoğunlukla yenemeyecek derecede sensorik değişimlere uğradıkları bilinmektedir. Genelde dumanlanmış ürünlerde iki tip kokuşma-bozulma görülmektedir (Erkan, Dumanla teknolojisi, 2011);

1. **Islak kokuşma-bozulma:** Balık kas dokularının yapışkanlaşması ve kokularının ağırlaşarak yakıcı bir hal alması olup Pseudomonaslar ve Aeromonaslar bu süreç üzerinde etkin rol oynamaktadır.

2. **Kuru kokuşma-bozulma**: Dumanlanmış su ürünleri uzun süre ısı derecesi yüksek yerlerde saklanırlarsa renkte donuklaşma ve kaslarda dağılma gözlemlenirken hoş olmayan koku da hissedilebilir. Bu sürece dumanlama işlemi sırasında hayatta kalmış aerob basiller ve mikrokoklar neden olur. Ayrıca bunlara sekonder olarak mayalar da etki etmektedir.

Soğuk yöntemle dumanlanmış balıklarda saklanma süresine bağlı kimyasal kökenli bozulmalar daha baskın olarak ortaya çıkmaktadır. En önemli değişim yağ dokularında beliren oksidasyondur. Dumanlanmış balıklarda yakıcı ve acımsı lezzet bunun ilk belirtilerinden biridir. Dumanlanmış balıkların tüketiminden sonra gıda zehirlenmeleri oluşabilmektedir. Vakaların bir kısmında *Salmonella* spp. rol oynamaktadır. *Salmonella* spp., balıklara ya yaşadıkları kirli sulardan veya martı dışkılarından bulaşmaktadır. Balıkların dumanlanmasından önce oda ısısında uzun süre tutulmasıyla *Salmonella* spp. çoğalma imkânı bulmaktadır. Dumanlama ısısının düşük veya süresinin kısa olması, iç kısımlara kadar ulaşan *Salmonella* spp. lerin bu bölgelerde üremesine neden olmaktadır. Dumanlanmış balık ve ürünlerinden en çok izole edilmiş tipi *S. typhimurium*' dur. Dumanlanmış balıkların tüketimine bağlı gıda zehirlenmelerinin oluşumunda vakum ambalajlı ürünlerde özellikle kontaminasyona bağlı *Clostridium botulinium* E tipi önemli rol oynayabilmektedir. *C. botulinum* E tipinin dumanlanmış balıklarda toksin oluşturmasını önlemek için, sıcak dumanlama sırasında sporların tahrip edilmesi ve 3°C altı sıcaklıklarda depolanması önemlidir. Yine tuzlandıktan sonra soğuk yöntemle dumanlanmış balıklarda *Staphylococcus aıreus* ve *C. perfringens*' den kaynaklanan zehirlenmelerde görülebilmektedir. Su ürünleri, tür kaynağına bakılmaksızın, kontaminasyona ve sıcaklık ile birlikte diğer faktörler *Staphylococcus aureus'* un çoğalmasını desteklemektedir. Stafilokokal deniz ürünleri zehirlenmesinin tipik salgınları, dumanlanmış balık veya yengeç gibi pişmiş ürünlerde meydana gelmektedir. Bu zehirlenme sürecinde rekabetçi mikroorganizmalarının uygulanan sıcaklık ile yok edilmesi sonrası mevcut stafilokokların ortamda baskın hale getirilmesi sebep olmaktadır. Rekabet avantajı sağlayan bir diğer faktör de tuzlanmış ürünlerdeki tuz seviyeleri bu organizmayı etkilemeyecek seviyede olmamasıdır. *Staphylococcus aureus* çok yüksek düzeyde tuz toleransına sahip olup, 0.86'nın üzerindeki a_w değerleri stafilokokların büyümesini destekler ve stafilokokal enterotoksin oluşmasına sebep olmaktadır. Dumanlanmış balıklarda mikroorganizmaların proteolitik faaliyetlerine bağlı olarak oluşan biyojen amin (histamin, kadaverin vb.) kökenli gıda zehirlenmelerine de balık türleriyle ilişkili olarak rastlana bilmektedir (Erkan, Dumanla teknolojisi, 2011; Kvenberg J. , 1991).

Kalitenin korunumu açısından sıcak dumanlamada bakterilerin kontrolü yönünden kritik faktörler aşağıdaki gibidir (Fellows, 2017);

- Bulaşma düzeyi
- İlgili bakterinin D değerleri
- Dumanlama fırınının farklı bölümlerindeki sıcaklık değişimlerinin kontrolü
- İşleme sırasında ürünün ulaştığı orta nokta sıcaklıklarının takibi
- Dumanlama süresi

Dumanlama sürecinde duman ve tuzun antimikrobiyal etkileri olmasına rağmen, sıcak dumanlama sırasında mikrobiyal yıkım uygulanan ısıl işleme bağlıdır. Örneğin, dumanlanmış somonda *Listeria monocytogenes*' in kontrolü için işlem süresi ve sıcaklığı, herhangi bir *Listeria*' nın hayatta kalma olasılığının milyonda birin altında olmasını sağlamalıdır (10^6). *L. monocytogenes* tarafından en olası kontaminasyon 10^6 g^{-1} çiğ balık ise, gerekli azalma 10^6' dan $10^{-6'}$ ya (12 D-değerleri) olur. Somon için bu, 64°C'de 12 dakika veya 72°C'de 35.1 saniye gerekmektedir. Bununla birlikte, *L. monocytogenes* tarafından kontaminasyonun ≈1000 g^{-1} balık olduğu kaliteli somon balığında, gerekli azalma 10^3'ten 10^{-6}' ya (10^9 veya 9 D azalma) kadardır. 64°C'de somon için D-değeri 58.44 s' dir ve 64°C' de *Listeria* içermeyen bir ürün sağlamak için bekletme süresi bu nedenle 9×58.44= 8.77 dakikadır. 72°C'de gereken süre 9×2.92 saniye=26.28 saniyedir (Fellows, 2017).

Dumanlanmış balıklar genellikle çabuk bozulan ürünlerdir ve buzdolabında saklanmalıdır. Raf ömürleri, başta ham maddenin türü ve başlangıç kalitesi, tuz konsantrasyonu ve ette karşılık gelen su aktivitesi, dumanlama sırasındaki sıcaklık rejimi, duman bileşenlerinin içeriği, tesislerin hijyen standardı ve depolama sıcaklığı ve ambalaj türü gibi birçok faktöre bağlıdır (Şekil 3.27). 4°C'de saklanan hafif sıcak dumanlanmış balıklar genellikle 2 haftalık bir raf ömrüne sahipken, daha fazla tuzlanmış ve en az 6 ila 8 saat duman etkisine maruz bırakılmış soğuk dumanlanmış balıklar iyi kalitede yaklaşık 2 aydan fazla buzdolabında saklanabilmektedir. Düşük nem içeriğine sahip türler, örneğin yılanbalığı, bozulmaya karşı diğerlerine göre daha dirençliyken, geniş et yüzeyleri olan ve çok nem içeren tütsülenmiş balık parçaları bozulmaya karşı daha hassastır (Miler & Sikorski, 1990). Kimyasal, mikrobiyal ve duyusal kalite parametreleri yönünden sıcak dumanlanmış gökkuşağı alabalıklarının vakum pakette 30 ila 40 gün arasında ve modifiye atmosferle ambalajlananların ise 40 günden fazla buzdolabı koşullarında tüketilebilir koşullarda kaldığı bildirilmektedir (Khanipour & Mirzakhani, 2013). Başka bir çalışmada ise duyusal analiz sonuçlarına göre, soğuk dumanlanarak vakum paketlenmiş somon balıklarının 0°C'de 26 gün, 2°C'de 21 gün, 4°C'de 20 gün, 6°C'de 10 ve 8°C'de ise 7 gün tüketilebilir kalite niteliklerini koruya bildikleri tespit edilmiştir (Dondero ve diğ. 2004).



Fotoğraf 3.19. Türkiye' de marketlerde satılan bazı dumanlanmış su ürünleri çeşitleri.



Şekil 3.27. Dumanlanmış ürünlerde kalite, bozulma ve gıda güvenliğine etki eden temel faktörler.

Tablo 3.46. Dumanlanmış balıkta kaliteyi etkileyen faktörler ve kontrolü (Varlık ve diğ. 2007)

Kalite/Bozulmayı Etkileyen Faktörler	**Kaliteye Olumsuz Etkisi**	**Kalitenin Korunumu**
Materyal	Kalite üzerinde materyalin tazeliği ve yağ oranı oldukça önemli olup yağ oranına göre dumanlama yöntemi tercih edilmemesi	Mutlaka taze ürün dumanlama işlemine alınmalı, yağ oranı %5-10 arasında olan su ürünleri soğuk dumanlama yöntemi ile %10-15 yağ içerenler sıcak dumanlama yöntemi ile işlenmeli
Ön işlemler	Yıkama, ön tuzlama, kan çıkarma gibi işlemler son ürünün kalitesini etki etmekte bu aşamalarda yapılan işlevsel hatalar ve ihmaller	Temiz su ile balık yıkanmalı, kan çıkarma işlemi tuzlu buzlu su karışımında gerçekleştirilmeli Ön tuzlama için tavsiye edilen oran genelde %10-12 tuz solüsyonu olup yaklaşık olarak 2-12 saat solüsyonda bekletme uygulanmalı
Duman	Dumanın elde edildiği ağacın cinsi ve dumanın bileşimi kalite üzerinde doğrudan etki etmekte bu süreçte hatalı talaş seçimi ve yanma saçaklığı uygulamaları	Dumanlamada en çok gürgen, meşe, kayın, ıhlamur, elma ve kiraz gibi katranı az ağaçlar tercih edilmeli Çam ve iğne yapraklı ağaçlar katran oranı yüksek reçineli ağaçlar tercih (acımsı tat bırakır ve PAH bileşikleri yüksektir) edilmemeli
Dumanlama süresi ve sıcaklığı	Dumanlama yapım süreci ve sıcaklığa bağlı olarak kalite ve dayanım süresi doğrudan etkilemekte	Soğuk dumanlama için 15-23°C tercih edilmeli ve süre uzun tutulmalı Sıcak dumanlama için 70-90°C uygun olup soğuk dumanlamaya göre süre daha kısa olmalı Balığın türüne, bileşimine ve büyüklüğüne göre dumanlama süresi ayarlanmalı
Paketleme ve depolama	Paketlemenin soğutma yapılmadan yapılması kalite ve bozulmayı hızlandırmakta	Dumanlanmış ürünler soğutulduktan sonra folyo, plastik torba gibi materyaller kullanılarak paketlenmeli veya vakum paketleme tercih edilmeli

Dumanlanmış ürünlerin kokusu taze ve kendine özgüdür, normalden sapan ve bozulmaya başlayan ürünler ise amonyağımsı, ekşi olabilmekte veya tipik kokuşma hissedilmektedir. Normalde altın sarımsı olan renk, yeşilimsi sarı, esmerimsi kahverengi ve koyu esmer olabilmekte, sıkı olan kıvam bozulma süreçlerinde yumuşak, gevşek, parmaklar arasında tutulunca kolay ezilebilir durumdadır. Bozulmanın ileri safhalarında ise peltemsi ve yapışkan veya sıvılaşma eğilimindedir. Dumanlanmış balıklarda en çok rastlanan mikrobiyolojik bozulma, iç ve dış küflenmedir. Bu ürünlerin tüketilmesine izin verilmemektedir.

Isıl İşlemler

Isıl işlem, sıcaklık rejimi, ısıl işlem yöntemi, ekipmanı, balık türleri, paketleme yöntemi veya işlemin mikrobiyal hedefine dayalı olarak az ya da çok birbiriyle örtüşen gruplara bölünebilmektedir (Skipnes, 2014). Isıl işlemler, soğutulmuş veya dondurulmuş olarak pazara sunulan balıkçılık ürünlerine uygulanmaktadır. Genel olarak su ürünleri ısıl işlem uygulandıktan sonra pişmiş ve yenmeye hazır olarak nitelendirilmektedir. Yengeç, ıstakoz, kerevit, pişmiş karides, surimi bazlı analog ürünler, deniz ürünleri salataları, deniz mahsullerinden çorbalar ile sosları ve sıcak dumanlanmış balıklar ısıl işlem uygulanmış yemeye hazır su ürünlerinin tipik örnekleridir (FDA, 2011).

Mayaların ısıya karşı olan dirençleri düşüktür, bunu küfler ve ardından bakteriler takip etmektedir. Gıdalardaki mikroorganizmaların büyük çoğunluğu 100°C' lik ısıl işlem uygulamalarında neredeyse tamamı elimine edilebilmektedir. *Clostridium botulinum*, *C. Perfringens*, *C. sporogenes*, *C. bifermentans*, *C. butyricum*, *C. pasteurianum*, *C. thermosaccharolyticum*, *Desulfotomaculum nigriificans* ve *Geobacillus stearothermophilus* (önceki ismi *Bacillus stearothermophilus*) sporları ısıya karşı çok dayanıklıdır ve yok edilmeleri için yüksek sıcaklıklarda uzun süreli ısıl işlemler gereklidir.

Isıl işlemlerdeki temel hedef gıdalarda bulunabilecek saprofit bakterilerin ve patojen mikroorganizmaların (*C. botulinum*, *L. monocytogenes*, *C. jejuni*, *E. coli*, *Salmonella* türleri, *Shigella* türleri, *Yersinia enterocolitica*, *S. aureus*, *V. cholera*, *V. vulnificus* ve *V. Parahaemolyticus*) eliminasyonu ve inhibasyonunun sağlanmasıdır.

Isıl işlemler temel iki hedef için uygulanır (Baygar, Isıl işlemli konservasyon teknolojisi, 2011);

1. Su ürünlerini pişirmek
2. Mevcut bakteri ve enzimleri inaktive etmek

Bu noktada iki teknik ön plana çıkmaktadır (Skipnes, 2014);

1. **Pastörizasyon**
2. **Sterilizasyon**

Sterilizasyon işlemi konserve ürün üretim teknolojisinde büyük önem taşımaktadır. Son yıllarda ambalaj materyallerindeki gelişme ve yeni uygulama yöntemleri sayesinde teneke veya cam ambalaj dışındaki malzemelerin de ambalajlamada kullanıldığı gıdalarada pastörizasyon veya sterilizasyon işlemleri uygulanabilmektedir.

Hermetik (ısıl işlem uygulanmadan önce ambalajlanmış içerik ile dış ortamın tüm ilişkisinin kesilmiş olması) olarak kapatılarak ısıl işlem uygulanmış ambalajlı ürünlerde bozulmaya

ısıl işlemin yeterince uygulanmaması (hedef mikroorganizmalar), içerik ile ambalaj (kutu metalleri vb..) arasındaki kimyasal reaksiyonlar, ürün işleme sürecindeki proses hataları ve ürün niteliği ile ilişkili olmayan depolama koşulları neden olabilmektedir. Aynı zamanda ısıl işlemler uygulanarak tüketiciye sunulan ürünlerin (haşlama, sous vide, pastörizasyon veya sterilizasyon) üretim süreçleri çok basamaklı ön işlemlere dayanan proseslerdir. Bu anlamda ham madde tedarik prosedürleri son ürün kalitesi ve oluşacak olan bozulma metabolitleri üzerinde doğrudan etkilidir. Uygulanan ısıl işlemler ürün kalitesini iyileştirme yönündeki faaliyetler olmayıp, raf ömrünü enzimatik ve mikroorganizma faaliyetleri engelleyerek artıran tüketime hazır ürünlerdir.



Fotoğraf 3.20. Yeni nesil (retort vb.) ısıl işlem ile sterilizasyon yapılabilir ambalajlı ürünler.

Pastörizasyon

Dünyada yaygın olarak kullanılan bir gıda işleme yöntemi olan pastörizasyon, gıdaların muhafazası için kullanılmaktadır. Pastörizasyon, gıdalarda bulunan patojenik mikroorganizmaları yok etmek, bozulmaya neden olan mikroorganizmaların ve enzimlerin çoğunu etkisiz hale getirmek için kullanılan (genellikle 100°C'nin altında) bir ısıl işlem yöntemidir. Böylece istenilen duyusal özellikler korunur ve mikroorganizmaların ve enzimlerin inaktivasyonu ile daha stabil bir ürün elde edilmektedir. Ancak gıdaya uygulanacak ısıl işlemin süresi ve sıcaklığı dikkatle kontrol edilmelidir. Gıda güvenliğinin sağlanmasında ve raf ömrünün uzatılmasında kullanılan en güvenilir yöntemlerden biri olan ısıl işlem, özellikle yüksek sıcaklıklarda uygulandığında gıdaların kalite özelliklerinde istenmeyen değişikliklere neden olabilmektedir. Isıl işlem uygulamaları ham ürünlere göre bozulmayı geciktirip raf ömrünü uzatsa da gıdanın duyusal, fiziksel, mikrobiyolojik ve kimyasal özellikleri üzerinde olumlu ya da olumsuz etkileri söz konusudur (Üçok Alakvuk ve diğ. 2021). Özellikle ısıl işlem uygulamaları renk ve dokuda bozulma, besin kaybı, pişirme kaybı (ağırlık kaybı) ve alan küçülmesi gibi ciddi kalite bozulmalarına neden olabilmekte ve bu da ürünlerin tüketici kabulünü azaltabilmektedir. Örneğin ısıtma sırasında midyedeler deki en önemli değişiklikler protein denatürasyonundan kaynaklanmaktadır. Protein denatürasyonu su tutma kapasitesini azaltmakta, kas liflerini küçültmekte ve bağ doku bozulmasına neden olmaktadır. Bu anlamda pastörizasyon prosesleri sırasında termal kalite değişiklikleri için kinetik parametrelerin daha iyi anlaşılması, daha sonra tasarım ve optimizasyon amaçları için kullanılan bu verilerle elde edilebilirse, ısıl işlemden kaynaklanan bu olumsuz kalite değişikliklerini azaltmak mümkün olabilmektedir (Ovissipour ve diğ. 2013). Isıl işlem ile pastörize (veya diğer ısıl işlemlerde) edilmiş su ürünlerinde ekstra koruyucu madde ilavesine genelde gerek yoktur. Besin kayıpları ile ilgili başka sorunlar olsa bile, örneğin proteinlerin ısı denatürasyonu sindirilebilirliği artırabilmekte, gerekli güvenlik ve raf ömrünü elde etmek için ısı yükünü istenen duyusal kalite ile mikrobiyal kısıtlamalar arasında dengelemek daha zordur (Skipnes, 2014).

