

1. GİRİŞ

Su ürünleri, beslenmemize önemli katkı sağlayan gıda maddelerinden biridir. Dünya nüfusundaki artış göz önüne alındığında sınırlı gıda kaynaklarının daha kontrollü ve bilinçli kullanılması büyük önem taşımaktadır. Günümüzde sadece açlığın giderilmesi değil, aynı zamanda vücuda alınan gıda maddelerinin sahip oldukları içerikleri ve insan vücuduna sağladığı yararlar son yıllarda üzerinde oldukça fazla incelenen konuların başında gelmektedir.

Gıda maddelerinin sahip oldukları protein, yağ, karbohidrat, vitamin ve mineral maddeleri belli oranlarda içermesi dengeli beslenme için arzu edilen bir durumdur. Bu ihtiyacı en iyi karşılayan gıda maddelerinden birisi ise su ürünleri kaynaklı gıdalardır. Balık eti, insan vücudunun ihtiyaç duyduğu vitaminlerin, mineral maddelerin ve vücut için gerekli olan esansiyel amino asitlerin çoğunluğunu bünyesinde barındırmaktadır. Bu nedenle su ürünlerinin sahip olduğu kompozisyon; beslenme uzmanları, teknologlar, balıkçı, ahçı ve tüketicilere kadar pek çok kesimin ilgi odağını oluşturmaktadır [1, 2].

Son yıllarda ülkemizde kültür balıkçılığına yönelik çalışmalarda önemli ilerlemeler kaydedilmiş ve pek çok balık türü tüketime sunulmuştur. Bu ürünler daha çok canlı veya soğutulmuş biçimde tüketime arz edilmektedir.

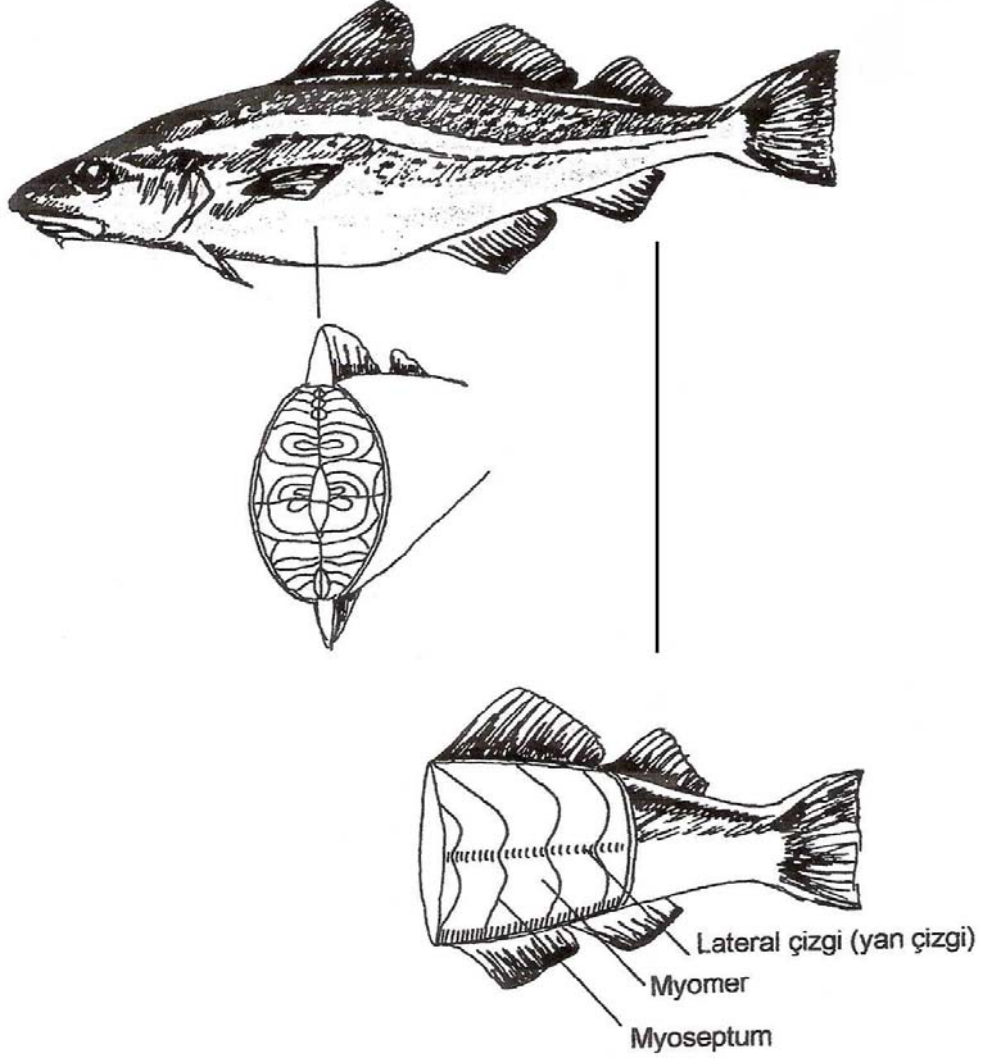
Araştırmada bölgesel ekonomik öneme sahip alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) ve sazan (*Cyprinus carpio*) balıkları üzerinde çalışılmıştır. Bahsedilen iki farklı balık türü iki farklı ölüm şekli ile muamele edilmiştir. Bu uygulamaların sonucunda ölüm şekillerinin balık etinin çeşitli özellikleri üzerine etkilerinin saptanması amaçlanmıştır.

Çalışmalardan elde edilen sonuçların pratiğe aktarılabilme imkanlarının tesbiti, bu araştırmanın temel amaçlarından birini oluşturmaktadır. Zira farklı ölüm şekilleri ile muamele edilen balıkların etlerinin özelliklerinde meydana gelebilecek değişiklikler tüketicilerin tercihlerini yönlendirmede önemli rol oynamaktadır. Bu durum balık üreticileri açısından avantaj sağlayacağı gibi, su ürünleri işleme teknolojisinde alabalık ve sazan balıkları için hangi tip ölüm şeklinin uygulanması gerektiği hakkında da bilgi verecektir. Elde edilecek sonuçların pratiğe intikali ile kalite kayıplarının önlenmesi, besleyicilik özelliklerinin muhafazası, muhafaza sürelerinin uzatılması, duyuşal özelliklerinde meydana gelen kayıpların azaltılması, balıkların elde edildiği bölge ve ülke ekonomisine de katkıda bulunacaktır

1.1. Balıklarda Deri ve Kas Dokusunun Yapısı

Balıkların derileri diğer omurgalılarda olduğu gibi üstderi (epidermis) ve altderi (dermis) şeklinde iki tabakadan meydana gelmektedir. Epidermiste çok sayıda mukus bezi vardır. Balıklarda kayganlığa sebep olan mukus tabakası, yüksek oranda su absorbe edebilen glikoproteinlerden ibarettir. Dermis'te ise yoğun bağdokusu mevcuttur ve çeşitli pigment hücreleri yer almaktadır. Ayrıca 'Guanofor' adı verilen pigment ihtiva etmeyen renk maddeleri de bulunabilmektedir. Guanoforlar, parlak gümüş beyazı guanin kristali içermektedir. Pullar, dermis kökenli olup sayısı, büyüklüğü ve tipleri balık türlerine göre değişebilmektedir [3]. Deri, balıkların karakteristik tat-kokusu ve muhafaza sürecini etkilemektedir. Balık öldükten sonra derideki mikroflora hızla yayılmakta ve bu durum balıkların bozulmasını hızlandırmaktadır. Deride çok sayıda spor bulunmaktadır. Bu sporlar -10°C 'ye kadar (psikrofilik mikroorganizmalar) gelişim gösterebilmektedirler. Balıkların bozulmasında sadece derideki mikroorganizmalar değil, aynı zamanda bağırsaktaki bakteriler de önemli rol oynamaktadırlar [4].

