



**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



DOKTORA TEZİ

**AZERBAYCAN ORİJİNLİ SEVRUGA (ACİPENSER STELLATUS)
HAVYARINDA BAZI PATOJEN BAKTERİLER İLE AĞIR METAL
VARLIĞININ ARAŞTIRILMASI**

ULVIYYA JALILOVA

**DANIŞMAN
Prof. Dr. ALİ AYDIN**

Veterinerlik Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı

Veterinerlik Besin Hijyeni ve Teknolojisi, Doktora Programı

Eylül, 2025

TEZ KABUL VE ONAYI

Ulvıyya JALILOVA tarafından, Prof. Dr. ALİ AYDIN danışmanlığında hazırlanan "AZERBAYCAN ORİJİNLİ SEVRUGA (ACİPENSER STELLATUS) HAVYARINDA BAZI PATOJEN BAKTERİLER İLE AĞIR METAL VARLIĞININ ARAŞTIRILMASI" başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 08/09/2025 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

	İmza	Sonuç
DANIŞMAN	Prof. Dr. Ali AYDIN	☒
	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa	Kabul
	Veterinerlik Besin Hijyeni ve	☐
	Teknolojisi Anabilim Dalı	Ret
ÜYE	Prof. Dr. Harun AKSU	☐
	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa	Kabul
	Veterinerlik Besin Hijyeni ve	☐
	Teknolojisi Anabilim Dalı	Ret
ÜYE	Prof. Dr. Ömer ÇETİN	☐
	İstanbul Rumeli Üniversitesi	Kabul
	Beslenme ve Diyetetik Bölümü	☐
		Ret
ÜYE	Prof. Dr. Sema SANDIKÇI	☐
	ALTUNATMAZ	Kabul
	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa	☐
	Gıda İşleme Bölümü	Ret
ÜYE	Dr. Öğr. Üyesi Başak Gökçe ÇÖL	☐
	Dokuz Eylül Üniversitesi	Kabul
	Gastronomi ve Mutfak Sanatları	☐
	Anabilim Dalı	Ret

Hazırlamış olduğum tezimi; başta babam Mahmud CELİLOV, annem şemsiyye CELİLOVA, Hocalarım Prof. Dr. Ali AYDIN, Prof. Dr. Kürşat ÖZER ve AQTA sedri Qoşqar TEHMEZLİ'ye ithaf ediyorum...

BÜTÇE DESTEKLERİ

Bu tez çalışması için herhangi bir kurumdan bütçe desteği alınmamıştır.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ KABUL VE ONAYI.....	ii
BEYAN.....	iii
BÜTÇE DESTEKLERİ.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
TABLO LİSTESİ.....	xi
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	xii
ÖZET.....	xiv
ABSTRACT	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE.....	3
2.1. Su Ürünlerinin İnsan Beslenmesindeki Önemi	3
2.2. Su Ürünlerinde Gıda Güvenliği.....	5
2.2.1. Gıda Güvenliği Kavramı.....	6
2.2.2. Su Ürünlerinde Gıda Güvenliğini Bozan Durumlar	8
2.2.3. Su Ürünlerinde Hijyen.....	9
2.2.4. Su Ürünlerinin Hatalı Depolanması	11
2.2.5. Toksik Kimyasal ve Kontaminantlar	12
2.2.6. Su Ürünlerinde Biyolojik Tehlikeler	18
3. SU ÜRÜNLERİ KAYNAKLI PATOJEN MİKROORGANİZMALAR VE TÜKETİCİ SAĞLIĞI.....	21
4. SU ÜRÜNLERİNDE AĞIR METALLERİN ÖNEMİ VE TÜKETİCİ SAĞLIĞI.....	27
5. DELİKATES GIDALAR VE HAVYAR	31
5.1. Havyarın Kaynağı: Mersin Balığı (<i>Acipenser Stellatus</i>).	33

5.2. Havyar Tanımı ve Besin Değeri	35
5.3. Havyar Çeşitleri	39
5.3.1. Sevruga Havyar	43
5.4. Havyar Özellikleri	48
5.4.1. Somon Havyarı (<i>Ikura</i> ve <i>Sujiko</i>)	49
5.4.2. Lumpfish Havyarı (<i>Cyclopterus lumpus</i>)	49
5.4.3. Yayingillerden Elde Edilen Havyar (<i>Ictalurus punctatus</i> , <i>Clarias</i> spp.)	49
5.4.4. Tobiko (<i>Cheilopogon furcatus</i>) – Uçan Balık Yumurtası	49
5.4.5. Bottarga (<i>Mugil cephalus</i>) – Kurutulmuş Kefal Yumurtası	50
5.4.6. Morina Yumurtası (<i>Gadus macrocephalus</i> , <i>G. morhua</i>)	50
5.4.7. Kazunoko (<i>Clupea pallasii</i> , <i>C. harengus</i>)	50
5.4.8. Beyaz Balık Yumurtası	50
5.4.9. Mentaiko (<i>Theragra chalcogramma</i>)	50
5.5. Dünyada Havyar Üretimi	51
5.5.1. Ekonomik ve Ticari Eğilimler	53
5.6. Havyar İkameleri ve Sınıflandırılması	54
5.7. Havyarın Ticari Kategorileri	55
5.8. Havyar Üretiminde HACCP	56
5.9. Havyara ait Mikrobiyolojik ve Kimyasal Kriterlerin İnsan Sağlığı ile İlişkisi	59
6. YÖNTEM	61
6.1. Araştırma Alanı ve Numune Toplama	61
6.2. Mikrobiyolojik Analizler	64
6.2.1. Koliform grubu bakterilerin izolasyon ve identifikasyonu	64
6.2.2. <i>Escherichia coli</i>	65
6.2.3. <i>Salmonella</i> spp.	65
6.2.4. Sülfite redükte eden <i>Clostridium</i> spp. sayımı	66
6.2.5. <i>Staphylococcus aureus</i>	66
6.2.6. Maya ve Küfler	66
6.3. Ağır Metaller	67
7. BULGULAR	68
7.1. Koliform grubu bakteriler	68
7.1. <i>Escherichia coli</i>	68
7.2. <i>Salmonella</i> spp.	69

7.3. Sülfite redükte eden <i>Clostridium</i> spp	69
7.4. <i>Staphylococcus aureus</i>	69
7.6. Maya ve Küfler.....	70
7.7. Ağır Metal Düzeyleri	70
7.7.1. Civa Düzeyleri	70
7.7.2. Kurşun Düzeyleri	71
7.7.3. Kadmiyum Düzeyleri	71
8. TARTIŞMA	73
9. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	81
KAYNAKLAR	82
EKLER.....	103
İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI.....	104
ETİK KURUL İZİN YAZISI	105
KURUM İZNİ YAZILARI.....	106
PATENT HAKKI İZNİ	107
ÖZGEÇMİŞ	108

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa №

Şekil 2.1: İnsan gıdalarındaki çevresel kirleticilerin kaynakları.....	13
Şekil 5.1: <i>Acipenser Stellatus</i>	34
Şekil 5.2: Havyar alımı sırası-a	44
Şekil 5.3: Havyar alımı sırası-b.....	44
Şekil 5.4: Canlı mersin balığı'nda havyar sağımı sırası-c	44
Şekil 5.5: Siyah Sevruga havyarı	45
Şekil 6.1: Örneklerin temin edildiği bölgeler.....	62
Şekil 6.2: Mersin balığı üretim havuzları.	63
Şekil 6.3: Üretim havuzları içersinde mersin balıkları.....	63

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 5.2: Doğal havyar ve havyar ikamelerinin besin bileşimi karşılaştırması.....	37
Tablo 5.3: Çok yönlü değerlendirmeler	48
Tablo 5.4: Başlıca havyar üretici ülkeler, türler ve pazar eğilimleri	53
Tablo 6.1: Örneklerin temin edildiği bölgelere ait tablo	64
Tablo 7.1: Sevruga havyarı numunelerinde koliform grubu bakteri sayısı.....	68
Tablo 7.2: Sevruga havyarı numunelerinde <i>Escherichia coli</i> sayısı.....	68
Tablo 7.3: Sevruga havyarı numunelerinde <i>Salmonella</i> spp. varlığı.....	69
Tablo 7.4: Sevruga havyarı numunelerinde sülfid redükte eden <i>Clostridium</i> spp. sayısı.....	69
Tablo 7.5: Sevruga havyarı numunelerinde <i>S. aureus</i> sayısı.....	70
Tablo 7.6: Sevruga havyarı numunelerinde maya ve küflerin sayısı.....	70
Tablo 7.7: Sevruga havyarı numunelerinde civa tespiti.....	71
Tablo 7.8: Sevruga havyarı numunelerinde kurşun tespiti.....	71
Tablo 7.8: Sevruga havyarı numunelerinde kadmiyum tespiti.....	72

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Kısaltmalar	Açıklama
AB	: Avrupa Birliği
AAS	: Atomik Absorpsiyon Spektrometresi
<i>Acipenser baerii</i>	: Sibirya mersini
<i>Acipenser ruthenus</i>	: Sterlet mersini
<i>Acipenser stellatus</i>	: Sevruga mersini
ALA	: Alfa-linolenik asit
As	: Arsenik
B	: Bor
BGBB	: Brilliant Green Bile Broth
BPA	: Baird-Parker Agara
Buffered Peptone Water	: Peptonlu su
Cd	: Kadmiyum
CCPR	: The Codex Committee on Pesticide Residues / Pestisit Kalıntıları Kodeks Komitesi
CDC	: Centers for Disease Control and Prevention / Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezleri
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
DHA	: Dokosahekzaenoik asit
DRBC	: Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol Agar
<i>E. coli</i>	: <i>Escherichia coli</i>
ECDC	: European Centre for Disease Prevention and Control / Avrupa Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezi
ELISA	: Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay
EMB	: Eosin Methylen-blue Lactose Sucrose
EPA	: Eikosapentaenoik asit
EPEC	: Enteropatojenik <i>E. coli</i>
EFSA	: The European Food Safety Authority / Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi

FSA	: The Food Standards Agency / Gıda Standartları Ajansı
Fe	: Demir
FTS	: Fizyolojik tuzlu su
HACCP	: Hazard Analysis and Critical Control Points / Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktaları
Hg	: Civa
ICP-MS	: Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry/Endüktif Kuplajlı Plazma Kütle Spektrometresi
KKN	: Kritik Kontrol Noktaları
Mo	: Molibden
Mn	: Mangan
MRD	: Maximum Recovery Diluent/Maksimum Gerikazanım Seyreltici
MRL	: Avrupa Birliği Maksimum Kalıntı Seviyeleri
NETEC	: Non-Enterotoksijenik E. coli
Ni	: Nikel
NTM	: Nontuberculous mycobacteria/Tüberküloz dışı mikobakteriler
Pb	: Kurşun
PCR	: Polymerase Chain Reaction/Polimeraz Zincir Reaksiyonu
PFGE	: Pulsed Field Gel Electrophoresis/Pulsed Field Gel Elektroforez
PL	: Fosfolipitler
PUFA	: Polyunsaturated fatty acids / Yağ asitleri
<i>S. aureus</i>	: <i>Staphylococcus aureus</i>
TAG	: Triasilgliseroller
TBX	: Tryptone-Bile-Glucuronide
TSC	: Tryptose Sulfite Cycloserine
TSC agar	: Tryptose Sulfite Cyclocerine Agar
WHO	: World Health Organization
XLD	: Xyloselysine deoxycholate
Zn	: Çinko

ÖZET

DOKTORA TEZİ

AZERBAYCAN ORİJİNLİ SEVRUGA (*ACIPENSER STELLATUS*) HAVYARINDA BAZI PATOJEN BAKTERİLER İLE AĞIR METAL VARLIĞININ

ARAŞTIRILMASI

Ulviyya JALILOVA

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Veterinerlik Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. ALİ AYDIN

Dünyaca ünlü delikates bir gıda ürünü olan sevruga havyarının mikrobiyolojik ve kimyasal kalitesi tüketiciler açısından büyük önem taşımaktadır. Araştırmanın amacı, havyar üretiminde dünyanın ön sıralarında yer alan *Acipenser stellatus* türü mersin balıklarından üretilen sevruga havyarının olası mikrobiyolojik kontaminasyon ve ağır metal düzeylerini inceleyerek tüketici sağlığı açısından güvenliğini ortaya koymaktır. Çalışma kapsamında Azerbaycan'ın Mingeçevir, Neftçala ve Bakı olmak üzere 3 farklı bölgesinden toplam 60 adet havyar numunesi incelenmiştir. Havyar numunelerinde mikrobiyolojik olarak; koliform grubu bakteri, *Escherichia coli*, sülfid redükte eden *Clostridium* spp., *Staphylococcus aureus*, maya ve küf sayımı ile *Salmonella* spp. varlığı ilgili ISO standartları kapsamında analiz edilmiş olup, toksikolojik açıdan ise numunelerde civa, kurşun ve kadmiyum gibi ağır metal düzeyleri ICP-MS cihazı ile incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, koliform grubu bakteri, *Escherichia coli*, sülfid redükte eden *Clostridium* spp., *Staphylococcus aureus*, maya ve küf sayısının yasal limitlerin altında olduğu veya tespit edilemediği belirlenmiştir. *Salmonella*

spp. ise hiçbir havyar numunesinde saptanmamıştır. Sevruga havyarı numunelerinde ağır metal analiz sonuçları incelendiğinde ise; sadece 1 (%1,7) adet havyar numunesinde kurşun seviyesi 0.4 mg/kg olarak maksimum kabul edilebilir limit değerler (0.3 mg/kg) üzerinde bulunmuştur. Sevruga havyarı örneklerinin 1 adedinde kadmiyum seviyesi en yüksek 0,01 mg/kg olarak saptanmakla birlikte, söz konusu değer kadmiyum için kabul edilebilir limit değer (0,05 mg/kg) altındadır. Diğer taraftan, tüm havyar numunelerinde civa seviyesi (0,5 mg/kg) tespit limitinin altında saptanmıştır. Buna göre sevruga havyarı üretim sürecinde mikrobiyolojik hijyen koşullarının iyi düzeyde olduğu ve ürünlerin tüketici sağlığı için risk oluşturmadığı belirlenmiştir. Diğer taraftan, elde edilen ağır metal bulgularına göre havyar numunelerinde izleme ve kontrol mekanizması temelinde entegre yönetim sistemlerinin uygulanmasının gerekliliği söz konusudur. Sonuç olarak, dünyanın en pahalı delikates gıdalarından olan sevruga havyarının mikrobiyolojik ve toksikolojik açıdan tüketiminin uygun olduğu tespit edilmekle birlikte, sağlıklı ve kaliteli sevruga havyarı üretimi amacıyla hem mikrobiyolojik hemde toksikolojik olarak kontrol, denetim ve sürekli iyileştirme uygulamalarının titizlikle uygulamaya devam etmesinin sürdürülebilirlik bakımından önemli olduğu değerlendirilmektedir.

Eylül 2025 , 125. sayfa.

Anahtar kelimeler:

Ağır metal kontaminasyonu, Gıda güvenliği, Mikrobiyolojik kalite, Sevruga havyarı.

ABSTRACT

Ph.D. THESIS

INVESTIGATION of SOME PATHOGENIC BACTERIA and HEAVY METAL PRESENCE in SEVRUGA (*ACIPENSER STELLATUS*) CAVIAR of AZERBAIJANI ORIGIN

Ulviyya JALILOVA

İstanbul University-Cerrahpasha

Institute of Graduate Studies

Department of Food Hygiene and Technology

Prof. Dr. ALİ AYDIN

Sevruga caviar's microbiological and chemical quality, a world-renowned delicacy, is very important to consumers. The study aims to determine the safety of sevruga caviar, produced from *Acipenser stellatus* sturgeon, which ranks among the world's leading caviar producers, in terms of consumer health by examining its possible microbiological contamination and heavy metal levels. Within the scope of the study, a total of 60 caviar samples were examined from three different regions of Azerbaijan: Mingəçevir, Neftçala, and Baku. The caviar samples were analysed for microbiological parameters, including coliform bacteria, *Escherichia coli*, sulphite-reducing *Clostridium* spp., *Staphylococcus aureus*, yeast and mould counts, and the presence of *Salmonella* spp., in accordance with relevant ISO standards. Toxicologically, heavy metal levels such as mercury, lead, and cadmium were examined in the samples using an ICP-MS device. According to the results obtained, the coliform group bacteria, *Escherichia coli*, sulphite-reducing *Clostridium* spp., *Staphylococcus aureus*, yeast and mould counts were found to be below legal limits or undetectable. *Salmonella* spp. was not detected in any of the caviar samples. When examining the heavy metal analysis results of Sevruga caviar samples, only one sample (1.7%) had a lead level of 0.4 mg/kg, exceeding the maximum acceptable limit (0.3 mg/kg). Although the cadmium level in one Sevruga caviar sample was found to be as high as 0.01 mg/kg, this value is below the acceptable limit for cadmium (0.05 mg/kg). On the other hand, the mercury level in all caviar samples was found

to be below the detection limit (0.5 mg/kg). Accordingly, it was determined that microbiological hygiene conditions were good during the sevruga caviar production process and that the products did not pose a risk to consumer health. On the other hand, based on the heavy metal findings obtained, it is necessary to implement integrated management systems based on a monitoring and control mechanism for caviar samples. In conclusion, while it has been determined that the consumption of sevruga caviar, one of the world's most expensive delicacies, is suitable from a microbiological and toxicological perspective, it is considered important for sustainability that microbiological and toxicological control, monitoring, and continuous improvement practices continue to be meticulously implemented for the production of healthy and high-quality sevruga caviar.

September 2025, 125 pages.

Keywords: Food safety, Heavy metal contamination, Microbiological quality, Sevruga caviar.

1. GİRİŞ

Gıda güvenliği, günümüzde hem ulusal hem de uluslararası düzeyde en önemli halk sağlığı sorunlarından biri olarak gündemdeki yerini korumaktadır. Özellikle yüksek besin değerine sahip, kolay bozulabilen ve genellikle lüks tüketim kategorisinde değerlendirilen su ürünlerinde, gıda güvenliği ile ilgili kriterlerin titizlikle uygulanması, tüketici sağlığının korunması açısından hayati bir önem taşımaktadır. Bu bağlamda, mersin balıklarının yumurtalarından elde edilen ve dünya genelinde “delikates” olarak nitelendirilen gıdalardan olan havyar, gıda güvenliği açısından özel bir değerlendirme gerektiren ürünler arasında yer almaktadır. Zengin protein, yağ, vitamin ve mineral içeriği sayesinde beslenme açısından yüksek değere sahip olan havyar, aynı zamanda ekonomik açıdan da yüksek pazar değeriyle dikkat çekmektedir. (Özden, Varlık ve Erkan, 2018).

Havyar üretiminde yaygın olarak kullanılan mersin balığı türlerinden biri olan *Acipenser stellatus*, halk arasında “Sevruga” olarak bilinmektedir. Söz konusu tür, Hazar Denizi çevresindeki ülkelerden özellikle de Azerbaycan’da, doğal habitatta avlanmakta ve elde edilen havyar, kalite standartları bakımından uluslararası pazarda önemli bir konumda bulunmaktadır. Bu bakımdan, havyar gibi yüksek besleyici değerine sahip su ürünlerinde gıda güvenliği uygulamalarının etkin biçimde yürütülmesi, hem halk sağlığının korunması hem de sürdürülebilir üretim ve ticaret açısından stratejik bir gereklilik olarak görülmektedir. (Özden, Varlık ve Erkan, 2018).

Su ürünleri diğer gıdalardan farklı olarak, yaşadıkları doğal ortamların çevresel kirlenmeye açık olması nedeniyle çeşitli biyolojik ve kimyasal kirleticilere maruz kalabilmektedir. Özellikle de sularda bulunan mikroorganizmalar ile toksik bileşikler, başta kurşun olmak üzere (Pb), civa (Hg), kadmiyum (Cd) ve arsenik (As) gibi ağır metaller, sucul canlıların dokularında ve üreme ürünlerinde birikerek insan sağlığı açısından ciddi riskler oluşturabilmektedir. İlave olarak, sanayi, tarım ve diğer antropojenik faaliyetler sonucu su kaynaklarına karışan ağır metaller, havyarın kimyasal güvenliğini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. (Aktop ve Çağatay, 2020)

Söz konusu olumsuz durum, özellikle doğrudan çiğ veya hafif işlenmiş olarak tüketilen su ürünlerinde daha büyük bir tehlike meydana getirmektedir. Bu noktada, havyar da dikkatle incelenmesi gereken delikates bir gıda olarak ön planda yer almaktadır. Nitekim, havyarın hijyenik koşullarda elde edilmemesi, depolanmaması veya işlenmemesi durumunda, başta *Escherichia coli* (*E. coli*), *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) ve benzeri patojen bakterilerin bulaşma riski artmaktadır. Diğer taraftan, söz konusu ağır metallerin havyarda birikmesi, hem ürünün besin değerini düşürmekte hem de tüketici sağlığı açısından toksik etkiler yaratabilmektedir. Dolayısıyla, havyar üretiminde çevresel kirleticilerin kontrolü, gıda güvenliği standartlarının sağlanması ve sürdürülebilir üretim süreçlerinin oluşturulması açısından büyük önem taşımaktadır (Akoto ve ark., 2015).

Bu tez çalışmasının temel amacı, Azerbaycan orijinli *Acipenser stellatus* türü mersin balığından elde edilen Sevruga havyarında bazı patojen bakterilerin ve ağır metallerin varlığını araştırmak ve elde edilen bulgular doğrultusunda bu ürünün insan sağlığı açısından taşıdığı riskleri değerlendirmektir. Bu kapsamda, mikrobiyolojik analizlerle seçilmiş bakterilerin varlığı ve sayımı gerçekleştirilmiş; ağır metal düzeyleri ise ICP-MS yöntemiyle ölçülmüştür. Bu sayede, bu çalışma ile Azerbaycan'dan ihraç edilen sevruga havyarının uluslararası gıda güvenliği standartlarına uygunluğu araştırılmıştır.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Su Ürünlerinin İnsan Beslenmesindeki Önemi

Günümüzde sağlıklı beslenmeye yönelik toplumsal farkındalık hızla artmaktadır. Bireyler, sindirimi kolay, yüksek protein içeriğine sahip, doymamış yağlar içeren ve fonksiyonel özellikler taşıyan gıdalara, beslenme düzenlerinde daha fazla yer vermeye başlamıştır. Söz konusu eğilim, yalnızca besin seçimleriyle sınırlı kalmamakta, aynı zamanda gıdaların pişirilme ve işlenme yöntemlerinin de önem kazanmasına neden olmaktadır (Ergün,. 2009).

Besinlerin içerdiği değerlerin korunarak olası kayıpların en aza indirilmesi, maksimum besinsel faydanın elde edilmesini amaçlayan bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Bu doğrultuda, beslenme sadece temel bir fizyolojik gereksinim olmanın yanında, bireyin genel sağlık durumu üzerinde doğrudan etkili olan ve yaşam kalitesini artıran önemli bir faktör olarak değerlendirilmektedir. Bu gelişmeler ışığında, günümüzde tüketiciler gıda seçimlerinde daha bilinçli ve özenli davranma eğilimi göstererek ürünlerin besin değeri, üretim koşulları, işlenme biçimi, raf ömrü ve güvenilirliği gibi kriterleri göz önünde bulundurmaktadır. Buna göre sağlıklı beslenme, bireysel sorumluluk ve yaşam tarzı tercihi haline gelmektedir (Fidan ve Taşçı, 2024).

Gelişmiş ülkelerde sağlıklı beslenmeye yönelik eğilimler doğrultusunda su ürünleri tüketiminin önemi oldukça fazladır. Bu bağlamda balık eti yüksek protein içeriği ve vücut için faydalı çoklu doymamış yağ asitlerini (özellikle omega-3 yağ asitleri) içermesinden ötürü tercih edilmektedir. Daha detaylı olarak ise balık etinin özellikle uzun zincirli çoklu doymamış n-3 yağ asitleri olan eikosapentaenoik asit (EPA), dokosahekzaenoik asit (DHA) ve alfa-linolenik asit (ALA) bakımından da zengin bir besin kaynağı olduğu bilinmektedir (Turan ve ark., 2013). Özellikle Omega-3 yağ asitleri, insan vücudunun metabolik fonksiyonları üzerinde olumlu etkiler yaratmakta ve genel sağlık üzerinde destekleyici rol oynamaktadır. Aminoasitlerin bir zincir halinde bağlanmasıyla oluşan proteinler, balık etinde %15 ile %24 arasında değişen oranlarda bulunmakta ve tüm esansiyel aminoasitleri ihtiva etmektedir (SGB, 2019).

Balık protein hidrolizatları, zengin aminoasit bileşimi ve kolay sindirilebilir yapıları sayesinde beslenme açısından değerli ürünler olarak öne çıkmaktadır (Tilami ve Sampels, 2017). Karasal hayvan etleriyle kıyaslandığında balık etinin daha yüksek protein kalitesine sahip olmasının yanı sıra n-3 çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA), dengeli aminoasit profili ve yüksek düzeyde taurin, kolin, vitamin D₃, A ve B₁₂, selenyum, kalsiyum, demir, çinko, fosfor ve iyot gibi besin öğeleri içermesi önemli avantaj sağlamaktadır (Lund, 2013). Diğer taraftan, balık ve diğer su ürünlerinin yağ bileşimi, kırmızı et ve kümes hayvanlarına oranla daha düşük doymuş yağ içeriğine sahip olması nedeniyle beslenme açısından da farklılık göstermektedir. Söz konusu özellik, bilhassa doymuş yağ tüketiminin sınırlandırılması gereken durumlarda tüketicilere önemli bir avantaj sağlamaktadır. (Hınıslioğlu ve ark., 2024)

Su ürünlerinde doymuş yağ oranı; kabuklularda ortalama %0,16; yumuşakçalarda %0,32 ve balıklarda %1,19 iken, kara hayvan etlerinde ise %4,97 düzeyindedir. Bu nedenle su ürünlerinin enerji yoğunluğu (ortalama 101,3 kcal/100 g), karasal hayvan etlerine (ortalama 209 kcal/100 g) göre daha düşüktür. Diğer taraftan, balıklar ve diğer su ürünleri uzun zincirli omega-3 çoklu doymamış yağ asitleri bakımından en yüksek konsantrasyona sahip gıdalar arasında yer almaktadır (Sargent ve Tacon, 1999).

Su ürünleri, yüksek kaliteli protein ve doymamış yağ asitleri içermeleri nedeniyle sağlıklı beslenmenin temel bileşenlerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Aynı zamanda bu besin öğeleri, diğer hayvansal kaynaklara kıyasla daha uygun maliyetlerle temin edilebilmekte, bu yönüyle de beslenme ekonomisi açısından önemli bir avantaj sunmaktadır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) verilerine göre, 2022 yılında dünya genelinde kişi başına düşen su ürünleri tüketimi ortalama 20 kg olarak gerçekleşmiştir. Aynı yıl Türkiye’de bu oran 7,3 kg olarak kaydedilmiştir (FAO, 2023; TEPGE, 2022). Türkiye’de su ürünleri tüketimi; üretim miktarı, fiyat düzeyleri, tüketici alışkanlıkları ve hane halkının alım gücü gibi çeşitli sosyoekonomik faktörlere bağlı olarak bölgesel ve demografik düzeyde farklılık göstermektedir (Şengör ve Ceylan, 2018; Demirel ve Hatırlı, 2020; TEPGE, 2022).

Türkiye’de su ürünlerinin tüketim düzeyinin düşük olmasının başlıca nedenleri arasında, toplumda su ürünlerine yönelik bilinç düzeyinin yetersizliği, tüketim alışkanlıklarının sınırlı kalması ve doğal stoklardaki su ürünleri popülasyonunda yaşanan azalma ilk sıralarda yer almaktadır. Ayrıca kırmızı et ve tahıl ürünleriyle karşılaştırıldığında, taze su ürünlerinin tüketimi oldukça düşük seviyelerde olduğu görülmektedir. Türkiye’de karbonhidrat ağırlıklı

beslenme alışkanlıkları, geleneksel Türk mutfağında hamur işleri ve kırmızı etin baskın olması, özellikle bölgesel kültürel farklılıklar gibi sebepler su ürünleri tüketiminin sınırlı kalmasına yol açmaktadır (Karakaya ve ark., 2018). Su ürünleri tüketiminin düşük düzeyde seyretmesi özellikle bölgesel farklılıklar ve coğrafi konumla doğrudan ilişkilidir. Nitekim, denize kıyısı bulunmayan iç bölgelerde su ürünleri üretiminin sınırlı olması, taze ve mevsimsel ürünlere erişimin zorlaşması, bu ürünlerin fiyatlarında artış yaşanması ve hane halkı gelir düzeyinin düşük olması gibi etkenler, tüketim miktarını olumsuz yönde etkilemektedir (Kaplan ve ark., 2019; SGB, 2019; TEPGE, 2022). Buna ek olarak, nüfus artışı ve toplumda balık tüketimi konusunda yeterli bilinç düzeyinin oluşmaması da söz konusu eğilimi pekiştiren unsurlar arasında yer almaktadır. Sonuç olarak, tüketicilerin balık ve diğer su ürünlerinin besin değeri, sağlık üzerindeki olumlu etkileri ve uygun pişirme yöntemleri hakkında yeterince bilgi sahibi olmamaları, bu ürünlerin günlük beslenme düzenlerinde daha az yer bulmasına neden olmaktadır. Nitekim, tüm faktörler, su ürünleri tüketiminin artırılmasına yönelik politikaların ve stratejilerin geliştirilmesi açısından çözülmesi gereken temel engeller olarak değerlendirilmektedir (Hınıslioğlu ve ark., 2024).

Su ürünleri olarak genellikle ilk akla balık türleri gelse de, Türkiye’de midye, kalamar, karides, ahtapot, istiridye ve yengeç gibi diğer su ürünleri de belirli miktarlarda tüketilmektedir. Buna göre, taze midye, akivades ve yengeç türleri Karadeniz kıyılarında yaygın olarak tüketilirken, Marmara, Akdeniz ve Ege bölgeleri ise kabuklu yumuşakçalar ve kafadan bacaklılar açısından daha zengin bir çeşitliliğe sahip olduğundan, söz konusu bölgelerde ahtapot, karides, kalamar, deniz kestanesi ve istiridye gibi türlerin tüketimi giderek yaygınlaşmaktadır (Green ve ark., 2010).

2.2. Su Ürünlerinde Gıda Güvenliği

Su ürünleri, yüksek besleyici değerleri ve sağlıklı protein içerikleriyle insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Bununla birlikte, uygunsuz işleme ve muhafaza koşulları, gıda güvenliği açısından ciddi riskler oluşturabilmektedir. Bu risklerin başında hijyen eksikliği, hatalı depolama uygulamaları ve kontrolsüz işleme süreçleri gelmektedir (Özden, 2023).

Tüketici sağlığını korumak amacıyla, su ürünlerinde karşılaşılabilecek biyolojik, kimyasal ve fiziksel tehlikelerin önlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda gıda güvenliği, yalnızca ürünün mikrobiyolojik açıdan güvenli olmasıyla sınırlı kalmayarak üretimden

tüketime kadar tüm aşamalarda izlenebilirlik, hijyen, uygun saklama koşulları ve mevzuata uygunluk gibi kriterleri içeren bütüncül bir yaklaşımı gerektirmektedir (Gıda Güvenliği ve Kalitesinin Denetimi Yönetmeliği, 2008)

2.2.1. Gıda Güvenliği Kavramı

Dünya Sağlık Örgütü (WHO), 2010 yılında dünya genelinde yaklaşık 600 milyon gıda kaynaklı hastalık vakasının meydana geldiğini ve bu vakalar sonucunda 420.000 kişinin yaşamını yitirdiğini tahmin etmektedir (FAO/WHO, 2015). Gıda kaynaklı hastalıklar, yalnızca gelişmekte olan ülkelerde değil, gelişmiş ülkelerde de yaygın olarak görülmektedir. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezleri (CDC), her yıl yaklaşık 48 milyon Amerikalının gıda kaynaklı hastalıklardan etkilendiğini bildirmektedir (CDC, 2017). Birleşik Krallık'ta ise Gıda Standartları Ajansı (FSA) tarafından yayımlanan verilere göre, 2009 yılında bilinen patojen mikroorganizmalarla ilişkili olarak 500.000'den fazla bulaşıcı bağırsak hastalığı vakası tespit edilmiştir. Bu vakaların yaklaşık yarısının kümes hayvanlarıyla doğrudan ilişkili olduğu belirlenmiştir (Tam, Larose ve O'Brien, 2014).

Gıda kaynaklı hastalıklarla ilgili veriler, çoğunlukla gıdaların mikrobiyolojik kontaminasyonuna bağlı olarak gelişen sağlık sorunlarına odaklanmaktadır. Ancak gıda güvenliği, yalnızca mikrobiyolojik tehlikelerle sınırlı olmayıp; sağlığa zararlı fiziksel ve kimyasal kalıntılar gibi diğer risk unsurlarını da kapsamaktadır. Aslında gıda güvenliği, statik bir kavram olmayıp gıda bileşenleri, sağlık etkileri ve potansiyel riskler hakkında elde edilen yeni bilimsel bulgular doğrultusunda sürekli olarak gelişen ve güncellenen dinamik bir alan şeklinde ifade edilmektedir. Bu bağlamda, Maillard reaksiyonu sonucu gıdalarda oluşan bir kimyasal bileşik olan akrilamid günümüzde potansiyel bir kanserojen olarak kabul edilmekte ve bu nedenle gıdalarda kimyasal bir tehlike olarak değerlendirilmektedir (Mottram, Wedzicha ve Dodson, 2002).

Bu nedenle gıda güvenliği, “toplumsal olarak inşa edilmiş” bir kavram olarak değerlendirilmektedir; zira hangi koşulların gıda kaynaklı hastalık olarak sınıflandırıldığı ya da hangi unsurların gıda güvenliği tehlikesi olarak kabul edildiği, büyük ölçüde toplumsal algılar ve normlar doğrultusunda şekillenmektedir (Manning (2017), tip 2 diyabet ve kardiyovasküler hastalıklar gibi daha geniş kapsamlı sağlık sorunlarının da gıda kaynaklı

hastalıklar olarak ele alınması gerektiğini savunmaktadır. Bu yaklaşıma göre, söz konusu hastalıklarla ilişkili olan gıdaların besin içeriği gibi gıda faktörleri, potansiyel birer tehlike olarak değerlendirilmekte ve diğer gıda kaynaklı risklerle benzer şekilde kontrol altına alınmaktadır.

Gıda güvenliği kavramının daha geniş bir kriter yelpazesıyla tanımlanması gerektiği yönündeki görüş, ABD’li tüketicilerle yapılan araştırmalarla da desteklenmektedir. Ringquist ve arkadaşlarının çalışmasına göre, tüketicilerin önemli bir kısmı “açık ve doğru etiketleme” ile “besin içeriği” gibi unsurları doğrudan gıda güvenliğinin bir parçası olarak değerlendirmektedir.