Pişirme ve pastörizasyon, bakteriyel patojenleri ortadan kaldırmanın yanı sıra, su ürünlerinde bozulmaya neden olan bakteri sayısını büyük ölçüde azaltmaktadır. Bu bakteriler normalde rekabet yoluyla insanlar için patojenik özellik gösteren bakterilerin büyümesini sınırlamaktadır. Bozulma yapan bakterilerin ortadan kaldırılması, ortamda rekabeti kaldırdığı için patojenik bakterilerin hızlı büyümesine imkân vermektedir. Bu nedenle pastörizasyondan sonra ortaya çıkabilecek patojenik bakteriler bir endişe kaynağı olup pastörizasyon uygulanan su ürünlerinin raf ömrünü önemli ölçüde azaltmakla birlikte ciddi gıda güvenliği sorunları oluşturmaktadır. Gıda güvenliği ve kalite açısından pastörizasyon yoluyla eliminasyon veya

inhibasyon yönünde patojenik bakterilerin kontrolünün sağlanması çok önemli olup aşağıdaki şekilde uygulanmalıdır (FDA, 2011):

- Halk sağlığını ilgilendiren patojenik bakterileri ortadan kaldıracak veya sayılarını kabul edilebilir seviyelere indirecek bir pastörizasyon sürecini bilimsel olarak oluşturmasıyla
- Pastörizasyon ekipmanını, her ürün biriminin en azından belirlenen minimum süreci alacağı şekilde tasarlayıp işletilmesiyle
- Bilimsel olarak oluşturulmuş bir sürecin (örn. zaman ve sıcaklık) başarısını doğrulamak için kritik süreç parametrelerinin sürekli kontrol ve kayıtlarının sağlanmasıyla

Tablo 3.47. Pastörüzasyonun su ürünlerindeki mikroorganizmalara olan etkisi

Gıda	**Patojenler üzerine pastörizasyon işleminin etkisi**	
	Öldürür	**Öldürmez**
Balık	*Salmonella spp.*, *Vibrio spp.*, Hepatit A	*S. aureus* (toksin), Mikrobiyel yan ürünler
Kabuklu Su Ürünleri	*Salmonella* spp., *Vibrio* spp., *Shigella* spp., Hepatit A, Norwalk virüsü	*C.botulinum*, *S. aureus*



Fotoğraf 3.21. Su ürünlerinde pastörizasyon uygulamalarına örnekler.

Pastörizasyon işlemi gıdaların niteliğine göre farklı amaçlar içinde yapılabilmektedir;

1. Yüksek ısısal işlemin gıdanın kalitesini olumsuz yönde etkilediği ve soğukta muhafaza gibi ilave önlemlerin alınabildiği durumlarda
2. Bir gıdada bulunan patojen mikroorganizmaların öldürülmesi amaçlandığında,
3. Gelişerek bozulmaya neden olabilecek mikroorganizmaların (küf, maya ve laktik asit bakterileri) ısısal dirençlerinin düşük olduğu yüksek asitli gıdalar ve fermente alkollü içeceklerde
4. Fermente gıdaların üretiminde fermentasyonda rol oynayan mikroorganizmaların gelişebilmeleri için ortamdaki diğer mikroorganizmaları öldürmek amacıyla fermente ürünlerde

Sterilizasyon (≥121°C 1 atm basınç)

Türk Gıda Kodeksi sterilizasyonu ve uygulanacak ürünü iki temel kriterde tanımlamaktadır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019);

1. Konserve, uygun nitelikteki hammaddenin tuzlama, kürleme, emülsifiye etme, pişirme gibi ön işlemlerden geçirilerek hermetik kapatılmış kaplarda (teneke kutular, cam kavanozlar veya özel poşetler) temel konserve üretim teknolojisi uygulanarak dayanıklı hale getirilmesiyle elde edilen ürünler
2. Konservelere uygulanan 100°C' nin üzerindeki ısıl işlem olarak

Bu işlemlerin temel hedefi ise normal depolama şartlarında bozulmaya neden olacak tüm mikroorganizma ve sporlarının yok edilmesidir.

Sterilizasyonun yetersizliğinde ürünlerin mikrobiyolojik analizinde yalnızca ısıya dayanıklı termofil mikroorganizmalar bulunması söz konusu iken, sızıntı olan ürünlerde ise her tür mikroorganizma nın tespiti mümkündür (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2012).

Sterilizasyon uygulanmış ürünlerde mikrobiyolojik bozulma (Baygar, Isıl işlemli konservasyon teknolojisi, 2011);

a. Yetersiz sterilizasyon (ısıl işleminin sıcaklık ve zaman bakımından yetersizliği),
b. Isı işlemden sonra yetersiz soğutma,
c. Sızıntı nedeniyle bulaşma,
d. İşlemeden önce ürünün kontaminasyona maruz kalması,
e. Hermetik kapatmanın tam olarak gerçekleşmemesi durumunda oluşabilmektedir.

Yetersiz düzeyde sterilizasyon uygulanması veya bu süreçlerde hatalar yapılması durumunda su ürünlerinin bozulmasından sorumlu mikroorganizmalar iki alt grup altında toplanmaktadır (Baygar, Isıl işlemli konservasyon teknolojisi, 2011);

1. Spor oluşturanlar
2. Spor oluşturmayanlar

Spor oluşturan mikroorganizmalar: a) Kısmi anaerob olan türler sterilizasyon uygulanmış ürünlerde düz ekşimeye "**Flat-Sour**" a neden olmakta (asitlenme oluşturup, çok az ya da hiç gaz açığa çıkarmaz). **b) Mutlak anaeroblar** ise hermetik olarak kapatılıp sterilizasyon uygulanmış gıdaların bozulmasına neden olan ana türler iki alt başlıkta toplanmaktadır; **Mezofilik** ve **termofilik** türler. Bunlar gıdalarda CO_2 oluşturarak bombaja neden olmaktadır. Düşük asitli gıdalarda mezofilik spor yapan anaerob türler gıda güvenliği yönünden son derece önemlidir. İnsan sağlığı yönünden, toksin oluşturan mikroorganizmalardan *Clostridium botulinum, Clostridium sporogenes, Clostridium welchii* gibi anaerobik spor yapan türler ise su ürünleri konservelerinde bombaja neden olmaktadır. Isıya dayanıklı türleri mevcuttur.

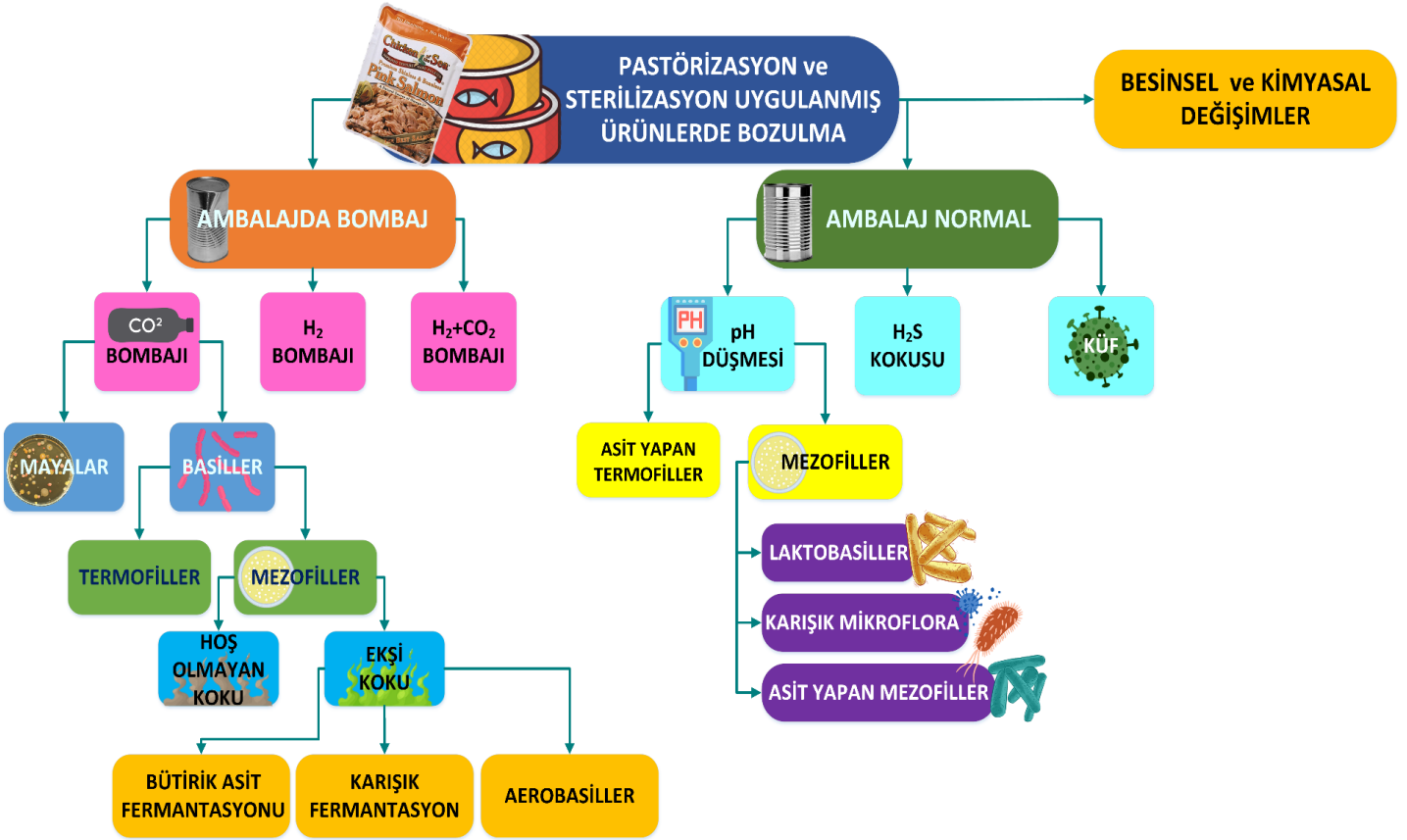
Spor oluşturmayan türler: *Bacillus licheniformis, B. coagulans, B. cereus, B. subtilis* türleri CO_2, NO_2 ve N_2 gazlarının ortaya çıkmasında etkenkenken *Clostridium sporogenes, Clostridium putrefaciens, Clostridium botulinum* gibi spor yapan anaerob türler ise su ürünleri konservelerinde hem CO_2 ve H_2 gazı oluşturarak bombaja sebep olmakta, hem de proteinleri parçalayarak metil, etil sülfür gibi kükürtlü ürünleri, amonyak, aminler, indol, skatol ve merkaptan oluşumundan doğrudan sorumludur. Konserveye işlenecek balıklarda meydana gelen histamin oluşumuna neden olan en önemli bakteriler ise enterobakterilerdir. Buna *Proteus morganii, Enterobacter aerogenes, Enterobacter coaclaceae, Hafnei alvei, Proteus incostans, Klebsiella pneumoniae* örnek olarak verilebilmektedir. Uskumru ve diğer balıklarda histamin oluşumundan sorumlu olan bakterilerin (*Proteus morganii* veya Proteuslar) bulunması histamin zehirlenmesinin riskinin bir göstergesidir.

Sterilizasyon süreci çok adımlı bir ön işleme süreçleri sonrası uygulanan bir ısıl işlem olup son ürün tüm basamaklarda yaşanabilecek kalite kayıplarından etkilenmektedir. Yapılan araştırmalar, sterilizasyon ve konservasyon süreçleri sonrası depolamaya kadar olan önceki işlemlerde (soğutma, dondurma, pişirme) çok sayıda metabolit oluşumunun söz konusu olabileceği ve bunların çoğunun nispeten küçük moleküller yapıda olması sebebiyle kalite kayıpları yönünde su ürünleri bileşenleriyle (özellikle proteinler) etkileşime girebileceğini göstermektedir. Ayrıca faydalı bileşenler (proteinler, doymamış yağ asitleri, vitaminler, vb.) bu tür ön işlemler sırasında parçalanabilmekte ve nihai üründe kayıplar söz konusu olabilmektedir. Sterilizasyona bağlı konserve üretiminde sulu bir ortam kullanıldığında, amino asitler, mineraller

ve hidrofilik vitaminler gibi bileşenler ambalajın sıvı ortamına sızar ve su ürünleri ambalajın tüm içeriğiyle birlikte tüketilmezse besin bileşenleri yönünden önemli ölçüde kayıplar söz konusudur. Yağda konservasyon yapılırsa, proteinler ısı işlemiyle denatüre edildiğinden ve kutunun üst boşluğuna önemli miktarda su salındığından, balık kasları da protein, mineral ve vitamin kaybedebilmektedir. Su kayıpları, sterilizasyonun ciddiyetine ve ön pişirmeye, türe, pH' a ve diğer fizyolojik faktörlere bağlı olarak %9-28 aralığında değişebilmektedir. Yağlı balıklar, lipitlerin su göçünü kısıtlayıcı etkisinden dolayı bu konuda daha az zarar görmektedir (Aubourg, 2001). Nihayi ürünlerde vitamin miktarının azalması, enzimatik olmayan esmerleşme, proteinlerin denatürasyonu, renk, tat, koku ve tekstür değişimleri nihayi ürünlerde belirgin duyusal kayıplara sebep olmaktadır.

Dolgu materyali ortamı olarak yağ kullanıldığında, doldurulan yağdan gelen yağ asitleri ile balık kasının yağ fraksiyonu arasında da etkileşimler oluşmaktadır. Doku yağlarının dolgu yağında bol miktarda bulunan yağ asitlerinin nispi oranında keskin bir artışı vardır. Aynı zamanda, doku yağlarının karakteristik yağ asitlerinin, konserve ve konserve depolama sonrasında dolum yağına geçiş yaptığı da birçok araştırmada belirlenmiştir. Her iki yağ türü arasındaki bu etkileşim, uzun süreli konserve ürünlerin depolanması sırasında da artmaktadır. Sonuç olarak, su ürünlerinde bulunan ω3-PUFA' ların olumlu tıbbi faydalarını korumak için yüksek PUFA içeriğine sahip dolgu ortamlarının kullanılması tavsiye edilmektedir (Aubourg, 2001).

Sterilizasyon prosesleriyle işlenen su ürünlerinde kullanılan türlerin çoğu orta ve yüksek yağ içeriğine sahiptir, dondurarak depolama sırasındaki aktivitelerin çoğu, yağ yapıdaki hasarları ve buna bağlı olarak besin kaybını önleme ile su türlerinin raf ömrünü uzatma ile kalite korunumuna odaklanmıştır. Isıl işlem (pişirme ve sterilizasyon) çok sayıda balık bileşeninin parçalanmasına ve daha fazla etkileşime sebep olabilmektedir. Bu anlamda her iki ısıl işlem (pastörizasyon ve sterilizasyon) sırasında da doğru zaman/sıcaklık koşulları kullanıldığında su ürünleri bileşenlerinin çoğunun korunumunun yüksek kaliteli ham madde kullanılması koşuluyla kabul edilebilir bir seviyede kaldığını göstermektedir. Maksimum besin bileşeninin korunması için sous-vide pişirme, optimizasyon stratejileri ve bilgisayarlı proses kontrolü ile antioksidan bileşenleri içeren dolgu maddelerinin kullanımı gibi bazı yeni uygulamalar tavsiye edilmektedir. Bu da son ürün kalitesini olumlu bir şekilde etkilemektedir (Aubourg, 2001).



Şekil 3.28: Pastörizasyon veya strelizasyon uygulanmış ürünlerde genel bozulma süreçleri (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2012' den modifiye edilmiştir).

Tablo 3.48. Pastörize veya sterilize edilmiş edilmiş ürünlerde kaliteyi etkileyen faktörler ve kontrolü

Kalite/Bozulmayı Etkileyen Faktörler	**Kaliteye Olumsuz Etkisi**	**Kalitenin Korunumu**
Materyal	Hammadde başlangıç kalitesinin düşük olması	Tazelik her zaman önem taşımakta, ne kadar taze ham materyal kullanılırsa ürün o kadar kaliteli ve dayanıklı olmakta Parazit bulunmayan, don yanığı %20 den fazla olmayan, yumuşak doku bulunmayan, kendine has koku ve renge sahip ham materyal işlenmeye alınmalı İşlenecek türlere has kalite kontroller yapılmalı (mikrobiyolojik yük, histamin düzeyi, kalıntı, ağır metal düzeyi vb. içerikleri yasal çerçevelere uygun olmalı)
Ön işlemler	Su ürünleri türlerine bağlı olarak deporasyon, kan çıkarma, tuzlu salamurada pişirme, buharda pişirme, ön dumanlama veya kurutma, çözündürme (ürün donuksa), ayıklama ambalajlama/ kutulama süreçleri ve hermetik kapama gibi ön işlem süreçleri ile bu noktalarda oluşan işlemsel hatalar kaliteyi doğrudan olumsuz yönde etkilemekte	Kabuklu su ürünlerinde deporasyon sürelerine önem verilmeli, kan mümkün olduğunca hızlı uzaklaştırılmalı, donmuş balıklar 10°C' i geçmeyen deniz suyu veya normal su içinde 4-5 saat bekletilerek çözünmeleri sağlanmalı Yağda kızartma sırasında ürünü çok kurutmamaya özen gösterilmeli veya haşlama esnasında fazla su kaybına izin verilmemeli Orkinos türü balıkların et ayıklama sürecinde kahverengi etler ayrılmalı, dolum işlemine kadar etleri soğuk depoda bekletmeli Dolum yapılacak kapların temiz olmasına dikkat edilmeli ve kutu kapama işleminde içerde hava kalmamasına dikkat edilmeli
Pastörizasyon Sterilizasyon	Uygulanan yöntemin teknik yeterlilikleri dahilinde hedef alınan bozulmaya neden olan patojen veya toksin üreten mikroorganizmalar ile enzimlerin inaktive edilmesi amaç uygulanmaması	Pastörizasyon işleminde sıcaklık süre ilişkisine dekkat edilmeli Sterilizasyon sürecinde bir besinin optimal sterilizasyon koşullarının bilinmesi için F, E ve C değerlerinin tam olarak hesaplanarak belli bir basınç altında ısıl işlemin uygulanması sağlanmalı
Depolama	Isıl işlemden sonra iyice soğutulmuş ambalajlı ürünlerin uygun depolama süreçlerinde muhafaza edilmemesi	Kapak ve ambalaj kenet/lehimlerin yerleri sıyrık veya açıklık olmamalı

Işınlama

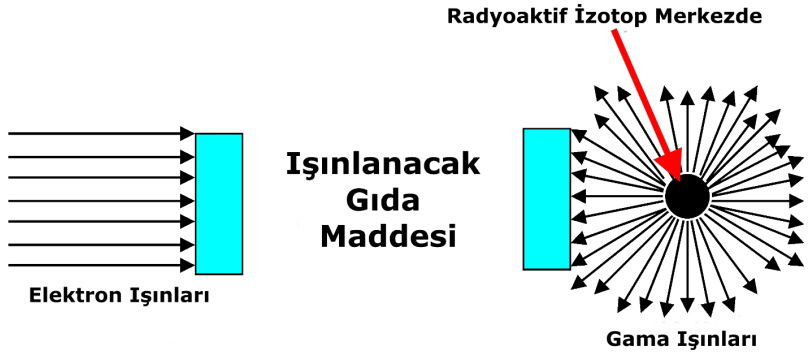
Gıda ışınlaması, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından gıdaların radyoaktif bir kaynak (kobalt 60 veya sezyum 137), elektron ışınları veya elektrikle çalışan hızlandırıcılarda üretilen x-ışınları yoluyla önceden belirlenmiş radyasyon enerjisine maruz kaldığı bir süreç olarak tanımlanmaktadır (Flick, 2003).

