

Ekim 2024

SU ÜRÜNLERİ

ALANINDA ULUSLARARASI ÇALIŞMA VE DEĞERLENDİRMELER

EDİTÖR

PROF. DR. AYSEL ŞAHAN

Genel Yayın Yönetmeni / Editor in Chief • C. Cansın Selin Temana

Kapak & İç Tasarım / Cover & Interior Design • Serüven Yayınevi

Birinci Basım / First Edition • © Ekim 2024

ISBN • 978-625-6172-21-0

© copyright

Bu kitabın yayın hakkı Serüven Yayınevi'ne aittir.

Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

The right to publish this book belongs to Serüven Publishing. Citation can not be shown without the source, reproduced in any way without permission.

Serüven Yayınevi / Serüven Publishing

Türkiye Adres / Turkey Address: Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak

Ümit Apt No: 22/A Çankaya/ANKARA

Telefon / Phone: 05437675765

web: www.serüvenyayınevi.com

e-mail: serüvenyayınevi@gmail.com

Baskı & Cilt / Printing & Volume

Sertifika / Certificate No: 47083

SU ÜRÜNLERİ ALANINDA ULUSLARARASI ÇALIŞMA VE DEĞERLENDİRMELER

Ekim 2024

Editör

PROF. DR. AYSEL ŞAHAN

İçindekiler

Bölüm 1

ASKIDA KATI MADDELERİN SUCUL YAŞAM ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİ BELİRLEYEN FAKTÖRLER

Ataman Altuğ ATICI 1

Bölüm 2

SU ÜRÜNLERİ TÜKETİM TERCİHLERİ: DÜNYA VE TÜRKİYE

Levent İZCİ..... 17

Bölüm 3

GIDALARDA AKILLI PAKETLEME SİSTEMLERİ

Gülderen KURT KAYA 35

Bölüm 4

SU ÜRÜNLERİ ATIKLARI: SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE EKONOMİK FIRSATLAR

Muhsine DUMAN..... 53



Bölüm 1

ASKIDA KATI MADDELERİN SUCUL YAŞAM ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİ BELİRLEYEN FAKTÖRLER

Ataman Altuğ ATICI¹

¹ Doç. Dr., Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Temel Bilimler Bölümü, Van, TÜRKİYE. ORCID ID: 0000-0001-8700-8969, atamanaltug@yyu.edu.tr

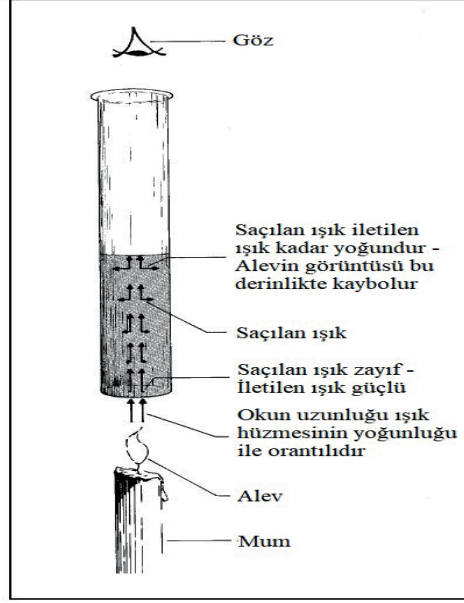
1.GİRİŞ

Sucul organizmalarda uzun süreli askıda katı maddeye (AKM) maruz kalmanın etkileri tam olarak anlaşılammıştır, ancak AKM sucul canlıların hayatta kalmaları yönünden potansiyel etkileri azaltmaya yönelik partiküllerle maruz kalma sınırlarını belirlemek için kritik öneme sahiptir. (Kjelland ve ark., 2015; Atıcı, 2023).

Sucul habitatlarına giren tortu, su sütununda asılı kalabilir (yani askıda kalan tortu) veya alt tabakaya yerleşebilir (yani biriken tortu). Genel olarak, askıda kalan ve biriken tortuyu ayıran tortu parçacığının boyutu 62 µm'dir ve askıdaki tortu çoğunlukla silt ve kilden oluşmaktadır (Waters, 1995).

Askıdaki tortu, bir su hacminde asılı kalan parçacıkların kuru ağırlığı olarak doğrudan belirlenebilir (yani toplam askıdaki tortu AKM: mg/L, ppm) veya dolaylı olarak bir bulanıklık ölçer tarafından rapor edilen ışık saçılımının boyutu [Jackson Bulanıklık Birimleri (JTU, Şekil 1) Nefelometrik Bulanıklık Birimleri (NTU, Şekil 2) ve-Formazin Bulanıklık Birimleri (FTU)] olarak ölçülebilir (Lloyd ve ark., 1987; Fleming ve ark., 2005). Jackson Kandil Turbidimetrenin rakamsal çevrimi Çizelge 1'de verilmiştir (APHA, 1965).

Işığın su sütununa nüfuz ettiği derinlik suyun bulanıklığı tarafından belirlenir. Bulanıklık seviyeleri yakın nehirler arasında büyük farklılıklar gösterebilir. Bazı nehirler doğal olarak berrak, bazıları ise opaktır. Bulanıklık seviyeleri de zamansal olarak dalgalanabilir ve yağış olayları sırasında çökeltiler girerek yükselebilir (Göksu, 2003)

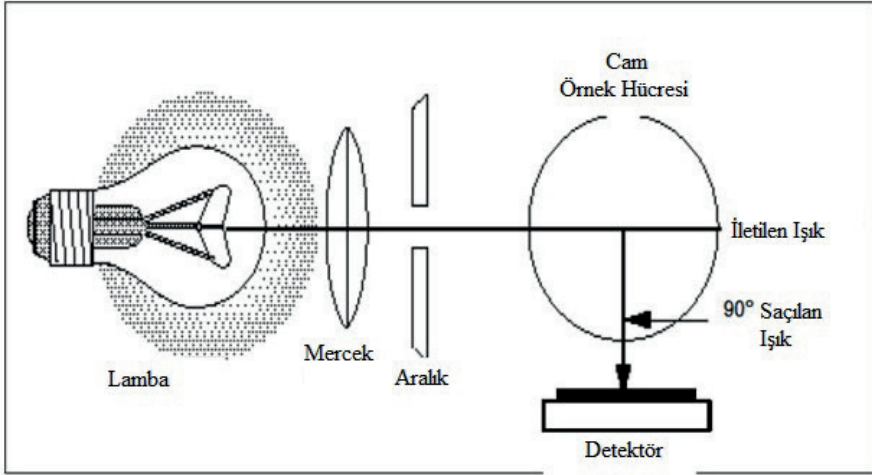


Şekil 1. Jackson Kandil Turbidimetrenin çalışma prensibi (Sadar, 1996)

Akarsu sistemlerindeki tortunun iki ana kaynağı, nehir yatağından ve kıyılardan elde edilen kanal kaynakları ve açığındaki topraklar gibi havza içindeki kaynaklardan elde edilen kanal dışı (kanal dışı) kaynaklardır. Akarsu kaynakları, akarsu hidrolojisi ve akarsu yatağı ile kıyıların stabilitesi ile güçlü bir şekilde bağlantılıdır. Temel kaynaklar şunları içerir: (i) erozyona maruz kalan akarsu kıyıları, (ii) ince malzemelerden oluşan akarsu ortası, (iii) akarsuda depolanan ince taneler, (iv) çökeltilerin biriktiği durgun sular ve (v) mevsimsel büyüme ve düşüşe uğrayan su bitkileri ile ilgili durumlardır. Bazı durumlarda biyolojik parçacıklar, örneğin fitoplankton ve zooplankton, ince çökeltinin bileşenleri olarak kabul edilir. İnce çökeltilerin akarsudaki ana kaynakları: (i) erozyona maruz kalan ve akıntı yoluyla nehre taşınan topraklar, (ii) toprak kayması gibi kitlesel göçmeler, (iii) kentsel akıntı, (iv) antropojenik faaliyetler (örneğin arazi kullanımı), (v) nehir kenarındaki bitki örtüsünden kaynaklanan partiküller ve (vi) toz fırtınaları dahil atmosferik birikim yer alır.

Çizelge 1. Jackson Kandil Turbidimetrenin rakamsal çevrimi (APHA, 1965)

Işık Yolu (cm)	Bulanıklık değeri	Işık Yolu (cm)	Bulanıklık değeri	Işık Yolu (cm)	Bulanıklık değeri
2.3	1000	7.3	300	19.6	110
2.6	900	7.5	290	21.5	100
2.9	800	7.8	280	22.6	95
3.2	700	8.1	270	23.8	90
3.5	650	8.4	260	25.1	85
3.8	600	8.7	250	26.5	80
4.1	550	9.1	240	28.1	75
4.5	500	9.5	230	29.8	70
4.9	450	9.9	220	31.8	65
5.5	400	10.3	210	34.1	60
5.6	390	10.8	200	36.7	55
5.8	380	11.4	190	39.8	50
5.9	370	12.0	180	43.5	45
6.1	360	12.7	170	48.1	40
6.3	350	13.5	160	54.0	35
6.4	340	14.4	150	61.8	30
6.6	330	15.4	140	72.9	25
6.8	320	16.6	130	-	-
7.0	310	18.0	120	-	-

**Şekil 2.** Nefelometrik Turbidimetrenin çalışma prensibi (Sadar, 1996)

AKM, suyla taşınan, biriktirilen ve askıda kalan parçacıklardır ve nehirler, göller ve kıyılal sistemlerdeki temel döngü için önemlidir (Nichols 1999; Beussink, 2007).

AKM olayları, besin ve kirletici madde akışı meydana gelen göller, nehirler, haliçler, kıyı sistemleri ve okyanuslar olarak ulusal ve uluslararası düzeyde önemlidir. AKM olaylarının büyüklüğü ve oranı, arazi kullanımındaki ve antropojenik faaliyetlerdeki değişimler gibi faktörlerden dolayı değişebilir. AKM genellikle inorganik ve organik olmak üzere iki genel tiptedir.

İnorganik çökeltiler mineral bileşimi, kökeni, parçacık şekli, boyutu ve dağılımına dayanarak tanımlanabilirken (Nichols, 1999; Beussink, 2007), organik bileşenlerden biyolojik olarak parçalanmış partikül organik maddenin miktarına, aşamasına ve kökenine göre değişmektedir. (Wood, 1997). Sediment taşınımı, su hareketi ile çökelti özellikleri ve bileşiminin bir fonksiyonudur. Yatak yükü ve askıdaki yük, sedimentin birincil taşıma yollarıdır. Askıdaki yük, su sütununda taşınan küçük parçacıkların süspansiyonunu ifade eder (Waters, 1995; Garcia, 2008).

Tüm akarsular doğal koşullar altında bir miktar AKM taşırlar (Çizelge 2). Bununla birlikte, antropojenik faaliyetler nedeniyle eğer konsantrasyonlar arttırılırsa, bu durum su kütesinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinde değişikliklere yol açabilir. AKM'nin neden olduğu fiziksel değişiklikler olarak ışık geçirgenliğinin azalması, sıcaklık değişiklikleri ve kanalların ve rezervuarların dolması sayılabilir. Bu fiziksel değişiklikler istenmeyen görünümler (Lloyd et al., 1987), daha yüksek su arıtma maliyetleri (Ryan, 1991), kanalların ulaşım kabiliyetinin azalması ve baraj ve rezervuarların ömrünün azalması (Butcher ve ark., 1993; Verstraeten ve Poesen, 2000) ile ilişkilidir.

Çizelge 2. Doğal ortamda ortalama AKM konsantrasyonları ve akarsular ile ilgili AKM değerlerinin sınıflandırılması (Meybeck ve ark., 2003)

AKM (mg/L)	Denizler	Göller	Akarsular (Avrupa)	Akarsular (İngiltere)	Akarsular	AKM (mg/L)
					Çok düşük	5-20
					Düşük	20-100
					Orta	100-500
Minimum	0.01	0.1	1	1	Yüksek	500-2000
Maksimum	15	30	600	200	Çok yüksek	2000-10000
Ortalama	2.5	3.2	11	20	Aşırı yüksek	10000<

AKM'nin neden olduğu kimyasal değişiklikler ise ağır metaller ve pestisitler gibi kirletici maddelerin (Miller, 1997; Dawson ve Macklin, 1998; Kronvang ve ark., 2003) ve fosfor (Russell ve ark., 1998; Harrod ve Theurer, 2002;

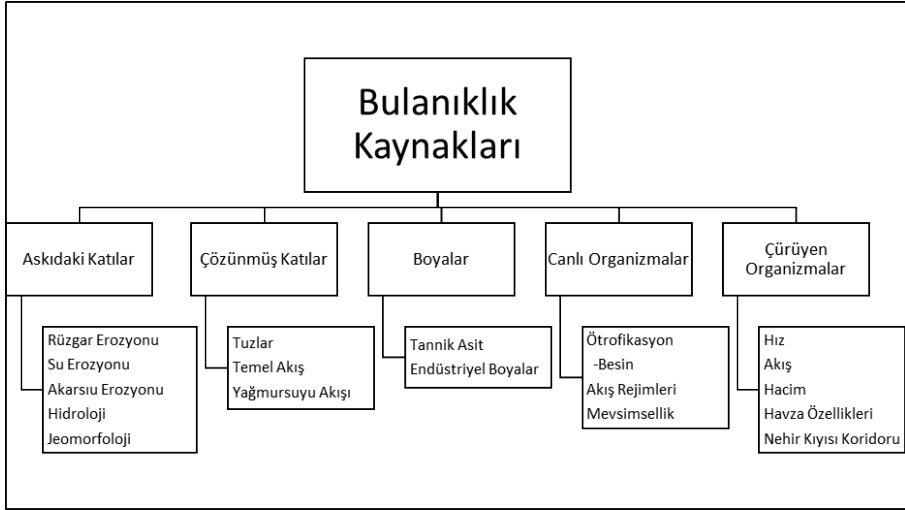
Haygarth ve ark., 2006) gibi besin maddelerinin su kütlesine salınmasını içerir.

Su kaynaklarında AKM'ye bağlı oluşabilecek bulanıklık kaynakları Şekil 3'te verilmiştir.

2. AKM'nin Sucul Biyota Üzerine Etkilerini Belirleyen Faktörler

AKM'nin sucul biyota üzerindeki olası etkileri;

- (1) AKM konsantrasyonuna,
- (2) AKM konsantrasyonlarına maruz kalma süresine,
- (3) AKM'nin jeokimyasal bileşimine ve
- (4) AKM'nin parçacık boyutuna bağlıdır (Bilotta ve Brazier, 2008).



Şekil 3. Sudaki partikül türüne göre bulanıklık kaynakları (MPAC, 2007)

2.1. AKM Konsantrasyonları

Birçok yazar AKM'nin artan konsantrasyonlarının suda yaşayan organizmalar üzerindeki etkileri de arttırdığını rapor etmiştir. Ancak maruz kalma süresi, parçacık boyutu ve kimyasal bileşimi ve diğer kirletici maddelerin varlığı da AKM'nin sucul biyota üzerindeki etkisi üzerine önemli bir kontrole sahip görünmektedir (Unger ve Brinker, 2013). Bu ek faktörler AKM'nin etki büyüklüğü ve konsantrasyonu arasındaki ilişkiyi karmaşık hale getirmektedir. Su kaynaklarındaki asılı parçacık konsantrasyonları öncelikle mevcut su hızından etkilenir (Håkanson, 2006). Ayrıca, basit konsantrasyon-tepki mo-

delinin tersine bazı sucul canlıların son derece düşük AKM konsantrasyonlarında olumsuz etkilenebileceğine dair kanıtlar bulunmaktadır (Atıcı, 2017; Bash ve ark., 2002; Atıcı ve ark., 2023).

Örneğin, Cowie (1983, 1985) tarafından incelenen Yeni Zelanda'daki akarsu sistemlerinin enerji gereksinimleri alloktonlara (öncelikle çürüyen yaprak maddesi) dayanır. Bu maddenin kaynağının ortadan kaldırılmasının veya azaltılmasının özellikle çeşitli bakteri, mantar, larva ve omurgasızlar gibi akarsudaki sucul yaşam üzerinde zararlı etkileri olacağı bildirilmiştir (Winterbourn, 1994).

2.2. Maruz kalma süresi

Daha önce de belirtildiği gibi AKM konsantrasyonuna maruz kalınma süresi AKM'nin sucul yaşam üzerindeki etkisi belirleyen önemli bir faktördür. Suren ve ark. (2005) Yeni Zelanda'da kısa süreli olarak yüksek AKM konsantrasyonlarına maruz kalan çeşitli türdeki omurgasız canlıların verdiği tepkileri araştırmışlardır. Suren ve ark. (2005), tekrarlanan uygulamalarda bile 24 saatten daha kısa süren maruziyetlerde hassas olan bu omurgasızlar ile ilgili ölüm oranında herhangi bir artış olmadığını keşfetmişlerdir.

Newcombe ve MacDonald (1991) tarafından yetmişden fazla çalışmanın sonuçları derlenmiştir. Bu çalışmalar AKM'nin çeşitli sucul canlılar üzerindeki etkilerini içermektedir. Araştırmacılar konsantrasyon verilerine ilaveten doz süresine ilişkin ölçümleri hatta bu bilgiyle birlikte başka parametrelerin sudaki biyota üzerindeki etkilerin doğru bir şekilde belirlenebilmesi için gerekli olduğunu savunmuşlardır.

Maruz kalma süresiyle ilgili ve belki de eşit derecede önemli olan sucul biyotanın yaşam döngüsündeki aşamaya göre AKM'nin akarsulara taşınımının zamanlamasıdır (Bilotta ve Brazier, 2008).

2.3. Jeokimyasal bileşimi

Su kolonundaki asılı yükün jeokimyasal bileşimi sucul organizmalar üzerindeki etkisini belirlemede önemli bir faktördür. Jeokimyasal bileşim hem bu katıların fiziksel özelliklerini (AKM'nin şekli, açısalılığı ve parçacık boyutunu gibi) hem de katıların kimyasal özelliklerini (örneğin pH, tuzluluk, çözünmüş oksijen, fosfor konsantrasyonu, toksisite) etkilemektedir. AKM'nin sucul yaşam üzerine etkilerini içeren çok sayıda çalışma olmasına rağmen, bunlardan nispeten çok azı jeokimyasal bileşimi veya asılı yükün özelliklerini dikkate almıştır (Bilotta ve Brazier, 2008).

Stephan'ın (1953) omurgasızlar üzerinde çeşitli bileşimlerdeki AKM'nin etkilerini araştırdığı bir araştırmada; Cladocera ve Copepoda'da AKM'nin zararlı etkisinin öncelikle filtre ederek beslemesini sağlayan aparatlarının ve sindirim organlarının tıkanmasına yol açtığı belirlenmiştir. Bu hasar kil

süspansiyonlarında etkili olurken, daha sonra ise sırasıyla toprak ve kumda daha fazla zararın olduğunu rapor edilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada çeşitli jeokimyasal bileşimlerdeki AKM'nin *Daphnia magna* populasyonlarına zararlı olduğu düşünülen sınır değerleri, kaolinit süspansiyonları için 392 mg/L, montmorillinit süspansiyonları için 102 mg/L ve kömür süspansiyonları için 82 mg/L olarak belirlenmiştir (Robertson ve ark., 2007). Başka çalışmalar da kompozit katıların farklı özelliklere sahip yerlerden kömür madenciliği (Lewis, 1973), altın madenciliği (Wagener ve LaPerriere, 1985; Van Nieuwenhuysse ve LaPerriere, 1986) ve Çin kili (Herbert ve ark., 1961; Nuttall ve Bielby, 1973) gibi yerel kaynaklardan gelen atık sulara AKM oranının etkilerini incelemiştir. Yine de, bu konuda yapılan araştırmalara rağmen, AKM'nin kimyasal bileşimi hala birçok çalışmada ihmal edilen bir faktördür.

Yeryüzündeki akarsularda bulunan AKM'nin ana bileşen öğelerine genel bir bakış Çizelge 3'te verilmiştir. Bunlarla birlikte neredeyse toplamın %50'si, geri kalanın ise geniş bir miktarı eser element yelpazesi olarak AKM içeriğine katkı sağlamaktadır.

Çizelge 3. Dünya geneli akarsulardaki AKM içerisinde yer alan ana elementlerin ortalama konsantrasyonu (Viers ve ark., 2009)

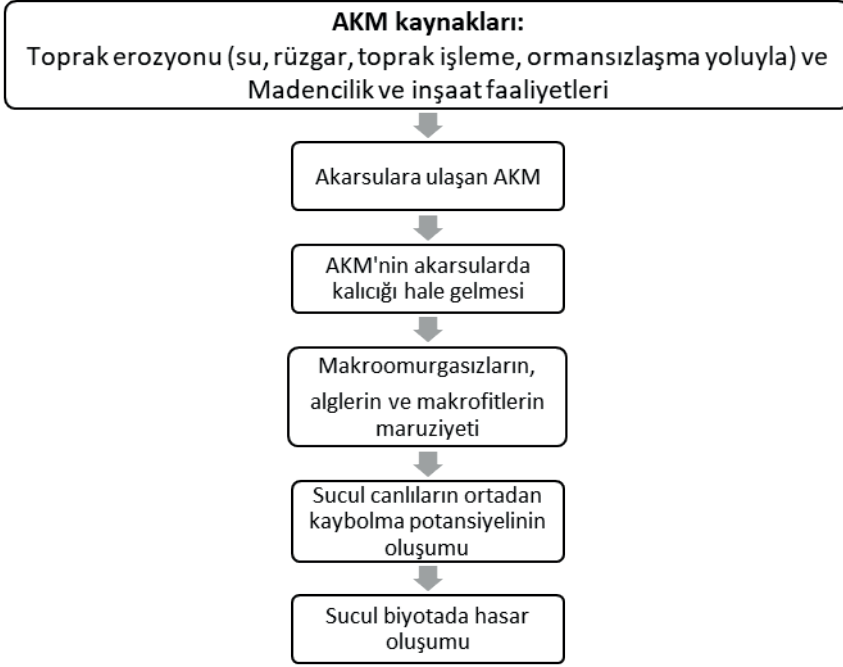
Element	Si	Al	Fe	Ca	K	Mg	Na	Ti	Toplam
%	25.4	8.72	5.81	2.59	1.69	1.26	0.71	0.44	46.62

2.4. Partikül boyutu ve dağılımı

Asılı yükün parçacık boyutunu ve dağılımını belirleyen unsurlar; (1) parçacıkların kalacağı süre, (2) su kolonundaki AKM'nin derinlik dağılımı ve (3) AKM'nin emilme kapasitesidir. Birinci olarak, Stoke Kuralı olarak bilinen yarı deneysel denkleme göre, daha küçük parçacıklar (veya parçacık kümeleri) genellikle daha büyük parçacıklara kıyasla su sütununda daha uzun süre askıda kalma eğilimi gösterirler (Schindl ve ark., 2005).

Bu nedenle maruz kalma süresinin öneminden dolayı, küçük ve ince parçacık boyutuna sahip AKM yükleri sucul organizmalar için uzun vadeli bir tehdit oluşturmaktadır (Şekil 4). İkincisi, düşük veya sıfır akış koşulları altında, daha ince parçacıklar su kaynağının yüzey bölgesini işgal ederken, daha kaba olan parçacıklar su kütlesinin daha derin bölgesini işgal etme eğilimindedir (Schindl ve ark., 2005). Bu durum hangi organizmaların (plankton veya bentik organizmalar) etkileneceğini belirlemektedir. Daha kaba parçacıklar (yani kum, silt ve kil gibi) büyük olasılıkla su yatağı üzerinde birikerek balık yumurtalarını etkileme potansiyeli varken, daha ince malzemelerin ise balıkların ve omurgasızların solunum ve beslenme görevini üstlenen organları için daha fazla tehdit oluşturabilmektedir (Greig ve ark., 2005). Üçüncüsü, daha

yüksek bir emilme kapasitesine sahip olma eğiliminde olan daha ince parçacık boyutu ile koloidal özelliklerin (geniş yüzey alanı, hacim oranı ve yüzey yükleri) varlığından dolayı AKM'nin emilme kapasitesi değişmektedir. Partikül yapısının (boyut, şekil, yoğunluk) ve davranışın (çökme hızı) suda yaşayan sucül organizmalar ve su kalitesi üzerinde önemli etkileri olduğundan (Çizelge 4), bu faktörün etkisini anlamamız önemlidir (Brady ve Weil, 1999).



Şekil 4. Akarsulara giriş yapan tortu yükünün sucül yaşam üzerindeki etkisinin şematik gösterimi (Quinteiro ve ark., 2015).

Çizelge 4. Akarsu dışı kaynaklardan gelen ince tortunun hacmini kontrol eden faktörler (Coleman ve Scatena, 1986).

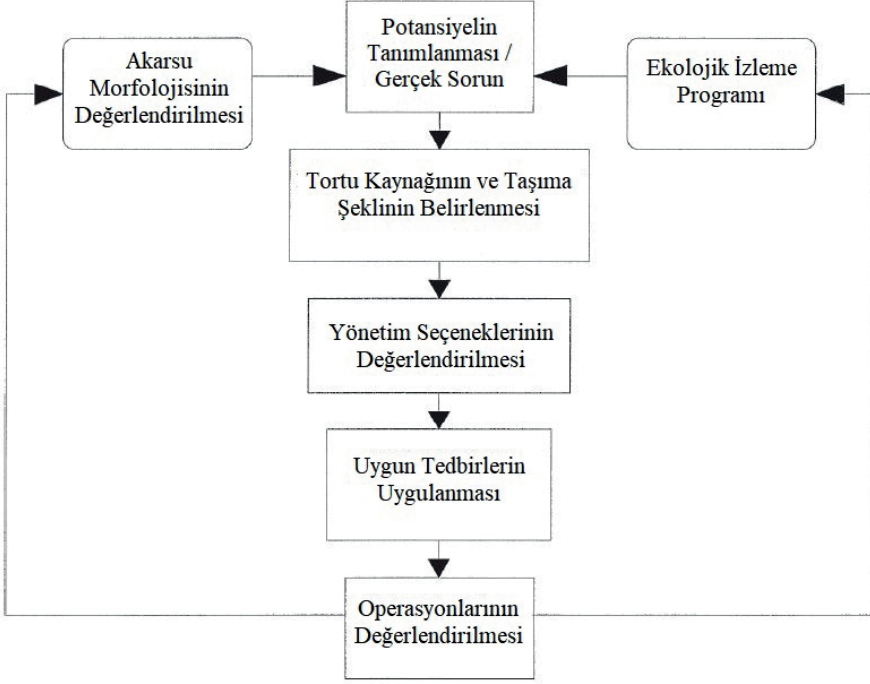
Faktör	Etki düzeyi	Değerlendirme
Topografya	Değişken	Hafif yokuşlarda dik alçakta yüksek
Toprak çeşidi	Değişken	Toprağın ve zeminin aşınabilirliğine bağlı
Toprak üstü	Değişken	zeminin artmasıyla etki azalır
Tortu dağıtımı	Yüksek	Tampon bölge yok veya su yolu/akarsu yatağı yakınında rahatsızlık varsa
	Orta	bazıları tampon bölge oluşturur veya su yoluna bitişik olmayan darbeler/etki oluşturur

	Düşük	Kapsamlı kontrol ölçümleri/tampon bölgeler veya su yolundan belirli bir mesafe uzaktaki etki
Arazi kullanımı		
<input type="checkbox"/> Tarım	Yüksek	%50 ekilebilir veya kötü yönetilen arazi
	Orta	25% ekilebilir veya mera
	Düşük	Nadasa bırakılmış meyve bahçesi veya etkili toprak korunması
<input type="checkbox"/> Orman Bölgesi	Yüksek	Temiz kesim, çıplak toprak ve/veya su yoluna bitişik tampon bölge yok
	Orta	Temiz kesim, ancak bazı toprak koruma ve tampon bölgeleriyle
	Düşük	İyi yönetilen hasat ve etkili toprak koruma ve/veya tampon bölgeleri
<input type="checkbox"/> Kentsel	Değişken	Akarsuya giden akışın hem hacmini hem de hızını artırır
Rahatsızlık (yerüstü madenleri ve inşaat faaliyetleri)	Değişken	Su yolu ile ilgili rahatsızlığın kapsamı, zamanlaması ve konumuna ve önleyici tedbirlerin uygulanmasına bağlı olarak oldukça değişkendir.