Gıda ürünlerinin besin içeriği, bugüne kadar yeterince patojen mikroorganizmalar gibi doğrudan sağlık riski oluşturan unsurlar kapsamında değerlendirilmemiş ve gıda işletmecileri (FBO’lar) tarafından sistematik biçimde kontrol altına alınmamıştır. Ancak günümüzde hükümetler, FBO’lar ve tüketiciler, belirli gıda bileşenlerine yönelik algıları dönüştürmeyi ve hem gıda bileşimini hem de diyet tercihlerine yön veren tüketim davranışlarını düzenlemeyi amaçlayan yasal düzenlemeler yürürlüğe koymaktadır. Örneğin, Birleşik Krallık’ta alkolsüz içeceklerdeki şeker oranını azaltmak amacıyla “şeker vergisi” uygulaması başlatılmıştır (The Soft Drinks Industry Levy Regulations, 2018).

Önemli bir husus, Avrupa Birliği’nde gıda işletmecilerinin (FBO’lar), yalnızca piyasaya sürdükleri ve “sağlığa zararlı olabileceğini” düşündükleri ürünleri yetkili mercilere bildirme yükümlülüğüne sahip olmalarıdır (Regulation (EC) No 178/2002, Madde 19). Bu bağlamda, Birleşik Krallık Gıda Standartları Ajansı’nın (Food Standards Agency, FSA) bir olayı tanımlarken hem “kalite” hem de “güvenlik” tehditlerini kapsayan bir yaklaşım benimsemesine rağmen, FBO’lar yalnızca gıda güvenliği ile doğrudan ilişkili olan durumları bildirmekle yükümlüdür. Ürünlerin henüz kontrol altındayken tespit edilen kalite sorunları ya da güvenlikle ilişkili olmayan kalite eksiklikleri, bildirim zorunluluğu kapsamında değerlendirilmemektedir.

Bununla birlikte, FSA tarafından derlenen veriler; yerel otoriteler, Avrupa Komisyonu ve diğer bilgilendirme kaynaklarından gelen bildirimleri de içermektedir. Bu nedenle, FSA kayıtlarında yer alan bazı olaylar, doğrudan gıda güvenliğini değil, ürün kalitesini etkileyebilecek durumları da kapsayabilmektedir. Örneğin, organoleptik özelliklerdeki bozulmalar bu tür kalite odaklı olaylara örnek teşkil etmektedir. Yine de bildirilen olay

kategorileri incelendiğinde, vakaların büyük çoğunluğunun potansiyel gıda güvenliği tehditleriyle ilişkili olduğu görülmektedir. Mikotoksinler, alerjenler ve patojenik organizmalar gibi unsurlar bu kapsamda öne çıkmaktadır. Bu araştırma çalışması açısından özellikle dikkat edilmesi gereken kategori ise “yabancı cisimler”dir. Bu kategori, bildirilen olayların yaklaşık %5’ini oluşturarak önemli bir risk alanını temsil etmektedir (FSA, 2017a; FSA, 2017b).

Türkiye’de sağlıklı gıda tüketimi nedeniyle 2000 yılında 77.515 gıda kaynaklı hastalık vakası tespit edilmiştir (WHO, 2004). Ancak, Türkiye’de gıda kaynaklı hastalıkların yeterince raporlanmaması ve kamuoyuyla paylaşılmaması, bu rakamın sorunun yalnızca görünen kısmı olduğunu göstermektedir.

Gıda kaynaklı hastalıklar, küresel ölçekte halk sağlığını tehdit etmekle kalmayıp, aynı zamanda turizm gibi kırılgan hizmet sektörlerine de ciddi zararlar vermektedir. Bu bağlamda, turizm sektöründe gıda güvenliği ve hijyenin tüm boyutlarıyla sağlanması, vazgeçilmez bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır. Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi ile Avrupa Hastalık Önleme ve Kontrol Merkezi’nin 2018 yılına ait raporuna göre, Avrupa Birliği ülkelerinde bildirilen gıda kaynaklı salgın vakalarının yaklaşık %28’i restoranlar, kafeler, barlar, publar, oteller ve katering hizmetlerinde meydana gelmiştir (EFSA ve EDCP, 2019). Benzer şekilde, Amerika Birleşik Devletleri Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezleri’ne bildirilen 841 gıda kaynaklı salgın, toplamda 14.481 hastalık vakasına yol açmış; bu vakaların %41’i restoranlarla, %29’u gıda üretim veya ziyafet tesisleriyle, %2’si ise otellerle ilişkilendirilmiştir (CDCP, 2017). Küresel düzeyde meydana gelen gıda kaynaklı hastalık ve salgınların büyük bir kısmının, gıdaların hazırlanması, pişirilmesi ve depolanması gibi temel hijyen prosedürlerine uyulmamasından kaynaklandığı bilinmektedir (Gould ve ark., 2013). Bu bağlamda, gıda kaynaklı hastalıkların en aza indirilmesi ve halk sağlığının etkin biçimde korunması için eğitilmiş ve bilinçli gıda çalışanlarına duyulan ihtiyaç konusunda geniş bir fikir birliği bulunmaktadır (Tuncer ve Akoğlu, 2020).

2.2.2. Su Ürünlerinde Gıda Güvenliğini Bozan Durumlar

Gıda güvenliği, hem üretim hem de tüketim aşamalarında kritik bir öneme sahip olup, tüketicilerin sağlığını doğrudan etkileyen çeşitli risk ve tehlikeleri içermektedir. Bununla birlikte, gıda güvenliğini etkileyebilecek çok sayıda faktör bulunmaktadır. Örneğin, gıda üretimi ve işlenmesi sırasında ortaya çıkan atıklar, hem çevresel sürdürülebilirlik hem de gıda güvenliği açısından olumsuz sonuçlara yol açabilmektedir. Gıda güvenliğini tehdit eden bir

diğer önemli unsur ise toplumda gıda okuryazarlığı seviyesinin düşük olmasıdır. Gıda okuryazarlığı, bireylerin gıda ile ilgili bilgileri anlama, değerlendirme ve bu bilgileri karar alma süreçlerinde etkin biçimde kullanma yeteneklerini kapsamaktadır. Bu durum, sağlıklı beslenme alışkanlıklarının geliştirilmesinde belirleyici bir rol oynamaktadır (Öztürk ve ark., 2023). Özellikle, sağlık çalışanlarının gıda okuryazarlığı düzeylerinin artırılması, gıda güvenliği bilincinin yaygınlaştırılması açısından stratejik bir adım olarak değerlendirilmektedir. Gıda okuryazarlığı, bireylerin gıda güvenliği ile ilgili bilgileri doğru biçimde yorumlamalarını ve yerinde kararlar almalarını sağlayarak halk sağlığının korunmasına katkı sunmaktadır (Öztürk ve ark., 2023).

Gıda güvenliği, çevresel değişimlerden doğrudan etkilenmektedir. Özellikle iklim değişikliği, tarımsal üretim süreçlerini olumsuz yönde etkileyerek ürün verimliliğinde düşüşe neden olmakta ve bu durum, küresel gıda arzını tehdit edebilmektedir (Ataklı ve Kuran, 2022). Küreselleşme ve ekonomik büyüme, gıda güvenliğinin sağlanmasında belirleyici dinamikler arasında yer almakta; bu etki özellikle gelişmekte olan ülkelerde daha belirgin şekilde gözlemlenmektedir (Çelik ve Aytekin, 2023).

Yerel üretim ile küresel pazarlama stratejilerinin dengeli biçimde yönetilerel entegre edilmesi, gıda güvenliğinin sürdürülebilir biçimde sağlanmasında kritik bir rol oynamaktadır. Gıda güvenliği, yalnızca üretim ve tüketim süreçleriyle sınırlı kalmayıp; çevresel, ekonomik, sosyal ve politik faktörlerin etkileşimiyle şekillenen çok boyutlu bir kavramdır. Bu nedenle, gıda güvenliği konusunun daha derinlemesine incelenmesi; hem halk sağlığı hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli sonuçlar doğuracak, aynı zamanda toplumsal sağlığın korunmasına anlamlı katkılar sağlamaktadır. (Taşcı ve Özer, 2019)

2.2.3. Su Ürünlerinde Hijyen

Gıda güvenliği, hijyen eksiklikleri nedeniyle ciddi tehlikelerle karşı karşıya kalabilmektedir. Gıda üretim süreçlerinde uygulanan yetersiz hijyen önlemleri, bakteri, virüs, parazit ve toksin gibi patojen mikroorganizmaların yayılmasına olanak tanıyarak halk sağlığını doğrudan tehdit edebilmektedir (Aydin ve ark., 2007; Aytıp ve ark., 2021; Aslan ve ark., 2023). Dünya genelinde gıda kaynaklı hastalıklar, önemli bir halk sağlığı sorunu olarak varlığını sürdürmekte; hijyen kurallarına uyulmaması durumunda ise ciddi salgınların ortaya çıkmasına neden olabilmektedir (Aydoğan ve Erol, 2023; Yüksel, 2024). Tüm risklere ve hijyenin önemine dair artan farkındalığa rağmen, gıda sektöründe hijyen eksiklikleri günümüzde hâlâ

yaygın bir sorun olarak varlığını korumaktadır. Bu durum, gıda güvenliğinin sağlanmasında sistematik ve sürdürülebilir hijyen uygulamalarının gerekliliğini bir kez daha ortaya koymaktadır.

Gıda üretim süreçlerinde hijyen standartlarının yeterince uygulanmaması, gıda kaynaklı hastalıkların yayılmasına zemin hazırlayabilmektedir. Bu tür eksiklikler; çoğunlukla personelin hijyen konusunda eğitimsiz olması, yetersiz sanitasyon uygulamaları ve hijyen kurallarına uygun olmayan depolama koşullarından kaynaklanmaktadır (Denk ve ark., 2023). Özellikle gıda üretim tesislerinde görev yapan personelin hijyen kurallarına yeterince riayet etmemesi, mikroorganizmaların gıdalara bulaşmasına neden olabilmektedir. Hijyen eğitimi almamış çalışanlar, el yıkama gibi temel uygulamalara dahi dikkat etmediklerinde, gıdalar kontaminasyona açık hale gelmektedir. Nitekim hijyen bilgisi yüksek olan personelin, gıda güvenliğini sağlama kapasitesinin daha yüksek olduğu önemle vurgulanmaktadır (Denk ve ark., 2023). Öte yandan, gıda üretiminde kullanılan ekipmanların ve üretim alanlarının düzenli olarak temizlenmemesi de önemli bir risk faktörü oluşturmaktadır. Üretim hatlarında biriken bakteri ve küfler, çapraz kontaminasyon yoluyla gıdalara geçerek tüketicilerde ciddi sağlık sorunlarına yol açabilmektedir. Bu nedenle, gıda güvenliğinin sağlanabilmesi için üretim alanlarının, makinelerin ve el aletlerinin belirli aralıklarla ve uygun yöntemlerle dezenfekte edilmesi büyük önem taşımaktadır (Çetinkaya ve ark., 2020).

Gıda güvenliğini tehdit eden hijyen eksikliklerinin en sık gözlemlendiği alanlardan biri, gıdaların saklanma ve depolanma süreçleridir. Uygun olmayan saklama koşulları, mikroorganizmaların hızla çoğalmasına olanak sağlayarak gıdaların bozulma sürecini hızlandırmaktadır (Yüksel, 2024). Gıdaların taşınması ve depolanması sırasında hijyen kurallarına uyulmaması, çapraz kontaminasyon riskini önemli ölçüde artırmaktadır. Özellikle çiğ gıdaların pişmiş gıdalarla aynı ortamda bulundurulması, mikroorganizmaların gıdalar arasında geçişine neden olarak halk sağlığını tehdit edebilmektedir (Aydoğan ve Erol, 2023). Bu nedenle, gıda depolama alanlarında uygun sıcaklık değerlerinin korunması ve hijyen standartlarının eksiksiz biçimde uygulanması büyük önem arz etmektedir.

Hijyen eksiklikleri yalnızca gıda üretim tesisleriyle sınırlı kalmamakta; restoran ve otel mutfakları gibi toplu tüketim alanlarında da yaygın biçimde gözlemlenmektedir. Bu tür ortamlarda hijyen kurallarına riayet edilmemesi, çok sayıda bireyin gıda kaynaklı hastalıklara maruz kalmasına yol açabilmektedir (Çakmak ve Sağcan, 2024). Restoran ve otel

mutfaklarında yeterli hijyen önlemlerinin alınmaması, hem çalışanların sağlığını olumsuz etkileyebilmekte hem de tüketicilere mikrobiyolojik açıdan risk taşıyan gıdaların sunulmasına neden olabilmektedir.

Gıda hazırlama süreçlerinde kullanılan kesme tahtaları, bıçaklar ve diğer mutfak ekipmanlarının düzenli olarak temizlenmemesi, çapraz kontaminasyon riskini önemli ölçüde artırmaktadır. Çalışanların el hijyenine yeterince özen göstermemesi ve gıda güvenliği standartlarına uygun koruyucu kıyafetleri kullanmaması da mikrobiyolojik bulaşma açısından kritik tehditler arasında yer almaktadır (Parlak, 2020). Bu tür hijyen eksikliklerinin önlenmesi için mutfak personelinin periyodik hijyen eğitimlerine tabi tutulması ve işletmelerde denetim sıklığının artırılması gerekmektedir.

Gıda güvenliği açısından hijyen eksikliklerinin giderilmesi, tüketici farkındalığının artırılmasıyla doğrudan ilişkilidir. Literatürde yer alan çalışmalar, tüketicilerin hijyen konusunda bilinç düzeyleri yükseldikçe, gıda tercihlerini hijyenik koşullarda üretildiği belgelenmiş ürünlere yönlendirdiklerini ortaya koymaktadır (Aslan ve ark., 2023). Özellikle son yıllarda, organik üretim ve hijyen sertifikalarına sahip ürünlere yönelik talepte belirgin bir artış gözlemlenmektedir. Bu bağlamda, halkın hijyen konusunda eğitilmesi ve bilinçlendirilmesi, gıda güvenliğinin sağlanmasında temel bir strateji olarak değerlendirilmektedir (Dalyan ve ark., 2023).

Gıda güvenliğinin sağlanabilmesi için hijyen eksikliklerinin sistematik biçimde giderilmesi temel bir gerekliliktir. Gıda işletmelerinin hijyen eğitimlerine öncelik vermesi, denetim mekanizmalarının etkinliğinin artırılması ve tüketici farkındalığının yükseltilmesi yoluyla hijyen standartlarının iyileştirilmesi mümkün hale gelebilir (Yüksel, 2024). Hijyen ile gıda güvenliği arasındaki güçlü ilişki; eğitim programları, uygulama protokolleri ve izleme-denetim sistemleri aracılığıyla pekiştirilmelidir (Toker ve Nergiz, 2023; Çetinkaya ve ark., 2020).

2.2.4. Su Ürünlerinin Hatalı Depolanması

Hatalı gıda depolama uygulamaları, gıda güvenliği açısından ciddi riskler oluşturmakta ve gıda kaynaklı hastalıkların yayılımını kolaylaştırmaktadır. Gıda güvenliğinin sürdürülebilir biçimde sağlanabilmesi için, gıda maddelerinin uygun sıcaklık ve nem koşullarında muhafaza edilmesi büyük önem taşımaktadır (Afriyie ve ark., 2022). Özellikle yüksek sıcaklık ve nem

gibi elverişsiz çevresel koşullarda gerçekleştirilen depolama işlemleri, mikrobiyolojik kontaminasyon riskini artırmakta ve dolayısıyla halk sağlığını tehdit etmektedir (Mensah ve ark., 2012).

Uygunsuz depolama koşulları, gıdalar üzerinde küf, maya ve bakterilerin üremesini kolaylaştırmakta; bu durum hem gıda israfına yol açmakta hem de tüketicilerde ciddi sağlık sorunlarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır (De ve Dey, 2022). Yetersiz depolama alanları, gıda ürünlerinin hijyenik bütünlüğü ve güvenliği üzerinde olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Özellikle gıda maddelerinin yeterince temiz olmayan ortamlarda muhafaza edilmesi ve çiğ ile pişmiş gıdaların ayrı alanlarda saklanmaması gibi uygulama hataları, sıkça rapor edilmektedir (Oladipo-Adekeye ve Tabit, 2021).

Ciddi düzeyde yetersiz depolama koşulları, özellikle düşük gelirli haneler açısından gıda güvenliği üzerinde belirgin tehditler oluşturmaktadır. Özellikle, çiğ ve pişmiş gıdaların aynı raflarda saklanması, çapraz kontaminasyon riskini artırmakta ve bu durumun çok sayıda insanın sağlığı üzerinde zararlı etkileri olabilmektedir (Cho ve ark., 2020). Yapılan araştırmalar, kalabalık hanelerde artan gıda talebinin, uygun depolama altyapısının eksikliğiyle birleştiğinde beslenme güvenliğini olumsuz etkilediğini göstermektedir (Afriyie ve ark., 2023).

Yanlış gıda depolama uygulamaları, hem bireylerin besin güvenliğini tehdit eden hem de halk sağlığına zarar veren önemli bir faktör olmaktadır. Gıda kaynaklı hastalıkların ve israfın önüne geçebilmek için gıda maddelerinin uygun sıcaklık, nem ve hijyen standartlarında depolanması sağlanmalıdır. Bu nedenle, gıda güvenliğinin sağlanması için etkili eğitim programlarının uygulanması, denetimlerin artırılması ve doğru depolama yöntemlerinin teşvik edilmesi elzemdir (Mensah ve ark., 2012; Codjoe ve ark., 2016). Özellikle gıda üreticileri, perakendeciler ve tüketicilerin bilinçlendirilmesi, hijyen standartlarının korunmasında kritik rol oynamaktadır.

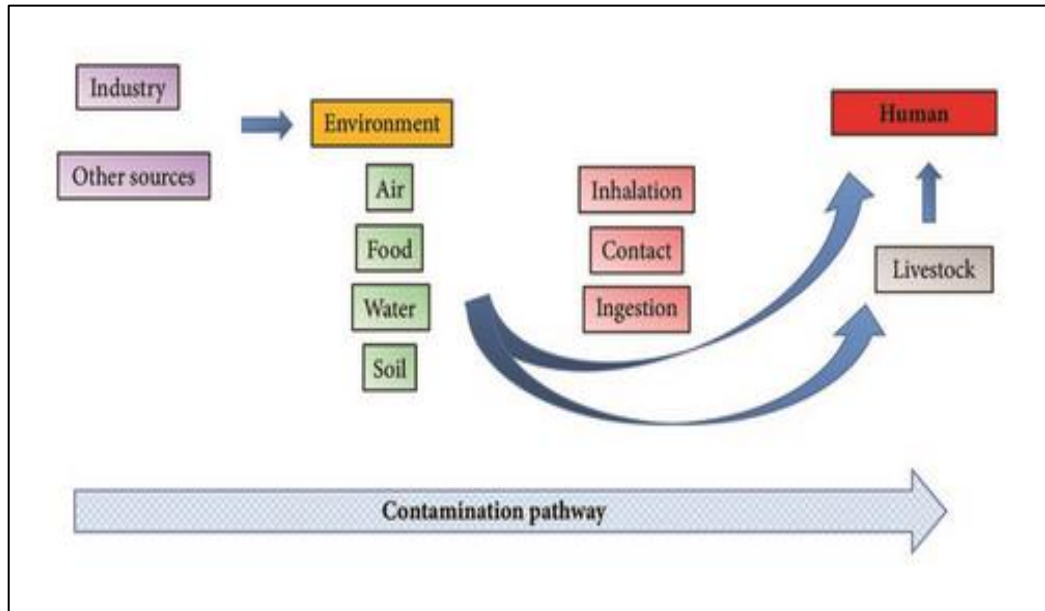
2.2.5. Toksik Kimyasal ve Kontaminantlar

Herhangi bir maddenin, doğal ortamının dışında bulunması ya da çevrede normal olarak gözlemlenen seviyelerin üzerinde bir konsantrasyona ulaşması durumunda, kirletici olarak nitelendirilmesi söz konusu olmaktadır. Kimyasal kirleticiler çevrede birikerek ekosistem üzerinde olumsuz etkiler oluşturmaları yanında canlı organizmalar için toksikolojik risk

seviyelerine ulaştıklarında da gerçek bir tehlike haline dönüşebilmektedir (Carpenter ve ark., 2002).

Günümüzde, insan sağlığı ve çevresel bütünlük açısından potansiyel olarak zararlı binlerce endüstriyel kimyasal tanımlanmıştır. Neyse ki, bu kimyasalların büyük bir kısmı, ciddi bir tehdit oluşturacak miktarlarda üretilmemektedir. Bununla birlikte, hem antropojenik (insan kaynaklı) hem de doğal kökenli birçok kimyasal madde, çevre ve halk sağlığı açısından risk oluşturabilecek düzeylerde üretilebilmekte ve çevreye salınabilmektedir. Bu nedenle, söz konusu kimyasalların üretimi, depolanması, taşınması ve bertarafı, ilgili devlet kurumları tarafından sıkı mevzuat çerçevesinde denetlenmektedir. Çevreye salınan kimyasal kirleticilerin kaynakları oldukça çeşitli olmakla birlikte, genellikle endüstriyel faaliyetler, tarımsal uygulamalar, evsel atıklar ve doğal süreçler gibi ana kategoriler altında sınıflandırılmaktadır (Bruksel ve Artiola, 2019).

Kimyasal kirlenme, günümüzde küresel düzeyde önemli bir gıda güvenliği sorunu olarak değerlendirilmektedir. İnsan tüketimine yönelik gıdaların çevresel ortamlarda maruz kaldığı potansiyel olarak toksik maddeler, hem inorganik hem de organik bileşikleri içermekte olup oldukça çeşitli kaynaklardan köken alabilmektedir. Söz konusu kirleticilerin çevrede izlediği yayılım yolları şematik olarak Şekil 2.1 'de gösterilmektedir.



Şekil 2.1: İnsan Gıdalarındaki Çevresel Kirleticilerin Kaynakları.

Tarımsal faaliyetlerde kullanılan pestisitler, gıda zincirine kontaminasyon yoluyla dahil olabilirken; hem insan hem de hayvan sağlığında kullanılan veteriner ve farmasötik preparatlar, su yolları aracılığıyla çevreyi kirleterek tüketiciler açısından toksikolojik risk oluşturabilmektedir (Leibson ve ark., 2018). Buna ek olarak, gıda ambalajlama sistemleri de kontaminasyon açısından kritik bir rol oynayabilmektedir. Ambalaj materyallerinden gıdaya geçebilen ve "göçmenler" olarak adlandırılan kimyasal bileşikler, gıda güvenliği açısından ilave bir tehlike kaynağı olmaktadır (Price ve ark., 2014). Bu tür kimyasal kirleticiler, akut veya kronik toksik etkilere yol açabilmekte olup toksisite düzeyi; maruziyet yolu, doz miktarı ve bireyin yaş, fizyolojik durumu gibi kişisel duyarlılık faktörlerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

Bireyin beslenme alışkanlıkları, kimyasal kirleticilere olan maruziyet düzeyini doğrudan etkilemektedir. Örneğin, emzirilen yenidoğanlar, maternal maruziyet yoluyla anne sütüne geçen yüksek konsantrasyonlardaki kirleticilere karşı duyarlı hale gelebilmektedir (Leibson ve ark., 2018). Maruziyetin yaşam evresine bağlı olarak değişkenlik göstermesi, toksikolojik etkilerin de farklılaşmasına neden olmaktadır. Nitekim, kalıcı organik kirleticilere (POPs) doğum öncesi dönemde maruz kalmanın, çocukluk çağında obezite gelişimi ve arteriyel kan basıncında artış gibi sağlık sorunlarıyla ilişkili olduğu bilimsel olarak ortaya konmuş olmaktadır (Vafeiadi ve ark., 2015).

Sebzeler, balıklar ve diğer deniz ürünleri gibi birçok gıda maddesi için insan sağlığına yönelik risk değerlendirme verileri mevcuttur (Mahmood ve Malik, 2014; Thompson ve ark., 2018). Bununla birlikte, kentsel tarım alanları ve bahçeler, özellikle ağır metaller gibi inorganik kirleticiler açısından ek toksikolojik riskler barındırabilmektedir (Stasinos ve ark., 2014). İçme suyu kaynakları da çeşitli kimyasal ajanlarla kontamine olabilmekte; hatta yağmur suyu da dahi ksenoöstrojenik bileşikler bulunabilmektedir (Thompson ve ark., 2018).

Su kirliliği, denizel biyota üzerinde birikimsel etkilere yol açarak deniz ürünlerinin gıda güvenliği açısından güvenilirliğini azaltabilmektedir. Bu bağlamda, yüksek oranda deniz ürünü tüketen bireyler, çevresel kirleticilere daha yüksek düzeyde maruz kalma riski taşımaktadır. Çoğu kimyasal kirletici için toksikolojik açıdan "tamamen güvenli" bir doz seviyesi belirlenememiştir. Bununla birlikte, birçok kirletici için düzenleyici otoriteler tarafından "kabul edilebilir günlük alım düzeyleri" (ADI) veya "referans dozlar" (RfD) hesaplanmış olup, bu eşik değerlerin altında toksisite belirtilerinin görülmemesi

beklenmektedir. Ancak, kirleticinin kimyasal yapısı, maruziyet dozu, biyoyararlanımı ve bireyin yaş, cinsiyet, genetik yatkınlık gibi fizyolojik özellikleri toksik etkilerin şiddetini ve türünü belirleyebilmektedir (Tunçelli ve Erkan, 2021)

Bazı kimyasal kirleticiler, özellikle uzun süreli ve düşük dozlu maruziyetlerde, kanserojenik etkilerle ilişkilendirilmektedir. Örneğin: Cilt kanseri, arsenikle kontamine içme suyuna kronik maruziyetle; Mide kanseri, kurşunla kirlenmiş gıdaların tüketimiyle; Karaciğer kanseri, civa ile kontamine tahılların uzun süreli tüketimiyle ilişkilendirilmektedir (Mahmood ve Malik, 2014; Thompson ve ark., 2018).

Gıda güvenliğini değerlendirmek amacıyla ulusal ve uluslararası düzeyde çeşitli izleme programları yürütülmektedir. Ancak bu programların, kontamine gıda ürünlerinin tamamen tüketiciye ulaşmasını engelleme kapasitesinin sınırlı olduğu unutulmamalıdır. Söz konusu izleme sistemleri, gıda ve içme suyu örneklerinde tespit edilen kontaminasyon düzeylerinin, ilgili düzenleyici otoriteler tarafından belirlenmiş olan güvenli kabul edilen sınır değerlerin altında olup olmadığını denetlemek amacıyla kullanılmaktadır. Bu çerçevede, birçok hükümet kurumu ve hükümet dışı organizasyon, insan tüketimine yönelik gıda ürünleri için kabul edilebilir kontaminasyon seviyelerini belirlemek üzere bilimsel temelli risk değerlendirme çalışmaları gerçekleştirmektedir (Codex Alimentarius, 2014). Bu değerlendirmeler, toksikolojik eşik değerlerin (örneğin ADI, TDI, BMDL) belirlenmesi ve maruziyet senaryolarının modellenmesi yoluyla yürütülmektedir.

Codex Alimentarius, gıdalardaki kimyasal kontaminantlara ilişkin maksimum izin verilebilir seviyeleri (ML) belirlemek amacıyla risk değerlendirmesi ve bilimsel kanıtlara dayalı uluslararası standartlar geliştiren bir referans sistemidir. Bu standartlar, gıda güvenliğini sağlamak ve uluslararası ticarete teknik engelleri azaltmak amacıyla oluşturulmuştur. Gıdalardaki Kirleticiler Kodeks Komitesi (CCCCF), bu alanda küresel bir forum olarak faaliyet göstermekte olup, kirleticilere ilişkin bilimsel verileri değerlendirmekte ve ML değerlerini önermektedir (Codex Alimentarius, 2014).

Kirleticilere yönelik toksikolojik risk değerlendirmeleri, Gıda Katkı Maddeleri Ortak FAO/WHO Uzman Komitesi (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives JECFA) tarafından yürütülmektedir. Bu değerlendirmeler doğrultusunda, kronik toksisite verilerine dayanarak geçici maksimum tolere edilebilir günlük alım miktarı (Provisional Maximum Tolerable Daily Intake, PMTDI) ve geçici tolere edilebilir haftalık alım miktarı

(Provisional Tolerable Weekly Intake, PTWI) gibi referans alım değerleri hesaplanmaktadır (WHO/JECFA, 1995; Herrman ve Younes, 1999).

Kimyasal kirleticilerin gıda ve içme suyu kaynaklarına ulaşma yollarını anlamak için öncelikle çevresel kaynaklarının analiz edilmesi gerekmektedir. Toprak özellikleri, antropojenik faaliyetler ve noktasal kirlilik kaynakları gibi faktörler, çevredeki metal ve metaloid birikimini doğrudan etkilemektedir. Özellikle madencilik faaliyetleri, arsenik ve civa gibi toksik elementlerin çevresel ortama salınmasına neden olabilmektedir. Söz konusu kirleticiler çevreye girdikten sonra, çeşitli biyolojik ve fizikokimyasal süreçler aracılığıyla gıda zincirine ve su kaynaklarına taşınmakta; maruziyet yoluna ve dozuna bağlı olarak değişken toksik etkilerle insan sağlığı açısından ciddi riskler oluşturabilmektedir. Civa, kurşun ve kadmiyum gibi metallerin başlıca kaynakları arasında el yapımı altın madenciliği, demir cevheri işletmeleri ve endüstriyel atıklar yer almaktadır (Xiao ve ark., 2017; Nouri ve Haddioui, 2016).

Endüstriyel bölgelerde, özellikle ağır metallerin neden olduğu yoğun çevresel kirlenme sıklıkla gözlemlenmektedir. Bu kirleticiler, toprak ve su vasıtasıyla tarımsal ürünlerini kontamine ederek gıda zincirinde birikimsel riskler oluşturabilmektedir. Bu kapsamda, Romanya’da yürütölen bir çalışmada kurşun, kadmiyum, bakır ve çinko elementlerinin tarım ürünlerinde birikim gösterdiği ve bazı örneklerde maksimum izin verilebilir seviyelerin (Maximum Level, ML) aşıldığı bildirilmektedir (Nedelescu ve ark., 2017). Diğer taraftan, küresel ölçekte ise metilciva, başta balıklar olmak üzere çeşitli deniz ürünlerinde yaygın olarak tespit edilmektedir (Fréry ve ark., 2001; Peng ve ark., 2016). Türkiye’de yapılan bir çalışmada balık dokularında bakır, demir, çinko ve manganez gibi elementlerin birikim gösterdiği ve bu durumun potansiyel bir gıda güvenliği sorunu oluşturduğu rapor edilmiştir (Fréry ve ark., 2001). Diğer bir çalışmada ise Sicilya (İtalya) menşeli balık örneklerinde çeşitli metal kontaminasyonları saptanmış olup bazı balık örneklerindeki metal düzeylerinin Avrupa Birliği tarafından belirlenen maksimum kalıntı seviyelerin (MRL) üzerinde olduğu bildirilmiştir (Peng ve ark., 2016).

Metallerin insan sağlığı üzerindeki potansiyel etkilerine dair daha güçlü kanıtlar, biyolojik örneklerin analizi yoluyla elde edilmektedir. Fransız Guyanası’nda gerçekleştirilen bir çalışmada, balık tüketimi açısından zengin bir diyetle ilişkili olarak insan saç örneklerinde civa ve monometilciva birikimi saptanmış olup, analiz edilen bireylerin %57’sinde civa

konsantrasyonlarının Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından belirlenen güvenlik sınırlarının üzerinde olduğu rapor edilmektedir (Fréry ve ark., 2001).

Fromme ve ark. (2009), Almanya’da insan popülasyonunun polibromlu difenil eterlere (PBDE’ler) maruziyet düzeylerini incelemektedir. Cruz, Cunha ve Casal (2015), deniz ürünlerinde bromlanmış alev geciktiricilerin toksikolojik güvenliğini değerlendirmektedir. Buck ve ark. (2011), çevresel ortamlarda perfloroalkil ve polifloroalkil maddelerin (PFAS) yayılımı ve kalıcılığına dair kapsamlı bir genel bakış sunmaktadır. Wu ve ark. (2012), Çin’in kıyı bölgelerinde elde edilen deniz ürünlerinde perflorlanmış bileşiklerin varlığını araştırmaktadır. Schuetze ve ark. (2010), Kuzey Almanya’daki yabani balık örneklerinde perflorlanmış kimyasalların birikimini değerlendirmektedir.

Modern toplum, giderek artan sayıda elektronik cihazla yüklenmekte ve bu durum, elektronik atıkların (e-atık) küresel ölçekte önemli bir çevresel sorun haline gelmesine neden olmaktadır. Bu cihazların uygun olmayan yöntemlerle işlenmesi özellikle eksik yanma gibi işlemler PBDE’ler, dioksinler ve furanlar (PCDD/F’ler), polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH’lar), poliklorlu bifeniller (PCB’ler) ve çeşitli metaller/metaloidler gibi toksik kirleticilerin çevreye salınmasına yol açmaktadır (Wong ve ark., 2007). E-atıklardan kaynaklanan bu kirleticiler, içme suyu ve gıda ürünlerine sızabilmekte; böylece hem çevresel hem de halk sağlığı açısından ikincil maruziyet risklerini artırmaktadır (Liu ve ark., 2009). Ayrıca, yüksek depolama sıcaklıkları ve gıda ile ambalaj materyalleri arasındaki uzun süreli temas gibi faktörler, ambalaj kaynaklı kimyasal migrasyonun artmasına ve daha yüksek kontaminasyon seviyeleriyle ilişkilendirilmesine neden olmaktadır. Bununla birlikte, Zare Jeddi ve ark. (2015) tarafından yürütülen sağlık risk değerlendirmeleri, bu tür ambalaj kaynaklı maruziyetlerin tüketiciler açısından düşük düzeyde risk oluşturduğunu göstermektedir.

2.2.6. Su Ürünlerinde Biyolojik Tehlikeler

Biyolojik tehlikeler, gıda güvenliği kapsamında iki temel gruba ayrılmaktadır. Birinci grup, gıda bileşiminde doğal olarak bulunan ve toksikolojik açıdan risk teşkil eden kimyasal bileşiklerden oluşmaktadır. İkinci grup ise, gıdalara dışsal yollarla bulaşarak uygun üretim, işleme veya muhafaza koşullarının sağlanmaması durumunda hızla çoğalabilen mikroorganizmaları kapsamaktadır. Söz konusu mikroorganizmalar arasında küfler,

parazitler, bakteriler, virüsler ve bunların ürettiği mikrobiyal toksinler yer almaktadır. Bu mikroorganizmalar, gıda kaynaklı zoonotik ve toksik enfeksiyonların başlıca etkenleri arasında yer almaktadır (CDC, 2011). Patojen mikroorganizmalarla kontamine olmuş gıdaların küçük miktarlarda tüketilmesi dahi, akut veya subakut düzeyde hastalık semptomlarının ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Bu bağlamda, gıda güvenliğini en ciddi şekilde tehdit eden mikroorganizmaların başında bakteriler yer almaktadır. Bakteriyel kontaminasyon, gıda zehirlenmelerinin en yaygın nedenlerinden biri olarak değerlendirilmektedir (Erkmen, 2010).