Işınlama işlemi fiziksel konserve edici uygulamalar arasında sayılmaktadır. İşlem süreçlerinde kayda değer sıcaklık artışı olmadığı için "**Soğuk Sterilizasyon**" teknolojisi olaraktan tanımlanmaktadır. Gıdaların ışınlama işlemlerinde aşağıdaki ışınlama kaynaklarının kullanımı yasal olarak onaylanmıştır (Özden, Su ürünlerinde ışınlama Teknolojisi, 2011);

a. Kobalt-60 (Co-60) ve Sezyum-137 (Cs- 137) radyonüklid (kapalı sistem) kaynaklarından yayılan gama ışınları

b. 5 MeV ve daha düşük enerjide çalışan makine kaynaklarından üretilen X-ışınları

c. 10 MeV ve daha düşük enerjide çalışan makine kaynaklarından üretilen elektronlar



Şekil 3.29. Işınlama uygulamalarında ışınlama kaynaklarının etkisi (Özden, Su ürünlerinde ışınlama Teknolojisi, 2011).

Gıda maddelerinin iyonlaştırıcı radyasyonla işlenmesi, radyasyonun gıdada bulunan herhangi bir mikroorganizma üzerindeki etkisinden dolayı doğrudan kullanımı söz konusudur. Ana hedeflerden biri, gıdadaki patojenik mikroorganizmaları ortadan kaldırmak, çiğ veya minimum düzeyde işlenmiş ürünlerde gıda güvenliğini artırmaktır. Başlangıçta bu teknoloji insektisitlerin kontrolü ile meyve ve sebzelerin olgunlaşması/filizlenmesinin engellenmesine odaklanırken, sonradan uzun raf ömrüne sahip (ticari olarak steril) güvenli gıdaların üretimi için kullanımı yönünde olmuştur. Bu uygulamaların niteliği yönünde hedef organizmaların türü, sayısı ve iç dış koşullar gibi farklı faktörler, bu hedeflere ulaşmak için gereken radyasyon dozlarının kritik sınırlarını etkilemektedir (SCF, 2003) (Tablo 3.49, 50, 51).

Tablo 3.49. Gıdalarda uygulanabilecek yasal ışınlama dozları (kGy) (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019)

Gıda Grubu	**Maksimum Genel Ortalama Soğurulan Doz (kGy)**
Grup 1- Soğanlar, kökler ve yumrular	0.2
Grup 2- Taze veya dondurulmuş meyve ve sebzeler (Grup 1'in dışındakiler)	2.5
Grup 3- Hububat, öğütülmüş hububat ürünleri, sert kabuklu meyveler, yağlı tohumlar, baklagiller ve kurutulmuş meyveler	5.0
Grup 4- Çiğ balık, kabuklu deniz canlıları ve bunların ürünleri (taze veya dondurulmuş), dondurulmuş kurbağa bacağı	**5.0**
Grup 5- Kanatlı, kırmızı et ile bunların ürünleri (çiğ veya dondurulmuş)	7.0
Grup 6- Kurutulmuş sebzeler, baharatlar, kuru aromatik bitkiler, otlar, çeşniler ve bitkisel çaylar	10.0
Grup 7- Hayvansal orijinli kurutulmuş gıdalar	3.0

Tablo 3.50. Teknolojik amaçlarına göre gıdalarda uygulanmasına izin verilen ışınlama dozları (Aydemir Atasever & Atasever, 2007)

Doz grubu	**Amaç**	**Doz (kGy)**	**Ürün**
Düşük doz (<1)	Filizlenmenin engellenmesi	0.05-0.15	Patates, soğan, sarımsak, zencefil vb.
	Böcek ve parazit dezenfeksiyonu	0.15-0.50	Tahıllar ve baklagiller, taze ve kurutulmuş meyveler, kurutulmuş balık ve et
	Fizyolojik işlemlerin geciktirilmesi (Ör: Olgunlaşma)	0.50-1.0	Taze meyve ve sebzeler
Orta doz (<10)	Raf ömrünü uzatma	1.0-3.0	Taze balık, çilek vb.
	Patojen mikroorganizma ve bozulmanın önlemesi	1.0-7.0	Taze ve dondurulmuş deniz ürünleri, çiğ ya da dondurulmuş et ve tavuk eti vb.
	Gıdanın teknolojik özelliklerinin geliştirilmesi	2.0-7.0	Üzümler (artan üzüm suyu miktarı), kurutulmuş sebzeler (azalan pişirme süresi vb.)
Yüksek doz (>10)	Endüstriyel sterilizasyon	30-50	Et, kümes hayvanları, su ürünleri, hazır gıdalar, sterilize edilmiş hatane gıdaları
	(Uygun sıcaklık kombinasnunda Belirli gıda katkı maddeleri ve bileşenlerin dekontaminasyonu)	10-50	Baharatlar, enzim karışımları, doğal sakız vb.

Tablo 3.51. Mikroorganizmalarda mevcut populasyonun %10' a indirgeme için uygulanması gereken ışınlama dozları

Mikroorganizma	**Uygulanan Doz (kGy)**
Pseudomonas aeruginosa	0.10
Vibrio parahaemolyticus	0.10-0.15
Escherichia coli	0.15-0.30
Proteus vulgaaris	0.10-0.20
Shigella	0.25-0.40
Salmonella	0.50-1.00
Streptococcus faecalis	0.75-1.00
Staphylococcus aureus	0.80-1.90
Clostridium botulinum (E tipi)	1.20- 3.00

10 kGy' in üzerindeki ışınlama dozları, hayvansal kaynaklı yüksek nemli gıdalarda immünosupresif tedavi gören kişiler, astronotlar, ordu personeli, özel açık hava etkinliklerindeki kişiler için gıda üretiminde ayrıca düşük nemli baharatların, şifalı otların, kurutulmuş sebze ve bitkilerin dekontaminasyonu için kullanılmaktadır. Bu sterilizasyon teknolojisi genellikle vakum paketlemede proteolitik enzimleri etkisiz hale getirmek için hafif ısıl işlem (73°C ila 77°C) ve derin dondurma ile birlikte kullanılmaktadır. Seçilen doz *Clostridium botulinum* sporlarının sayısını 10^{12} (D12) kat azaltabilmelidir (SCF, 2003). Eliminasyon için en düşük radyasyon dozlarına ihtiyaç duyan en hassas bakteriler, *Yersinia* türleri, *Pseudomonas* türleri, *Campylobacter* türleri, *Aeromonas* türleri, *Bacillus cereus*' un vejetatif formları, O 157:H7 dahil *E. coli* ve *Arcobacter butzleri*' dir. Radyasyona nispeten dirençli olan *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Clostridium perfringens*' in bitkisel formları, *Enterococcus faecalis* ve *Moraxella phenylpyruvia*' dır (WHO, 1999a; Molins ve diğ. 2001). En dirençli organizmalar, spor oluşturmayan *Moraxella-Acinetobacter* grubundakilerdir. Etin normal florasında bulunurlar ve sadece deniz balıkları ile kabuklu deniz canlılarında bozulmaya neden olmaktadır (SCF, 2003).

Radyasyon oranları, ışınlama sırasındaki sıcaklık ve atmosfer ve depolama koşulları, belirli gıdaların nihai kalitesini etkileyebilmektedir. Makro besinler - karbonhidratlar, yağlar, proteinler ve amino asitler - ışınlamadan minimum değişikliklere uğramaktadır (Flick, 2003). 10 kGy' in çok üzerindeki ışınlama dozları, termal enerji (ısıl işlem) uygulamasına benzer şekilde çeşitli besin maddelerini bozduğu ve genel etkilerinin benzer olduğu bilinmelidir. Araştırmaların çoğu, vitamin kayıplarının oksijensiz ambalajlarda (kutular veya esnek torbalar) veya -20°C ile -40°C arasında değişen kriyojenik sıcaklıklarda ışınlamayla en aza indirilebileceğini göstermektedir. Bununla birlikte, pişirme pratiğinde meydana gelmesi muhtemel muazzam farklılıklar, toplam besin kaybının doğru bir şekilde tahmin edilmesini engellemektedir. Sudaki vitamin çözeltileri, ışınlama tahribatına, gıda matrisinde veya kurutulmuş gıdalarda olduğundan daha hassastır (SCF, 2003). Suda çözünen vitaminler tiamin ve piridoksin ise diğerlerine göre değişime karşı daha duyarlı olup, 1-2.3 kGy'de ışınlanan su ürünlerinde vitamin kayıpları daha azdır. Riboflavin, niasin veya B_{12} vitamini konsantrasyonları üzerinde herhangi bir etki söz konusu değildir (Flick, 2003). Işınlama taze gıdaların (örn., sebze, meyve, balık, deniz, ürünleri, küçükbaş/büyükbaş ve kanatlı etleri) raf ömürlerinde sınırlı değişiklikler yapmakta, enzimler hala aktiftir hatta bazıları yüksek doz ışınlamaya dahi direnç gösterebilmektedir. Yüksek doz uygulamalarının yağlı ürünlerde aroma kaybına sebep olduğu da bilinmektedir (Aydemir Atasever & Atasever, 2007). Genel olarak, gama ışınlaması gıdalardaki yağ asitlerinin miktarını etkilemez. Ancak ışınlama sonrası birçok yeni

ürün oluşmakta, değişikliklerin çoğu ise C-C bağlarının rastgele bölünmesinden kaynaklanmaktadır (Flick, 2003).

Bozulma ve patojenik mikroorganizma seviyelerini azaltmak ve yeniden kontaminasyonu önlemek amacıyla ışınlamanın faydalarını en üst düzeye çıkarmak için, su ürünleri ışınlamadan önce paketlenmelidir. Bununla birlikte, ambalaj malzemelerinin ışınlanması, çeşitli kimyasal bileşiklerin üretilmesine neden olabilmektedir. Yapıştırıcıların ve basılı malzemelerin ışınlama işlemiyle uyumluluğunun da dikkate alınması bu süreçlerde önemlidir. Işınlanmış gıdaları paketlemek için kullanılan malzemeler ülkelerin ilgili kurumları tarafından onaylanmalıdır. Polivinil klorür içerikli ambalaj, malzemeleri gıda ürünlerinde tat değişimi yaptığından FDA tarafından kullanımı kabul edilmemektedir. Radura sembolü ise ışınlama yapılmış ürünlerde tüketici yönelik bilgilendirmeye yönünde kullanımı zorunludur (Flick, 2003) (Şekil 3.30).



Şekil 3.30. Işınlanmış gıdalarda ambalaj üzerinde kullanılması zorunlu "Radura" sembolü.

Kaynakça / References

5179 Sayılı Kanun. (2004, 06 05). Gıdaların üretimi, tüketimi ve denetlenmesine dair kanun hükmünde kararnamenin değiştirilerek kabulü hakkında kanun. *Resmi Gazete*(25483).

Abraham, A., El Said, K., & Flewelling, L. (2018). Role of biomarkers in monitoring brevetoxins in Karenia brevis exposed shellfish. *Food Safety, 6*(1), s. 33-43. https://doi.org/https://doi.org/10.14252/foodsafetyfscj.2017021

Ahmad, J. (2003). Applications of Smoking. B. Caballero, P. Finglas, & F. Toldrá içinde, *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* (2 b., s. 5309-5316). Academic Press.

Ahmed, I., Jan, K., Fatma, S., & Dawood, M. (2022). Muscle proximate composition of various food fish species and their nutritional significance: A review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 106*(3), 690-719. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jpn.13711

Akan, S., & Demirağ, M. K. (2018). Gıdalarda bulunan biyojen aminlerin önemi ve detoksifikasyon makanizmaları. *Food and Health, 4*(3), 166-175. https://doi.org/10.3153/FH18017

Akbulut, M. (2012). Gıda katkı maddeleri ve fonksiyonları. *Sağlık Düşüncesi ve Tıp Kültürü Dergisi*(21), 18-21. http://www.sdplatform.com/Dergi/556/Gida-katki-maddeleri-ve-fonksiyonlari.aspx adresinden alındı

Akdoğan, A., Divrikli, Ü., & Elçi, L. (2012). Pestisitlerin önemi ve ekosisteme etkileri. *Akademik Gıda, 10*(1), 125-132.

Akmırza, A. (2013). Gökçeada kıyı sularındaki balıkların parazitik nematodları. *Türk Parazitoloji Dergisi, 37*, 199-202. http://www.parazitoloji.dergisi.org/pdf/pdf_TPD_750.pdf adresinden alındı

Aksu, B. (2015). Tasarımla kalite (Quality by design: QbD) ve kalite risk yönetimi. *Marmara Pharmaceutical Journal, 19*, 12-18. https://doi.org/10.12991/mpj.2015198605

Aktop, Y., & Çağatay, İ. T. (2020). Ağır metallerin balıklarda birikimi ve etkileri. *Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi/Menba Journal of Fisheries Faculty, 6*(1), 37-44.

Albayrak, H. (2018). Toplam kalite yönetimi tekniklerinden Kaizen ve Altı Sigma uygulamalarının kıyaslanması üzerine örnek bir uygulama. *International Anatolia Academic Online Journal Social Sciences Journal, 4*(1), 24-57.

Aligizaki, K., Katikou, P., Milandri, A., & Diogène, J. (2011). Occurrence of palytoxin-group toxins in seafood and future strategies to complement the present state of the art. *Toxicon, 57*, 390-399. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2010.11.014

All Topic Project. (2013, 05 20). *Types of spoilage in fish.* 07 26, 2022 tarihinde All Topic Project: http://manmadeprroject.blogspot.com/2013/05/types-of-spoilage-in-fish.html adresinden alındı

Altuntaş, S., & Korukluoğlu, M. (2018). GIıda İişleme tesislerinde Listeria monocytogenes. *Gıda, 43*(1), 101-113. https://doi.org/10.15237/gida.GD17090

Andjelkovic, M., Vandevijvere, S., Van Klaveren, J., Van Oyen, H., & Van Loco, J. (2012). Exposure to domoic acid through shellfish consumption in Belgium. *Environment International, 49*, 115-119. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envint.2012.08.007

ARD28. (2019). Mercury: Sources, Transport, Deposition and Impacts. New Hampshire, ABD. 04 09, 2021 tarihinde https://www.des.nh.gov/sites/g/files/ehbemt341/files/documents/2020-01/ard-28.pdf adresinden alındı

Arslan, G., Tural, K., Özyurt, Y., Süslü, H., & Kuzucuoğlu, T. (2007). İntoksikasyonlara güncel yaklaşım. *Kartal Eğit im ve Araştırma Hastanesi Tıp Dergisi, XVIII*(2), 101-107. https://www.journalagent.com/scie/pdfs/KEAH_18_2_101_107.pdf adresinden alındı

Arthur, M., Vale, P., & Sampayo, M. A. (2003). Direct detection of acyl esters of okadaic acid and dinophysistoxin-2 in Portuguese shellfish by LC-MS. A. Villalba, B. Reguera, J. Romalde, & R. Beiras içinde, *Molluscan Shellfish Safety* (s. 67-73). Santiago de Compostela, Spain: Conselleria de Pesca e Asuntos Maritimos da Xunta de Galicia and the Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO.

Aubourg, S. (2001). Review: Loss of quality during the manufacture of canned fish products. *Food Science and Technology International, 7*(3), s. 199-215. https://doi.org/Review: Loss of Quality during the Manufacture of Canned

Authority European Food Safety (EFSA). (2012). Cadmium dietary exposure in the European population. *EFSA Journal, 10*(1), 2551. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2551

Ayaz, A., & Yurttagül, M. (2008). *BESİNLERDEKİ TOKSİK ÖĞELER- 2.* Ankara: Sağlık Bakanlığı.

Aydemir Atasever, M., & Atasever, M. (2007). Işınlamanın gıda teknolojisinde kullanımı. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi, 2*(3), s. 107-116.

Aydın, H., & Uzar, S. (2009). Denizel mikroalg biyotoksinleri ve etkileri. *C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 5*(1), 87-100. https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/45635 adresinden alındı

Ayhan, K. (2013). Tarladan sofraya gıda güda güvenliği. F. D. Özkaya, S. Çoşansu, & K. Ayhan içinde, *Her yönüyle gıda* (s. 251-287). İzmir: SİDAS Medya Ltd. Şti.

Bakan, M. (2019). Arsenik Metabolizması ve Arsenolipid Biyosentezi. *Mediterranean Fisheries and Aquaculture Research, 2*(3), 83-88.

Bane, V., Lehane, M., Dikshit, M., O'Riordan, A., & Furey, A. (2014). Tetrodotoxin: Chemistry, toxicity, source, distribution and tetection. *Toxins, 6*, 693-755. https://doi.org/10.3390/toxins6020693

Banwart, G. (1989). *Microorganisms Associated with Food.* Boston, MA: Springer. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-1-4684-6453-5_3

Barbieri, F., Montanari, C., Gardini, F., & Tabanelli, G. (2019). Biogenic Amine Production by Lactic Acid Bacteria:. *Foods, 8*(1), 17. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods8010017

Bari, M. L., & Ukuku, D. O. (2018). Foodborne pathogens and food safety. M. L. Bari, & K. Yamazaki içinde, *Seafood Safety and Quality* (s. 43-61). Florida: CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group, an Informa business.

Baydan, E., & Yurdakök, B. (2010). Balıklarda tespit edilen bazı bulaşanlar. *Veteriner Hekimler Derneği Dergisi, 81*(2), 77-81. https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/405215 adresinden alındı

Baygar, T. (2011). Isıl işlemli konservasyon teknolojisi. C. Varlık içinde, *Su Ürünleri İşleme Teknolojisi* (II b., s. 295-340). İstanbul: İstanbul Üniversitesi Basım ve Yayınevi Müdürlüğü.