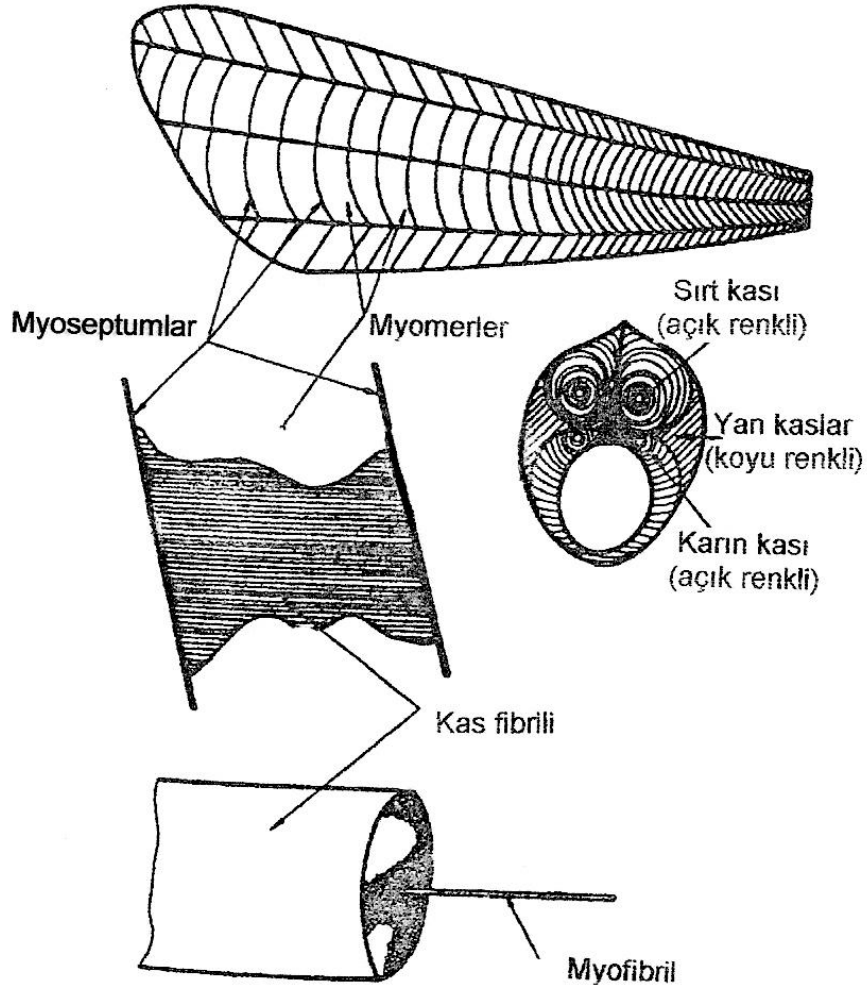
Balıkların kas sistemi myomerlerden oluşmuştur. Myomerlerin sayısı omur sayısına eşittir [5]. Balıklardaki kas fibrilleri yapı bakımından sıcak kanlı hayvanların kas fibrilleri ile aynıdır. Tek farkı kas fibrillerinin uzunluğu sıcakkanlı hayvanların ki kadar değildir [6]. Myomerlerin kalınlığı myofibrillerin uzunluğunu belirlemektedir. Myomerler bağ doku yapısındaki myoseptumlar tarafından bölümlere ayrılmıştır. Dik yönde ayrılanlara myoseptum, zigzaglı (transversal) formda ayrılanlara myocommata adı verilir. Balıklara ısı işlem uygulandığında bağdoku jelatinize olacağından (eriyeceğinden) kaslar (myomerler) blok segmentler şeklinde ayrılmaktadırlar [7].



Şekil 1.1. Balık filetosunun yapısı [6]

Kas fasikülleri, yağ ve bağ dokudan ibaret olan sarkolemma adı verilen membran ile örtülmüştür [8]. Kas fasikülleri 1000-2000 kadar myofibril içermektedirler. Myofibriller memeli hayvanlarda olduğu gibi ince ve kalın filamentlerden oluştuğu gibi sarkomerlerle bölünmüşlerdir. Balıklardaki koyu ve açık kas bölümleri myogloblin konsantrasyonlarının farklılığından kaynaklanmaktadır. Koyu renkliler kalp kasına benzemektedir. Koyu renkli kaslar, derinin hemen altında ve yan çizgi boyunca sırt ve karın bölgesi arasında bulunmaktadır. Koyu renkli kaslar kesintisiz yüzmeyi sağlamaktadır. Açık renkli kaslar ise sırt ve karın bölgesinde bulunmakta olup, kaçma gibi ani güç kullanımlarında görev yapmaktadır. Dip balıklarında koyu renkli kasların oranı hayli düşüktür, pisi balıkları buna örnektir. Yüzme aktivitesi yüksek olan balıklarda ise koyu renkli kaslar daha yüksek oranda bulunur. Uskumru ve ringa balıkları buna örnektir. Koyu renkli kaslarda yağ, nükleik asit ve B-vitamin kompleksleri

daha yüksek orandadır. Açık renkli kaslar enerjilerini glikoliz'den sağlamakta ve yüksek ATP-az aktivitesi göstermektedirler.



Şekil 1.2. Balıklarda kas yapısının şematik görünümü [8, 4]

1.2. Balık Etinin Bileşimi

Balıkların yenilebilir kısımları sıcakkanlı hayvanlara göre daha azdır. Yenmeyen kısım toplam ağırlığa göre %50'yi bulabilmektedir. Bu oranın içerisinde balığın kafası %10-15'lik kısmı oluşturmaktadır. Balık etinin hazmolunabilirliği sıcakkanlı hayvanların etlerine göre daha yüksektir. Bu nedenle doygunluk değeri (noktası) daha düşüktür. Balık etlerinde pişirme işlemi ile yaklaşık %15'lik bir kayıp söz konusu olmasına rağmen, sığır etlerine göre büzülme-küçülme oranı daha azdır. Balık eti proteinlerinin biyolojik değeri ise sıcakkanlı hayvanlarınkine hemen hemen eşittir.

Balıklarda ham protein içeriği %17-20 civarında olmasına karşın, yağ ve su içerikleri büyük değişimler gösterebilmektedirler. Örneğin yağsız balıklar grubunda yer alan mezigit ve morina balıklarının yağ oranı %0.1-0.3 iken, yağlı balıklar grubunda yer alan yılanbalığı, ringa ve ton balıklarının yağ oranları %16-26 arasındadır.

1.2.1. Proteinler

Balık etinin protein içeriğindeki azot oranı %2-3 civarındadır. Sarkoplazmik proteinlerin toplam protein içerisindeki oranı %20-30 civarındadır. Bağdoku proteinlerinin oranı ise kemikli balıklarda %3, kıkırdaklı balıklarda %10 civarındadır. Proteinlerin sınıflandırılması ve fonksiyonları memeli hayvanlarındaki ile aynıdır. Myofibriller (kontraktıl) proteinler ise toplam proteinlerin %66-75'lik kısmını oluşturmaktadır [4].