Su ürünleri kaynaklı patojenik mikroorganizmaların neden olduğu gıda güvenliği tehlikeleri, uzun yıllardır bilimsel olarak incelenmekte ve izlenmektedir. Tüberküloz ve salmonelloz gibi zoonotik enfeksiyonlara karşı ve söz konusu patojenlerin kontrol altına alınmasında pastörizasyon uygulamaları etkin bir koruyucu önlem olarak kullanılmaktadır. Diğer taraftan, *Cl. botulinum* etkenli botulizm riski, hermetik olarak kapatılmış konserve aracıyla ortaya çıkmakta; bu nedenle düşük asitli gıdalar için 100°C'nin üzerinde uygulanan ısı işlemi (sterilizasyon) ile mikrobiyal inaktivasyon sağlanmaktadır. Bu tür termal işlemler, spor oluşturan bakterilerin eliminasyonu açısından kritik önem taşımaktadır (Tosun ve Üçok, 2024; Kocatepe ve ark., 2013).

Gıda bilimi ve teknolojisinde yaşanan gelişmelere rağmen, gıda kaynaklı hastalıklar küresel düzeyde artış göstererek söz konusu hastalıklar ciddi halk sağlığı sorunlarına ve mortalite vakalarına yol açmaktadır. Özellikle de mikrobiyal patojenlerin çevresel yayılımı ve gıda zincirine entegrasyonu artış eğilimini sürdürmektedir (İlbeği, 2004). Bu durum, su ürünleri başta olmak üzere yüksek riskli gıda kategorilerinde hijyenik üretim, etkili muhafaza teknikleri ve mikrobiyolojik izleme protokollerinin uygulanmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Mikroorganizmaların neden olduğu halk sağlığı sorunları küresel ölçekte artış göstermektedir. Aynı zamanda, birçok patojen mikroorganizma antibiyotiklere karşı direnç geliştirmekte; bu durum, tedavi edilebilir enfeksiyonların komplikasyon riskini artırmaktadır. Örneğin, enterohemorajik *E. coli* O157:H7 suşu, kanlı ishal vakalarına neden olan önemli bir patojen olarak bilinmekte olup enfeksiyon kaynağının belirlenmesi ve duyarlı tespit yöntemlerinin geliştirilmesi uzun yıllar almıştır (İlbeği, 2004). Diğer taraftan, gıda kaynaklı hastalıkların etiolojisinde rol oynayan birçok mikroorganizma mevcuttur. Bunlar arasında *L.*

monocytogenes, *Cl. perfringens*, *C. jejuni*, *V. parahaemolyticus* ve *Y. enterocolitica* gibi patojenler ilk sıralarda yer almaktadır (WHO, 2008). Söz konusu mikroorganizmalar, düşük sayıda bile alındığında ciddi enfeksiyonlara yol açabilmekte; özellikle de immün sistemi zayıf bireylerde mortalite riski oluşturmaktadır. Bu bağlamda, ev dışı tüketim alışkanlıklarının yaygınlaşması, gıda üretiminden nihai tüketime kadar geçen sürecin uzaması, taze veya minimal düzeyde işlenmiş gıdalara olan talebin artması ve tüketim davranışlarındaki değişiklikler, mikrobiyal kontaminasyonun yayılımını hızlandırmaktadır (WHO, 2002). Bu durum, tüketicilerde satın alacakları gıdaların mikrobiyolojik açıdan güvenli olup olmadığına dair endişelerin artmasına neden olmaktadır (Pereira ve ark., 2006).

Gıda kaynaklı hastalıkların etiyolojisi oldukça geniştir. Bugüne kadar 250'den fazla patojen etken tanımlanmış olup, bunlar arasında *Salmonella* spp., *C. jejuni* ve *E. coli* O157:H7 gibi bakteriyel patojenler öne çıkmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri'nde 2009–2010 yılları arasında CDC'ye yapılan bildirimler doğrultusunda, toplamda 1527 gıda kaynaklı salgın rapor edilmiş; bu salgınlar sonucunda 29.444 hastalık vakası, 1184 hastaneye yatış ve 23 ölüm vakası gerçekleşmiştir. Laboratuvar analizleri yapılan 790 salgın vakasının %70'inin *Salmonella* spp. ve Norwalk virüsü kaynaklı olduğu bildirilmiştir (CDC, 2015).

E. coli (Enterobacteriaceae), genellikle sağlıklı insan ve hayvanların alt bağırsak sisteminde bulunan, gram-negatif, fakültatif anaerobik bir bakteridir. Normal bağırsak florasının bir parçası olarak yer almakta; ancak bazı *E. coli* suşları, çeşitli virülans faktörleri kazanarak insan ve hayvanlarda enfeksiyöz hastalıklara yol açabilmektedir. İnsan bağırsağını etkileyebilen en az altı kategori patojenik *E. coli* tanımlanmaktadır. Bunlar arasında en dikkat çekici olanı, Shiga toksini üreten *E. coli* suşlarıdır. Bu grup, verositozotoksin üreten *E. coli* (STEC veya VTEC) olarak da adlandırılmakta; alt gruplarından biri olan enterohemorajik *E. coli* (EHEC), kanlı ishal ve hemolitik üremik sendrom (HUS) ile karakterize edilen oldukça patojenik bir formdur. HUS akut böbrek yetmezliği, trombositopeni ve mikroanjiyopatik hemolitik anemi gibi ciddi klinik tablolarla seyretmektedir (ECDC ve EFSA, 2011).

2011 yılı öncesinde STEC serogrubu olan O104, ABD'deki ishal salgınları ve Avrupa ile Kore'deki sporadik vakalarla ilişkilendirilerek önemli bir STEC tipi olarak kabul edilmemektedir. Ancak, 2011 yılında O104 serogrubu kaynaklı yaşanan büyük çaplı salgınlar sonrasında, söz konusu serogrup, halk sağlığı açısından yüksek risk taşıyan bir patojen olarak sınıflandırılmaya başlanmıştır. Bu bilgiler, gıda kaynaklı *E. coli* enfeksiyonlarının izlenmesi,

serotiplendirilmesi ve kontrol stratejilerinin geliştirilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Özellikle STEC/EHEC suşlarının düşük dozda bile ciddi klinik tablolara yol açabilmesi, gıda güvenliği sistemlerinde hassas izleme ve hızlı tanı yöntemlerinin uygulanmasını zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda, su ürünleri üretiminde HACCP temelli kontrol noktalarının belirlenmesi, hijyenik tasarım ilkelerine uygun ekipman kullanımı ve proses sonrası mikrobiyolojik izleme protokollerinin uygulanması, STEC kaynaklı gıda zehirlenmelerinin önlenmesinde kritik rol oynamaktadır (ECDC ve EFSA, 2011; Baranzoni ve ark., 2014).

3. SU ÜRÜNLERİ KAYNAKLI PATOJEN MİKROORGANİZMALAR VE TÜKETİCİ SAĞLIĞI

Son yıllarda, insan beslenmesinde protein, esansiyel yağ asitleri ve mineraller açısından önemli bir yere sahip olan su ürünlerinin tüketiminde önemli düzeyde artış gözlemlenmektedir. Söz konusu ürünler besin öğeleri bakımından oldukça zengin olup dengeli beslenme açısından önemli katkılar sağlamaktadır. Ancak su ürünleri, özellikle biyolojik ve mikrobiyolojik olarak kontamine sularda avlandığında veya yetiştirildiğinde gıda güvenliğini tehdit ederek insan sağlığı açısından risk oluşturabilmektedir. Su ürünleri kaynaklı hastalıkların ortaya çıkışı, gıda zehirlenmesi vakalarına neden olabilmektedir. Bu tür zehirlenmelerde etkenler mikroorganizmalar, mikroorganizma toksinleri ve algal toksinler ve ağır metaller gibi toksik elementler olarak üç ana grupta sınıflandırılmaktadır (Zorba, 2010).

Patojen mikroorganizmalar veya vejetatif formlar ısıtma işlemleri ile inaktive edilebilmekte iken spor formlar ısıya dayanıklılık göstererek mikrobiyal toksinlerden kaynaklanan gıda zehirlenmeleri, küresel ölçekte halk sağlığını tehdide devam etmektedir. Bu noktada, gıdalar uygun koşullarda soğutulmadığında veya yeterli düzeyde ısıtılmadığında mikroorganizmalar yeniden çoğalabilmektedir (Forsythe, 2010).

Bakteri kaynaklı gıda zehirlenmelerinin yaklaşık %70'inin, Enterobacteriaceae familyasının üyelerinden, özellikle *Salmonella* serotipleri, enteropatojenik *E. coli* ve *Shigella* spp. ile Campylobacteraceae üyelerinden *C. jejuni* ve *C. coli* kaynaklı olduğu bildirilmektedir (Johnson, 2003). Ayrıca *Cl. perfringens* gibi bakteriler toksin enfeksiyonlara yol açmakta; *S. aureus* ve *B. cereus*'un ürettiği enterotoksinler ise gıda kaynaklı intoksikasyonlara neden olabilmektedir. Diğer potansiyel patojenler arasında *Vibrio* spp., *Streptococcus* spp. ve *L. monocytogenes* de yer almaktadır (Johnson, 2003).

Gıda kaynaklı mikrobiyal hastalıkların dünya genelindeki ekonomik kayıplarının yaklaşık 23 milyar ABD doları düzeyinde olduğu bildirilmektedir. CDC verilerine göre, 1996-2008 yılları arasında küresel ölçekte yaklaşık 76 milyon gıda kaynaklı mikrobiyal hastalık vakası rapor edilmiştir. Bu vakalardan 325.000'i hastaneye başvurmuş ve 5.000'i ölümle sonuçlanmıştır.

Yalnızca 2008 yılında, Amerika Birleşik Devletleri'nde 1.034 gıda zehirlenmesi vakası gözlemlenmiş olup, bu vakalardan etkilenen 23.152 hastanın 1.276'sı hastaneye yatırılmış ve 22 vaka ölümle sonuçlanmıştır (CDC, 2012).

Su ürünleri kaynaklı patojen mikroorganizmalar ve mikroorganizma toksinleri açısından, balıklarda bozulma süreci avlama esnasında başlamaktadır. Avlanan balık, avlanma bölgesinin kirlilik durumu, suyun mikrobiyolojik yükü, sıcaklık gibi çevresel faktörlere bağlı olarak çeşitli mikroorganizmalarla kontamine olabilmektedir. Balık, avlanma sezonu, avlama yöntemi, nakil ve saklama koşulları, işleme teknikleri ve tedarik zincirinin tüm aşamalarındaki hijyen uygulamalarından etkilenmektedir (Hussain ve Uddin, 1995; Jayasinghe ve Rajakaruna, 2005).

Avlanma işleminin ardından, balığın soğuk zincir kurallarına uygun şekilde taşınması, depolanması ve işlenmesi gerekmektedir. Aksi takdirde, patojen veya potansiyel patojen *L. monocytogenes*, *Vibrio* spp., *Salmonella* spp., *E. coli*, *Cl. perfringens* gibi mikroorganizmaların çoğalma riski artmakta ve bu durum gıda güvenliği ile halk sağlığını ciddi şekilde tehdit etmektedir (Diatek, 2021).

Soğuk muhafaza koşullarında (0°C), mikrobiyal aktivite yavaşlatılabilmekte ancak tamamen inhibe edilememektedir (Nollet ve Toldrá, 2010). Taze balıkların derisinde, solungaçlarında ve bağırsaklarında doğal olarak bulunan mikroorganizma cinsleri arasında *Alcaligenes*, *Achromobacter*, *Bacillus*, *Corynebacterium*, *Clostridium*, *Escherichia*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Proteus*, *Pseudomonas*, *Photobacterium*, *Serratia*, *Rhodotorula*, *Torulopsis* ve *Candida* yer almaktadır (Göktan, 1990; Gökoğlu, 2002).

Canlı ya da taze balıkların yüzeyinde ortalama 10^2 – 10^7 kob/cm², solungaç dokusunda 10^3 – 10^9 kob/g, bağırsak içeriğinde ise 10^4 – 10^{11} kob/g düzeyinde canlı mikroorganizma bulunabilmektedir. Mikrobiyolojik bozulma süreci ilerledikçe, toplam mikroorganizma yükü artmakta ve balığın doğal mikrobiyal florasında kompozisyonel değişiklikler meydana gelmektedir (Göktan, 1990).

Su ürünlerinden kaynaklanan gıda zehirlenmelerinde, çok sayıda balık ve kabuklu su ürünü türü rol oynamaktadır. Bu türler arasında tuna (*Thunnus* spp.), levrek (*Dicentrarchus labrax*), uskumru (*Scomber scombrus*), lapin (*Lethrinus* spp.), ringa balığı (*Clupea harengus*), kaya

balığı (*Sebastes* spp.), barakuda (*Sphyræna* spp.), yengeç, midye ve istiridye yer almaktadır (İşgöz ve Yücel, 1993).

Su ürünleri kaynaklı gıda zehirlenmelerinde etken olan başlıca mikroorganizmalar arasında *S. aureus*, *Salmonella* spp., *Cl. botulinum*, *V. parahaemolyticus*, *V. vulnificus*, *L. monocytogenes* ve *E. coli* yer almaktadır (FDA, 2012a). Bu patojenler, uygun olmayan muhafaza koşulları ve soğuk zincir kırılmaları sonucunda hızla çoğalabilmekte ve halk sağlığı açısından ciddi risk oluşturmaktadır.

E. coli, gram-negatif özellik gösteren, $1,1-1,5 \times 2,0-6,0$ µm boyutlarında çomak biçimli, spor oluşturmeyen ve genellikle hareketli bir bakteridir. Fakültatif anaerobik metabolizmaya sahip olmakla birlikte, hareketsiz suşları da bulunmaktadır. Bu bakterinin yüzeyinde somatik O, flagellar H, kapsüler K ve fimbrial (pilus) antijenler yer almaktadır. Pilus antijenleri, hemagglütinasyon özelliğini belirlemekte olup özellikle enteropatojenik *E. coli* (EPEC) suşlarında görülmektedir. *E. coli*'nin patojenitesinde toksin üretimi önemli rol oynamaktadır. Enterotoksin üreten suşlar ETEC (*Enterotoksijenik E. coli*) olarak, toksin üretmeyenler ise NETEC (*Non-Enterotoksijenik E. coli*) olarak adlandırılmaktadır. Enterotoksinler, ısıya dayanıklı (stabil) ve ısıya duyarlı (labil) toksinler olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır. *E. coli*, çevresel ve kimyasal koşullara karşı oldukça dirençli bulunmaktadır. Su, dışkı ve hayvan barınakları gibi doğal ortamlarda aylarca canlı kalabilmektedir. Yetersiz hijyen koşulları, stres faktörleri, ani iklim değişiklikleri ve beslenme bozuklukları enfeksiyon için uygun zemin hazırlamaktadır. Bulaşık yem ve su gibi materyaller, enfeksiyonun yayılımında kritik rol oynamaktadır (Omerovic ve ark., 2017).

Salmonella spp., gıda kaynaklı zehirlenmelerde en sık rapor edilen bakteriyel etkenler arasında yer almaktadır. Etken 2.300'ün üzerinde serotipe sahip olup, bunlar arasında *S. Enteritidis* ve *S. Typhimurium* en yaygın olarak izole edilen türler arasındadır. Salmonellalar optimum olarak pH 7,4'te ve 20–42°C sıcaklık aralığında gelişmektedir. Hücre morfolojileri 2–5 µm boyunda, 0,7–1,5 µm eninde, spor oluşturmeyen ve kapsülsüz basiller şeklindedir. *S. pullorum* ve *S. gallinarum* türleri haricindeki serotipler hareketlidir. Genel besiyerlerinde kolaylıkla üreyebilmekte, 37°C'de 24–48 saat içerisinde küçük, yuvarlak ve S tipi koloniler oluşturmaktadırlar (Aytop ve ark., 2021).

Salmonella spp., endotoksin, enterotoksin ve sitotoksin sentezlemektedir. *Salmonella* spesifik O-1 fajı, identifikasyon amacıyla güvenle kullanılabilir. Bu bakteriler ısıya dayanıklı

olmayıp, 55 °C’de 20 dakika içerisinde inaktive olmaktadır. Öte yandan, düşük sıcaklıklara karşı belirli düzeyde direnç gösterebilmekte ve antiseptik ile antibiyotiklere duyarlı özellik sergilemektedir (Halkman, 2023).

Salmonella türlerinin genel bulaşma şekli, sindirim kanalı aracılığıyla gerçekleşmektedir. Abort materyalleri, dışkı veya bunlarla kontamine olmuş yem ve diğer gıda maddeleri, bulaşmada temel kaynaklar arasında yer almaktadır. *S. pullorum* veya *S. gallinarum* enfeksiyonlarında vertikal (transovaryal) bulaşma da söz konusu olabilmektedir. Salmonellozis, *Salmonella* kaynaklı enfeksiyonların genel adını ifade etmektedir. İnsanlarda *Salmonella* enfeksiyonları asemptomatik seyredebilmekte, ancak olguların büyük bölümünde diyare, abdominal kramplar ve ateş gibi klinik belirtiler, kontamine gıdanın tüketilmesinden sonraki 8–72 saat içerisinde ortaya çıkmaktadır. Semptomların çoğu genellikle 4 ila 7 gün içerisinde kendiliğinden kaybolmaktadır. Enfeksiyonların başlıca kaynağını, çiğ veya yeterince pişirilmemiş gıdalar oluşturmaktadır. CDC (2012a) verilerine göre, Amerika Birleşik Devletleri’nde *Salmonella* kaynaklı gıda zehirlenmeleri yılda yaklaşık 1,4 milyon vaka ile ilişkilendirilmekte olup her yıl 400’den fazla ölüm vakası meydana gelmektedir.

Salmonella spp. ile kontamine olmuş şehir kanalizasyonlarının denize veya kıyı sularına boşaltılması, bu bölgelerde yaşayan midye ve istiridyelerin de kontamine olmasına neden olmaktadır. Bu şekilde kontamine olan midye ve istiridyeler yeterli ısı işlem uygulanmadan tüketildiğinde, *Salmonella* suşları bu ürünler aracılığıyla insanlara bulaşabilmektedir. Diğer taraftan, balık etinin iç (merkez) sıcaklığının 62,8°C’ye ulaştırılarak pişirilmesi, salmonellozisin önlenmesi için yeterli bir ısı işlem olarak bildirilmektedir (USDA, 2012).

Cl. perfringens, anaerobik yaşam süren, gram-pozitif, spor oluşturan ve çubuk biçiminde bir bakteridir. Mikroskop altında genellikle tekli veya ikili hücreler hâlinde görülmekte, nadiren kısa zincirler oluşturmaktadır. Sporları, hücrenin uç kısmında (terminal) veya hemen önünde (subterminal) yer alabilmektedir. Hareket yeteneği bulunmayan bu bakteri, kapsül üretmekte ve jelatini hidrolize edebilmektedir. Bakteri, pH aralığı 5,5–8,0 arasında gelişme gösterebilmekte; enterotoksin üretimi açısından optimum pH değeri 6,5–7,3 olarak bildirilmektedir. *Cl. perfringens*, 15–50°C arasında çoğalabilmekte; üreme için ideal sıcaklık aralığı 37–47°C’dir. Spor oluşumu ve toksin üretimi için en uygun sıcaklık 37°C olarak belirlenmiştir. Su aktivitesi 0,995’in altına düştüğünde gelişme hızı azalmaktadır (Collins ve ark., 1998).

Cl. perfringens, sülfiti indirgeme özelliğine sahip tek *Clostridium* türü olarak bilinmektedir. Bu nedenle, gıda endüstrisinde “sülfite indirgeyen *Clostridium*” ifadesi çoğunlukla bu türü tanımlamak amacıyla kullanılmaktadır. Ayrıca, nitratları nitrite dönüştürmekte ve süt ortamında gazlı fermentasyon oluşturmaktadır (Halkman, 2023; Terzi, 2024).

Cl. perfringens'in neden olduğu sağlık sorunları, “gıda zehirlenmesi”, “gıda kaynaklı enfeksiyon” veya “enfeksiyon tipi gıda zehirlenmesi” gibi farklı terimlerle tanımlanmaktadır. Bu terminolojik çeşitlilik, toksin üretim mekanizmasının *S. aureus* ve *Cl. botulinum*'dan farklılık göstermesinden kaynaklanmaktadır. Hastalık genellikle hafif seyretmekte ve tıbbi müdahale gerektirmeden kısa sürede iyileşmektedir. Zehirlenme vakaları çoğunlukla, büyük topluluklara yemek hizmeti sunan kurumlarda görülmektedir. Yetersiz pişirme, uygun olmayan soğutma ve tekrar ısıtma gibi işlemler, bakterinin üremesi için uygun koşullar oluşturmaktadır (Halkman, 2023).

Cl. perfringens, insan ve hayvanların bağırsak florasında doğal olarak bulunmaktadır. Bu bakterinin varlığı, çoğu zaman fekal kontaminasyonun bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Doğada oldukça yaygın olarak bulunan *Cl. perfringens*; toprak, toz, hava, su, kanalizasyon, dışkı ve çeşitli gıda maddelerinde tespit edilebilmektedir. Hijyen kurallarına dikkat etmeyen ve toplu yemek tüketen bireylerin bağırsak florasında bu bakterinin bulunma sıklığı artış göstermektedir. *Cl. perfringens*'in neden olduğu gıda zehirlenmesi, genellikle karın ağrısı ve ishal ile kendini göstermektedir. Bağışıklık sistemi zayıf bireylerde halsizlik de gözlemlenebilmektedir. Toksin üreten suşların bulunduğu gıdaların tüketilmesini takiben belirtiler, çoğunlukla 8–22 saat içerisinde ortaya çıkmakta ve vakaların büyük çoğunluğunda 24 saat içinde kendiliğinden sona ermektedir. Bununla birlikte, bazı olgularda hastalık daha şiddetli seyredebilmekte ve 1–2 hafta sürebilmektedir. Nadir de olsa, ağır dehidrasyon vakalarında ölüm bildirimleri yapılmaktadır (Halkman, 2023; Diatek, 2024).

Sülfite indirgeyen bakteriler, sucul ortamlarda yaygın olarak bulunan ve kükürt döngüsünde kritik rol oynamakta olan mikroorganizmalardır. Bu bakteriler, sülfite iyonunu (SO_3^{2-}) sülfat iyonuna (SO_4^{2-}) indirgerken enerji üretmektedir. Gerçekleşen bu biyokimyasal süreç, hem ekosistem sağlığı hem de endüstriyel uygulamalar açısından büyük önem arz etmektedir (Diatek, 2023).

S. aureus Micrococcaceae familyasına ait *Staphylococcus* türleri, gram-pozitif, 0,5–1,5 µm çapında, kok morfolojisine sahip, spor oluşturmeyen, hareketsiz, katalaz pozitif ve fakültatif anaerob bakteriler olarak tanımlanmaktadır. Grup içerisindeki en önemli tür, koagülaz pozitif ve termostabil nükleaz pozitif özellik gösteren *S. aureus*'tur.

Koagülaz pozitif *S. aureus* suşları, el ile işleme tabi tutulan balık ve kabuklu deniz ürünlerinden izole edilmektedir. Su ürünleri, nakliyat ve depolama süreçlerinde uygun olmayan koşullara maruz kaldığında *S. aureus* bu ürünlerde çoğalmakta ve enterotoksin üretmektedir. Bu bağlamda *S. aureus*, gıda kaynaklı zehirlenmelerin en yaygın tiplerinden birine neden olmaktadır. Canlı konaklar, stafilokokları deri, burun boşluğu ve açık yaralarında taşıyabilmektedir. Bakteri ısı ile işleme kolayca inaktive edilmekte, ancak ürettiği enterotoksinler ısıya karşı dirençli özellik göstermektedir. Bununla birlikte, bir deniz ürününde *S. aureus* varlığının tespit edilmesi, her zaman enterotoksin varlığına işaret etmemektedir (Küçükçetin ve Milci, 2007).

S. aureus, başta ısı ile işlem olmak üzere mikroorganizma yükünü azaltmaya yönelik tüm uygulamalara karşı duyarlılık göstermesine rağmen, insanlarda hastalığa neden olabilen ve belirli sıcaklık derecelerinde ısı stabilitesi gösteren beş tip enterotoksin üretmektedir (Akçelik ve ark., 2000). Stafilokoksal gıda zehirlenmesi, esasen gastrointestinal sistem kaynaklı bir rahatsızlık olup, *S. aureus* tarafından üretilen toksinlerle kontamine gıdaların tüketilmesinden kaynaklanmaktadır (CDC, 2012b).

Genellikle gıdalara, insan kaynaklı çapraz kontaminasyon yoluyla bulaşmakta olan *S. aureus*, uygun olmayan depolama veya işleme koşullarında çoğalarak enterotoksin oluşturabilmektedir. Kontamine gıdada 1 µg'dan daha az miktardaki toksin, stafilokoksal zehirlenme semptomlarının ortaya çıkması için yeterli olmaktadır. Tüketilen gıdadaki *S. aureus* popülasyonu 100.000 kob/g düzeyine ulaştığında, toksin konsantrasyonu tehlikeli seviyelere erişmektedir (FDA, 2012b). Semptomlar genellikle kontamine gıdanın tüketilmesinden yaklaşık 6 saat sonra ortaya çıkmakta; bulantı, kusma, mide krampları ve ishal gibi klinik belirtiler gözlenmektedir. Hastalık çoğunlukla hafif seyretmekte ve olguların büyük çoğunluğunda, klinik durum 3 gün içerisinde kendiliğinden düzeltilmektedir (CDC, 2012b).

Maya ve Küflerin Gıda Güvenliği Açısından Önemi

Funguslar, hücresel yapı, morfolojik boyutlar ve metabolik özellikler bakımından bakterilerden belirgin şekilde ayrılmaktadır. Doğada yaygın olarak bulunan bu mikroorganizmalar, temel olarak küfler ve mayalar olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Küfler, çok hücreli organizmalar olup miselyum oluşturan yapılar sergilemekte; mayalar ise genellikle tek hücreli yapıda ve miselyum oluşturmamaktadır. Bazı maya ve küf türleri, gıda endüstrisinde yararlı mikroorganizmalar olarak kullanılmakta iken; çoğu tür ise kontaminant olarak değerlendirilmektedir. Saprofit özellik gösteren bu mikroorganizmalar, gıdaların bozulmasına, istenmeyen tat ve doku değişimlerine neden olmakta ve üretim sürecini olumsuz yönde etkilemektedir (Darwish ve ark., 2018).

Maya ve küfler, geniş bir pH aralığında (2,0–9,0), orta düzey sıcaklıklarda (10–35 °C) ve yüksek su aktivitesine sahip ortamlarda ($a_w \geq 0,85$) gelişme gösterebilmektedir. Özellikle yüksek tuz ve şeker içeriğine sahip gıdalarda kolaylıkla çoğalabilmekte; besin kaynağı olarak kompleks karbonhidratlar, organik asitler, proteinler ve lipitleri kullanabilmektedirler. Bozulmaya neden olan maya ve küfler, gıdalarda acı tat, kötü koku, gaz oluşumu ve gözenekli yapı gibi fiziksel ve duyuşsal bozukluklara yol açabilmektedir. Ayrıca bazı küf türleri, mikotoksin adı verilen toksik metabolitleri üreterek gıdayı tüketen bireylerde ciddi zehirlenmelere, hatta ölüme neden olabilmektedir (Darwish ve ark., 2014). Bunun yanı sıra, bazı maya ve küf türleri fırsatçı enfeksiyon etkeni olarak da rol oynayabilmektedir.

4. SU ÜRÜNLERİNDE AĞIR METALLERİN ÖNEMİ VE TÜKETİCİ SAĞLIĞI

Su ürünleri, yüksek besin değerleri ve sağlıklı protein kaynakları olmalarının yanı sıra, çevresel kontaminasyonlara karşı oldukça hassas gıda gruplarını oluşturmaktadır. Özellikle deniz ve iç su kaynaklarının endüstriyel atıklar, tarımsal kimyasallar ve madencilik faaliyetleri ile kirlenmesi, bu ürünlerde ağır metal birikimine yol açabilmektedir. Bu durum, hem insan sağlığı hem de ulusal ve uluslararası ihracat standartları açısından ciddi riskler teşkil etmektedir (Kim ve ark., 2013).

Balıklar, çevresel ortamdaki ağır metalleri solungaçlar, besinler ve deri yüzeyleri olmak üzere başlıca üç yolla bünyelerine almaktadır. Ağır metaller, vücuda girdikten sonra taşıyıcı proteinlere bağlanmakta ve dolaşım sistemi aracılığıyla dokulara ile organlara taşınmaktadır. Özellikle metal bağlayıcı proteinler (ör. metallothioneinler) sayesinde dokularda yüksek konsantrasyonlara ulaşabilmektedir. Bazı ağır metaller, düşük miktarlarda metabolik süreçler için elzem olmakla birlikte, yüksek konsantrasyonlara ulaştıklarında ciddi sağlık sorunlarına ve hatta mortaliteye yol açabilmektedir. Bu toksik etkiler, çoğunlukla ağır metallerin lipid metabolizmasına veya protein yapılarındaki fonksiyonel gruplara bağlanarak organizmada biyokümülatif şekilde birikmesinden kaynaklanmaktadır (Kohrman ve Chamberlain, 2014).

Ağır metallerin vücutta birikme eğilimi; alınan miktara, maruz kalma süresine, kimyasal formuna ve bireyin metabolik özelliklerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Özellikle karaciğer, böbrek ve kemik dokusu gibi organ ve dokular, bu metallerin depolandığı başlıca bölgeler arasında yer almaktadır. Karaciğer, yüksek metabolik aktivitesi ve detoksifikasyon işlevi nedeniyle ağır metal metabolizmasında kritik rol üstlenmektedir (Yerli ve ark., 2020).

Element Bazlı Etkiler

- Civa (Hg): Özellikle büyük boyutlu ve uzun ömürlü balık türlerinde biyokümülatif olarak birikmektedir. Nörotoksik etkileri nedeniyle gebeler ve çocuklar için yüksek risk taşımaktadır.
- Kurşun (Pb): Sinir sistemi, böbrek ve kemik sağlığı üzerinde olumsuz etkiler göstermektedir.
- Kadmiyum (Cd): Böbrek hasarı, kemik demineralizasyonu (osteoporoz) ve belirli kanser türleri ile ilişkilendirilmektedir.
- Arsenik (As): Organik formları nispeten daha düşük toksisiteye sahip olmakla birlikte, inorganik arsenik ciddi zehirlenmelere ve karsinojenik etkilere yol açabilmektedir (Yerli ve ark., 2020).

Vücuda alınan ağır metaller, genellikle taşıyıcı proteinlere (ör. metallothioneinler, transferrin) bağlanarak karaciğer, böbrek ve kas dokusu gibi organlara yönlendirilmektedir. Karaciğer, bu metallerin biyotransformasyon ve detoksifikasyon merkezini oluşturmaktadır. Söz konusu dağılım, balığın metabolik aktivitesi yüksek olan organlarında daha yüksek düzeyde depolama eğilimi göstermesi ile ilişkilendirilmektedir (Kargın ve Erdem, 1992). Karaciğerin bu süreçte

öne çıkmasının temel nedeni, hem metabolik olarak yüksek aktiviteye sahip olması hem de detoksifikasyon görevini üstlenmesidir (Timoçin, 2008). Ağır metallerin bir kısmı karaciğerde depolanmakta, bir kısmı ise safra yoluyla atılmakta veya böbrekler aracılığıyla dışarı atılmak üzere tekrar dolaşım sistemine verilmektedir.

Balıkların boşaltım sistemleri türler arasında farklılık göstermektedir. Bu nedenle bazı türlerde ağır metaller yeterli düzeyde elimine edilememekte, bu durumda metaller yapısal değişimlere uğrayarak karaciğer ve böbreklerde birikmekte ve toksik etkiler oluşturmaktadır. Ağır metaller, sucul organizmalar tarafından emilmekte ve dokularında biyokümülatif olarak birikmektedir. Bu birikim, trofik zincir boyunca biyomagnifikasyon ile daha büyük ve yırtıcı türlere, oradan da insanlara kadar ulaşabilmektedir. Özellikle biyobirikim özelliği yüksek olan civa, *Huso huso* (Beluga mersin balığı) gibi uzun ömürlü türlerde yüksek konsantrasyonlara ulaşabilmektedir (Fidan ve Taşçı, 2024).

Sonuç olarak, ağır metallerin insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinin değerlendirilmesinde yalnızca tek element düzeyleri değil, aynı zamanda elementler arası etkileşimler, maruziyet süresi, bireysel fizyolojik farklılıklar ve biyoyararlanım gibi faktörler de dikkate alınmaktadır (Lee ve ark., 2014).

Ağır Metal Analiz Yöntemleri

Su ürünlerinde ağır metal analizi, gıda güvenliğinin sağlanması açısından zorunlu bir uygulama olarak yürütülmektedir. Bu kapsamda, çeşitli analitik yöntemler kullanılmaktadır. En yaygın olarak başvuru teknikler aşağıda açıklanmaktadır:

ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry): çok düşük konsantrasyonlardaki (ppt–ppb düzeyinde) metal ve bazı ametal elementlerin tespiti için kullanılan yüksek hassasiyetli bir analiz yöntemidir. Bu teknik, örneğin önce argon plazması ile iyonlaştırılması, ardından iyonların kütle/yük oranlarına göre ayrıştırılması ve dedektör aracılığıyla ölçülmesi prensibine dayanır. Yüksek duyarlılık ve çok elementli analiz kapasitesi nedeniyle özellikle toksik elementlerin iz seviyedeki tespitinde tercih edilmektedir.

AAS (Atomik Absorpsiyon Spektrometresi): Kurşun (Pb), kadmiyum (Cd) gibi ağır metallerin kantitatif analizinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Tek element odaklı çalışmalarda, spesifik dalga boylarında yüksek doğruluk sağlamaktadır.

ISO 17294-2, NMKL 186, 2007 ve AOAC 999.11: Uluslararası geçerliliğe sahip, standardizasyonu sağlanmış analiz protokollerini oluşturmaktadır. Bu protokoller, metot tekrarlanabilirliği ve doğruluğu açısından küresel kabul görmekte ve karşılaştırılabilir veri üretimini mümkün kılmaktadır.

Gıdalarda Bazı Ağır Metal Yasal Limitleri ile Regülasyonlar

Codex Alimentarius ve Avrupa Birliği Regülasyonları (*EC No 1881/2006*), ağır metaller için maksimum kalıntı limitlerini (MRL) belirlemektedir. Bu limitler, tüketici sağlığının korunması ve uluslararası ticarete güvenilirliğin sağlanması amacıyla uygulanmaktadır.

Türkiye Türk Gıda Kodeksi, ağır metaller için spesifik sınır değerler öngörmektedir. Örneğin, civa (Hg) için 0,5 mg/kg; kurşun (Pb) için 0,3 mg/kg maksimum kalıntı limiti belirlenmektedir.