AKM'nin emilme kapasitesinde, partiküllerin ne kadar etkili olduğunu arazi yüzeyinden kaynaklı kirleticiler ve su kütlesinin kimyasını değiştirme potansiyeli olan tortular belirlemektedir (Stone ve Droppo, 1994; Brady ve Weil, 1999; Schindl ve ark., 2005). Geleneksel olarak, çeşitli alanlarda çalışan sediment araştırmacıları, partikül boyutu ve dağılımını karakterize etmek için çökeltinin kimyasal olarak dağılmış mineral fraksiyonunu ölçmüştür (Droppo, 2001; McConnachie ve Petticrew, 2006). Ancak sucul ortamda canlı ve cansız maddelerle birbirine bağlanan, flok adı verilen kompozit veya kümelenmiş parçacıklar biçiminde taşınma eğilimi gösteren yapışkan çöktellerin olduğu kabul edilmektedir (Phillips ve Walling, 1995; Petticrew, 1996; Droppo, 2001; McConnachie ve Petticrew, 2006).

3.Sonuç

Su kaynaklarındaki askıda katı maddeler çeşitli kökenlere boyutlara, şekillere ve kimyasal bileşimlere sahip parçacıkları içermektedir. Bu heterojenlik son zamanlarda bilimsel açıdan ele alınmaya başlanmıştır. Özellikle parçacıkları oluşturan bileşimler su kaynakları arasında değişiklik gösterebilmektedir. Akarsu havzalarındaki ince tortuların yönetimi için önerilen bütünsel yaklaşım, nehir yöneticilerinin, hidrologların, coğrafyacıların ve ekologların, sediment kaynaklarını, sedimentasyonun etkisini ve akarsu içerisindeki hem fiziksel çevre hem de flora ve fauna yaşamı üzerindeki AKM artışını tanımlamalarına olanak sağlamalıdır (Şekil 5). Bu faktörlerin tanımlanması ve dikkate alınması yoluyla sedimentasyonun zararlı etkisi azaltılarak akarsuların toparlanması sağlanabilir.



Şekil 5. Akarsulardaki ince çökeltiler için bütünsel bir yönetim çerçevesi (Wood and Armitage, 1997)

KAYNAKÇA

- APHA, (1965). American Public Health Association, American Water Works Association, and the Water Pollution Control Federation. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Including Bottom Sediments and Sludges*. 12. Edition, New York. <https://doi.org/10.1577/T06-164.1>
- Atıcı, A.A. (2017). Karasu Çayı (Van) Kum Alım Faaliyetlerinin Su Kalitesi ve İnci Ke-fali (*Alburnus tarichi*, Güldenstädt 1814) Populasyonu Üzerine Etkileri (Dok-tora Tezi). Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van. 244 s.
- Atıcı, A.A. (2023). Askıdaki Katı Maddeler ile Bulanıklığın Sucul Canlılar Üzerine Etkileri. In: Şahan, A. (Ed.). *Su Ürünleri Alanında Uluslararası Araştırma ve Değerlendirmeler*, Serüven Yayınevi, Ankara, ss.29-52.
- Atıcı, A.A., Elp, M., & Sen, F. (2023). Effects of total suspended solids at different levels on the eggs and larvae of endemic fish, tarek (*Alburnus tarichi* Güldenstädt, 1814) in the Karasu River (Van, Turkey). *Aquatic Sciences and Engineering*, 38(3), 145-150. <https://doi.org/10.26650/ASE20231264370>
- Bash, J., Berman, C., & Bolton, S. (2002). Effects of Turbidity and Suspended Solids on Salmonids. Washington State Transportation Center (TRAC). [Cited 3 Febru-ary 2024.] <http://www.wsdot.wa.gov/Research/Reports/500/526.1.htm>
- Beussink, Z.S. (2007). The effects of suspended sediment on the attachment and me-tamorphosis success of freshwater mussel parasitic life stages. Missouri State University, Springfield, Missouri, p. 55.
- Bilotta, G.S., & Brazier, R.E. (2008). Understanding the influence of suspended solids on water quality and aquatic biota. *Water research*, 42(12), 2849-2861. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2008.03.018>
- Brady, N.C., & Weil, R.R. (1999). *The Nature and Properties of Soils*. Prentice-Hall, Prentice, NJ.
- Butcher, D.P., Labadz, J.C., Potter, A.W.R., & White, P. (1993). Reservoir sedimentati-on rates in the southern Pennine region, UK. In: McManus, J., & Duck, R.W. (Eds.), *Geomorphology and Sedimentology of Lakes and Reservoirs*. Wiley, Chichester, pp. 73-93.
- Coleman, D.J., & Scatena, F.N. (1986). Identification and evaluation of watershed se-diment sources. In: R. Hadley (Ed.). *Drainage Basin Sediment Delivery*. IAHS Publication No. 159, pp. 3-18.
- Cowie, B. (1983). Macroinvertebrate taxa from a southern New Zealand montane stre-am continuum. *New Zealand Entomologist*, 7(4), 439-447. <https://doi.org/10.1080/00779962.1983.9722438>
- Cowie, B. (1985). An analysis of changes in the invertebrate community along a sou-thern New Zealand montane stream. *Hydrobiologia*, 120, 35-46. <https://doi.org/10.1007/BF00034588>

- Dropo, I.G. (2001). Rethinking what constitutes suspended sediment. *Hydrological Processes*, 15(9), 1551-1564. <https://doi.org/10.1002/hyp.228>
- Fleming, S.W., Quilty, E.J., Farahmand, T., & Hudson, P. (2005). Magnitudeduration based ecological risk assessment for turbidity and chronic temperature impacts: method development and application to millionaire creek. *Prepared for the environmental quality section, environmental protection branch, British Columbia Ministry of Environment, Surrey. Prepared by Aquatic Informatics Inc., Vancouver*, pp. 56.
- Garcia, M. (2008). Sedimentation engineering: processes, measurements, modeling, and practice. American Society of Civil Engineers Manuals and Reports on Engineering Practice No. 110. American Society of Civil Engineers, Reston, VA, p. 1132.
- Göksu, M.Z.L. (2003). Su Kirliliği, Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, No:7, Adana, s. 232.
- Greig, S.M., Sear, D.A., & Carling, P.A. (2005). The impact of fine sediment accumulation on the survival of incubating salmon progeny: implications for sediment management. *Science of The Total Environment*, 344(1-3), 241-258. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.02.010>
- Håkanson, L. (2006). Suspended particulate matter in lakes, rivers, and marine systems. Caldwell, New Jersey: Blackburn Press. p. 331.
- Kjelland, M.E., Woodley, C.M., Swannack, T. M., & Smith, D.L. (2015). A review of the potential effects of suspended sediment on fishes: potential dredging-related physiological, behavioral, and transgenerational implications. *Environment Systems and Decisions*, 35, 334-350. <https://doi.org/10.1007/s10669-015-9557-2>
- Lloyd, D.S., Koenings, J.P., & Laperriere, J.D. (1987). Effects of turbidity in fresh waters of Alaska. *North American Journal of Fisheries Management*, 7(1), 18-33. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1987\)7<18:EOTIFW>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1987)7<18:EOTIFW>2.0.CO;2)
- McConnachie, J.L., & Petticrew, E.L. (2006). Tracing organic matter sources in riverine suspended sediment: implications for fine sediment transfers. *Geomorphology*, 79(1-2), 13-26. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2005.09.011>
- Meybeck, M., Laroche, L., Dürr, H.H., & Syvitski, J.P.M. (2003). Global variability of daily total suspended solids and their fluxes in rivers. *Global and planetary change*, 39(1-2), 65-93. [https://doi.org/10.1016/S0921-8181\(03\)00018-3](https://doi.org/10.1016/S0921-8181(03)00018-3)
- MPAC, (2007). Minnesota Pollution Control Agency, Turbidity TMDL Protocols and Submittal Requirements.
- Newcombe, C.P., & MacDonald, D.D. (1991). Effects of suspended sediments on aquatic ecosystems. *North American Journal of Fisheries Management*, 11(1), 72-82. [https://doi.org/10.1577/1548-8675\(1991\)011<0072:EOSSOA>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8675(1991)011<0072:EOSSOA>2.3.CO;2)
- Nichols, G. (1999) Sedimentology and stratigraphy. Blackwell Science, Oxford, pp. 355.
- Petticrew, E.L. (1996). Sediment aggregation and transport in northern interior British

- Columbia streams. In: Walling, D.E., & Webb, B.W. (Eds.), *International Association of Hydrological Sciences*, pp. 313-319.
- Phillips, J.M., & Walling, D.E. (1995). An assessment of the effects of sample collection, storage and resuspension on the representativeness of measurements of the effective particle size distribution of fluvial suspended sediment. *Water Research*, 29(11), 2498-2508. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(95\)00087-2](https://doi.org/10.1016/0043-1354(95)00087-2)
- Quinteiro, P., Dias, A.C., Araújo, A., Pestana, J.L., Ridoutt, B.G., & Arroja, L. (2015). Suspended solids in freshwater systems: characterisation model describing potential impacts on aquatic biota. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 20, 1232-1242. <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0916-5>
- Robertson, M. J., Scruton, D. A., & Clarke, K. D. (2007). Seasonal effects of suspended sediment on the behavior of juvenile Atlantic salmon. *Transactions of the American Fisheries Society*, 136(3), 822-828.
- Ryan, P.A. (1991). Environmental effects of sediment on New Zealand streams: a review. *New Zealand journal of marine and freshwater research*, 25(2), 207-221. <https://doi.org/10.1080/00288330.1991.9516472>
- Sadar, M.J. (1996). Understanding turbidity science. *Technical Information Series, Booklet*, 11, 26.
- Schindl, G., Studnicka, M., Eckelhart, A., & Summer, W. (2005). Hydrological and instrumentation aspects of monitoring and analysing suspended sediment transport crossing international borders. In: Walling, D.E., & Horowitz, A.J. (Eds.). *Sediment Budgets 1 (Proceedings of symposium S1 held during the Seventh)*, IAHS Scientific Assembly at Foz do Iguaçu, Brazil, pp. 227-240.
- Stephan, H. (1953). Seefisherei und Hochwasser. Der Einfluss von anorganischen Schwebstoffen auf Cladoceren und Copepoder, Muchen.
- Stone, M., & Droppo, I.G. (1994). In-channel surficial fine-grained sediment laminae. Part II: Chemical characteristics and implications for contaminant transport in fluvial systems. *Hydrological Processes*, 8(2), 113-124. <https://doi.org/10.1002/hyp.3360080203>
- Suren, A.M., Martin, M.L., & Smith, B.J. (2005). Short-term effects of high suspended sediments on six common New Zealand stream invertebrates. *Hydrobiologia*, 548, 67-74. <https://doi.org/10.1007/s10750-005-4167-5>
- Unger, J., & Brinker, A. (2013). Feed and treat: What to expect from commercial diets. *Aquacultural engineering*, 53, 19-29. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2012.11.012>
- Verstraeten, G., & Poesen, J. (2000). Estimating trap efficiency of small reservoirs and ponds: methods and implications for the assessment of sediment yield. *Progress in Physical Geography*, 24(2), 219-251. <https://doi.org/10.1177/03091333000240020>
- Viers, J., Dupré, B., & Gaillardet, J. (2009). Chemical composition of suspended sediments in World Rivers: New insights from a new database. *Science of the total*

Environment, 407(2), 853-868. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.09.053>

Waters, T.F. (1995). *Sediment in streams- Sources, biological effects and control*. American Fisheries Society Monograph 7. American Fisheries Society, Bethesda, MD.

Winterbourn, M.J., & Ryan, P.A. (1994). Mountain streams in Westland, New Zealand: benthic ecology and management issues. *Freshwater Biology*, 32(2), 359-373. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1994.tb01132.x>

Wood, P.J., & Armitage, P.D. (1997). Biological effects of fine sediment in the lotic environment. *Environmental management*, 21(2), 203-217.



Bölüm 2

SU ÜRÜNLERİ TÜKETİM TERCİHLERİ: DÜNYA VE TÜRKİYE

Levent İZCİ¹

¹ Prof. Dr., Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, Isparta, Türkiye.
ORCID ID: 0000-0001-7142-8782, leventizci@isparta.edu.tr

Giriş

Dünyada nüfusun artmasıyla birlikte yeterli ve dengeli beslenme günümüzün önemli sorunlarından biri olmuştur. Bu kapsamda, su ürünleri önemli protein, yağ, mineral ve vitamin kaynağı olmasıyla çok özel diyebileceğimiz bir besin kaynağı olup tüketimi teşvik edilmelidir (Arslan ve İzci, 2016). Dünyada tüketiciler, tarım ve gıda sektöründeki değişiklikleri yönlendirmekte, tüketici tercihlerinde yaşam tarzı, diyet ve sağlıklı yaşam arasındaki yeni bilgiler gıdalara yönelik yeni taleplerin oluşmasına katkı sağlamaktadır (Jensen, 2006).

Su ürünleri dünyada en çok ticareti yapılan gıda ürünlerinden olup, gelişmiş ülke pazarlarında tüketilen su ürünlerinin önemli bir kısmı gelişmekte olan ülkelere temin edilmektedir (Bush ve Roheim ., 2019). Avrupa Birliği (AB), su ürünleri açısından dünyadaki en büyük pazardır. Bu açıdan piyasada tüketici tercih ve tutumları sürekli izlenmekte ve anketler yapılmaktadır (Cantillo vd., 2021). Portekiz, AB ülkeleri içerisinde en çok su ürünü tüketen ülkelerin başında yer alır. Su ürünleri tüketiminin geliştirilmesi ile ilgili çalışmalar bu ülkede sürdürülmektedir (Trigo, 2021).

Su ürünlerinin besin olarak kullanılması çok eski yıllara dayanmakla birlikte balık etinin besinsel değeri çok fazla bilinmemekteydi. Ancak yapılan çalışmalarla su ürünlerinin besin bileşenlerinin ortaya konulması ve sağlıkla ilişkilendirilmesi sağlık açısından önemini daha da iyi anlaşılır hale getirmiştir (Turan vd., 2006). Cantillo vd. (2021) AB ülkelerinde tüketicilerin su ürünlerini tercih etmelerinde sağlıklı bir yaşam yanında lezzet ve nispi fiyatın etkili olduğunu ifade etmiştir. Christenson vd. (2017) su ürünlerinin tüketiminde en önde gelen teşvik edici faktörlerin sağlık, lezzet ve kolaylık iken tüketimin önündeki ana engellerin fiyat, bulunabilirlik, kalite ile ilgili endişeler ve su ürünlerini seçme ve hazırlama konusundaki güven eksikliği olduğunu bildirmişlerdir.

Su ürünleri gerek avcılık gerekse yetiştiricilik yoluyla temin edilerek taze soğutulmuş veya işlenmiş olarak tüketime sunulmaktadır. Ürün yelpazesinin çeşitlendirilmesi tüketim açısından önemli kriterlerden biridir. Yani farklı ürünler tüketicilerin tercih edebilecekleri ürüne ulaşmalarını sağlayabilir ve bu sayede de tüketimi artırmaya yönelik bir adım atılmış olur. Zaten su ürünleri işleme teknolojisinin amaçlarından biri de ürün yelpazesinin artırılarak yerden ve zamandan bağımsız bir şekilde su ürününün bölgesel açıdan daha az olan kesimlerinde de yıl boyunca bulunabilirliğini olanaklı hale getirmektir (Gülyavuz ve Ünlüsayın, 1999).

Sucul kaynaklı gıdaların 2030 yılına kadar insanların gıda gereksinimlerinin karşılanmasında daha da önemli bir yere sahip olacağı öngörülmektedir. Bu nedenle konunun gıda güvenliği ve sürdürülebilirlik yönleriyle ele alınmasının uygun olacağı değerlendirilmektedir (FAO, 2022). Su ürünleri, dünyada önemli bir gıda potansiyeline sahip olduğundan su ürünleri tüketim alışkan-

lıkları ve bu alışkanlıkları etkileyen faktörler dikkat çekici olmuştur.

Bu çalışmada, su ürünleri tüketim tercihleri ve tüketim tercihleri üzerine etkili olan faktörler incelenmiş olup sektörel açıdan girişimcilere bir vizyon oluşturulması amaçlanmıştır.

Dünya ve Türkiye Su Ürünleri Tüketim Miktarlarına Genel Bir Bakış

Dünya su ürünleri üretimi gün geçtikçe artmaktadır. Son yıllarda su ürünleri sektörü hızlı bir gelişim süreci sergilemiş ve küresel ekonomide önemli bir yere sahip olmuştur (Çöteli, 2020). Dünya su ürünleri üretimi 2018 yılı itibarıyla 178,5 milyon ton olup bu üretimin 96,4 milyon tonunu avcılık, 82,1 milyon tonunu ise yetiştiricilik ürünleri oluşturmaktadır. Bununla ilişkili olarak da 1960'dan bu yana su ürünlerinin insan tüketimindeki oranı (%67) önemli miktarda artmıştır. Dünyada 2018 yılı toplam su ürünleri üretiminin yaklaşık %88'i insan tüketiminde, %12'si ise balık yemi ve balık yağı üretiminde kullanılmıştır. Uzun yıllardır balık tüketim oranı dünya nüfus artış oranının üzerinde seyretmiştir. Dünyada su ürünleri tüketim miktarı 2017 yılı için kişi başına 20,3 kg/yıl olarak tespit edilmiştir. Tüketimin sadece üretimin artması ile değil aynı zamanda işlenmesindeki teknolojik gelişmeler, soğuk zincir, nakliye, dağıtım, gelir artışı ve balığın sağlık için yararları konusundaki farkındalıklarla balık ve balık ürünlerine talebi artıracığı düşünülmektedir (FAO, 2020). Türkiye'de su ürünleri üretimi 2020 yılı itibarıyla 785.811 ton olmuş ve ilk defa yetiştiricilik ürünlerinin miktarı (421.411 ton) avcılık ürün miktarını (364.400 ton) belirgin bir şekilde geçmiştir. Bu yıl itibarıyla de kişi başına düşen su ürünleri tüketimi 6,7 kg/yıl olmuştur (BSGM, 2021).

Matias (2021) Birleşik Krallık Ulusal Sağlık Sisteminde sağlıklı ve dengeli beslenmek için haftalık kişi başına su ürünleri tüketiminin yaklaşık 300 g olduğunu bunun da yıllık yaklaşık olarak 14,4 kg'a karşılık geldiğini belirtmiştir. Dünya su ürünleri için AB, ABD ve Japonya önemli bir pazardır. Dünya balık arzının yaklaşık 1/3 kadarını dünya nüfusunun % 12'sinin tükettiği ifade edilmiştir (Swartz vd., 2010). Gelişmişlik ve gelir düzeyindeki artışın, su ürünleri tüketimine olumlu yansıdığı görülmektedir (FAO, 2020).

Coğrafi Bölgelere Göre Su Ürünleri Tüketimi ve Tüketim Tercihleri

Balık tüketiminde, 2018 yılında canlı, taze veya soğutulmuş olarak daha çok tercih edildiği, balıklardan yararlanma ve işleme yöntemlerinin bölgelere, ülkelere ve hatta ülke içinde de farklılıklar gösterebildiği belirtilmiştir. Üretilen balığın 2/3'ü insan gıdası olarak tüketilmekte olup Avrupa ve Kuzey Amerika'da dondurulmuş ve işlenmiş olarak, Asya'da ise büyük oranda canlı ve taze olarak alıcı bulunmaktadır (FAO, 2020). Balık tüketiminde ulaşılabilirlik oldukça önemlidir. Türkiye'de içsu ve deniz kıyılarında tüketim diğer bölgelere göre daha fazladır. Yozgat il merkezinde kırsal bölgelere göre daha fazla miktarda balık tüketildiği tespit edilmiştir (Erdoğan Sağlam ve Samsun, 2018). İç Ana-

dolu Bölgesinde yer alan Konya ilinde kişi başına tüketim miktarı 3-4 kg/yıl, en çok deniz balıklarının ve bunlar içinde de hamsinin tercih edildiği ve tercih edilen tüketim şeklinin de kızartma olduğu belirlenmiştir (Bolat ve Cevher, 2018). Aydın ve Karadurmuş (2013) Karadeniz Bölgesinde yer alan Giresun ve Trabzon illerinde balık tüketimine ilişkin yaptığı çalışmada, ankete katılanlar arasında et ürünleri içerisinde su ürünlerinin tüketim açısından ilk sırada yer aldığını ve kişi başı tüketimin 29,52 kg/yıl olduğunu bildirmiştir. Rize ilinde yapılan bir araştırmada kişi başına balık tüketimi 20,1 kg (Temel ve Uzundumlu, 2014), Adıyaman'da ise 3,01 kg olarak tespit edilmiştir (Olgunoğlu vd., 2014). Yiğit vd. (2020) Afyonkarahisar'da lise öğrencileri arasında yaptıkları araştırmada kişi başına balık tüketim miktarını 7,35 kg/yıl olarak saptamışlardır. Bahsi geçen çalışmalar ışığında kıyı bölgelerinde göre iç kesimlere göre daha fazla tüketimin olduğu, balık tüketim şeklinin de tava ve ızgara şeklinde olduğu söylenebilir.

Kişi başına su ürünleri tüketimi 2017 yılında Avrupa'da 21,6 kg/yıl, Afrika'da 9,9 kg/yıl, Kuzey Amerika'da 22,4 kg/yıl, Okyanusya'da 24,2 kg/yıl, Latin Amerika ve Karayipler'de 10,5 kg/yıl olarak tespit edilmiştir (FAO, 2020).

Almeida vd. (2015) Portekiz'de yaptıkları bir araştırmada, çok çeşitli türlerin tüketildiği, ton ve morina balıklarının tüketim tercihinde önemli türler olduğu belirtilmiştir. Su ürünleri tüketiminin evde ve ızgara olarak tercih edildiği ancak hazırlığı kolay ürünlerin tüketim tercihlerinde önemli etkisinin olabileceği vurgulanmıştır.

Japonya'da yapılan bir ankette, Japonların yarıdan fazlasının haftada 2-3 kez balık tükettiği ve son yıllarda da somonun popüler balık türlerinden biri olduğu tespit edilmiştir. Sashimi, ızgara, haşlama, kurutma ve kızartmanın yaygın tüketim şekilleri olduğu, çiğ balık tüketiminin ve deniz yosunlarının Japon mutfağında çok eski yıllara kadar dayandığı ifade edilmiştir. Sushi ise dünyada en popüler Japon yemeklerindendir (Kamoe, 2015).

Akdeniz'de kıyısı olan AB ülkeleri farklı su ürünlerini taze ve işlenmiş olarak tüketmektedir (Paquette ve Lem, 2008). Akdeniz'e kıyısı olan AB ülkeleri ile Afrika ülkelerinin su ürünleri tüketiminde önemli bir farkın olduğu belirtilmiş, farklılığın beslenme alışkanlıkları, nüfus yapısı, yaşam standartları dışında lojistik, işleme tesisleri ve toptan gıda pazarındaki eksikliklerden kaynaklanabileceğine vurgu yapılmıştır (Dinçer, 2017). AB ülkelerindeki tüketicilerin daha homojen bir gıda piyasasına sahip olmasına rağmen hala gıda tüketim alışkanlıklarında farklılıklar mevcuttur (Garcia ve Albisu, 2001).

Kıbrıs'ta Türk ve Yunan mutfakları hakim olup başlıca su ürünleri tüketimi derin yağda kızartılmış kalamar, ahtapot, barbun, çipura ve levrek balıkları şeklindedir. Başlıca tüketilen balıklar arasında pelajik balıklar ve sonrasında da dip balıkları yer almaktadır. Malta'da geçmişten günümüze genel olarak balık tüketimi artmış ve ileri yaşta kişiler halen geçmişten gelen belirli günlerde

balık tüketim geleneğini sürdürmektedirler. Maltalılar balık çorbası ve önemli balıklardan olan *lampuki*, fırında, tavada ve balık turta şeklinde tüketilmektedir. Maltalılar için diğer favori balıklar levrek, orfoz, sinarit, çipura, kefal, kılıç ve orkinos balıklarından oluşmaktadır. Ahtapot ve kalamarla yapılan yahni ve makarna sosları da bu ülkede tercih edilen ürünlerdendir. Slovenya'da su ürünleri daha popüler hale gelen gıdalardandır. Su ürünleri tüketimi geniş yelpazede olup balık, kafadanbacaklılar, kabuklular ve yumuşakçaları içermektedir (Camilo, 2008).

Yousuf vd. (2019) Umman'da yaptığı çevrim içi ve yüz yüze anket çalışmasında, çevrimiçi ve hipermarket katılımcılarının çoğunluğunun temizlenmiş, balık pazarındakilerin ise taze ürünleri daha çok tercih ettiklerini ve aylık su ürünleri harcamalarının diğerlerine göre daha fazla olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca tüm gruplarda su ürünleri en çok tercih edilen gıda olmuş, sığır etinin ise en az tercih edilen ürün olduğu belirtilmiştir. Allegro vd. (2021) Sicilyalı tüketicilerin su ürünleri tüketim tercihlerinde, katılımcıların yerleşim bölgelerine göre taze ve donmuş balıklar açısından önemli bir farklılık gözlenmiştir. Konserve balıklar ile kurutulmuş, tuzlanmış ve tütsülenmiş balıklarda tüketime ilişkin kıyı bölgelerindeki yaşayan katılımcılar ile diğer bölgelerde yaşayanlar arasında önemli farklılıklar tespit etmişlerdir.

Farklı coğrafyalarda bulunan farklı AB ülkelerini kapsayan bir anket çalışmasında, balık yemenin bir beslenme alışkanlığı olduğu ve Akdeniz ülkelerinde de diyetin önemli bir parçası olduğu belirtilmiştir (Vanhonacker vd., 2013). Rodos Adası'nda yapılan bir araştırmada, farklı yerlerden katılımcıların büyük çoğunluğu haftada iki veya daha fazla balık tükettiğini beyan etmiş, yerel ürünleri tercihte istekli oldukları, su ürünleri alımı için ideal yerlerin ise süpermarketler, balık satış yerleri ve restoranların olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca çalışmada, tüketicilerin yerel ürünlere teşvik edilmesine dikkat çekilmiştir (Richard ve Pivarnik, 2020).

Mozambik Cumhuriyeti'nde yapılan bir çalışmada, füme, kurutma ve tuzlama yöntemlerinin halk arasında su ürünleri tüketiminde yaygın kullanılan yöntemler olduğu ifade edilmiştir (Junior, 2022).

Çin su ürünleri üretiminde, tüketiminde ve ticaretinde önemli role sahip bir ülkedir. Yapılan çalışmalar ışığında 2030 yılına kadar su ürünleri tüketiminin yerel üretimi geride bırakabileceği öngörülmektedir. Günümüzde geçmişe göre Çin'de beslenme alışkanlıkları değişmiş, gıda arzındaki ve gelirdeki artış, kentleşme, yaşam tarzındaki ve lezzet tercihlerindeki değişikliklerin su ürünleri tüketiminde artışa yol açtığı ve bu artışın da süreceği öngörülmektedir (Crona vd., 2020). Son yıllarda ABD'de su ürünleri tüketimi artmış, özellikle de ithal bazı yetiştiricilik türleri bu konuda öne çıkmıştır (Shamshank vd., 2019). Avustralya'da etten farklı sağlıklı, lezzetli ve kolay bir yemek seçeneği olan su ürünlerine ilgi gösterilmekte olmasına karşın istenilen miktarda tüke-

tilmediğine dikkat çekilmiştir (Christenson vd., 2017). Yapılan çalışmalar gösteriyor ki bölgelere göre tüketim çok fazla faktörün etkisi altında kalmaktadır.