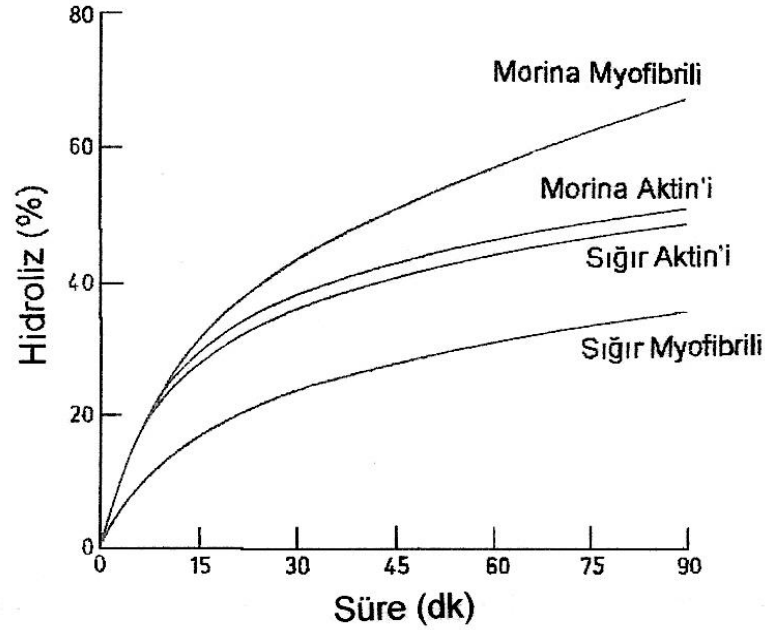
Sarkoplazmik proteinler:

Sarkoplazmik proteinler balıklarda özellikle enzimlerden ve renk maddelerinden oluşmaktadır. Kırmızı kas dokusu rengine sahip balıkların enzim aktivitesi, beyaz kas dokusundaki enzim aktivitesinden 2-10 kat daha fazladır. Bunun en önemli sebebi, kırmızı kas dokularında mitokondrilerin yüksek oranda bulunmasıdır [6]. Sarkoplazmik proteinlerin elektroforetik ayırımı ile türe özgü protein tipleri (şekilleri) elde edilmiştir. Renk maddelerinin konsantrasyonu, koyu renkli kaslarda daha fazladır. Örneğin; bir uskumru türünde (*Scomber japonicus*) 3.9 g/kg myoglobin, 5.8 g/kg hemoglobin ve 0.13 g/kg sitokrom-C tesbit edilmiştir. Beyaz etli balıklarda ise sadece 0.1 g/kg myoglobin ve hemoglobin görülebilmektedir. Balık ve memeli hayvanların myoglobüler proteinlerinin aminoasit bileşimleri belirgin derecede farklıdır. Örneğin; sistein aminoasidi balık myoglobininde bulunmasına rağmen memelilerde bulunmamaktadır. Pigment bakımından yoğun balık türleri yıkım reaksiyonlarında renk değişikliği göstermektedirler. Örneğin; ton balığı konserveleindeki yeşillenme.

Myofibriller (kontraktıl) proteinler:

Myofibriller proteinlerin toplam protein içerisindeki oranı memeli hayvanlarından daha yüksektir. Balık proteinlerinin termal (ısı) stabilitesi ise daha

düşüktür. Sindirim enzimlerinden olan tripsin ve kimotripsin'den dolayı hidroliz olayı (parçalanma) daha hızlı gerçekleşmektedir (Şekil 1.3). Bütün bu özellikler balık etlerinin hazmolunabilirliğinin daha yüksek olduğunu göstermektedir [4].



Şekil 1.3. Aynı şartlar altında sığır ve morina balığına ait myofibril ve aktin'lerin triptik hidrolizleri [9, 4].

Bağdoku proteinleri:

Memeli hayvanların etlerine göre balık etlerindeki bağdoku proteinlerin oranı (%1,3) daha düşüktür [1]. Çünkü balıklar, karada yaşayan hayvanlar gibi çok güçlü iskelet sistemine ve destek dokuya ihtiyaç duymamaktadırlar. Bağdoku proteinleri temel bileşen olarak %90 oranında kollajen'den ibarettir [6]. Geri kalan kısım ise elastin'dir. Balık etindeki kollajenin büzülme sıcaklığı (45⁰C), memeli hayvanlardaki kollajenin büzülme sıcaklığından (60-65⁰C) daha düşüktür. Bağdoku oranının ve büzülme sıcaklığının az oluşu, balık etlerinin daha gevrek-yumuşak olduğunu göstermektedir.

Serum proteinleri:

Kutup bölgelerinde yaşayan balıkların (*Trematomus borchgrevinki*, *Disostichus mawsoni*, *Boreogadus saida*) kan serumlarının donma sıcaklığı -2⁰C'dir. Bu değer diğer

balık türlerinin kan serumlarının donma değerlerinden (-0.6 ile 0.8⁰C) daha düşüktür. Bu durumun sebebi ‘Antifreeze Glikoproteinler’dir [4].

1.2.2. Diğer Azotlu Bileşikler

Protein yapısında olmayan diğer azotlu bileşiklerin toplam azot içerisindeki oranı kemikli balıklarda %9-18, kıkırdaklı balıklarda ise %33-38 arasındadır. Bu grubun en önemli bileşikleri aminler ve aminoksidlerdir.

Deniz balıkları 40-120 mg/kg trimetilaminoksid (TMA) içermektedirler. Trimetilaminoksid ozmotik basıncın regüle edilmesinde (ayarlanmasında) görev almaktadır. Trimetilaminoksid, balıkların ölümünden sonra bakteriler tarafından tipik kötü balık kokusu oluşturan trimetilamin’e indirgenmektedir. Tatlı su balıkları ise deniz balıklarına oranla daha düşük miktarda (0-5 mg/kg) trimetilaminoksid içermektedirler.

Amin fraksiyonlarında; trimetilaminoksid’e (TMA) ilave olarak dimetilamin (DMA), metilamin (MA), amonyak ve aminoasitlerin dekarboksilasyonu neticesinde oluşan biyojenik amin’ler ortaya çıkmaktadır. Balıkların ölümünden sonra uçucu azotlu maddelerin konsantrasyonu artmaktadır. Uçucu azotlu maddelerin konsantrasyonu balıkların tazelik göstergesi olması bakımından önemlidir.

1.2.3. Karbohidratlar

Balık etlerinin glikojen içeriği memeli hayvanların glikojen içeriğinden daha düşüktür (\leq %0.3) [4]. Bu nedenle balık etlerinde pH değişimi sınırlı düzeyde gerçekleşmektedir [6].

1.2.4. Yağlar

Balıklar yağ içeriğine göre 3 ayrı grupta incelenebilir. Yağ oranı % 5’in altında olanlar “yağsız balıklar”, yağ oranı % 5-10 arasında olanlar “yağlı balıklar”, yağ oranı %10’un üzerinde olan balıklara ise “çok yağlı balıklar” denilmektedir. Beyaz etli; kalkan, mezgit, sudak, dil balığı az yağlı balıklardandır. Ayrıca kabuklu su ürünleri ve yumuşakçalar az yağlı su ürünleridir. Alabalık, sazan, deniz alası, uskumru, orkinos, palamut, hamsi gibi kırmızı etli balıklarda yağlı balıklardandır. Yılan balığı, sardalya gibi balıklar ise çok yağlı balıkları oluşturmaktadır [10].

Çizelge 1.1. Bazı Önemli Su Ürünlerinin Yağ Oranları (%)

Yağ Oranı		
Yağsız balıklar (% 5'in altında)	Yağlı balıklar (% 5 ila %10 arasında)	Çok yağlı balıklar (% 10'un üzerinde)
Kalkan Mezgit Sudak Dil balığı Kabuklu su ürünleri (Midye, Karides, Kerevit, Yengeç) Yumuşakçalar (Ahtapot, Kalamar, Sübye)	Alabalık Sazan Uskumru Orkinos (Ton) Palamut Hamsi Deniz alası	Yılan balığı Sardalya