İhracat Denetimleri, özellikle Japonya, Avrupa Birliği ve Amerika Birleşik Devletleri gibi pazarlarda ağır metal kontaminasyonunun kritik kontrol kriteri olarak değerlendirildiğini göstermektedir. Bu nedenle, ihracata konu su ürünlerinin söz konusu pazarlara girişinde, ağır metal içeriklerinin ilgili regülasyon limitlerine uygunluğu zorunlu tutulmaktadır.

5. DELİKATES GIDALAR VE HAVYAR

“Delicatessen” kavramı, Avrupa’da farklı kültürel bağlamlarda çeşitli terimlerle ifade edilmektedir. Cambridge Sözlüğü’nde “delicatessen” terimi Türkçeye “şarküteri,delikat ve s.” olarak çevrilmekte ve aşağıdaki tanımlarla açıklanmaktadır (Anonim, 2025). Diğer taraftan, Almanca konuşulan ülkelerde “Feinkost” (nitelikli lezzetler) olarak adlandırılmakta; Fransız mutfağında “épicerie fine” terimiyle tanımlanmakta; İtalyan gastronomisinde ise “gastronomia” veya daha spesifik olarak “salumeria” ifadeleriyle karşılık bulmaktadır (Bronzi ve Rosenthal, 2014).

Geleneksel olarak şarküteri, egzotik, ithal veya gurme nitelikli hazır gıda ürünlerinin satışa sunulduğu özel gıda perakende noktası olarak tanımlanmaktadır. Bu tür işletmeler, ilk olarak 18. yüzyılda Almanya’da “Delicatessen” adıyla ortaya çıkmış; 19. yüzyılın ortalarında ise Amerika Birleşik Devletleri’ne yayılım göstermiştir. Özellikle Aşkenazi Yahudi topluluklarının göç hareketleriyle birlikte, delicatessen kültürü ABD’de yaygınlaşmış ve 19. yüzyılın sonlarından itibaren Amerikan şehir kültürünün bir parçası hâline gelmiştir. Günümüzde, Delikates kavramı, hem gastronomik çeşitliliği hem de kültürel aktarımı temsil eden bir gıda perakendeciliği modeli olarak değerlendirilmektedir (Özden, Varlık ve Erkan, 2018).

“Delicatessen” (delikat) gıdalar, genellikle yüksek kaliteli, özenle formüle edilmiş ve çoğunlukla ithal ya da yerel özel üretim süreçleriyle elde edilen ürünleri ifade etmektedir. Bu ürünler arasında çeşitli peynir türleri, çeşitli havyar türleri, kuru et ürünleri, salam, pastırma, zeytin çeşitleri, marine edilmiş sebzeler, özel soslar ve fırıncılık ürünleri gibi gurme nitelikli gıdalar yer almaktadır. Delikates ürünleri, hem perakende satış noktalarında hem de restoran ve kafe gibi hazır tüketim alanlarında sunulmaktadır (Bronzi ve ark., 2019).

Delikates gıdalar, özellikle gurme mutfak kültürüne ilgi duyan tüketici grupları için cazip seçenekler sunmaktadır. Bu ürünler, hem günlük tüketim pratiklerinde hem de özel davet ve organizasyonlarda sofraları zenginleştiren lezzet unsurları olarak tercih edilmektedir. Ayrıca, sağlıklı ve doğal beslenme eğilimleri doğrultusunda, katkı maddesi içermeyen ve geleneksel

Üretim teknikleriyle hazırlanmış delikates ürünler, bilinçli tüketiciler açısından önemli bir alternatif oluşturmaktadır (Tavakoli ve ark., 2021).

Bu baēlamda, delikates gıdaların üretiminde hijyenik tasarım ilkeleri, gıda gvenliēi standartları ve HACCP temelli kontrol mekanizmalarının uygulanması, hem ürün kalitesinin srdrlebilirliēi hem de tüketicisi saēlıēının korunması açısından kritik önem arz etmektedir.

Havyar, küresel düzeyde “delikat gıda ürünleri” kategorisinde sınıflandırılmakta ve nadir bulunan, yüksek deēerli özel lezzetlerden biri olarak kabul edilmektedir. Bu terim, özellikle mersin balıēı (*Acipenseridae*) familyasına ait türlerin işlenmiş yumurtalarını tanımlamak amacıyla kullanılmaktadır. Mersin balıēı türlerinden elde edilen havyar, hem gastronomik hem de ekonomik açıdan yüksek prestije sahip bir ürün olarak deēerlendirilmektedir. Etimolojik olarak “havyar” terimi, Farsça “Mahi Khaviari” ifadesinden türemekte olup, “yumurta üreten balık” anlamına gelmektedir (Tavakoli ve ark., 2021). Bu tanım, özellikle mersin balıēı (*Acipenseridae*) familyasına ait türlerin yumurtalarını ifade etmektedir.

Tarihsel olarak havyar, kökeni Rus ve Pers imparatorluklarına dayanan, aristokratik sofralarda yer bulan ve “imparatorların yiyeceēi” olarak anılan bir gıda olarak tanımlanmaktadır. İlave olarak özellikle Osmanlı saray mutfaēında sabah kahvaltılarında prestijli bir gıda ēesi olarak yer almaktadır. Bu baēlamda havyar, hem kültürel hem de gastronomik açıdan prestijli bir statüye sahip rafine damak zevkine hitap eden bir ürün olarak deēerlendirilmektedir (Vasconi ve ark., 2020).

Günümüzde ise havyar, kokteyl sunumlarında, tereyaēlı kızarmış ekmek üzerinde veya haşlanmış yumurtaların üzerine sos olarak eklenerek servis edilmektedir. Ayrıca spaghetti, risotto ve salata gibi gastronomik sunumlarda da kullanılmakta; bu yönüyle lüks sofraların vazgeçilmez bileşenlerinden biri hâline gelmektedir. Havyarın bu çok yönlü kullanım alanı, hem geleneksel mutfaklarda hem de aēdař gastronomi pratiklerinde deēerini korumaktadır (zden ve ark., 2018).

Zaman içerisinde, farklı balık türlerinden elde edilen işlenmiş yumurtaların da gıda piyasasında yer bulmasıyla birlikte, bu ürünler genellikle balık türünün adıyla birlikte “havyar” şeklinde adlandırılmaktadır. rneēin, “somon havyarı” (*Salmo salar*) veya “lumpfish havyarı” (*Cyclopterus lumpus*) gibi ifadeler, tür bazlı sınıflandırma yaklaşımını yansıtmaktadır. Bu tür

adlandırmalar, ürünün biyolojik kökenini ve gastronomik profilini ayırt edici biçimde tanımlamaktadır (Fidan ve Taşçı., 2024).

Buna karşılık, yalnızca “havyar” ifadesi kullanıldığında, bu tanım uluslararası gıda terminolojisine göre yalnızca mersin balığı türlerinden elde edilen işlenmiş yumurtaları kapsamaktadır. Bu ayrım, hem ticari sınıflandırma hem de gıda mevzuatı açısından önem arz etmektedir. Özellikle Codex Alimentarius ve Avrupa Birliği gıda regülasyonlarında, “havyar” teriminin kullanımı türsel özgünlükle sınırlandırılmakta; diğer balık türlerinden elde edilen ürünler ise “balık yumurtası” veya “ikame havyar” gibi ifadelerle tanımlanmaktadır (Tavakoli ve ark., 2021).

Bu bağlamda, havyar ürünlerinin etiketlenmesi, pazarlanması ve gıda güvenliği açısından değerlendirilmesi, tür bazlı tanımlamaların doğru ve tutarlı biçimde yapılmasını gerektirmektedir. Ayrıca, havyarın üretiminde kullanılan işleme teknikleri, mikrobiyolojik risk profili ve raf ömrü gibi parametreler, ürünün delikat gıda statüsünü belirleyen temel unsurlar arasında yer almaktadır.

Günümüzde, balık eti, istakoz eti, deniz yosunu gibi çeşitli su ürünlerinden veya bu bileşenlerin kombinasyonlarından elde edilen havyar benzeri ürünler geliştirilmektedir. Bu ürünler, görünüm ve tat profili açısından geleneksel havyara benzemekte; ancak içerik, biyolojik köken ve işleme teknikleri bakımından farklılık arz etmektedir. Özellikle düşük maliyetli üretim ve sürdürülebilir kaynak kullanımı hedefleri doğrultusunda, bu tür alternatif ürünler gıda endüstrisinde giderek daha fazla yer bulmaktadır. Buna ek olarak, su ürünleri dışında kalan biyolojik kaynaklardan örneğin bitkisel polisakkaritler, nişasta türevleri veya jelatin bazlı bileşiklerden elde edilen ve yalnızca şekil ile lezzet bakımından havyarı taklit eden yapay (suni) havyar çeşitleri de geliştirilmektedir (Bronzi ve Rosenthal, 2014). Bu ürünler, özellikle vegan ve vejetaryen beslenme tercihleri doğrultusunda formüle edilmekte; gıda teknolojisi açısından kapsülleme, aroma mühendisliği ve renk stabilizasyonu gibi tekniklerle üretilmektedir.

5.1. Havyarın Kaynağı: Mersin Balığı (*Acipenser Stellatus*).

Acipenser stellatus, Acipenseridae familyasına ait olup *Acipenser* cinsine mensup bir türü temsil etmektedir. Bu tür, doğal koşullarda 40–50 kg ağırlığa ve 2 metreden daha uzun boya

ulaşabilmektedir. Ancak saha gözlemlerine göre genellikle yakalanan balıklarda 15–20 kg ağırlığında ve 100–130 cm boyunda bulunmaktadır (Monfort., 2002).

Vücudun sırt bölgesi kahverengi-koyu renkte, yanları daha açık tonlarda, karın kısmı ise sarımsı beyaz renkte görülmektedir. Sırt yüzeyinde 11–14 adet, yanlarda 30–38 adet, karın bölgesinde ise 15–16 adet kemiksi plaka yer almaktadır. Alt dudak yapısı oyuklu, rostrum uzun, ince ve dorsoventral olarak yassılaşıp durumdadır; rostrum uzunluğu, baş uzunluğunun yaklaşık %60'ına kadar ulaşmaktadır. Bıyıkları düz ve kısa morfoloji sergilemektedir (Fidan ve Taşçı., 2024).

Karadeniz, Azak Denizi ve Hazar Denizi ile bu denizlere bağlı nehir sistemlerinde doğal olarak dağılım göstermektedir. Türkiye sularında ise tüm Karadeniz kıyılarında ve Marmara Denizi'nde varlık göstermektedir. Üreme dönemi Nisan–Temmuz ayları arasında gerçekleşmekte olup, yumurtlama genellikle hızlı akışa sahip, tabanı çakıllı akarsu habitatlarında, 2–10 metre derinliklerde ve 15–25°C su sıcaklığında meydana gelmektedir (Özden ve ark., 2018). Bu sıcaklık koşullarında larvalar döllenmiş yumurtadan yaklaşık 2–3 gün içerisinde çıkmaktadır. Tür, hızlı büyüme kapasitesine sahip olup, beslenme spektrumunda *Nephropidae* familyasına ait kabuklular (istakoz türleri), bentik poliketler (kurtlar), yumuşakçalar, diğer balık türleri ve çeşitli sucul omurgasızlar yer almaktadır (Eroğlu, 2009).



Şekil 5.1: Acipenser Stellatus

5.2. Havyar Tanımı ve Besin Değeri

Havyar, dünya genelinde en popüler ve ekonomik açıdan en değerli yenilebilir balık yumurtası ürünlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Bu yüksek değerini; içerdiği yüksek biyolojik değere sahip proteinler, uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA), ayrıca A, B, C, D ve E vitaminleri bakımından zengin besin profiline borçlu olmaktadır (Farag ve ark., 2021).

Besin Bileşimi ve Etken Faktörler

Doğal havyar ile havyar ikamelerinin kimyasal bileşimi, türler arasında önemli ölçüde farklılık göstermektedir (Hu ve ark., 2023). Bu farklılıklar Yumurtaların olgunluk seviyesi, coğrafi köken (habitat özellikleri), hasat dönemi (mevsimsel farklılıklar) ve uygulanan işleme yöntemleri (ör. salamura, pastörizasyon, dondurma) gibi faktörlerden kaynaklanmaktadır.

Olgunluk düzeyinin artması ile yumurta içerisindeki nem oranı azalmaktadır. Buna karşılık lipit oranı ve toplam kütle artış göstermektedir. Özellikle salamura işlemi sonrasında su aktivitesi ve nem oranı düşmekte; protein ve yağ yüzdesi yükselmektedir (Tavakoli ve ark., 2021).

Protein ve Yağ İçeriği

Balık yumurtaları, balığın kas dokusuna kıyasla daha yüksek protein ve lipid içeriğine sahip olmaktadır.

- Yumurtanın yağ oranı, olgunlaşmamış evrede en yüksek seviyede bulunmakta, olgunlaşma ilerledikçe kısmen azalma gözlenmektedir (Schubring, 2004).
- Kanatlı hayvan yumurtalarına benzer şekilde, balık yumurtaları da yüksek konsantrasyonlarda lipid ve protein içermektedir.
- Genel olarak, balık yumurtası ürünlerinde protein oranı %16 ila %30 aralığında; ham yağ içeriği ise %5 ila %20 arasında değişmektedir.
- Somon (*Oncorhynchus* spp.) havyarının ortalama yağ oranı yaklaşık %10 olarak bildirilmektedir (Bledsoe ve ark., 2003).

Havyarın Temel Besin Bileşenleri

Protein Fraksiyonları

Havyar ve balık yumurtasının temel bileşeni proteindir (Tavakoli ve ark., 2021). Balık yumurtaları; düşük molekül ağırlıklı peptitler ile alanin, glutamik asit, valin, glisin, arjinin ve metiyonin gibi serbest amino asitler bakımından zengin bulunmaktadır. Bu amino asitler, havyara özgü karakteristik tat profilinin oluşmasında önemli rol oynamaktadır (Binsi ve ark., 2017).

Lipid Profili

Havyardaki yağ asidi bileşimi, türler arasında belirgin farklılık göstermektedir. Lipid fraksiyonu; vücutta sentezlenemeyen ve beslenme yoluyla alınması gereken esansiyel yağ asitlerini içermektedir. Balık yumurtaları özellikle uzun zincirli n-3 PUFA'lar bakımından zengin olmaktadır (Tavakoli ve ark., 2021).

Başlıca bileşenler: EPA (*Eikosapentaenoik Asit*) ve DHA (*Dokosaheksaenoik Asit*). Bu iki bileşen, toplam yağ asitlerinin %30–50'sini oluşturmaktadır (Rosa ve ark., 2009). Kardiyovasküler hastalıkların önlenmesi, nörolojik gelişim ve kognitif fonksiyonların desteklenmesi açısından kritik rol oynamaktadır (Shirai ve ark., 2006).

Lipid bileşenleri ve oranları; Havyarın lipid fraksiyonu, tür ve beslenme koşullarına bağlı olarak değişmekle birlikte, genel olarak şu bileşenlerden oluşmaktadır: Lipidlerin yaklaşık %42'sini triasilgliseroller (TAG) oluşturmaktadır. Diasilgliseroller (DAG), toplam lipidlerin %2,1'ini meydana getirmektedir. Serbest yağ asitleri (FFA) fraksiyonu %8,5 düzeyinde bulunmakta, bu bileşenler oksidasyon ve tat-profilinin oluşumunda önemli rol oynamaktadır. Fosfolipitler (PL), membran yapısının korunması ve emülsifikasyon özellikleri açısından kritik olup toplam lipidlerin %14'ünü temsil etmektedir. Kolesterol içeriği %5,7 oranında olup yaklaşık 376 mg/100 g düzeyinde seyretmektedir; bu, hücre zarının akışkanlığı ve steroid hormon sentezi bakımından önem arz etmektedir. Son olarak mum esterleri toplam lipid fraksiyonunun %27,6'sını oluşturmaktadır ve ürünün duyuşal özellikleri ile oksidatif stabilitesi üzerinde etkili olmaktadır (Shirai ve ark., 2006; Farag ve ark., 2021).

Havyar ve havyar ikameleri; kalsiyum (Ca), demir (Fe), magnezyum (Mg), manganez (Mn), fosfor (P), potasyum (K), bakır (Cu) ve çinko (Zn) gibi temel mineraller bakımından zengin bir içeriğe sahip bulunmaktadır. Ayrıca hem yağda çözünen vitaminler (A, D, E, K) hem de suda çözünen vitaminler (C ve B grubu vitaminleri) açısından yüksek düzeyde besleyici değer

taşımaktadır. Özellikle kolekalsiferol (D₃ vitamini) düzeyi, kemik metabolizması, kalsiyum–fosfor dengesi ve bağışıklık fonksiyonlarının desteklenmesi açısından dikkat çekmektedir (Tavakoli ve ark., 2021). Somon (*Oncorhynchus* spp.) yumurtasında ortalama olarak 50–3000 IU/g A vitamini, 10–30 IU/100 g C vitamini, 5–25 IU/g D vitamini ile 10–80 IU/100 g düzeyinde B₁, B₂ ve B₁₂ vitaminleri bulunabilmektedir. Yayın balığı (*Ictalurus punctatus*) yumurtasında ise A vitamini 2 mg/100 g, C vitamini 0,26 mg/100 g, D vitamini 0,2 mg/100 g ve E vitamini 0,1 mg/100 g düzeyinde saptanmaktadır (Frag ve ark., 2021). Bu veriler, farklı balık türlerinden elde edilen yumurtaların vitamin ve mineral profillerinde belirgin varyasyonlar bulunduğunu ve bu farklılıkların tür, habitat, beslenme rejimi ve işleme yöntemleri gibi faktörlerden kaynaklanmakta olduğunu göstermektedir (Vromman ve ark., 2008).

Tablo 5.2: Doğal Havyar ve Havyar İkamelerinin Besin Bileşimi Karşılaştırması

Besin Ögesi / Parametre	Doğal Havyar (Mersin Balığı Kökenli)	Havyar İkameleri (Somon, Lumpfish vb.)	Etki Eden Faktörler
Protein (%)	24–30	16–24	Tür, olgunluk, işleme yöntemi
Ham Yağ (%)	12–20	5–15	Olgunluk seviyesi, salamura süresi
EPA (% toplam YA)	15–25	8–20	Tür, habitat
DHA (% toplam YA)	20–30	10–25	Tür, beslenme rejimi
Fosfolipit (%)	~14	10–12	Hücre membran yapısı
Kolesterol (mg/100 g)	~376	280–350	Tür, yumurta olgunluğu
Nem (%)	45–55	50–60	Salamura işlemi sonrası düşmektedir
Kül (%)	3–5	2–4	Mineral yoğunluğu
A Vitamini (IU/g)	50–3000	2–500	Tür, beslenme rejimi
C Vitamini (mg/100 g)	0,26–30	0,1–25	Hasat sonrası depolama
D3 Vitamini (IU/g)	5–25	0,2–15	Güneş ışığı maruziyeti, tür
Mineraller (Ca, Fe, Mg, Zn, P, K)	Yüksek düzey	Orta-yüksek düzey	Tür, habitat, işleme yöntemi

(Kaynaklar: Bledsoe ve ark., 2003; Tavakoli ve ark., 2021; Frag ve ark., 2021; Hu ve ark., 2023).

Havyar, yüksek biyolojik değere sahip proteinler, uzun zincirli n-3 çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) ve zengin vitamin-mineral içeriği sayesinde yalnızca gastronomik bir lüks ürün olarak değil, aynı zamanda fonksiyonel gıda niteliği taşımaktadır. Özellikle EPA (*eikosapentaenoik asit*) ve DHA (*dokosahekzaenoik asit*) içeriği, toplam yağ asitlerinin %30–50’sini oluşturarak kardiyovasküler hastalık riskinin azaltılmasına, endotel fonksiyonlarının iyileştirilmesine ve

nörogelişim süreçlerinin desteklenmesine katkı sağlamaktadır (Rosa ve ark., 2009; Shirai ve ark., 2006). Protein fraksiyonlarının içerdiği temel amino asitler (ör. metiyonin, lösin, valin) ve kısa zincirli peptitler, kas protein sentezinin uyarılmasında, nörotransmitter üretiminde ve doku onarımında rol oynamaktadır (Binsi ve ark., 2017). Fosfolipitler, hücre membran bütünlüğünü ve sinaptik iletimi desteklemekte; kolesterol içeriği ise steroid hormon sentezi ve safra asidi metabolizması açısından önem arz etmektedir. Mineral bileşenler (Ca, Fe, Zn, Mg, P, K), kemik sağlığından oksijen taşınmasına kadar geniş bir biyolojik fonksiyon yelpazesinde görev almaktadır. Özellikle D3 vitamini (kolekalsiferol) düzeyleri, havyarın bağışıklık fonksiyonları ve kalsiyum-fosfor metabolizması üzerindeki potansiyel etkisini güçlendirmektedir. Ancak yüksek tuz içeriğine bağlı olarak, hipertansiyon riski taşıyan bireylerde kontrollü tüketim önerilmektedir. Bu bağlamda, doğal havyar ile ikameleri arasında gözlenen besin bileşimi farklılıkları; tür, habitat, işleme yöntemi ve olgunluk düzeyi gibi faktörler aracılığıyla ürünün sağlık etkilerini doğrudan belirlemektedir (Tavakoli ve ark., 2021).

5.3. Havyar Çeşitleri

Havyar, balık yumurtalarının yumurtalık bağ dokusundan mekanik veya manuel yöntemlerle ayrıştırılması, ardından tuzlama işlemi ile stabilize edilmesi, çeşitli katkı maddeleriyle işlenmesi ve bazı durumlarda uzun süreli muhafaza amacıyla pastörize edilmesiyle elde edilen yüksek değerli bir gıda ürününü ifade etmektedir (Fioretto ve ark., 2005). Bu işlem, hem mikrobiyolojik güvenliği sağlamakta hem de ürünün raf ömrünü uzatmaktadır. Havyar üretiminde kullanılan tuz konsantrasyonu, su aktivitesi ve ambalajlama koşulları, ürün kalitesini doğrudan etkilemektedir.

En Değerli Mersin Balığı Havyarları; Beluga, Osetra ve Sevruga

- Beluga Mersin Balığı (*Huso huso*): Dünyanın en büyük mersin balığı türü olarak tanımlanmaktadır. Maksimum 5 metre uzunluğa kadar büyüebilmekte ve 2 tonun üzerinde vücut ağırlığına ulaşabilmektedir. Geç cinsel olgunlaşma ve uzun yaşam süresi nedeniyle yumurta verimi yüksek, ancak üretim döngüsü yavaş ilerlemektedir. Beluga havyarı, iri taneli yapısı ve kremamsı lezzet profili ile premium segmentte konumlandırılmaktadır (Monfort, 2002).
- Rus ve İran Mersin Balığı (*Acipenser gueldenstaedtii* ve *Acipenser persicus*): Genellikle 2 metreye kadar büyüeyebilen, 65–115 kg arasında ağırlık kazanabilen orta boy mersin

balığı türleridir. Morfolojik olarak birbirlerine oldukça benzemekte; bu nedenle tür ayrımı yalnızca immünokimyasal analizler veya genetik tanımlama yöntemleri ile yapılabilmektedir. Osetra havyarı, orta büyüklükteki taneleri ve cevizimsi aromatik profili ile gastronomik açıdan yüksek değer taşımaktadır (Monfort, 2002).

- Sevruga Mersin Balığı (*Acipenser stellatus*): Yaklaşık 2 metre uzunluğa ve 80 kg ağırlığa ulaşabilen bu tür, daha küçük yumurta taneleri üretmekte; ancak yoğun aromatik profile sahip olması nedeniyle özellikle kokteyl sunumlarında tercih edilmektedir. *A. persicus* ile birlikte Sevruga havyarı üretiminde kullanılmakta; bu iki tür, özellikle İran ve Azerbaycan üretim havzalarında yaygın olarak yetiştirilmektedir (Monfort, 2002).

Dünya genelinde en pahalı havyar türü olarak kabul edilen “Almas” havyarı, Beluga mersin balığından (*Huso huso*) elde edilmektedir. Almas havyarının rengi beyazdan altın tonlarına kadar değişiklik göstermekte; bu özellik, ürünün nadirliği ve estetik değerini artırmaktadır (Bledsoe ve ark., 2003). Söz konusu ürün, 24 ayar altın kutularda paketlenmekte ve kilogram başına yaklaşık 35.000 Amerikan doları gibi yüksek bir fiyatla satışa sunulmaktadır (Bledsoe ve ark., 2003; Mouritsen, 2023). Bu bağlamda havyar, hem biyolojik kökeni hem de işleme teknolojisi açısından özel statüye sahip bir delikates gıda ürünü olarak değerlendirilmektedir. Üretim sürecinde HACCP temelli kontrol noktalarının belirlenmesi, mikrobiyolojik risklerin yönetimi ve uluslararası gıda güvenliği regülasyonlarına uyum, ürünün ticari değerini ve tüketici güvenini doğrudan etkilemektedir.

Bazı ülkelerde yürürlükte olan gıda mevzuatlarına göre, “havyar” terimi yalnızca mersin balığı (*Acipenseridae*) familyasına ait türlerden elde edilen işlenmiş balık yumurtaları için kullanılabilir. Bu düzenlemeler, ürünün etiketlenmesinde türsel özgünlüğün korunmasını ve tüketicinin doğru bilgilendirilmesini amaçlamaktadır. Bu bağlamda, farklı balık türlerinden elde edilen yumurta bazlı ürünlerin etiketlerinde menşe türünün açıkça belirtilmesi zorunlu tutulmaktadır. Örneğin, uçan balık yumurtası olan “tobiko”, ilgili ülkelerde “uçan balık havyarı” şeklinde etiketlenmekte; böylece ürünün biyolojik kökeni ve ticari sınıflandırması net biçimde tanımlanmaktadır (Tavakoli ve ark., 2021).

Besin değeri açısından oldukça zengin bir içeriğe sahip olan havyar, özellikle A vitamini (retinol) ve B kompleks vitaminleri (B₁, B₂, B₆, B₁₂, niasin, folat) bakımından dikkat çekici düzeyde mikronutrient içermektedir. Ayrıca havyar, yüksek kaliteli protein, omega-3 yağ asitleri ve selenyum gibi biyolojik olarak aktif bileşenler açısından da önemli bir gıda kaynağı olarak değerlendirilmektedir (Heshmati ve ark., 2011).

Havyar üretiminin temel biyolojik hammaddesi, dişi balıkların veya bazı kabuklu deniz canlılarının yumurtalıklarında bulunan ve “oosit” olarak adlandırılan gamet hücreleridir (Maćkowiak-Dryka ve ark., 2020). Oositlerin hasadı, ürün kalitesini ve mikrobiyolojik güvenliği doğrudan etkileyen kritik bir aşamayı oluşturmaktadır. Modern hasat yöntemleri, balığın öldürülmesini önlemeye yönelik teknikler geliştirmekte olsa da, mersin balığı yumurtaları çoğunlukla canlı balıklardan veya ölümden hemen sonra (genellikle birkaç dakika içerisinde) alınmaktadır. Bu işlem, hem yumurta bütünlüğünün korunması hem de kontaminasyon riskinin azaltılması açısından önem arz etmektedir. (Monfort, 2002).

Bu bağlamda, havyar üretiminde tür tanımlamasına dayalı etiketleme, biyolojik hammaddenin izlenebilirliği ve hasat sonrası işleme tekniklerinin standardizasyonu, hem gıda güvenliği hem de ticari doğruluk açısından uluslararası regülasyonlarla uyumlu biçimde yürütülmelidir.

Havyar üretim sürecinde, balık yumurtaları öncelikle zar ve bağ dokularından arındırılmakta; ardından ürünün mikrobiyolojik stabilitesini ve raf ömrünü artırmak amacıyla salamura işlemine tabi tutulmaktadır. Bu işlemde kullanılan tuz konsantrasyonu genellikle %3,5–5 aralığında olmakta; pH değeri ise 4–5 arasında sabitlenmektedir (Altuğ ve Bayrak, 2003). Salamura edilen yumurtalar, 4–6 hafta süreyle kontrollü koşullarda bekletilmekte ve ardından -20°C’de dondurularak depolanmaktadır. Bu aşamalar, ürünün duyu özelliklerini korurken, gıda güvenliği açısından kritik kontrol noktalarını oluşturmaktadır (Altuğ ve Bayrak, 2003).

Balık yumurtaları, tüketime hazır nihai ürünler olarak farklı formülasyonlarla pazarlanmaktadır. Bu ürünler; taze, dondurulmuş, salamura edilmiş, tütsülenmiş veya konserve edilmiş biçimlerde tüketiciye sunulmaktadır (Monfort, 2002; Vasconi ve ark., 2020). Her bir işleme yöntemi, ürünün raf ömrü, mikrobiyolojik risk profili ve besin bileşimi üzerinde farklı etkiler oluşturmaktadır.

Günümüzde, su ürünleri yetiştiriciliği yoluyla elde edilen mersin balığı havyarı, küresel ölçekte ticareti yapılan en prestijli gıda ürünlerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Başlıca üretici ülkeler arasında Çin, İtalya, Fransa, Amerika Birleşik Devletleri ve İran yer almaktadır (Dudu ve Georgescu, 2024). Bu ülkeler, hem geleneksel üretim tekniklerini hem de modern akuakültür uygulamalarını bir arada kullanarak, uluslararası pazarda yüksek kaliteli havyar arzını sürdürmektedir.

CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora) Ticaret Veri Tabanı'na göre, 2022–2024 yılları arasında en fazla ticareti yapılan mersin balığı türleri *Acipenser baerii* (Sibirya mersin balığı) ve *Acipenser gueldenstaedtii* (Rus mersin balığı) olarak rapor edilmektedir (CITES, 2024). Bu türler, hem yetiştiriciliğe uygun biyolojik özellikleri hem de yüksek yumurta verimi nedeniyle tercih edilmektedir.

Bu bağlamda, havyar üretiminde kullanılan türlerin izlenebilirliği, işleme parametrelerinin standardizasyonu ve uluslararası ticaret regülasyonlarına uyum, hem gıda güvenliği hem de sürdürülebilir üretim açısından kritik öneme sahiptir.

Dünya genelinde en değerli havyar türleri, Hazar Denizi ekosisteminden elde edilen Beluga (*Huso huso*), Osietra (*Acipenser gueldenstaedtii*) ve Sevruga (*Acipenser stellatus*) olarak sınıflandırılmaktadır. Bu türler, hem yumurta verimi hem de duyuşal özellikleri bakımından yüksek gastronomik değere sahip bulunmaktadır. Özellikle Beluga havyarı, iri taneli yapısı ve kremamsı lezzet profili ile “premium” segmentte konumlandırılmaktadır. Bununla birlikte, somon (*Salmo salar*), alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) gibi diğer balık türlerinden elde edilen yumurtalar, daha ekonomik alternatifler olarak pazarda yer bulmaktadır. Bu ürünler, genellikle “havyar ikamesi” veya “alternatif balık yumurtası ürünleri” şeklinde etiketlenmekte; düşük maliyetli üretim ve geniş tüketici kitlesine hitap etme avantajı sunmaktadır (Özkan ve ark., 2018).

Son yıllarda, bitkisel bazlı vegan havyar alternatifleri de geliştirilmektedir. Bu ürünler, deniz yosunu ekstraktları, nişasta türevleri ve doğal aroma bileşenleri kullanılarak formüle edilmekte; özellikle vegan ve vejetaryen beslenme tercihleri doğrultusunda tüketici talebini karşılamaktadır. Vegan havyar ürünleri, hem çevresel sürdürülebilirlik hem de hayvansal kaynaklı gıdalardan kaçınma eğilimleri açısından önem arz etmektedir (Johannesson., 2006). Havyar, yalnızca besleyici özellikleriyle değil; aynı zamanda sofralık değeri, kültürel temsili ve ekonomik önemiyle de dikkat çeken özel bir gıda ürünü olarak değerlendirilmektedir.

Codex Alimentarius Komisyonu'na göre “havyar” terimi, yalnızca *Acipenseridae* ailesine ait balıkların yumurtalarının gıdaya uygun tuzla işlenmesiyle elde edilen ürünleri tanımlamak üzere kullanılmaktadır (CAC, 2010). Bu tanım doğrultusunda, diğer balık türlerinden elde edilen yumurtalar “havyar” olarak değil; “havyar ikameleri” veya “havyar yerine geçen ürünler” şeklinde adlandırılmalıdır (Mouritsen, 2023). Bu terminolojik ayırım, hem ticari

doğruluk hem de tüketici bilgilendirmesi açısından uluslararası gıda etiketleme standartlarıyla uyumlu biçimde yürütülmelidir.

Havyar türleri, balık türlerine göre sınıflandırılmakta olup, her tür kendine özgü tat, koku, doku, renk ve tane büyüklüğü gibi organoleptik özellikler taşımaktadır. Bu farklılıklar, hem gastronomik kullanım alanlarını hem de pazar değerini doğrudan etkilemektedir (Ollee., 2017).

1. Almas (Altın havyar) Almas havyarı, albino fenotipli mersin balıklarından *Acipenser gueldenstaedtii* (Osetra) bireylerinden elde edilmektedir. Kremsi dokusu, açık rengi ve altın yansımaları ile yüksek görsel estetik sunmaktadır. Nadir bulunması, ürünü “lüks gıda” segmentine taşımakta; lezzet profili hafif ve nüanslı tat notaları içermektedir.
2. Beluga havyarı, *Huso huso* türü mersin balıklarından üretilmektedir. Ortalama tane çapı 2,5–3,5 mm olup, iri taneleri ve ağızda eriyen yapısı ile tanınmaktadır. Renk skalası açık griden siyaha kadar değişmektedir. Belirgin balıksı aroması ve yoğun umami profili ile küresel ölçekte en yüksek pazar değerine sahip havyar türü olarak kabul edilmektedir.
3. Kaluga havyarı, *Huso dauricus* türünden, özellikle Amur Nehri havzası popülasyonlarından elde edilmektedir. Organoleptik özellikleri bakımından *Huso huso* (Beluga) havyarına benzerlik göstermekte; kimi zaman genç *Acipenser gueldenstaedtii* (Osetra) yumurtaları ile karşılaştırılmaktadır. Geleneksel olarak %6 tuzlama uygulanmakta ve iri taneli yapısı ile öne çıkmaktadır.
4. Osetra havyarı, *Acipenser gueldenstaedtii* türünden üretilmektedir. Renk, balığın yaşı ve habitat koşullarına bağlı olarak altın tonlarından kehribara kadar değişmektedir. Ayırt edici cevizimsi ve kremamsı aroma profiline sahip olup, tane büyüklüğü 1,8–2,2 mm arasında değişmektedir. Asetra veya Ossetra gibi farklı adlandırmalarla da ticarete konu olmaktadır.
5. Schip havyarı, *Acipenser nudiiventris* türünden elde edilmektedir. İşleme süreci oldukça hassas yürütülmekte olup, ticari pratikte bazen Sevruga (*Acipenser stellatus*) veya Osetra havyarları ile aynı ambalaj formatlarında pazarlanmaktadır. Tane yapısı üretici tercihi ve işleme metoduna bağlı olarak değişebilmektedir.
6. Sevruga havyarı, *Acipenser stellatus* türünden üretilmektedir. Taneleri küçük ve ince yapıda (1,2–1,6 mm) olup, renk skalası gri ile siyah arasında değişmektedir. Yüksek aroma yoğunluğu ve belirgin deniz ürünü notaları ile tanınmakta; aynı zamanda daha ulaşılabilir fiyatlı bir pazar segmentinde konumlanmaktadır.