Baygar, T., & Varlık, C. (2011). Soğutma teknolojisi. C. Varlık içinde, *Su Ürünleri İşleme Teknolojisi* (2 b., s. 59-106). İstanbul: İstanbul Üniversitesi, Yayın No: 5027.

BCCDC. (2013). Illness-causing bacteria, parasites and viruses in fish, shellfish and water. *Fish safety notes*. BC Centre for Disease Control. 04 03, 2020 tarihinde http://www.bccdc.ca/resource-gallery/Documents/Educational%20Materials/EH/FPS/Fish/Illness-Causing%20Bacteria%20and%20Viruses%20Nov13.pdf adresinden alındı

BCCDC. (2013, 11). *Illness-Causing fish parasites (worms)*. 04 09, 2020 tarihinde BC Centre Disease Control: http://www.bccdc.ca/resource-gallery/Documents/Educational%20Materials/EH/FPS/Fish/Illness-Causing%20Fish%20Parasites%20Nov13.pdf adresinden alındı

Belichovska, K., Belichovska, D., & Pejkovski, Z. (2019). Smoke and smoked fish production. *Meat Technology, 60*(1), 37-43. https://doi.org/https://doi.org/10.18485/meattech.2019.60.1.6

Belitz, H.-D., Grosch, W., & Schieberler, P. (2001). *Lehrbuch der Lebensmittelchemie* (5. b.). Berlin; Heidelberg; New York; Barcelona; Honkong; London; Mailand; Paris; Singapur; Tokio: Springer.

Beneventi, E., Tietz, T., & Merkel, S. (2020). Risk assessment of food contact materials. *EFSA Journal, 18*(S1), e181109. https://doi.org/ https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.e181109

Bentur, Y., Ashkar, J., Lurie, Y., Levy, Y., Azzam, Z. S., Litmanovich, M., . . . Eisenman, A. (2008). Lessepsian migration and tetrodotoxin poisoning due to Lagocephalus sceleratus in the eastern Mediterranean. *Toxicon, 52*, 964-968. https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2008.10.001

Bernhoft, R. A. (2012). Mercury Toxicity and Treatment: A Review of the Literature. *Journal of Environmental and Public Health, 2012*, 460508. https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2012/460508

Bernhoft, R. A. (2013). Cadmium toxicity and treatment. *The Scientific World Journal, 2013*, 394652. https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2013/394652

BFR. (2006). Hohe Gehalte an perfluorierten organischen Tensiden (PFT) in Fischen sind. BFR Bundesinstitut für Risikobewertung. 04 21, 2022 tarihinde https://mobil.bfr.bund.de/cm/343/hohe_gehalte_an_perfluorierten_organischen_tensiden_in_fischen_sind_gesundheitlich_nicht_unbedenklich.pdf adresinden alındı

BFS. (2021, 04 06). *What radionuclides can be found in food?* 11 18, 2021 tarihinde Bundesamt für Strahlenschutz: https://www.bfs.de/EN/topics/ion/environment/foodstuffs/introduction/introduction_node.html adresinden alındı

Biji, K., Ravishankar, C., Venkateswarlu, R., Mohan, C., & Srinivasa Gopa, T. (2016). Biogenic amines in seafood: a review. *Journal of Food Science and Technology, 53*(5), 2210-2218. https://doi.org/10.1007/s13197-016-2224-x

Bilici, S., Uyar, M. F., Beyhan, Y., & Sağlam, F. (2008). *Besin güvenliği.* Ankara: Sağlık Bakanlığı Yayın No: 727. https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/birimler/saglikli-beslenme-hareketli-hayat-db/Yeterli-ve-Dengeli-Beslenme/Besin-Guvenligi-ve-Hijyen/Besin-Guvenligi.pdf adresinden alındı

Boğa, A., & Binokay, S. (2010). Gıda katkı maddeleri ve sağlığımıza etkileri. *Arşiv, 19*, 141-153. http://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/25386 adresinden alındı

Bortone, E., & Mann, J. (2006, 04 01). *Common commercially utilized natural antioxidants are tocopherols and rosemary extracts*. 11 03, 2022 tarihinde Global Seafood Alliance: https://www.globalseafood.org/advocate/understanding-oxidation-managing-ingredient-food-quality/ adresinden alındı

Bosch, A. C., O'Neill, B., Sigge, G. O., & Kerwath, S. E. (2016). Heavy metals in marine fish meatand consumer health: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 96*, 32-48. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jsfa.7360

Boulares, M., Mankai, M., Aouadhi, C., Olfa, B., & Hassouna, M. (2013). Characterisation and identification of spoilage psychotrophic Gram-negative bacteria originating from Tunisian fresh fish. *Annals of Microbiology, 63*, 733-744. https://doi.org/ https://doi.org/10.1007/s13213-012-0527-3

Boyacıoğlu, D. (2016, 06 20). *Gıda Güvenliği ve Risk Analizi*. Türkiye Sağlıklı Kentler Birliği: http://www.skb.gov.tr/18320-s18320k/ adresinden alındı

Bureau of Social Welfare and Public Health. (Tarik Yok). *Clostridium perfringens*. (T. M. Bureau of Social Welfare and Public Health, Prodüktör) 04 18, 2020 tarihinde Bureau of Social Welfare and Public Health, Tokyo Metropolitan Government: https://www.fukushihoken.metro.tokyo.lg.jp/shokuhin/eng/micro/uerusyu.html adresinden alındı

Butt, A. A., Aldridge, K. E., & Sanders, C. V. (2004). Infections related to the ingestion of seafood Part I: Viral and bacterial infections. *The Lancet Infectious Diseases, 4*(4), 201-212. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1473-3099(04)00969-7

CAC. (1989). CLASS NAMES AND THE INTERNATIONAL NUMBERING SYSTEM FOR FOOD ADDITIVES, CXG 36-1989, Adopted in 1989. Revised in 2008. Amended in 2018, 2019, 2021.Sections 3 and 4 "International Numbering System for Food Additives" are regularly updated. *Codex Alimentarius International Food Standards*. FAO and WHO. 11 17, 2022 tarihinde https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/fr/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXG%2B36-1989%252FCXG_036e.pdf adresinden alındı

Can Tunçelli, İ., & Erkan, N. (2021). Gıda güvenliği açısından su ürünlerinde mikroplastik riski ve araştırma yöntemleri. *Aquatic Research, 4*(1), 73-87. https://doi.org/https://doi.org/10.3153/AR21007

Carlin, M., Pelin, M., Ponti, C., Sosa, S., & Tubaro, A. (2022). Functional and structural biological methods for palytoxin detection. *Journal of Marine Science and Engineering, 10*(7), s. 916. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/jmse10070916

Carmo, J., Marques, S., Bispo, M., & Serra, D. (2017). Anisakiasis: a growing cause of abdominal pain! *BMJ Case Rep*, 1-2. https://doi.org/10.1136/bcr-2016-218857

CBI, Ministry of Foreign Affairs. (2020, 05 20). *European Union findings on chlorate residues create challenges for food industry*. 11 15, 2022 tarihinde CBI, Ministry of Foreign Affairs: https://www.cbi.eu/news/european-union-findings-chlorate-residues-create-challenges-food-industry adresinden alındı

CDC. (1979). Public Health Image Library (PHIL). Centers for Disease Control and Prevention. https://phil.cdc.gov/details.aspx?pid=2107 adresinden alındı

CDC. (2012, 11 21). *Anisakiasis FAQs*. Centers for Disease Control and Prevention: https://www.cdc.gov/parasites/anisakiasis/faqs.html#prevent adresinden alındı

CDC. (2013, 10 21). (C. f. Prevention, Prodüktör) 03 08, 2020 tarihinde Vibrio Species Causing Vibriosis: https://www.cdc.gov/vibrio/investigations/vibriop-09-13/signs-symptoms.html adresinden alındı

CDC. (2019, 05 14). *Diphyllobothriasis*. 04 08, 2020 tarihinde Centers for Disease Control and Prevention (DPDx - Laboratory Identification of Parasites of Public Health Concern): https://www.cdc.gov/dpdx/diphyllobothriasis/index.html adresinden alındı

CDC. (2019). *Salmonella*. 04 11, 2020 tarihinde Center of Disease Control and Prevention: https://www.cdc.gov/salmonella/general/index.html adresinden alındı

Chaidoutis, E., Migdanis, A., Keramydas, D., & Papalexis, P. (2019). Biogenic amines in food as a public health concern an outline of histamine food poisoning. *Archives of Hellenic Medicine, 36*(3), 419-425.

Chéret, R., Hernández-Andrés, A., Delbarre-Ladrat, C., Marie de Lamballerie, M., & Verrez-Bagnis, V. (2006). Proteins and proteolytic activity changes during refrigerated storage in sea bass (Dicentrarchus labrax L.) muscle after high-pressure treatment. *European Food Research and Technology, 222*(5-6), 527-535. https://doi.org/http://doi.org/10.1007/s00217-005-0158-z

Commision Regulation (EU) 2022/2388. (2022, 07 12). Commision Regulation (EU) 2022/2388 of 7 December 2022 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels of perfluoroalkyl substances in certain foodstuffs. *Official Journal of the European Union(L 316)*, 38-41. 03 20, 2023 tarihinde https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022R2388 adresinden alındı

Concil Regulation (EURATOM) 3954/87. (1987, 12 22). Laying down maximum permitted levels of radioactive contamination of foodstuffs and of feedingstuffs following a nuclear accident or any other case of radiological emergency. *(371/11)*. Official Journal of the European Communities. 11 18, 2021 tarihinde https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31987R3954&from=en adresinden alındı

CONTAM. (2016). Presence of microplastics and nanoplastics in food, with particular focus on seafood. *EFSA Journal, 14*(6), e04501. https://doi.org/https://doi.org/10.2903/j.efsa.2016.4501

Cook, K. B., Bresnan, E., & Turrell, E. (2010). The influence of naturally occurring algal biotoxins on the biology of pelagic copepods: a review of the literature and data currently available for Scottish waters. *1(15)*. Scotland: Marine Scotland – Science.

Costa, P., Robertson, A., & Quilliam, M. (2015). Toxin profile of Gymnodinium catenatum (Dinophyceae) from the Portuguese Coast, as determined by liquid chromatography tandem mass spectrometry. *Marine Drugs, 13*(4), 2046-2062. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/md13042046

Coşan, D. T., Dal, A., Soyocak, A., Çolak, E., Çiçek, A., & Kurt, H. (2017). Kadmiyum toksitesi oluşturulan sıçanlarda teknik asitin, ağır metal giderimi ve bazı biyokimyasal değerler üzerine etkisinin araştırılması. *Kocatepe Tıp Dergisi/Kocatepe Medical Journal, 18*(4), 146-153. https://doi.org/https://doi.org/10.18229/kocatepetip.368688

Craig, N. (2012). Fish tapeworm and sushi. *Canadian Family Physician • Le Médecin de famille canadien, 58*, 654-658.

Crowe, K., & Francis, C. (2013). Position of the academy of nutrition and dietetics: functional foods. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics, 113*(8), s. 1096-1103. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jand.2013.06.00

Çakıcı, N., Demirel-Zorba, N. N., & Akçalı, A. (2015). Gıda endüstrisi çalışanları ve stafilokokal gıda zehirlenmeleri. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi, 72*(4), 337-350. https://doi.org/10.5505/TurkHijyen.2015.21704

Çelik Çakıroğulları, G., & Seçer, S. (2011). Poliklorlu Bifeniller ve Sucul Yaşam. *Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi, 3*(1), 73-87.

Çopuroğlu, G., Kasımoğlu Doğru, A., & Ayaz, N. D. (2015). Türk gıda mevzuatında risk analizi. *Etlik Veteriner Mikrobiyoloji Dergisi, 26*(1), 23-28. https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/627310 adresinden alındı

Daroonpunt, R., Tanaka, N., Uchino, M., & Tansasupawat, S. (2018). Characterization and screening of lipolytic bacteria from Thai fermented fish. *Sains Malaysiana, 47*(1), 91-97. https://doi.org/http://doi.org/10.17576/jsm-2018-4701-11

Dellafiora, L., Galaverna, G., & Dall'Asta, C. (2017). An in silico perspective on the toxicodynamic of tetrodotoxin and analogues e A tool for supporting the hazard identification. *Toxicon, 138*, 107-118. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2017.08.008

Demirdöğen, B. (2010). Organofosfatli-pestisit-zehirlenmeleri ve serum paraoksonaz 1 (pon1) enziminin organofosfat metabolizmasindaki rolü. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi, 67*(2), 97-112.

DePaola, A., Capers, G., & Alexander, D. (1994). Densities of Vibrio vulnificus in the intestines of fish from the U.S. Gulf Coast. *Applied and Environmental Microbiology, 60*(3), 984-988.

Djedjibegovic, J., Marjanovic, A., Tahirovic, D., Caklovica, K., Turalic, A., Lugusic, A., . . . Caklovica, F. (2020). Heavy metals in commercial fish and seafood products and risk assessment in adult population in Bosnia and Herzegovina. *Scientific Reports, 10*, 13238. https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41598-020-70205-9

Dolmacı, N., & Bulgan, G. (2018). Turizmde gıda güvenliğinin bir insan hakkı olan sağlık hakkı açısından taşıdığı önem. *Güncel Turizm Araştırmaları Dergisi, 2*(Ek.1), 234-250. http://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/513846 adresinden alındı

Doménech-Sánchez, A., Laso, E., Pérez, M. J., & Berrocal, C. I. (2011). Emetic disease caused by Bacillus cereus after consumption of tuna fish in a beach Ccub. *Foodborne Pathogens and Disease, 8*(7), 835-837. https://doi.org/https://doi.org/10.1089/fpd.2010.0783

Dondero, M., Cisternas, F., Carvajal, L., & Simpson, R. (2004). Changes in quality of vacuum-packed cold-smoked salmon (Salmo salar) as a function of storage temperature. *Food Chemistry, 87*(4), s. 543-550. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.01.005

Duarte, A., Silva, F., Pinto, F., Barroso, S., & Gil, M. (2020). Quality assessment of chilled and frozen fish—Mini Review. *Foods, 9*(12), 1739. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods9121739

Durlu Özkaya, F., & Cömert, M. (2008). Gıda zehirlenmelerinde etken faktörler. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi, 65*(3), 149-158.

Durmaz, Y., Bahar Oruç, R., & Kutlar, M. (2011). Kişisel faktörlerin tüketici satın alma davranışlarına etkisi üzerine bir araştırma. *Akademik Yaklaşımlar Dergisi, 2*(1), 114-133. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/39461 adresinden alındı

Dündar, Y., & Arslan, R. (2005). Yaşamı kuşatan ağır metal kurşunun etkileri. *Kocatepe Tıp Dergisi, 6*, 1-5.

Dünya Gazetesi. (2023). Türkiye'nin 2022'deki su ürünleri ihracatında çipura, levrek ve Türk somonu başı çekti. Dünya. 03 27, 2023 tarihinde https://www.dunya.com/ekonomi/turkiyenin-2022deki-su-urunleri-ihracatinda-cipura-levrek-ve-turk-somonu-basi-cekti-haberi-682690 adresinden alındı

Dvorak, G. (2005). *Disinfection 101*. 11 15, 2022 tarihinde Center for Food Security and Public Health: https://oeps.wv.gov/ic/documents/hcp/disinfection_101.pdf adresinden alındı

EC 1881/2006. (2006, 12 19). *Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs.* 12 10, 2020 tarihinde Eur-Lex Access to European Union law: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02006R1881-20140901&from=EN adresinden alındı

EC 2406/96. (1996, 11 26). Council Regulation (EC) No. 2406/96. *Official Journal of the European Communities, 334(1)*. The Council of the European Union. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31996R2406&from=en adresinden alındı

EEC 103/76. (1976, 01 28). Council Regulation (EEC) No 103/76 of 19 January 1976 laying down common marketing standards for certain fresh or chilled fish. *Official Journal of the European Communities*. 11 11, 2022 tarihinde https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31976R0103&from=EN adresinden alındı

EFSA. (2004). Opinion of the Scientific Panel on Animal Health and Welfareon a request from the Commission related to welfare aspects of the main systems of stunning and killing the main commercial species of animals. *The EFSA Journal, 45*, 1-29. https://doi.org/https://doi.org/10.2903/j.efsa.2004.45

EFSA. (2010). Scientific Opinion on risk assessment of parasites in fishery products. *EFSA Journal, 8*(4), 1543. https://doi.org/https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1543

EFSA. (2012). Bilim tarladan sofraya insanları koruyor. Parma, İtalya: European Food Safety Autority (EFSA). 11 15, 2022 tarihinde https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/corporate_publications/files/efsacorporatebrochure_tr.pdf adresinden alındı

EG 853/2004. (2004, 04 30). mit spezifischen Hygienevorschriften für Lebensmittel tierischen Ursprungs. *(L 139/55)*. DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004R0853&from=EN adresinden alındı

Elal Muş, T., & Çetinkaya, F. (2013). Perakende su ürünlerinde Aeromonas hydrophila varlığının araştırılması. *Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 32*(1), 7-10. https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/144338 adresinden alındı

Elbashir, S., Parveen, S., Schwarz, J., Rippen, T., Jahncke, M., & DePaola, A. (2018). Seafood pathogens and information on antimicrobial resistance: A review. *Food Microbiology, 70*, 85-93. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fm.2017.09.011

EPA. (2022, 08 03). *Health Effects from Cyanotoxins*. 01 2023, 04 tarihinde EPA, United States Enverironmental Protection Agency: https://www.epa.gov/cyanohabs/health-effects-cyanotoxins adresinden alındı

Ercan, İ., & Kan, İ. (2004). Ölçeklerde güvenirlilik ve geçerlilik. *Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi, 30*(3), 211-216.

Erkan, N. (2000). Su ürünlerinde gıda güvenliği ve risk. *Standart, 39*(462), 95-99.

Erkan, N. (2000). Su ürünlerinde kullanılan katkı maddeleri. *Gıda Bilimi ve Teknolojisi, 5*(3), 44-55.

Erkan, N. (2000). Su ürünlerinde sıvı duman kullanımı. *Dünya Gıda, 6*(Mayıs), 78-79.

Erkan, N. (2001). Alg toksinleri. *Gıda, 6*(2001-01), 79-83.

Erkan, N. (2004). Biyojen aminler ve su ürünleri için önemi. *Standar, 43*(506), 84-94.

Erkan, N. (2011). Dumanla teknolojisi. C. Varlık içinde, *Su ürünleri işleme teknolojisi* (2 b., s. 247-293). İstanbu Üniversitesi.