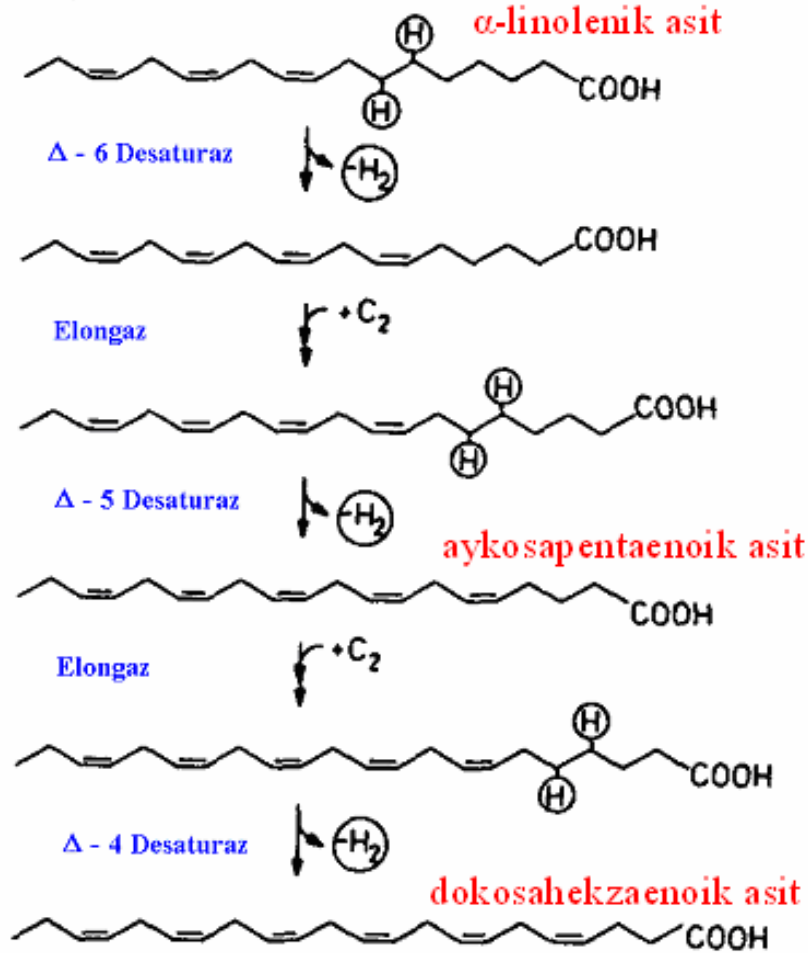
Balıklarda yağ oranı türlere göre büyük değişim gösterdiği gibi, aynı türün kendi içerisinde, yaş ve büyüklüğe, yumurtlama ve göç dönemine, cinsiyetine, beslenme durumuna ve mevsimlere göre de önemli farklılıklar gösterir.

Yağ; yağlı balıklarda tüm vücutta, yağsız balıklarda ise; başta karaciğer olmak üzere kas dokularında depolanır. Tüm balıklarda yağ miktarı ve vücutta depolanma şekilleri farklıdır. Yağ, kas fibrilleri arasında mozaik şeklinde depolanmıştır. Vücudun belli bölümlerinde yağ birikimi görülmektedir. Özellikle karın bölgesinde, deri altında ve kırmızı et kısımlarında bol miktarda bulunur. Yağların kas dokusu içerisinde bulunma şekli, balığın dokusal özellikleri ile doğrudan ilişkilidir. Örneğin kas içi yağ miktarı etin gevrekliği ve yumuşaklığı üzerine olumlu etki göstermektedir.

Yağlı balıklarda yağ vücutta her zaman homojen dağılmamaktadır. Örneğin; Pasifik somon balığında baş çevresinin yağ içeriği, kuyruk kaslarının hemen hemen iki katıdır [2].

Yağ içeriğindeki mevsimsel değişimler, özellikle karaciğerde dikkate değerdir [1]. Gonadların (üreme organların) olgunlaşması sırasında yağ, karaciğer ve kaslardan gonadlara taşınır. Yumurtlama sırasında yağ miktarında hızlı bir düşüş görülür. Yumurtlamadan sonra ise; balık hızla beslenmekte, karaciğer ve kas dokularında yağ miktarı artmakta, gonadlarda ise düşmektedir [11, 2]. Balık etlerinin tadını ve muhafaza süresini büyük oranda yağlar belirlemektedir [4].

Omega-3 yağ asitleri, α -linolenik asitten türemiştir. ‘Desaturasyon’ olayı neticesinde doymamışlığın göstergesi olan çift bağların sayısı artmaktadır. ‘Elongasyon’ ile yağ asidi zinciri 2 karbon atomu kadar uzamaktadır. Algler ve Planktonlar, hatta onlarla beslenen balıklar dahi uzun zincirli, çoklu doymamış yağ asitlerini oluşturabilme yeteneğindedirler. α -linolenik aside 6- ve 5- desaturaz ve elongaz enzimlerinin etkileri ile $C_{20:5}$ özelliğindeki Aykosapentaenoik asit (eicosapentaenoik asit-EPA) oluşturulur. Aykosapentaenoik asit; uskumru, somon balığı ve tirsi balığında yüksek oranda bulunmaktadır. Aykosapentaenoik asit ($C_{20:5}$)’in zincir uzamasına (elongasyon) ve desaturasyona devam ettirilmesi durumunda dokosahekzaenoik asit (docosahekzaenoik asit-DHA) ($C_{22:6}$ ω -3) oluşturulur.



Şekil 1.4. Desaturaz ve elongaz enzim sistemi ile α -linolenik asitten omega-3 yağ asitlerinin (EPA ve DHA) oluşumu [6].

Çizelge 1.2. C_{20:5}- (EPA) ve C_{22:6} (DHA) Yağ Asitlerinin Farklı Tür Balık Filetolarındaki Ortalama Ağırlıkça Oranları (%) [12, 13, 6].

Balık türü	Balık filetoda
Bakalyaro	0.1
Dil balığı	0.1
Pisi balığı	0.26
Mezgit balığı	0.33
İskorpit balığı	0.34
Tekir balığı	0.7
Pisi balığı (Siyah)	1.0
Somon balığı (Atlantik)	1.3
Tirsi balığı	1.7
Uskumru	4.0

Deniz balıkları, C_{20:5}- ve C_{22:6} omega-3 yağ asitleri için önemli bir kaynaktır. Omega-3 yağ asitleri çok istisnai av hayvanları dışında, tatlı su balıklarında ve kara hayvanlarında çok az oranda bulunabilmektedir [6].

Balık etinin diğer et türlerine oranla (domuz, sığır, koyun ve piliç) yüksek oranda çoklu doymamış yağ asisi (PUFA) içermesinden dolayı, daha sağlıklı olduğu kabul edilmektedir. Toplam yağ, etin lezzetini ve raf ömrünü etkilemektedir. Balıkların uzun süre aç kalması yüksek enerji kaynağı olan yağ oranının düşmesine neden olmaktadır [14].

Omega-3 Yağ Asitlerinin İnsan Vücudundaki Etkileri:

Vücudumuza gerekli olan enerjinin %30'u yağlardan alınmaktadır. Bu enerjinin %8'inin doymuş-, %12'sinin tekli doymamış-, %10'unun da çoklu doymamış yağ asitlerinden (PUFA) yani Omega-3 ve Omega-6'lardan alınması tavsiye edilmektedir [15].

C_{20:5} (EPA) ve C_{22:6} (DHA) gibi çoklu doymamış yağ asitleri; 5-lipoksigenaz ve siklooksigenaz enzimlerinin aktivitesini düşürerek linoleik asidin araşidonik aside dönüşümünü yavaşlatmaktadır. Böylelikle araşidonik asitten prostoglandin (PG), prostasiklin ve lökotrien-4 (LT-4) sentezi engellenmiş olur. Bu ürünler direkt ve dolaylı

olarak damar sertliği'ne (ateroskleroz), yüksek tansiyona ve kalp rahatsızlıklarına sebep olabilmektedirler. Bu durumun aksine C_{20:5} (EPA)'lar, oto-immun hastalıkların engelleyicisi olarak bilinen LT-5'in sentezlenmesine yardımcı olmaktadır [16, 6, 17].

Anne sütünle beslenen çocukların kırmızı kan hücrelerindeki (eritrosit) EPA ve DHA içeriği, biberonla beslenen çocuklarınkinden daha yüksek bulunmuştur. Vejeteryan bayanlardaki DHA miktarı, normal bir şekilde beslenen bayanlarınkinden daha düşüktür. Bu olay bebeğin eritrosit hücrelerine aynen yansır ve prematüre doğumlara sebep olabilir [18, 19].