Çanakkale ilinde yapılan anket sonucunda hayvansal protein kaynaklarından beyaz et, balık eti ve kırmızı et sıralamasında tercihin öne çıktığı, balık tüketiminde çoğunlukla taze balığın kızartma veya ızgara şeklinde tüketiminin tercih edildiği tespit edilmiştir (Çolakoğlu vd., 2006). Ankara'da balık etinin kırmızı et ve kanatlı etinden sonra tercih edildiği, tüketiminde de taze balığın öne çıktığı, su ürünleri tüketiminde balığın yerinin diğer su ürünlerine oranla oldukça yüksek olduğu ifade edilmiştir (Gül Yavuz vd., 2015). Bu çalışmaya benzer şekilde Afyonkarahisar'da lise öğrencilerinin balık etine üçüncü sırada yer verdikleri, taze ve kızartma şeklinde tüketimi tercih ettikleri belirlenmiştir (Yiğit vd., 2020). Yüksel vd. (2011) Tunceli ilinde sırasıyla kırmızı et, tavuk eti ve balık etinin en fazla oranda tüketildiğini belirtmiş olmasına karşın anket katılımcıları arasında tüketilen etler içerisinde en sevileninin balık eti olduğu sonucuna ulaşmıştır. Mersin'de yapılan bir araştırmada balık tüketim tercihinin kırmızı ve tavuk etinden sonra geldiği, ancak beğeni bakımından tavuk etinden önce geldiği bildirilmiştir (Şen ve Şahin, 2017). Çanakkale'nin Çan ilçesinde su ürünleri tüketim alışkanlıkları üzerine yapılan çalışmada, ankete katılanların balık tüketme eğiliminde olmasına karşın ilçede balık etinin (% 12,27) diğer tüketilen et gruplarından sonra tercih edildiği tespit edilmiştir (Selvi vd., 2019). Yüksel ve Diler (2019) Ankara ilinde su ürünleri tüketim tercihinin taze balık yönünde olduğunu vurgulamıştır. Olgunoğlu vd. (2014) Adıyaman'da et ürünleri içerisinde tüketimi tercih edilen ürünlerin tavuk eti, kırmızı et ve balık eti sıralamasında olduğu, su ürünleri içinde en fazla balığın (% 94) yer aldığı ve çoğunlukla da taze ürünlerin (% 95) tercih edildiği belirtilmiştir. Öndaş ve Duman (2020) üniversite öğrencileri arasında balık tüketimine ilişkin yaptıkları araştırmada, balık eti tüketiminin diğer et gruplarından sonra geldiği, anket çalışmasının yapıldığı üniversitede ankete katılanlar arasında balık tüketiminin düşük olduğu sonucuna varılmıştır. Trigo (2021) Portekiz'de su ürünleri tüketici tercihleri üzerinde su ürünleri tüketim alışkanlıklarının oldukça önemli olduğuna, bu alışkanlıkları da değiştirmenin kolay olmadığına ve bu değişikliğin uzun zaman alabileceğine vurgu yapmıştır. Elmadfa ve Weichselbaum (2005), 14 AB ülkesini kapsayan beslenme ve sağlık konulu çalışmalarında su ürünleri tüketiminin artış gösterdiğini ve tüketim açısından et grupları içinde de ikinci sırada geldiğini saptamışlardır.

Love vd. (2020) ABD'de su ürünleri gıda kaynakları ve harcamaları konulu yaptıkları çalışmada, su ürünleri tüketiminin genel olarak (%63) evde gerçekleştiğini, yetişkinlerin en önemli kaynağın perakende gıda (%56), restoranlar (%31) olduğunu, küçük bir bölümünün de (%5) tanıdıklarının veya tanımadıklarının av ürünleri olduğunu saptamıştır.

Çek Cumhuriyeti, Almanya, Yunanistan, İtalya, Portekiz, Romanya, İsveç ve Birleşik Krallığı içeren bir anket çalışmasında, ankete katılanlarda su

ürünlerinin sağlık açısından algısının oldukça güçlü olduğu tespit edilmiştir. Taze balık en sağlıklı ürün olarak algılanırken bunu dondurulmuş, konserve ve hazır diğer balık ürünleri izlemiştir (Vanhonacker vd., 2013). Japonya'da 1960'larda beslenme alışkanlıklarında önemli değişiklikler meydana gelmiş, gelir düzeyinin artmasıyla birlikte su ürünleri tüketimi artmaya başlamıştır. Yemeğe hazır kolay hazırlanabilir su ürünlerine ilginin geleneksel ürünlere göre arttığı, çalışma hayatı ile birlikte dışarıda yemek yeme kültürünün de su ürünleri tüketiminde etkili olduğu belirtilmiştir (Kingston vd., 1991).

Dünden bugüne endüstri alanındaki teknolojik gelişmeler ve toplumdaki sosyolojik değişimler su ürünleri sektörüne de yansımıştır. Su ürünleri sektörünün toplumsal ihtiyaçlar ışığında kendini yenilemesi rekabetçi piyasa şartlarında olağan bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. Tüketici tercihleri ve tüketim alışkanlıkları dinamik bir durum olup zaman içerisinde değişim gösterebilmektedir.

Tüketici Tercihlerinde Etkili Olabilecek Faktörler

Su ürünleri tüketim tercihlerinde birçok faktör etkili olabilmekte ve günün koşullarına göre etki düzeyleri değişebilmektedir.

Arslan ve İzci (2016), Antalya ilinde su ürünlerinin tüketimini olumsuz etkileyen faktörlerin başında tüketim alışkanlığının olmaması ve fiyatın etkili olduğunu belirtmiştir. Şen vd. (2008), Elazığ ilinde balık fiyatlarının etkili olduğunu ifade ederken, Orhan ve Yüksel (2010) Burdur ilinde bireylerin ürün pişirme sırasındaki kokunun ve tüketim alışkanlığından kaynaklanan olumsuzluklara değinmişlerdir. Söğüt (2017) İskenderun'da balık tüketim davranışlarında beslenme alışkanlıklarının yanında balık fiyatlarının, gelir seviyesinin ve mevsimin etkili olduğunu belirtmiştir. Ankara'da yapılan bir araştırmada, tüketicilerin eğitim ve gelir düzeyinin tüketimde etkili olduğu tespit edilmiştir (Gül Yavuz vd., 2015). Mersin'de yapılan bir araştırmada tüketilecek balığın seçilmesinde eğitim düzeyinin etkili olduğu vurgulanmıştır (Şen ve Şahin, 2017). Adıyaman'da, balık tercihinin diğer et gruplarından sonra gelmesinde taze balığa ulaşılabilirlik, koku, temizlik sorunları ve fiyatın öne çıkan faktörler arasında olduğu belirtilmiştir (Olgunoğlu vd., 2014). Yiğit vd. (2020), Afyonkarahisar'da lise öğrencilerinin balığı tüketenler açısından balığı tercih etmelerinde sağlıklı ve dengeli beslenmenin öne çıktığını, tüketmeyenler açısından da kokunun önemli etkenlerden olduğunu ifade etmişlerdir. Malatya ilinde balık tüketiminde, balığa ulaşılabilirliğin ve beslenme alışkanlıklarının tüketimi kısıtlayan faktörler arasında gösterilmiştir (Yücel vd., 2020). Burdur ilinde su ürünleri tüketim tercihlerine yönelik yapılan bir çalışmada, ankete katılanların çoğunluğunun taze ürünleri tercih ettiği ve tüketimin eğitim seviyesiyle birlikte arttığı belirlenmiştir (Orhan ve Yüksel, 2010). Yozgat ilinde su ürünlerinin tüketim tercihinde, sağlıklı ve dengeli beslenmenin öne çıktığı saptanmıştır (Erdoğan Sağlam ve Samsun, 2018). Deniz ve Sarıözkan (2020) Kayseri

ilinde balık tüketim davranışlarına yönelik ankette katılımcıların balık tüketimini diğer etlere göre daha az tercih ettiğini ancak eğitim düzeyi ile doğru orantılı olarak balık tüketiminin de arttığını ifade etmiştir. Avustralya'da su ürünleri tüketiminde en önemli engelin fiyat, bulunabilirlik, kalite ile ilgili endişeler ve su ürünlerinin seçiminde veya hazırlanmasındaki güven eksikliğinin olduğu (Christenson vd., 2017), tüketimde etkili olan önemli faktörler arasında sağlık, tat, kolaylık ve diyetle ilgili çeşitlilik isteği olduğu belirtilmiştir (Birch vd., 2012). Govzman vd. (2021) yaptığı araştırma sonucunda, su ürünleri tüketicilerinin tüketim davranışlarına göre daha ileri yaşta olduğunu, aktif ve daha varlıklı olduklarını belirtmiştir. Ayrıca araştırmacılar su ürünlerinin tüketimini kısıtlayan faktörler arasında fiyat, fiziksel ve duyuşsal engeller ile birlikte sağlık ve beslenme inanışları, alışkanlıklar, bulunabilirlik ve pişirme becerilerinin olduğu bilgisine ulaşmışlardır. Birch ve Lawley (2014) su ürünlerine yönelik alışkanlığın ve aşinalığın yeteri kadar olmaması tüketimi olumsuz, su ürünlerine yakınlığın ise tüketimde olumlu yansımalar sağlayacağına değinmiştir. Ayrıca çocukken düzenli su ürünleri tüketiminin yetişkin döneminde su ürünleri tüketim alışkanlığına olumlu katkılar sağladığını ifade etmiştir. Slovenya'da su ürünleri tüketimine ekonomik gelişmelerin olumlu yansıdığı belirtilmiştir (Camilo, 2008). Fransız yetişkinlerini temsil edecek şekilde (996 kişi) ve üç farklı deniz ürünü (balık, karides ve midye) üzerinden ürün seçim davranışlarında kişisel faktörlerin etkisini belirlemeye yönelik yapılan çalışmada, ankete katılanların su ürünlerini kolaylık odaklı düşündüklerinde az tercih ettikleri, kilo kontrolü odaklı düşündüklerinde ise daha çok tercih ettikleri belirtilmiştir. Ayrıca yalnız yaşayanların bu ürünleri yeme tercihleri düşükken, yaşlı ve yüksek gelirli arasında bu ürünlerin daha fazla tercih edildiği, kalabalık ailelerin de muhtemelen ekonomik nedenlerden dolayı bu ürünleri daha az tercih ettikleri tespit edilmiştir (Thong ve Solgaard, 2017).

Umman'da su ürünleri tüketimi konusunda yapılan yüz yüze ve çevrimiçi ankette, milliyetin, alışkanlığın, tazeliğin, tadın, hane büyüklüğünün, gelir ve eğitim durumunun ürün satın almada etkili olduğu saptanmıştır (Yousuf vd., 2019). Delmarva (ABD) bölgesinde yaklaşık 30 yıl önce su ürünleri tüketici tutumlarına ilişkin yapılan çalışmada, taze balık ve su ürünleri tüketim oranının oldukça yüksek, tüketiciler için tazelik, görünüm, lezzet ve gıda güvenliğinin önemli faktörler olduğu, su ürünleri alımlarında ise tat, koku ve fiyatın en büyük sınırlayıcı faktörler olarak ifade edilmiştir. Ayrıca tüketicilerin su ürünlerinin sağlıklı bir gıda olması konusunda bilgilerinin olduğu da anlaşılmaktadır (Kreider vd., 1993). ABD'de yapılan bir anket çalışmasında, su ürünleri tüketiminde öne çıkan faktörlerin tat ve fiyat olduğu vurgulanmış ve ABD nüfusunun çoğunluğunun su ürünlerini tükettiği ancak tüketiminin belirtilen sağlık ölçüsünde olmadığı ifade edilmiştir (Hicks vd., 2008).

Norveç ve Rusya'da gençler üzerinde su ürünleri tüketimi üzerine yapılan bir anket çalışmasında, tüketimin istenilen seviyede olmadığı gibi Norveç'li

tüketicilerde su ürünleri tüketiminden sonra doymama, hoş olmayan koku, taze ürünlerdeki yüksek fiyat gibi engellerin olduğu, Rus tüketicilerde ise ürün kalitesinin değerlendirmede zorluk, önceki yaşlardan gelen tattan hoşlanmama, ürünlerde uygun olmayan duyuşal değerler ve ürün çeşitliliğinin tatmin edici olmaması gibi sonuçlar elde edilmiştir (Ivoninskii, 2016).

İncelenen çalışmaların ışığında tüketici tercihleri değerlendirildiğinde su ürünleri tüketiminde; üretim, ürüne ulaşılabilirlik, ürün fiyatları ve gelir düzeyi, mevsim, tazelik, sağlıklı beslenme, ürün çeşitliliği, gıda güvenliği, eğitim düzeyi, koku, farkındalık, pişirme öncesi hazırlık-pişirme sonrası temizlik ve beslenme alışkanlıkları öne çıkan faktörler olarak sıralanabilir.

İklim Değişikliği ve Aşırı Avcılığın Gelecekteki Su Ürünleri Tüketimindeki Yansımaları

İklim değişikliği, uzun yıllar boyunca hava durumundaki istatistiksel değişimler olarak tanımlanmaktadır (Türkeş, 2008). Global iklim değişikliği, global ısınmanın bir sonucu olup karbon kaynaklarının yakılması ve sera gazının atmosferdeki düzeyinin artması bu sürecin en önemli parçasıdır (Köse, 2018). Global iklim değişikliği artık yadsınamaz bir gerçek olarak önümüzde durmaktadır. Global iklim değişikliği dünya yaşamını çok yönlü etkilemekte ve gerekli önlemlerin alınmaması durumunda da olumsuz etkilerinin şiddeti kaçınılmaz biçimde artacağı görülmektedir. Avcılık ve yetiştiricilik ürünleri artan dünya nüfusunun beslenmesinde düşük karbon ayak izi ile önemli rol oynamaktadır. İklim değişikliği sucul ortamdaki abiyotik ve biyotik etkileri ile su ürünleri potansiyelini gerek avcılık gerekse yetiştiricilik yönüyle etkilemekle birlikte bu etkiler ilişkili sektörlerle de yansiyabilir. Bu açıdan gerekli planlamaların yapılması önemlidir (FAO, 2020).

Hem bu günün hem de geleceğin bir problemi olan iklim değişikliğinin su ürünleri yetiştiriciliğinde etkilerinin artacağı, coğrafik bölgelere göre bu etkilerin farklılık göstereceği, bu etkilerin azaltılmasına yönelik çalışmalara önem verilmesi gerektiği belirtilmektedir (Khalid, 2022). İklim değişikliğinin okyanuslarda önemli düzeyde meydana getireceği balık stoklarının üretkenliği ve dağılımındaki değişikliklerle birlikte insanların göç etmesi gibi olumsuzlukları da beraberinde getirmesi muhtemeldir. Ayrıca iklim değişikliğinin; küresel gıda güvenliğine, beslenmeye ve insanların geçimine katkıları olan su ürünleri yetiştiricilik sektörü üzerindeki etkileri dikkat çekicidir (Mendenhall vd., 2020).

İklim değişikliği ile aşırı avcılığın birlikte etkisinin balık stoklarına ve deniz ekosistemine etkisinin ölümcül olduğu, aşırı avcılığın sona erdirilmesi stokların sürdürülebilir olmasına, ekosistemlerin korunabilir olmasına ve bu şekilde iklim değişikliğine daha dirençli hale getirilmesine katkı sunacaktır (Smaila ve Tai, 2020). Ayrıca iklim değişikliğinin çok sayıda türün yaşam alanı olmayan bölgelere yayılmasını sağlayarak dünya biyotasını değiştirdiği ve bu

değişimin daha da belirgin hale geleceği belirtilmektedir (D'Amen vd., 2022).

Aşırı avcılık AB için önemli bir sorun olmuş ve ortak balıkçılık politikalarında da hedeflenen aşırı avcılığın önlenmesi, gelişmekte olan ülkelerdeki nüfus artışı yanında ekonomik güçlüklerin su ürünlerinde talep artışına ve aşırı avcılığın yakın zamanda sona ermeyebileceği ifade edilmiştir. Aşırı avcılığın son bulmasının balıkçı ve tüketiciye yarar sağladığı gibi iklim değişikliğine de fayda sağlayacağına dikkat çekilmiştir (Matias, 2021). 2050 yılı için pesketaryen diyetin, küresel omnivor diyet ile karşılaştırıldığında gıda üretiminden kaynaklanan sera gazı emülsiyonlarını %45 oranında azaltma potansiyeline sahip olduğu aktarılmış, önemli bir protein kaynağı olmasıyla birlikte sürdürülebilir ve sağlıklı bir diyetin parçası olabileceği vurgulanmıştır (Christenson vd., 2017). Geçen yüz yıla göre gerek dünyada gerekse Avrupa da su ürünlerinde kişi başına tüketim miktarındaki artış nedeniyle, özellikle doğal yaşam ortamındaki sürdürülebilirliğin ve balıkçılık açısından da kaynak yönetiminde sınırların aşılmakta olduğuna dikkat çekilmiştir (Richter ve Klöckner, 2017).

İklim değişikliğinin yarattığı ve yaratacağı değişikliklerin su parametrelerinde değişikliğe bunun da balıkçılık faaliyetleri üzerinde önemli değişikliklere yol açması kaçınılmazdır. Sıcaklık değişimi su ürünlerinin yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmesinin en önemli parametrelerinden biri olup mevcut türlerin avcılığı ve yetiştiriciliğinde olumsuzluklara yol açacaktır. İklim değişikliği gerek dünyada gerekse ülkemizde etkilerini göstermeye başlamıştır. Su sıcaklığındaki değişim ve uygun geçiş yolları Doğu Akdeniz'e önemli sayıda yabancı türün geçişine olanak sağlamış, yerli türlerle rekabet edecek kadar uygun büyüme ve üreme alanları oluşturmuştur (Leonardo et al., 2019). Bu da Akdeniz'de ekolojik, sosyal ve sağlık yönleriyle problemler oluşturmaya başlamıştır (Kosker et al., 2016). Sucul ortamdaki sıcaklık ve diğer parametrelerdeki değişim mevcut türlerin o bölgede bulunabilmesi yanında yetiştiricilik olanaklarını da etkileyebilmektedir. Böylece ürün bulunabilirliği ve işleme sektörü için ham madde temininde problemlere yol açabilecektir. Bu etkinin zincirleme bir reaksiyona neden olmasıyla ürün arzında, ürün çeşitliliğinde ve bu ürünlerin tüketiminde azalmalara yol açabileceği öngörülmektedir. Bu gibi sorunların yaşanmaması veya sorunların aza indirgenmesi için ülke ve ülkeler yani dünya eksenli gerekli önlemlerin alınması bizlerin ve gelecek nesillerin de bu ürünlerle buluşmasını olanaklı kılacaktır.

Covid-19 Salgınının Su Ürünleri Tüketim Tercihlerine Etkisi

Covid-19 salgını küresel olarak gıda güvenliğinin önemi konusunda farkındalığı artırmış ve gelecekte karşılaşılabilecek benzer salgınlarda alınabilecek önlemlerin değerlendirilmesine yol açmıştır (Zrnic vd., 2021). Ahmed ve Azra (2022), Covid-19'un su ürünleri yetiştiriciliğini olumsuz etkilediğini, bu nedenle oluşabilecek zorluklarla başa çıkmak ve sürdürülebilir bir yetiştiricilik yapabilmek için girdi, tedarik zinciri ve balıkların pazarlamasına yönelik stra-

tejilerin paydaşlarla geliştirilmesinin önemine dikkat çekmişlerdir. Eftimov vd. (2020) Covid-19 salgınının beslenme alışkanlıklarına etkisini değerlendirmek üzere, salgın öncesi ve salgın sürecinde önemli sayıdaki yemek tariflerini incelemiş ve yemek kalıplarında değişikliklerin olduğunu gözlemlemiştir. Tespit ettiği önemli değişimlerden biri de sağlıklı beslenmenin ana bileşenlerinden su ürünlerinin yeme sıklığının azalmasıdır.

Covid-19 salgını ve getirdiği kısıtlamalar beslenme ve gıda satın alma davranışlarında değişimlere yol açmıştır (Hassen vd., 2021). White vd. (2021), ABD’de Covid-19 salgınında eyaletlere göre farklı olsa da su ürünleri tüketiminin önemli ölçüde etkilendiğini, bu süreçte taze ürünlere göre donmuş ürünlerin daha az etkilendiğini bildirmiştir. Covid-19 salgını ve ortaya çıkan belirsizlikler dünya genelinde olduğu gibi Çin’de de su ürünleri ticaretini ve dolayısıyla tüketimini olumsuz yönde etkilemiştir (Zhang vd., 2021). Bu salgın, Türkiye için önemli ihracat potansiyeli olan su ürünlerini çok hızlı bir şekilde etkilenmiştir (Can vd., 2020). AB ülkeleri içinde önemli balık tedarikçi ülkelerinden biri olan İspanya’da Covid-19’un su ürünleri satın alma davranışları üzerinde etkili olduğu ve bu etkilerin kalıcı olabileceği yönüyle üzerinde durulması gerektiği vurgulanmıştır (Iglesia vd., 2022).

Covid-19 ile birlikte dünya genelinde balıkçılık sektörü önemli zorluklarla karşı karşıya kalmış (White vd., 2020; Ruiz-Salmon vd., 2021; Alam vd., 2022; Kılınç vd., 2022) olup beslenme açısından su ürünlerine talebin azalması ve beslenme alışkanlıklarındaki değişimlerin öne çıktığı görülmüştür (Ruiz-Salmon vd., 2021). Sektör bazında ortaya çıkan bu kırılmanın sonuçlarını azaltabilmek ve tüketimi artırmak için sektörü destekleyici girişimler ve bazı çözüm önerileri ortaya konmuştur (Alam vd., 2022). Covid-19 salgını gibi kriz dönemleri tüketicilerin davranışlarını yeniden şekillendirebilir. Ayrıca tüm gıda zinciri aktörlerini, tüketicilerin ihtiyaç ve isteklerini nasıl temin edecekleri ve bunlara nasıl daha iyi yanıt verecekleri konusunda zorlayabilir (Muresan vd., 2022). Su ürünleri sektörü açısından yaşanmış olan salgınlardan gerekli derslerin alınması ve izlenecek yolların belirlenmesi olası durumlarda etkinin en aza indirgenmesine yardımcı olabilecektir.

Su Ürünleri Ürün Yelpazesindeki Çeşitlilik

Su ürünleri tüketiminde ürün yelpazesinin genişletilerek farklı lezzetlerle sunulması, tüketimi teşvik ediciliği yanında sektörün gelişimine destek olacaktır. Bu şekilde her bireye hitap edebilecek bir ürün bulunabilecek ve farklı günlerde tek düze tüketimin sınırlayıcı etkisinden sıyrılarak tüketim sıklığını artırmak olanaklı hale getirilebilecektir. Bu yönde gerek akademik gerekse sektörel çalışmalar ve işbirlikleriyle yeni ürünler su ürünleri ürün yelpazesine dahil edilmektedir. Diğer gıda ürünlerinde olduğu gibi su ürünlerinin farklı ürünlerle de bir araya getirilerek tüketilebileceği gerçeği de gündeme getirilmelidir. Bu yöndeki sağlıklı ve dengeli beslenme konusundaki güncellemeler

ile bilhassa da okul çağındaki süreç içerisinde beslenmenin öneminin anlaşılması, sorunun çözümünde bugün ve gelecek için önemli bir adımı oluşturacaktır.

Genel olarak su ürünleri tüketim tercihlerinde kıyartma-ızgara yaygın ise de işlenmiş ürünlerde arz-talep çerçevesinde su ürünlerinin de diğer ürünlerdeki çeşitliliğe uygun hale getirme çabaları oldukça önemlidir. Diğer etkileşim kanalları ile birlikte, su ürünlerinin beslenme alışkanlıklarında dünya ve ülkemiz genelinde hak ettiği yeri bulması bakımından bu yöndeki çabalar önem arz etmektedir. Çünkü unutulmamalıdır ki mutlaka her kişiye hitap edebilecek bir ürün vardır ve su ürünleri de farklı lezzetlerle tüketicilere sunulabilir.

Sonuç

Su ürünleri tüketim tercihlerini etkileyen birçok parametre sayılabilir. Ancak en önemlilerinden biri beslenme alışkanlıkları ve bunun nesilden nesile aktarılmasıdır. Farklı coğrafyalarda tüketim miktarlarında ve tüketim tercihlerinde farklılıklar bulunmaktadır. İklim değişikliği diğer alanlarda olduğu gibi su ürünleri için bugün ve gelecekte de gıda arzını etkileyecek dünyanın baş etmesi gereken en önemli sorunlardan biridir. Dünya için önemli bir besin kaynağı olan balık stoklarının sürdürülebilir ve iklim değişikliğine daha dirençli olabilmesi için aşırı av baskısının etkileri dışında diğer faktörlerin de göz önünde bulundurulması, gelecek nesillere önemli bir besin kaynağını aktarma imkanı sağlayabilecektir. Bu durum ürünün bulunabilirliğine, çeşitlendirilebilmesine, sağlıklı ve dengeli beslenmeye imkan sağlayacaktır.

Dünya genelinde yaşanan Covid-19 salgını, sağlıklı ve güvenilir gıdalara ulaşabilmenin öneminin daha da anlaşılmasını, tüketim alışkanlıkları ile birlikte sektörün etkilenebileceğini göstermiştir. Covid-19 salgını ile bağışıklık sisteminin güçlü olmasının sağlık risklerinin azaltılmasındaki etkileri daha iyi anlaşılmıştır. Ayrıca sağlıklı ve dengeli beslenmede önemli bir besin kaynağı olan su ürünlerinde farkındalığın da arttığı düşünülmektedir.

Ürünlerin bol ve ulaşılabilir olmasının tüketicilerin tüketim tercihlerinin çeşitlenmesinde ve tüketim sıklığında önemli rol oynayacağı düşünülmektedir. Su ürünlerinin gıda endüstrisinde ürün çeşitliliği ile daha görünür olması ve toplumlarda beslenme bilincinin artması gerek taze gerekse işlenmiş su ürünlerine ilgi ve talebin artma eğilimini sağlayacaktır. Yenilikçi ve geleneksel yaklaşımlarla su ürünlerinde ürün çeşitliliğini artırmak mümkündür. Mutlaka hepimizin damak tadına uygun ürünler vardır. Yeter ki böyle sağlıklı ürünlere sofralarımızda yer vermek isteyelim.

KAYNAKLAR

- Ahmed, N. ve Azra, M.N. (2022). Aquaculture production and value chains in the COVID-19 pandemic. *Current Environmental Health Reports*, 9,423-435. <https://doi.org/10.1007/s40572-022-00364-6>
- Alam, G.M.M., Sarker, Md N.I., Gatto, M., Bhandari, H., ve Naziri, D. (2022). Impacts of COVID-19 on the fisheries and aquaculture sector in developing countries and ways forward. *Sustainability*, 14, 1071. <https://doi.org/10.3390/su14031071>
- Allegro, R., Calagna, A., Lo Momaco, D., Cipri, V., Bongiorno, C., Cammilleri, G., Battaglia, L., Sadok, S., Benfante, V., Tliba, I., ve Di Bella, C. (2021). The assessment of the attitude of Sicilian consumers towards wild and farmed seafood products - a sample survey. *British Food Journal*, 123(7), 2506-2536. <https://www.emerald.com/insight/0007-070X.htm>
- Almedia, C., Altintzoglou, T., Cabral, H., ve Vaz, S. (2015). Does seafood knowledge relate to more sustainable consumption?. *British Food Journal*, 117(2), 894-914. <https://10.1108/BFJ-04-2014-0156>
- Arslan, M, ve İzci, L. (2016). Antalya İli su ürünleri tüketim alışkanlıklarının belirlenmesi. *Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 12(1),75-85.
- Aydın, M., ve Karadurmuş, U. (2013). Trabzon ve Giresun bölgelerindeki su ürünleri tüketim alışkanlıkları. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 3(9), 57-71.
- Birch, D., Lawley, M., ve Hamblin, D. (2012). Drivers and barriers to seafood consumption in Australia. *Journal of Consumer Marketing*, 29(1), 64-73. <https://0.1108/07363761211193055>
- Birch, D., ve Lawley, M. (2014). The role of habit, childhood consumption, familiarity, and attitudes across seafood consumption segments in Australia. *Journal of Food Products Marketing*, 20,98-113.
- BSGM, (2021). Su Ürünleri İstatistikleri. <https://www.tarimorman.gov.tr/BSGM/Belgeler/Icerikler/Su%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Veri%20ve%20D%C3%B6k%C3%BCmanlar%C4%B1/Su-Urunleri-%C4%B0statistikleri-temmuz-2021-1.pdf> Erişim Tarihi 23.03.2023
- Bolat, Y., ve Cevher, H. (2018). Konya İli (Türkiye) su ürünleri tüketim alışkanlıkları üzerine bir anket çalışması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 14(3), 241-252.
- Bush, S.R., ve Roheim, C.A. (2019). The Shifting Politics of Sustainable Seafood Consumerism, *The Oxford Handbook of Political Consumerism* (331-348). Ed: Magnus Boström, Micheletti Michele, Oosterveer, Oxford University Press.
- Can, M.F., Şimşek, E., Demirci, A., Demirci, S., Akar, Ö. (2020). The evaluation of the early impacts of the COVID-19 pandemic on the export of fishery commodities of Turkey. *Marine and Life Sciences*, 2(1), 18-27.
- Christenson, J.K., O’Kane, G.M., ve Farmery, A.K. (2017). The barriers and drivers of seafood consumption in Australia: A narrative literature review. *International*

Journal of Consumers Studies, 41, 299-311.