Erkan, N., & Özden, Ö. (2006). Gutted and un-gutted sea bass (Dicentrarchus labrax) stored in ice: Influence on fish quality and shelf-life. *International Journal of Food Properties, 9*, 331-345. https://doi.org/https://doi.org/10.1080/10942910600596373

Erkan, N., & Varlık, C. (2011). Dondurarak muhafaza teknolojisi. C. Varlık içinde, *Su ürünleri işleme teknolojisi* (2 b., s. 107-142). İstanbul: İstanbul Üniversitesi.

Erkan, N., Helle, N., & Özden, Ö. (2005). Bestimmung von Bisphenol-[A]-Diglycidylether (BADGE) in auf dem Türkischen Markt erhältlichen Fischdauerkonserven. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau, 101*(7), 301-305.

Erkan, N., Özden, Ö., Üçok Alakavuk, D., Tosun, Ş., Varlık, C., & Baygar, T. (2007). İstanbul' da satılan karideslerin sodyum metabisülfit düzeyinin tespiti. *Journal of FisheriesSciences.com, 1*(1), 26-33. https://doi.org/10.3153/jfscom.2007004

Erkmen, O. (2010). Gıda kaynaklı tehlikeler ve güvenli gıda üretimi. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi, 53*, 225-235.

ESSA. (2018). European guide to good practice form smoked and/or salted and/or marinated fish. European Salmon Smokers Association (ESSA). 02 02, 2023 tarihinde https://food.ec.europa.eu/system/files/2018-10/biosafety_fh_guidance_essa_smoked-salted-marinated-fish.pdf adresinden alındı

Estevez, P., Castro, D., Pequeño-Valtierra, A., Giraldez, J., & Gago-Martinez, A. (2019). Emerging Marine Biotoxins in Seafood from European Coasts: Incidence and Analytical Challenges. *Foods, 8*(5), s. 149. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods8050149

Etheridge, S. M. (2010). Paralytic shellfish poisoning: Seafood safety and human. *Toxicon, 56*, 108-122. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2009.12.013

European Commission, E. (tarih yok). *Food, Cadmium in food*. 12 09, 2020 tarihinde European Commission: https://ec.europa.eu/food/safety/chemical_safety/contaminants/catalogue/cadmium_en adresinden alındı

European Crop Protection/TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası. (2014). Pestisit kullanımı ve gıda güvenilirliği. European Crop Protection/TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası. 11 14, 2022 tarihinde http://zimid.org/wp-content/uploads/2020/08/Pestisitlerin-dogru-kullaniminin-saglanmasi.pdf adresinden alındı

European Food Safety Authority (EFSA). (2012). EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM); Scientific Opinion on the risk for public health related to the presence of. *EFSA Journal, 10*(12), 2985. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2985

Fan, X., Konno, K., Lin, X., Yu, X., Liu, Y., & Dong, X. (2020). The efect of fish freshness on myosin denaturation in founder Paralichthys olivaceus muscle during frozen storage. *Fisheries Science, 86*, 1111-1120. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s12562-020-01466-6

FAO. (2004). Marine biotoxins. *(80)*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 04 13, 2020 tarihinde http://www.fao.org/3/a-y5486e.pdf adresinden alındı

FAO. (2009). *Risk characterization of microbiological hazards in food.* Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://www.fao.org/3/i1134e/i1134e .pdf adresinden alındı

FAO. (2010). *Fats and fatty acids in human nutrition, Reports of an experts consultation, 10-14 November 2008 Geneva* (978-92-5-106733-8 b.). Rome, Italy: FAO Food Nutriton Paper 91. https://www.fao.org/3/i1953e/I1953E.pdf adresinden alındı

FAO. (2022). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022.* Rome: Towards Blue Transformation FAO. https://doi.org/https://doi.org/10.4060/cc0461en

FAO WHO. (2017). Standarts for fish oils, CODEX STAN 329-2017. Roma, İtalya: Codex Alimatarius Commision. 11 06, 2022 tarihinde https://www.iffo.com/system/files/downloads/Codex%20Standard%20for%20Fish%20Oils%20CXS_329e_Nov%202017.pdf adresinden alındı

FAO/WHO Expert Committee. (2007). *Evaluation of certain food additives and contaminants: sixty-eighth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives.* Geneva, Switzerland: WHO technical report series ; 947. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43870/9789241209472_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y adresinden alındı

Farrell, H., Ajani, P., Murray, S., Baker, P., Webster, G., Brett, S., & Zammit, A. (2018). Diarrhetic shellfish toxin monitoring in commercial wild harvest bivalve shellfish in New South Wales, Australia. *Toxins, 10*(11), s. 446. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/toxins10110446

FDA. (2011). Pathogenic bacteria survival through cooking or pasteurization. 316-330. Maryland, Rockville, USA: Food and Drug Administration (FDA). 03 07, 2023 tarihinde https://www.fda.gov/files/food/published/Fish-and-Fishery-Products-Hazards-and-Controls-Guidance-Chapter-16-Download.pdf adresinden alındı

FDA. (2016). FDA investigates outbreak of hepatitis A illnesses linked to raw scallops. U.S. Food and Drug Administration. 04 03, 2020 tarihinde https://www.fda.gov/food/outbreaks-foodborne-illness/fda-investigates-outbreak-hepatitis-illnesses-linked-raw-scallops adresinden alındı

FDA. (2020, 04 24). *Marine Biotoxins*. U.S. Food and Drug Administration: https://www.accessdata.fda.gov/ORAU/ShellfishGrowingAreas/SGA_05_summary.htm adresinden alındı

FDA. (2020, 08 24). *Metals and your food*. 10 08, 2020 tarihinde U.S. Food and Drug Administration (FDA): https://www.fda.gov/food/chemicals-metals-pesticides-food/metals-and-your-food adresinden alındı

FDA. (2022, 01). *Fish and fishery products hazards and controls guidance, June 2022 Edition*. Florida, Gainesville, USA: U.S. Department of Health and Human Services Food and Drug Administration Center for Food Safety and Applied Nutrition. 02 11, 2023 tarihinde https://www.fda.gov/media/80637/download adresinden alındı

FEHD. (2005). *Vibrio species in seafood.* Hong Kong: The Government of the Hong Kong Special Administrative Region, Department of Food and Environmental Hygiene. https://www.cfs.gov.hk/english/programme/programme_rafs/files/vibrios_ra.pdf adresinden alındı

Fellows, P. (2017). Smoking. P. Fellows içinde, *Food processing technology, principles and practice* (Fourth Edition b., s. 717-732). Woodhead Publishing. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100522-4.00015-8

Fernandes, R. (2009). Chilled and frozen raw meat, poultry and. R. Fernandes içinde, *Mcrobiology handbook meat products.* Leatherhead and Cambridge: Leatherhead Food International Ltd and Royal Society of Chemistry.

FishIDER. (2020). *Lutjanus argentimaculatus*. 08 27, 2020 tarihinde https://fishider.org/en/guide/osteichthyes/lutjanidae/lutjanus/lutjanus-argentimaculatus adresinden alındı

FishIDER. (2020). *Lutjanus bohar*. 08 27, 2020 tarihinde https://fishider.org/en/guide/osteichthyes/lutjanidae/lutjanus/lutjanus-bohar adresinden alındı

FishIDER. (2020). *Malabar snapper*. 08 27, 2020 tarihinde https://fishider.org/en/guide/osteichthyes/lutjanidae/lutjanus/lutjanus-malabaricus adresinden alındı

Fitri , N., Chan, S., Lah, N., Jam, F., Misnan, N., Kamal, N., . . . Abas, F. (2022). A comprehensive review on the processing of dried fish and the associated chemical and nutritional changes. *Foods, 11*(19), 2938. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods11192938

Flick, ,. G. (2003, 08 01). *Food irradiation, part 1*. 03 22, 2023 tarihinde Global Seafood Alliance: https://www.globalseafood.org/advocate/food-irradiation-part-1/ adresinden alındı

Food Standards Scotland. (2015, 08). *Meat Undustry Guide "Chapter 17 Wrapping, Packaging and Transport Hygiene".* 02 24, 2022 tarihinde Food Standards Scotland: https://www.foodstandards.gov.scot/downloads/MIG_-_Chapter_17.pdf adresinden alındı

Françoise, L., & Jean-Jacques, J. (2011). Microbial degradation of seafood. D. Montet, & R. Ray içinde, *Aquaculture Microbiology and Biotechnology* (Cilt 2, s. 47-72). CRC Press.

Fujii, S., Polprasert, C., Tanaka, S., Lien, N., & Qiu, Y. (2007). New POPs in the water environment: distribution, bioaccumulation and treatment of perfluorinated compounds – a review paper. *Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua, 56*(5), s. 313-326. https://doi.org/https://doi.org/10.2166/aqua.2007.005

Furey, A., O'Doherty, S., O'Callaghan, K., Lehane, M., & James, K. J. (2010). Azaspiracid poisoning (AZP) toxins in shellfish: Toxicological and health considerations. *Toxicon, 56*(2), 173-190. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2009.09.009

Fusco, G., Anastasio, A., Kingsley, D., Amoroso, M., Pepe, T., Fratamico, P., . . . Boccia, F. (2019). Detection of hepatitis A virus and other enteric viruses in shellfish collected in the Gulf of Naples, Italy. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 16*, 2588. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ijerph16142588

García, S., & Heredia, N. (2011). Clostridium perfringens: A dynamic foodborne pathogen. *Food and Bioprocess Technology, 4*, 624-630. https://doi.org/10.1007/s11947-009-0182-2

Ghaly, A., Dave, D., Budge, S., & Brooks, M. (2010). Fish spoilage mechanisms and preservation techniques: Review. *American Journal of Applied Sciences, 7*(7), 859-877. https://doi.org/https://doi.org/10.3844/ajassp.2010.859.877

Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. (2011, 12 17). Canlı Hayvanlar ve Hayvansal Ürünlerde Belirli Maddeler İle Bunların Kalıntı-larının İzlenmesi İçin Alınacak Önlemlere Dair Yönetmelik. *(28145)*. Ankara, Türkiye: T.C. Cumhurbaşkanlığı İdari İşler Başkanlığı Hukuk ve Mevzuat Genel Müdürlüğü. 11 17, 2021 tarihinde https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=15591&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5 adresinden alındı

Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. (2011, 11 29). Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği. *(28157 (3. Mükerrer))*. Ankara: T.C. Cumhurbaşkanlığı İdari İşler Başkanlığı Hukuk ve Mevzuat Genel Müdürlüğü. https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/12/20111229M3-8-1.pdf adresinden alındı

Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. (2011, 12 29). Türk gıda kodeksi mikrobiyolojik kriterler yönetmeliği. *(28157)*. Ankara, Türkiye: T.C. Cumhurbaşkanlığı İdari İşler Başkanlığı Hukuk ve Mevzuat Genel Müdürlüğü. 04 11, 2020 tarihinde https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/12/20111229M3-6.htm adresinden alındı

Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. (2013, 06 30). Türk gıda kodeksi gıda katkı maddeleri yönetmeliği. *(28693)*. Ankara, Türkiye: T.C. Cumhurbaşkanlığı İdari İşler Başkanlığı Hukuk ve Mevzuat Genel Müdürlüğü. https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/06/20130630-4.htm adresinden alındı

Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. (2017, 09 22). Türk gıda kodeksi gıda katkı maddeleri yönetmeliğinde değişiklik yapılmasına dair yönetmelik. *Resmi Gazete(30188)*, 1-27. Ankara, Türkiye: Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürülüğü. https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/09/20170922-4.htm adresinden alındı

Giuliani, M., Accoroni, S., Mezzelani, M., Lugarini, F., Bacchiocchi, S., Siracusa, M., . . . Gorbi, S. (2019). Biological effects of the azaspiracid-producing dinoflagellate Azadinium dexteroporum in Mytilus galloprovincialis from the Mediterranean Sea. *Marine Drugs, 17*(10), s. 595. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/md17100595

Givens, I., & Gibbs, R. (2008). Current intakes of EPA and DHA in European populations and the potential of animal-derived foods to increase them. *Proceedings of the Nutrition Society, 67*(3), s. 273–280. https://doi.org/https://doi.org/10.1017/S0029665108007167

Gonçalves, A., & de Oliveira, A. (2016). Melanosis in crustaceans: A review. *LWT - Food Science and Technology, 65*, 791-799. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.09.011

Gökmen, V., & Öztan, A. (1995). Gıdaların raf ömrünü etkileyen faktörler ve raf ömrünün belirlenmesi. *Gıda, 20*(5), 265-271.

Gökoğlu, N., & Yerlikaya, P. (2015). *Seafood chilling, refrigeration and freezing.* Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons, Ltd.

Gölge, E., Demirağ, K., & Ova, G. (2005). Bir gıda kontaminantı: Bisphenol A. *Akademik Gıda Dergisi, 3*(3), 16-18.

Gönül, M. (1983). Duyusal değerlendirmede sonuca güveni etkileyen faktörler. *Gıda, 8*(6), 287-295.

Gram, L., & Dalgaard, P. (2002). Fish spoilage bacteria – problems and solutions. *Current Opinion in Biotechnology, 13*(3), 262-266. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0958-1669(02)00309-9

Gram, L., & Huss, H. (1996). Microbiological spoilage of fish and fish products. *International Journal of Food Microbiology, 33*(1), 121-137. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0168-1605(96)01134-8

Guan, S., Palermoa, T., & Meliker, J. (2015). Seafood intake and blood cadmium in a cohort of adult avid seafood consumers. *International Journal of Hygiene and Environmental Health, 218*(1), 147-152. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2014.09.003

Gün, H., Gökoğlu, N., Varlık, C., & Özden, Ö. (1996). Gıdaların omega-3 yağ asitleri ile zenginleştirilmesi. *Gıda Teknolojisi, 1*(10), s. 45-49.

Günaydın, E., & Şen, S. (2012). Salmonella klasik virulans faktörleri ve patojenite adaları (11, 12, 13, 14, 15, 16, SGA-1, YPA). *Etlik Veteriner Mikrobiyoloji Dergisi, 23*, 32-38.

Günç Ergönül, P., & Kaya, D. (2015). Polisiklik aromatik hidrokarbonlar ve gıdalarda nnemi. *CBÜ Fen Bilimleri Dergisi, 11*(2), 143-153. https://doi.org/10.18466/cbujos.00333

Halkman, K. (2019). Gıdalarda bulunan mikroorganizmalar. K. Halkman içinde, *Gıda mikrobiyolojisi* (s. 309-404). Ankara: Başak Matbacılık ve tanıtım Hizmetleri Ltd.

Hanel, R. (2020). Gefährliche Falschdeklarierung Ciguatoxine in importiertem Fisch. *Wissenschaft Erleben*(1), 4-5.

Harwood, T., Boundy, M., & Nicolas, J. (2020). *Tetrodotoxin in non-commercial New Zealand bivalve shellfish.* New Zealand Government. 04 04, 2023 tarihinde https://www.mpi.govt.nz/dmsdocument/40775-Tetrodotoxin-in-non-commercial-New-Zealand-bivalve-shellfish-Technical-paper adresinden alındı

Hemung, B.-O., & Chin, K. (2013). Effects of fish sarcoplasmic proteins on the properties of myofibrillar protein gels mediated by microbial transglutaminase. *LWT - Food Science and Technology, 53*(1), 184-190. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.02.008

Hernandez-Herrero, M., Duflos, G., Malle, P., & Bouquelet, S. (2003). Collagenase activity and protein hydrolysis as related to spoilage of iced cod (Gadus morhua). *Food Research International, 36*(2), 141-147. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0963-9969(02)00129-1

Hetzel, J., & Hallaç, Ö. (2017). *Türkiye' deki Poliklorlu Bifenillerin (PCBs) çevreye uyumlu yönetimi için rehber.* UNIDO. https://kalicikirleticiler.com/documents/2_Guideline-for-Environmental-Sound-Management-of-Future-PCB-Stockpiles-in%20Turkey_TR_clean.pdf adresinden alındı

Hicks, D. (2016). Seafood safety and quality: The consumer's role. *Foods, 5*(4), s. 71. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods5040071

Honda, M., & Suzuki , N. (2020). Toxicities of polycyclic aromatic hydrocarbons for aquatic animals. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 17*(4), s. 1363. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ijerph17041363

Howgate, P. (2010). A critical review of total volatile bases and Trimethylamine as indices of freshness of fish Part 2. *Electronik Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry, 9*(1), 58-88.

Howgate, P. (2019). A critical review of total volatile bases and Trimethylamine as indices of freshness of fish Part 1. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry, 9*(1), 29-57.

Huang, M., & Penning, T. (2014). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). *Encyclopedia of Food Safety, 2*, 416-423. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-378612-8.00212-2416

Hultin, H. (1984). Postmortem biochemistry of meat and fish. *Journal of Chemical Education, 61*(4), 289-298. https://doi.org/https://doi.org/10.1021/ed061p289

Humane Slaughter Association. (2022, 09 28). *Humane Harvesting of Fish; Unacceptable Methods*. Human Slaughter Association: https://www.hsa.org.uk/unacceptable-methods/unacceptable-methods adresinden alındı

Huss, H. (1995). *Quality and quality changes in fresh fish.* Rome: Food and Agriculture Organization of The United Nations. https://www.fao.org/3/v7180e/v7180e00.htm adresinden alındı

Huss, H., Ababouch, L., & Gram, L. (2004). *Assessment and management of seafood safety and quality.* Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Fisheries Technical Paper 444. http://www.fao.org/3/a-y4743e.pdf adresinden alındı

Ibelings, B., & Chorus, I. (2007). Accumulation of cyanobacterial toxins in freshwater "seafood" and its consequences for public health: A review. *Environmental Pollution, 150*(1), 177*192. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.04.012

IKSR-CIPR-ICBR. (2011). *Bericht zur Kontamination von Fischen mit Schadstoffen im Einzugsgebiet des Rheins.* Koblenz: Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR).

İlbeği, İ. (2004). Gıda Güvenliği ve Tüketicinin Korunması. *Gıda Mühendisliği Dergisi*(18), 13-16. http://www.gidamo.org.tr/resimler/ekler/85454e8279be180_ek.pdf?dergi=18 adresinden alındı

Indian Institute of Packaging. (2016). *Study on the Chemical Contamination of Pre-Packaged Food (Retail) through Packaging Material.* Mumbai: Indian Institute of Packaging. 02 24, 2022 tarihinde https://www.fssai.gov.in/dam/jcr:37ba5bc2-9514-4251-8a4c-4ed815181cba/fssai-proposal-amendment2.pdf adresinden alındı

Ingham, S. C. (1991). Microbiology of Mince, Surimi, and Value-Added Seafoods. D. R. Ward, & C. Hackney içinde, *Microbiology of Marine Food Products.* New York: Springer Science+Business Media, LLC. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-3926-1

Ishihara, N. (2014). History of Ignorance of Methylmercury Toxicity and Intoxication. *Nippon Eiseigaku Zasshi (Japanese Journal of Hygiene), 69*, 75-79. https://doi.org/10.1265/jjh.69.75

İşleyici, Ö., & Sancak, Y. C. (2009). Gıdalarda hareketli Aeromonas'lardan kaynaklanan sağlık riskleri. *YYU Veteriner Fakultesi Dergisi, 20*(2), 69-74.