Anne karnındaki bebeğin beslenebilmesi ve gelişimi omega-3 yağ asitlerinin anne vücuduna alınmasına bağlıdır. Hamileliđin 10. haftasından sonra daha fazla alınması beyin ve retinanın gelişimini büyük ölçüde etkilemektedir. Özellikle fetal beyin oluşumu için DHA yüksek oranlarda görev yapmaktadır [20, 21, 17, 19].

Omega-3 ve Omega-6 yağ asitlerinin eksikliği anne karnındaki bebeklerde daha sonradan görülen ve kalıcı olan zeka geriliklerinin yanı sıra işitme, görme, kavrama fonksiyonlarında da bozulmalara sebep olabilmektedir [12].

Omega-3 yağ asidi kanın viskozitesini düşürerek kırmızı kan hücrelerin deforme olmasını sağlar, böylece oksijenin daralmış olan damarlardan geçerek hücreleri beslemesine yardımcı olur.

Yapılan çalışmalarla damar kasılmalarını (vazospazm) azalttığı bildirilmiştir [22, 19].

Kan kolesterol seviyesinin azalmasında rol oynamakta ve böylece damar sertliği (ateroskleroz) riskini düşürme etkisi olduğu bilinmektedir [23, 24].

Balık yağı, kalp hastalıklarına karşı koruyucu etkisi bulunan yüksek yoğunluklu lipoprotein (HDL) miktarını artırmakta ve düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) miktarını düşürmektedir [25, 19].

Omega-3 yağ asitleri tümör oluşumunu geciktirir, gelişimini ve çoğalmasını durdurur. Göğüs kanserini, prolaktin ve serum östrojenini azaltarak engeller.

Omega-3 yağ asitlerinin; diyabet, hipertansiyon, iltihabi hastalıklar, alerjik astım, bağışıklık sistemi, migren ve sinir sistemine iyi geldiği yapılan çalışmalarla vurgulanmıştır [26, 19].

1.2.5. Vitaminler

Balıklar, balık yağları gibi yağda çözünen vit.-A ve vit.-D için de önemli kaynaklardır. Suda çözünen vitaminlerden thiamin, riboflavin ve niasin yüksek oranda ve diğer vitaminler ise düşük oranda bulunmaktadır [4].

1.2.6. Mineral maddeler

Balıklar, özellikle deniz balıkları iyot kaynağı bakımından zengindir. Denizlerden uzak bölgelerde (iç kesimlerde) iyot eksikliğinden dolayı guatr rahatsızlıkları görülebilmektedir [6]. Balık etinde bulunan önemli mineral maddeler Çizelge 1.3'da verilmiştir.

Çizelge 1.3. Balık Etindeki Önemli Mineral Maddeler ve Miktarları (mg/kg) [4].

Mineral Madde	Miktar
Kalsiyum	48-420
Magnezyum	240-310
Fosfor	1730-2170
Demir	5-248
Bakır	0.4-1.7
İyot	0.1-1.0

1.3. Pre-mortem (ölüm öncesi) Balık Kalitesini Etkileyen Faktörler

Genel olarak pre-mortem safhada balıkların et kalitesini etkileyen faktörler sıcakkanlı hayvanların ki ile benzerlik göstermektedir [27, 28, 29]. Bu etkiler kısaca aşağıda verilmiştir.

1.3.1. Balıkları avlama zamanı ve fiziksel durumları (olgunlaşma siklüsü):

Balıklar hayati faaliyetleri için ihtiyaç duydukları enerjiyi vücutlarında depoladıkları yağlardan karşılarlar. Yağsız balıklar karaciğerdeki rezervlerden, yağlı

balıklar ise kas dokularından bu enerjiyi karşılarlar. Söz konusu enerji aynı zamanda onların döllenme, çoğalma ve gelişmelerinde de kullanılmaktadır. Örneğin: ilkbaharda tirsi balığında %15-25 arasında yağ bulunmaktadır. Döllenme döneminde bu oran %2-3'lere kadar düşmektedir. Bununla orantılı olarak su oranı yükselmekte ve et verimi düşmektedir.

1.3.2. Balıkların beslenme alanları veya beslenme şekilleri:

Balıkların beslenme durumu onların et kalitesini etkilemektedir. Örneğin besin maddesi ve oksijen açısından fakir olan Kuzey denizinden avlanan mezgit balığı, Atlantik okyanusundan avlanan aynı tür balığa göre daha küçük, daha yumuşak etli ve daha çabuk bozulabilir özelliktedir. Kıyıya yakın bölgelerdeki avlanma alanları kanalizasyon, yağ, petrol artıkları ve volkanik atıklar ile kirlenmiş olabilir; bunlar balıkların hem yaşam, hem de ürün bazında kalite özelliklerini bozan faktörlerdir. Ruff ve ark. [30] bilinçli bir yemleme ile balıkların et kalitesinin artırılabilirliğini yaptığı araştırma ile isbat etmiştir. Araştırmacılar avlama öncesi kalkan balıklarını (*Scophthalmus maximus* L.) üç gruba ayırıp bunlara farklı düzeyde (100, 500 ve 1000 mg/kg) α -tokoferol asetat içerikli yem vermişlerdir. Öldürme işlemini müteakip soğukta muhafazaya almışlardır. Yüksek düzeyde (500 ve 1000 mg /kg) α -tokoferol asetat verilmiş olan balıkların raf ömürlerinin daha uzun olduklarını tesbit etmişlerdir. Bazı araştırmacılar deniz levreklerinde (*Dicentrarchus labrax* L.) [31, 32, 33, 30] ve kalkan balıklarında (*Scophthalmus maximus* L.) [34, 30] yaptıkları çalışma sonucu α -tokoferol ile beslenmiş olan balıkların ölüm sonrası et kalitelerinin daha yüksek olduğunu ve raf ömrünün daha uzun olduğunu kanıtlanmışlardır.

1.3.3. Öldürme metotları:

Caggiano [14] ideal bir öldürmenin kolay, hızlı, hijyenik ve balığa acı vermeden (strese sokmadan) olması gerektiğini bildirmişlerdir. Balıkları öldürmek için birçok yöntemin olduğu, ancak bu yöntemlerin balık kalitesi üzerine çok farklı etkilere sahip olduğu bildirilmiştir [35]. Ticari amaçlı uygulanan tarak ağı ile balık avlama metodunda balıklar uzun çırpınma süresinde enerji rezervlerini (ATP yıkımı) harcarlar ve kasları kasılarak sert bir durum alırlar. Bunun sonucunda balıkların görünüşü, tekstürü ve raf ömrü olumsuz yönde etkilenir. Oka ve ark. [36], Mochizuki ve Sato [37] gibi pek çok

araştırmacı birçok balık türünde rigor-mortis sürecinin ilerleyişinin ve enerji ile ilişkili bileşiklerin değişiminin, ani öldürülen balıklarda çırpınarak ölen balıklara göre daha düşük hızda olduğu konusuna dikkat çekmişlerdir. Bu nedenle balığın baş kısmına sert cisimle vurarak öldürme yöntemi yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [38]. Sikorski ve ark. [39] ölüm öncesi muamele ve öldürme metodunun balıkların et kalitesine doğrudan etkisinin olduğunu bildirmişlerdir. Ruff ve ark. [30] ise kalkan balıkları (*Scophthalmus maximus* L) ile ilgili yaptıkları araştırma sonucu öldürme yönteminin iyi seçilmesi durumunda balıkların et kalitesinin daha üst düzeyde kalabileceğini bildirmişlerdir.

Balıkları öldürmek için çok farklı metotlar geliştirilmiştir. Bu aşamada solunum yetmezliği, darbe uygulama, CO₂ ile narkozlama, elektrik şoku uygulama ve buzlu su uygulaması şeklinde farklı yöntemler uygulanabilmektedir [40]. Bu yöntemler ile balıkların rigor-mortis'e giriş hızı yavaşlatılarak balık filetolarında başta tekstürel olmak üzere, istenmeyen olumsuzlukların önüne geçilip [41] daha kaliteli bir balık eti elde edilmesi amaçlanmıştır [42, 43, 30]. Benzer şekilde güncel ölüm yöntemleri Robb ve Kestin [44] tarafından hazırlanan bir çalışmada aşağıdaki şekilde sınıflandırılmıştır.