- Camilo, C. (2008). *The Seafood Markets in Southern EU: Cyprus, Malta and Slovenia*. FAO Globefish Research Programme, Rome.
- Cantillo, J., Martin, J.C., ve Roman, C. (2021). Determinants of fishery and aquaculture products consumption at home in the EU28. *Food Quality and Preference*, 88, 104085. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.104085>
- Crona, B., Wassénus, E., Troell, M., Barclay, K., Mallory, T., Fabinyi, M., Zhang, W., Lam, V.W.Y., Cao, L., Henriksson, P.J.G., ve Eriksson, H. (2020). China at a crossroads: An analysis of China's changing seafood production and consumption. *One Earth*, 3(1), 32-44. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.06.013>
- Çolakoğlu Arık, F., İşmen, A., Özen, Ö., Çakır, F., Yığın, Ç., ve Ormancı, H.B. (2006). Çanakkale İlindeki su ürünleri tüketim davranışlarının değerlendirilmesi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 23(1/3), 387-392.
- Çöteli, F.T. (2020). *Su Ürünleri*. Tarımsal Ekonomi Ve Politika Geliştirme Enstitüsü, Ankara.
- D'Amen, M., Smeraldo, S., Di Franco, A., ve Azzuro, E. (2022). The spread of lessepsian fish does not track native temperature conditions. *ICES Journal of Marine Science*, 79, 1864-1873. <https://10.1093/icesjms/fsac121>
- Deniz, B., ve Sarıözkan, S. (2020). Kayseri İlinde balık tüketimi ve tüketici tercihlerinin belirlenmesi. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17(3), 200-208. <https://doi.org/10.32707/ercivet.797001>
- Dinçer, T. (2017). An overview of the seafood consumption and processing sector in some mediterranean countries. *Mediterranean Fisheries and Aquaculture Research*, 1(1), 23-30.
- Eftimov, T., Popovski, G., Petkovic, M., Seljak, B.K., ve Kocev, D. (2020). COVID-19 Pandemic Changes the Food Consumption Patterns. *Trends in Food Science & Technology*, 104, 268-272. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.08.017>
- Elmadfa, I., ve Weichselbaum, E. (2005). On the nutrition and health situation in the European Union. *Journal of Public Health*, 13, 62-68. <https://doi.10.1007/s10389-004-0090-x>
- Erdoğan Sağlam, N., ve Samsun, S. (2018). Yozgat İli su ürünleri tüketim alışkanlıklarının belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 14(1),9-16.
- FAO, (2020). *The State of World Fisheries and Aquaculture, Sustainability in Action*, Rome.
- FAO, (2022). *The State of World Fisheries and Aquaculture, Towards Blue Transformation*, Rome.
- Garcia, A., ve Albius, L.M. (2001). Food consumption in the European Union: Main determinants and country differences. *Agribusiness*, 17(4), 469-488.
- Gozvman, S., Looby, S., Wang, B., Butler, F., Gibney, E.R., ve Timon, C. (2021). A sys-

- tematic review of the determinants of seafood consumption. *British Journal of Nutrition*, 126, 66–80. <https://10.1017/S0007114520003773>
- Gülyavuz, H., ve Ünlüsayın, M. (1999). *Su Ürünleri İşleme Teknolojisi*. Ankara, Şahin Matbaası.
- Gül Yavuz, G., Yasan, Ataseven, Z., Gül, U., ve Gülaç, Z.N. (2015). Su ürünleri tüketiminde tüketici tercihlerini etkileyen faktörler: Ankara İli örneği. *Yunus Araştırma Bülteni*, 1, 73-82.
- Hassen, T.B., Bilali, H.E., Allahyari, M.S., Berjan, S., ve Fotina, O. (2021). Food purchase and eating behavior during the COVID-19 pandemic: A Cross-sectional survey of Russian adults. *Appetite*, 165, 105309. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2021.105309>
- Hicks, D., Pivarnik, L., ve McDermott, R. (2008). Consumer Perceptions About Seafood – An Internet Survey. *Journal of Food Service*, 19, 213-226. <https://10.1111/j.1748-0159.2008.00107.x>
- Jensen, H.H. (2006). Changes in seafood consumer preference patterns and associated changes in risk exposure. *Marine Pollution Bulletin*, 53, 591-598.
- Junior, A.C. (2022), *Mozaik Cumhuriyeti'nde Su Ürünlerinin Genel Durumu ve İşleme Yöntemleri*. [Yüksek Lisan Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi].
- Iglesia, R., Garcia-Gonzales, A. Achon, M., Varela-Moreiras, G., ve Aperte, E.A. (2022). Fish, seafood, and fish products purchasing habits in the Spanish population during COVID-19 lockdown. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19, 11624. <https://doi.org/10.3390/ijerph191811624>
- Ivoninskii, V. (2016), *Examining Barriers to Seafood Consumption Among Young Adults in Norway and Russia*. [Master's Thesis, The Arctic University of Norway].
- Kamoey, A. (2015). *Japanese Market for Seafood*. GLOBEFISH Research Programme, 117, Rome, FAO.
- Khalid, A. (2022). Climate change's impact on aquaculture and consequences for sustainability. *Acta Aquatica Turcia*, 18(3):426-435. <https://10.22392/actaquatr.1095421>
- Kılınç B, Bulat FN, ve Kılınç İ. (2022). Koronavirüs (COVID-19) salgınının su ürünleri sektörüne etkileri ve su ürünlerine bulaşmasının önlenmesi için alınması gereken tedbirler. *LimnoFish*, 8(2), 203-209. <https://10.17216/LimnoFish.851143>
- Kingston, A., Battaglone, T., Smith, P., ve Beare, S. (1991). *Changes in the Japanese seafood Market*. Canberra: Australian Government Publishing Service.
- Kreider, C.R., Gempesaw, C.M., Bacon, J.R., Toensmeyer, U.C., ve Groff, A.J. (1993). An analysis of consumer perceptions of fresh fish and seafood in the Delmarva Region. *Journal of Food Distribution Research*, 93, 37-48.
- Kosker, A.R., Özogul, F., Durmus, M., Ucar, Y., Ayas, D., Regenstein, J.M., ve Özogul, Y. (2016). Tetrodotoxin levels in pufferfish (*Lagocephalus sceleratus*) caught in the Northeastern Mediterranean Sea. *Food Chemistry* 210, 332-337. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.122>

- Köse, İ. (2018), İklim değişikliği müzakereleri: Türkiye'nin Paris Anlaşması'nı imza süreci. *Ege Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 9(1), 55-81. <http://dx.doi.org/10.18354/esam.329348>
- Leonardo, S., Kiparississ, S., Rambla-Alegre, M., Almarza, S., Roque, A., Andree, K.B., Christidis, A., Flores, C., Caixach, J., Campbell, K., Elliott, C.T., Aligizaki, K., Diaogéne, J., ve Campas, M. (2019). Detection of tetrodotoxins in juvenile pufferfish *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) from the North Aegean Sea (Greece) by an electrochemical magnetic bead-based immunosensing tool. *Food Chemistry*, 290, 255-262. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.148>
- Love, D.C., Asche, F., Conrad, Z., Young, R., Harding, J., Nussbaumer, E.M., Thorne-Lyman, A.L., ve Neff, R. (2020). Food sources and expenditures for seafood in the United States. *Nutrients*, 12, 1810. <https://doi.org/10.3390/nu12061810>
- Muresan, I.C., Harun, R., Brata, A.M., Brata, V.D., Chiciudean, D.I., Tirpe, O.P., Porutiu, A., ve Dumitras, D.E. (2022). Factors affecting food consumers' behavior during COVID-19 in Romania. *Foods*, 11, 2275. <https://doi.org/10.3390/foods11152275>
- Matias, A. (2021). Shaping Portuguese choices towards more diverse, sustainable and local seafood consumption habits. *Public Policy Portuguese Journal*, 6(2), 77-94.
- Mendenhall, E., Hendrix, C., Nyman, E., Roberts, P.M., Hoopes, J.R., Watson, J.R., Lam, V.W.Y., ve Sumaila, U.R. (2020). Climate change increases the risk of fisheries conflict. *Marine Policy*, 117, 103954. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.103954>
- Olgunoğlu, İ.A., Bayhan, Y.K., Olgunoğlu, M.P., Atar, E., ve Ukay, İ. (2014). Adıyaman İlinde balık eti tüketim alışkanlıklarının belirlenmesi. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 9(1), 21-25.
- Orhan, H. ve Yüksel, O. (2010). Burdur ili su ürünleri tüketimi anket uygulaması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(1), 1-7.
- Öndaş, A. ve Duman, M. (2020). Üniversite öğrencilerinin balık tüketim tercihlerine ilişkin anket çalışması: Fırat Üniversitesi Örneği. *Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*, 5(4), 498-505. <https://doi.org/10.35229/jaes.767517>
- Paquotte P., ve Lem A. (2008). Seafood Markets and Trade: A Global Perspective and An Overview of EU Mediterranean Countries. In : Basurco B. (ed.). The Mediterranean fisheries sector. A reference publication for the VII Meeting of Ministers of Agriculture and Fisheries of CIHEAM Member Countries (Zaragoza, Spain, 4 February 2008). Zaragoza : CIHEAM / FAO / GFCM, 2008. p. 43-55 (Options Méditerranéennes : Série B. Etudes et Recherches; N. 62)
- Richard, N.L., ve Pivarnik, L.F. (2020). Rhode Island Branding Program for local seafood: Consumer perceptions, awareness, and willingness-to-pay. *Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development*, 9(2), 13-29. <https://doi.org/10.5304/jafscd.2020.092.011>
- Richter, I.G.M., ve Klöckner, C.A. (2017). The psychology of sustainable seafood consumption: A comprehensive approach. *Foods*, 6, 86. <https://doi.org/10.3390/foods6100086>

- Ruiz-Salmon, I., Fernandez-Rios, A., Campos, C., Laso, J., Margallo, M., ve Aldoca, R. (2021). The fishing and seafood sector in the time of COVID-19: Considerations for local and global opportunities and responses, *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 23,100286. <https://doi.org/10.1016/j.cosh.2021.100286>
- Selvi, K., Kandemir, G., Tepeli, ve S.Ö. (2019). Kırsal bölgelerde su ürünleri tüketim alışkanlığına etki eden faktörlerin belirlenmesi: Çan (Çanakkale) örneği. *COMU Journal of Marine Science and Fisheries*, 2(2), 132-141.
- Shamshak, G.L., Anderson, J.L., Asche, F., Garlock, T., ve Love, D.C. (2019). U.S. seafood consumption. *Journal of World Aquaculture Society*, 50, 715-727.
- Söğüt, Y.G. (2017), İskenderun'da Çocuklu Ailelerin Su Ürünleri Tüketim Alışkanlıklarının Belirlenmesi [Yüksek Lisans Tezi, İskenderun Teknik Üniversitesi].
- Sumaila, U.R. ve Tai, T.C. (2020). End overfishing and increase the resilience of the ocean to climate change, *Frontiers in Marine Science*, 7,523. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00523>
- Swartz, W., Sumaila, U.R., Watson, R., ve Pauly, D. (2010). Sourcing seafood for the three major markets: The EU, Japan and the USA. *Marine Policy*, 34, 1366-1373.
- Şen, İ., ve Şahin, A. (2017), Mersin'de yaşayan tüketicilerin balık tüketim tercihlerini demografik faktörler açısından ele alan bir araştırma. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 19(1), 33-46. <https://10.5578/jeas.48561>
- Şen, B., Canpolat, Ö., Sevim, A. F., ve Sönmez, F. (2008). Elazığ İlinde balık eti tüketimi. *Firat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20 (3), 433-437.
- Temel, T. ve Uzundumlu, A.S. (2014). Rize ilinde hanelerin balık tüketimi üzerine etkili olan faktörlerin belirlenmesi. *Menba Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 3,14-22.
- Thong, N.T., ve Solgaard, H.S. (2017). Consumer's food motives and seafood consumption. *Food Quality and Preference*, 56, 181-188. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.10.008>
- Trigo, M.I (2021). How to promote sustainable seafood consumption in Portugal? An overview with campaigns as a starting point. *Public Policy Portuguese Journal*, 6(2), 56-76.
- Turan, H., Kaya, Y., ve Sönmez, G. (2006). Balık etinin besin değeri ve insan sağlığındaki yeri. *Ege University Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 23(1/3), 505-508.
- Türkeş, M. (2008). Küresel iklim değişikliği nedir? Temel kavramlar, nedenleri, gözlenen ve öngörülen değişiklikler. *İklim Değişikliği ve Çevre*, 1, 26-37.
- Vanhonacker, F., Pieniak, Z., ve Verbeke, W. (2013). European consumer image of farmed fish, wild fish, seabass and seabream. *Aquaculture International*, 21,1017-1033. <https://10.1007/s10499-012-9609-2>
- Yiğit, H., Baygar, T., Alparslan, Y. ve Özgür, E.G. (2020). Afyonkarahisar İlinde eğitim gören lise öğrencilerinin balık tüketim davranışlarının belirlenmesi üzerine bir çalışma. *Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*, 5(2), 205-211. <https://doi.org/10.35229/jacs.688481>

- Yousuf, J.B., Bose, S., Kotogama, K., ve Boughanmi, H. (2019). Preferences and intentions of seafood consumers in Oman: An empirical analysis. *Journal of International Food & Agribusiness Marketing*, 31(2), 175-203. <https://doi.org/10.1080/08974438.2018.1497565>
- Yücel, Ş., Baki, B., ve Tomgışi, S. (2020). Balık tüketim eğilimleri, Malatya İli örneği. *Gaziosmanpaşa Journal of Scientific Research*, 9(2), 64-62.
- Yüksel, E. ve Diler, A. (2019). Ankara İlinde su ürünleri tüketim tercihlerinin belirlenmesi. *Aydın Gastronomy*, 3(1),11-21.
- Yüksel, F., Karaton Kuzgun, N., ve Özer, E.İ. (2011), Tunceli İli balık tüketim alışkanlığının belirlenmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 2(5), 28-36.
- White, E.R., Froehlich, H.E., Gephart, J.A., Cottrell, R.S., Branch, T.A., Bejerano, R.A., ve Baum, J.K. (2021). Early effects of COVID-19 on US fisheries and seafood consumption. *Fish and Fisheries*, 22, 232-239. <https://10.1111/faf.12525>
- Zhang, Y., Tang, Y., Zhang, Y., Sun, Y., ve Yang, H. (2021). Impacts of the COVID-19 pandemic on fish trade and the coping strategies: An initial assessment from China's perspective. *Marine Policy*, 133, 104748. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2021.104748>
- Zrnic, M., Kilibarda, N., Brdar, I., Vujic, M., ve Stojanovic, D. (2021). Food safety and eating habits during pandemic Covid-19 in the Republic of Serbia. *Economics of Agriculture*, 68(4), 895-910.



Bölüm 3

GIDALARDA AKILLI PAKETLEME SİSTEMLERİ

Gülderen KURT KAYA¹

¹ Prof. Dr., Munzur Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, Tunceli, Türkiye. ORCID ID: 0000-0001-8988-2238 gkurtkaya@munzur.edu.tr

1. GİRİŞ

Küresel gıda endüstrisi, teknolojideki hızlı ilerlemeler ve değişen tüketici beklentileri nedeniyle derin bir dönüşüm geçirmektedir. Gıda güvenliği, kalitesi ve sürdürülebilirliği konusunda farkındalığın arttığı bu dönemde, ambalajın gıda ürünlerinin korunması ve muhafazasındaki rolü hiç bu kadar kritik olmamıştı. Gıda bilimi ve en son teknolojinin kesiştiği noktada gelişen bir alan olan akıllı paketleme sistemleri, gıda üretme, dağıtma ve tüketme şeklinizi yeniden şekillendirmeye hazırlanıyor. Bu çalışma, gıda endüstrisi bağlamında akıllı paketleme sistemlerini incelemektedir. Sensörler, radyo frekansı ile tanımlama (Radio frequency identification - RFID) ve hızlı yanıt (Quick response - QR) kodları ve nesnelerin interneti (Internet of Things- IoT) gibi en son teknolojilerden yararlanmaya odaklanan bu sistemler, tüm gıda tedarik zincirinde devrim yaratma potansiyeline sahiptir. Tarladan sofraya, akıllı ambalajlar gıda güvenliğini arttırmak, raf ömrünü uzatmak, israfı azaltmak ve hem tüketicilere hem de üreticilere gerçek zamanlı bilgi sağlamak için yenilikçi çözümler sunmaktadır.

Artan küresel nüfus, iklim değişikliği ve değişen tüketici tercihlerinin getirdiği zorluklarla yüzleştikçe, sürdürülebilir ve verimli ambalaj çözümlerine duyulan ihtiyaç da giderek daha belirgin hale geliyor. Akıllı ambalajlar sadece bu zorlukların üstesinden gelmekle kalmıyor, aynı zamanda gelişmiş izlenebilirlik, kişiselleştirilmiş tüketici deneyimleri ve daha fazla marka güveni için yeni yollar açıyor.

Bu çalışma, gıdada akıllı paketleme sistemlerinin çok yönlü yönlerini keşfetmeyi, teknolojik temellerini, potansiyel uygulamalarını ve gıda endüstrisi, tüketiciler ve çevre üzerindeki geniş kapsamlı etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır. Gıda sektöründeki paydaşlar, bu sistemlerin olanaklarını ve sınırlamalarını anlayarak, bu dönüştürücü teknolojiyi benimsemek ve gıda ambalajının geleceğini şekillendirmek için bilinçli kararlar verebilirler.

2. AKILLI PAKETLEME SİSTEMLERİNİN TEMELLERİ

Akıllı paketleme kavramı, malzeme bilimi, kimya ve bilgi teknolojisi alanlarıyla iç içe geçerek paketleme teknolojisi alanında önemli bir ilerlemeyi temsil etmektedir. Akıllı paketleme sistemleri, özünde, geleneksel muhafaza, koruma ve iletişim rollerinin ötesine geçerek gelişmiş işlevlerin paketleme malzemelerine entegrasyonunu içerir. Bu sistemler çevresel koşulların izlenmesi, raf ömrünün uzatılması, ürün kalitesine ilişkin bilgilerin görüntülenmesi ve tüketiciler ve tedarik zinciri paydaşlarıyla etkileşim kurulması gibi gelişmiş özellikler sunmak üzere tasarlanmıştır.

2.1. Akıllı Paketlemenin Tanımı ve Önemi

Akıllı paketleme, ürünün inert, pasif muhafazası ve korunmasının ötesinde etkileşimli veya akıllı işlevler içeren gelişmiş bir paketleme sistemi olarak tanımlanabilir. Bu tür ambalajlar, raf ömrünü uzatmak, tazeliği izlemek, kalite hakkında bilgi görüntülemek ve ürün ve kullanıcı güvenliğini artırmak için çeşitli teknolojilerin kullanılmasını içerir. Tanım; sensörler, göstergeler ve veri iletişim sistemleri dahil ancak bunlarla sınırlı olmamak üzere geniş bir teknoloji yelpazesini kapsamaktadır. Akıllı paketlemenin önemi çok yönlüdür. İlk olarak, ürün güvenliğinin artırılmasında çok önemli bir rol oynamaktadır. Akıllı ambalajlar sıcaklık, nem ve belirli gazlara maruz kalma gibi koşulları izleyerek kullanıcıları potansiyel ürün bozulması veya bozulmasına karşı uyarabilir ve böylece güvenli olmayan ürünlerin tüketilmesini önleyebilir. Bu, özellikle ürün bütünlüğünün tüketici sağlığını doğrudan etkilediği ilaç ve yiyecek-içecek gibi sektörlerde çok önemlidir. Güvenliği artırmanın yanı sıra, akıllı paketleme atıkların azaltılmasında da etkilidir. Ürün kalitesi ve raf ömrü hakkında doğru bilgi sağlayarak, ürünlerin zamanından önce atılma olasılığını azaltır ve böylece sürdürülebilirlik çabalarına katkıda bulunur. Akıllı paketlemenin bu yönü, gıda israfı ve çevresel sürdürülebilirliğin büyük endişe kaynağı olduğu bir dünyada giderek daha önemli hale gelmektedir (Kutlu ve ark., 2021).

Akıllı paketleme tedarik zinciri yönetiminde de önemli bir rol oynamaktadır. İzlenebilirlik ve gerçek zamanlı takip gibi özellikleriyle lojistiği optimize etmek, envanteri yönetmek ve tedarik zincirinin genel verimliliğini artırmak için kullanılacak değerli veriler sağlar. Bu sadece üreticilere ve perakendecilere fayda sağlamakla kalmaz, aynı zamanda ürünlerin en uygun koşullarda zamanında teslim edilmesini sağlayarak müşteri memnuniyetini de artırır. Pazarlama perspektifinden bakıldığında, akıllı paketleme markalarının tüketicilerle etkileşime geçmesi için yenilikçi yollar sunmaktadır. QR kodları ve artırılmış gerçeklik gibi teknolojilerle etkinleştirilen interaktif ambalajlar ek ürün bilgileri sağlayabilir, ürünlerin kimliğini doğrulayabilir ve daha sürükleyici bir marka deneyimi sunabilir. Bu da rekabetçi bir pazar ortamında çok önemli olan müşteri bağlılığını ve sadakatini artırır (Lydekaityte ve Tambo, 2020).

2.2. Gıda Kalitesi ve Güvenliği Üzerine Etkileri

Akıllı paketleme sistemlerinin ortaya çıkışı, gıda kalitesi ve güvenliği alanında yeni bir çağ başlatmıştır. Bu gelişmiş paketleme biçimi, geleneksel muhafaza ve koruma rollerinin ötesine geçerek gıda ürünleri ve çevreleriyle aktif olarak etkileşime girmekte ve dinamik koruma ve izleme yetenekleri sağlamaktadır. Akıllı paketleme teknolojileri, gıda endüstrisinde büyük önem taşıyan gıda ürünlerinin kalite ve güvenliğinin korunması ve geliştirilmesi üzerinde derin bir etkiye sahiptir. Akıllı paketlemenin gıda kalitesini

etkilemesinin başlıca yollarından biri, sıcaklık, nem ve oksijen ve etilen gibi gazlara maruz kalma gibi gıdanın korunması için kritik olan çevresel koşulları izleme yeteneğidir. Örneğin, zaman-sıcaklık göstergeleri (Time temperature indicators - TTI) ve tazelik göstergeleri, ürünün mevcut durumu ve olumsuz koşullara maruz kalma geçmişi hakkında görsel ipuçları sağlamak için ambalaja entegre edilmiştir. Bu gerçek zamanlı izleme, gıda ürünlerinin en uygun koşullarda depolanmasını, taşınmasını ve satılmasını sağlamaya yardımcı olarak kalitelerini korur ve raf ömrünü uzatır. Güvenlik açısından, akıllı ambalajlar gıda kaynaklı hastalıkların önlenmesinde ve tüketici sağlığının korunmasında çok önemli bir rol oynamaktadır. Ambalaja yerleştirilen sensörler patojenlerin, bozucu organizmaların veya kontaminasyonun varlığını tespit ederek tedarik zinciri yöneticilerini ve tüketicileri potansiyel tehlikelere karşı uyarabilir. Bu özellik, özellikle bozulma ve kontaminasyon riskinin yüksek olduğu et, süt ürünleri ve su ürünleri gibi çabuk bozulabilen ürünler söz konusu olduğunda kritik önem taşır. Akıllı paketleme, zamanında uyarılar sağlayarak hızlı düzeltici eylemlere olanak tanır ve böylece gıda kaynaklı hastalık riskini azaltır (Öksüztepe ve Beyazgül, 2015).

Akıllı paketleme aynı zamanda gıda tedarik zincirinde izlenebilirliği ve hesap verebilirliği artırarak gıda güvenliğine katkıda bulunur. RFID ve QR kodları gibi teknolojiler, gıda ürünlerinin çıkış noktasından perakende rafına kadar izlenmesini sağlayarak ürünün yolculuğunun ayrıntılı bir geçmişini sunar. Bu izlenebilirlik, kontaminasyonun kaynağının ve kapsamının hızlı bir şekilde tespit edilmesini sağlayarak etkili geri çağırımları kolaylaştırdığı ve kontamine ürünlerin daha fazla yayılmasını önlediği için bir gıda güvenliği korkusu durumunda çok önemlidir. Ayrıca akıllı ambalaj, kalitesini korumak veya iyileştirmek için gıda ürünü ile doğrudan etkileşime girebilir. Örneğin aktif paketleme sistemleri antioksidanlar, antimikrobiyaller veya nem düzenleyiciler gibi maddeleri serbest bırakabilir veya emebilir, böylece gıdanın kalitesini ve güvenliğini aktif olarak koruyabilir veya artırabilir. Bu aktif müdahale raf ömrünün uzatılmasına, tazeliğin korunmasına ve zararlı mikroorganizmaların üremesinin engellenmesine yardımcı olur. Tüketici perspektifinden bakıldığında akıllı ambalaj, ürünün kalitesi ve güvenliği hakkında değerli bilgiler sağlayarak gıda tüketim deneyimini geliştirir. Tüketiciler gıdanın tazeliği ve yenilebilirliği hakkında bilinçli kararlar verebilir, böylece bozulmuş veya güvenli olmayan ürünleri tüketme olasılığını azaltır. Ayrıca bu artan şeffaflık gıda ürünlerine ve markalarına olan güveni artırarak tüketici güvenini ve memnuniyetini artırır (Çelik ve Tümer, 2016).

2.3. Akıllı Paketleme ve Gıda Koruma Teknikleri

Akıllı ambalajın gıda koruma alanına entegrasyonu, gıda ürünlerinin uzun ömürlülüğü ve kalitesine yaklaşımımızda önemli bir evrime işaret etmektedir. Akıllı paketleme sistemleri sadece geleneksel gıda koruma yöntemlerini kapsamakla kalmıyor, aynı zamanda ürünün durumunu yaşam döngü-

sü boyunca iyileştiren ve izleyen yenilikçi teknikler de sunuyor. Bu gelişmiş sistemler, gıda güvenliği ve kalitesini sağlayan, israfı azaltan ve raf ömrünü uzatan dinamik, etkileşimli ve akıllı çözümler sunarak gıda muhafazasını yeniden tanımlamaktadır. Akıllı ambalajın gıda muhafazasındaki rolünün temelinde, gıda ürünü ve çevresiyle aktif bir şekilde etkileşime girme yeteneği yatmaktadır. Bu etkileşim sensörler, göstergeler ve aktif bileşenler gibi her biri gıda kalitesi ve güvenliğinin korunmasında çok önemli bir rol oynayan çeşitli teknolojiler aracılığıyla kolaylaştırılır. Akıllı ambalajlardaki sensörler, sıcaklık, nem ve gaz bileşimindeki dalgalanmalar gibi ortamdaki değişiklikleri algılayabilir ve bunlara yanıt verebilir. Örneğin, sıcaklık sensörleri bozulabilir bir ürün bozulmayı hızlandırabilecek sıcaklıklara maruz kaldığında uyarı vererek zamanında düzeltici eylemler yapılmasını sağlayabilir. Akıllı ambalajın bir diğer önemli bileşeni olan göstergeler, ürünün durumu hakkında görsel ipuçları sağlar. Zaman-sıcaklık göstergeleri ve tazelik göstergeleri, ürünün uygun olmayan koşullara maruz kalmasına bağlı olarak renk değiştirir veya semboller görüntüler, tüketiciler ve tedarik zinciri paydaşları için ürün kalitesini değerlendirmenin basit bir yolunu sunar. Bu gerçek zamanlı izleme, özellikle belirli çevresel koşulların korunmasının muhafaza için kritik önem taşıdığı çabuk bozulabilen ürünler için faydalıdır (Niceoletti ve Del Serrone, 2017).