Iwamoto, M., Ayers, T., Mahon, B. E., & Swerdlow, D. L. (2010). Epidemiology of seafood-associated infections in the United States. *Clinical Microbiology Reviews, 23*(2), 399-411. https://doi.org/https://doi.org/10.1128/CMR.00059-09

Jafarpour, A., & Gorczyca, E. (2012). Contribution of sarcoplasmic proteins to myofibrillar proteins gelation. *Journal of Food Science, 77*(2), R73-R81. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02521.x

Janda, J. M., Powers, C., Bryant, R. G., & Abbott, S. L. (1988). Current perspectives on the epidemiology and pathogenesis of clinically significant Vibrio spp. *Clinical Microbiology Reviews, 1*(3), 245-267.

Jara, E., & Winter, C. (2014). Dietary exposure to total and inorganic arsenic in the United States, 2006–2008. *r International Journal of Food Contamination, 1*(3), 1-12. https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s40550-014-0003-x

Jay, J. M., Loessner, M. J., & Golden, D. A. (2005). *Modern food microbiology* (7 b.). New York: Springer Science+ Business Media. inc.

Jayaraj, R., Pankajshan, M., & Sreedev, P. (2016). Organochlorine pesticides, their toxic effects on living organisms and their fate in the environment. *Interdisciplinary Toxicology, 9*(3-4), 90-100. https://doi.org/ https://doi.org/10.1515/intox-2016-0012

Johnston, W., Nicholson, F., Roger, A., & Stroud, G. (1994). *Freezing and refrigerated storage in fisheries.* Rome: FAO Fisheries Technical Paper, FAO No. 340.

Jory, D. (2000, 10 01). *Summary of FAO/WHO discussion paper on chlorinated water*. 11 15, 2022 tarihinde Global Seafood Alliance: https://www.globalseafood.org/advocate/chlorine-and-fish-processing/ adresinden alındı

Jos, A., Cameán, A., Akcaalan, R., & Meriç, A. (2017). The effect of cyanobacteria and their toxins on Fish. P. Berillis içinde, *Trends in Fisheries and Aquatic Animal Health* (s. 186-226). Bentham Science Publishers. https://doi.org/https://doi.org/10.2174/9781681085807117010011

Kahraman, S., & Küplülü, Ö. (2012). Siyanobakteriler ve toksinleri. *Veteriner Hekimler Derneği Dergisi, 83*(42), 36-47.

Karatepe, T., & Ekerbiçer, H. (2017). Gıda katkı maddeleri. *Sakarya Tıp Dergisi, 7*(4), s. 164-167. https://doi.org/https://doi.org/10.31832/smj.368978

Kasuga, F. (2005). Fish and fish products. T. A. Roberts, C.-L. Cordier, L. Gram, R. Tompkin, J. Pitt, L. Gorris, & K. Swanson içinde, *Micro-Organisms in Foods 6: Microbial Ecology of Food Commodities* (s. 174-249). New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow: Kluwer Academic / Plenum Publishers. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/0-387-28801-5

Kator, H., & Rhodes, M. W. (2012). Indicators and alternate indicators of growing water quality. D. R. Ward, & C. Hackney içinde, *Microbiology of marine food products* (s. 135-183). New York: Springer Science+Business Media. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-1-4615-3926-1

Kazir, M., & Livney, Y. (2021). Plant-based seafood analogs. *Molecules, 26*(6), 1559. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/molecules26061559

Kesli, R., Bilgin, H., & Emiroğlu, M. (2011). Verositotoksin üreten Escherichia coli (VTEC) ve enterik adenovirüsün birlikte etken olduğu gastroenteritli bir pediyatrik olgu sunumu. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi, 68*(4), 203-208. http://www.journalagent.com/turkhijyen/pdfs/THDBD_68_4_203_208.pdf adresinden alındı

Khanipour, A., & Mirzakhani, N. (2013). Effect of different packaging methods on shelf life of hot smoked rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) during storage at 0-2. *Iranian Journal of Fisheries Sciences, 12*(3), s. 620-628.

Khora, S. S. (2015). Health risks associated with seafood. S.-K. Kim içinde, *Seafood science: Advances in chemistry, technology and applications* (s. 483-570). New York: CRC Press, Taylor & Francis Group.

Kılıç, Y., & Erdem, F. (2015). Eski Mezopotamya hukûku'nda meslekî suçlara verilen cezalar. *Academic Journal of History and Idea, 2*(7), s. 1-30.

Kılınç, B. (2019). Su ürünlerinde Aeromonas ve Plesiomonas cinsi mikroorganizmalar ve etkileri. *Su Ürünleri Dergisi, 36*(2), 191-199. https://doi.org/10.12714/egejfas.2019.36.2.12

Kim, J.-H., Kim, J., Kim, H.-J., Sathiyanarayanana, G., Bhatia, S. K., Song, H.-S., . . . Yang, Y.-H. (2017). Biotransformation of pyridoxal 5′-phosphate from pyridoxal by pyridoxal kinase (pdxY) to support cadaverine production in Escherichia coli. *Enzyme and Microbial Technology, 104*, 9-15. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2017.05.002

Koç, G., & Uzmay, A. (2015). Gıda güvencesi ve gıda güvenliği: Kavramsal çerçeve, gelişmeler ve Türkiye. *Tarım Ekonomisi Dergisi, 21*(1), 39-48. http://journal.tarekoder.org/en/download/article-file/253329 adresinden alındı

Konno, K. (2017). Myosin denaturation study for the quality evaluation of fish muscle-based products. *Food Science and Technology Research, 23*(1), 9-21. https://doi.org/https://doi.org/10.3136/fstr.23.9

Kumar-Roiné, S., Matsui, M., Pauillac, S., & Laurent, D. (2010). Ciguatera fish poisoning and other seafood intoxication syndromes: A revisit and a review of the existing treatments employed in ciguatera fish poisoning. *The South Pacific Journal of Natural and Applied Sciences, 28*(1), s. 1-26. https://doi.org/https://doi.org/10.1071/SP10001

Kuwahara, K., & Konno, K. (2010). Suppression of thermal denaturation of myosin and salt-induced denaturation of actin by sodium citrate in carp. *Food Chemistry, 122*(4), 997-1002. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.03.056

Küçükgünay, S., & Bilgili, A. (2010). Ege ve Marmara Denizi'nde avlanılan midye ve istiridyelerin felç yapıcı ve ishal yapıcı kabuklu su ürünü toksinleri yönünden araştırılması. *Kafkaskas Universitesi Veteriner Fakkültesi Dergisi, 16*(Suppl-A), S147-S152.

Kvenberg, J. (1991). Nonindigenous bacterial Pathogens. D. Ward, & C. Hackney içinde, *Microbiology of Marine Food Products* (s. 267-284). New York, USA: Springer Science+Business Media. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-1-4615-3926-1

Kvenberg, J. E. (2012). Nonindigenous bacterial pathogens. D. R. Ward, & C. Hackney içinde, *Microbiology of marine food products* (s. 268-281). New York: Springer Science+Business Media. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-1-4615-3926-1

Larsen, P., & Giovalle, E. (2015). *Perfluoroalkylated substances: PFOA, PFOS and PFOSA.* Copenhagen: The Danish Environmental Protection Agency. 02 12, 2023 tarihinde https://www2.mst.dk/Udgiv/publications/2015/04/978-87-93283-01-5.pdf adresinden alındı

Lázaro de la Torre , C., & Conte-Junior, C. (2018). Detection of biogenic amines: Quality and toxicity indicators in food of animal origin. A. Holban, & A. Grumezescu içinde, *Food Control and Biosecurity* (s. 225-257). Academic Press. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811445-2.00006-4

Lee, T. C.-H., Fong, F. L.-Y., Ho, K.-C., & Lee, F. W.-F. (2016). The mechanism of diarrhetic shellfish poisoning toxin production in Prorocentrum spp.: Physiological and molecular perspectives. *Toxins, 8*(10), 272. https://doi.org/10.3390/toxins8100272

Listrat, A., Lebret, B., Louveau, I., Astruc, T., Bonnet, M., Lefaucheur, L., . . . Bugeon, J. (2016). How muscle structure and composition influence meat and flesh quality. *The Scientific World Journal, 2016*, 3182746. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1155/2016/3182746

Lloyd, J. K., Duchin, J. S., Borchert, J., Quintana, H. F., & Robertson, A. (2013). Diarrhetic Shellfish Poisoning, Washington, USA 2011. *19*(8), 1314-1316. https://doi.org/10.3201/eid1908.121824

Lopes, V., Lopes, A., Costa, P., & Rosa, R. (2013). Cephalopods as vectors of harmful algal bloom yoxins in marine food webs. *Marine Drugs, 11*(9), 3381-3409. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/md11093381

Lorentzen, G. (2020, 12 02). *New knowledge about the importance of salt in saltfish and clipfish production*. 01 21, 2023 tarihinde Nofima: https://nofima.com/results/how-important-is-salt-for-the-production-of-salted-fish-and-klippfish/ adresinden alındı

Lorenzoni, G., Arras, I., Sanna, G., Delogu, P., Mudadu, A., Piras, A., . . . Virgilio, S. (2013). Paralytic shellfish poison algaln biotoxins: Sardinia report 2002-2011 and non-compliance management. *Italian Journal of Food Safety, 2*, 104-108. https://doi.org/10.4081/ijfs.2013.e30

Lougovois, V., & Kyrana, V. (2005). Freshness quality and spoilage of chill-stored fish. A. Riley içinde, *Food Policy, Control and Research* (s. 35-36). Nova Science Publishers, Inc.

Luckas, B., Krüger, T., & Röder, K. (2017). Phycotoxins and food safety. D. Schrenk, & A. Cartus içinde, *Chemical Contaminants and Residues in Food* (s. 337-376). Duxford: Woodhead Publishing Elsevier.

Lusher, A., Hollman, P., & Mendoza-Hill, J. (2017). *Microplastics in fisheries and aquaculture: status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety.* Rome: FAO. 02 04, 2022 tarihinde http://www.fao.org/3/a-I7677E.pdf adresinden alındı

Magar, S. (2021, 09 24). *Microbial spoilage of fish and fish products and its preservation*. 11 01, 2022 tarihinde Microbe Notes: https://microbenotes.com/microbial-spoilage-of-fish-preservation/#spoilage-of-fish-products adresinden alındı

Mahmutoğlu, T. (2010). *Gıda endüstrisinde "Güvenli Gıda" üretmek* (2 b.). Ankara: ODTÜ Yayıncılık.

Mailänder, M. (2017, 12 14). File:Vibrio parahaemolyticus TCBS.jpg. Wikimedia Commons. 02 28, 2023 tarihinde https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vibrio_parahaemolyticus_TCBS.jpg adresinden alındı

Malva, A., Albenzio, M., Santillo, A., Russo, D., Figliola, L., Caroprese, M., & Marino, R. (2018). Methods for extraction of muscle proteins from meat and fish using denaturing and nondenaturing solutions. *Journal of Food Quality, 2018*, ID 8478471. https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2018/8478471

Mania, M., Rebeniak, M., Szynal, T., Wojciechowska-Mazurek, M., Starska, K., Ledzion, E., & Postupolski, J. (2015). Totoal and inorganic arsenic in fish, seafood. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny, 66*(3), 203-210.

MASTERPACK GROUP. (2018, 12 12). *3 Common contamination risks in food packaging*. Masterpack Group: https://blog.masterpackgroup.com/3-common-contamination-risks-in-food-packaging adresinden alındı

Matches, J. R., Liston, J., & Curran, D. (1974). Clostridium perfringens in the Environment. *Applied Microbiology, 28*(4), 655-660.

McClements, J. (2022, 07 06). *Analysis of food products.* people.umass.edu: https://people.umass.edu/~mcclemen/581Introduction.html adresinden alındı

McNeish, N. (2018). *The quality and storage stability of salted redfish products as affected by different salting methods and storage temperatures.* Reykjavik: United Nations University Fisheries Training Programme. https://www.grocentre.is/static/gro/publication/356/document/nadia16prf.pdf adresinden alındı

Mettke, T., & Ortan, N. (1979). Gıda hukukunun gelişimi. *Ankara Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, 36*(1), s. 227-247. https://doi.org/https://doi.org/10.1501/Hukfak_0000000834

Mietz, J. L., & Karmas, E. (1977). Chemical Quality Index of canned tuna as determined by High-Pressure Liquid Chromatography. *Jornal of Food Science, 42*, 155-158. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1977.tb01240.x

Miler, K., & Sikorski, Z. (1990). Smoking. Z. E. Sikorski, A. Kolakowska, & ,. J. Burt içinde, *Seafood: Resources Nutritional Composition and Preservation* (s. 163-180). CRC Press Inc.

Miller, K., Reichert, C., & Schmid, M. (2021). Biogenic amine detection systems for intelligent packaging concepts: Meat and meat products. *Food Reviews International*. https://doi.org/https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1961270

Ministry of Health, Labour and Welfare. (Tarih Yok). 5 10, 2022 tarihinde https://www.mhlw.go.jp/english/topics/2011eq/dl/food-130926_1.pdf adresinden alındı

Miyashita, K. (2019). Prevention of fish oil oxidation. *Journal of Oleo Science, 68*(1), 1-11. https://doi.org/https://doi.org/10.5650/jos.ess18144

Mol, S., & Özden, Ö. (2011). Tuzlama. C. Varlık içinde, *Su ürünleri işleme teknolojisi* (2 b., s. 195-214). İstanbul: İstanbul Üniversitesi.

Moradi, Y., Bakar, J., Motalebi, A., Syed Muhamad, S., & Che Man, Y. (2011). A review on fish lipid: Composition and changes during cooking methods. *Journal of Aquatic Food Product Technology,, 20*(4), 379-390. https://doi.org/https://doi.org/10.1080/10498850.2011.576449

NACMCF. (2008). Response to the questions posed by the food and drug administration and the national marine fisheries service regarding determination of cooking parameters for safe seafood for consumers. *Journal of Food Protection, 71*(6), 1287-1308. https://doi.org/https://doi.org/10.4315/0362-028X-71.6.1287

Naila, A., Flint, S., Fletcher, G., Bremer, P., & Meerdink, G. (2010). Control of biogenic amines in food-existing and Emerging Approaches. *Journal of Food Science, 75*(7), R139-R150. https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01774.x

Nakajima, H., Inoue, M., & Mori, T. (1991). Isolation of Yersinia, campylobacter, Plesiomonas and Aeromonas from environmental water and fresh water fishes. *Nihon Koshu Eisei Zasshi, 38*(10), 815-820.

Nakazawa, N., & Okazaki, E. (2020). Recent research on factors infuencing the quality of frozen seafood. *Fisheries Science, 86*, 231-244. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s12562-020-01402-8

Nau, H. (2003). Grundlagen der Risikoanalyse von Wirkstoffen in Lebensmitteln. H. Nau, P. Steinberg, & M. Kietzmann içinde, *Lebensmitteltoxikologie* (s. 1-42). Berlien - Wien: Blackwell Verlag GmbH.

Neltner, T. (2019, 03 26). *Toxic chemicals can enter food through packaging. We made a list*. 02 24, 2022 tarihinde Environmental Defense Fund: http://blogs.edf.org/health/2019/03/26/toxic-chemicals-food-packaging-list/ adresinden alındı

Nguyen, H., Hilmarsdóttir, G., Tómasson, T., Arason, S., & Gudjónsdóttir, M. (2022). Changes in protein and non-protein nitrogen compounds during fishmeal processing—identification of unoptimized processing steps. *Processes, 10*(4), 621. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/pr10040621

Nguyen, M., Arason, S., & Eikevik, T. (2014). Dryin of fish. I. Boziaris içinde, *Seafood Processing Processing Technologies* (s. 161-175). John Wiley & Sons, Ltd. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9781118346174.ch7

Nieto, F. R., Cobos, E. J., Tejada, M. Á., Sánchez-Fernández, C., González-Cano, R., & Cendán, C. M. (2012). Tetrodotoxin (TTX) as a therapeutic agent for pain. *Marine Drugs, 10*(2), 281-308. https://doi.org/10.3390/md10020281

NIH. (2022, 07 18). Omega-3 fatty acids fact sheet for consumers. National Institutes of Health. 11 20, 2022 tarihinde https://ods.od.nih.gov/pdf/factsheets/Omega3FattyAcids-Consumer.pdf adresinden alındı

Nishimura, T., Murray, J., Boundy, M., Balci, M., Bowers, H., Smith, K., . . . Rhodes, L. (2021). Update of the planktonic diatom genus Pseudo-nitzschia in Aotearoa New Zealand coastal waters: Genetic diversity and toxin production. *Toxins, 13*(9), s. 637. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/toxins13090637

Noguch, T., & Arakawa, O. (2008). Tetrodotoxin – Distribution and accumulation in aquatic organisms, and cases of human intoxication. *Marine Drugs, 6*(2), 220-242. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/md6020220

Noguchi, T., & Ebesu, J. S. (2001). Puffer poisoning: Epidemology and treatment. *Journal of Toxicology: Toxin Reviews, 20*(1), 1-10. https://doi.org/https://doi.org/10.1081/TXR-100103080

NOVACIB. (2016). *Postmortem ATP catabolism in fish muscle.* 10 26, 2022 tarihinde NovoCIB SAS: https://www.novocib.com/Freshness_Assay_Kits.html adresinden alındı

Novotny, L., Dvorska, L., Lorencova, A., Beran, V., & Pavlik, I. (2004). Fish: A potential source of bacterial pathogens for human beings. *Veterinary Medicine - Czech, 49*(9), 343-358.