7. Sterlet havyarı, *Acipenser ruthenus* türünden elde edilmektedir. Küçük taneli, yoğun siyah renkli ve bölgesel tüketimde yaygın bir ürün niteliği taşımaktadır. Özellikle yerel gastronomi kültürlerinde tercih edilmektedir.

Sonuç olarak, her havyar türü kendine özgü fiziksel (tane büyüklüğü, renk) ve duyuşsal (aroma, doku) parametreler bakımından farklı damak zevklerine hitap etmekte olup bu parametreler ürünün gastronomik değerini ve tüketici tercihlerini belirleyen temel unsurlar arasında yer almaktadır (Özkan ve ark., 2018).

5.3.1. Sevruga havyarı

Sevruga havyarı, yalnızca Beluga ve Ossetra havyarı çeşitleri tarafından geride bırakılan, küresel pazarda en yüksek ekonomik değere sahip havyar türlerinden birini oluşturmaktadır. Bu havyar, küçük ve gri tonlardaki yumurtaları ile bilinen, nesli tükenme tehlikesi altında bulunan çeşitli mersin balığı türlerinden elde edilmektedir. Doğu Avrupa’da, başlıca *Acipenser stellatus* (Sevruga mersini), *Acipenser ruthenus* (Sterlet mersini) ve *Acipenser baerii* (Sibirya mersini) türlerinden üretilmektedir. Söz konusu türler, Hazar Denizi ve çevresindeki akarsu sistemlerinde doğal dağılım göstermektedir (Lopez ve ark., 2020).

Acipenser stellatus, havyar üreten mersin balıkları arasında en küçük tür olarak tanımlanmaktadır. Bireyler, doğal yaşam alanlarında yaklaşık 68 kg (150 lb) ağırlığa ve 2,13 m (7 ft) uzunluğa ulaşabilmektedir. Tür; Karadeniz, Azak Denizi, Hazar Denizi ve Ege Denizi havzalarına özgü olmakla birlikte, bu bölgelerin çoğunda günümüzde nadiren görülmektedir (Monfort, 2002). Geçmişte en yaygın dağılıma sahip ve en hızlı üreyen mersin türlerinden biri olduğundan, *Acipenser stellatus* havyarı uzun süre boyunca küresel pazarda en yaygın ticareti yapılan mersin havyarı olmuştur. *Beluga*, *Ossetra* ve *Sevruga* havyarları arasında en düşük piyasa değerine sahip olan çeşit, üretim hacmi bakımından toplam mersin havyarı üretiminin yaklaşık %50’sini oluşturmaktadır.

Acipenser stellatus havyarının yumurtaları, inci tonlarında gri renkte olup diğer mersin havyarlarına kıyasla daha küçük çaplıdır. Duyuşsal özellikleri açısından aroması daha belirgin olup, sıklıkla tuzlu tat profili ile tanımlanmaktadır; bununla birlikte, lezzet profili balığın coğrafi kökenine ve yetiştigi ekosistemin özelliklerine bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir (Bledsoe ve ark., 2003).



Şekil 5.2: Havyar alımı sırası-a



Şekil 5.3: Havyar Alımı Sırası-b



Şekil 5.4: Canlı Mersin Balığı'nda Havyar Sağımı Sırası-c

Dünya genelinde havyar (balık yumurtası, özellikle mersin balığı türlerinden elde edilen havyar) üzerine çok sayıda akademik, endüstriyel ve biyolojik araştırma yürütülmektedir.



Şekil 5.5: Siyah Sevruga Havyarı

Bu çalışmalar, genel olarak aşağıdaki ana başlıklar altında toplanmaktadır:

1. Üretim ve Yetiştiricilik Çalışmaları

- Akuakültür yöntemleri: Özellikle *Huso huso* (Beluga), *Acipenser stellatus* (Sevruga) ve *Acipenser gueldenstaedtii* (Ossetra) gibi türlerin kontrollü ortam koşullarında yetiştirilmesi ve havyar üretimi üzerine çalışmalar gerçekleştirilmektedir.
- Cinsiyet tayini ve yumurtlama dönemi izleme: Ultrasonografi, hormon düzeyi ölçümleri gibi tekniklerle erken dönem cinsiyet belirleme ve üreme döngüsünün izlenmesi üzerine araştırmalar yapılmaktadır.
- Sürdürülebilirlik: Yabani mersin balığı popülasyonlarının aşırı avlanması nedeniyle koruma amaçlı üretim sistemleri geliştirilmektedir. Bu kapsamda, CITES sözleşmesi çerçevesinde türlerin ticari denetimi ve koruma çalışmaları yürütülmektedir.

2. Kalite Kontrol ve Standardizasyon

- Fiziksel-kimyasal analizler: Renk, dane büyüklüğü, tuz oranı, nem miktarı gibi kalite parametreleri belirlenmektedir.
- Duyusal analizler: Tat, doku ve aroma değerlendirmeleri yoluyla tüketici tercihleri ve kalite sınıflandırmaları yapılmaktadır.
- Standardizasyon çalışmaları: ISO standartları ve Codex Alimentarius kapsamında havyar kalite kriterleri oluşturulmaktadır.

3. Mikrobiyolojik Güvenlik

- Patojen analizleri: *Salmonella* spp., *S. aureus* ve *E. coli* gibi patojenlerin varlığı araştırılmaktadır.
- Depolama ve raf ömrü: Soğuk zincir uygulamaları, tuzlama ve pastörizasyon işlemlerinin mikrobiyal yük üzerindeki etkileri incelenmektedir.

4. Ağır Metal ve Kirleticiler

- Ağır metal analizi: Kurşun (Pb), civa (Hg) ve kadmiyum (Cd) gibi toksik metallerin varlığı, özellikle doğal populasyonlardan elde edilen havyarlarda araştırılmakta ve insan sağlığına etkileri değerlendirilmektedir (örn. WHO, “Assessment of heavy metals in caviar of stellate sturgeon (*Acipenser stellatus*) from the Caspian Sea”).
- Antibiyotik kalıntısı izleme: Endüstriyel üretim yapılan akuakültür çiftliklerinde antibiyotik kullanımına bağlı kalıntılar tespit edilmektedir.

5. Ekonomik ve Pazarlama Araştırmaları

- Fiyat analizleri: İran, Rusya, Azerbaycan, Çin ve Fransa gibi ülkelerde üretim miktarları, pazar fiyatları ve ihracat verileri analiz edilmektedir.
- Tüketici tercihleri: Lüks gıda segmentinde tüketici davranışlarını anlamaya yönelik pazar araştırmaları yapılmaktadır.
- Taklit ürünler: Yosun bazlı, balık jelatinli veya yumurtasız sahte havyar ürünlerinin pazara etkileri ve bunların yarattığı etik ve yasal sorunlar değerlendirilmektedir.

6. Genetik ve Tür Tanımlama

- DNA barkodlama: Türlerin doğru tanımlanması, havyar karışımlarının ve yanlış etiketlemelerin önlenmesi amacıyla genetik analizler yapılmaktadır.
- Hibrid üretim: Dayanıklılık veya hızlı büyüme gibi avantajlar sağlamak amacıyla *Huso huso* × *Acipenser ruthenus* (Bester) gibi melez mersin balığı türleri geliştirilmektedir.

7. Sevruga (*Acipenser stellatus*) Üzerine Yapılan Bazı Çalışmalar

Lvovna (2005) tarafından yumurtlanmış bester havyarından pastörize havyar ürünleri teknolojisinin gerekçelendirilmesi ve geliştirilmesi üzerine yapılan çalışmada yumurtlanmış bester havyarından gıda havyarı elde etmek için bir teknoloji geliştirmek ve kanıtlamak, havyar kalite göstergelerinin mikrobiyolojik güvenliğini ve stabilitesini sağlamak

incelenmiştir. Bilimsel yenilik olarak *Acipenser ruthenus* havyarından pastörize havyar teknolojisi bilimsel olarak kanıtlanarak -2°C ; -4°C ve -18°C 'de 12 ay boyunca saklandığında güvenliğini ve besin değerinin korunmasını garanti etmiştir. Abtahi ve arkadaşları (2010) ise, Güney Hazar denizi'ndeki *Acipenser stellatus* dokularında bazı ağır metallerin konsantrasyonunu araştırmış olup Sevruga havyarındaki civa, kurşun, kadmiyum gibi metaller analiz ederek, bazı örneklerde kurşun seviyelerinin WHO sınır değerlerini aştığını bildirmiştir. Kurşun düzeylerinin WHO limitlerini aşması, hem tüketici sağlığı hem de uluslararası ticaret açısından risk oluşturmakta olup bu durum, çevresel kirlilik kaynaklarının havyar kalitesi üzerindeki etkisinin izlenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Sobhanardakani (2017) tarafından yapılan araştırmada ise *Acipenser persicus* havyarının tüketimi yoluyla ağır metallerin potansiyel sağlık riski değerlendirmesi yapılarak havyarda kurşun (Pb), civa (Hg) ve demir (Fe) düzeyleri ölçülmüştür. Analizler sonucunda, Hg ve Fe değerlerinin referans limitlerin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Ancak hesaplanan Health Risk Index (HRI) değerinin < 1 olması nedeniyle, genel sağlık riskinin minimum düzeyde olduğu değerlendirilmektedir. İran'da yapılan bir çalışmada ise Hüseyini ve arkadaşları (2013) "Güney Hazar Denizi'nden yabani İran mersin balığının havyarında metal içeriği (Metal content in caviar of wild Persian sturgeon from the southern Caspian Sea" çalışmasında Vahşi *Acipenser persicus* türü havyarında civa (Hg) içeriğini $1,39\text{--}1,50\text{ }\mu\text{g/g}$ aralığında tespit etmişlerdir. Diğer metaller olan selenyum (Se), kalay (Sn) ve baryum (Ba) ise sınır değerlerin altında bulunmakta ve toksikolojik açıdan risk oluşturmadığı değerlendirilmektedir. Hüseyini ve arkadaşlarının yaptığı diğer bir çalışmada ise vahşi ve çiftliklerde yetiştirilen beluga mersin balığı havyarının ağır metal birikimi ve risk değerlendirmesi yapılarak, İran merkezli vahşi ve yetiştiricilikten elde edilen *Huso huso* (Beluga) havyarlarının ağır metal birikim düzeyleri karşılaştırılarak türler arası farklılıkların sağlık risk analizleri ortaya konulmuştur.

Tablo 5.3: Çok yönlü değerlendirmeler

Çalışma/Kaynak	Konu	Öne Çıkan Bulgular
PCB, DDT, As analizleri	Organik ve metal kirleticiler	2000 sonrası dönem itibarıyla konsantrasyonlarda azalma gözlenmektedir.
Ağır metal risk değerlendirmesi	Hg, Pb, Fe	HRI < 1 olarak hesaplanmakta, ancak Hg ve Fe düzeyleri sürekli izlenmelidir.
Havyar bileşimi	Yağ asitleri, protein, su	Tür ve yetiştirme sistemi, besin bileşimi üzerinde belirgin farklılıklar oluşturmaktadır.
Etik üretim ve refah	Balık refahı analizi	"No-kill" (ölümsüz hasat) yöntemlerinin uygulanabilirliği tartışılmaktadır.

Söz konusu araştırma sonuçları mersin balığı havyarının üretiminden kalite kontrolüne, mikrobiyolojik güvenliğinden kimyasal bileşimine kadar çok yönlü değerlendirmeler sunmaktadır. Koryazova (2005) tarafından yürütülen araştırmalar, yumurtlamış *Huso huso* × *Acipenser ruthenus* (bester) havyarından pastörize ürün elde edilmesine yönelik teknoloji geliştirme çalışmalarının, geleneksel havyar kalitesi ile rekabet edebilecek düzeyde organoleptik özellik ve raf ömrü sağladığını ortaya koymaktadır. Bu yaklaşım, özellikle intravital ve yeniden kullanılabilir havyar elde etme yöntemlerinin yaygınlaşması bağlamında, ticari üretimde sürdürülebilir ve ekonomik bir model sunmaktadır.

Diğer taraftan havyar ile ilgili yapılan bir çok çalışma sonuçları; yumurtlamış bester havyarından pastörize ürün elde edilmesi, geleneksel havyara yakın kalite, uzun raf ömrü ve gıda güvenliği sağlamaktadır. Tür, genotip ve yetiştirme koşullarının biyolojik performansa etkisi, üretim verimliliğini doğrudan belirlemekte, çevresel ağır metal kontaminasyonunun, ürün güvenilirliği ve ihracat uygunluğu açısından sürekli izlenmesi gereken kritik bir faktör olduğunu belirtmekte, yüksek oranda çoklu doymamış yağ asidi (DHA, EPA) içeriği, Sevruga havyarını besinsel açıdan değerli kılmakta, mikrobiyolojik riskler, hijyen standartlarının artırılması ve endüstriyel işleme yöntemlerinin tercih edilmesi ile azaltılabilmekte ve modern ambalajlama teknikleri, raf ömrü ve kalite korunumu açısından stratejik bir rol oynamakta şeklinde yorumlanabilmektedir (Memis., 2014).

5.4. Havyar Özellikleri

Osetra havyarı, Beluga havyarı ile kıyasla daha küçük tanelere sahip olmakta; tane çapı genellikle 2–3 mm aralığında bulunmaktadır. Renk skalası koyu kahverengiden altın sarısına kadar değişebilmektedir. Sevruga havyarı ise en küçük taneli havyar kategorisinde yer almakta; yumurta boyutları türler arasında belirgin farklılık göstermekte, ancak tür içindeki varyasyonlar sınırlı kalmaktadır. En iri taneler *Huso huso* tarafından üretilmekte; bu türü sırasıyla *Acipenser gueldenstaedtii*, *Acipenser baerii* ve *Acipenser stellatus* izlemektedir (Farag ve ark., 2021).

Diğer Balık Türlerinden Elde Edilen Havyar Ürünleri

Hazar Denizi'ne özgü *Huso* türü mersin balıkları ile *Acipenser* türlerinin doğal stoklarında gözlenen azalma, alternatif balık türlerinden elde edilen havyar ürünlerine yönelik ilgiyi artırmaktadır. Ayrıca suşi ve sashimi gibi Japon mutfağına ait ürünlerin küresel popülaritesi ile

füzyon mutfaklara artan talep, farklı balık türlerinden yumurta bazlı inovatif ürünlerin geliştirilmesini teşvik etmektedir (Bledsoe ve ark., 2003).

5.4.1. Somon Havyarı (*Ikura* ve *Sujiko*)

Başlıca *Oncorhynchus keta* (chum somonu) ve *O. gorbuscha* (pembe somon) türlerinden elde edilmektedir (Bekhit ve ark., 2009).

- *Sujiko*: Yumurtalık kesesiyle birlikte tuzlama uygulanmaktadır.
- *Ikura*: Tek tek ayrılmış yumurtaların işlenmesiyle elde edilmekte, daha fazla hazırlık aşaması gerektirmektedir (Himmelbloom ve Crapo, 1998). Bu ürünler özellikle Japonya'ya ihraç edilmekte; son yıllarda *ikura*'nın popüleritesi hızla artmaktadır.

5.4.2. Lumpfish Havyarı (*Cyclopterus lumpus*)

- Yumurtalar kırmızı veya siyah renkte olmakta, çapı 2–5 mm aralığında değişmektedir.
- Renk, olgunluk düzeyine göre gri-beyazdan kırmızımsı turuncuya dönebilmektedir.
- Tür, ABD, Kanada, Grönland, Norveç ve İzlanda kıyılarında avlanmaktadır. İsveç, Kanada ve İzlanda başlıca üretici ülkelerdir (Mouritsen, 2023). Yüksek tuz oranı ve düşük su aktivitesi sayesinde pastörizasyona dayanıklılık göstermektedir. Raf ömrünü uzatmak amacıyla kitre (tragakant zamkı) ve sodyum benzoat gibi katkıları kullanılabilmektedir (Bledsoe ve ark., 2003).

5.4.3. Yayıngillerden Elde Edilen Havyar (*Ictalurus punctatus*, *Clarias* spp.)

- Paddlefish ve sterlet havyarına benzer duyuşal özellikler sergilemektedir.
- Renk, koyu kömür tonundan altın sarısına kadar değişebilmektedir.
- Besin değeri açısından zengin olup yaklaşık %24,6 protein ve yüksek lösin içeriğı taşımaktadır (Sathivel ve ark., 2009).

5.4.4. Tobiko (*Cheilopogon furcatus*) – Uçan Balık Yumurtası

- Çıtır dokulu, altın-turuncu renklidir ve boyutu ≤ 2 mm'dir.
- Acı biber veya wasabi ile tatlandırıldığında açık yeşil renge boyanabilmektedir (Bekhit, 2022).
- Yüksek talep, ringa (*Clupea* spp.) gibi türlerden taklit üretimi teşvik etmektedir.

5.4.5. Bottarga (*Mugil cephalus*) – Kurutulmuş Kefal Yumurtası

- Yunanistan'da *Avgotaraho*, Fransa'da *Poutargue*, İtalya'da *Bottarga*, Japonya'da *Karasumi* olarak bilinmektedir (Caredde ve ark., 2018).
- Yumurtalar 4–5 saat tuzda kürlenmekte, preslenerek ve havayla kurutularak hazırlanmakta; renk sarı-altın tonlarından koyu kehribar rengine kadar değişmektedir.
- Yüksek balmumu esteri (%60–70) içeriği, ürüne çiğnenebilir doku kazandırmaktadır (Bekhit, 2022).

5.4.6. Morina Yumurtası (*Gadus macrocephalus*, *G. morhua*)

- Tuzlama, şekerle tatlandırma, nitrit ilavesi ve bazen tütsüleme uygulanmaktadır.
- İskandinavya'da tüpte ambalajlı olarak da pazarlanmaktadır (Bledsoe ve ark., 2003).

5.4.7. Kazunoko (*Clupea pallasii*, *C. harengus*)

- Japon mutfağında değerli bir ürün olup düşük yağ (%2–4) ve gevrek yapı ile karakterize edilmektedir.
- En değerli kazunoko, iki yumurtalık kesesinin simetrik biçimde eşleşmesiyle elde edilmektedir (Bekhit, 2022).

5.4.8. Beyaz Balık Yumurtası (*Coregonus* spp., *Prosopium williamsoni*, *Rutilus rutilus* vb.)

- Avrupa'da yaygın olarak salamura edilmekte, bazen tütsülenmektedir.

5.4.9. Mentaiko (*Theragra chalcogramma*)

- Japon ve Kore mutfaklarında yaygın olup baharatlı versiyonları (*karashi mentaiko*) popülerdir (Bekhit, 2022).
- Pembe renklendirme için sodyum nitrit ve askorbik asit gibi katkıları kullanılabilmektedir.

Mersin Balığı Türlerine Göre Havyar Çeşitleri ve Organoleptik Özellikler

1. Almas (Altın Havyar) – Albino mersin balıkları veya Osetra bireylerinden elde edilmektedir; altın-beyaz taneler ve hafif, rafine lezzet profili sergilemektedir.

2. Beluga Havyarı (*Huso huso*) – 2,5–3,5 mm’lik iri taneler, açık gri–siyah renk skalası ve belirgin aromatik yoğunluk ile tanımlanmaktadır.
3. Kaluga Havyarı (*Huso dauricus*) – Beluga’ya benzer iri taneli yapıya sahip olup standart %6 tuzlama uygulanmaktadır.
4. Osetra Havyarı (*Acipenser gueldenstaedtii*) – 1,8–2,2 mm orta boy taneler, altın–kehribar renk ve cevizimsi tat profili taşımaktadır (Özden ve ark., 2018).
5. Schip Havyarı (*Acipenser nudiiventris*) – Hassas işleme gerektiren, nadir bulunan bir türdür.
6. Sevruga Havyarı (*Acipenser stellatus*) – Küçük (1,2–1,6 mm) taneli, gri–siyah renkli ve yoğun aromalıdır.
7. Sterlet Havyarı (*Acipenser ruthenus*) – Küçük siyah taneli, genellikle yerel tüketim için üretilmektedir.

5.5. Dünyada Havyar Üretimi

Havyar üretimi, özellikle *Acipenseridae* familyasına ait mersin balığı türlerinin yetiştirildiği ve doğal popülasyonlarının bulunduğu bölgelerde yoğunlaşmaktadır. En değerli havyar türleri, çoğunlukla Hazar Denizi havzasında yer alan ülkelerden elde edilmektedir (Bledsoe ve ark., 2003).

- **Azerbaycan:** Küresel havyar üretiminin yaklaşık %80’ini karşılamakta olup Hazar Denizi’ne kıyısı sayesinde *Huso huso* (Beluga) ve *Acipenser stellatus* (Sevruga) gibi siyah havyar türlerinin üretiminde önde gelen ülkeler arasında bulunmaktadır.
- **İran:** Tarihsel olarak havyar üretiminin en eski merkezlerinden biri olmakta; özellikle geleneksel yöntemlerle işlenen *Huso huso* havyarı ile tanınmaktadır.
- **Rusya:** Havyarın hem kültürel hem de ticari açıdan önemli merkezlerinden biri olmakta; Hazar Denizi’nden elde edilen siyah havyar, ülkenin başlıca ihracat ürünlerinden birini oluşturmaktadır.
- **Çin:** *Huso dauricus* (Kaluga) ve *Acipenser schrenckii* (Amur mersin balığı) gibi türlerden elde edilen havyar ile son yıllarda üretim kapasitesinde önemli artış sağlamaktadır.
- **Amerika Birleşik Devletleri:** Özellikle *Acipenser transmontanus* (beyaz mersin balığı) türünden, başta Kaliforniya ve Mississippi havzaları olmak üzere çeşitli bölgelerde yetiştiricilik yöntemi ile üretim yapılmaktadır.

- İtalya ve Fransa: Avrupa’da yetiştiriciliğe dayalı havyar üretiminde önde gelen ülkeler arasında yer almaktadır (Özden ve ark., 2018).

Üretim Teknikleri

Modern havyar üretiminde, mersin balıklarından yumurtaların balığın ölümüne neden olmadan alınabilmesini sağlayan teknikler uygulanmaktadır. Bu sürdürülebilir yöntemler şunları içermektedir:

- Balığın yumurtlama döneminde hormon uygulamaları ile ovulasyonun uyarılması,
- Yumurtaların cerrahi müdahale yapılmaksızın (non-invaziv tekniklerle) vücuttan uzaklaştırılması,
- Hasat sonrası balığın yaşatılarak tekrar üretim sistemine veya doğal ortama salınması.

Bu yaklaşımlar, hem türlerin korunmasına hem de uzun vadeli üretim sürdürülebilirliğinin sağlanmasına katkıda bulunmaktadır. Aynı zamanda, geleneksel yöntemlere kıyasla balık refahını artırmakta ve üretim döngüsünü optimize etmektedir (Özden ve ark., 2018).

Küresel havyar endüstrisi, bir yandan yüksek ekonomik değer ve prestijli gastronomik kullanım alanlarıyla ön plana çıkmakta; diğer yandan türlerin korunması, yasa dışı avcılık, habitat kaybı ve ticaretin regülasyonu gibi sürdürülebilirlik zorlukları ile karşı karşıya bulunmaktadır. Özellikle *Acipenseridae* familyası üyelerinin büyük çoğunluğunun IUCN Kırmızı Liste’de tehdit kategorilerinde yer alması, üretim politikalarının sürdürülebilir yetiştiricilik ekseninde yeniden şekillendirilmesini zorunlu kılmaktadır (Farg ve ark., 2021).

Modern havyar üretiminde, ölümsüz hasat (non-lethal harvest) yöntemlerinin kullanılması, stok yönetimi, kapalı devre akuakültür sistemleri (RAS) ve genetik çeşitliliğin korunmasına yönelik ıslah programları yaygınlaşmaktadır. Bu yaklaşım, hem CITES (Nesli Tehlike Altındaki Türlerin Uluslararası Ticaretine İlişkin Sözleşme) yükümlülükleri hem de FAO tarafından belirlenen sürdürülebilir balıkçılık ilkeleri ile uyum göstermektedir.

Tablo 5.4: Başlıca havyar üretici ülkeler, türler ve pazar eğilimleri

Ülke/ Bölge	Başlıca Türler (<i>Latince ad</i>)	Üretim Yöntemi	Sürdürülebilirlik Uygulamaları	Hedef Pazarlar
Azerbaycan	<i>Huso huso</i> , <i>Acipenser stellatus</i>	Yetiştiricilik Doğal Stok	Yerli türlerin stok yönetimi, CITES kotası uygulamaları	AB, Orta Doğu, Asya
İran	<i>Huso huso</i> , <i>Acipenser gueldenstaedtii</i>	Geleneksel Modern	Geleneksel salamura tekniklerinin modern HACCP planlarıyla entegrasyonu	Avrupa, Körfez Ülkeleri
Rusya	<i>Huso huso</i> , <i>Acipenser baerii</i> , <i>A. gueldenstaedtii</i>	Yetiştiricilik + Vahşi	Doğal stokların kapalı sezon yönetimi, genetik koruma programları	Avrupa, Çin, ABD
Çin	<i>Huso dauricus</i> , <i>Acipenser schrenckii</i>	Yoğun Yetiştiricilik	Kapalı devre sistemler, tür hibritizasyon araştırmaları	Küresel
ABD	<i>Acipenser transmontanus</i>	Yetiştiricilik	Düşük tuz teknolojileri, izlenebilirlik etiketleme	Kuzey Amerika, Japonya
İtalya	<i>Acipenser baerii</i> , <i>A. naccarii</i>	Yetiştiricilik	Organik sertifikalı üretim, düşük karbon ayak izi stratejileri	AB iç pazarı, Japonya
Fransa	<i>Acipenser baerii</i>	Yetiştiricilik	PDO/PGI etiketli ürün geliştirme	AB iç pazarı, Çin

Kaynaklar: FAO, 2023; CITES Ticaret Veritabanı; Farag ve ark., 2021, Monfort, M. C. (2002).

5.5.1. Ekonomik ve Ticari Eğilimler

Son on yılda, Çin'in dünya havyar üretimindeki payının hızla artmakta olduğu ve geleneksel üretici ülkelerin (Azerbaycan, İran, Rusya) pazardaki konumlarını korumak amacıyla kalite sertifikasyonu, izlenebilirlik sistemleri ve marka tescili alanında yatırımlar yaptığı görülmektedir (Bledsoe ve ark., 2003). Avrupa Birliği, ithalat ve iç pazarda HACCP, ISO 22000 ve BRCGS gibi gıda güvenliği standartlarının uygulanmasını zorunlu kılmaktadır.

Ayrıca, premium segmentte tüketici talebi kaynağı bilinen, sürdürülebilir yetiştiricilikten elde edilmiş, düşük tuz içeriğine sahip havyar ürünlerine yönelmektedir. Bu durum, üreticileri hem gıda güvenliği regülasyonlarına hem de çevresel sertifikasyon süreçlerine daha fazla entegre olmaya teşvik etmektedir.

5.6. Havyar İkameleri ve Sınıflandırılması

Havyar ikameleri, *Acipenseridae* familyası dışında kalan balık türlerinden, kabuklu deniz canlılarından veya diğer sucul organizmalardan elde edilen yumurta bazlı ürünleri kapsamaktadır. Bu ürünler, genellikle geleneksel havyarın görünümünü, lezzet profilini ve sunum biçimini taklit etmek amacıyla geliştirilmektedir (Tavakoli ve ark., 2021). Gıda teknolojisi açısından bu ürünler, hem duyuşal benzerlik hem de ekonomik erişilebilirlik hedefleri doğrultusunda formüle edilmektedir.

Bronzi ve Rosenthal (2014), havyar ürünlerini altı temel grupta sınıflandırmaktadır:

1. Gerçek Havyar: Bu kategori, yalnızca *Acipenseridae* familyasına ait mersin balıklarının yumurtalarından elde edilen ve geleneksel anlamda “havyar” olarak kabul edilen ürünü ifade etmektedir. Beluga (*Huso huso*), Osietra (*Acipenser gueldenstaedtii*) ve Sevruga (*Acipenser stellatus*) gibi türlerden elde edilen havyarlar, bu grupta yer almakta; yüksek gastronomik değer ve ticari prestij taşımaktadır (Bronzi ve Rosenthal, 2014).
2. İkame Havyar: Mersin balığı dışındaki balık türlerinden örneğin somon (*Salmo salar*), alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) elde edilen yumurtalar bu grupta sınıflandırılmaktadır. Bu ürünler, görünüm açısından gerçek havyara benzemesi amacıyla renklendiriciler ve aroma vericiler gibi gıda katkı maddeleri ile işlenmektedir. Ticari olarak daha erişilebilir olmaları nedeniyle yaygın şekilde pazarlanmaktadır (Bronzi ve Rosenthal, 2014).
3. Taklit Havyar: Deniz balıkları, deniz yosunu, ıstakoz eti gibi deniz ürünleri ile pektin, bal, karabuğday, soya unu ve alg bazlı bileşenler kullanılarak üretilmektedir. Bu ürünler, tat, renk ve yapı bakımından gerçek havyarı taklit etmeyi amaçlamaktadır (Hu ve ark., 2023). Vegan ve vejetaryen tüketici gruplarına yönelik olarak formüle edilen bu ürünler, alternatif protein kaynakları ve sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda değerlendirilmektedir (Bronzi ve Rosenthal, 2014).

4. Havyar Benzetimi: Bu ürünler, fiziksel olarak havyar görünümüne sahip olmamakla birlikte, lezzet profili açısından benzerlik taşımaktadır. Genellikle sürülebilir formda sunulmakta; farklı biyolojik veya bitkisel kaynaklardan elde edilmektedir. Bu türler, gurme mutfaklarda sos veya garnitür olarak kullanılmaktadır (Bronzi ve Rosenthal, 2014).
5. Havyar Türevleri: Gerçek havyar içeriği barındıran ancak farklı şekil, doku veya kullanım biçimine sahip ürünlerdir. Bu ürünler, geleneksel havyar tüketicisi olmayan ancak havyarın prestijini ve lezzet algısını tercih eden tüketici segmentlerine hitap etmektedir. Örneğin, havyar bazlı krema, mousse veya jöle formundaki ürünler bu gruba dâhil edilmektedir (Bronzi ve Rosenthal, 2014).
6. Duyusal Havyar: İçeriğinde gerçek havyar bulunmayan, ancak tat, aroma ve sunum açısından havyar algısı yaratmak amacıyla pazarlanan ürünlerdir. Bu ürünler gıda formunda olabileceği gibi, kozmetik sektöründe kullanılan yenmeyen ürünler şeklinde de sunulabilmektedir. “Havyar” terimi burada daha çok bir pazarlama stratejisi olarak kullanılmakta; ürünün lüks ve rafine algısını güçlendirmektedir (Bronzi ve Rosenthal, 2014).

5.7. Havyarın Ticari Kategorileri

Havyar, üretim yöntemi, tuz konsantrasyonu ve kullanılan yumurtaların fiziksel-kimyasal kalitesine göre farklı ticari kategorilere ayrılmaktadır. Bu kategoriler, ürünün raf ömrü, duyuşal özellikleri ve gastronomik kullanım biçimlerine göre çeşitlilik göstermektedir.

1. Malossol (Hafif Tuzlu Havyar): Malossol havyar, düşük tuz içeriğine (%2–3) sahip olması nedeniyle genellikle yüksek kaliteli ürün kategorisinde değerlendirilmektedir. Üretim süreci aşağıdaki aşamalardan oluşmaktadır:
 - Yakalanan mersin balığı, fiziksel muayene ve kalite kontrolünden geçirilmektedir.
 - Balığın yüzeyindeki mukus ve kontaminantlar temizlenmekte; solungaçların kesilmesiyle kanın akışı sağlanmaktadır (yaklaşık 2–3 dakika).
 - Karın bölgesi kesilerek yumurtalar çıkarılmakta; yumurtalar 1–3 kez yıkanmakta ve tartılmaktadır.
 - %2–3 oranında gıdaya uygun tuz eklenmekte; ürünler 0–3 °C sıcaklıkta muhafaza edilmektedir (Tavakoli ve ark., 2021).

Malossol havyar, koruyucu madde kullanılmaksızın ve dondurulmadan -2 °C ile -3 °C arasında yaklaşık 3 ay süreyle saklanabilmektedir (Tavakoli ve ark., 2021). Bu ürünler, taze tüketim ve gurme sunumlar için tercih edilmektedir.

2. Tuzlu Havyar: Malossol ile benzer üretim aşamaları uygulanmakta; ancak daha uzun raf ömrü sağlamak amacıyla tuz konsantrasyonu %10–12 seviyelerine çıkarılmaktadır. Bu işlem, ürünün mikrobiyolojik stabilitesini artırmakta; ancak duyuşal özelliklerde tuz baskınlığına neden olabilmektedir (Chapman ve Van Eenennaam, 2016). Tuzlu havyar, genellikle ambalajlı ve raf ürünleri olarak pazarlanmaktadır.
3. Preslenmiş Havyar: Preslenmiş havyar, fiziksel bütünlüğü bozulmuş, kabuğu hasar görmüş veya düşük kalite sınıfına giren yumurtalardan elde edilmektedir. Bu ürünler, yoğun aromatik profile ve sürülebilir kıvama sahip olması nedeniyle bazı tüketici segmentleri tarafından özellikle tercih edilmektedir. Genellikle endüstriyel mutfaklarda, sos ve garnitür formunda kullanılmaktadır (Tavakoli ve ark., 2021; Chapman ve Van Eenennaam, 2016).
4. Ovule Olmamış Yumurta (Patentli Yöntemle Elde Edilen Havyar): Bu yenilikçi ve patentli üretim yöntemi, dişi mersin balığının öldürülmeden yumurtlamasını teşvik etmeye dayanmaktadır. Süreç aşağıdaki şekilde yürütülmektedir:
 - Balığa hormon uygulaması veya kesilmeden gerçekleştirilen yapay uyarım teknikleri ile yumurtlama süreci başlatılmaktadır.
 - Yumurtalar, kabuklarının şişmesini ve suda sertleşmesini önleyecek şekilde korunmakta; böylece ürün kalitesi ve canlı stok sürdürülebilirliği birlikte sağlanmaktadır (Chapman ve Van Eenennaam, 2016; Tavakoli ve ark., 2021).

Bu yöntem, hem hayvan refahı hem de sürdürülebilir akuakültür uygulamaları açısından önemli bir yenilik olarak değerlendirilmektedir.