Aktif paketleme, gıda ürünü ile doğrudan etkileşime girerek gıda muhafazasını bir adım öteye taşır. Bu tür akıllı ambalajlar, gıdanın durumunu korumak veya iyileştirmek için maddeleri serbest bırakabilir veya emebilir. Örneğin, ambalajdaki oksijen tutucular oksidatif bozulmayı önleyerek raf ömrünü uzatabilirken, etilen emiciler meyve ve sebzelerde olgunlaşmayı geciktirebilir. Diğer aktif paketleme sistemleri, bozucu organizmaların büyümesini engelleyen antimikrobiyal maddeler salgılar ve böylece gıda kalitesini ve güvenliğini korur. Akıllı ambalajların gıda muhafazasındaki rolü, soğutma, dehidrasyon ve konserve gibi geleneksel muhafaza yöntemlerini geliştirmeye kadar uzanmaktadır. Akıllı ambalaj, ek koruma ve izleme katmanları sağlayarak bu yöntemlerin daha etkili ve verimli olmasını sağlar. Örneğin soğutulmuş ürünlerde akıllı ambalaj soğuk zincirin korunmasını sağlayarak bozulmaya veya gıda kaynaklı hastalıklara yol açabilecek sıcaklık suistimali riskini azaltabilir. Dahası akıllı ambalaj gıda muhafazasında sürdürülebilirliğe katkıda bulunur. Ürün kalitesi ve raf ömrü hakkında doğru bilgi sağlayarak, gıda ürünlerinin erken imha edilmesi olasılığını azaltır ve böylece atıkların azaltılmasına katkıda bulunur (Drago ve ark., 2020).

3. AKILLI PAKETLEME TEKNOLOJİLERİ

3.1. Sensörler ve Göstergeler

Sensörler ve göstergeler, ambalajlı ürünün durumu hakkında gerçek zamanlı izleme ve bilgi sunan akıllı ambalaj teknolojilerinin ayrılmaz bile-

şenleridir. Bu teknolojiler, ürün kalitesi ve güvenliği için kritik olan çeşitli parametreler hakkında ayrıntılı bilgiler sağlayarak giderek daha sofistike hale gelmiştir. Akıllı ambalajlardaki sensörler sıcaklık, nem, gaz bileşimi ve hatta patojenlerin veya bozucu organizmaların varlığı gibi çevresel değişkenleri tespit etmek ve bunlara yanıt vermek üzere tasarlanmıştır. Bu sensörler tarafından toplanan bilgiler, özellikle gıda, ilaç ve biyoteknoloji gibi hassas sektörlerde ürünün bütünlüğünün korunmasında çok önemlidir. Söz konusu sensörlerden bazıları şu şekilde sıralanabilir (Ghaani ve ark., 2016):

- **Sıcaklık Sensörleri:** Bunlar, özellikle çabuk bozulabilen ürünler için akıllı ambalajlarda belki de en yaygın olanlardır. Sıcaklık sensörleri, ürünün bozulmaya yol açabilecek veya güvenliğini tehlikeye atabilecek sıcaklıklara maruz kalma durumunu izler. Bu özellikle süt ürünleri, etler ve bazı farmasötikler gibi soğutma gerektiren ürünler için önemlidir.

- **Nem Sensörleri:** Bu sensörler, kuru gıda ürünleri ve elektronik eşyalar gibi nem seviyelerinin kalite ve güvenliği etkileyebileceği ürünlerde hayati önem taşır. Nem sensörleri, ürünün nem hasarına veya mikrobiyal büyümeye yol açabilecek koşullara maruz kalıp kalmadığını gösterebilir.

- **Gaz Sensörleri:** Paketleme sistemlerinde gaz sensörleri, özellikle oksijen, karbondioksit ve etilene duyarlı ürünler için kritik bir rol oynar. Bu sensörler vakumla paketlenmiş ürünlere oksijen girip girmediğini veya gıda ürünlerinde bozulma veya olgunlaşmaya işaret edebilecek gaz birikimi olup olmadığını gösterebilir.

- **Biyosensörler:** Bunlar enzimler, antikorlar veya DNA dizileri gibi belirli biyolojik belirteçleri tespit edebilen sofistike bir sensör kategorisidir. Gıda ambalajı bağlamında, biyosensörler patojenlerin veya bozulma yapan organizmaların varlığını gösterebilir ve böylece potansiyel gıda güvenliği sorunlarına karşı uyarıda bulunabilir.

3.2. RFID ve NFC Teknolojileri

Akıllı paketleme alanında, Radyo Frekanslı ile Tanımlama (RFID) ve Yakın Alan İletişimi (Near Field Communication - NFC) teknolojileri, ambalaj çözümlerinin işlevselliğini, güvenliğini ve etkileşimini arttırmak için kritik araçlar olarak ortaya çıkmıştır. Bu teknolojiler takip, kimlik doğrulama ve tüketici etkileşimi için sofistike araçlar sunmakta ve böylece modern çağda ambalaj sistemlerinin evriminde önemli bir rol oynamaktadır. RFID teknolojisi, nesnelere iliştilen etiketleri otomatik olarak tanımlamak ve izlemek için elektromanyetik alanları kullanır. Akıllı paketleme bağlamında, RFID etiketleri paketleme malzemelerine veya etiketlere entegre edilerek tedarik zinciri yönetiminden tüketici etkileşimine kadar çok sayıda işlevi mümkün kılar. RFID etiketleri, tedarik zincirlerinin verimliliğini ve şeffaflığını arttırmada etkilidir. Üretimden perakendeye geçerken ürünlerin gerçek zamanlı

olarak izlenmesini sağlayarak ürünün konumu, durumu ve geçmişi hakkında değerli veriler sağlarlar. Bu izleme özelliği, lojistiği optimize etmek, envanteri yönetmek ve özellikle ilaç ve bozulabilir su ürünleri gibi hassas ürünlere sahip sektörlerde ürün bütünlüğünü sağlamak için çok önemlidir (Zhang ve ark., 2017).

Sahtecilik ve tahrifat, ilaç, lüks mallar ve elektronik dahil olmak üzere çeşitli sektörlerde önemli bir endişe kaynağıdır. RFID teknolojisi, ürünlerin doğrulanması için bir araç sağlayarak bu sorunlarla mücadeleye yardımcı olur. Her RFID etiketi benzersiz ürün bilgilerini depolayabilir, bu da kopyalanmasını zorlaştırır ve böylece sahteciler için caydırıcı olur. Ayrıca RFID etiketleri kurcalanmayı gösterecek şekilde tasarlanabilir ve böylece ürün güvenliğini artırır. Perakende sektöründe, RFID etiketleri tüketici deneyimini geliştirmek için kullanılabilir. Tarandığında, bu etiketler ek ürün bilgileri, kullanım talimatları veya promosyon içeriği sağlayarak tüketici katılımı için etkileşimli bir platform oluşturabilir. Bu özellik, pazarlama, marka sadakati oluşturma ve tüketicilere katma değerli bir hizmet sağlama amacıyla kullanılabilir (Zuo ve ark., 2022).

RFID'nin bir alt kümesi olan NFC teknolojisi, yakın mesafedeki iki elektronik cihaz arasında kablosuz iletişime olanak tanır. Akıllı ambalajlarda NFC etiketlerinin kullanılmasının avantajları şu şekilde sıralanabilir (Lydekaityte, 2020):

- Tüketici Etkileşimi Kolaylığı: Ambalajlamada NFC teknolojisinin en önemli avantajlarından biri kullanım kolaylığıdır. Modern akıllı telefonların çoğu NFC okuma özellikleriyle donatılmıştır ve tüketicilerin telefonlarını NFC etiketine dokundurarak ürün ambalajıyla etkileşime girmelerine olanak tanır. Bu erişim kolaylığı, tüketicinin ürünle daha fazla etkileşime girmesini kolaylaştırır.

- Geliştirilmiş Ürün Bilgileri ve Marka Hikayesi Anlatımı: NFC etiketleri, tüketiciler tarafından erişilebilecek çok sayıda dijital bilgi depolayabilir. Bu bilgiler arasında ayrıntılı ürün bilgileri, menşei, kullanım talimatları ve hatta marka hikayeleri veya multimedya içerikleri yer alabilir. Bu tür gelişmiş içerik sunumu, markaların tüketiciler için daha sürükleyici ve bilgilendirici bir ürün deneyimi yaratmasına olanak tanır.

- Müşteri İlgörüleri ve Geri Bildirim: NFC özellikli ambalajlar müşterilerden içgörülerini toplamak için de değerli bir araç olabilir. Markalar, tüketicilerin ambalajla etkileşimlerini izleyerek müşteri tercihleri ve davranışları hakkında veri elde edebilir. Ayrıca NFC etiketleri müşteri geri bildirimlerini kolaylaştırmak için kullanılabilir ve tüketicilerin deneyimlerini ve tercihlerini markaya kolayca iletmelerine olanak tanır.

- Tüketici Sadakat Programları ile Entegrasyon: NFC etiketleri, etikete bir akıllı telefonla dokunulduğunda ürün satın alımlarının kaydedilebildiği, ödüller sunulabildiği veya özel içeriklerin kilidinin açılabilirdiği tüketici sadakat programlarına entegre edilebilir. Bu entegrasyon, marka ile tüketici arasında daha yakın bir bağ kurarak müşteri sadakatini artırır.

3.3. Biyoaktif Ambalajlar

Biyoaktif ambalajlar, özellikle gıda ve ilaç sektörlerinde ambalaj teknolojilerinin evriminde dönüştürücü bir adımı temsil etmektedir. Bu ambalaj biçimi, genellikle ürünün kalitesini ve güvenliğini korumak ve geliştirmek için, içine aldığı içerikle aktif olarak etkileşime girer. Biyoaktif ambalaj sistemleri, raf ömrünü uzatabilen, bozulmayı engelleyebilen ve ürünün bütünlüğünü sağlayabilen çeşitli aktif maddeler ve bileşikler içerir. Biyoaktif ambalaj, ürünle veya ambalaj içindeki ortamla aktif etkileşimi ile karakterize edilir. Bu etkileşim, bileşikleri serbest bırakabilen veya emebilen biyoaktif maddelerin dahil edilmesiyle kolaylaştırılır ve böylece ürünün korunmasına elverişli bir iç ortam yaratılır. Biyoaktif ambalajların etki mekanizması, kullanılan maddenin türüne ve kullanım amacına bağlı olarak değişmektedir. Antimikrobiyal Ajanlar; biyoaktif ambalajın başlıca uygulamalarından biri antimikrobiyal maddelerin eklenmesidir. Bu maddeler bozulmaya yol açan ve patojen mikroorganizmaların büyümesini engelleyerek ürünün raf ömrünü uzatır ve güvenliğini artırır. Biyoaktif ambalajlamada kullanılan yaygın antimikrobiyal maddeler arasında esansiyel yağlar, organik asitler ve bakteriyosinler gibi doğal özler bulunmaktadır. Bu maddeler ambalaj malzemesine dahil edilebilir veya yüzeye kaplanabilir (Schaefer ve Cheung, 2018).

Biyoaktif paketleme, geleneksel paketleme yöntemlerine göre çeşitli avantajlar sunar. Söz konusu avantajlar şu şekilde sıralanabilir (Realini ve Marcos, 2014).

- Geliştirilmiş Raf Ömrü: Biyoaktif ambalajlar mikrobiyal büyümeyi ve oksidatif bozulmayı engelleyerek ürünlerin raf ömrünü önemli ölçüde uzatabilir. Bu özellikle gıda ve bazı farmasötikler gibi çabuk bozulabilen ürünler için önemlidir.

- Geliştirilmiş Ürün Güvenliği: Biyoaktif ambalajın antimikrobiyal ve antioksidan özellikleri ürünün güvenliğine katkıda bulunur. Bu, gıda kaynaklı hastalık riskini azaltır ve farmasötiklerin etkinliğini sağlar.

- Sürdürülebilirlik: Ambalajlamada kullanılan birçok biyoaktif maddede, sentetik koruyuculardan daha sürdürülebilir olabilen doğal kaynaklardan elde edilir. Ayrıca biyoaktif ambalajlar ürünlerin raf ömrünü uzatarak gıda israfını azaltabilir.

- Tüketici Cazibesi: Biyoaktif ambalajlar genellikle doğal maddeler

kullanır ve bu da giderek daha az sentetik katkı maddesi ve koruyucu içeren ürünler arayan tüketiciler için caziptir.

3.4. Akıllı Etiketleme Sistemler

Akıllı etiketleme sistemleri, geleneksel bilgi sağlama rolünün ötesinde gelişmiş işlevsellik sunarak paketleme teknolojisinde önemli bir ilerlemeyi temsil etmektedir. Bu sistemler etiketlere çeşitli akıllı özellikler ekleyerek onları etkileşimli hale getirmekte ve ayrıntılı ürün bilgilerini iletebilmekte, izlenebilirliği sağlamakta, tüketici katılımını arttırmakta ve hatta ürün güvenliği ve kalitesine katkıda bulunmaktadır. Akıllı etiketleme sistemlerinin geliştirilmesi ve uygulanması, ürün tedarik zincirinde şeffaflık, izlenebilirlik ve tüketici katılımına yönelik artan talep tarafından yönlendirilmektedir. Akıllı etiketleme sistemleri, eklendikleri ürün hakkında dinamik veri taşıma ve iletme yetenekleriyle karakterize edilir. Bu sistemler tipik olarak akıllı telefonlar veya özel okuyucular gibi cihazlar tarafından taranabilen veya okunabilen RFID, NFC, QR kodları ve diğer dijital etiketler gibi teknolojileri kullanır. Bu etiketler tarafından depolanan ve iletilen bilgiler, temel ürün ayrıntılarından ürünün durumu veya geçmişi hakkında gerçek zamanlı verilere kadar değişebilir. Dijital Etkileşim ve İzlenebilirlik; akıllı etiketler genellikle ürün ile tüketici veya tedarik zinciri yöneticileri arasında dijital etkileşimi kolaylaştırır. Örneğin, etiketlerdeki QR kodları veya NFC etiketleri akıllı telefonlar kullanılarak taranabilir ve tüketicilere kapsamlı ürün bilgileri, orijinallik doğrulaması ve hatta etkileşimli içerik sağlayabilir. İzlenebilirlik açısından, akıllı etiketler ürünün tedarik zincirindeki yolculuğuna ilişkin verileri depolayarak şeffaflık sunabilir ve kalite kontrol ve geri çağırma süreçlerine yardımcı olabilir (Ghaani ve ark., 2016).

Akıllı etiketler, menşei, içeriği, besin değerleri ve kullanım talimatları dahil olmak üzere ayrıntılı ürün bilgileri sağlayarak tüketici deneyimini önemli ölçüde geliştirebilir. Ayrıca artırılmış gerçeklik özellikleri, promosyon oyunları veya sadakat programları gibi etkileşimli deneyimler sunarak tüketicilerin ilgisini çekebilir ve marka sadakatini artırabilir. Bazı akıllı etiketler, ürünün durumu hakkında gerçek zamanlı veri sağlayan sensörler veya göstergelerle donatılmıştır. Buna zaman-sıcaklık göstergeleri, tazelik göstergeleri veya kurcalanmaya karşı koruma özellikleri dahildir. Bu tür işlevler özellikle optimum koşulların korunmasının kritik önem taşıdığı gıda, ilaç ve kimyasallar gibi hassas ürünlerde faydalıdır.

Akıllı etiketleme sistemlerinin kullanılması çeşitli avantajlar sunar. Söz konusu avantajlardan bazıları şu şekilde sıralanabilir (Chen ve ark., 2020).

- Geliştirilmiş Tedarik Zinciri Verimliliği: Akıllı etiketler, gerçek zamanlı takip ve envanter yönetimi özellikleri sağlayarak daha verimli tedarik zinciri yönetimine katkıda bulunur. Bu, stok yönetiminin doğruluğunu artırır, kayıpları azaltır ve tedarik zincirinin genel verimliliğini artırır.

- **Ürün Güvenliği ve Kalite Güvencesi:** Akıllı etiketler, ürünün durumu hakkında gerçek zamanlı bilgi sağlayarak olası güvenlik sorunları veya kalite bozulmaları hakkında uyarıda bulunabilir. Bu, sıcaklık veya nem gibi çevresel faktörlere karşı hassas olan ürünler için çok önemlidir.

- **Mevzuata Uygunluk ve Sahteciliği Önleme:** Akıllı etiketler, gerekli tüm ürün bilgilerinin hazır ve doğru olmasını sağlayarak mevzuata uygunluğa yardımcı olabilir. Ayrıca sağladıkları bilgi ve kimlik doğrulama önlemlerinin kopyalanması zor olduğundan, sahteciliğe karşı bir araç görevi görürler.

- **Tüketici Güveni ve Marka İmajı:** Akıllı etiketler aracılığıyla ayrıntılı ve şeffaf ürün bilgilerinin sağlanması, tüketici güvenini oluşturabilir ve marka imajını geliştirebilir. Tüketicilerin ürün kalitesi, menşei ve orijinallliği konusunda giderek daha bilinçli hale geldiği bir çağda, akıllı etiketler önemli bir farklılaştırıcı olabilir.

4. SU ÜRÜNLERİNİN PAKETLENMESİ

4.1. Paket Türleri ve Paketleme Yöntemleri

Su ürünleri, avlandıktan hemen sonra hızla bozulmaya başlar çünkü fiziksel ve çevresel etkenlere oldukça duyarlıdır. Bu nedenle, yakalandıkları andan itibaren ya hemen tüketilmeli ya da tüketiciye en yüksek kalitede sunulabilmek için ideal koşullar altında saklanmalıdırlar. Ürünün bozulmasını önlemek ve ömrünü uzatmak için paketleme yöntemleri kullanılır; bu yöntemler, ürünü fiziksel hasar, kimyasal reaksiyonlar ve mikrobiyolojik bozulmalardan korur. Paketleme aynı zamanda, ürünle ilgili temel bilgileri içeren etiketler aracılığıyla tüketiciye gerekli bilgileri sağlar. Bu bilgiler arasında üretici firma, üretim yeri, üretim ve son kullanma tarihi, içindekiler ve katkı maddeleri bulunur. Ürünün paketlenmesi, kalitesinin korunması, daha uzun süre saklanabilmesi, pazarlama ve dağıtım süreçlerinde kolaylık sağlanması ve tüketici güvenini artırma gibi çeşitli avantajlar sunar (Bykowski ve Dutkiewicz, 1996). Su ürünlerinin av sezonu dışında da tüketicilere sağlıklı koşullar altında sunulabilmesi hedeflenir. Paketleme malzemelerinin nem ve oksijene karşı geçirgenliği düşük olmalı, aynı zamanda yağ ve su emilimine karşı dirençli olmalıdır. Etkili bir paketleme için, paket içindeki hava boşluklarının ve şişkinliklerin minimalize edilmesi, ambalajın ürünle reaksiyona girmemesi ve ürünü tam anlamıyla sarması gerekmektedir (Yılmaz ve ark., 2009).

Su ürünlerinin paketlenmesinde sıklıkla başvurulan yöntemler arasında Kontrollü Atmosfer Paketleme, Modifiye Atmosfer Paketleme (MAP), Vakum Paketleme ve Yenilebilir Film Kaplama yer alır.

4.1.1. Kontrollü Atmosfer Paketleme

Bu paketleme metodu, özellikle büyük miktarda saklanacak ürünler için tercih edilir. Saklama süreci boyunca, atmosferde meydana gelebilecek değişiklikler kontrol altına alınır, bu sayede ürünlerin mikrobiyal bozulması ertelenir (Arashisar ve ark., 2004). Kontrollü atmosfer depolama teknolojisi, oksijen seviyesini düşürüp, karbondioksit seviyesini artırarak ürünlerin solunum hızını yavaşlatır ve atmosfer kompozisyonunu sabit tutarak depolanan ürünlerin daha uzun süre taze kalmasını sağlar. Ancak bu yöntemin küçük miktarlarda depolama için kullanılması ekonomik olmayabilir (Örüng ve ark., 2016).

Depolama alanlarında genellikle sıcaklık ve nem düzeyleri kontrol edilirken, bu teknik sayesinde depo içindeki atmosferin bileşimi de düzenlenerek, oksijen düzeyi azaltılıp, karbondioksit seviyesi yükseltilir. Bu durum, ürünlerin enzimatik ve mikrobiyal aktivitelerinin yavaşlamasına, dolayısıyla kalitelerinin daha uzun süre muhafaza edilmesine olanak tanır. Atmosferde doğal olarak bulunan gaz oranları; %78 azot, %20 oksijen ve %0,2 karbondioksittir. Kontrollü atmosferde depolama yapılırken, CO₂ oranı arttırılıp, O₂ oranı %2 civarında sabitlenmeye çalışılır. Bu gaz dengesinin korunabilmesi için depo içerisinde özel izolasyon malzemeleri kullanılır ve kapıların gaz geçirmez özellikte olması şarttır. Her bir ürün tipi ve çeşidine göre gaz oranlarının ayarlanması gereklidir (URL-1, 2022).

4.1.2. Modifiye Atmosfer Paketleme (MAP)

Su ürünlerini sağlıklı saklama yöntemleri arasında dondurma, tuzlama, kurutma, dumanlama ve konserve yapma gibi geleneksel metotlar bulunur. Teknolojik ilerlemelerle birlikte, bu ürünlerin saklanma sürelerini uzatma hedefiyle Modifiye Atmosfer Paketleme (MAP) teknolojisi giderek daha fazla tercih edilmektedir. Bu teknik, çoğunlukla işlenmemiş taze su ürünlerine uygulanmakla birlikte, dondurulmuş, dumanlanmış, tuzlanmış ve marine edilmiş gibi çeşitli işlenmiş ürünler üzerinde de kullanımı artmaktadır. MAP, balık salataları, kurutulmuş balıklar, dolma veya kızartılmış midyeler, balık eti ve surimi gibi ürünlere de yaygın olarak uygulanmaktadır (Kocatepe ve Turan, 2011).

Tüketicilerin raf ömrü uzun ve hemen tüketmeye hazır gıdaları tercih etmesiyle birlikte, taze ve işlenmiş balık ürünleri dahil olmak üzere birçok gıdanın saklama, taşıma ve ambalajlama süreçlerinde MAP tekniği geniş çapta kullanılmaya başlanmıştır. Bu teknik, paket iç atmosferinin ürünün gereksinimlerine uygun gaz karışımlarıyla değiştirilmesi ve özel ambalaj materyalleriyle paketlenmesi esasına dayanır. Böylece, mikrobiyolojik bozulmalar azaltılır, enzimatik aktiviteler kontrol altına alınır ve ürünlerin raf ömrü uzatılır (Turan ve Kocatepe, 2013). Gaz karışımları, genellikle karbondioksit, azot ve oksijenin farklı oranlarda kullanılmasını içerir.

Su ürünlerinde mikrobiyolojik aktivite, kısa raf ömrüne ve ekonomik kayıplara yol açabilir. Bu aktivite, ürünlerde kötü kokuların, renk değişikliklerinin ve tat kayıplarının oluşmasına neden olur. MAP uygulamasının avantajları arasında, ürün raf ömrünün uzatılması ve paketlenmiş ürünlerin parlak görünüşleri sayesinde tüketici tercihlerinde artış görülmesi yer alır. Ancak bu yöntemin paket hacminin artması gibi dezavantajları da vardır, bu da depolama ve dağıtım süreçlerinde zorluklara sebep olabilir (Özoğul ve ark., 2006).

MAP ile paketlenmiş ürünlerde kullanılan gaz oranları ürün tipine ve saklama koşullarına göre değişiklik gösterir. Bilimsel çalışmalarda, gaz karışımlarının oranları üzerine çeşitli formüller raporlanmıştır; örneğin %60 CO₂ ve %40 N₂, %75 CO₂ ve %25 N₂ gibi farklı kombinasyonlar kullanılmaktadır (Erkan ve ark., 2000; Kocatepe ve ark., 2016). MAP, mantar gelişimini önleme, protein yapısını koruma, enzim aktivitesini düzenleme ve mikroorganizmaların faaliyetlerini sınırlandırma gibi önemli faydalar sunar (Farber, 1991). Ancak yüksek CO₂ seviyeleri ürünlerde renk ve tat bozulmaları gibi kalite kayıplarına yol açabilir ve anaerobik mikroorganizma gelişimi için uygun ortamlar oluşturabilir (Sivertsvik ve ark., 2002). MAP işleminde, zararlı etkileri olmayan azot gazı, oksidasyonu önlemek ve ürünlerin bozulmasını geciktirmek amacıyla oksijenin alternatifi olarak kullanılmaktadır (Çelikkol, 2011; Çorapçı ve Kocatepe, 2019; Farber, 1991; Sivertsvik ve ark., 2002).

4.1.3. Vakum Paketleme (VP)

Vakum paketleme, gıdaların muhafaza edilmesi, taşınması ve estetik açıdan iyileştirilmesi için tercih edilen bir yöntemdir. Bu yöntem, paket içindeki havanın çekilerek yerine herhangi bir gaz karışımı eklenmeden paketin hava almayacak şekilde mühürlenmesine dayanır. Vakum yöntemiyle yapılan paketlemede, paketin içindeki serbest oksijen miktarı oldukça düşük olduğundan, aerobik bakterilerin üremesi ve oksidasyonla ilgili bozulmaların meydana gelmesi gecikir (Çaklı, 2008). Bu teknik, ürünün atmosferdeki oksijen ve neme maruz kalmasını engelleyerek, depolama süresini uzatmaya katkı sağlar (Göğüş ve Kolsarıcı, 1992). Paketleme malzemesinin hava geçirmemesi önemli bir kriterdir. Özellikle balık ve balık ürünleri gibi gıdalarda enzimatik, oksidatif ve mikrobiyal bozulmalar görülebilir. Vakum paketlemenin oksijen miktarını azaltma özelliği, aerobik bakteri çoğalmasını engelleyerek ürünün raf ömrünü artırır. Ancak bu ortam *Clostridium botulinum* gibi anaerobik mikroorganizmalar için toksin üretimi yapabilecek bir alan oluşturabilir. Bu sebeple, deniz ürünlerinin yakalanmasından paketlemeye kadar olan süreçlerde hijyen ve sanitasyon standartlarına özen gösterilmesi büyük önem taşır (Randall ve ark., 1991; Rajesh ve ark., 2002).

4.1.4. Yenilebilir Film Kaplama

Yenilebilir film kaplamalar, gıdaları sararak koruyan ve onların raf ömrünü artıran tüketilebilir doğal kaplamalardır. Bu kaplamalar, gıdanın tazeliğini koruma ve paketleme teknolojisinde önemli bir faktörken, aynı zamanda paketleme üzerinde gıdanın detaylı bilgilerinin yer alması tüketici açısından değerlidir (Sürengil ve Kılınç, 2011). Modern iş yaşamının getirdiği değişikliklerle, tüketicilerin kolayca hazırlanabilen gıdalara yönelmeleri, yenilebilir film kaplama teknolojilerinin gelişimini tetiklemektedir (Kokangül ve Fenercioğlu, 2012). Yenilebilir film kaplamaların seçilmesinin sebepleri; mikrobiyal büyümenin inhibisyonu, ürünün nem oranının dengelenmesi, uçucu bileşenlerin oluşumunun geciktirilmesi, ürünün renk, koku, tat ve görünüş özelliklerinin korunması, oksijen geçişinin sınırlandırılması ve çevreye zararsız olması gibi avantajları içerir (Korkmaz, 2018).

Alginat, kitosan, pektin, agar, selüloz ve nişasta gibi doğal polisakkaritlerden elde edilen polisakkarit filmler bulunur. Alginat, kahverengi deniz alglerinden elde edilen ve hem gıda üretiminde hem de besin olarak kullanılabilen bir maddedir. Ancak nişasta, kolay bulunabilirliği, antioksidan ve antimikrobiyal özellikleri nedeniyle en yaygın kullanılan doğal polisakkarittir (Dursun ve Erkan, 2009).