Mekanik olarak baş kısmına darbe uygulama:

Mekanik olarak sert bir cisimle öldürme yöntemi somon balığına benzer birçok iri balığa uygulanmaktadır. Dikkat edilmesi gereken en önemli husus balığın başına iyi nişan almak ve kalıcı ölüm sağlayacak sertlikte darbe uygulayabilmektir. Darbe uygulaması ile birlikte balıklarda kanama gerçekleşir. Bu yöntem ile balıklarda hızlı ölüm gerçekleştiğinden, diğer yöntemler gibi balığın sersemleyip beyin fonksiyonlarını devam ettirme ihtimali yoktur. Mekanik darbe uygulaması ile balıkların ekonomik değerinin düştüğü ve her bir balığa el ile tek tek uygulama gerektirdiğinden pratik olmadığı görüşü ileri sürülmüştür. Ottera ve ark. [45, 30] baş kısmına sert bir cisim vurularak öldürülen balıkların başlangıç pH'larının yüksekte kaldığı ve rigor-mortis sürecinde pH düşüşlerinin de yavaş olduğunu bildirmişlerdir. Oka ve ark. [36], Mochizuki ve Sato [37] gibi araştırmacılar, birçok balık türünde rigor-mortis ilerleyişinin ve enerji ile ilişkili bileşiklerin değişiminin, başına çivili sert bir cisim vurularak öldürülen balıklarda, çırpınarak ölen balıklara göre daha düşük hızda olduğu hususuna dikkat çekmişlerdir [38]. Ruff ve ark. [30] Kalkan balıkları (*Scophthalmus maximus* L) üzerine yaptıkları çalışmada sert cisimle darbe uygulayarak öldürülen balığın filetosunun başlangıç pH değerinin termal şok uygulanmış balıklara göre daha

yüksek olduğunu ve bu balıkların rigor-mortise daha geç girdiklerini belirlemişlerdir.

Mekanik olarak omuriliğinin kırılması :

Balığın piyano telleri gibi yan yana dizilmiş hareketli metal bir alana sokularak mekanik bir şekilde omuriliğinin kırılması olayıdır. Nakayama ve ark. [46, 47] omuriliği kırılmış olan balıkların, başına darbe uygulayarak öldürülen balıklara göre rigor-mortis sürecine daha geç girdiğini bildirmişlerdir. Aynı zamanda Ando ve ark. [48] pisi balığı hariç, birçok balık türünde omuriliğinin kırılması ile öldürme yönteminin en uygun öldürme yöntemi olduğunu bildirmişlerdir. Balığın çırpınmasına fırsat vermeden omuriliğinin kırılması ile kasların hareketini kontrol eden otonom sinir sistemi fonksiyonsuz kalmaktadır. Kaslarda hareketlerin durması ile ATP tüketiminin ve laktik asit birikiminin düşük düzeyde kalacağı bildirilmiştir. ATP tüketiminin ve ölüm sonrası rigor'un bu yöntemle etkili bir şekilde yavaşlaması, bu yöntemi diğer öldürme yöntemlerine göre daha üstün kıldığını rapor etmişlerdir. Buna karşın, bu yöntemin ölüm sonrası et kalitesini ne şekilde etkilediği ve tüm balık türlerinde bu yöntemin üzerinde çalışılması gerektiği fikri de eklenmiştir. İlave olarak Mochizuki ve ark. [49] istavrit balıklarının başına darbe uygulayarak öldürme yöntemine göre, balığın boynunu kırarak öldürme yönteminin daha etkili olduğunu bildirmişlerdir. Balığın boyun bölgesinin omuriliğinin bir parçası olmasından dolayı, omurilik kırma olayı ile ilişkilendirmesi gerektiği izah edilmektedir [38].

CO₂ ile bayıltma:

Bu yöntem ile balıklar, doymuş CO₂ bulunan su içerisine daldırılmaktadırlar. Su içerisindeki CO₂, balıklara narkoz etkisi yapmakta ve balığın yüksek konsantrasyondaki CO₂'den dolayı kanında pH dengesizliği oluşacağından, balık beyinsel fonksiyonlarını yitirmeye başlayacaktır [50]. Ancak bir müddet sonra bu etki yitirmeye başlanır. Uygulamayı takip birkaç dakika içerisinde balığın kesim işlemi yapılmalıdır. Aksi takdirde CO₂'in narkoz etkisi yitirebilmekte ve balık strese girebilmektedir [51]. Kestin ve ark. [50] alabalıkların beyin fonksiyonlarını 14⁰C'lik doymuş CO₂ bulunan suda 4.7 dakikada yitirdiğini bildirmiştir. Robb ve ark. [51] ise Atlantik salmon (*Salmo salar*)'lar üzerinde yaptığı bir araştırmada 6⁰C'lik doymuş CO₂ bulunan suda bu balıkların beyin fonksiyonlarını 6.1 dakikada yitirdiğini tesbit etmişlerdir.

Buzlu su ile şok uygulama:

Ticari olarak yaygın kullanılan bir öldürme metodudur. Balıklar buldukları havuzlardan hızlı bir şekilde buzlu suya nakledilmektedirler [52, 53, 54]. Daha sıcak bir su sıcaklığından çok düşük bir su sıcaklığı ile karşılaşan balıklar sıcaklık şokuna maruz kalmaktadırlar. Buzlu suda hareketsiz kalan balıklar solunum güçlüğü çekeceklerinden dolayı bir müddet sonra ölmeye başlayacaklardır. Buzlu su ile hızlı soğutmaya alınan balıkların ölümleri kısa sürede gerçekleşmemektedir. Alabalıklar için 2⁰C'lik sıcaklıktaki ölüm süresi 14 dakikadır [51, 55]. Balıkların bu sıcaklıkta bilinçlerinin yerinde olduğu, ancak felç geçirdikleri için hareketsiz kaldıkları iddia edilmektedir. Bundan dolayı balıkların ölüm öncesi strese girdikleri düşünüldüğü için son zamanlarda bu metodun kabul edilebilirliği tartışılmaya başlanmıştır [44].

Anestezik madde uygulaması:

Başta Avustralya olmak üzere bazı ülkelerde su içerisine anestezik madde eklenip balıklar bayıltılarak kesime alınmaktadırlar. Bu anestezik maddelerin başında ise isoöjenol (isoeugenol) gelmektedir. Fragrans karışımı bu keskin kokulu uçucu madde, genelde bitki kökenli gıdalardan elde edilmektedir ve balıklar üzerinde 30 dakikaya kadar etkisini devam ettirebilmektedir [44]. Ancak bu yöntemle öldürülen balıklara anestezik madde muamelesi uygulandığından, tüketicilerin bu balıkları tüketimlerinde birtakım çekinceleri olduğu gözden kaçmamıştır. Robb ve ark. [56, 30] alabalıklar ile yaptıkları çalışmada anestezik madde verilerek öldürülmüş olan balıkların başlangıç pH'larının elektrik şoku uygulayarak öldürülmüş olan balıklardan daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Başlangıç pH'sı yüksek olan balıkların daha az strese maruz kaldığı, sonuç olarak rigor-mortis'e daha geç gireceği ve kalite kayıplarının daha az olacağı vurgulanmıştır.