5.8. Havyar Üretiminde HACCP

HACCP (*Hazard Analysis and Critical Control Points* – Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktaları) sistemi, gıda güvenliğini sağlamak amacıyla üretim sürecindeki biyolojik, kimyasal ve fiziksel tehlikelerin sistematik olarak belirlenmekte ve kontrol altına alınmaktadır. Özellikle yüksek ticari değere ve hassas duyuşal özelliklere sahip olan havyar üretiminde, HACCP uygulamaları kritik öneme sahip bulunmaktadır. Bu sistem, gıda güvenliği yönetiminin

önleyici yaklaşımına dayanmaktadır ve prosesin her aşamasında risklerin minimize edilmesini hedeflemektedir.

HACCP Planının Temel Aşamaları:

1. Tehlike Analizi Hammadde (balık yumurtası), işleme adımları, kullanılan ekipman, depolama ve dağıtım süreçleri detaylı olarak analiz edilmektedir. Bu aşamada:
 - Biyolojik tehlikeler: Patojen mikroorganizmalar belirlenmektedir.
 - Kimyasal tehlikeler: Tuz, katkı maddeleri, ağır metal kontaminasyonu (ör. civa, kurşun, kadmiyum) tespit edilmektedir.
 - Fiziksel tehlikeler: Cam parçacıkları, metal kırıntıları, yabancı cisimler gibi fiziksel kontaminantlar değerlendirilmektedir.
2. Kritik Kontrol Noktalarının (KKN) Belirlenmesi: Ürün güvenliği açısından kritik olan proses adımları tespit edilmektedir. Örneğin: yumurta yıkama, tuzlama, pastörizasyon, paketleme gibi aşamalar KKN olarak tanımlanabilmektedir.
3. Kritik Sınırların Tanımlanması: Her bir KKN için ölçülebilir ve doğrulanabilir limitler belirlenmektedir.
4. İzleme Prosedürlerinin Oluşturulması: Her KKN için sıcaklık, zaman, tuz konsantrasyonu, pH ölçümü ve mikrobiyolojik analiz gibi izleme yöntemleri uygulanmaktadır. Sürekli veya periyodik izleme prosedürleri, kritik sınırların aşılıp aşılmadığını tespit etmeye olanak sağlamaktadır.
5. Düzeltici Faaliyetlerin Tanımlanması: Kritik sınırların ihlali durumunda uygulanacak önlemler planlanmaktadır. Örneğin; yeniden pastörizasyon, ürünün ayrı depolanarak analiz edilmesi veya uygun görülmeyen partinin imha edilmesi gibi prosedürler devreye alınmaktadır.
6. Doğrulama Prosedürleri: HACCP planının etkinliği; periyodik mikrobiyolojik testler, ekipman kalibrasyonu, iç denetimler ve proses gözlemleri ile doğrulanmaktadır.
7. Dokümantasyon ve Kayıt Tutma: Tüm proses adımları, izleme sonuçları ve düzeltici faaliyetler kayıt altına alınmaktadır. Kayıtlar, hem izlenebilirlik hem de yetkili denetim kurumlarının incelemeleri açısından zorunlu nitelik taşımaktadır (FAO, 2006; FSA 2018).

Havyar üretiminde gerçekleştirilen toksikolojik analizler, ürünün insan sağlığına zarar verebilecek kimyasal maddeleri içerip içermediğinin belirlenmesini amaçlamaktadır. Bu analizler, hem gıda güvenliğinin sağlanması hem de ulusal ve uluslararası mevzuata uyum açısından kritik önem taşımaktadır.

Temel Toksikolojik Parametreler

1. Ağır Metaller Havyarda kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), civa (Hg) ve arsenik (As) gibi ağır metallerin sınır değerleri kontrol edilmektedir. Bu elementler, özellikle deniz kökenli ürünlerde biyobirikim yoluyla birikme eğilimi göstermektedir. Avrupa Birliği (AB) ve Codex Alimentarius tarafından belirlenen maksimum kalıntı limitleri (MRL) gıda güvenliği açısından referans olarak alınmaktadır (Kohrman ve Chamberlain, 2014; Järup, 2003).
2. Nitrit ve Nitrat tuzlama ve tütsüleme işlemleri sırasında koruyucu olarak kullanılan nitrit (NO_2^-) ve nitrat (NO_3^-) iyonlarının kalıntı düzeyleri izlenmektedir. Aşırı düzeylerde bulunmaları, insan sağlığı açısından methemoglobinemi riski ve nitrozamin oluşumu ile ilişkilendirilmektedir (Nordberg, 2007).
3. Benzoatlar ve Sorbatlar, Potasyum benzoat ($\text{C}_6\text{H}_5\text{COOK}$) ve potasyum sorbat ($\text{C}_6\text{H}_7\text{KO}_2$) gibi gıda koruyucularının, mevzuatta belirtilen maksimum izin verilen konsantrasyonları kontrol edilmektedir. Bu maddelerin sınır değerlerin üzerinde olması, toksikolojik açıdan risk oluşturmaktadır (Darwish ve ark., 2018).
4. Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH) özellikle tütsülenmiş ürünlerde piroliz ve yanma işlemleri sırasında oluşabilen kanserojen bileşikler (ör. benzo[a]piren) analiz edilmektedir. PAH bileşikleri, uluslararası sağlık otoriteleri tarafından grup 1 karsinojen olarak sınıflandırılmaktadır (Jedrychowsk ve ark., 2015).
5. Mikrobiyolojik Güvenlik Toksikolojik analiz sürecinde, gıda kaynaklı patojenlerin varlığı da değerlendirilmektedir. Özellikle mikroorganizmaların tespiti, ürün güvenliği açısından zorunlu kabul edilmektedir (Lee ve ark., 2015).
6. Histamin seviyesi - Histamin, biyojenik aminler arasında yer almakta olup, özellikle ton balığı ve sardalya gibi türlerde gıda zehirlenmesine neden olabilmektedir. Havyar ürünlerinde de histamin düzeyleri izlenmektedir. Avrupa Birliği mevzuatına göre histamin sınır değeri genellikle 100–200 mg/kg arasında değişmektedir (Salama ve ark., 2024; Zhao ve ark., 2014).

5.9. Havyara ait Mikrobiyolojik ve Kimyasal Kriterlerin İnsan Sağlığı ile İlişkisi

Havyar, yüksek protein içeriği, zengin lipid profili ve biyolojik değeri nedeniyle beslenme açısından kıymetli bir gıda olarak değerlendirilmektedir. Ancak bu ürün, üretim sürecinde uygulanan minimal ısı işlem ve yüksek nem içeriği nedeniyle mikrobiyolojik ve kimyasal kontaminasyonlara açık bir matris oluşturmaktadır. Bu bağlamda, havyarda tespit edilen başlıca mikrobiyolojik tehlikeler arasında *E. coli*, koliform grubu bakteriler, *Salmonella* spp., Sülfid redükte eden *Clostridium* spp., *S. aureus* ile maya ve küf florası yer almaktadır. Kimyasal açıdan ise kurşun (Pb), civa (Hg) ve kadmiyum (Cd) gibi ağır metallerin varlığı halk sağlığı açısından toksikolojik risk oluşturmaktadır (Salazar ve ark.,2012; Bortey-Sam ve ark., 2015).

E. coli, fekal kontaminasyonun doğrudan göstergesi olarak kabul edilmekte ve özellikle enterohemorajik suşları (EHEC) ciddi halk sağlığı sorunlarına yol açabilmektedir. Bu patojen, hemolitik üremik sendrom (HUS), akut böbrek yetmezliği ve nörolojik komplikasyonlar gibi ağır klinik tablolarla ilişkilendirilmektedir. Koliform grubu bakteriler ise doğrudan patojen olmasalar da üretim ortamının hijyenik durumunu yansıtan indikatör mikroorganizmalar olarak değerlendirilmektedir. Yüksek koliform düzeyleri, çapraz kontaminasyon riskinin varlığını göstermektedir (Afzal ve ark., 2021).

Salmonella spp., gıda kaynaklı enfeksiyonların en yaygın etkenlerinden biri olarak, havyar gibi doğrudan tüketilen ürünlerde sıfır toleransla izlenmektedir. Bu mikroorganizma, özellikle immün sistemi zayıf bireylerde sistemik enfeksiyonlara ve sepsise neden olabilmektedir (Alali ve ark., 2012; Chia, 2009; Halpin ve ark., 2014). *S. aureus*, enterotoksin üretme kapasitesi nedeniyle gıda kaynaklı intoksikasyonlara yol açabilmekte; bu toksinler ısıya dirençli olduklarından pişirme işlemleriyle inaktive edilememektedir. Tüketim sonrası bulantı, kusma, abdominal ağrı gibi semptomlarla seyreden akut zehirlenmeler meydana gelebilmektedir (Kadariya ve ark., 2014; Darwish ve ark.,2018).

Sülfid redükte eden anaerob bakteriler, özellikle *Clostridium* spp. türleri, spor oluşturan yapıları nedeniyle yetersiz soğutma ve vakumlu ambalaj koşullarında çoğalabilmekte ve toksin üretimiyle gıda kaynaklı toksik enfeksiyonlara neden olabilmektedir. Bu bakteriler, anaerobik ortamda sülfatları indirgeme yeteneği sayesinde bozulmuş ürünlerde kötü koku ve toksik metabolit oluşumuna yol açmaktadır (Lu ve ark., 2015).

Maya ve küf florası, özellikle *Aspergillus* ve *Penicillium* türleri, mikotoksin üretme potansiyeli nedeniyle halk sağlığı açısından önem arz etmektedir. (Jacobs ve ark., 2009; Lahey, 2003).

Kimyasal kontaminantlar arasında yer alan kurşun (Pb), merkezi sinir sistemi üzerinde nörotoksik etkiler göstermekte; özellikle çocuklarda bilişsel gelişim bozukluklarına ve davranışsal sorunlara yol açabilmektedir. Civa (Hg), metilciva formunda sinir hücrelerinde geri dönüşümsüz hasar oluşturarak nörodejeneratif hastalıkların gelişimini tetiklemektedir. Kadmiyum (Cd) ise böbrek fonksiyonlarını olumsuz etkileyerek nefrotoksik tabloların ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Kohrman ve Chamberlain, 2014). Bu ağır metallerin deniz kökenli ürünlerde biyolojik birikim eğilimi göstermesi, havyar gibi ürünlerde düzenli izleme ve mevzuat uyumunu zorunlu kılmaktadır.

Uluslararası düzeyde Codex Alimentarius, Avrupa Birliği Regülasyonları (EC No 2073/2005 ve EC No 1881/2006), ICMSF Gıda Güvenliği Rehberi ve Türk Gıda Kodeksi tarafından belirlenen mikrobiyolojik ve kimyasal limit değerler, havyar ürünlerinin güvenli tüketimi açısından temel referans noktalarını oluşturmaktadır. Azerbaycan Gıda Güvenliği Ajansı'nın 19 ve 20 sayılı kararları ise bölgesel düzeyde havyar üretimi ve kontrol süreçlerine yön vermektedir.

Sonuç olarak, havyar ürünlerinde mikrobiyolojik ve kimyasal kriterlerin insan sağlığı üzerindeki etkileri bilimsel olarak kanıtlanmış olup, bu parametrelerin mevzuata uygun biçimde izlenmesi ve HACCP temelli kontrol sistemlerinin uygulanması, halk sağlığının korunması açısından vazgeçilmez bir gereklilik oluşturmaktadır.

6. YÖNTEM

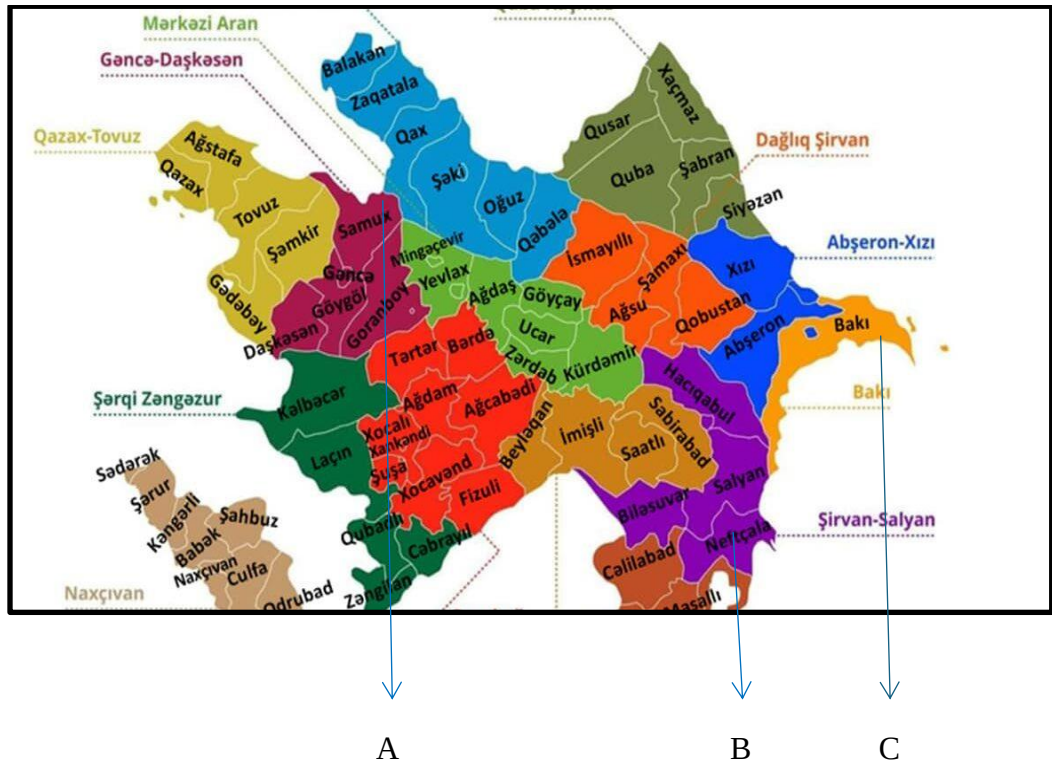
6.1. Araştırma Alanı ve Numune Toplama

Bu araştırmanın önemi, yalnızca bir gıda maddesindeki kontaminasyon düzeylerinin tespit edilmesiyle sınırlı değildir. Aynı zamanda, Türkiye'nin ve dünyanın farklı bölgelerine ihraç edilen havyar gibi yüksek katma değerli ve özel ürünlerde gıda güvenliği parametrelerinin belirlenmesi açısından da stratejik bir rol üstlenmektedir. Özellikle su ürünleri sektöründe, kalite ve güvenilirlik kriterlerinin uluslararası standartlara uygun biçimde tanımlanması, hem ticari sürdürülebilirlik hem de halk sağlığının korunması açısından kritik bir gerekliliktir. Çalışmanın sınırlılıkları arasında, numunelerin sadece Azerbaycan'ın Hazar gölü havzasındaki 3 bölgeye ait çiftliklerden temin edilen örneklerle yürütülerek bu kapsamda seçilmiş mikroorganizmalar ile ağır metallerin incelenmiş olması yer almaktadır. Bunun yanında numune sayısının ve örnek alma döneminin belirli sınırlar içinde tutulmuş olması, genellenebilirliği sınırlayan unsurlardır. Bununla birlikte, bu tez gelecekte yapılacak daha geniş kapsamlı çalışmalar için bir ön araştırma niteliği taşımaktadır.

Bu çalışma, Azerbaycan'ın Mingeçevir, Neftçala ve Bakı (Şekil 6.1.) olmak üzere üç farklı bölgesinde bulunan *Acipenser stellatus* yetiştirme çiftlikleri kökenli orijinal 30 gr'lık ambalajlarında bulunan toplam 60 adet Sevruga (*Acipenser stellatus*) havyarı örneği üzerinde gerçekleştirilmiştir (Tablo 6.1). Söz konusu bölgelerin seçiminde, tatlı su ve deniz etkisinin bir arada görüldüğü ekosistem yapılarına dikkat edilmiş olup, çevresel faktörlerin gıda kalitesi üzerindeki etkilerini gözlemlemek istenmiştir. Sevruga (*Acipenser stellatus*) havyarı soğuk zincir kurallarına uygun olarak termobox (-4°C ile 0°C arasında) çantalar vasıtasıyla en kısa sürede laboratuvara ulaştırılmıştır. Daha sonra havyar örneklerin bekletilmeden mikrobiyolojik ve ağır metal analizlerinin yapılmasına başlanılmıştır.

Tablo 6.1: Sevruga Havyarı örneklerin temin edildiği bölgeler

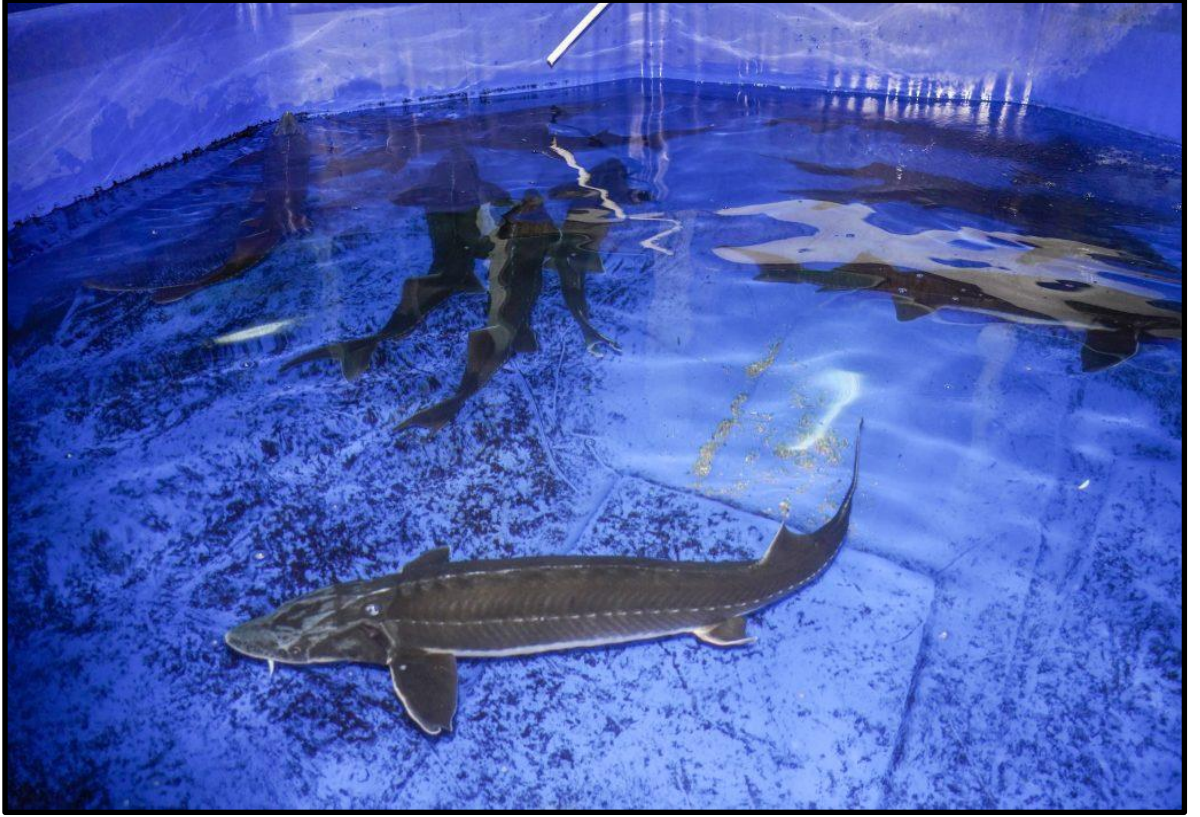
<i>İller</i>	<i>Sayı</i>	<i>% oranı</i>
Mingeçevir	30	%50
Neftçala	20	%33,4
Bakı	10	%16,6
Toplam	60	%100

Şekil 6.1: Örneklerin temin edildiği bölgeler

- A. Mingacevir
- B. Neftçala
- C. Baki



Şekil 6.2: Mersin balıĝ üretim havuzlari.



Şekil 6.3: Üretim havuzları içerisinde mersin balıkları.

6.2. Mikrobiyolojik Analizler

Orijinal ambalajında (30 g) temin edilen havyar örneklerinde (koliform grubu bakteriler, *E. coli*, *Salmonella* spp., sülfite redükte eden *Clostridium* spp., *S. aureus* ile maya ve küf) mikroorganizmalarının varlığı, ISO standartlarına uygun olarak incelenmiştir. Mikrobiyolojik analizler kapsamında, her bir mikroorganizma için tanımlanmış spesifik besiyerleri kullanılmış olup; söz konusu besiyerleri, uluslararası kalite sertifikalarına sahip ticari üreticilerden temin edilmiştir.

Analizler için gerekli numune miktarları, *Salmonella*’da 25 gr, diğerlerinde ise genellikle 10 gram olacak şekilde, aseptik koşullarda alınarak steril ortamda hazırlanmış uygun seyreltiler aracılığıyla değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Her mikroorganizma için inkübasyon süreleri ve sıcaklık parametreleri, ilgili TS EN ISO standardında belirtilen protokollere göre optimize edilerek, aerobik ve anaerobik inkübasyon koşulları, hedef mikroorganizmanın metabolik özelliklerine göre ayarlanmıştır.

Bu bağlamda, koliform grubu bakterilerin tespiti için ISO 4832 (2006), *E. coli* sayımı için TS EN ISO 16649-2 (2001), *Salmonella* spp. varlığı için EN ISO 6579-1 (2017), sülfite redükte eden *Clostridium* spp. için ISO/TS 15213-3 (2024), *S. aureus* sayımı için ISO 6888-1 (2021), maya ve küf tespiti için ISO 21527-1 (2008) teknikleri kullanılmıştır.

6.2.1. Koliform grubu bakterilerin izolasyon ve identifikasyonu

10 g havyar örneği, 90 mL %0,1 pepton içeren Maximum Recovery Diluent (MRD; Oxoid CM 0733, İngiltere) çözeltisine aseptik koşullarda eklenerek stomacher cihazı yardımıyla 1 dakika süreyle homojenize edilmiştir. Elde edilen süspansiyon üzerinden, 10^{-1} ile 10^{-3} aralığında üçlü tekrarlı seri dilüsyonlar hazırlanmakta; ardından, yüzeye yayım yöntemiyle Violet Red Bile Agar (VRBA; Merck 1.01406) besiyerine ekim işlemi gerçekleştirilmiştir (TS EN ISO 4832: 2006).

Ekim yapılan petri plakları, 37 ± 1 °C sıcaklıkta 24 saat süreyle inkübasyona tabi tutulmuştur. İnkübasyon sonrasında, VRBA ortamında gelişen somon-pembe ve kırmızı tonlarında, çapı ≥ 0.5 mm olan, kırmızı-mor renkte ve çevresinde çöküntü halkası oluşturan tipik koliform kolonileri olarak değerlendirilmektedir. Şüpheli olarak tanımlanan pozitif kolonilerden Brilliant Green Bile Broth (BGBB; Merck 1.05454) aktarılarak doğrulama testleri (gaz üretimi ve laktoz fermentasyon aktivitesi) yapılmak durumundadır.

6.2.2. *Escherichia coli*

Bu çalışmada, 30 gr'lık orgjinal ambalaj içerisinde aseptik koşullarda toplam 10 g havyar örneği kullanılmıştır. Numune, steril stomacher torbasına aseptik koşullarda alınmakta ve üzerine 90 mL MRD çözeltisi eklenmiştir. Homojenizasyon işlemi, stomacher cihazı kullanılarak 120 saniye süreyle sabit hızda gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen süspansiyon, sayım amacıyla 1:10 oranında seyreltildikten sonra Tryptone-Bile-Glucuronide Agar (TBX Agar; Oxoid CM0945) ortamına yüzey yayma tekniğiyle inoküle edilmiştir. İnokülasyonu gerçekleştirilen petri plakları, $44 \pm 1^\circ\text{C}$ sıcaklıkta, 24 ± 2 saat süreyle aerobik inkübasyon koşullarında tutulmuştur. Bu inkübasyon süreci sonunda, β -glukuronidaz pozitif *E. coli* kolonileri, TBX ortamında karakteristik olarak mavi-yeşil renkte gelişmekte ve diğer mikroorganizmalarla morfolojik olarak ayırt edilebilmektedir (TS EN ISO 16649-2: 2001).

6.2.3. *Salmonella* spp.

Bu çalışmada, toplam 25 g ağırlığında ambalajlı havyar örneği kullanılmıştır. Her bir numune, aseptik koşullarda steril stomacher torbasına alınmış ve ardından 225 mL hacminde tamponlanmış peptonlu su (Buffered Peptone Water; Oxoid CM0509B) ile 120 saniye süreyle homojenize edilmiştir. Bu ön zenginleştirme işlemi, özellikle *Salmonella* spp. gibi fekal kaynaklı patojen mikroorganizmaların selektif olmayan koşullarda reaktivasyonunu sağlamak amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen süspansiyon, 1:10 oranında seyreltildikten sonra selektif zenginleştirme ve izolasyon amacıyla farklı besiyerlerine inoküle edilmiştir. Bu kapsamda, 1.0 mL tamponlanmış peptonlu su (Buffered Peptone Water, BPW) süspansiyonu, 10 mL hacmindeki Müller-Kauffmann Tetrathionate Novobiocin Broth (MKTTn Broth) ve Rappaport-Vassiliadis Soy Broth (RVS Broth) ortamlarına aktarılmıştır. Ardından, selektif izolasyon amacıyla Xylose Lysine Deoxycholate Agar (XLD; Merck 1.05287) plaklarına yüzey yayma tekniğiyle ekim yapılmıştır. İnokülasyonu gerçekleştirilen plaklar, $37 \pm 1^\circ\text{C}$ sıcaklıkta, 18–24 saat süreyle aerobik inkübasyon koşullarında tutulmuştur. İnküasyon sürecinin tamamlanmasının ardından, Xylose Lysine Deoxycholate Agar (XLD; Merck 1.05287) ortamında *Salmonella* türlerine özgü morfolojik özellikler taşıyan, siyah merkezli kırmızı renkte koloniler gözlenmemiştir (EN ISO 6579-1: 2017).

6.2.4. Sülfite redükte eden *Clostridium* spp. sayımı

Bu çalışmada, 30 gr'lık orjinal ambalaj içerisinde aseptik koşullarda toplam 10 g havyar örneği kullanılmıştır. Havyar numuneleri %0,9'luk fizyolojik tuzlu su (FTS) ile dilüe edilmiştir.

Yayma kültürel sayım tekniğinde ilgili dilusyondan nümunesinden 1 ml alınarak boş petri kutusuna aktarılmış ve üzerine 15 ml Tryptose Sulfite Cycloserine (TSC) Agar besiyeri dökülmüştür. TSC agar üzerine 0.1 ml örnek Drigalski spatülü yardımı ile yayılmıştır. Yayılmış sıvı absorbe edildikten sonra üzerine tekrar 10 ml TSC agar dökülmüştür. Besiyer katılaştıktan sonra aynı besiyerden petrinin yüzeyini örtecek şekilde 10 ml daha ilave edilmiştir. Katılaşmasını beklenmiş ve kapaklar üstte gelecek şekilde anaerob inkübatörde 35-37°C'de 24 saat bekletilmiştir. İnkübasyon sürecinin tamamlanmasının ardından, Tryptose Sulfite Cycloserine (TSC) Agar besiyerinde *Cl. perfringens* türlerine özgü karakteristik siyah renkli koloni oluşumu pozitif olarak bilinmektedir (ISO/TS 15213-3: 2024).

6.2.5. *Staphylococcus aureus*

Bu çalışmada, 30 gr'lık orjinal ambalaj içerisinde aseptik koşullarda toplam 10 g havyar örneği kullanılmıştır. 90ml (1/9 oranında), %0,9'luk fizyolojik tuzlu su (FTS) eklenmiş ve stomacher ile 2 dakika süre ile homojenize edilmiştir. Daha sonra vortekste (Velp Scientifica, İspanya) karıştırılan tüpten 1 ml alınarak dilüsyonlar hazırlanmıştır. Mikroorganizmaların sayımı için, Braid Parker Agar (Oxoid CM 0275) kullanılmıştır. Plaklar 37°C'de 48 saat etüvde inkübe edildikten sonra bakteri gelişimi doğrultusunda sayılmıştır.

6.2.6. Maya ve küfler

30 gr'lık orjinal ambalaj içerisinde aseptik koşullarda toplam 10 g havyar örneği alınarak MRD seyreltici çözeltide 2 dakika homojenize edilmiştir. Elde edilen süspansiyon, 10^{-1} 'den başlayarak 10^{-6} seviyesine kadar seri olarak seyreltilmiştir. Daha sonra her bir dilusyondan 0,1 ml'lik örnek alınıp, seçici özellikteki Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol Agar (DRBC; Merck 1.00466) besiyeri yüzeyine yayma yöntemiyle inoküle edilmiştir. Hazırlanan plaklar, aerobik koşullarda 25°C sıcaklıkta 5 gün boyunca inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi sonunda petri plakları küf ve maya varlığı bakımından değerlendirilmiştir.

6.3. Ağır Metaller

Ağır metaller, çevresel kontaminasyonun bir sonucu olarak gıda zincirine dahil olabilen ve insan sağlığı üzerinde toksik etkiler yaratabilen elementlerdir. Havyar gibi hayvansal ürünlerde bu metallerin izlenmesi, hem tüketici sağlığını korumak hem de ulusal ve uluslararası gıda güvenliği standartlarına uyum sağlamak açısından kritik öneme sahiptir. TS EN ISO 17294-2 (2023) standardı, ağır metallerin tespiti için yüksek hassasiyetli bir yöntem sunmaktadır. TS EN ISO 17294-2 (2023) standardına uygun şekilde, ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) yöntemiyle belirlenmiştir.

Havyarda olası ağır metal kontaminasyonunu belirlemek amacıyla yapılan analizlerde, TS EN ISO 17294-2 (2023) ve bu standarda paralel olan NMKL 186, 2007 ve AOAC 999.10 standartları referans alınmıştır. Sevruga havyarı numuneleri, kurşun (Pb), kadmiyum (Cd) ve civa (Hg) gibi sağlık açısından önem arz eden iz elementler bakımından değerlendirilmiştir.

Her numuneden yaklaşık 3 eşit miktarda 0.1 gramlık numuneler tartılarak, mikrodalga yakma cihazının (Berghof, Speedwave Xpert) teflon yakma kaplarına konulmuş ve sırasıyla üzerine 5 ml HNO₃ ve 3 ml H₂O₂ çözeltileri eklenerek karıştırılmıştır. Karıştırma işlemi bittikten sonra 10 dakika beklenilip yakma kaplarının ağzı kapatılarak sindirime tabi tutulmuştur. Mineralizasyon sonrası hacim distile su ile 25 ml'ye tamamlanmış ve süzülerek ICP-MS analizine uygun hale getirilmiştir.

ICP-MS cihazında yürütülmüş ve iç standartlar kullanılarak matris etkileri kontrol altına alınmıştır. Kalibrasyon, çoklu konsantrasyonlarda hazırlanmış standart çözeltiler ile gerçekleştirilmiş ve analizler tamamlanmıştır.

7. BULGULAR

7.1. Koliform Grubu Bakteriler

Koliform grubu bakteriler, su ve gıdalarda hijyen seviyesi ve fekal kontaminasyonun göstergesi olarak kabul edilmektedir. Azerbaycan'ın Neftçala, Mingəçevir ve Bakı bölgelerinden temin edilen toplam 60 adet alınan sevruga havyar numunesinde koliform grubu bakteri tespit edilememiştir (<10 kob/g). Elde edilen sonuçlara göre havyar numuneleri koliform grubu bakteri sayısı açısından standartlar ile uyumludur. Mikrobiyolojik açıdan temiz olduğunu desteklemektedir. Koliform grubu bakteri sayısının tespit edilememesi, sevruga havyarı üretim ve işleme koşullarının hijyenik olduğunu göstermektedir.

Tablo 7.1: Sevruga havyarı numunelerinde koliform grubu bakteri sayısı.

Numune sayısı	Koliform grubu bakteri saptanamayan numune sayısı	Koliform grubu bakteri tespit edilen numune sayısı
60 adet	60 (< 10 kob/g)	0

7.2. *Escherichia coli*

E. coli, fekal kaynaklı olabilecek bir bakteri türü olup Enterobacterales familyası üyesidir. Etken su ve su ürünlerinde sağlık açısından önemli riskler oluşturabilir. Azerbaycan'ın Neftçala, Mingəçevir ve Bakı bölgelerinden temine edilen toplam 60 adet alınan sevruga havyar numunesinde beta-glukuronidaz pozitif *E. coli* düzeyleri tespit edilememiştir (<10 kob/g). Bulgular, ürünlerin fekal kaynaklı kontaminasyondan arınmış olduğunu ve üretim-hijyen zincirinin uygun şekilde sürdürüldüğüne işaret etmektedir.

Tablo 7.2: Sevruga havyarı numunelerinde *Escherichia coli* sayısı.

Numune sayı	<i>E. coli</i> saptanamayan numune sayısı	<i>E. coli</i> tespit tespit edilen numune sayısı
60 adet	60 (< 10 kob/g)	0

7.3. *Salmonella* spp.

Salmonella türleri, gıda kaynaklı enfeksiyonların en yaygın patojenlerinden biridir. Çalışma kapsamında analiz edilen toplam 60 adet sevruga havaryı numunelerinde *Salmonella* spp. varlığı saptanamamıştır (0 kob/25 g). Bulgular, havyar örneklerinin fekal kaynaklı kontaminasyondan arınmış olduğunu ve üretim-hijyen zincirinin uygun şekilde sürdürüldüğünü göstermektedir.

Tablo 7.3: Sevruga havaryı numunelerinde *Salmonella* spp. varlığı.

Numune sayısı	<i>Salmonella</i> spp. saptanamayan numune sayısı	<i>Salmonella</i> spp. tespit edilen numune sayısı
60 adet	60 (0 kob/25 g)	0

7.4. Sülfite redükte eden *Clostridium* spp.

Sülfite redükte eden *Clostridium* spp., anaerob koşullarda sülfür bileşiklerini indirgeme yeteneğine sahip bakterilerdir. Analiz edilen toplam 60 adet sevruga havaryı numunesinin tamamında Sülfite redükte eden *Clostridium* spp. belirlenememiştir (<10 kob/g). Bu sonuçlara göre, havyar numuneleri Sülfite redükte eden *Clostridium* spp., açısından temiz ve güvenilirdir. Sülfidredüktif anaerob bakterilerin yokluğu, özellikle ürünlerin bozulma ve toksin oluşumu riskinin düşük olduğuna işaret etmektedir.

Tablo 7.4: Sevruga havaryı numunelerinde sülfite redükte eden *Clostridium* spp. sayısı.

Numune sayı	Sülfite redükte eden <i>Clostridium</i> spp. saptanamayan numune sayısı	Sülfite redükte eden <i>Clostridium</i> spp. tespit edilen numune sayısı
60 adet	60 (< 10 kob/g)	0

7.5. *Staphylococcus aureus*

S. aureus, gıda zehirlenmesine yol açabilen önemli bir patojendir. Azerbaycan'ın Neftçala, Mingəçevir ve Bakı bölgelerinden temin edilen toplam 60 adet alınan sevruga havyar numunesinde *S. aureus* tespit edilememiştir (<10 kob/g). Bu durum, havyar numunelerinin patojen stafilokok bakteri açısından güvenli olduğunu göstermektedir.