Kitosan, kabuklu deniz canlılarının (yengeç, istakoz, midye, karides) kabuklarında yüksek oranda bulunan ve doğal bir polimer olan kitinin deasetilasyonu ile üretilir. Kitosanın insan sağlığına zararlı bir etkisi bulunmaz, alerji yapmaz ve kolayca parçalanabilir olması, yenilebilir film olarak kullanımını popüler kılar (Çaklı ve Kılınç, 2004).

Protein bazlı filmler ise, gıdaların besin değerlerini artırma özelliği ile yenilebilir filmler için aranan niteliklere sahiptirler. Bunların üretiminde çeşitli yöntemler kullanılır; polipeptid zincirlerinin çözücülerle denatürasyonu, çapraz bağlar oluşturan elektrolitlerin eklenmesi ve farklı sıcaklık uygulamaları bu yöntemlerdendir (Dursun ve Erkan, 2009). Protein filmlerinin kalitesi, proteinin kaynağı, pH değeri, film kalınlığı ve üretim koşulları gibi faktörler tarafından belirlenir (Jongjareonrak ve ark., 2008).

Kompozit filmler, polisakkaritler, proteinler ve yağlar gibi farklı doğal maddelerin birleştirilmesiyle oluşturulan, yenilebilir filmlerdir. Bu filmler, çeşitli polisakkaritlerin bir araya getirilmesiyle elde edilir, böylelikle farklı malzemelerin özelliklerinden yararlanılarak yeni faydalar sunarlar. Her bir bileşenin özelliklerinin birleştirilmesiyle, daha etkili film materyalleri üretilmektedir (Kester ve Fennema, 1986). Kompozit film kaplamaları, protein ve karbonhidratların, protein ve lipidlerin ya da lipid ve karbonhidratların bir araya getirilmesi, ayrıca doğal ve sentetik polimerlerin kombinasyonlarıyla hazırlanmaktadır (URL-2, 2022).

Gıda ambalaj teknolojisi sürekli olarak gelişmektedir. Nanoteknoloji ile geliştirilen ambalajlar, çevreye zarar vermeyen biyobozunur ambalajlar, gıda güvenliğini ve kalitesini artıran aktif ve akıllı ambalaj sistemleri, su ürünleri dahil birçok alanda kullanılmakta olan ileri ambalajlama teknikleridir. Dünyaya genelinde birçok ülkede akıllı ambalajlar giderek daha fazla kullanılmaya başlanmıştır. Akıllı ambalajların etkin ve güvenli kullanımını teşvik etmek amacıyla, 450/2009/EC yönetmeliği gibi spesifik yasal çerçeveler oluşturulmuştur. Bu yönetmelik, akıllı ambalajların kullanımı, güvenliği ve pazarlanması ile ilgili standartları belirlemiştir (Restuccia ve ark., 2015).

SONUÇ

Bu çalışmada akıllı paketleme sistemlerinin temelleri, gıda kalitesi ve güvenliği üzerine etkileri, su ürünlerinin paketlenmesi dahil olmak üzere paketleme teknolojilerinin gelişmiş yönleri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Günümüzde, akıllı paketleme sistemleri, malzeme bilimi, kimya ve bilgi teknolojileri gibi alanlarda kaydedilen ilerlemeler sayesinde, geleneksel paketleme yöntemlerinin ötesinde önemli işlevler sunmaktadır. Bu sistemler, çevresel koşulların izlenmesi, raf ömrünün uzatılması, ürün kalitesine ilişkin bilgilerin görüntülenmesi ve tüketiciler ile etkileşim kurulması gibi işlevlerle gıda güvenliği ve tüketici memnuniyetini artırmaktadır.

Akıllı paketleme, özellikle gıda sektöründe, taze ve işlenmiş ürünlerin saklanması, taşınması ve sunumu açısından büyük bir evrimi temsil etmektedir. Kontrollü atmosfer paketleme, modifiye atmosfer paketleme, vakum paketleme ve yenilebilir film kaplama gibi teknikler, ürünlerin mikrobiyal bozulmasını engellemekte, enzimatik aktiviteleri kontrol altına almakta ve ürünlerin raf ömrünü uzatmaktadır. Bu yöntemler, taze ve işlenmiş su ürünleri dahil, geniş bir ürün yelpazesinde etkilidir. Ayrıca yenilebilir film kaplamalar gibi yenilikçi teknikler, gıda ambalajlama sektöründe sürdürülebilirliği artırma potansiyeline sahiptir. Bu kaplamalar, gıda tüketimini daha güvenli ve hijyenik hale getirirken, aynı zamanda çevresel etkiyi azaltmak için doğal malzemelerin kullanımını teşvik etmektedir.

Sonuç olarak akıllı paketleme teknolojileri, gıda güvenliği ve kalitesinin korunması, israfın azaltılması ve tedarik zinciri verimliliğinin artırılması gibi alanlarda kritik öneme sahiptir. Bu teknolojilerin gelişimi ve uygulanması, tüketicilere daha güvenli, taze ve kaliteli ürünler sunarken, gıda sektörünün sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmasında da önemli bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda akıllı paketleme sistemleri, gıda endüstrisindeki devam eden yenilik ve iyileştirmelerin merkezinde yer almayı sürdürecektir.

KAYNAKLAR

- Arashisar, Ş., Hisar, O., Kaya, M., Yanik, T.,** 2004. Effects of modified atmosphere and vacuum packaging on microbiological and chemical properties of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) filets. *International Journal of Food Microbiology*, 97:209-214.
- Bykowski, P., Dutkiewicz, D.,** 1996. Freshwater Fish Processing and Equipment in Small Plants, FAO, FisheriesCircular No: 905, FIIU/C905.
- Chen, S., Brahma, S., Mackay, J., Cao, C., Aliakbarian, B.,** 2020. The role of smart packaging system in food supply chain. *Journal of Food Science*, 85(3):517-525.
- Çaklı, Ş.,** 2008. Su Ürünleri İşleme Teknolojisi 2. Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova İzmir. 77s.
- Çaklı, Ş., Kılınç, B.,** 2004. Kabuklu su ürünleri işleme artıklarının endüstriyel alanda değerlendirilmesi. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 21(1-2):145-152.
- Çelik, İ., Tümer, G.,** 2016. Gıda ambalajlamada son gelişmeler. *Akademik Gıda*, 14(2):180-188.
- Çelikkol, I.,** 2011. Bazı ön uygulamaların ve modifiye atmosferde paketleme (map)'nin taze ve tüketime hazır (fresh-cut) alphonse lavallée üzüm çeşidinin kalitesi üzerine etkileri. *Yüksek Lisans Tezi*, Uludağ Üniversitesi, Bursa,101s.
- Çorapçı, B., Kocatepe, D.,** 2019. Modifiye atmosfer (MA) paketlenmiş kırlangıç (*Chelidonichthys lucerna* Linnaeus, 1758) sotenin kalite özellikleri. *Gıda*, 44 (6):1059-1070.
- Drago, E., Campardelli, R., Pettinato, M., Perego, P.,** 2020. Innovations in smart packaging concepts for food: An extensive review. *Foods*, 9(11):1628.
- Dursun, S., Erkan, N.,** 2009. Yenilebilir protein filmler ve su ürünlerinde kullanımı. *Journal of FisheriesSciences.com*, 23(4):352-373.
- Erkan, N., Metin, S., Varlık, C., Baygar, T., Özden, Ö.,** 2000. Modifiye atmosferle paketlemenin (map) paneli alabalık marinatlarının raf ömrü üzerine etkisi. *The Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 24: 585-591.
- Farber, J.M.,** 1991. Copyrights international association of milk, food and environmental sanitarians microbiological aspects of modifiedatmosphere packaging technology. *Journal of Food Protection*, 54(1):58-70.
- Ghaani, M., Cozzolino, C.A., Castelli, G., Farris, S.,** 2016. An overview of the intelligent packaging technologies in the food sector. *Trends in Food Science & Technology*, 51:1-11.
- Göğüş, A.K., Kolsarıcı, N.,** 1992. Su Ürünleri Teknolojisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara, 261s.
- Jongjareonrak, A., Benjakul, S., Visessanguan., W.M.,** 2008. Antioxidative activity and properties of fish skin gelatin filmsincorporated with BHT atocopherol. *Food Hydrocolloids*. 22:449-458.

- Kester, J., Fennema, O.,** 1986. Edible films and coatings: A review. *Food Technology (USA)*, 40(12):47-59.
- Kocatepe, D., Turan, H.,** 2011. Su ürünlerinin muhafazasında modifiye atmosfer paketlenme teknolojisinin kullanımı. *Gıda*, 36(4):233-240.
- Kocatepe, D., Turan, H., Altan, C.O., Keskin, I., Ceylan, A.,** 2016. Effect of modified atmosphere packaging on the shelf life of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) mince. *Food Science and Technology International*, 22(4):343-352.
- Kokangül, G., Fenercioğlu, H.,** 2012. Gıda endüstrisinde akıllı ambalaj kullanımı. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7(2):31-43.
- Korkmaz, F.,** 2018. Yenilebilir film/kaplamalar ve su ürünleri perspektifi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 49(1):79-86.
- Kutlu, N., Ceylan, Z., Ekin, M.M., Meral, R.,** 2021. Geleneksel ve yenilikçi paketlenme teknolojileri: balık eti muhafazasında potansiyel kullanımı. *Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(1):78-94.
- Lydekaityte, J., Tambo, T.,** 2020. Smart packaging: Definitions, models and packaging as an intermediary between digital and physical product management. *The International Review of Retail, Distribution and Consumer Research*, 30(4):377-410.
- Lydekaityte, J.,** 2020. Extended user interface: nfc-enabled product packaging for enhanced user experience. In *Distributed, Ambient and Pervasive Interactions: 8th International Conference, DAPI 2020, Held as Part of the 22nd HCI International Conference, HCII 2020, Copenhagen, Denmark, July 19–24, 2020, Proceedings 22* (pp. 285-304). Springer International Publishing.
- Nicoletti, M., Del Serrone, P.,** 2017. Intelligent and smart packaging. In *Future foods*. IntechOpen.
- Öksüztepe, G., Beyazgül, P.,** 2015. Akıllı ambalajlama sistemleri ve gıda güvenliği. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi*, 29(1):67-74.
- Örüng, İ., Karaman, S., Şirin, Ü.,** 2016. Nevşehir yöresindeki doğal depoların modern depolarla karşılaştırılması. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5:9-18
- Özoğul, Y., Özoğul, F., Küley, E.,** 2006. Modifiye edilmiş atmosfer paketlenmenin balık ve balık ürünlerine etkisi. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 23(1- 2):193-200.
- Rajesh, R., Ravishankar, C.N. Srinivasa Gopal, T.K., Varma P.R.G.,** 2002. Effect of vacuum packaging and sodium acetate on the shelf life of seer fish during iced storage. *Packaging Technology and Science*, 15(5):241-245.
- Randall, C.F., Bromage, N.R., Thrush, M.A., Davies, B.,**1991. Photoperiodism and melatonin rhythms in salmonid fish. Proceedings of the Fourth International Symposium on the Reproductive Physiology of Fish, held at the University of East Anglia, Norwich, UK, 7-12 July, 136-138.
- Realini, C.E., Marcos, B.,** 2014. Active and intelligent packaging systems for a modern society. *Meat Science*, 98(3):404-419.

- Restuccia, D., Spizzirri, U.G., Bonesi, M., Tundis, R., Menichini, F., Picci, N., 2015.** Evaluation of fatty acids and biogenic amines profiles in mullet and tuna roe during six months of storage at 4 C. *Journal of Food Composition and Analysis*, 40:52-60.
- Schaefer, D., Cheung, W.M., 2018.** Smart packaging: opportunities and challenges. *Procedia Cirp*, 72:1022-1027.
- Sivertsvik, M., Rosnes, J.T., Bergslien, H., 2002.** Modified atmosphere packaging. In: Minimal Processing Technologies in the Food Industry, Ohlsson, T., Bengtsson, N. (ed.). CRC Press, Boston, New York Washington, DC, pp 61-86.
- Sürengil, G., Kılınç, B., 2011.** Gıda ambalaj sektöründe nanoteknolojik uygulamalar ve su ürünleri açısından önemi. *Journal of Fisheries Sciences*, 5(4):317-325.
- Turan, H., Kocatepe, D., 2013.** Different MAP conditions to improve the shelf life of sea bass. *Food Science and Biotechnology*, 22(6), 1589-1599.
- URL-1, 2022.** https://www.diatek.com.tr/makale-yontem/genel/gida-muhafaza-yontemleri_127.htm Gıda muhafaza yöntemleri, 11 Ekim 2023.
- URL-2, 2022.** <http://www.plastik-ambalaj.com/tr/plastikambalaj-makale/2505-yenilebilir-polimerikfilmler-ve-kaplamalar-1>. Yenilebilir polimerik filmler ve kaplamalar-1, 20 Kasım 2023.
- Yılmaz, M., Ceylan, Z.G., Kocaman, M., Kaya, M., Yılmaz, H., 2009.** The effect of vacuum and modified atmosphere packaging on growth of *Listeria* in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) filets. *Journal of Muscle Foods*, 20:465-477.
- Zhang, X., Shan, X., Wei, J., 2017.** Hybrid flexible smart temperature tag with NFC technology for smart packaging. In *2017 IEEE 19th Electronics Packaging Technology Conference (EPTC)* (pp. 1-5). IEEE.
- Zuo, J., Feng, J., Gameiro, M.G., Tian, Y., Liang, J., Wang, Y., He, Q., 2022.** RFID-based sensing in smart packaging for food applications: A review. *Future Foods*, 6:100198.



Bölüm 4

SU ÜRÜNLERİ ATIKLARI: SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE EKONOMİK FIRSATLAR

Muhsine DUMAN¹

¹ Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü,
Elazığ, Türkiye, mduman@firat.edu.tr, ORCID:0000-0001-9780-70788

1. GİRİŞ

Su ürünleri atıkları, balıkçılık ve su ürünleri işleme sektörlerinden kaynaklanan, genellikle istenmeyen veya değersiz kabul edilen küçük balıklar ve karidesler ile insan gıdası olarak tüketilmeyen balık kısımlarını içerir. Bu istenmeyen biyolojik parçalar; balıkların başları, deriler, iç organlar, kemikler, yüzgeçleri ve diğer benzer unsurları içerir (Saleh vd., 2022). Balık atıklarının üretim miktarı, kullanılan balık türüne ve işleme yöntemine bağlı olarak değişkenlik gösterir ve genellikle toplam balık ağırlığının %20 ile %70'i arasında değişir. Iskartalar ve balık işleme endüstrisinin yan ürünleri, amino asitler, proteinler, peptitler, enzimler, jelatin, kolajen, omega-3 uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitleri, kitin ve vitaminler gibi çeşitli biyoaktif bileşikler açısından değerli bir kaynaktır (Özoğul vd., 2021).

Dünyada su ürünleri üretimi artarken, bu üretim sürecinde oluşan atık miktarında da önemli artışlar olmuştur. Su ürünleri atıklarının yönetimi, çevresel sürdürülebilirlik ve kaynak verimliliği açısından çok önemlidir (Saleh vd., 2022). Gıda israfının etkili bir şekilde ele alınması, Birleşmiş Milletler'in 2030 yılına kadar "sıfır atık" hedefini gerçekleştirmek adına belirlediği Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri'nin başarısında kritik bir rol oynamaktadır; bu hedef, sürdürülebilir kalkınmanın ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlarını bütünsel bir şekilde incelemeyi öngörür. Bu sebeple, gıda atıklarının geri dönüşümü büyük bir önem taşımaktadır (Rathod vd., 2024).

Su ürünleri endüstrisi, dünya çapında toplam hasadın yaklaşık %55'i çeşitli işleme yöntemleriyle tüketiciye sunmaktadır. En yaygın işleme yöntemleri arasında soğutma, dondurma, konserve, tütsüleme, kurutma, fermentasyon ve marine etme yer almaktadır (FAO, 2018). Ancak, bu işlemler sırasında önemli miktarda katı atık oluşumuna yol açmaktadır. Özellikle su ürünleri işlenirken, elde edilen atıkların büyük bir kısmı, ıslak ağırlık bazında, işlenen ürünün %50 ile %60'ını arasında değişmektedir. Örneğin, karides, kril ve yengeç gibi kabuklu deniz ürünlerinin işlenmesi sırasında çıkan atıklar, genellikle baş, kabuk ve iç organlar gibi bileşenlerden oluşmaktadır. Karides atıkları, protein ve kitin açısından oldukça zengin olup, atığın yaklaşık %70'i baştan ve %30'u kabuktan meydana gelir. Benzer şekilde, istakoz işleme sürecinde de baş, kabuk, karaciğer ve yumurta gibi atıklar %50 ile %70 oranında bir miktara ulaşmaktadır (Anbarasan vd., 2024).

Balık işleme sürecinde de atık oranı türe bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Örneğin, tatlı su balıkları olan alabalık, sazan, turna ve çipura gibi türlerde işleme sırasında ortaya çıkan atık oranı, toplam ağırlığının %40 ila %60'ına kadar çıkabilmektedir. Bu atıklar genellikle kafa, iskelet çerçeveleri, deri, pullar ve iç organlar gibi kısımlardan oluşur. Balık türlerine ve işleme yöntemlerine göre bu oranlar farklılık gösterebilir, ancak genel olarak balık atıkları da protein ve yağ açısından değerli bileşenler barındırır (Venugopal, 2022).

Su ürünleri atıklarının uygun şekilde değerlendirilmesi, çevresel ve ekonomik sorunları çözmek için etkili bir yöntem olarak ön plana çıkmaktadır. Bu yaklaşım, ekonomik atıkları azaltarak topluluklara ek kazançlar sağlamanın yanı sıra, çevre üzerindeki olumsuz etkileri de azaltabilir. Günümüzde, su ürünleri atıkları ve yan ürünleri, balık unu, balık yağı, hayvan yemi, gübre ve balık silajı gibi ürünlerin üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra, atıkların nutrasötik, eczacılık, gıda, kozmetik ve tıbbi sektörlerdeki potansiyel biyoaktif bileşenler nedeniyle kullanımı giderek artmaktadır (Özoğul vd., 2021). Su ürünleri atıklarının bu şekilde değerlendirilmesi, sadece ekonomik fayda sağlamakla kalmaz, aynı zamanda su kirliliğini azaltmaya ve deniz ekosistemlerini korumaya katkıda bulunabilir. Bu bağlamda, su ürünleri atıklarının işlenmesi ve geri dönüşümü, giderek daha fazla önem kazanmaktadır.

2. SU ÜRÜNLERİ ATIKLARININ TÜRLERİ

Su ürünleri atıkları, çeşitli bileşenlerden oluşan ve farklı şekillerde değerlendirilebilen atık materyallerdir. Başlıca su ürünleri atık türleri şunlardır:

Baş ve Kabuk Atıkları: Balık başları, bir balığın toplam ağırlığının %10-20'sini oluşturarak önemli bir atık grubunu temsil etmektedir. Bu atıklar, yüksek omega-3 yağ asitleri, protein ve vitaminler bakımından zengindir. Öte yandan, kabuklu deniz ürünleri, karides, yengeç ve istakoz gibi türlerin baş ve kabuk atıkları, yüksek kitin ve kitosan içerikleri sayesinde biyoteknolojik ve farmasötik uygulamalarda önemli bir potansiyel taşımaktadır (Caruso vd., 2020).

İç Organlar: Balık ve diğer su ürünlerinin işlenmesi sırasında ortaya çıkan iç organları, karaciğer, kalp, mide, pankreas ve bağırsaklar gibi organları içerir. Balığın iç organları toplam vücut ağırlığının %12-18'ini oluşturur. Sindirim sistemiyle ilişkili bu organlar, enzim açısından zengindir ve balık yan ürünleri arasında önemli bir yer tutmaktadır (Coppola vd., 2021). Balık iç organları, biyoaktif bileşikler açısından zengin ve yeterince keşfedilmemiş bir kaynaktır. (Caruso vd., 2020).

Pullar: Balıkların vücudunu kaplayan pullar, epiderminin dermis tabakasını koruyan mineralize plakalardır. Bu pullar, %41-%45 oranında organik bileşenler (kolajen, yağ, lesitin, sklerotin, vitaminler vb.), %38-%46 oranında inorganik bileşenler (kalsiyum eksikliği olan hidroksiapatit, kalsiyum fosfat vb.) ve magnezyum, demir, çinko, kalsiyum gibi eser elementler içerir. Balık pullarının bileşimi, yapısı ve mekanik özellikleri, kemikler, dişler ve mineralize tendonlarla benzerlik gösterir. Bu özellikler, balık pullarının antioksidan aktivite, yara iyileşmesi, kemik rejenerasyonu ve mikrobiyal engelleme gibi fizyolojik işlevlerde büyük potansiyele sahip olmasına katkıda bulunmaktadır (Qin vd., 2022). Balık pullarının ticari değeri tam olarak keşfedilmemiştir; ancak kolajen ve kitin gibi malzemelere dönüştürülmesi, çevresel etkileri azaltırken önemli bir ekonomik değer de sağlayabilir.”

Balık Kemikleri: Balık kemikleri, genellikle ince ve yassı yapıdaki küçük kemiklerden oluşur ve balığın iskelet sisteminin önemli bir parçasıdır. Bu kemikler, vücut ağırlığının %10-15'ini oluşturur ve kalsiyum, fosfor, kolajen proteinleri, bazı karbonhidratlar ve lipitler içerir. Kemik dokusunun ana bileşeni olan hidroksiapatit, kalsiyum açısından zengin olup, gıda ve hayvan yemlerinde doğal bir kalsiyum kaynağı olarak kullanılabilir. Balık kemikleri ayrıca, kalsiyum takviyeleri ve çeşitli endüstriyel ürünler için de değerlendirilebilecek önemli bir kaynaktır (Toppe vd., 2007). Su Ürünleri atıklarından elde edilen yüksek değerli bileşenlerin içeriği ve ortalama piyasa değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Su Ürünleri Atıklarında Bulunan Değerli Bileşenlerin İçerikleri (Caruso vd., 2020).

Su Ürünleri Atıkları	Yüksek Değerli Bileşenler	İçerik (% w/w)	Piyasa Değeri (Euro/kg)
Balık derisi, pulları ve kemikleri	Kolajen ve jelatin	Deride %80'e kadar, pullarda %50'ye kadar	9-14
Balık derisi, pulları ve kemikleri	Hidroksiapatit	%60-70 kemiklerde, %50'ye kadar pullarda	Müsait değil
Balık iç organları	Enzimler		14.400 (morina proteazları)
Beyaz balık eti artıkları	Serbest aminoasitler	%0,8-2 taurin, %2,7 kreatin (kuru maddede)	Veri yok
Morina karaciğeri, uskumru yağı	Çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA)	Morina karaciğerinde %50-80, %23'ü Omega-3 PUFA'dır	24 (morina karaciğeri yağı)

3. ATIKLARIN KAYNAKLARI

Su ürünleri atıkları, genellikle su ürünleri işleme endüstrisi faaliyetleri ve avcılık süreçlerinden kaynaklanmaktadır. Her iki kaynağın atık türleri ve miktarları ise birbirinden farklılık göstermektedir. Balık işleme tesislerinde, balıkların temizlenmesi, fileto edilmesi ve paketlenmesi süreçleri sırasında önemli miktarda atık ortaya çıkmaktadır. Bu atıklar genellikle baş, kemik, deri, pul, iç organlar ve et artıkları gibi bileşenlerden oluşmaktadır.

Avcılık sırasında yakalanan balıkların bir kısmı ticari olarak ekonomik değeri olmayan veya istenmeyen balık türleri olmaktadır

3.1. Su Ürünleri İşleme Endüstrisinde Kaynaklanan Atıklar

Balık işleme tesisleri, balıkları yemeklik ürünlere dönüştürmek için farklı işlemler uygulanmaktadır. Bu işlemler sırasında ortaya çıkan atıklar, genellikle organik ve inorganik bileşenlerden oluşur. Balık işleme süreci genel olarak, balığın sersemletilmesiyle başlar. Ardından balıklar türlerine ve boyutlarına göre sınıflandırılır ve yüzeylerindeki mukuslar temizlenir. Sonraki aş-

malarda, balıkların pulları kazınarak çıkarılır, balıklar yıkanarak temizlenir ve başları kesilir. İç organlar çıkarıldıktan sonra yüzgeçler kesilir ve balıklar fileto halinde dilimlenir. Fileto üretimi için et ve kemik ayrımı yapılır, son olarak ürünler paketlenir, etiketlenir ve dağıtıma hazır hale getirilir (Şekil 1). Bu işlemler sırasında ortaya çıkan atıklar, baş, kemik, deri, pul, iç organlar ve et artıkları gibi çeşitli biyolojik materyalleri içerir ve bu atıkların yönetimi, çevresel sürdürülebilirlik açısından büyük önem taşır (Gökoğlu, 2002).

3.1.1. Mukus Temizleme

Balıklar, balıkçı gemisinden veya yetiştirme tesisinden işleme tesisine nakledildikten sonra ilk olarak yıkanmaktadır. Bu yıkama işlemi, balığın yüzeyindeki mukus tabakasını, yüzeyde biriken bakterileri, kiri ve kanı temizlemek amacıyla içilebilir nitelikteki su kullanılarak gerçekleştirilir. Yıkamanın temel amacı, bakteriyel kontaminasyonu azaltmaktır (Gökoğlu, 2002; Abd El-Hay, 2022). Balıklar, kendilerini zararlı çevresel koşullardan korumak için yüzeylerinde mukus salgılar. Ancak bu mukus salgısı, rigor mortis başlamadan önce durur. Deniz suyunda yaygın olarak bulunan *Pseudomonas* türleri, bozulmaya neden olan güçlü etmenlerdir ve balık mucusu, bu bakteriler için ideal bir ortam sağlarlar. Ayrıca, balık işleme sırasında mevcut olan anaerobik bakteriler, mukus, deri ve etteki sülfür bileşenlerini kullanarak hidrojen sülfür üretebilir. Bu sebeple, mukus tabakasının sürekli olarak yıkanması gerekmektedir (Bykowski ve Dutkiewicz, 1996).

3.1.2. Sınıflandırma

Balık işleme sürecinde ikinci adım, balıkların türlerine ve boyutlarına göre sınıflandırılmasıdır. Bu sınıflandırma işlemi, elle ya da mekanik ekipmanlar kullanılarak yapılmaktadır. Mekanik sınıflandırma, rigor mortis öncesi ya da sonrası yapılan işlemlerde, elle sınıflandırmaya kıyasla 6 ila 10 kat daha hassas sonuçlar vermektedir. Otomatik sınıflandırma sistemlerinin başlıca avantajları arasında, düşük üretim maliyetlerinin sağlanması ve işleme sürecinin sonunda daha yüksek kaliteli balık ürünlerinin elde edilmesi yer almaktadır (Bykowski ve Dutkiewicz, 1996; Gökoğlu, 2002).

3.1.3. Pulların Kazınması

Pulların kazınması, balık işleme sürecinde önemli ve oldukça zahmetli bir adımdır. Balıkların pullarının temizlenmesi, bakteriyel kontaminasyonu önlemek ve balığın taze kalma süresini uzatmak açısından büyük bir önem taşımaktadır. Pullar, genellikle sert fırçalar veya pullama bıçakları kullanılarak elle kazınmaktadır. Ancak, tatlı su levreği, sazan gibi tatlı su balıklarının pulları zor çıkar, bu nedenle bu balıklar önce 3-6 saniye boyunca kaynar suda haşlanır ve ardından mekanik el tipi pullama aletleriyle pulları kazınır (Bykowski ve Dutkiewicz, 1996; Gökoğlu, 2002).

3.1.4.Yıkama

Yıkama işlemi, balık işleme sürecinin önemli bir aşamasıdır ve temel amacı, balık yüzeyinde biriken bakterileri, kirleri ve diğer yabancı maddeleri uzaklaştırarak ürünün hijyenini sağlamaktır. Balığın etkili bir şekilde yıkanabilmesi, balık ile su arasındaki oran ve suyun kalitesi gibi faktörlere bağlıdır. Genel olarak, önerilen balık-su oranı 1:1 olup, ancak işleme sırasında kullanılan su miktarının genellikle iki katına çıkarılması gerektiği gözlemlenmektedir. Özellikle tatlı su balıkları işlenirken içme suyu kullanılması tavsiye edilmektedir. Yıkama işlemi dikey tambur, yatay tambur veya konveyör bantlı yıkayıcılarla yapılır ve yaklaşık 1-2 dakika sürmektedir. Bu mekanik yıkayıcılar, bütün balıklar, başı kesilmiş ve iç organları çıkarılmış balıklar ile fileto balıkların işlenmesine uygundur ve ürünlere herhangi bir fiziksel zarar vermemektedir. Yıkama işlemi, sürekli olarak basınçlı su püskürtülerek gerçekleştirilir ve kirli su atık havuzlarına yönlendirilir (Gökoğlu, 2002; Abd El-Hay, 2022).