Elektrik şoku uygulama:

Ticari olarak birçok kasaplık hayvanlara, kanatlılara ve balıklara uygulanan bu yöntemde canlıya elektrik şoku uygulanmakta ve ardından hayvan hemen kesime alınmaktadır [57, 58]. Elektrik akımı merkezi sinir sistemine yüksek titreşimler göndererek canlının çeşitli fonksiyonlarının ölümüne neden olur [57]. Canlının

vücuduna elektrik verilirken dikkat edilmesi gereken en önemli konu voltajın iyi ayarlanmasıdır. Aksi takdirde hayvanın kesim sonrası karkas kalitesinin düşmesine neden olur [59, 60]. Hatta hayvanın kılcak kan damarları patlatılarak kanamaya sebep olunabilmektedir. Bazı İngiliz bilim adamları, yüksek akımın kanatlı hayvanların kemiklerinin kırılmasına dahi sebep olduğunu bildirmişlerdir [61, 62]. Elektrik şoku kasaplık hayvanlarda direkt olarak hayvanın baş kısmına tatbik edilmektedir [63, 64].

Günümüzde balıkçılık için ticari olarak kullanılabilen elektrik şoku ekipmanları geliştirilmiştir. Belirli bir alana sahip havuza 50-Hz elektrik gücü tatbikinin, balıkların hızlı bir şekilde bayılması hatta ölmesi için yeterli görülmektedir. Bu yöntemde yüksek voltajla elektrik gücü tatbik edildiği takdirde balıkların kemiklerinin, hatta omurgalarının kırılmasına kadar varan kalite kayıplarına sebep olabileceği bildirilmiştir [64]. Alternatif olarak düşük elektrik voltajına karşılık daha uzun süre elektrik tatbiki yapılabilmektedir. Ancak bu durumda da balıklar ölene kadar uzun süre çırpınıp kaslardaki mevcut enerji rezervlerini tüketenlerdir [44]. Bu öldürme yönteminde elektrik ile ilgili parametrelerin özenli bir şekilde seçilmesi gerekmektedir [65].

1.3.4. Balık türü ve yağlılık durumu:

Muhafaza işleminde özellikle yağ oranı düşük balıklar tercih edilmektedir. Yağlı balıklarda yağ oranı yüksek, bununla orantılı olarak doymamış yağ asidi oranı da yüksek olduğundan, oksidatif bozulmalardan dolayı ürünün ömrü kısalmaktadır. Hatta mezgit balığı gibi düşük oranda yağ içeren balıklarda yağların depolandığı koyu bölgelerde de yağ oksidasyonu temayülü beyaz et kısımlarına oranla daha fazladır [66]. Balıkların işlenmesi esnasında bu koyu bölgelerin uzaklaştırılması ile balık etinin muhafaza süreci uzatılabilir. Balıkların yüksek oranda çoklu doymamış yağ asidi (PUFA) içermeleri ve etlerinin oksidasyona maruz kalma riski fileto kalitelerini etkileyen başlıca problemlerdendir [30]. Çoklu doymamış yağ asitleri sadece yağ oksidasyonu sonucu bozulmaya değil, aynı zamanda ürünün renginde, tekstüründe ve tadında da bozulmalara sebep olabilmektedir [67, 68, 30].

1.3.5. Balıkların yaşam alanlarının uygunluğu:

Balıkların yaşadıkları suyun sıcaklığı, oksijen içeriği, pH'sı, sertliği ve o alandaki balık yoğunluğu gibi fiziksel ve kimyasal etmenler bu gruba dahil

edilebilmektedir. Bu faktör özellikle havuzlarda yapılan kültür balıkçılığı için ayrı bir önem taşımaktadır. Mazur ve Iwama [69], Einarsdottir ve Nilssen [70], Rotllant ve Tort [71] gibi araştırmacılar bir ortamda bulunması gerekenden fazla balık yoğunluğunun olması durumunda, o ortamda yaşayan balıkların olumsuz etkilenip strese girdiklerini tesbit etmişlerdir [29].

1.4. Balık Eti Kalitesi Üzerine Stresin Etkisi

Kesim esnasındaki stresin et kalitesi üzerine önemli bir etkisi söz konusudur. Stresin et kalitesi üzerindeki etkiler genelde kanatlı [72] ve domuz [73, 74] gibi sıcak kanlı hayvanlar üzerinde çalışılmıştır. Kara hayvanlarına kıyasla, bu konuda balıklarla ilgili çok fazla araştırma yapılmamıştır. Genelde tatlı su balıklarından alabalık [75, 76] ve somon balıkları [77, 78] üzerinde araştırmalar yapılmıştır.

Günümüzde ölüm öncesi stresin, etin çeşitli kalite kayıplarına sebep olduğu artık pek çok araştırmacı tarafından izah edilmektedir [76, 79, 27, 54]. Bu konuda, bir kısım araştırmacılar stresin et tekstürü üzerine olan etkilerini araştırıp izah etmişlerdir [80, 81, 82, 54]. Bazı araştırmacılar ise ölüm öncesi stresin, kas aktivitesi artışına, kas ve karaciğerde depolanmış enerjinin harekete geçmesine ve asit-baz dengesini değiştirerek balıklarda önemli fizyolojik değişimlere sebep olduğunu belirtmişlerdir [83, 84, 27, 79]. Bu bilgilerin ışığında stres ile et kalitesi arasındaki ilişki sırasıyla kısaca izah edilecek olursa; ölüm öncesi stres kaslardaki depolanmış enerjiyi düşürmekte ve bunun sonucunda pH ve rigor sürecindeki değişimin seyri etkilemektedir [85, 29]. pH ve etin rigor sürecindeki değişimi, et tekstürünü [27, 29] etkilemektedir.

Canlının yaşamı sırasında kaslarda bulunan glikojen aerobik koşullarda, glikoza ($C_6H_{12}O_6$) dönüşerek oksijenle yanma reaksiyonu sonucu karbondioksit (CO_2) ve suya (H_2O) dönüşür. Açığa çıkan enerji ile de canlı organizmanın enerji ihtiyacını karşılar. Ölüm sonrası ise oksijen alımı durur ve yanma olayı gerçekleşmez. Kaslarda bulunan glikojen anaerobik şartlarda parçalanarak laktik aside dönüşür [86, 87, 54]. Bu reaksiyon hayvan canlı iken geri dönüşümlüdür, ölüm sonrası ise tek yönlüdür ve laktik asidin oluşumu yönündedir [87, 56, 41, 88, 89]. Bu durum kaslarda biriken laktik asidin, pH 7'lerden 5,5'lere kadar düşmesine neden olur.

Balıkların ölümünden sonra glikojen'in uğradığı işlemler tıpkı sıcakkanlı hayvanlarda olduğu gibidir. Tek farkı glikojen miktarının sıcakkanlı canlılardaki kadar fazla olmamasıdır. Glikojen içeriğinin düşük olması pH düşüşünün de az olacağını