Tablo 7.5: Sevruga havvarı numunelerinde *S. aureus* sayısı.

Numune sayı	<i>S. aureus</i> saptanamayan numune sayısı	<i>S. aureus</i> tespit edilen numune sayısı
60 adet	< 10 kob/g	0

7.6. Maya-Küf

Maya ve küfler, gıdaların bozulmasına neden olabilecek mikroorganizmalardır. Çalışma kapsamında analiz edilen toplam 60 adet sevruga havvarı numunelerinde may ve küf sayısı tespit limitleri altında bulunmuştur (<10 kob/g). Elde edilen sonuç, havvar numunelerinin raf ömrü açısından olumlu bir işaret olup, ürünlerin uygun saklama koşullarında kalitesini koruyabileceğini göstermektedir. Maya ve küf sayısı bakımından yasal bir üst limit tanımlı olmamakla birlikte, tespit edilen sonuçlar özellikle raf ömrü açısından olumlu olarak değerlendirilmektedir.

Tablo 7.6: Sevruga havvarı numunelerinde maya ve küflerin sayısı.

Numune sayı	Maya ve küflerin saptanamadığı numune sayısı	Maya ve küf tespit edilen numune sayısı
60 adet	60 (< 10 kob/g)	0

7.7. Ağır Metaller

Azerbaycan'ın Neftçala, Mingəçevir ve Bakı bölgelerinden temin edilen toplam 60 adet alınan sevruga havvar numunesinde halk sağlığı bakımından büyük önem taşıyan Hg, Pb ve Cd düzeyi incelenmiştir.

7.7.1. Civa Düzeyleri

Civa, çevresel ve sağlık açısından toksik etkileri olan bir ağır metaldir. ICP-MS cihazı ile yapılan analizler sonucunda sevruga havvarındaki civa düzeylerinin 0,0001 mg/kg ile 0,005 mg/kg arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 7.7). Ayrıca, Sevruga havvarı numunelerinde Hg bakımından standart maksimum kabul edilebilir limit değerleri $\leq 0,5$ mg/kg olarak belirtilmekte olup (AQTA standardı); tüm havvar numunelerindeki civa düzeyi kabul

edilebilir limit değerin altında bulunmuştur. Bu bulgular, havyar numunelerinin çevresel kirlilikten hiç etkilenmediği yada oldukça sınırlı düzeyde etkilendiği göstermekte olup Azerbaycan kökenli havyarı tüketici sağlığı bakımından güvenli olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 7.7: Sevruga havyarı numunelerinde civa tespiti

Numune sayısı	Civa tespit edilen numune sayısı	Civa tespit limiti ($\leq 0,5$ mg/kg) üzeri numune sayısı
60 adet	60 (0,0001 – 0,005 mg/kg)	0

7.7.2. Kurşun Düzeyleri

Kurşun da sağlık açısından risk teşkil eden ağır metallere biridir. Azerbaycan'ın Neftçala, Mingeçevir ve Bakı bölgelerinden temin edilen toplam 60 adet alınan sevruga havyar numunesinde kurşun düzeyleri 59 (% 98,3) örnekte $<0,02$ mg/kg ile $0,18$ mg/kg arası düzeyde saptanmıştır. İncelenen örnekler için maksimum kabul edilebilir limit değeri $\leq 0,3$ mg/kg'dır. Diğer taraftan, 1 (%1,7) adet sevruga havyarı numunesinde (No:25) kurşun değeri $0,4$ mg/kg tespit edilmiş olup, kabul edilebilir limit değerlerinin üzerindedir. Bu sonuç, ürünlerin kurşun kirliliği açısından zararsız olduğunu ve güvenle tüketilebileceğini göstermektedir.

Tablo 7.8: Sevruga havyarı numunelerinde kurşun tespiti

Numune sayısı	Limit değeri altı kurşun tespit edilen numune sayısı	Kurşun tespit limiti ($\leq 0,3$ mg/kg) üzeri numune sayısı
60 adet	59 ($0,02-0,18$ mg/kg)	1 ($0,4$ mg/kg)

7.7.3. Kadmiyum (Cd) Düzeyleri

Kadmiyum, toksik etkileriyle bilinen bir diğer ağır metal çeşididir. AQTA standardında (2020) balık ve balık ürünleri için kadmiyum bakımından maksimum kabul edilebilir limit değeri $0,05$ mg/kg'dır. Bu bağlamda incelenen 59 (% 98,3) sevruga havyarı numunesinde kadmiyum değeri $0,0025$ mg/kg'ın altında saptanmıştır. Diğer taraftan, 1 (%1,7) adet sevruga havyar örneğinde kadmiyum düzeyi $0,01$ mg/kg olarak belirlenmiş olsa da tespit edilen değeri maksimum kabul edilebilir limitler içerisinde yer aldığından sakınca bulunmamaktadır. Elde

edilen bulgular, incelenen sevruga havvarı örneklerinin kadmiyumdan kaynaklı sağlık riski taşımadığını ve çevresel kontaminasyonun minimal olduğunu göstermektedir.

Tablo 7.8: Sevruga havvarı numunelerinde kadmiyum tespiti

Numune sayı	Limit değeri altı kadmiyum tespit edilen numune sayısı	Kadmiyum tespit limiti üzeri numune sayısı
60 adet	59 (<0,0025 mg/kg) 1 (0.01 mg/kg)	0

8. TARTIŞMA

Havyar gibi delikat gıda maddeleri yüksek biyolojik değer taşıyan protein içeriği ve genellikle düşük ısıl işlem uygulanmaları nedeniyle mikrobiyal kontaminasyona açık gıda kategorisinde yer almaktadır. Koliform grubu bakteriler, su ve gıda ürünlerinde hijyen seviyesinin ve fekal kaynaklı kontaminasyonun belirlenmesinde temel mikrobiyolojik göstergelerden biri olarak kabul edilmektedir (Jay ve ark., 2003). Bu çalışmada analiz edilen numunelerin tümünde (%100) koliform grubu bakteri tespit limitinin altında (<10 kob/g) saptanmıştır. Bu bulgulara göre, analiz edilen sevruga havyarı örneklerinin mikrobiyolojik açıdan uygun olduğu ve üretim sürecinin hijyenik koşullar altında yürütüldüğü değerlendirilmektedir.

Gönülal ve ark. (2017), Karadeniz menşeli hamsi örneklerinde koliform negatiflik oranını %92 olarak bildirmiştir. Bu çalışmada elde edilen yüksek negatiflik oranının, üretim ortamının mikrobiyolojik güvenliği açısından uygunluğunu ifade ettiği bildirilmektedir (Gönülal ve ark., 2017). İlave olarak, Codex Alimentarius (2020) rehberinde, koliform grubu bakterilerin yokluğu, iyi hijyen uygulamalarının doğrudan bir göstergesi olarak tanımlanmıştır. Özellikle gıda işleme ortamlarında koliformların tespit edilmemesi, çapraz kontaminasyonun önlendiğini ve sanitasyon protokollerinin etkin biçimde uygulandığını gösterdiği ifade edilmektedir. EFSA (2023) verilerine göre ise, Avrupa genelinde bildirilen gıda kaynaklı salgınların önemli bir kısmı koliform kontaminasyonu ile ilişkilendirilmiştir. Bu bağlamda, çalışmada elde edilen prevalans değerinin halk sağlığı açısından olumlu olduğu değerlendirilmektedir. İlave olarak, koliform grubu bakterilerin yokluğu veya çok düşük düzeyde bulunması, üretim ve işleme koşullarının HACCP sistemine uygun biçimde yürütüldüğünü ve kritik kontrol noktalarının başarıyla yönetildiğini göstermektedir. Özellikle su kalitesi, ekipman sanitasyonu ve personel hijyenine yönelik uygulamaların etkinliği, bu mikrobiyolojik bulgularla desteklenmektedir. Ayrıca, analiz edilen sevruga havyarı numunelerinde koliform grubu bakteri prevalansı ürünlerin raf ömrü ve duyu kalitesi açısından da olumlu bir gösterge olarak değerlendirilmektedir.

E. coli, genellikle insan ve hayvanların bağırsak florasında doğal olarak bulunan, ancak bazı patojenik suşları ile ciddi gastrointestinal enfeksiyonlara neden olabilen bir bakteridir. Gıda

endüstrisinde *E. coli*, hijyen göstergesi indikatör mikroorganizma olarak değerlendirilmekte olup, özellikle hayvansal kaynaklı gıdalarda etkenin varlığı, üretim ve işleme koşullarının mikrobiyolojik güvenliği hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. İlave olarak, *E. coli*, fekal orijinli kontaminasyonun en yaygın ve en kritik göstergelerinden biri olarak gıda güvenliği değerlendirmelerinde kullanılmaktadır (EFSA, 2023). Bu bağlamda, *E. coli* düzeylerinin düzenli olarak izlenmesi, hem ürün güvenliği hem de halk sağlığının korunması açısından zorunluluk arz etmektedir. Özellikle çiğ olarak tüketilen ve yüksek katma değere sahip olan havyar gibi ürünlerde, potansiyel patojen riski nedeniyle düzenli mikrobiyolojik izleme yapılması gerekmektedir. Nitekim, Jay ve ark., (2003) *E. coli* varlığının fekal kontaminasyonun doğrudan göstergesi olduğunu ve gıda üretim zincirinde hijyen kontrolünün başarısını değerlendirmede temel parametre olarak kullanıldığını belirtmiştir. Codex Alimentarius (2020) rehberinde, *E. coli*'nin yokluğu, iyi hijyen uygulamalarının ve sanitasyon protokollerinin etkinliğini gösteren bir kriter olarak tanımlanmıştır.

E. coli fekal kaynaklı kontaminasyonun en temel mikrobiyolojik göstergelerinden biri olup, gıda güvenliği açısından kritik öneme sahip olup, özellikle beta-glukuronidaz pozitif *E. coli* suşları, gıda kaynaklı enfeksiyonlara neden olabilmekte ve halk sağlığı açısından risk teşkil etmektedir (Feng ve ark., 2020). Bu çalışmada analiz edilen tüm numunelerde *E. coli* düzeyleri <10 kob/g olarak tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular, üretim ortamında HACCP sistemine uygun olarak yürütülen hijyen ve sanitasyon uygulamalarının etkinliğini ortaya koymaktadır. Özellikle personel hijyeni, ekipman dezenfeksiyonu ve su kalitesi gibi kritik kontrol noktalarının başarıyla yönetildiği anlaşılmaktadır. *E. coli*'nin yokluğu, ürünlerin fekal kaynaklı kontaminasyona maruz kalmadığını ve tüketici sağlığı açısından güvenli olduğunu göstermektedir. Bu durum, hem ulusal hem de uluslararası gıda güvenliği standartlarıyla uyumlu bir üretim pratiğine işaret etmektedir.

Salmonella türleri, gıda kaynaklı zoonotik enfeksiyonların en yaygın etkenlerinden biri olarak gıda güvenliği alanında kritik bir tehdit oluşturmaktadır (EFSA, 2023). Özellikle çiğ olarak tüketilen ve yüksek katma değere sahip hayvansal ürünler arasında yer alan havyar, patojen mikroorganizmaların varlığı açısından düzenli olarak izlenmesi gereken ürün grupları arasında bulunmaktadır.

Havyar dahil balık ürünleri, özellikle işlenmemiş veya düşük sıcaklıkta ısıtılma tabi tutulmuşsa, fekal kaynaklı patojen mikroorganizmalar açısından potansiyel bir risk teşkil

etmektedir. Bu bağlamda *Salmonella* spp., gıda kaynaklı enfeksiyonlar arasında en yaygın ve halk sağlığı açısından en tehlikeli patojenlerden biri olarak değerlendirilmektedir.

Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) tarafından yayımlanan güncel raporlara göre, her yıl milyonlarca salmonelloz vakasının kaynağında kontamine hayvansal gıda ürünleri yer almaktadır. Bu nedenle, yüksek ekonomik değere sahip havyar ürünlerinin düzenli mikrobiyolojik denetim altında tutulması, yalnızca halk sağlığının korunması açısından değil, aynı zamanda uluslararası ticarette ihracat güvenilirliğinin sağlanması bakımından da zorunluluk arz etmektedir.

EFSA (European Food Safety Authority, 2023) verilerine göre, Avrupa genelinde bildirilen salmonelloz vakalarının %40'ı kontamine hayvansal ürün tüketimiyle ilişkilendirilmiştir. Bu bağlamda, ürünlerde *Salmonella* spp. varlığının tespit edilmemesi, halk sağlığı açısından son derece olumlu bir bulgudur. Jay ve ark., (2003) gıda üretim zincirinde *Salmonella* kontaminasyonunun genellikle yetersiz sanitasyon, çapraz kontaminasyon ve personel hijyeni eksikliklerinden kaynaklandığını belirtmiştir.

Salmonella türleri, gıda kaynaklı zoonotik enfeksiyonların en yaygın etkenlerinden biri olup, özellikle hayvansal kökenli ürünlerde fekal kontaminasyonun doğrudan göstergesi olarak kabul edilmektedir (Scallan ve ark., 2011). Scallan ve ark. (2011), analiz edilen tüm numunelerde *Salmonella* spp. varlığı “tespit edilmemiştir” olarak rapor etmişlerdir. Mikrobiyolojik analizlerde 0 kob/25 g düzeyinde sonuç elde edilmesi, ürünlerin fekal kaynaklı kontaminasyondan arınmış olduğunu ve üretim sürecinin hijyenik koşullarda yürütüldüğüne işaret etmektedir. Aynı zamanda çalışmada elde edilen %100 negatiflik oranı, bölgesel ortalamanın üzerinde bir hijyen başarısını göstermektedir. Nitekim, elde edilen bulgular üretim ortamında HACCP sistemine uygun olarak yürütülen hijyen ve sanitasyon uygulamalarının etkinliğini ortaya koymaktadır. Özellikle su kalitesi, ekipman dezenfeksiyonu ve personel hijyenine yönelik kontrol noktalarının başarıyla yönetildiği anlaşılmaktadır. Bu durum, hem ulusal hem de uluslararası gıda güvenliği regülasyonlarıyla uyumlu bir üretim pratiğine işaret etmektedir.

Gibson ve Barker (1979), sülfite redükte eden *Clostridium* spp.,'nin özellikle *Desulfovibrio* ve *Desulfotomaculum* türlerinin gıda ortamlarında H₂S üretimi yoluyla duyuşal bozulmaya neden olabileceğini ve toksik metabolitler oluşturabileceğini belirtmiştir. ICMSF (2002) kriterlerine

göre, sülfite redükte eden *Clostridium* spp.'nin <10 kob/g düzeyinde bulunması, ürünün mikrobiyolojik stabilitesi açısından güvenli kabul edilmektedir. Çalışmamızda elde edilen <10 kob/g düzeyleri yüksek hijyen başarısına işaret etmektedir.

ISO/TS 15213-3 (2024) standardı, özellikle sülfite redükte eden *Clostridium* spp.'nin gıda ürünlerinde varlığının belirlenmesinde referans yöntem olarak kullanılmaktadır. Bu bakterilerin havyar gibi yüksek katma değerli ve çiğ olarak tüketilen hayvansal ürünlerde bulunmaması, üretim hijyeninin sağlanması açısından kritik önem taşımaktadır.

Sülfite redükte eden *Clostridium* spp., gıda kaynaklı toksik enfeksiyonlara neden olabileceği potansiyeli nedeniyle, özellikle çiğ veya yetersiz pişirilmiş hayvansal ürünlerde halk sağlığı açısından ciddi bir risk oluşturmaktadır (EFSA, 2022). Gıda üretim süreçlerinde soğuk zincirin kırılması, yetersiz ısı işlem uygulanması veya ürünlerin uzun süreli bekletilmesi gibi koşullar, bu bakterinin spor formundan vejetatif forma geçerek çoğalmasına olanak tanımaktadır.

Bu çalışmada analiz edilen tüm numunelerde söz konusu bakterilerin düzeyi <10 kob/g olarak ölçülmüş ve pratikte yok denecek seviyede bulunmuştur. Bu değer, hem ulusal mikrobiyolojik kriterler (Türk Gıda Kodeksi) hem de uluslararası düzenlemeler (EFSA, ICMSF, Codex Alimentarius) açısından kabul edilebilir sınırların altında kalmaktadır. Bu bulgu, ürünlerin anaerob ortamda mikrobiyolojik açıdan güvenli olduğunu ve bozulma riski taşımadığını göstermektedir. Elde edilen bulgular, analiz edilen havyar numunelerinin *Cl. perfringens* gibi naerobik patojen mikroorganizmalar açısından mikrobiyolojik olarak güvenli olduğunu göstermektedir. Ayrıca üretim ve paketleme süreçlerinde tanımlanmış kritik kontrol noktalarının (CCP) etkin biçimde yönetildiğini ve HACCP sisteminin işlevsel olarak uygulandığını ortaya koymaktadır.

S. aureus, gram-pozitif, fakültatif anaerob, katalaz ve koagülaz pozitif özellikler taşıyan bir bakteridir. Özellikle gıda kaynaklı zehirlenmelerde enterotoksin üretme kapasitesi nedeniyle halk sağlığı açısından kritik bir patojen olarak değerlendirilmektedir (EFSA, 2022). Bu mikroorganizma, çiğ olarak tüketilen ve hayvansal protein açısından zengin olan havyar gibi ürünlerde kontaminasyon riski taşımakta; bu nedenle düzenli izlenmesi, tüketici sağlığının korunması açısından elzem bir gereklilik arz etmektedir.

S. aureus, gıda kaynaklı zehirlenmelere yol açabilen, enterotoksin üretme kapasitesine sahip önemli bir patojen mikroorganizmadır. Özellikle protein içeriği yüksek ve soğuk zincirle muhafaza edilen ürünlerde, hijyen koşullarının yetersizliği durumunda çoğalma potansiyeline sahiptir (Le Loir ve ark., 2003). Bu çalışmada analiz edilen tüm numunelerde *S. aureus* düzeyleri <10 kob/g olarak pratikte tespit edilemeyecek kadar düşük seviyede bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar, havyar örneklerinin patojenik stafilocoklar açısından güvenli olduğunu ve gıda kaynaklı enterotoksin üretimi riskinin minimize edildiğini göstermektedir.

ICMSF (2002), *S. aureus* düzeylerinin <10 kob/g olması durumunda enterotoksin oluşumu riskinin bulunmadığını ve bu düzeyin gıda güvenliği açısından kabul edilebilir olduğunu belirtmiştir. Özdemir ve ark., (2015), işlenmiş balık ürünlerinde *S. aureus* düzeylerini <20 kob/g olarak bildirmiştir. Le Loir ve ark., (2003), *S. aureus*'un enterotoksin üretiminin genellikle $\geq 10^5$ kob/g düzeylerinde başladığını ve bu eşik değerin altında kalan ürünlerin toksikolojik açıdan güvenli kabul edildiğini vurgulamıştır.

TS EN ISO 6888-1 (2021) standardı, gıdalarda koagülaz pozitif *Staphylococcus* türlerinin kantitatif olarak belirlenmesinde yaygın biçimde kullanılan referans bir analiz protokolü sunmaktadır. Bu yöntem, üretim ve ambalajlama süreçlerinde insan kaynaklı kontaminasyon riski taşıyan bu mikroorganizma, aynı zamanda gıda hijyeni göstergesi olarak da izlenmektedir. Elde edilen bulgular, üretim ortamında personel hijyeninin, ekipman sanitasyonunun ve çevresel kontrol önlemlerinin HACCP sistematığı çerçevesinde etkin biçimde uygulandığını göstermektedir. *S. aureus*'un havyar numunelerinde bulunmaması, hem mikrobiyolojik güvenlik hem de toksin oluşumu açısından ürünlerin risk taşımadığını ortaya koymaktadır. Bu sonuç, tüketici sağlığı açısından olumlu bir tablo sunmakta ve ürünlerin ulusal ve uluslararası gıda güvenliği standartlarıyla uyumlu olduğunu göstermektedir.

Maya ve küfler, gıda ürünlerinde bozulmaya neden olabilecek başlıca mikroorganizmalar arasında yer almakta olup, özellikle yüksek protein ve nem içeriğine sahip ürünlerde duyu kaliteyi ve raf ömrünü doğrudan etkileyebilmektedir (Pitt ve Hocking, 2009). Aynı zamanda Pitt ve Hocking'e (2009) göre maya ve küf düzeylerinin <10 kob/g olması durumunda mikotoksin üretimi ve duyu bozulma riskinin oluşmadığını belirtmiş; bu düzeyin gıda güvenliği açısından kabul edilebilir sınırlar içerisinde yer aldığını vurgulamıştır. Samson ve ark., (2010), özellikle *Aspergillus*, *Penicillium* ve *Fusarium* türlerinin yüksek spor yoğunluğu

ve uygun sıcaklık-nem koşullarında mikotoksin üretme potansiyeline sahip olduğunu bildirmiştir. Ancak düşük mikrobiyal yük, bu türlerin gelişimini engelleyici bir faktör olarak değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada analiz edilen havyar numunelerinde maya ve küf sayısının <10 kob/g düzeyinde bulunması, pratikte tespit edilemeyecek kadar düşük seviyede olduğu göstermektedir. Bu bulgular, yüksek mikrobiyolojik kaliteye işaret etmekte olup ürünlerin uygun saklama koşullarında mikrobiyolojik stabilitesini koruyabileceğini ve bozulma riskinin minimal düzeyde olduğunu göstermektedir.

Maya ve küf düzeylerinin yok denecek kadar düşük olması, ürünlerin raf ömrü açısından olumlu bir gösterge olup, uygun saklama koşullarında (soğuk zincir, ışık ve nem kontrolü) duysal ve mikrobiyolojik kalitenin korunabileceğini göstermektedir. Ayrıca, küf kaynaklı mikotoksin oluşumu riski bu düzeylerde ihmal edilebilir düzeyde olup, tüketici sağlığı açısından herhangi bir tehdit oluşturmamaktadır.

Storelli ve ark., (2005), Akdeniz’de yakalanan mersin balıklarında civa düzeylerini 0,02–0,15 mg/kg arasında bildirmiş olup, elde edilen değerlerin söz konusu literatürün oldukça altında olduğunu ifade etmekte ve bölgesel çevresel yükün düşük olduğunu ifade etmektedir. Clarkson ve Magos (2006), metilcivanın özellikle prenatal dönemde sinir sistemi gelişimi üzerinde kalıcı etkiler oluşturabileceğini vurgulamıştır.

Bu çalışmada analiz edilen 60 havyar numunesinde kurşun, civa ve kadmiyum gibi toksik ağır metallerin konsantrasyonları Avrupa Birliği regülasyonları (EC, 2006) ile uyumlu düzeylerde bulunmuştur. Genel olarak tüm numuneler güvenli kabul edilen sınırların altında yer almakla birlikte, sadece 1 adet sevruga havyarı numunesinde Pb değeri maksimum kabul edilebilir limitler üzerinde tespit edilmiştir. Söz konusu bulgu, çevresel kontaminasyonun izlenmesi gerekliliğini ortaya koymakla birlikte, genel ürün güvenliğini tehdit edecek düzeyde bir yaygınlık göstermediğini ortaya koymaktadır.

Civa, özellikle metilciva formunda nörotoksik etkileriyle bilinen bir ağır metal olup, deniz ürünlerinde biyolojik birikim yoluyla insan sağlığına geçiş riski taşımaktadır (Clarkson ve Magos, 2006). Bu çalışmada kapsamında civa düzeyleri incelenen sevruga havyarı numunelerinde 0,0001–0,005 mg/kg aralığında bulunmuş olup tüm örneklerle ait sonuçlar ve AQTA tarafından belirlenen maksimum kabul edilebilir limit değer olan 0,5 mg/kg’ın

altındadır kalmıştır (AQTA 2020). Bu bağlamda, elde edilen düşük civa düzeyleri, ürünlerin çevresel kirlilikten etkilenmediğini ve tüketici sağlığı açısından güvenli olduğunu göstermektedir. Özellikle metilciva formunun varlığına dair riskin düşük olması, havyar ürünlerinin nörotoksik etkiler açısından güvenli bir delkates gıda olarak kabul görmesini desteklemektedir.

Kurşun kalıntısı içeren gıda maddeleri halk sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır. Kurşun, nörogelişimsel bozukluklar ve hematolojik etkilerle ilişkilendirilen bir ağır metal olup, gıda zincirinde varlığı halk sağlığı açısından kritik öneme sahiptir (Needleman, 2004). Bir araştırmada, Yüceer ve ark., (2018), Karadeniz kaynaklı balık ürünlerinde kurşun düzeylerini 0,03–0,09 mg/kg arasında bildirmiştir. Çalışmada elde edilen değerler, literatürle uyumlu olmakla birlikte daha düşük bir ortalama göstermektedir. Nitekim, Needleman (2004), çocuklarda kurşun maruziyetinin bilişsel gelişim üzerinde kalıcı etkiler oluşturabileceğini belirtmiştir.

Bu çalışmada kurşun düzeyleri genellikle <0,02-0,18 mg/kg olarak tespit edilmiş, Avrupa Komisyonu tarafından belirlenen maksimum sınır olan 0,3 mg/kg'ın limit değeri altında kalmış oluşa da 1 (%1,7) adet sevruga havyarı numunesinde 0,4 mg/kg olarak (Neftçalı bölgesi kaynaklı) limit değerinin üstünde olarak değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın bulguları doğrultusunda, sevruga havyarı örneklerinin %98,3'ünde kurşun düzeylerinin sınır değerlerin altında saptanması, ürünlerin güvenle tüketilebileceğini ortaya koymaktadır. Diğer taraftan 1 adet örnekte Pb miktarının yüksek bulunması, üretim sürecinde kullanılan su kaynakları, ambalaj materyalleri ve proses ekipmanlarının kurşun kontaminasyonu açısından izlenmesi gerekliliğini göstermektedir.

Kadmiyum, böbrek toksisitesi ve kemik mineralizasyon bozuklukları ile ilişkilendirilen bir ağır metal olup, uzun vadeli maruziyetlerde ciddi sağlık sorunlarına yol açabilmektedir (Satarug ve ark., 2010). İlave olarak, kadmiyumun kronik maruziyet sonucu böbrek tübüler disfonksiyon ve osteotoksik etkiler oluşturabileceği de bildirilmiştir (Satarug ve ark., 2010).

EC (2006) regülasyonları doğrultusunda göre balık ve ürünleri dahil kadmiyum için maksimum kabul edilebilir limit değer 0,05 mg/kg olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada kapsamında kadmiyum düzeyleri sevruga havyarı örneklerinin % 98,3'ünde (n:59) <0.0025 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Sadece 1 adet (Cd-1 kodlu) sevruga havyarı örneğinde

kadmiyum değeri 0,01 mg/kg olarak tespit edilmiş olup, söz konusu değeri AQTA tarafından belirlenen maksimum sınır altında (0,05 mg/kg) yer almaktadır.

9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada analiz edilen havyar numunelerinde koliform grubu bakteriler, *E. coli*, *Salmonella spp.*, sülfid indirgeyen *Clostridium spp.*, *S. aureus* ile maya ve küflerin tespit edilememesi örnek alınan sevruga havyarı üretim tesislerinde hijyenik koşulların son derece uygun olduğunu göstermektedir. İlave olarak, personel hijyeni eğitimlerinin yeterli ve sürdürülebilir olduğu, ekipman ile işletme dezenfeksiyonu uygulamalarının etkin biçimde uygulandığı izlenimi oluşmaktadır. Söz konusu bulgular hem halk sağlığı açısından olumlu bir değerlendirme sunmakta hem de ürünlerin raf ömrü ve duyu kalitesi açısından avantaj sağlamaktadır. Ancak yinede, su kalitesi, ekipman dezenfeksiyonu ve personel hijyenine yönelik uygulamaların HACCP kapsamında tanımlanan kritik kontrol noktalarıyla ilişkilendirilerek periyodik olarak denetlenmesinin uygun olacağı değerlendirilmektedir. Ayrıca, üretim sürecinde uygulanan paketleme çeşitleri ve soğuk zincir işlemlerinin son derece etkin olduğu söz konusu bulgular ile desteklenmektedir. Çalışma kapsamında Sevruga havyarı numunelerinin hemen hemen hepsinde kurşun, civa ve kadmiyum toksik ağır metallerin konsantrasyonlarının AQTA regülasyonlarıyla uyumlu olması da halk sağlığı açısından son derece önemlidir. Sonuç olarak, havyar üretiminin HACCP sistemi aşamasında çevresel kontaminasyonun kritik kontrol noktası olarak su kaynakları, ambalaj materyalleri ve proses ekipmanları da göz önüne alınarak kontrolün gerekliliği gözden kaçırılmamalıdır.

KAYNAKLAR

- Afriyie, E., Gatzweiler, F., Zurek, M., Asem, F., Ahiakpa, J., Okpattah, B., Zhu, Y. (2022). Determinants of household-level food storage practices and outcomes on food safety and security in Accra, Ghana. *Foods*, 11(20), 3266. <https://doi.org/10.3390/foods11203266>
- Afriyie, E., Zurek, M., Asem, F., Okpattah, B., Ahiakpa, J., Zhu, Y. (2023). Consumer food storage practices and methods at the household-level: A community study in Ghana. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7, 1194321. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1194321>
- Afzal, M., Khan, M. J., Zafar, A. (2021). Evaluation of chromogenic media for the detection of *Escherichia coli* in food. *Journal of Food Safety*, 41(1), e12852. <https://doi.org/10.1111/jfs.12852>
- Akoto, O., Gavor, S., Appah, M. K., Apau, J. (2015). Estimation of human health risk associated with the consumption of pesticide-contaminated vegetables from Kumasi, Ghana. *Environmental Modeling & Assessment*, 187(5).
- Aktop, Y., Çağatay, İ. T. (2020). Ağır metallerin balıklarda birikimi ve etkileri (Accumulation and effects of heavy metals in fish). *Menba Journal of Fisheries Faculty*, 6(1), 37–44.
- Alali, W., Mann, D., Beuchat, L. (2012). Viability of *Salmonella* and *Listeria monocytogenes* in delicatessen salads and hummus as affected by sodium content and storage temperature. *Journal of Food Protection*, 75(6), 1043–1056. <https://doi.org/10.4315/0362-028x.jfp-11-505>
- Alam, N., Corbett, S. J., Ptolemy, H. C. (2008). Environmental health risk assessment of nickel contamination of drinking water in a country town in NSW. *Public Health Research & Practice*, 170–173.
- Altuğ, G., Bayrak, Y. (2003). Microbiological analysis of caviar from Russia and Iran. *Food Microbiology*, 20(1), 83–86. [https://doi.org/10.1016/S0740-0020\(02\)00090-4](https://doi.org/10.1016/S0740-0020(02)00090-4)

Altuğ, T., Bayrak, Y. (2003). *Su Ürünleri İşleme Teknolojisi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları.

Aslan, S., Aslan, E., Kara, R. (2023). Covid-19 pandemi sürecinin gıda tüketim davranışı ve hijyen alışkanlığı üzerindeki etkisi. *Kocatepe Tıp Dergisi*, 24(3), 266–271. <https://doi.org/10.18229/kocatepetip.1019370>

Ataklı, G., Kuran, H. (2022). İklim değişikliği farkındalık ölçeğinin geliştirilmesi. *Biological Diversity and Conservation*, 15(2), 150–161. <https://doi.org/10.46309/biodicon.2022.1079715>

AQTA (Azerbaycan

Aydin, A., Aksu, H., Arun, O.O. (2007). Hygienic properties of food handlers and equipment in food production and sales units. *Medycyna Weterynaryjna*, 63(9), 1067-1070.

Aydın, G., Karakurt, İ. (2020). Doğaltaş üretim ve işleme tesis atıklarının değerlendirilmesi. *Alkü Fen Bilimleri Dergisi*, 2(2), 62–77. <https://doi.org/10.46740/alku.759847>

Aydoğan, M., Erol, G. (2023). Otel mutfağı çalışanlarının gıda güvenliği ve hijyene yönelik bilgi ve uygulama düzeylerinin belirlenmesi: Ayvalık örneği. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*. <https://doi.org/10.21325/jotags.2023.1246>

Aytop, Y., Dağ, M., Çetinkaya, S. (2021). Covid-19 sürecinde tüketicilerin gıda güvenliği algısı. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 8(4), 1084–1093. <https://doi.org/10.30910/turkjans.955213>

Bekhit, A. E. D. (2022). *Fish roe: Biochemistry, products, and safety* (1st ed.). Elsevier Science. ISBN: 978-0-12-819893-3

Bekhit, A. E. D. A., Morton, J. D., Dawson, C. O., Zhao, J. H., Lee, H. Y. (2009). Impact of maturity on the physicochemical and biochemical properties of Chinook salmon roe. *Food Chemistry*, 117(2), 318–325. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.04.009>

- Binsi, P. K., Natasha, N., Sarkar, P. C., Ashraf, P. M., George, N., Ravishankar, C. N. (2017). Structural, functional and in vitro digestion characteristics of spray dried fish roe powder stabilised with gum arabic. *Food Chemistry*, 221, 1698–1708. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.116>
- Bledsoe, G. E., Bledsoe, C. D., Rasco, B. (2003). Caviars and fish roe products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43(3), 317–356. <https://doi.org/10.1080/10408690390826545>
- Bledsoe, G., Rasco, B. (2006). Caviar and fish roe. In Y. H. Hui (Ed.), *Handbook of food science, technology, and engineering*. CRC Press, Taylor & Francis Ltd. DOI:10.1201/b15995-181
- Bortey-Sam, N., Nakayama, S. M. M., Ikenaka, Y., Akoto, O. (2015). Human health risks from metals and metalloid via consumption of food animals near gold mines in Tarkwa, Ghana: Estimation of the daily intakes and target hazard quotients (THQs). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 111, 160–167. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.09.008>
- Bronzi, P., Chebanov, M., Michaels, J. T., Wei, Q., Rosenthal, H., Gessner, J. (2019). Sturgeon meat and caviar production: Global update 2017. *Journal of Applied Ichthyology*, 35(1), 257–266.
- Bronzi, P., Rosenthal, H. (2014). Present and future sturgeon and caviar production and marketing: A global market overview. *Journal of Applied Ichthyology*, 30(6), 1536–1546. <https://doi.org/10.1111/jai.12628>
- Buck, R. C., Franklin, J., Berger, U., Conder, J. M. (2011). Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances in the environment: Terminology, classification, and origins. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 7(4), 513–541.
- Çakmak, T., Sağcan, M. (2024). Turizmde gizli tehlike: Birlikte değer yıkımının müşteri şikâyetleri üzerinden incelenmesi (Hidden danger in tourism: Examining value co-destruction through customer complaints).