3.1.5. Başın Kesilmesi

Balığın başı, genellikle toplam ağırlığın %10-20'sine kadarını oluşturur ve çoğunlukla yenmeyen bir parça olarak değerlendirilir. Balık başı kesme işlemi manuel veya mekanik yöntemlerle yapılmaktadır. Küçük tatlı su balıkları için manuel kesim daha kolay ve pratiktir. Ancak 20-40 cm arasındaki büyük balıkların başları mekanik cihazlarla kesilmektedir. Balığın başı, üç farklı şekilde kesilebilir: yuvarlak kesim, düz kesim ve konturlu kesim. Balık işleme tesislerinde, et kaybını en aza indirdiği için genellikle manuel baş kesimi tercih edilmektedir. Yuvarlak kesim, operkulum etrafında yapılır ve en az et kaybı sağlayan yöntemdir. Konturlu kesim ise balığın omurgasına dik şekilde yapıldıktan sonra 45° açıyla gerçekleştirilir ve bu yöntem genellikle kemiksiz ve derisiz fileto elde etmek için kullanılmaktadır. Yuvarlak veya konturlu kesim için büyük balıklarda guillotine kesici makineler uygundur, düz kesimler için ise manuel dairesel testereli makineler tercih edilir (Bykowski ve Dutkiewicz, 1996; Gökoğlu, 2002).

3.1.6. İç Organların Çıkarılması

Balığın iç organlarının çıkarılması, peritoneum, böbrek dokusu, karaciğer ve kanın temizlenmesini de kapsayan bir işlemdir. Bu işlem, balığın iç organlarını çıkarmak amacıyla vücut boyunca uzunlamasına bir kesim yapılmasını gerektirir. Bu işlem için kullanılan masa, sıvı emmeyen özel bir malzemeden yapılmış olup, kolayca yıkanabilir ve düzenli olarak dezenfekte edilir. Alabalık, yılan balığı gibi bazı türler için mekanik iç organ çıkarma makineleri de mevcuttur; ancak bu makinelerin kullanımı, balık işleme maliyetlerini artırmaktadır. İç organlar, balığın toplam ağırlığının yaklaşık %12-18'ini oluşturur (Zhang, vd., 2023). Bu atık miktarı, işleme sürecinde dikkate alınması gereken önemli bir ekonomik faktördür. İç organların doğru şekilde

işlenmesi, yalnızca atık miktarını azaltmakla kalmaz, aynı zamanda bu atıkların farklı alanlarda kullanılabilmesi için fırsatlar da yaratmaktadır.

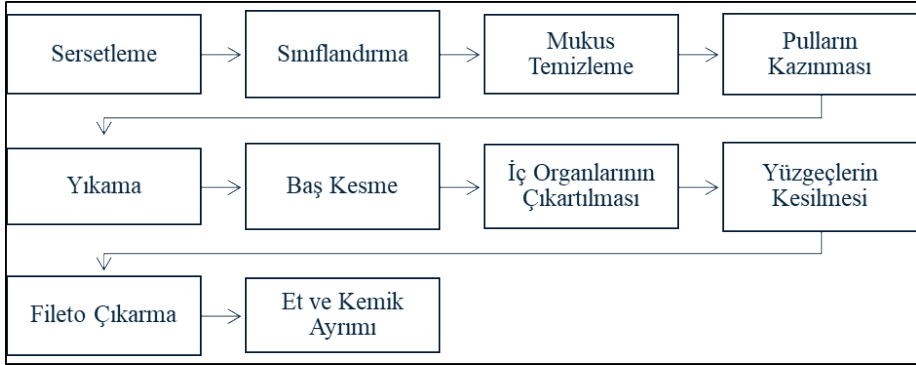
3.1.7. Yüzgeçlerin Kesilmesi

Yüzgeçler, balığın toplam ağırlığının yaklaşık %1-2'sini oluşturur. Balık işleme sürecinde yüzgeçlerin kesilmesi, genellikle başın kesilmesi ve iç organların çıkarılmasının ardından gerçekleştirilir. Bu işlem, küçük balıklarda manuel olarak bıçakla yapılabilirken, daha büyük balıklar için mekanik döner disk bıçakları tercih edilir. Büyük balıkların yüzgeçlerinin kesilmesi daha zorlu bir süreçtir, bu nedenle mekanik bıçaklar, balık manuel olarak yarık açılmasına geçirildiğinde kesme işlemini kolaylaştırır. Yüzgeç atıkları ise işleme sırasında ortaya çıkan yan ürünler arasında yer alır (Bykowski ve Dutkiewicz, 1996).

3.1.8. Filetolama ve Deri Çıkarma

Filetolar, yalnızca balığın sırt ve karın kaslarını içeren et parçalarıdır. Fileto alma işlemi, küçük tatlı su balıklarında genellikle elle yapılırken, deniz balıklarında mekanik yöntemler tercih edilir. Başsız bütün balıklar, omurgaya dik bir şekilde dilimlenerek biftekler halinde kesilir (Ghaly vd., 2013; Gökoğlu, 2002). Filetolama sürecinin teknolojik üretimi, balık türü, cinsiyet, boyut ve beslenme gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. El ile filetolama, yüksek verimlilik sağlasa da, bu işlem uzmanlık ve deneyim gerektirir. Bu nedenle, balık işleme sektöründe filetolama makineleri uzun süredir kullanılmaktadır (Ghaly vd., 2013).

Deri çıkarma, bütün bir balık veya balığın belirli bir bölümündeki derinin tamamen kaldırılması işlemidir. Derinin çıkarılması, balık işleme sürecinin önemli bir aşamasıdır ve etin kalitesini doğrudan etkiler. Bu işlem, balığın derisinin etten ayrılması ve genellikle fileto alma işlemiyle birlikte gerçekleştirilir. Derinin çıkarılması, elle veya mekanik aletlerle yapılabilir. Küçük balıklarda bu işlem genellikle elle yapılırken, büyük balıklar için mekanik derin çıkarma makineleri tercih edilir. Elle yapılan işlemler, keskin bıçaklar ve özel tekniklerle gerçekleştirilir, ancak büyük ölçekli işlemlerde mekanik yöntemler daha etkilidir (Gökoğlu, 2002).



Şekil 2. Fileto çıkartma işlemi ve elde edilen atıklar

3.2. Balık Avcılığı Süreçlerinden Kaynaklanan Atıklar

İnsan tüketimi için gerçekleştirilen balıkçılıkta, avın bir kısmının ıskarta edilmesi yaygın bir durumdur. İskarta balıklar, avcılık süreçlerinde istenmeyen veya ticari değeri düşük olan balıkları ifade eder. Dünya genelinde 100 milyon tondan fazla olan deniz balıkları avcılığının %27'sini atık avlar oluşturmaktadır (Alverson vd., 1994). Bu balıkların atık olarak değerlendirilmesi, hem çevresel sürdürülebilirlik hem de ekonomik verimlilik açısından önemli bir konu haline gelmiştir (Gökçe ve Metin, 2006). Bu balıkların ekonomik olarak değerlendirilmesi, hem deniz kaynaklarının daha verimli kullanılmasını sağlamakta hem de ekonomik kayıpları azaltmaktadır.

4. SU ÜRÜNLERİ ATIKLARININ KİMYASAL

Balıkların kimyasal bileşimi, türüne, cinsiyetine, yaşına, beslenme durumuna, mevsime ve sağlık durumuna göre önemli ölçüde değişiklik göstermektedir. Genel olarak, çoğu balık türü %16-%21 arasında protein, %0.2-%25 arasında yağ ve %66-%81 arasında su içeriğine sahiptir (Huss, 1995). Su ürünleri atıklarının kimyasal yapısı da benzer şekilde, balığın özelliklerine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Su ürünleri işleme endüstrisinin yan ürünleri, proteinler, amino asitler, kolajen, jelatin, yağlar ve enzimler gibi zengin içerikleri sayesinde gıda ve enerji sektörlerinin ilgisini çekmektedir (Ghaly vd., 2013). Tablo 2'de gösterildiği gibi, balık türlerine bağlı olarak protein seviyeleri genellikle canlı ağırlıklarının %10'undan daha fazladır. Genel olarak, balık başları, hem yüksek protein hem de lipid içeriği (%10'dan fazla) sahiptir, balık derileri özellikle protein açısından zengin olup, bazı türlerde protein oranı %20'yi geçmektedir. Balık derisi, aynı zamanda kolajen ve jelatin gibi değerli biyomoleküllerin önemli bir kaynağıdır. Bu nedenle, balık derileri, kozmetik ve medikal endüstrilerde de kullanılmaktadır. Su ürünleri atıkları genellikle %60 ila %80 arasında yüksek bir su oranına sahiptir. Bu taze balık atıklarının nem oranının yüksek olduğu anlamına gelmektedir. Ancak, bu

atıklar kurutulduğunda, protein ve lipid içeriği artar, bu da onları daha besleyici ve enerji verici hale getirmektedir (Zhang vd., 2023).

Tablo 2. Bazı balıkların ve işleme atıklarının kimyasal kompozisyonu (%) (Zhang vd., 2023)

Balık İşleme Atıkları	Protein	Lipitler	Nem	Kül	Referans
Bütün Balık					
Somon (<i>Oncorhynchus spp.</i>)	20,3±0,50	6,9±0,50	71,7±0,50	2,0±0,10	Bechtel (2003)
Alabalık (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	19,60±0,06	4,43±0,06	71,6±0,08	1,36±0,02	Çelik vd., 2008
Çipura (<i>Sparus aurata</i>)	18,0±1,19	6,53±1,27	74,74±0,54	1,53±0,05	Alasalvar vd., 2001
İç Organlar					
Somon (<i>Oncorhynchus spp.</i>)	15,3 ± 0,40	2,00 ± 0,30	81,2 ± 0,70	1,70 ± 0,10	Bechtel (2003)
Alabalık (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	15,0 ± 0,06	13,0 ± 0,76	71,7 ± 0,89	2,73 ± 0,89	Taheri vd., (2013)
Morina (<i>Gadus macrocephalus</i>)	13,0 ± 0,4	8,1 ± 2,5	76,5 ± 2,1	2,0 ± 0,1	
Levrek (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	10,2 ± 0,22	15,0 ± 0,25	72,3 ± 0,9	0,5 ± 0,2	Valcarcel vd., (2020)
Çipura (<i>Sparus aurata</i>)	14,1±0,92	10,6±1,22	70,2±2,0	1,6±0,3	Valcarcel vd., (2020)
Baş					
Somon (<i>Oncorhynchus spp.</i>)	13,9 ± 1,0	10,9 ± 0,4	71,8 ± 1,5	3,4 ± 0,3	Bechtel (2003)
Levrek (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	18,4±1,03	14,5±0,74	63,1±1,5	7,2±0,5	Valcarcel vd., (2020)
Çipura (<i>Sparus aurata</i>)	18,2±0,94	9,89±0,76	65,3±1,2	6,4±0,5	Valcarcel vd., (2020)
Morina (<i>Gadus macrocephalus</i>)	16,4±0,80	0,9±0,30	80,2±0,40	4,2±0,20	
Deri					
Morina (<i>Gadus macrocephalus</i>)	24,5 ± 1,8	0,3 ± 0,1	78,1 ± 1,3	2,0 ± 0,5	Valcarcel vd., (2020)
Gümüş sazanı (<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>)	26,7±0,02	0,73±0,01	71,7±1,07	0,61±0,02	
Ot sazanı (<i>Ctenopharyngodon idella</i>)	31,31 ± 0,03	1,23 ± 0,03	66,2 ± 0,19	0,45 ± 0,03	
Balık Kemikleri					
Avrupa levreği (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	16,1±0,75	16,8±0,52	62,6±2,0	5,20±0,40	Valcarcel vd., (2020)
Çipura (<i>Sparus aurata</i>)	17,9±0,65	14,6±1,12	63,8±1,9	5,60±0,80	Valcarcel vd., (2020)
Morina (<i>Gadus macrocephalus</i>)	15,8±1,0	0,60±0,1	81,0±1,0	3,90±0,70	Valcarcel vd., (2020)

Balık iskeletleri, besleyici ve sindirimi kolay kas proteinleri içermekte olup, bu proteinler enzimatik hidroliz yoluyla elde edilmektedir. Balık proteinleri, bitkisel kaynaklarla elde edilen proteinlerle karşılaştırıldığında daha iyi bir amino asit dengesi sunmaktadır. İşleme sırasında ortaya çıkan atıklar, kaliteli balık yağı kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca, balık kasından elde edilen peptitler, antihipertansif ve antioksidan özellikler taşımaktadır. Balık derisi, kolajen ve jelatin açısından önemli bir kaynakken, enzimler yüksek katalitik aktiviteleri nedeniyle dikkate çekmektedir (Chalamaiah vd., 2021).

Balık atıkları, aynı zamanda önemli miktarda mineral madde içermektedir (Tablo 3). Tablo 3'te yer alan verilere göre, balık atıkları geniş bir makro (Ca, P, K, Na, Mg) ve mikro (Fe, Zn, Mn, Cu) mineral yelpazesi içermektedir. Bu atıklar, çok sayıda makro ve mikro besin elementinin yanı sıra özellikle fosfor (P), demir (Fe), çinko (Zn) ve kalsiyum (Ca) açısından zengin olup, bu minerallerin öne çıkması, atıkların potansiyel geri kazanım değerini artırmaktadır (Esteban vd.,2007).

Özellikle balık kemikleri, kalsiyum, fosfor ve hidroksiapatit gibi mineraller açısından zengin olup, %60-70 oranında mineral madde içermektedir. Bu mineraller, hayvan yemleri, gübreler ve çeşitli endüstriyel süreçler için değerli hammadde kaynaklarıdır. Ayrıca, balık başları ve derileri gibi diğer atıklarda da minerallerin önemli miktarlarda bulunması, bu atıkların potansiyel geri kazanım değerini artırmaktadır (Kim & Mendis, 2006; Ghaly vd., 2013).

Tablo 3. Balık atıklarının mineral madde miktarı (Ghaly vd., 2013)

Mikro Besin Öğeleri (%)		İz Elementler (ppm)	
Besin Öğesi	Balık Atıkları Oranı	Besin Öğesi	Balık Atıkları Oranı
Kalsiyum	5,80 ± 1,35	Demir	100,00 ± 42,00
Fosfor	2,04 ± 0,64	Çinko	62,00 ± 12,00
Potasyum	0,68 ± 0,11	Manganez	6,00 ± 7,00
Sodyum	0,61 ± 0,08	Bakır	1,00 ± 1,00
Magnezyum	0,17 ± 0,04		

5. SU ÜRÜNLERİ ATIKLARININ POTANSİYEL KULLANIM ALANLARI

5.1. Su Ürünleri Atıklarının Kompostlaştırılması ve Tarımsal Kullanımı

Su ürünleri atıkları, zengin besin içeriği ile tarımda önemli bir kaynak haline gelmiştir. Azot, fosfor ve potasyum gibi temel besin maddeleri bakımından zengin bu atıklar, organik gübreler olarak tarımda önemli bir rol oynamaktadır (Zhang vd., 2023). Balık kılıçıkları, %60-70 mineral içeriği ile özellikle kalsiyum fosfat bakımından zengin olup, toprak yapısını iyileştirme potansiyeline sahiptir. Balık pulları da nitrojen ve fosfor açısından yüksektir,

bu da su ürünleri atıklarını organik gübre hammaddesi olarak cazip kılmaktadır (Kim ve Mendis, 2006).

Kompostlama, organik atıkların mikroorganizmalar tarafından aerobik koşullarda ayrıştırılması sürecidir ve çevre dostu bir yöntem sunar. Bu süreçte karbon, azot, oksijen ve su enerjiye dönüştürülür, hacim azalır ve yararlı mikroorganizmalar teşvik edilir (Ayılara vd., 2020). Başarılı bir kompostlama için nem içeriği, karbon-azot oranı ve oksijen erişimi gibi üç temel parametre kritik öneme sahiptir. Kompostlama, mezofilik, termofilik, soğuma ve olgunlaşma fazlarından oluşur (Lin vd., 2022).

Su ürünleri atıkları, özellikle yüksek protein, azot ve diğer besin maddeleri içeriği ile organik gübre üretimi için ideal bir hammaddedir. Ancak, bu atıkların kompostlaştırılmasında yüksek nem, güçlü koku ve dengesiz karbon-azot oranı gibi zorluklar yaşanabilir. Bu sorunların üstesinden gelmek için uygun kompostlama teknikleri ve dikkatli kontrol gereklidir. Su ürünleri atıklarından elde edilen kompost, geleneksel bitkisel atık kompostlarına kıyasla daha zengin bir besin içeriğine sahiptir. Özellikle yüksek oranda azot, fosfor ve kalsiyum içeren bu kompostlar, toprak verimliliğini artırmak için önemli bir kaynak haline getirmektedir. Bu besin maddeleri, bitkilerin büyümesini destekleyerek, daha sağlıklı ve verimli tarım uygulamalarına olanak tanır (Jaies vd., 2024).

5.2. Balık Unu ve Silajı: Hayvan Yemi Üretiminde Kullanımı

5.2.1. Balık Unu Üretimi ve Kullanımı

Balık unu, su ürünleri işleme atıklarından elde edilen, hayvan yemlerinde yaygın olarak kullanılan değerli bir bileşendir. Genellikle, insanlar tarafından tüketilmeyen balıklardan ya da su ürünleri işleme sürecinden çıkan atıklardan (karkaslar, kafalar, kuyruklar ve iç organlar) üretilmektedir. Bu, balıkçılıkla elde edilen en değerli yem bileşenlerinden biridir (Hardy ve Tacon, 2002).

Balık ununun kalitesi, kullanılan balığın türüne göre değişir. Üretim süreci genellikle balığın pişirilmesi, preslenmesi, kurutulması ve öğütülmesini içerir. Bu işlemlerle, balık atıklarından yağ ve su ayrılarak, besin açısından zengin, toz formunda balık unu elde edilir (Saleh vd., 2022).

Balık unu, protein, enerji ve mineraller açısından zengin bir besin kaynağıdır. Ayrıca, B12, A, D, E vitaminleri, kolin, biyotin, selenyum ve iyot gibi çeşitli eser elementler de içermektedir. Bu özellikleri, balık ununu hızlı büyüme ve gelişim ihtiyaçlarını karşılamak için ideal bir kaynak haline getirir. Bitkisel protein konsantreleri ile harmanlandığında, dengeli bir amino asit profili oluşturur ve bu sayede daha ekonomik ve hızlı hayvan beslemesine olanak tanır (Cho ve Kim, 2011).

5.2.2. Balık Silajı Üretimi

Balık silajı, balıkların tamamı veya atıklarının sıvılaştırılarak asit, enzim veya laktik asit bakterileri ile işlenmesiyle elde edilen bir üründür. Silajlaştırma, özellikle atık veya bozulmuş balıkların geri dönüşümünde etkili bir yöntem olarak kabul edilir ve bu süreç, balık atıklarının değerli bir şekilde geri kazanılmasına olanak tanır. Balık silajı, hayvan yemi ve gübre gibi çeşitli endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadır (Nelluri vd., 2024).

Balık silajı üretimi, balık atıklarının proteinler, mineraller, lipitler ve diğer besin maddeleri içeren sıvı bir karışıma dönüştürülmesini sağlar. Bu işlem, silajın sucul ve karasal hayvan türleri tarafından daha kolay sindirilmesini ve besin maddelerinin emilimini kolaylaştırır (İslam vd., 2021). Balık silajının üretimi, genellikle basit ölçekleme yöntemleri gerektirdiği için maliyet açısından oldukça ekonomiktir. Bu yönüyle, balık silajı, gıda döngüsünün verimliliğini artırarak çevresel sürdürülebilirliğe önemli katkılar sunmaktadır.

5.2.3. Hayvan Yemi Olarak Balık Atıkları

Su ürünleri endüstrisinden elde edilen atıklar, hayvan yemi olarak kullanılmak için oldukça değerli bir kaynaktır. Balık yan ürünleri, yüksek protein içeriği ve zengin besin bileşimi sayesinde özellikle hayvansal protein gereksinimlerini karşılamak isteyen hayvanlar için uygun bir alternatiftir. Ayrıca, balık atıkları, yağ asitleri ve mineraller açısından da zengindir. 2018 yılında dünya genelinde 5,2 milyon ton balık unu üretilmiş ve bunun %97'si hayvan yemlerinde kullanılmıştır (Boyd ve McNevin, 2022).

Hayvan diyetlerinde balık ununun eklenmesi, yem verimliliğini artırarak büyümeyi destekler. Balık ununun dengeli amino asit profili, hızlı büyüme için gereksinim duyulan tüm temel bileşenleri sağlar ve bu sayede besin alımını, sindirimini ve emilimini artırır. Ayrıca, balık unu, besin alımını optimize etmek için diğer hayvansal ve bitkisel proteinlerle sinerjik etkiler gösterir (Miles ve Chapman, 2006).

5.3. Su Ürünleri Atıklarından Elde Edilen Balık Proteinleri”

5.3.1. Konsantre balık proteinleri

Protein, hücrelerin, dokuların ve organların büyümesi, onarımı ve işlevleri için temel bir besin maddesidir. Balık eti, mükemmel amino asit profili ile yüksek besin değerine sahiptir ve insan sağlığı için faydalıdır. Balık proteinleri, sağlık açısından kanser, diyabet ve kardiyovasküler hastalıklar gibi sorunlara karşı koruyucu etkilere sahip peptitler içerir. Su ürünleri işleme endüstrisinde oluşan atıklar, %10 ila %30 arasında değişen protein içermektedir. Özellikle karaciğer, baş, deri ve kemikler, yüksek kaliteli protein kaynakları olarak değerlendirilir (Khan vd., 2022). Bu atıklardan elde edilen proteinler,

su tutma, jel oluşturma ve emülsiyon stabilizasyonu gibi işlevsel özelliklere sahiptir (Kristinsson ve Rasco, 2000). Ancak balık proteinlerinin güçlü kokuları, bazı tüketicilerin bu kaynakları reddetmesine neden olmamaktadır. Bu nedenle, Balık Protein Konsantresi (FPC) üretimi, balık tüketiminin kabul edilmesini artırmak için umut verici bir seçenek olarak öne çıkmaktadır.

Balık Protein Konsantresi (FPC), balık kökenli proteinlerin konsantre edilmesiyle elde edilen ve insan tüketimine uygun hale getirilen stabil bir preparattır. FPC, genellikle balık atıkları (kemikler, yağlar, su) ayrılarak ve kurutma işlemleriyle üretilir. Sonuç olarak, balık ununa kıyasla %85-95 arasında protein içeriğine sahip daha saf bir ürün elde edilir (Saviklo, 2015). Bu konsantreler, sadece protein kaynağı olmakla kalmaz, aynı zamanda çocuk gelişimi, yetersiz beslenmenin giderilmesi ve hastalıkların iyileşmesinde de önemli bir mikro besin kaynağı sunar (Kumoro vd., 2022).

Balık proteinleri, endüstriyel ölçekte farklı yöntemlerle hidrolize edilerek peptitler veya amino asitler haline getirilebilir. Balık Protein Hidrolizatları (FPH), balık atıklarının hidrolize edilmesiyle elde edilen ve birçok endüstriyel uygulamada kullanılan yüksek proteinli ürünlerdir. Bu işlemde, proteinler çeşitli kimyasal, enzimatik veya bakteriyel yöntemlerle parçalanır (Özoğul vd., 2021). Kimyasal hidroliz, düşük maliyetli ve hızlı sonuçlar sunduğu için yaygın olarak kullanılsa da, enzimatik hidroliz tercih edilme eğilimindedir çünkü bu yöntem, daha yüksek seçicilik, kontrollü reaksiyon koşulları ve biyoaktif özelliklerin korunması gibi avantajlar sunmaktadır (Khan vd., 2022).

Enzimatik hidroliz ile balıkçı atıklarından %15-30 oranında protein elde edilebilmektedir. Bu yöntemle elde edilen balık protein hidrolizatları, işlevsel özellikleri ve biyolojik aktiviteleri nedeniyle gıda sektöründe kullanılmaktadır. Ancak, bu hidrolizatların kullanımındaki en büyük zorluklar, özellik acılık gibi tat bozuklukları ve işlem maliyetleridir (Kristinsson ve Rasco, 2000).

Balık Protein İzolatları, yüksek kaliteli protein kaynaklarıdır ve genellikle balık etinden veya yan ürünlerinden elde edilir. Sporcular ve sağlıklı beslenmeye ilgi duyan bireyler için popülerdir; kas gelişimini desteklemekte ve düşük yağ içeriği sunmaktadır. Bu izolatlar, su tutma, jel oluşturma ve emülsiyon stabilizasyonu gibi işlevsel özelliklere sahiptir (Roy vd., 2023).

Balık protein izolatları, izoelektrik çözündürme yöntemiyle elde edilir. Bu yöntemde, çözünürlük pH'sının değiştirilmesi ile proteinler izole edilir. İlk olarak, yüksek pH seviyelerinde çözündürülür; ardından pH nötralize edilir, bu da istenmeyen moleküllerin ayrılmasını sağlar. Son olarak, izole edilen proteinler, izoelektrik noktada çökeltilir (Roy vd., 2023).

Surimi, balık etinin mekanik olarak kemiksizleştirilmesi ve yıkanmasıyla elde edilen myofibrillar protein türlerine verilen isimdir. Genellikle düşük

maliyetli yağsız balıklardan ve diğer deniz ürünlerinden üretilir. Surimi, balık etinin protein açısından zengin olması ve işlevsel özellikler sunması nedeniyle gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle kamaboko, balık ve yengeç analogları, sosisler gibi ürünlerde ara ham madde olarak kullanılır (Roy vd., 2023).

Surimi üretiminde, myofibrillar protein dışındaki bileşenler (sarkoplazmik proteinler, bağ dokuları ve lipidler) su alma ve yıkama işlemleriyle uzaklaştırılır. Bu yöntem, balık etinin yüksek protein içeriği ile mükemmel bir kaynak olmasını sağlar. Surimi, gıda ürünlerinin besin değerini artırmanın yanı sıra, gıda endüstrisinde işlenmiş deniz ürünlerinin üretimi için de önemli bir bileşendir (Kim ve Parkı, 2007).

5.4.Su Ürünleri Atıklarının Farmasötik ve Kozmetik Sektörlerinde Kullanımı

Su ürünleri işleme endüstrisi, dünya genelinde önemli miktarda atık üretmektedir. Balık etinin ve diğer su ürünlerinin işlenmesi sırasında oluşan bu atıklar, genellikle göz ardı edilen ancak farmasötik ve kozmetik sektörleri için oldukça değerli bileşenler içermektedir. Balık derileri, kemikleri, pulları, balık yağı ve kalsiyum fosfatlar gibi materyaller, çevre dostu ve yüksek biyolojik değer taşıyan bileşikler sunarak, bu sektörlerdeki yenilikçi ürünlerin temel ham maddeleri haline gelmiştir (Özoğul vd., 2021; Şimat vd., 2022)

5.4.1. Kollajen ve Jelatin

Balık atıkları, özellikle balık derisi ve kemikleri, kollajen açısından oldukça zengindir. Balık işleme sürecinde bu atıklar, genellikle balık etinin %50-70'ini oluşturan ve yüksek kollajen içeriğine sahip deri ve kemiklerden oluşur. Kollajen, bağ dokularında (deri, kemikler, bağlar, tendonlar, kırıkta bulunan fibröz bir proteindir ve biyomedikal uygulamalarda büyük öneme sahiptir. Özellikle, yara iyileşme sürecinde, doku onarımında ve cerrahi dikişlerde kullanımı yaygındır. Kollajen, aynı zamanda kozmetik sektöründe de önemli bir bileşendir. Balık derisinden elde edilen Tip I kollajen, insan derisindeki kollajenle benzer yapıya sahip olduğu için cilt bakım ürünlerinde sıkça tercih edilmektedir. Ayrıca, balık kollajeni, daha düşük moleküler ağırlığı ve düşük immünojenik etkisi sayesinde, karasal kaynaklardan elde edilen kollajenlere göre vücut tarafından daha verimli emilir (Shahidi vd., 2019).