Nowotarski, S. L., Woster, P. M., & Casero, R. A. (2013). Polyamines and cancer: implications for chemotherapy and chemoprevention. *Expert Reviews in Molecular Medicine, 15*, e13. https://doi.org/ https://doi.org/10.1017/erm.2013.3

NSW. (2017, April). Risk assessment of the seafood scheme. NSW Government / Depatment of Primary Industries Food Authority. 04 20, 2020 tarihinde https://www.foodauthority.nsw.gov.au/sites/default/files/_Documents/scienceandtechnical/risk_assessment_seafood_safety_scheme.pdf adresinden alındı

Nurdiani, R., Prihanto, A., & Firdaus, M. (2020). Seafood as source of protein-based functional foods. S.-K. Kim içinde, *Encyclopedia of Marine Biotechnology* (s. 2987-2997). John Wiley & Sons, Ltd. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9781119143802

Oğur, S. (2019). Bitlis devlet hastanesinde 2010-2016 yılları arasında görülen gıda zehirlenmesi vakalarının İncelenmesi. *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, 8*(3), 932-946. https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/819285 adresinden alındı

Omerovic, M., Müştak, H. K., & Kaya, İ. B. (2017). Escherichia coli patotiplerinin virülens faktörleri. *Etlik Veteriner Mikrobiyoloji Dergisi, 28*(1), 1-6. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/654127 adresinden alındı

Onuma, Y., Satake, M., Ukena, T., Roux, J., Chanteau, S., Rasolofonirina, N., . . . Yasumoto, T. (1999). Identi®cation of putative palytoxin as the cause of clupeotoxism. *Toxicon, 37*, 55-65. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0041-0101(98)00133-0

Ovissipour, M., Rasco, B., Tang, J., & Sablani, S. (2013). Kinetics of quality changes in whole blue mussel (Mytilus edulis) during pasteurization. *Food Research International, 53*(1), s. 141-148. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.04.029

Öksüz, T., Özdal, T., Şahin-Yeşilçubuk, N., & Nilüfer-Erdil, D. (2012). Gıdalara Bisfenol A (BPA) migrasyonu ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Akedemik Gıda, 10*(3), 93-98.

Öngen, N. (2020). Gıdalardaki pestisit kalıntıları. Zimid (Zirai Mücadele İlaçları Üreticileri Derneği) . 11 14, 2022 tarihinde http://zimid.org/wp-content/uploads/2020/08/gidalardaki-pestisit-kalintilari2.pdf adresinden alındı

Özbolat, G., & Tuli, A. (2016). Ağır metal toksisitesinin insan sağlığına etkileri. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi/ Archives Medical Review Journa, 25*(4), 502-521. https://doi.org/https://doi.org/10.17827/aktd.253562

Özdemir, R. (2017). Tarihte tüketici haklarına yönelik yapılan ilk kanun: "Kanunnâme-i Ihtisab-ı Bursa". *Mecmua, 2*(4), s. 1-16.

Özden, Ö. (1999). *Süperkritik akışkan ekstraksiyon yöntemiyle balıklardan çoklu yağ asitleri ekstraktının eldesi*, 1-78. İstanbul, Türkiye: İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi.

Özden, Ö. (2011). Kurutma teknolojisi. C. Varlık içinde, *Su Ürünleri İşleme Teknolojisi* (2. b., s. 143-192). İstanbul: İstanbul Üniversitesi.

Özden, Ö. (2011). Su ürünlerinde ışınlama Teknolojisi. C. Varlık içinde, *Su Ürünleri İşleme Teknolojisi* (2. Baskı b., s. 367-383). İstanbul: İstanbul Üniversitesi Basım ve Yayınevi Müdürlüğü.

Özden, Ö., & Erkan, N. (2005). Chemische Gefahren in Fisch- und anderen Meeresprodukten. *Rundschau für Fleischhiygiene und Lebensmittelüberwachung, 57*(2), 33-39.

Özden, Ö., & Erkan, N. (2016). Evaluation of risk caracterization for mercury, cadmium, lead and arsenic associated with seafood consumption. *Exposure and Health, 6*, 43-52. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s12403-015-0181-7

Özden, Ö., & Varlık, C. (2011). Marinat teknolojisi. C. Varlık içinde, *Su ürünleri işleme teknolojisi* (2. b., s. 217-246). İstanbul: İstanbul Üniversitesi.

Özden, Ö., Erkan, N., Helle, N., & Shütt, A. (2006). Bestimmung von Algentoxinen in Miesmuscheln. *Archiv für Lebensmittelhygiene, 57*(1), 1-24.

Özden, Ö., Erkan, N., Muammer, K., & Karakulak, F. (2020). Toxic Metals and Omega3 Fatty Acids of Bluefin Tuna from Aquaculture: Health Risk and Benefits. *Exposure and Health, 12*, 9-18. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s12403-018-0279-9

Özkan Özdemir, P., Fettahlıoğlu, S., & Topoyan, M. (2009). Fonksiyonel gıda ürünlerine yönelik tüketici tutumlarını belirleme üzerine bir araştırma. *Ege Akademik BakıÇ / Ege Academic Review, 9*(4), s. 1079-1099.

Özkan, E., Taşlıpınar, M. Y., & Yeşilkaya, Ş. (2020, 10 20). *Ağır metal zehirlenmeleri.* http://www.jcam.com.tr/files/KATD-1599.pdf adresinden alındı

Özkılıç, Ö. (2014). *Risk değerlendirmesi (Atex direktifleri - Patlayıcı ortamlar büyük endüstriyel kazaların önlenmesi ve etkilerin azaltılması - Kantitatif risk değerlendirme).* Ankara: Türkiye İşveren Sendikaları Konfederasyonu. https://www.tisk.org.tr/tr/e-yayinlar/338_risk_degerlendirmesi__ozl/pdf_338_risk_degerlendirmesi__ozl.pdf adresinden alındı

Öztürk, M., Aslan, Ş., & Demirbaş, A. (2017). Sulama sularındaki arseniğin bitkilerde birikimi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 23*(3), 288-296. https://doi.org/https://dx.doi.org/10.5505/pajes.2016.05657

Pablo, S. (2003). Risiken natürlich vorkommender Toxine. H. Nau, P. Steinberg, & M. Kitzmann içinde, *Lebensmitteltoxikologie* (s. 149-171). Berlin-Wien: Blackwell Verlag GmbH.

Pangestuti, R., & Kim, S.-K. (2014). Biological activities of carrageenan. S.-K. Kim içinde, *Marine Carbohydrates: Fundamentals and Applications, Part A* (Cilt 72, s. 113-124). Elsevier. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800269-8.00007-5

Pasqua, M., Michelacci, V., Martino, M. L., Tozzoli, R., Grossi, M., Colonna, B., . . . Prosseda, G. (2017). The intriguing evolutionary journey of enteroinvasive E. coli (EIEC) toward pathogenicity. *Frontiers in Microbiology, 8*, 2390. https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02390

Pastorelli, A., Baldini, M., Stacchini, P., Baldini, G., Morelli, S., Sagratella, E., . . . Ciardullo, S. (2012). Human exposure to lead, cadmium and mercury through fish and seafood product consumption in Italy: a pilot evaluation. *Food Additives & Contaminants: Part A, 29*(12), 1913-1921. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1080/19440049.2012.719644

Patocka, J., Nepovimova, E., Wu, Q., & Kuca, K. (2018). Palytoxin congeners. *Archives of Toxicology, 92*, 143-156. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s00204-017-2105-8

Paul, M., Stock, V., Cara-Carmona, J., Lisicki, E., Shopova, S., Fessard, V., . . . Böhmert, L. (2020). Micro-and nanoplastics –current state of knowledge with the focus on oral uptake and toxicity. *Nanoscale Advances, 2*, 4350–4367. https://doi.org/https://doi.org/10.1039/D0NA00539H

Pelin, M., Brovedani, V., Sosa, S., & Tubaro, A. (2016). Palytoxin-Containing Aquarium Soft Corals as an Emerging Sanitary Problem. *Marine Drugs, 14*(2), 1-22. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/md14020033

Perinçek, S., Duran, D., & Kırtay, E. (2008). Dünyada kalite kontrol ve toplam kalite kontrol uygulamaları. *Tekstil ve Konfeksiyon, 2*, 83-88.

Prabhakar, P., Vatsa, S., Srivastav, P., & Pathak, S. (2020). A comprehensive review on freshness of fish and assessment: Analytical methods and recent innovations. *Food Research International, 133*, 109157. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109157

Prego-Faraldo, M. V., Valdiglesias, V., Méndez, J., & Eirín-López, J. M. (2013). Okadaic acid meet and greet: An insight into detection methods, response strategies and genotoxic effects in marine nnvertebrates. *Marine Drugs, 11*, 2829-2845. https://doi.org/10.3390/md11082829

Prester, L. (2011). Biogenic amines in fish, fish products and shellfish: A review. *Food Additives & Contaminants: Part A , 28*(11), 1547-1560. https://doi.org/https://doi.org/10.1080/19440049.2011.600728

Purves, D., Augustine, J. G., Fitzpatrick, D., Hall, W. C., LaMantia, A., Mooney, R. D., . . . White, L. E. (2017). *Neuroscience* (6th b.). Sinauer Associates is an imprint of Oxford University Press.

Quilliam, M. (2003). Chemical methods for domoic acid, the amnesic shellfish poisoning (ASP) toxin. G. Hallegraeff, D. Anderson, & A. Cembella içinde, *Manual on Harmful Marine Microalgae; Monographs on Oceanographic Methodology* (Cilt 11, s. 247-266). Paris: Intergovernmental Oceanographic Commission (UNESCO).

Rai, P. K., Lee, S. S., Zhang, M., Tsang, Y. F., & Kim, K.-H. (2019). Heavy metals in food crops: Health risks, fate, mechanisms, and management. *Environment International, 125*, 365-385. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.01.067

Rasul, M., Yuan, C., Yu, K., Takaki, K., & Shah, A. (2022). Factors influencing the nutritional composition, quality and safety of dried. *Food Research, 6*(5), s. 444-466. https://doi.org/https://doi.org/10.26656/fr.2017.6(5).730

Rathod, N., Ranveer, R., Bhagwat, P., Ozogul, F., Benjakul, S., Pillai, S., & Annapure, U. (2021). Cold plasma for the preservation of aquatic food products: An overview. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 20*, 4407-4425. https://doi.org/ https://doi.org/10.1111/1541-4337.12815

Ravn, H. (1995). HAB Publication Series Volume 1. Amnesic Shellfish Poisoning (ASP). *IOC Manuals and Guides(31)*, 1-15. UNESCO. https://www.jodc.go.jp/info/ioc_doc/Manual/m031v01.pdf adresinden alındı

Ray, B. (2004). *Fundamental food microbiology* (3 b.). Boca Raton, London, New York, Wshington DC: CRC Press.

Reames, E. (2012). Nutritional benefits of seafood. *(7300)*. Southern Regional Aquaculture Center. 11 14, 2022 tarihinde https://aquaculture.ca.uky.edu/sites/aquaculture.ca.uky.edu/files/srac_7300_nutritional_benefits_of_seafood.pdf adresinden alındı

ReidMiddleton. (2017, 04). *Hazards vs Risks – What's the Difference?* (Reid Middleton, Inc.) 03 13, 2023 tarihinde ReidMiddleton: https://www.reidmiddleton.com/reidourblog/hazards-vs-risks-whats-the-difference/ adresinden alındı

Reis, R., Zeray, C., & Sipahi, H. (2019). Clostridium botulinum kaynaklı gıda zehirlenmeleri: Botulizm. *Hacettepe Üniversitesi eczacılık Dergisi, 39*(1), 58-63.

Rodrick, G. E. (1991). Indigenous Pathogens: Vibrionaceae. D. R. Ward, & C. Hackney içinde, *Microbiology of Marine Food Products* (s. 285-296). New York : Springer Science+Business Media . https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-1-4615-3926-1

Ruiz-Capillas, C., & Herrero, A. M. (2019). Impact of biogenic amines on food quality. *Foods, 8*(2), 62. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods8020062

Rumape, O., Elveny, M., Suksatan, W., Hatmi, R., Voronkova, O., Bokov, D., & Wanita, Y. (2022). Study on the quality of fish products based on different preservation techniques: a review. *Food Science and Technology, 42*, e78521. https://doi.org/https://doi.org/10.1590/fst.78521

Ryder, J., Iddya, K., & Ababouch, L. (2014). *Assessment and management of seafood safety and quality (Current practices and emerging issues).* Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://www.fao.org/3/a-i3215e.pdf adresinden alındı

Ryu, B., Shin, K.-H., & Kim, S.-K. (2021). Muscle protein hydrolysates and amino acid composition in fish. *Marine Drugs, 19*(7), 377. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/md19070377

Sağlam, D., & Şeker, E. (2016). Gıda kaynaklı bakteriyel patojenler. *Kocatepe Veterinary Journal, 9*(2), 105-113. https://doi.org/10.5578/kvj.23164

Sakamoto, M., Tatsuta, N., Izumo, K., Phan, P., Vu, L., Yamamoto, M., . . . Murata, K. (2018). Health impacts and biomarkers of prenatal exposure to methylmercury: Lessons from Minamata, Japan. *Toxics, 6*(3), 45. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/toxics6030045

Salas, R., & Clark, D. (2019). Review of DSP toxicity in Ireland: Long-Term trend impacts, biodiversity and toxin profiles from a monitoring perspective. *Toxins, 11*(2), 61. https://doi.org/10.3390/toxins11020061

SAPEA, S. A. (2019). *A Scientific Perspective on Microplastics in Nature and Society.* Berlin: SAPEA. https://doi.org/https://doi.org/10.26356/microplastics

SCF. (2003). *Revision of the opinion of the Scientific Committee on Food on the irradiation of food.* C2 - Management of scientific committees; scientific co-operation and networks. Brussels: European Commission Health and Consumer Protection Directorate-General. 03 17, 2023 tarihinde https://food.ec.europa.eu/system/files/2020-12/sci-com_scf_out193_en.pdf adresinden alındı

Scholz, T., Garcia, H. H., Kuchta, R., & Wicht, B. (2009). Update on the human broad tapeworm (Genus Diphyllobothrium), including clinical relevance. *Clinical Mivrobiology Reviews, 22*(1), 146-160. https://doi.org/10.1128/CMR.00033-08

Sciortino, J., & Ravikumar, R. (1999). *Fishery harbour manual on the prevention of pollution.* Madras, India: Bay of Bengal Programme. https://www.fao.org/3/X5624E/x5624e08.htm#chapterfishqualityassurance adresinden alındı

Seafood Health Facts. (2015). *Parasites.* Seafood Health Facts: Making Smart Choices: https://www.seafoodhealthfacts.org/seafood-safety/general-information-patients-and-consumers/seafood-safety-topics/parasites adresinden alındı

Seafood ITO. (2000). *Identify Characteristics of Quality and Describe Seafood Spoilage Factors and how Seafood Spoilage is Controlled, A Learning Resource for Unit Standards: 5316, 5328 and 15884.* Wellington, New Zealand: Seafood Industry Training Organisation (Seafood ITO).

SeafoodNIC. (Tarih Yok). *Chapter 4: Dried Fish and Fishery Products.* 01 12, 2023 tarihinde Oregon State University, College of Agricultural Sciences Osu Seafood Lab, Seafood Network Information Center: https://seafood.oregonstate.edu/sites/agscid7/files/snic/compendium/chapter-4-dried-fish.pdf adresinden alındı

Secci, G., & Parisi, G. (2016). From farm to fork: lipid oxidation in fish products. A review. *Italian Journal of Animal Science, 15*(1), 124-136. https://doi.org/http://doi.org/10.1080/1828051X.2015.1128687

Selçuk, A., & Özden, Ö. (2014). Mathematical modelling of 4-hexylresorcinol residue to ensure consumer safety. *Quality Assurance and Safety of Crops and Foods, 6*(4), 425-429. https://doi.org/https://doi.org/10.3920/qas2012.0219

Serdaroğlu, M., & Deniz, E. (2001). Balıklarda ve bazı su ürünlerinde trimetilamin (TMA) ve dimetilamin (DMA) oluşumunu etkileyen koşullar. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, 18*(3-4), 575-581.

Sevilmş, G. (2008). Bazı fonksiyonel gıdalarda tüketici kararları ve bunları etkileyen faktörlerin belirlenmesi üzerine bir araştırma. 107 s. İzmir: Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Seymenoğlu, M. S. (2014). Balık kas dokuda tetrasiklin grubu bazı antibiyotiklerin araştırılması. *AVKAE Dergisi, 4*, 25-29.

Shahidi, F. (1994). Seafood proteins and preparation concentrates. F. Shahidi, & J. R. Botta içinde, *Seafoods: Chemistry, Processing Technology and Quality* (s. 3-10). London: Chapman and Hall.

Shahidi, F., & Cadwallader, K. (1997). Flavor and Lipid Chemistry of Seafoods: An Overview. F. Shahidi, & K. R. Cadwallader içinde, *Flavor and Lipid Chemistry of Seafoods* (s. 1-8). Washington, DC: American Chemical Society.

Shamsi, S. (2019). Seafood-Borne parasitic diseases:A “One-Health” approach Is needed. *Fishes, 4*(9), 1-11. https://doi.org/10.3390/fishes4010009

Sikorski, Z., Kolakowska, A., & Burt, J. (1990). Pstharvest biochemical and microbial changes. Z. E. Sikorski içinde, *Seafood: Resources Nutritional Composition and Preservation* (s. 56-72). Florida: CRC Press Inc.

Sikorski, Z., Kolakowska, A., & Pan, B. (1990). The Nutritive Composition ofthe Major Groups of Marine Food Organisms. Z. Sikorski içinde, *Seafood: Resources Nutritional Composition and Preservation* (s. 30-52). Florida: CRC Press, Inc.

Silbernagel, S., Carpenter, D., Gilbert, S., Gochfeld, M., Groth III, E., Hightower, J., & Schiavone, F. (2011). Recognizing and preventing overexposure to methylmercury from fish and seafood consumption: Information for physicians. *Journal of Toxicology, 2011*, 983072. https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2011/983072

Silva, J., Leite, D., Fernandes, M., Mena, C., Gibbs, P. A., & Teixeira, P. (2011). Campylobacter spp. as a food borne pathogen: A review. *Frontiers in Microbiology, 2*, 1-12. https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fmicb.2011.00200

Singh, J., & Singh, B. (2020). Inhibition of post-mortem fish muscle softening and degradation using legume seed proteinase inhibitors. *Journal of Food Science and Technology, 57*(1), 1-11. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s13197-019-04044-6

Singh, N., Ghosh, P., Chakraborty, S., & Majumdar, S. (2021). Decoding the pathways of arsenic biotransformation in bacteria. *Environmental Sustainability, 4*, 63-65. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s42398-021-00162-0

Skipnes, D. (2014). Heat processing of fish. B. Ioannis S. içinde, *Seafood processing: Technology, quality and safety* (s. 61-62). UK: John Wiley & Sons, Ltd.

Sotelo, C., Piñeiro, C., & Pérez-Martín, R. (1995). *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung, 200*, 14-23.