Sosyal, Beşerî ve İdari Bilimler Dergisi, 7(11), 872–893.
<https://doi.org/10.26677/tr1010.2024.1469>

Careda, M., Addis, M., Pes, M., Fois, N., Sanna, G., Piredda, G., Sanna, G. (2018). Physico-chemical, colorimetric, rheological parameters and chemometric discrimination of the origin of *Mugil cephalus* roes during the manufacturing process of bottarga. *Food Research International*, 108,128-135 DOI: 10.1016/j.foodres.2018.03.039

Cordingley, A., Frigau Manning, C. (Eds.). (2017). *Collaborative translation: From the Renaissance to the digital age*. Bloomsbury Academic.

Çelik, H., Aytekin, İ. (2023). The effect of globalization and economic growth on food security: An ampiric analysis for MIST countries (Küreselleşme ve iktisadi büyümenin gıda güvenliği üzerindeki etkisi: MIST ülkeleri için ampirik bir analiz). *Pamukkale University Journal of Social Sciences Institute*, 57, 189–199.
<https://doi.org/10.30794/pausbed.1171163>

Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2011). Estimates of foodborne illness in the United States. Retrieved December 18, 2014, from
<http://www.cdc.gov/foodborneburden/2011-foodborne-estimates.html>

Centers for Disease Control and Prevention (CDC) (2017). *Surveillance for foodborne disease outbreaks, United States, 2017: Annual report*. U.S. Department of Health and Human Services.
https://www.cdc.gov/fdoss/pdf/2017_FoodBorneOutbreaks_508.pdf

Çetin, S., Şahin, B. (2017). Gıda güvenliğinde risk faktörleri ve hijyenin önemi (Risk factors and hygiene importance in food safety). *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 5(2), 310–321.
<https://doi.org/10.21325/jotags.2017.133>

Çetinkaya, A., Uyar, F., Özmen, D., Büyük, D., Köksal, S. (2020). Manisa il merkezinde bulunan devlet ilkokul ve ortaokullarının fiziki ve çevresel koşullarının değerlendirilmesi. *Celal Bayar Üniversitesi Sağlık*

Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7(3), 335–340.
<https://doi.org/10.34087/cbusbed.690359>

Chapman, F. A., Van Eenennaam, J. P. (2016). Technically speaking, what is sturgeon caviar?
<https://edis.ifas.ufl.edu/publication/FA194>

Chia, T. W. R., Goulter, R. M., McMeekin, T., Dykes, G. A., Fegan, N. (2009). *Salmonella* in food processing environments. *Journal of Food Protection*, 72(5), 1026–1034.

Cho, T., Kim, S., Kim, H., & Rhee, M. (2020). A closer look at changes in high-risk food-handling behaviors and perceptions of primary food handlers at home in South Korea across time. *Foods*, 9(10), 1457.
<https://doi.org/10.3390/foods9101457>

CITES Trade Database. (2024).
[https://trade.cites.org/en/cites_trade/download/view_results?filters\[time_range_start\]=2022&filters\[time_range_end\]=2024&filters\[exporters_ids\]\[\]=all_exp&filters\[importers_ids\]\[\]=all_imp&filters\[sources_ids\]\[\]=106&filters\[purposes_ids\]\[\]=123&filters\[terms_ids\]\[\]=12&filters\[taxon_concepts_ids\]\[\]=&filters\[reset\]=&filters\[selection_taxon\]=taxonomic_cascade&web_disabled=&filters\[report_type\]=comptab](https://trade.cites.org/en/cites_trade/download/view_results?filters[time_range_start]=2022&filters[time_range_end]=2024&filters[exporters_ids][]=all_exp&filters[importers_ids][]=all_imp&filters[sources_ids][]=106&filters[purposes_ids][]=123&filters[terms_ids][]=12&filters[taxon_concepts_ids][]=&filters[reset]=&filters[selection_taxon]=taxonomic_cascade&web_disabled=&filters[report_type]=comptab)

Clarkson, T. W., Magos, L. (2006). The toxicology of mercury and its chemical compounds. *Critical Reviews in Toxicology*, 36(8), 609–662.

Clarkson, Magos (2006). *Critical Reviews in Toxicology*, 37(6), 537–549; discussion 551–552. <https://doi.org/10.1080/10408440701385770>

Codex Alimentarius Commission (CAC). (2010). Standard for sturgeon caviar. *CODEX STAN* 291-2010.
http://www.codexalimentarius.org/download/standards/11516/CXS_291e.pdf

- Codex Alimentarius Commission. (2018). Pesticide Residues 50th session in Haikou, China. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/news-and-events/news-details/es/c/1115303/>
- Codjoe, S., Okutu, D., Abu, M. (2016). Urban household characteristics and dietary diversity. *Food and Nutrition Bulletin*, 37(2), 202–218. <https://doi.org/10.1177/0379572116631882>
- Collins, M. D., East, A. K. (1998). Phylogeny and taxonomy of the foodborne pathogen *Clostridium botulinum* and its neurotoxins. *Journal of Applied Microbiology*, 84, 5–17. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.1997.00313.x>
- Cruz, R., Cunha, S. C., Casal, S. (2015). Brominated flame retardants and seafood safety: A review. *Environment International*, 77, 116–131.
- Dalyan, O., Canpolat, E., Öztürk, Ö. Pişkin, M. (2023). Gıda sektöründe çalışanların salgın hastalık farkındalıkları: Çanakkale ili örneği. *Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences*, 9(4), 952–963. <https://doi.org/10.28979/jarnas.1246775>
- Darwish, W. S., Atia, A. S., Khedr, M. H., Eldin, W. F. S. (2018). Metal contamination in quail meat: Residues, sources, molecular biomarkers, and human health risk assessment. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(20), 20106–20115.
- Darwish, W. S., Ikenaka, Y., Nakayama, S. M. M., Ishizuka, M. (2014). An overview on mycotoxin contamination of foods in Africa. *Journal of Veterinary Medical Science*, 76(6), 789–797.
- Darwyn Health – Clostridial Perfringens Gıda Zehirlenmesi: Kimler Risk Altında?
- Diatek. (2023). *Suda sülfite indirgeyen bakteriler ve analizi*. Sülfite indirgeme süreci ve çevresel etkileri

- Demirel, O., Hatırlı, S. A. (2020). Türkiye’de hane halklarının balık tüketim harcamaları: Logit ve multinomial logit yaklaşımları. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 7 (Özel Sayı), 1022–1045. <https://doi.org/10.30798/makuiibf.804060>
- Denk, E., Zirzakiran, F., Diksu, A. (2023). Erzurum turizm işletme belgeli otellerde görev yapan mutfak profesyonellerinin gıda güvenliği bilgi düzeylerinin incelenmesi (Investigation of food safety knowledge levels of culinary professionals working in tourism business certified hotels in Erzurum). *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*. <https://doi.org/10.21325/jotags.2023.1244>
- Dudu, A., Georgescu, S. E. (2024). Exploring the multifaceted potential of endangered sturgeon: Caviar, meat and by-product benefits. *Animals*, 14(16), 2425. <https://doi.org/10.3390/ani14162425>
- Ergün, H. (2009). Su ürünleri tüketimi ve tanıtımı. *Aquaculture Studies*, 2009(2). <https://doi.org/10.17693/yunus.57010>
- Erkmen, O. (2010). Gıda kaynaklı tehlikeler ve güvenli gıda üretimi. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*, 53, 220–235.
- Eroğlu, O. (2009). Karadeniz’in Türkiye kıyılarında dağılım gösteren mersin balığı türlerinin mitokondriyal DNA sekans analizi yöntemiyle tanımlanması. *Aquaculture Studies*, 2009(3). <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/204294>
- Eroğlu, R., Çakıcı, N. (2024). Kanatlı etlerinde gıda güvenliği: Bakteriyel tehlikeler. *Eurasian Journal of Toxicology and Ecotoxicology*, 4(1), 59–72. <https://doi.org/10.59838/etoxec.1464980>
- European Food Safety Authority (EFSA). (2022). The European Union One Health 2021 Zoonoses Report. *EFSA Journal*, 20(12), e07294.
- European Food Safety Authority (EFSA). (2022). The European Union One Health 2021 Zoonoses Report. *EFSA Journal*, 20(12), e07294.

- European Food Safety Authority (EFSA). (2023). The European Union One Health 2022 Zoonoses Report. *EFSA Journal*, 21(12), e08417.
- European Food Safety Authority, European Centre for Disease Prevention and Control. (2019). *The European Union One Health 2018 Zoonoses report*.
- Farag, M. A., Abib, B., Tawfik, S., Shafik, N., Khattab, A. R. (2021). Caviar and fish roe substitutes: Current status of their nutritive value, bio-chemical diversity, authenticity and quality control methods with future perspectives. *Trends in Food Science & Technology*, 110, 405–417. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.015>
- Fidan, H. Y., Taşçı, F. (2024). Suyun incisi havyar. *Manas Journal of Agriculture Veterinary and Life Sciences*, 14(2), 247–267.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO (). (2022). *The International Year of Artisanal Fisheries and Aquaculture (IYAFA) 2022*. Rome. <https://www.fao.org/wecafc/iyafa/en/>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2023). *Fishery and Aquaculture Statistics – Yearbook 2020*. FAO Yearbook of Fishery and Aquaculture Statistics 2023. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc7493en>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2006). *FAO/WHO guidance to governments on the application of HACCP in small and/or less-developed food businesses*. FAO Food and Nutrition Paper 86. <http://www.fao.org/3/a-a0799e.pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2015). *The State of Food Insecurity in the World 2015*. <http://www.fao.org/3/a-i4646e.pdf>
- Food Standards Agency. (2015). *Food we can trust*. Food Standards Agency Strategy 2015–2020. <https://www.food.gov.uk/sites/default/files/media/document/FoodStandards-Agency-Strategy%20FINAL.pdf>

- Food Standards Agency. (2017a). *Food incidents: Advice for local authorities*.
www.food.gov.uk/enforcement/enforcework/report
- Food Standards Agency. (2017b). *Annual report of incidents 2016/2017*.
<https://www.food.gov.uk/about-us/data-transparency-accounts/busreps/miscbusrep>
- Food Standards Agency. (2017c). *The National Food Crime Unit*.
www.food.gov.uk/enforcement/the-national-food-crime-unit
- Food Standards Agency. (2018). *MyHACCP, Principle 6: Verification*.
<https://myhaccp.food.gov.uk/help/guidance/principle-6-verification>
- Forsythe, S. J. (2010). *The microbiology of safe food* (2nd ed.). Wiley-Blackwell.
- Fréry, N., Maury-Brachet, R., Maillot, E., Deheeger, M., De Mérona, B., Boudou, A. (2001). Gold-mining activities and mercury contamination of native Amerindian communities in French Guiana: Key role of fish in dietary uptake. *Environmental Health Perspectives*, 109(5), 449–456.
- Fromme, H., Körner, W., Shahin, N., Wanner, A., Albrecht, M., Boehmer, S., Parlar, H., Mayer, R., Liebl, B., Bolte, G. (2009). Human exposure to polybrominated diphenyl ethers (PBDE), as evidenced by data from a duplicate diet study, indoor air, house dust, and biomonitoring in Germany. *Environment International*, 35(8), 1125–1135.
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2009.07.003>
- Gould, H. L., Rosenbulum, I., Nicholas, D., Phan, Q., Jones, T. F. (2013). Contributing factors in restaurant-associated foodborne disease outbreaks, FoodNet sites, 2006 and 2007. *Journal of Food Protection*, 76(11), 1824–1828.
- Green, A. D., Buhlmann, K. A., Hagen, C., Romanek, C., Gibbons, J. W. (2010). Mercury contamination in turtles and implications for human health. *Journal of Environmental Health*, 72(6), 14–22.
- Halpin, A., Grass, J., Holt, K., Whichard, J., Griffin, P., Gould, L. (2014). Outbreaks of *Salmonella* infections attributed to beef – United States, 1973–2011.

Epidemiology and Infection, 143(9), 2003–2013.
<https://doi.org/10.1017/S0950268814003112>

Halkman, A. K. (2023). *Gıda Mikrobiyolojisi II – Clostridium perfringens*. Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü. PDF Ders Notu – Ankara Üniversitesi

Halkman, A. K. (2023). *Gıda Mikrobiyolojisi II – Clostridium perfringens*. Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü. PDF Ders Notu – Ankara Üniversitesi

Halkman, A. K. (2023). *Gıda Mikrobiyolojisi II – Salmonella spp.* Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü. PDF Ders Notu – Ankara Üniversitesi

Haenlein, M., Kaplan, A. (2019). A brief history of artificial intelligence: On the past, present, and future of artificial intelligence. *California Management Review*, 61(4), 5–14. <https://doi.org/10.1177/0008125619864925>

HM Revenue, Customs. (2018). *The Soft Drinks Industry Levy Regulations 2018* (Statutory Instrument No. 2018/41). Legislation.gov.uk. .
<https://www.legislation.gov.uk/ukxi/2018/41/made>

Heshmati, M. K., Hamdami, N., Shahedi, M. (2011). Evaluation of nanocomposite packaging containing ZnO on shelf life of caviar. In *6th International CIGR Technical Symposium – Section 6, “Towards a Sustainable Food Chain” Food Process, Bioprocessing and Food Quality Management*, Nantes, France, April 18–20.

Himelbloom, B. H., & Crapo, C. A. (1998). Microbial evaluation of Alaska salmon caviar. *Journal of Food Protection*, 61(5), 626–628.
<https://doi.org/10.4315/0362-028x-61.5.626>

Hınıslioğlu, K. N., Aslanyavrusu, G., Başkan, S., Kocatepe, D. (2024). Su ürünleri tüketimi, diyet listelerindeki yeri ve önemi. *Doğu Karadeniz Sağlık Bilimleri Dergisi*, 3(3), 106–118.

- Hu, Q., Pan, Y., Xia, H., Yu, K., Yao, Y., Guan, F. (2023). Species identification of caviar based on multiple DNA barcoding. *Molecules*, 28(13), 5046. <https://doi.org/10.3390/molecules28135046>
- İlbeği, İ. (2004). Gıda güvenliği ve tüketicinin korunması. *Gıda Mühendisliği Dergisi*, 18, 13–16.
- International Agency for Research on Cancer (IARC). Agents classified by the IARC Monographs, volumes 1–123. <https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/09/List-of-Classifications.pdf>
- International Organization for Standardization. (2002). *ISO 6579: Microbiology of food and animal feeding stuffs — Horizontal method for the detection of Salmonella spp.*
- International Organization for Standardization. (2003). *ISO 15213: Microbiology of food and animal feeding stuffs — Horizontal method for the enumeration of sulfite-reducing bacteria growing under anaerobic conditions (Clostridium perfringens).*
- International Organization for Standardization. (2007). *ISO 16649-2: Microbiology of food and animal feeding stuffs — Horizontal method for the enumeration of beta-glucuronidase-positive Escherichia coli — Part 2: Colony-count technique at 44 °C using 5-bromo-4-chloro-3-indolyl beta-D-glucuronide.*
- International Organization for Standardization. (2008). *ISO 21527-1: Microbiology of food and animal feeding stuffs — Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds — Part 1: Colony count technique in products with water activity greater than 0.95.*
- Jacobs, J. M., Stine, C. B., Baya, A. M., Kent, M. L. (2009). A review of mycobacteriosis in marine fish. *Journal of Fish Diseases*, 32(2), 119–130.
- Jay, J. M., Loessner, M. J., Golden, D. A. (2005). *Modern food microbiology* (7th ed.). Springer. Food Science Text Series (FSTS).

- Jedrychowski, W. A., Perera, F. P., Camann, D., Spengler, J., Butscher, M., Mroz, E., Majewska, R., Flak, E., Jacek, R., Sowa, A. (2015). Prenatal exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and cognitive dysfunction in children. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(5), 3631–3635. DOI: [10.1007/s11356-014-3627-8](https://doi.org/10.1007/s11356-014-3627-8)
- Jin, Y., Liang, C., He, G., Cao, J. (2003). Dağılım üzerine çalışma: Çin'de yaygın arsenik hastalığı. *Wei Sheng Yan Jiu = Günlük Hijyen Araştırması*, 32(6), 519–540.
- Johannesson, J. (2006). Lumpfish caviar – From vessel to consumer. *FAO Fisheries Technical Paper*, 485. Rome: FAO. <https://www.fao.org/4/a0685e/a0685e00.htm>
- Johnson, E. A. (2003). Bacterial pathogens and toxins in foodborne disease. In J. P. F. D'Mello (Ed.), *Food safety* (p. 25). CABI Publishing.
- Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). (2015). 80th Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) meeting – Food additives and contaminants. *Summary and Conclusions*, 71, 1–16.
- Kadariya, J., Smith, T. C., Thapaliya, D. (2014). *Staphylococcus aureus* and staphylococcal food-borne disease: An ongoing challenge in public health. *BioMed Research International*, Article ID 827965. <https://doi.org/10.1155/2014/827965>
- Karakaya, E., Çelik, Ş., Taysi, M. R. (2018). CHAID algoritması ile balık eti tüketimini etkileyen faktörlerin incelenmesi. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG)*, 35(2), 85–93. <https://doi.org/10.13002/jafag4381>
- Kim, J. H., Go, J., Cho, C. R., Kim, J. I., Lee, M. S., Park, S. C. (2013). First report of human acute acalculous cholecystitis caused by the fish pathogen *Lactococcus garvieae*. *Journal of Clinical Microbiology*, 51(2), 712–714. <https://doi.org/10.1128/JCM.02369-12>

- Kohrman, H., Chamberlain, C. P. (2014). Ürünlerdeki ağır metaller: San Francisco Körfez Bölgesi'ndeki kentsel çiftliklerden. *Gıda Katkı Maddeleri & Kirleticiler: Bölüm B*, 7(2), 127–134.
- Küçükçet A., Sibel M., Staphylococcus aureus ile Kontamine Olan Peynirlerden Kaynaklanan Gıda Zehirlenmeleri, (2008) *Gıda*, 33 (3), (129-135)
- Küçükçetin, A., Milci, S. (2007). *Staphylococcus aureus ile kontamine olan peynirlerden kaynaklanan gıda zehirlenmeleri*. *Gıda Dergisi*, 3(1), 45–52. Makale PDF – DergiPark
- Lahey, T. (2003). Invasive *Mycobacterium marinum* infections. *Emerging Infectious Diseases*, 9(11), 1496–1498. <https://doi.org/10.3201/eid0911.030192>
- Lee, E., Park, S., Ha, S. (2015). Effect of UV-C light on the microbial and sensory quality of seasoned dried seafood. *Food Science and Technology International*, 22(3), 213–220. <https://doi.org/10.1177/1082013215586293>
- Lee, H. H., Lee, M. H., Kim, H. H. (2014). Human health risk assessment from chemical contamination of indoor environments of a selected residential area in Korea. *Science of the Total Environment*, 470, 50–56.
- Leibson, T., Lala, P., Ito, S. (2018). İlaç ve kimyasal kirlilik anne sütündeki proteinler: Hemşirelerin nörogelişimi üzerindeki etkileri. In *Bebek gelişimsel nörotoksikoloji el kitabı* (pp. 275–284). Elsevier.
- Lopez, A., Vasconi, M., Bellagamba, F., Mentasti, T., Moretti, V. M. (2020). Sturgeon meat and caviar quality from different cultured species. *Fishes*, 5(1), 9. <https://doi.org/10.3390/fishes5010009>
- Lu, Y., Song, S., Wang, R., Liu, Z., Meng, J., Sweetman J. A., Jenkins, A., Ferrier C, R., Li, H., Luo, W., W, T., (2015). Impacts of soil and water pollution on food safety and health risks in China. *Environment International*, 77, 5–15. DOI: [10.1016/j.envint.2014.12.010](https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.12.010)

- Lund, E. K. (2013). Health benefits of seafood: Is it just the fatty acids? *Food Chemistry*, 140(3), 413–420. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.01.034>
- Maćkowiak-Dryka, M., Pyz-Łukasik, R., Ziomek, M., Szkucik, K. (2020). Nutritional value of a new type of substitute caviar. *Medycyna Weterynaryjna*, 76(5), 285–288. <https://doi.org/10.21521/mw.6404>
- Mahmood, A., Malik, R. N. (2014). Health risk assessment of heavy metals via consumption of contaminated vegetables collected from different irrigation sources in Lahore, Pakistan. *Arabian Journal of Chemistry*, 7(1), 91–99. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2013.07.002>
- Mensah, P., Mwamakamba, L., Nsue-Milang, D., Mohamed, C. (2012). Public health and food safety in the WHO African region. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 12(52), 6317–6335. <https://doi.org/10.18697/ajfand.52.who-6>
- Memis, D. (2014). A short history of sturgeon caviar production in Turkey. *Journal of Applied Ichthyology*, 30: 1552-1556.
- Monfort, M. C. (2002). Fish roe in Europe: Supply and demand conditions. *FAO/GLOBEFISH Research Programme*, 72. Rome: FAO.
- Mottram, D. S., Wedzicha, B. L., Dodson, A. T. (2002). Acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature*, 419, 448. <https://doi.org/10.1038/419448a>
- Mouritsen, O. G. (2023). Roe gastronomy. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 32(2). <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2023.100712>
- National Pesticide Information Center. Chlorpyrifos technical fact sheet. <http://npic.orst.edu/factsheets/archive/chlorptech.html>
- Nedelescu, M., Baconi, D., Neagoe, A., Iordache, V., Stan, M., Constantinescu, P., Ciobanu, A. M., Vardavas, A. I., Vinceti, M., Tsatsakis, A. M. (2017). Environmental metal contamination and health impact assessment in two industrial regions of Romania. *Science of the Total Environment*, 984–995.

- Needleman, H. (2004). Lead poisoning. *Annual Review of Medicine*, 55, 209–222. <https://doi.org/10.1146/annurev.med.55.091902.103653>
- Nordberg, G. F., Nogawa, K., Nordberg, M., Friberg, L. T. (2007). Cadmium. In *Handbook on the toxicology of metals* (pp. 445–486).
- Ollee, B.A. (2017). İşlenmiş alabalık yumurtalarının raf ömrüne farklı katkı maddelerinin etkisi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Omerovic, M., Müştak, H. K., Kaya, İ. B. (2017). Escherichia coli patotiplerinin virülens faktörleri. *Etlik Veteriner Mikrobiyoloji Dergisi*, 28(1), 1–6. Virülens Faktörleri Makalesi – DergiPark
- Öztürk, Y., Örkün, S., Samancı, M., Akbaş, E. (2023). Sağlık çalışanlarında gıda okuryazarlığı, hedonik açlık, depresyon durumları ve bazı beslenme alışkanlıklarının değerlendirilmesi. *Journal of Nutrition and Dietetics*, 51(3), 7–15. <https://doi.org/10.33076/2023.bdd.1796>
- Park, J., Chang, H., Hong, S., Kim, D., Chung, S., Lee, C. (2017). A decrease of incidence cases of fumonisins in South Korean feedstuff between 2011 and 2016. *Toxins*, 9(9).
- Parlak, T. (2020). Gıda ürünleri üretiminde hijyen kavramına farklı bir bakış. *OHS Academy*, 3(2), 73–101. <https://doi.org/10.38213/ohsacademy.740235>
- Peng, Q., Greenfield, B. K., Dang, F., Zhong, H. (2016). Human exposure to methylmercury from crayfish (*Procambarus clarkii*) in China. *Environmental Geochemistry and Health*, 38(1), 169–181. <https://doi.org/10.1007/s10653-015-9701-4>
- Pereira De Abreu, D. A., Villalba, R. K., Schroeder, M., De Mosqueda, M. B., Pérez, E. (2006). GMO technology: Venezuelan consumers' perceptions – Situation in Caracas. *Journal of Technology Management & Innovation*, 1(5), 80–86.

- Pitt, J. I., Hocking, A. D. (2009). *Fungi and food spoilage* (3rd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-92207-2>
- Price, P., Zaleski, R., Hollnagel, H., Ketelslegers, H., Han, X. (2014). Gıda ambalajlarına eş zamanlı maruz kalmanın güvenliğinin değerlendirilmesi: Göçmenlerin yiyecek ve su ihtiyacını karşılamak için en fazla kümülatif gücü kullanmaları oran ve yerleşik bir karar ağacı. *Gıda Katkı Maddeleri ve Kirleticiler - Bölüm A: Kimya, Analiz, Kontrol, Maruziyet ve Risk Değerlendirmesi*, 31(3), 414–421.
- Salama, Y., Chennaoui, M. (2024). Microbial spoilage organisms in seafood products: Pathogens and quality control. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*, 1(2), 1. <https://doi.org/10.5455/ejmid.20240518114533>
- Salazar, M. J., Rodriguez, J. H., Nieto, G. L., Pignata, M. L. (2012). Effects of heavy metal concentrations (Cd, Zn, and Pb) in agricultural soils near different emission sources on quality, accumulation, and food safety in soybean [*Glycine max* (L.) Merrill]. *Journal of Hazardous Materials*, 233–234, 244–253. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.07.026>
- Sargent, J. R., Tacon, A. G. J. (1999). Development of farmed fish: A nutritionally necessary alternative to meat. *Proceedings of the Nutrition Society*, 58(2), 377–383. <https://doi.org/10.1017/S0029665199001366>
- Satarug, S., Garrett, S., Sens, M. A., Sens, D. A. (2010). Cadmium, environmental exposure, and health outcomes. *Environmental Health Perspectives*, 118(2), 182–190. <https://doi.org/10.1289/ehp.0901234>
- Sathivel, S., Yin, H., Bechtel, P. J., King, J. M. (2009). Physical and nutritional properties of catfish roe spray dried protein powder and its application in an emulsion system. *Journal of Food Engineering*, 95(1), 76–81. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.04.011>

- Selvi, A. F. (2019). Qualitative content analysis. In J. McKinley. H. T. Rose (Eds.), *The Routledge handbook of research methods in applied linguistics* (pp. 440–452). Routledge. <https://doi.org/10.4324/978036782>
- Schubring, R. (2004). Differential scanning calorimetric (DSC) measurements on the roe of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Influence of maturation and technological treatment. *Thermochimica Acta*, 415(1–2), 89–98. <https://doi.org/10.1016/j.tca.2003.09.020>
- Schuetze, A., Heberer, T., Effkemann, S., Juergensen, S. (2010). Occurrence and assessment of perfluorinated chemicals in wild fish from Northern Germany. *Chemosphere*, 78(6), 647–652. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2009.12.017>
- Şengör, G. F. Ü., Alakavuk, D. Ü., & Tosun, Ş. Y. (2013). Effect of cooking methods on proximate composition, fatty acid composition, and cholesterol content of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 2(2), 160–167. <https://doi.org/10.1080/10498850.2011.635839>
- SGB. (2019). Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, Tarım ürünleri piyasaları – Su ürünleri raporu Nisan 2025. [https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Tarım%20Ürünleri%20Piyasaları/2019Ocak%20Tarım%20Ürünleri%20Raporu/2019Ocak%20Su%20Ürünleri.pdf](https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Tarim%20Ürünleri%20Piyasaları/2019Ocak%20Tarım%20Ürünleri%20Raporu/2019Ocak%20Su%20Ürünleri.pdf)
- Shirai, N., Higuchi, T., Suzuki, H. (2006). Analysis of lipid classes and the fatty acid composition of the salted fish roe food products, ikura, tarako, tobiko and kazunoko. *Food Chemistry*, 94(1), 61–67. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.10.050>
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (2022). Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği. *Resmî Gazete*, 14 Ocak 2022 / Sayı: 31719.
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (2022). *Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği*. *Resmî Gazete*: 14 Ocak 2022 / Sayı: 31719.

- Tam, C. C., Larose, T., O'Brien, S. J. (2014). Costed extension to the second study of infectious intestinal disease in the community: Identifying the proportion of foodborne disease in the UK and attributing foodborne disease by food commodity. Project B18021 (FS231043).
- Tavakoli, S., Luo, Y., Regenstein, J. M., Daneshvar, E., Bhatnagar, A., Tan, Y., Hong, H. (2021). Sturgeon, caviar, and caviar substitutes: From production, gastronomy, nutrition, and quality change to trade and commercial mimicry. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 29(4), 753–768. <https://doi.org/10.1080/23308249.2021.1873244>
- Tekin Ö, S. (2008). Determination of heavy metal levels in water, sediment, and tissues of tench (*Tinca tinca* L., 1758) from Beyşehir Lake (Turkey). *Environmental Modeling & Assessment*, 295–302.
- Terzi Gülel, G. (2024). *Clostridium perfringens: Morfoloji, toksin üretimi ve gıda enfeksiyonları*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Veteriner Fakültesi. Slayt sunumu – OMÜ
- TEPGE. (2022). Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, Ürün raporu – Su ürünleri. Tarım ürünleri piyasaları (syf. 57–58). <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasalar%C4%B1/2023-Temmuz%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Raporu/SU%20%C3%9CR%C3%9CNLER%C4%B0%20T%C3%9CP%20HAZ%C4%B0RAN%202023-TEPGE.pdf>
- Thompson, L. A., Darwish, W. S., Ikenaka, Y., Nakayama, S. M. M., Mizukawa, H., Ishizuka, M. (2017). Organochlorine pesticide contamination of foods in Africa: Incidence and public health significance. *Journal of Veterinary Medical Science*, 79
- Thompson, L. A., Ikenaka, Y., Yohannes, Y. B., İchise, T., (2018). Human kirlenmiş deniz balıklarının tüketilmesinden kaynaklanan sağlık riski: Mozambik'teki

Maputo Körfezi'nde DDT ve metabolitleri. *Çevre Kirliliği ve Toksikoloji Bülteni*, 1–5.

Tilami, S. K., Sampels, S. (2017). Nutritional value of fish: Lipids, proteins, vitamins, and minerals. Erişim adresi: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23308249.2017.1399104?journalCode=brfs21>

Toker, F., Nergiz, H. (2023). Bilimde hijyen. *Gastroia Journal of Gastronomy and Travel Research*, 7(3), 567–565. <https://doi.org/10.32958/gastoria.1410619>

Tuncer, A., Akoğlu, A. (2020). Food safety knowledge of food handlers working in hotel kitchens in Turkey. *Food and Health*, 6(2), 77–89.

Turan, H., Erkoyuncu, İ., Kocatepe, D. (2013). Omega-6, omega 3 yağ asitleri ve balık. *Yunus Araştırma Bülteni*, 2, 45–50.

United Nations Environment Programme (UNEP). (2001). The Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants, Geneva, Switzerland. <http://chm.pops.int/Portals/0/Repository/conventioncontext/UNEP-POPS-COP-CONVTEXT-FULL.English.PDF>

Vafeiadi, M., Georgiou, V., Chalkiadaki, G. (2015). Association of prenatal exposure to persistent organic pollutants with obesity and cardiometabolic traits in early childhood: The Rhea mother–child cohort (Crete, Greece). *Environmental Health Perspectives*, 123(10).

Vasconi, M., Tirloni, E., Stella, S., Coppola, C., Lopez, A., Bellagamba, F., Bernardi, C., Moretti, V. M. (2020). Comparison of chemical composition and safety issues in fish roe products: Application of chemometrics to chemical data. *Foods*, 9(5), 540. <https://doi.org/10.3390/foods9050540>

Vromman, V., Saegerman, C., Pussemier, L., Huyghebaert, A., De Temmerman, L., Pizzolon, J.-C., Waegeneers, N.. (2008). Cadmium in the food chain near non-ferrous metal production sites. *Food Additives and Contaminants* -

Part A: Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment,
293–301. DOI: [10.1080/02652030701509980](https://doi.org/10.1080/02652030701509980)

M. R., Litt, M., Kertesz, D. A., Wyper, P., Rose, D., Coulter, M., McGeer, A., Facklam, R.
(1997). [Makale başlığı belirtilmemiş]. *The New England Journal of
Medicine*, 337(9), 589–594.
<https://doi.org/10.1056/NEJM199708283370902>

Wong, M. H., Wu, S. C., Deng, W. J., Yu, X. Z., Luo, Q., Leung, A. O. W., Wong, C. S. C.,
Luksemburg, W. J., Wong, A. S. (2007). Export of toxic chemicals –
A review of the case of uncontrolled electronic-waste recycling.
Environmental Pollution, 149(2), 131–140.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.01.044>

World Health Organization (WHO). (2002). *The world health report 2002: Reducing risks,
promoting healthy life*.
<http://whqlibdoc.who.int/publications/2002/9241562072.pdf>

World Health Organization (WHO). (2008). *Foodborne disease outbreaks: Guidelines for
investigation and control*.
[http://www.who.int/foodsafety/publications/foodborne_disease/outbre
ak_guidelines.pdf](http://www.who.int/foodsafety/publications/foodborne_disease/outbreak_guidelines.pdf)

World Health Organization Pesticide Evaluation Scheme (WHOPES). (2005). *Safety of
pyrethroids for public health use*. World Health Organization.
Polychlorinated biphenyls: Human health aspects.
http://www.who.int/pcs/pubs/pub_cicad.htm

World Health Organization. (2004). *Surveillance programmed for control of food borne
infections and toxications in Europe: 8th report 1999–2000, Country
Report Turkey*. Geneva.

World Health Organization. (2017). Food safety key facts. [http://www.who.int/news-
room/fact-sheets/detail/food-safety](http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/food-safety)

- Yabe, J., Nakayama, S. M. M., Ikenaka, Y., Yohannes, Y. B., Sam, N. B., Oroszlany, B., Muzandu, K., Choongo, K., Kabalo, A. N., Ntapisha, J., Mweene, A., Umemura, T., Ishizuka, M. (2015). Lead poisoning in children from townships in the vicinity of a lead-zinc mine in Kabwe, Zambia. *Chemosphere*, 119, 941–947. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.09.028>
- Yerli, C., Çakmakcı, T., Şahin, Ü. Tüfenkçi, Ş. (2020). Ağır metallerin toprak, bitki, su ve insan sağlığına etkileri. *Turkish Journal of Nature and Science*, 9(Özel Sayı), 103–114.
- Yüksel, A. (2024). Yiyecek-içecek işletmelerinde gıda güvenliğinin sağlanması. *Nişantaşı Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 12(Özel Sayı), 399–412. <https://doi.org/10.52122/nisantasisbd.1594093>
- Zare Jeddi, M., Rastkari, N., Ahmadkhaniha, R., Yunesian, M., Nabizadeh, R., Daryabeygi, R. (2015). A margin of exposure approach to assessment of non-cancerous risk of diethyl phthalate based on human exposure from bottled water consumption. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(24), 19518–19528.
- Zhao, Q., Wang, Y., Cao, Y., Chen, A., Ren, M., Ge, Y., Yu, Z., Wan, S., Hu, A., Bo, Q., Ruan, L., Chen, H., Qin, S., Chen, W., Hu, C., Tao, F., Xu, D., Xu, J., Wen, L., Li, L. (2014). Potential health risks of heavy metals in cultivated topsoil and grain, including correlations with human primary liver, lung and gastric cancer, in Anhui Province, Eastern China. *Science of the Total Environment*, 470–471, 340–347. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.09.086>
- Zorba, N. N. (2010). Gıda kaynaklı mikrobiyal hastalıklar. In O. Erkmen (Ed.), *Gıda mikrobiyolojisi* (pp. 127–130). Efil Yayınevi.

EKLER

İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI

ETİK KURUL İZİN YAZISI

KURUM İZNİ YAZILARI

PATENT HAKKI İZNİ

ÖZGEÇMİŞ