Jelatin ise, kollajenin asidik veya alkali hidroliziyle elde edilen bir üründür ve bu ürünlerin özellikle gıda takviyelerinde ve kozmetik formülasyonlarında kullanımı yaygındır. Balık atıklarından elde edilen jelatin, anti-inflamatuar özellikleri sayesinde cilt sağlığını iyileştirme ve yaşlanma karşıtı etkiler sağlama potansiyeline sahiptir (Siahaan vd., 2015).

5.4.2. Balık Yağı

Balık yağı, omega-3 yağ asitleri olan eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA) açısından oldukça zengindir. Omega-3 açısından zengin balık yağlarının üretimi, balık yan ürünlerinin değerlendirilmesi ve balık endüstrisinin rekabet gücünün artırılması için iyi bir fırsat haline gelmiştir. Bu yağ asitleri, hem gıda takviyelerinde hem de kozmetik ürünlerde önemli faydalar sunmaktadır (Rubio-Rodríguez vd., 2021). Ayrıca, balık yağı beslenmeye katkı sağlamakla birlikte, ciltteki iltihapları azaltma ve hasarları onarma özelliği ile özellikle egzama, sedef hastalığı ve akne gibi cilt problemleri olan kişiler için faydalıdır. Omega-3 yağ asitleri, ayrıca antioksidan özellikleri sayesinde cilt elastikiyetini artırır, ince çizgilerin görünümünü azaltır ve ciltteki yaşlanma belirtilerini geciktirir. Balık yağının cilt sağlığını iyileştirme özellikleri, kozmetik sektöründe geniş bir kullanım alanı bulmaktadır (Hyun vd., 2019; Siahaan vd., 2022). Balık yağı, aynı zamanda, omega-3 yağ asitlerinin kardiyovasküler sağlığı iyileştirme, Alzheimer hastalığının önlenmesi ve bağışıklık sisteminin güçlendirilmesi gibi önemli sağlık yararlarına sahiptir (Hyun vd., 2019; Rubio-Rodríguez vd., 2021).

5.4.3. Astaksantin

Astaksantin, güçlü antioksidan özelliklere sahip bir karotenoid pigmenttir. Balıkların etlerinde ve kabukluların dış iskeletlerinde bulunur. Özellikle, kabuklu su ürünleri işleme atıkları, önemli miktarda doğal pigment içermektedir. Astaksantin, bu atıkların kabukları ve kitinlerinde değişen miktarlarda bulunur ve içeriği tür ve mevsime bağlı olarak değişiklik gösterir. Astaksantin içeriği, kabuklu su ürünlerinin türüne ve mevsime bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Şimat vd., 2022).

Astaksantin, cilt bakımında ve yaşlanma karşıtı ürünlerde yaygın olarak kullanılır. Astaksantin, UV ışınlarının cilt üzerindeki zararlı etkilerini azaltma, ciltteki iltihapları hafifletme ve genel cilt sağlığını iyileştirme özelliğine sahiptir (Dikel vd., 2022; Şimat vd., 2022). Bu güçlü antioksidan, kozmetik endüstrisinde, cilt yaşlanmasının geciktirilmesine, kırışıklıkların azaltılmasına ve cilt elastikiyetinin artırılmasına yardımcı olan ürünlerde kullanılmaktadır. Astaksantin, ayrıca kanser gibi hastalıkların önlenmesine yardımcı olabilecek özelliklere sahip olup, su ürünleri işleme atıklarından elde edilen bu pigmentin ekstraksiyonunun, kozmetik ve farmasötik ürünlerde kullanım potansiyelini artırdığı bilinmektedir (Özoğul vd., 2021).

5.4.4. Hidroksiapatit (HAp)

Hidroksiapatit (HAp), balık atıklarından elde edilebilen ve kemik dokusu mühendisliğinde büyük bir öneme sahip olan kalsiyum fosfat mineralidir. Kemik, diş minesini ve dentin gibi mineralleşmiş dokularda doğal olarak bulunan hidroksiapatit, biyomineralizasyon özellikleri ve biyouyumluluğu saye-

sinde medikal uygulamalarda sıkça kullanılır. Su ürünleri atıkları, özellikle balık kılıçları ve pulları, bu değerli biyomalzemenin üretimi için önemli bir kaynaktır. Balık atıklarından elde edilen hidroksiapatit, kemik dokusu mühendisliği, diş hekimliği ve biyomedikal uygulamalarda kullanılmaktadır (Granito vd., 2018).

Hidroksiapatit, yüksek biyolojik uyumluluğa ve osteokondüktiviteye sahip bir biyomalzeme olarak, kemik ve diş dokusuyla uyumlu çalışır. Geleneksel olarak, sentetik hidroksiapatit üretimi yüksek maliyetli olabilirken, balık atıkları kullanılarak elde edilen doğal hidroksiapatit, daha düşük maliyetli ve çevre dostu bir alternatif sunar. Bu uygulama, çevresel sürdürülebilirliği artırmakla kalmaz, aynı zamanda biyomedikal uygulamalarda yüksek verimlilik sağlamaktadır (Granito vd., 2018).

5.4.5. Kitin ve Kitosan

Kabuklu su ürünleri (karides, yengeç, ıstakoz) işleme atıkları (kabukları, baş kısımları, bacakları ve iç organları), kitin ve kitosan gibi biyolojik olarak aktif bileşiklerin zengin kaynaklarıdır. Kitin, deniz kabuklularının dış iskeletlerinde bulunan ve doğal polimerlerden biri olan bir bileşiktir. Kitin, suya çözünür olmayan bir bileşik olmasına rağmen, çeşitli kimyasal işlemlerle türevlerine dönüştürülebilir. Bu türevlerden kitosan, biyolojik olarak aktif, biyouyumlu ve çevre dostu bir polimerdir. Kitosan, özellikle antimikrobiyal, antifungal ve antibakteriyel özellikleri ile sağlık, gıda, tarım ve çevre mühendisliği gibi birçok sektörde geniş bir kullanım alanına sahiptir (Jimenez-Champi, vd., 2024; Özoğul vd., 2021).

Kitin, doğada bulunan en yaygın ikinci polisakkarit olup, selülozdan sonra en bol bulunan yüksek moleküler ağırlıklı biyopolimerdir. Kitin, özellikle kabuklu deniz hayvanlarının dış iskeletlerinde bulunur. Bu polimer, glukozamin ve N-acetilglukozamin birimlerinden oluşan uzun zincirlerden meydana gelir. Kitin, suya çözünmeyen ve biyolojik olarak parçalanabilen bir bileşiktir (Shahidi vd., 2019).

Kitosan, kitinin alkali ortamda (genellikle NaOH ile) deasetilasyonu ile elde edilen türevidir. Kitosan, kitine kıyasla suya daha çözünebilen, biyolojik olarak aktif ve çevre dostu özellikler gösteren bir polimerdir (Wang vd., 2020). Kitosan, sadece gıda ambalajı değil, aynı zamanda ilaç, kozmetik ve tarım endüstrilerinde de geniş bir kullanım alanına sahiptir (Morin-Crini.vd., 2019). Özellikle, kitosan biyolojik olarak parçalanabilen bir malzeme olup, insan vücut sıvılarında bulunan lizozim enzimi tarafından kolayca parçalanabilir, bu da onu insan sağlığı açısından güvenli bir malzeme yapmaktadır (Muzzarelli ve Muzzarelli, 2005). Kitosan, antibakteriyel, antiviral ve antifungal özellikleri ile çeşitli mikroorganizmalarla mücadele edebilme kapasitesine sahiptir. Bu özellikleri sayesinde, kitosan medikal ürünlerde, gazlı bezlerde ve farmasötik taşıma sistemleri gibi uygulamalarda kullanılmaktadır. Kitosan,

aynı zamanda biyolojik olarak parçalanabilirliği ve toksik olmayan yapısıyla çevre dostu bir alternatif olarak öne çıkar (Desai vd., 2023).

5.5. Su Ürünleri Atıklarında Enerji Üretimi

Artan küresel enerji talebi ve fosil yakıtların tükenmesi, dünya genelinde yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ihtiyacı daha da artırmıştır. Bu bağlamda, biyoyakıtlar önemli bir alternatif enerji kaynağı olarak dikkat çekmektedir. Biyoyakıtlar, biyokütleden çeşitli biyokimyasal, termo-kimyasal ve fiziksel-kimyasal çıkarma işlemleriyle elde edilmektedir. Bu biyoyakıtlar arasında en yaygın olanlar biyogaz, biyohidrojen, biyoetanol ve biyodizeldir. Biyogaz ve biyohidrojen gibi yakıtlar, organik atıklardan fermantasyon ya da piroliz gibi süreçlerle üretilirken; biyoetanol ve biyodizel gibi yakıtlar, yağlar ve şekerlerden biyokimyasal dönüşüm süreçleriyle elde edilmektedir. Su ürünleri atıkları, bu süreçte kullanılabilirliği, sürdürülebilir enerji üretiminin temelini oluşturmaktadır. Biyolojik atıkların biyoyakıt üretiminde ham madde olarak kullanılması, atıkların değerlendirilmesi ve çevresel sürdürülebilirliğin artırılması açısından önemli bir çözüm sunmaktadır. Bugüne kadar yapılan biyodizel üretimi araştırmalarının çoğu, bitkisel yağlar, yosunlar ve mikroorganizmalar ile bunların atıkları üzerine odaklanmıştır (Anu Prasanna vd., 2023).

Özellikle su ürünleri işleme atıkları, biyoyakıt üretimi için değerli bir kaynak olarak öne çıkmaktadır. Su ürünleri işleme süreçlerinde ortaya çıkan balık derileri, kemikleri, pulları ve yağları, biyodizel üretiminde kullanılabilir potansiyel hammaddelerdir. Bu atıklar, özellikle omega-3 yağ asitleri ve balık yağları açısından zengin olup, biyodizel üretimi için önemli bir kaynak teşkil etmektedir. Biyodizel, biyolojik olarak kolayca parçalanabilen, düşük kükürt içeren ve petrol bazlı dizel yakıtlara göre daha az kirletici emisyon üreten bir alternatif yakıt olarak tercih edilmektedir (Cho ve Park, 2018; Anu Prasanna vd., 2023).

Araştırmalar, çeşitli balık türlerinin yağ içeriği ve atıklarının biyodizel üretimi için büyük bir potansiyel sunduğunu ortaya koymaktadır. Biyodizel üretimi için en yaygın kullanılan yöntemlerden biri transesterifikasyondur. Bu işlemde, balık yağı, alkollerle reaksiyona girerek biyodizel ve gliserin üretir. Bunun yanı sıra, piroliz ve ultrason destekli esterifikasyon gibi modern yöntemler, balık yağlarının biyodizel üretim verimliliğini artırmaya yardımcı olmaktadır. Bu teknikler, biyodizel üretiminde daha verimli ve ekonomik bir yaklaşım sunmaktadır. Ayrıca, çeşitli katalizörlerin ve işlem tekniklerinin kullanımı, elde edilen biyodizelin kalitesini artırmakta ve motor performansını iyileştirmektedir. Genel olarak, balık atıklarından elde edilen biyodizel, çevresel sürdürülebilirlik ve enerji güvenliği açısından büyük bir potansiyele sahiptir (Anu Prasanna vd., 2023).

Biyogaz, organik atıkların anaerobik fermantasyon süreciyle üretilen bir enerji kaynağıdır. Genellikle %50-75 arasında metan (CH₄), %25-50 arasında karbondioksit (CO₂) ve iz miktarda hidrojen sülfür (H₂S), hidrojen (H₂), amonyak (NH₃) içerir (Atelge vd., 2020). Biyogazın ana bileşeni olan metanın kalorifik değeri yaklaşık 39,71-40,21 kJ/m³tür. Su ürünleri işleme atıkları, biyogaz üretimi için uygun organik bileşikler içerdiğinden, bu atıklar biyogaz üretimi için de değerlendirilmektedir. Biyogaz, enerji üretiminin yanı sıra, atık yönetimi açısından da faydalıdır (Kiehadrouinezhad vd., 2023).

Biyohidrojen, organik atıklardan elde edilen bir diğer önemli biyoyakıttır ve sürdürülebilir enerji üretimi açısından önemli bir kaynaktır. Biyohidrojen üretimi, özellikle organik atıkların fermantasyon süreciyle gerçekleştirilmektedir (Atelge vd., 2020). Su ürünleri atıklarından biyohidrojen üretimi, düşük maliyetli ve çevre dostu enerji üretimi sağlayabilir

6. SONUÇ

Su ürünleri işleme endüstrisi, küresel gıda talebinin artmasıyla birlikte hızla büyüyen bir sektördür. Ancak, bu büyüme, atık yönetimi konusunda önemli çevresel sorunlar ve ekonomik kayıplar yaratmaktadır. Su ürünleri işleme süreçlerinde ortaya çıkan atıklar, genellikle değerlendirilmeden çevreye bırakılmakta, bu da hem ekosistemler üzerinde olumsuz etkilere hem de potansiyel ekonomik fırsatların kaybına yol açmaktadır.

Sürdürülebilir balık atığı yönetimi, bu sorunun üstesinden gelmek için yenilikçi bir yaklaşım sunmaktadır. Bu strateji, atık üretimini azaltmakla kalmayıp, aynı zamanda atıkları birer kaynak olarak değerlendirerek yeni fırsatlar yaratmayı hedeflemektedir. Balık yan ürünleri, özellikle peptitler, proteinler, kolajen, kitosan, yağlar ve enzimler gibi yüksek ticari değere sahip bileşenler içermektedir. Bu bileşenlerin uygun bir şekilde işlenmesi, hem ekonomik büyümeyi desteklemekte hem de çevresel sürdürülebilirliği artırmaktadır.

Son yıllarda, yeni ekstraksiyon ve saflaştırma tekniklerinin geliştirilmesi, bu süreçlerin verimliliğini artırarak, özellikle insan tüketimine yönelik ürünlerin besin değerinin korunmasına katkı sağlamaktadır. Bu teknikler, atıkların daha yüksek verimlilikle işlenmesine ve sonuçta ortaya çıkan ürünlerin kalitesinin artırılmasına olanak tanımaktadır.

Özellikle kitosan gibi biyopolimerlerin kullanımı, su ürünleri atıklarının değerlendirildiği alanlarda büyük bir potansiyele sahiptir. Kitosan, anti-mikrobiyal özellikleri ile gıda güvenliğini artırırken, aynı zamanda biyomedikal ve kozmetik endüstrilerinde de geniş uygulama alanları bulmaktadır. Diğer yandan, balık yağları ve proteinleri, gıda takviyeleri, yem sanayi ve kozmetik ürünlerinde kullanılabilir.

Sonuç olarak, su ürünleri atıkları yalnızca çevresel bir sorun değil, aynı zamanda dikkatli yönetim ve yenilikçi tekniklerle büyük bir ekonomik fırsat kaynağıdır. Sürdürülebilir uygulamaların benimsenmesi, bu atıkların değerinin artırılmasına ve dolayısıyla hem çevresel hem de ekonomik açıdan olumlu sonuçlar elde edilmesine katkı sağlayacaktır. Bu bağlamda, atık yönetim stratejilerinin geliştirilmesi, yalnızca sektörün rekabetçiliğini artırmakla kalmayıp, aynı zamanda kaynakların etkin kullanımını teşvik ederek, ekosistem sağlığını korumaya yönelik önemli bir adım olacaktır.

KAYNAKLAR

- Abd El-Hay, M. M. (2022). Processing and preparation of fish. In *Postharvest and Post-mortem Processing of Raw Food Materials* (pp. 315-342). Woodhead Publishing.
- Alasalvar, C., Taylor, K. D. A., Öksüz, A., Garthwaite, T., Alexis, M. N., & Grigorakis, K. (2001). Freshness assessment of cultured sea bream (*Sparus aurata*) by chemical, physical and sensory methods. *Food chemistry*, 72(1), 33-40.
- Alverson, D. L., Freeberg, M. H., Pope, J. G. & Murawski, S. A. (1994). *A Global Assessment of Fisheries Bycatch and Discards*. FAO, Rome.
- Anbarasan, R., Tiwari, B. K., & Mahendran, R. (2024). Upcycling of seafood side streams for circularity. *Advances in Food and Nutrition Research*, 108, 179-221.
- Anu Prasanna, V., Chandrasekhar, T., Riazunnisa, K., Kumar, P. R., Teja, S. V. R., Rajeswari, D., ... & Lebaka, V. R. (2023). Fish Waste: A Potential Source of Biodiesel. *Fermentation*, 9(9), 861.
- Atelge, M. R., Krisa, D., Kumar, G., Eskicioglu, C., Nguyen, D. D., Chang, S. W., ... & Unalan, S. (2020). Biogas production from organic waste: recent progress and perspectives. *Waste and Biomass Valorization*, 11, 1019-1040.
- Ayilara, M. S., Olanrewaju, O. S., Babalola, O. O., & Odeyemi, O. (2020). Waste management through composting: Challenges and potentials. *Sustainability*, 12(11), 4456.
- Bechtel, P. J. (2003). Properties of different fish processing by-products from pollock, cod and salmon. *Journal of Food Processing and Preservation*, 27(2), 101-116.
- Boyd, C. E. ve McNevin, A. A. (2022). Overview of aquaculture feeds: global impacts of ingredient production, manufacturing, and use. In *Feed and feeding practices in aquaculture* (pp. 3-28). Woodhead Publishing.
- Bykowski, P., Dutkiewicz, D. (1996). Freshwater fish processing and equipment in small plants. FAO Fisheries Circular No. 905 FIIU/C905.
- Caruso, G., Floris, R., Serangeli, C., & Di Paola, L. (2020). Fishery wastes as a yet undiscovered treasure from the sea: Biomolecules sources, extraction methods and valorization. *Marine drugs*, 18(12), 622.
- Chalamaiah, M., Hemalatha, R., & Jyothirmayi, T. (2012). Fish protein hydrolysates: Proximate composition, amino acid composition, antioxidant activities and applications: A review. *Food chemistry*, 135(4), 3020-3038.
- Cho, H. U., & Park, J. M. (2018). Biodiesel production by various oleaginous microorganisms from organic wastes. *Bioresource technology*, 256, 502-508.
- Cho, J. H., & Kim, I. (2011). Fish meal–nutritive value. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 95(6), 685-692.
- Coppola, D., Lauritano, C., Palma Esposito, F., Riccio, G., Rizzo, C., & de Pascale, D. (2021). Fish waste: From problem to valuable resource. *Marine drugs*, 19(2), 116.

- Çelik, M., Goekce, M. A., Başusta, N., A. Küçükgülmez, A., Taşbozan, O., Tabakoğlu, Ş. S. (2008). Nutritional quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) caught from the Atatürk Dam Lake in Turkey. *Journal of Muscle Foods*, 19(1), 50-61.
- Desai, N., Rana, D., Salave, S., Gupta, R., Patel, P., Karunakaran, B., ... & Kommineni, N. (2023). Chitosan: a potential biopolymer in drug delivery and biomedical applications. *Pharmaceutics*, 15(4), 1313.
- Dikel, Ç., Yanar, Y., Demirkol O. (2022). Extraction and characterization of astaxantin from the waste of deep water pink shrimp (*Parapenaeus longirostris*) obtained from İskenderun Bay. *Journal of Advances in VetBio Science and Techniques*, 7(2), 228-232.
- Esteban, M. B., García, A. J., Ramos, P., & Márquez, M. C. (2007). Evaluation of fruit-vegetable and fish wastes as alternative feedstuffs in pig diets. *Waste Management*, 27(2), 193-200.
- FAO. 2018. The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- Ghaly, A. E., Ramakrishnan, V. V., Brooks, M. S., Budge, S. M., & Dave, D. (2013). Fish processing wastes as a potential source of proteins. Amino acids and oils: A critical review. *Microbial & Biochemical Technology*, 5(4), 107-129.
- Gökçe, G., & Metin, C. (2006). Balıkçılıkta Hedef Dışı Av Sorunu Üzerine Bir İnceleme. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 23(3), 457-462.
- Gökoğlu, N., 2002. Su Ürünleri İşleme Teknolojisi. Su Vakfı Yayınları, 115 s, Antalya
- Granito, R. N., Renno, A. C. M., Yamamura, H., de Almeida, M. C., Ruiz, P. L. M., & Ribeiro, D. A. (2018). Hydroxyapatite from fish for bone tissue engineering: A promising approach. *International journal of molecular and cellular medicine*, 7(2), 80.
- Hardy, R., and Tacon, A. (2002). "Fish meal: historical uses, production trends and future outlook for sustainable supplies," in *Responsible Marine Aquaculture*, eds R. Stickney and J. P. Mcve (New York, NY: CABI publishing), 391.
- Huss, H.H., 1995. Quality and quality changes in fresh fish. FAO Fisheries Technical Paper, Vol. 348, FAO, Rome, Italy.
- Hyun, Y. J., Piao, M. J., Kang, K. A., Zhen, A. X., Madushan Fernando, P. D. S., Kang, H. K., ... & Hyun, J. W. (2019). Effect of fermented fish oil on fine particulate matter-induced skin aging. *Marine drugs*, 17(1), 61.
- Islam, M. J., & Peñarubia, O. R. (2021). Seafood waste management status in Bangladesh and potential for silage production. *Sustainability*, 13 (4), 2372.
- Jaies, I., Qayoom, I., Saba, F., & Khan, S. (2024). Fish Wastes as Source of Fertilizers and Manures. In *Fish Waste to Valuable Products* (pp. 329-338). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Jimenez-Champi, D., Romero-Oregon, F. L., Muñoz, A. M., & Ramos-Escudero, F. (2024). The Revalorization of Fishery By-Products: Types, Bioactive Compounds, and Food Applications. *International Journal of Food Science*, 2024(1), 6624083.

- Khan, S., Rehman, A., Shah, H., Aadil, R. M., Ali, A., Shehzad, Q., ... & Xia, W. (2022). Fish protein and its derivatives: The novel applications, bioactivities, and their functional significance in food products. *Food Reviews International*, 38(8), 1607-1634.
- Kiehadroudzinezhad, M., Merabet, A., & Hosseinzadeh-Bandbafha, H. (2023). A life cycle assessment perspective on biodiesel production from fish wastes for green microgrids in a circular bioeconomy. *Bioresource Technology Reports*, 21, 101303.
- Kim, J. S., & Park, J. W. (2007). Mince from seafood processing by-product and surimi as food ingredients. In *Maximising the value of marine by-products* (pp. 196-228). Woodhead Publishing.
- Kim, S. K., & Mendis, E. (2006). Bioactive compounds from marine processing byproducts—a review. *Food research international*, 39(4), 383-393.
- Kristinsson, H. G., & Rasco, B. A. (2000). Fish protein hydrolysates: production, biochemical, and functional properties. *Critical reviews in food science and nutrition*, 40(1), 43-81.
- Kumoro, A. C., Wardhani, D. H., Kusworo, T. D., Djaeni, M., Ping, T. C., & Azis, Y. M. R. F. (2022). Fish protein concentrate for human consumption: A review of its preparation by solvent extraction methods and potential for food applications. *Annals of Agricultural Sciences*, 67(1), 42-59.
- Lin, C., Cheruiyot, N. K., Bui, X. T., & Ngo, H. H. (2022). Composting and its application in bioremediation of organic contaminants. *Bioengineered*, 13(1), 1073-1089.
- Miles, R. D. ve Chapman, F. A. (2006). The Benefits of Fish Meal in Aquaculture Diets: FA122/FA122, 5/2006. EDIS, 2006(12).
- Morin-Crini, N., Lichtfouse, E., Torri, G., & Crini, G. (2019). Applications of chitosan in food, pharmaceuticals, medicine, cosmetics, agriculture, textiles, pulp and paper, biotechnology, and environmental chemistry. *Environmental Chemistry Letters*, 17(4), 1667-1692.
- Muzzarelli, R. A. A., & Muzzarelli, C. (2005). Chitosan chemistry: relevance to the biomedical sciences. *Polysaccharides I: structure, characterization and use*, 151-209.
- Nelluri, P.; Kumar Rout, R.; Kumar, D.; Tammineni, T.; Joshi, J.; Sivaranjani, S. (2024). Technologies for management of fish waste & value addition. *Food Humanit*, 100228.
- Ozogul, F., Cagalj, M., Šimat, V., Ozogul, Y., Tkaczewska, J., Hassoun, A., ... & Phadke, G. G. (2021). Recent developments in valorisation of bioactive ingredients in discard/seafood processing by-products. *Trends in Food Science & Technology*, 116, 559-582.
- Qin, D., Bi, S., You, X., Wang, M., Cong, X., Yuan, C., ... & Chen, X. G. (2022). Development and application of fish suale wastes as versatile natural biomaterials. *Chemical Engineering Journal*, 428, 131102.

- Rathod, N. B., Ağagündüz, D. U. Y. G. U., Ozogul, Y., Saadat, P., Jambrak, A. R., Re-genstein, J. M., & Ozogul, F. (2024). Incorporation of fish and fishery waste into food formulations: A review with current knowledge. *Trends in Food Science & Technology*, 104517.
- Roy, V. C., Islam, M. R., Sadia, S., Yeasmin, M., Park, J. S., Lee, H. J., & Chun, B. S. (2023). Trash to treasure: An up-to-date understanding of the valorization of seafood by-products, targeting the major bioactive compounds. *Marine Drugs*, 21(9), 485.
- Rubio-Rodríguez, N., De Diego, S. M., Beltrán, S., Jaime, I., Sanz, M. T., & Rovira, J. (2012). Supercritical fluid extraction of fish oil from fish by-products: A comparison with other extraction methods. *Journal of Food Engineering*, 109(2), 238-248.
- Saleh, N. E., Wassef, E. A., & Abdel-Mohsen, H. H. (2022). Sustainable fish and sea-food production and processing. In *Sustainable Fish Production and Processing* (pp. 259-291). Academic Press.
- Shahidi, F., Varatharajan, V., Peng, H., & Senadheera, R. (2019). Utilization of marine by-products for the recovery of value-added products. *Journal of Food Bioactives*, 6.
- Shaviklo, A. R. (2015). Development of fish protein powder as an ingredient for food applications: a review. *Journal of food science and technology*, 52(2), 648-661.
- Siahaan, E. A., Agusman, Pangestuti, R., Shin, K. H., & Kim, S. K. (2022). Potential cosmetic active ingredients derived from marine by-products. *Marine Drugs*, 20(12), 734.
- Šimat, V., Rathod, N. B., Čagalj, M., Hamed, I., & Generalić Mekinić, I. (2022). Astaxanthin from crustaceans and their byproducts: a bioactive metabolite candidate for therapeutic application. *Marine drugs*, 20(3), 206.
- Taheri, A., Anvar, S. A. A., Ahari, H., & Fogliano, V. (2013). Comparison the functional properties of protein hydrolysates from poultry by-products and rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*) viscera. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 12(1), 154-169
- Toppe, J., Albrektsen, S., Hope, B., & Aksnes, A. (2007). Chemical composition, mineral content and amino acid and lipid profiles in bones from various fish species. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 146(3), 395-401.
- Valcarcel, J., Sanz, N., & Vázquez, J. A. (2020). Optimization of the enzymatic protein hydrolysis of by-products from seabream (*Sparus aurata*) and seabass (*Dicentrarchus labrax*), chemical and functional characterization. *Foods*, 9(10), 1503.
- Venugopal, V. (2022). Green processing of seafood waste biomass towards blue economy. *Current Research in Environmental Sustainability*, 4, 100164.
- Wang, W., Xue, C., & Mao, X. (2020). Chitosan: Structural modification, biological activity and application. *International Journal of Biological Macromolecules*, 164, 4532-4546.
- Zhang, J., Akyol, Ç., & Meers, E. (2023). Nutrient recovery and recycling from fishery waste and by-products. *Journal of Environmental Management*, 348, 119266.