Steneberg, A. (2007). Biogene Amine – Ernährung bei Histamin-Intoleranz. *Umwelt & Gesundheit, 2*, 47-56. http://www.iug-umwelt-gesundheit.de/pdf/072_47_56_SP_HIT_neu.pdf adresinden alındı

Stonik, V. A., & Stonik, I. V. (2016). Toxins produced by marine microorganisms: A short review. P. Gopalakrishnakone, V. H. Jr., A. Tubaro, E. Kim, & W. R. Kem içinde, *Marine and Freshwater Toxins* (s. 4-18). Dordrecht: Springer Science+Business Media. https://doi.org/10.1007/978-94-007-6419-4

Suárez-Jiménez, G., López-Saiz, C., Ramírez-Guerra, H., Ezquerra-Brauer, J., Ruiz-Cruz, S., & Torres-Arreola, W. (2016). Role of endogenous and exogenous tocopherols in the lipid stability of marine oil systems: A review. *International Journal of Molecular Sciences, 17*(12), 1968. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ijms17121968

Summers, G., Wibisono, R., Hedderley, D., & Fletcher, G. (2017). Trimethylamine oxide content and spoilage potential of New Zealand commercial fish species. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 51*(3), 393-405. https://doi.org/https://doi.org/10.1080/00288330.2016.1250785

Sumner, J., Ross, T., & Ababouch, L. (2004). *Application of risk assessment in the fish industry.* Rome: FAO Fisheries Technical Paper 442. http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/007/y4722e/y4722e00.pdf adresinden alındı

Sur, Ü., Oral, D., Erkekoğlu, P., & Koçer-Gümüşel, B. (2017). Bisfenol türevleri daha güvenli mi? -Bisfenol F ve Bisfenol S'in toksik etkileri. *FABAD Journal of Pharmaceutical Sciences, 42*(3), 225-237.

Suriasih, N. (2004). Microbial fish spoilage and its biochemical changes. *3rd Indenosian Biotechnology Conference.* Sanur, Bali: Konsorsium Bioteknologi Indenosia. 07 26, 2022 tarihinde https://simdos.unud.ac.id/uploads/file_penelitian_dir/bebf6a432de377c893650bde7b946b68.pdf adresinden alındı

Svirčev, Z., Lalić, D., Bojadžija Savić, G., Tokodi, N., Backović, D., Chen, L., . . . Codd, G. (2019). Global geographical and historical overview of cyanotoxin distribution and cyanobacterial poisonings. *Archives of Toxicology, 93*, 2429–2481. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s00204-019-02524-4

Şimşek, E., & Yılmaz, E. (2016). Anisakiasis ve halk sağlığı. *Turkiye Klinikleri Food Sciences, 2*(3), 38-44.

T.C Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. (2012, 11 21). Balıkçılık Ürünlerine Ait Duyusal Özellikler ve Toplam Uçucu Bazik Azot Limitleri Tebliği, 2012/73 . *(28474)*. Ankara, Türkiye: T.C. Cumhurbaşkanlığı İdari İşler Başkanlığı Hukuk ve Mevzuat Genel Müdürlüğü. https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/11/20121121-11.htm adresinden alındı

T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. (2011, 12 29). Türk gıda kodeksi etiketleme yönetmeliği. *Resmi Gazete(28157 (3. Mükerrer))*. Ankara, Türkiye: T.C. Cumhurbaşkanlığı İdari İşler Başkanlığı Hukuk ve Mevzuat Genel Müdürlüğü. 03 28, 2023 tarihinde https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/12/20111229M3-7.htm adresinden alındı

T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. (2017, 03 07). Türk Gıda Kodeksi Hayvansal Gıdalarda Bulunabilecek Farmakolojik Aktif Maddelerin Sınıflandırılması ve Maksimum Kalıntı Limitleri Yönetmeliği. *(30000)*.

Ankara, Türkiye: T.C. Cumhurbaşkanlığı İdari İşler Başkanlığı Hukuk ve Mevzuat Genel Müdürlüğü. 11 17, 2021 tarihinde https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/03/20170307-4.htm adresinden alındı

T.C. Milli Eğitim Bakanlığı. (2012). *Gıda Teknolojisi, Konserve Analizleri 1.* Ankara: T.C. Milli Eğitim Bakanlığı. 10 23, 2022 tarihinde http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Konserve%20Analizleri%201.pdf adresinden alındı

T.C. Milli Eğitim Bakanlığı. (2017). *Gıda teknolojisi gıda güvenliği ve standartlar.* Ankara, Türkiye: T.C. Milli Eğitim Bakanlığı. 02 03, 2022 tarihinde http://meslek.eba.gov.tr/moduller/Gida%20Guvenligi%20Ve%20Standartlar.pdf adresinden alındı

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (2019, 10 03). Gıda ışınlama yönetmeliği. *Resmi Gazete(30907)*. Ankara, Türkiye: T.C. Cumhurbaşkanlığı İdari İşler Başkanlığı Hukuk ve Mevzuat Genel Müdürlüğü. 03 21, 2023 tarihinde https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/10/20191003-1.htm adresinden alındı

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (2019, 07 06). İçme suyu temin edilen suların kalitesi ve arıtılması hakkında yönetmelik. *(30823)*. Ankara, Türkiye: T.C. Cumhurbaşkanlığı İdari İşler Başkanlığı Hukuk ve Mevzuat Genel Müdürlüğü. https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/07/20190706-8.htm adresinden alındı

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (2019). *Su Ürünleri İstatistikleri.* Ankara: T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. https://www.tarimorman.gov.tr/sgb/Belgeler/SagMenuVeriler/BSGM.pdf adresinden alındı

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (2019, 01 29). Türk gıda kodeksi et, hazırlanmış et karışımları ve et ürünleri tebliği. *T.C. Resmi Gazete(30670)*. Ankara, Türkiye: T.C. Cumhurbaşkanlığı İdari İşler Başkanlığı Hukuk ve Mevzuat Genel Müdürlüğü. https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/01/20190129-4.htm adresinden alındı

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı GKGM. (Tarih Yok). *Kodeks alimentarius komisyonuODEKS ALİMENTARİUS KOMİSYONU.* 01 15, 2022 tarihinde https://www.tarimorman.gov.tr/GKGM/Belgeler/DB_Gida_Isletmeleri/kodeks_alimentarius_komisyonu.pdf adresinden alındı

Tamele, I. J., & Loureiro, a. P. (2020). Lead, Mercury and Cadmium in fish and shellfish from the Indian Ocean and Red Sea (African countries): Public health challenges. *Journal of Marine Science and Engineering, 8*(5), 344. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/jmse8050344

Tarım ve Köyişleri Bakanlığı. (1995, 03 10). Su ürünleri yönetmeliği. *Resmi Gazete*, s. 12-46. 06 15, 2022 tarihinde https://www.resmigazete.gov.tr/arsiv/22223.pdf adresinden alındı

Tavares, J., Martins, A., Fidalgo, L. G., Lima, V., Amaral, R. A., Pinto, C. A., . . . Saraiva, J. A. (2021). Fresh fish degradation and advances in preservation using physical emerging technologies. *Foods, 10*, 78. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods10040780

Tayar, M. (2010). *Gıda güvenliği* (1 b.). Bursa: T.C. Marmara Belediyeler Birliği.

Tayeb, A., Hubbe, M., Zhang, Y., & Rojas, O. (2017). Effect of lipoxygenase oxidation on surface deposition of unsaturated fatty acids. *Langmuir, 33*(18), 4559-4566. https://doi.org/https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.7b00908

Taylor, V., Goodalea, B., Raab, A., Schwerdtlec, T., Reimer, K., Conklin, S., . . . Francesconi, K. (2017). Human exposure to organic arsenic species from seafood. *Science of the Total Environment, 580*, 266-282. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.12.113

Tillmann, U., Elbrächter, M., Krock, B., John, U., & Cembella, A. (2009). Azadinium spinosum gen. et sp. nov. (Dinophyceae) identified as a primary producer of azaspiracid toxins. *European Journal of Phycology, 44*(1), 63-79. https://doi.org/https://doi.org/10.1080/09670260802578534

Tonbak, F., Atasever, M., & Çalıcıoğlu, M. (2017). Kanatlı etlerinde Salmonella riski. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi, 12*(1), 90-98. https://doi.org/10.17094/ataunivbd.309781

Topal, Ş. (1996). *Gıda güveliği ve kalite yönetim sistemleri.* Gebze-Kocaeli: Şeminur Topal.

Topal, Ş. (2000). *Kalite yönetimi ve güvence sistemleri.* İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Vakfı Yayınları.

Tosun, Ş. Y., Alakavuk Üçok, D., Ulusoy, Ş., & Erkan, N. (2018). Effects of essential oils on the survival of Salmonella enteritidis and Listeria monocytogenes on fresh Atlantic salmons (Salmo salar) during storage at 2 ±1 °C. *Journal of Food Safety, 38*, e12408. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jfs.12408

Tsang, Y. Y., & Tang, A. S. (2007, 04). *Tetrodotoxin Poisoning.* (T. G. Centre for Food Safety, Dü.) 08 25, 2020 tarihinde Food Safety Focus: https://www.cfs.gov.hk/english/multimedia/multimedia_pub/multimedia_pub_fsf_09_01.html adresinden alındı

Turner, R., McLean, C., & Silvers, K. (2006). Are the health benefits of fish oils limited by products of oxidation? *Nutrition Research Reviews, 19*(1), 53-62. https://doi.org/https://doi.org/10.1079/nrr2006117

TÜRKAK. (2019). Metodun geçerli kılınması ve doğrulanması için bilgilendirme kılavuzu. Türk Akreditasyon Kurumu. 04 07, 2022 tarihinde https://secure.turkak.org.tr/TURKAKSITE/docs/bilgilendirme_kilavuzlari/METODUN_GE%C3%87ERL%C4%B0_KILINMASI_VE_DOGRULANMASI_ICIN_BILGILENDIRME_KILAVUZU_20052019_1625.pdf adresinden alındı

Türker, S. (2012). Türkiye'de gıda güvenliği ve gıda mevzuatının gelişim süreci. *Sağlık Düşüncesi ve Tıp Kültürü Dergisi*(21), 34-37. http://www.sdplatform.com/Dergi/561/Turkiyede-gida-guvenligi-ve-gida-mevzuatinin-gelisim-sureci.aspx adresinden alındı

Twiner, M. J., Rehmann, N., Hess, P., & Doucette, G. J. (2008). Azaspiracid shellfish poisoning: A review on the chemistry, ecology, and toxicology with an emphasis on human health Impacts. *Marine Drugs, 6*, 39-72. https://doi.org/10.3390/md20080004

Uçar, G., & Güner, A. (2007). Plesiomonas shigelloides ve besin mikrobiyolojisinde Önemi. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi, 2*(1), 34-40. https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/33845 adresinden alındı

Uekusa, Y., Takatsuki, S., Tsutsumi, T., Akiyama, H., Matsuda, R., Teshima, R., . . . Watanabe, T. (2017). Determination of polychlorinated biphenyls in marine fish obtained from tsunami-stricken areas of Japan. *Plos One, 12*(4), e0174961. https://doi.org/https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174961

Ulusoy, Ş., & Özden, Ö. (2015). Pesticide risks of seafood in Turkey. *Journal of Food and Health Science, 1*(1), 19-32. https://doi.org/https://doi.org/10.3153/JFHS15003

United States Environmental Protection Agency. (2000). *Guidance for Assessing Chemical Contaminant Data for Use in Fish Advisories "Risk Assessment and Fish Consumption Limits"* (Third Edition b., Cilt 2). Washington, DC: Office of Science and Technology U.S. Environmental Protection Agency. https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-11/documents/guidance-assess-chemical-contaminant-vol2-third-edition.pdf adresinden alındı

Usydus, Z., & Szlinder-Richert, J. (2012). Functional properties of fish and fish products: A review. *International Journal of Food Properties, 15*(4), s. 823-846. https://doi.org/https://doi.org/10.1080/10942912.2010.503356

Üçok Alakvuk, D., Tosun, Ş., & Can Tunçelli, İ. (2021). Immediate effect of different pasteurization temperatures (50°C and 70°C) on the quality parameters of shrimp (Parapenaeus longirostris). *Gıda, 46*(5), s. 1205-1217. https://doi.org/https://doi.org/10.15237/gida.GD21103

van der Fels-Klerx, H., Adamse, P., Goedhart, P., Poelman, M., Pol-Hofstad, I., van Egmond, H., & Gerssen, A. (2012). Monitoring phytoplankton and marine biotoxins in production waters of the Netherlands: results after one decade. *Food Additives & Contaminants: Part A, 29*(10), 1616-1629. https://doi.org/https://doi.org/10.1080/19440049.2011.628340

Varlı, Y. (2021). İnsanların siyanotoksinler ile teması ve sağlığa etkileri. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11*(2), 880-887. https://doi.org/https://doi.org/10.21597/jist.775707

Varlık, C., Erkan, N., & Baygar, T. (2011). Su ürünleri besin bileşimi. C. Varlık içinde, *Su Ürünleri İşleme Teknolojisi* (2 b.). İstanbul Üniversitesi Yayınları.

Varlık, C., Özden, Ö., Erkan, N., & Üçok Alakavuk, D. (2007). *Su ürünlerind temel kalite kontrol.* İstanbul: İstanbul Üniversitesi.

Varlık, C., Uğur, M., Gökoğlu, N., & Gün, H. (1993). *Su Ürünlerinde Kalite Kontrol İlke ve Yöntemleri.* İstanbul: Gıda Teknolojisi Derneği.

Veciana-Nogués, M. T., Mariné-Font, A., & Vidal-Carou, M. C. (1997). *Biogenic Amines as Hygienic Quality Indicators of Tuna. Relationships with Microbial Counts, ATP-Related Compounds, Volatile Amines, and Organoleptic Changes, 45*(6), 2036-2041. https://doi.org/https://doi.org/10.1021/jf9609111

Venugopal, V. (2006). *Seafood processing: adding value through quick freezing, retortable packaging, cook-c-hilling, and.* Boca Raton, FL, USA: CRC Press, Taylor & Francis Group.

Vieira, S., Franco, A., Fernandes, E., Amorim, S., Ferreira, H., Pires, R., . . . Neves, N. (2018). Fish sarcoplasmic proteins as a high value marine material for wound dressing applications. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 167*, 310-317. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2018.04.002

Walkowski, S. (2015, 09 20). File:Aeromonas hydrophila colonies 01.jpg. Wikimedia Commons. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aeromonas_hydrophila_colonies_01.jpg adresinden alındı

Wang, F., Fu, L., Bao, X., & Wang, Y. (2017). The spoilage microorganisms in seafood with the existed quorum sensing phenomenon. *Journal of Food Mikrobiology, 1*(1), 14-19.

Wang, M.-J. (2010, 03 01). *Ice slurry is preserving product freshness around the world*. 01 10, 2023 tarihinde Eurofish International Organisation: https://eurofish.dk/ice-slurry-is-preserving-product-freshness-around-the-world/ adresinden alındı

Wang, M.-J. (2010, 05 01). *Slurry systems worldwide work for nearly all major seafood species*. 01 22, 2023 tarihinde Responsible Seafood Advocate: https://www.globalseafood.org/advocate/seafood-chilling-preservation-ice-slurry/ adresinden alındı

Watkins, S. M., Reich, A., Fleming, L. E., & Hammond, R. (2008). Neurotoxic shellfish poisoning. *Marine Drugs, 6*, 431-455. https://doi.org/10.3390/md20080021

Weissfeld, A. S. (2014). Infections from eating raw or undercooked seafood. *Clinical Microbiology Newsletter, 36*(3), 17-21. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clinmicnews.2014.01.004

Western Oregon Universty. (Tarih Yok). *Chapter 2: Protein Structure*. 10 18, 2022 tarihinde Western Oregon Universty, CH450 AND CH451: BIOCHEMISTRY - DEFINING LIFE AT THE MOLECULAR LEVEL: https://wou.edu/chemistry/courses/online-chemistry-textbooks/ch450-and-ch451-biochemistry-defining-life-at-the-molecular-level/chapter-2-protein-structure/ adresinden alındı

WHO. (2018, 01 21). *Food additives*. 04 21, 2020 tarihinde World Health Organization (WHO): https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/food-additives adresinden alındı

WHO. (2019, 08 23). *Lead poisoning and health*. 10 20, 2020 tarihinde World Health Organization: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health adresinden alındı

Wikimedia Commons. (2018, 03 18). File:Bacillus cereus Columbia-Blutagar 074.jpg. Wikimedia Commons. 02 28, 2023 tarihinde https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bacillus_cereus_Columbia-Blutagar_074.jpg adresinden alındı

Wikimedia Commons. (2019, 10 27). File:E.coli on growing on various agar media.jpg. Wikimedia Commons. 02 24, 20 tarihinde https://commons.wikimedia.org/wiki/File:E.coli_on_growing_on_various_agar_media.jpg adresinden alındı

Wikimedia Commons. (2019, 06 04). File:Staphylococcus aureus appearance on agar plates.jpg. Wikimedia Commons. 02 28, 2023 tarihinde https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Staphylococcus_aureus_appearance_on_agar_plates.jpg adresinden alındı

Wójcik, W., Łukasiewicz, M., & Puppel, K. (2021). Biogenic amines: formation, action and toxicity – a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 101*(7), 2634-2640. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jsfa.10928

Wong, T., Tsui, H., So, M., Lai, J., Lai, S., Tse, C., & Ng, T. (2000). Plesiomonas shigelloides infection in Hong Kong: retrospective study of 167 laboratory-confirmed cases. *Hong Kong Medical Journal, 6*(4), 375-380.

Yavuz, A., Azar, İ., Özcan, A., & Çet, V. (2020). Hayvansal gıdalarda antibiyotik kalıntıları. *Gıda ve Yem Bilimi - Teknolojisi Dergisi, 24*(2), 8-15.

Yerlikaya, P. (2002). Gıdalarda biyojen aminler ve önemi. *Gıda Mühendisliği Dergisi, 6*, 24-30.

Yılmaz, A. (Tarih Yok). Kimyasal analizlerde metot validasyonu ve verifikasyonu. İstanbul, Türkiye: TURK-LAB- Kalibrasyın ve Deney Labaratuvarları Derneği. 04 04, 2022 tarihinde http://turklab.org/tr/TURK-LAB_Rehber_01_Rev.2.pdf adresinden alındı

Yörük, N. G., & Danyer, E. (2016). Gıda Katkı Maddeleri Genel Bilgiler ve Tanımlar. *Turkiye Klinikleri J Food Hyg Technol-Special Topics., 2*(2), 1-10.

Zhuang, S., Hong, H., Zhang, L., & Luo, Y. (2020). Spoilage-related microbiota in fish and crustaceans during storage: Research progress and future trends. *Comprensive Reviews in Food Science and Food Safety, 20*(1), 252-288. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1541-4337.12659