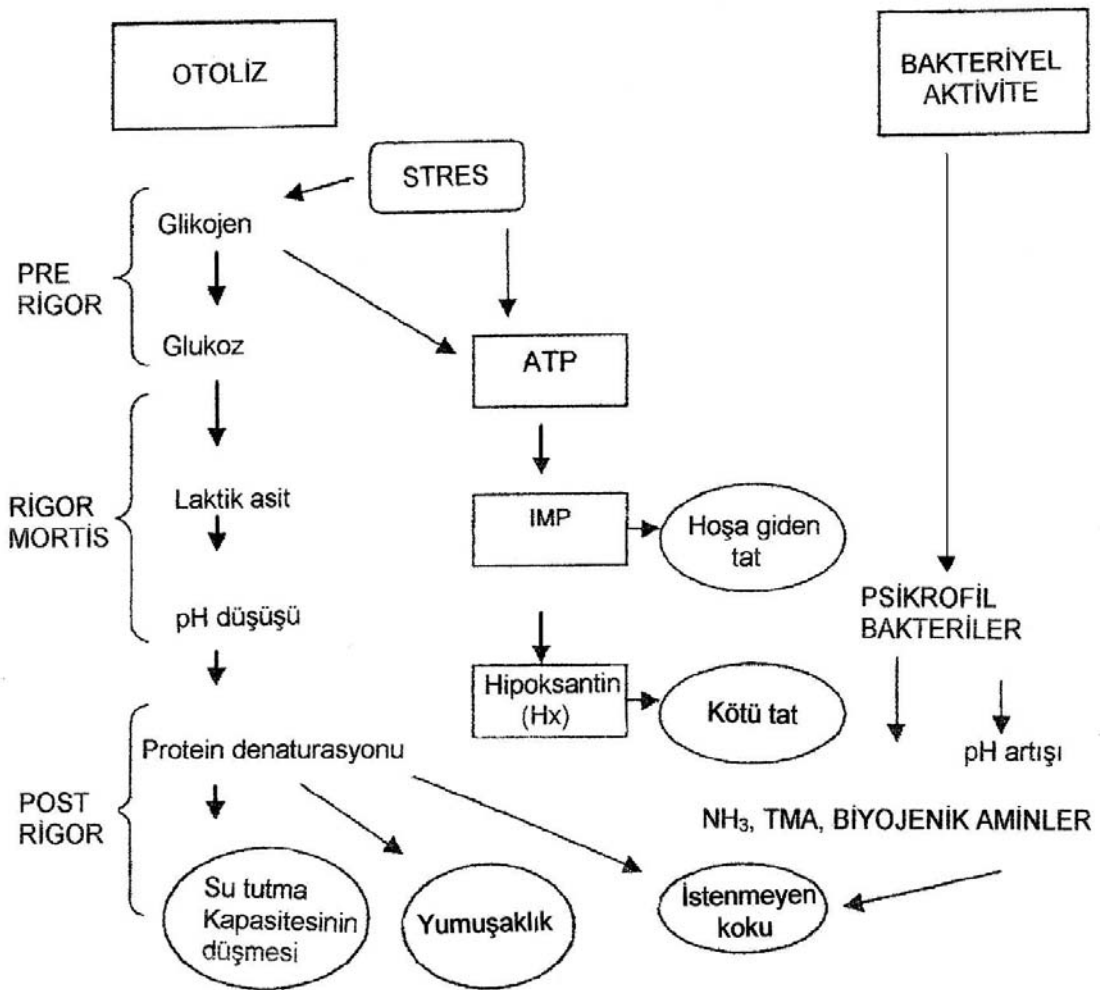
göstermektedir. Genelde son pH değeri 6.2'ye kadar düşmektedir [4]. Sıcakkanlı hayvanlarda kesimden önce stresi minimize etmek, hayvanı sakın bir şekilde kesime almak, elde edilen etin kalitesini ve muhafaza sürecini olumlu bir şekilde etkilemektedir. Balıklarda ise yakalama (avlama) esnasından balığın ölümüne dek çarpınma olayı meydana geldiği için balığın kas dokularında, enerji rezervi olarak bilinen glikojenin büyük bir kısmı çarpınma esnasında kullanılacağından laktik asit birikimi olmaktadır. Ortamda hidrojen iyon (H^+) konsantrasyonu artacağından pH değeri düşmektedir. Başlangıç pH'nın düşük olması ve pH düşüşünün hızlı olması, balıklar dahil olmak üzere birçok tür hayvan için klasik bir akut stres göstergesidir [56, 41, 88]. Pek çok araştırmacı somon balığı [76, 90, 27], ton balığı [39] ve yılan balıkları [75, 91] üzerinde yaptıkları araştırmalarda başlangıç pH'larının düşüklüğünü, ölüm öncesi yüksek stres ile izah etmişlerdir. Ottera ve ark. [45, 30] strese girmeden öldürülen balıkların başlangıç pH'larının yüksek olduğunu ve pH düşüşlerinin ise yavaş olduğunu Atlantik somon balıkları ile yaptıkları çalışma ile kanıtlamışlardır.

Bazı araştırmacılar [92, 88, 89, 93] ölüm öncesi balıkların yakalanma süresine kadar çarpınmasının balıklarda stres faktörü olduğunu ve bu faktörün balıkların et kalitesi üzerine etkili olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca Kiessling ve ark. [94] somon balıkları üzerinde yaptıkları çalışmada ölüm öncesi uygulanan farklı anestezi maddelerin balıklarda strese sebep olup olmadıklarını araştırmışlardır [89]. Berg ve ark. [77] ile Clarke [95], ölüm öncesi yüksek kas aktivitesi ile stres artışı arasında bir korelasyon olduğunu ve stresli balıkların rigor-mortis sürecine çok hızlı girdiklerini ortaya koymuşlardır [30].

Kas dokusunda protein fraksiyonları olan myosin ve aktin ile yüksek enerji kaynağı olan ATP (Adenozin tri fosfat) bulunur. Balık canlı iken ATP, myosine bağlıdır. Kasların kasılması sırasında ATP myosinden ayrılır, parçalanarak ADP (Adenozin di fosfat)'ye dönüşerek enerji açığa çıkarır. ADP, kreatin fosforik asit reaksiyonuna girerek tekrar ATP'yi oluşturur. Balıklar avlandıktan sonra kas hücreleri canlılıklarını bir süre korur. Ancak balığın ölüm sürecinde kreatin fosfat konsantrasyonunun düşmesi ile birlikte ATP konsantrasyonu da paralel olarak düşmektedir [96, 97, 98]. Serbest kalan myosin, kaslardaki konsantrasyonu düşmüş olan ATP'ye bağlanamayıp ortamda bulunan aktin ile birleşmesiyle birlikte bir aktomyosin kompleksinin oluşumu sonucunda kaslarda sertleşme meydana gelmektedir [99, 98]. Canlılığın ölümünden kısa bir süre sonra kaslarda meydana gelen bu olaya rigor-mortis (ölüm sertliği) denir [100, 98]. Sıcakkanlı hayvanlarda rigor-mortis süresi farklı türlerde

6-18 saat arasında değişirken, balıklarda normal koşullarda bu süre 1-3 saat arasındadır.

Balıkların avlanmasını müteakip kas dokusunda meydana gelen biyokimyasal olaylar üç aşamada gerçekleşir; pre rigor aşama (et yumuşak), rigor aşama (et sert) ve post rigor aşama (ette sertlik kaybının meydana gelmesi). Bahsedilen son aşama, her bir balık türü için karakteristiktir ve sıcaklıkla değişkenlik göstermektedir. Son yıllarda farklı araştırmacılar [101, 102, 103, 104] ölüm sonrası (post mortem) kaslarda meydana gelen biyokimyasal ve fizikokimyasal değişimleri araştırıp bu değişimleri aşağıdaki şekilde vermişlerdir [14].



Şekil 1.5. Kas dokusunda meydana gelen post-mortem değişimler [102, 14].

Balıkların ölümünden sonra hücrelere oksijen gidişinin durmasından dolayı vücuttaki reaksiyonlar anaerobik koşullarda gerçekleşmeye başlar. Anaerobik koşullarda (glikolizis) glikojen parçalanarak laktik asit üretimi gerçekleşir ve kaslardaki

pH değeri düşmeye başlar. Bu olaylar pre-rigor adı verilen devrede gerçekleşir ve balık eti bu devrede yumuşak haldedir. ATP konsantrasyonunun düşmesine paralel olarak dokularda sertleşmeler meydana gelmeye başlar. Bu devreye rigor-mortis adı verilmektedir. Bu süreçte ATP, ADP, ve AMP miktarlarında düşme görülür iken, balık etine lezzeti veren IMP (inosin mono fosfat) konsantrasyonunda yükselme görülmektedir. Şayet IMP inosin'e ve devamı olarak da hipoksantin'e parçalanır ise, bu kez balık etinde istenmeyen kötü kokular oluşmaktadır. Otolitik enzimlerin aktif hale gelerek protein yapısını parçalamaya başlaması ile birlikte rigor-mortis süreci tamamlanmış olur ve post rigor adı verilen süreç başlamış olmaktadır. Bu devrede ise kas proteinleri denatüre olmaya başlamakta ve etin su tutma kapasitesi düşmektedir [14].

Ölüm sonrası balıkların et kalitesine etkili olan önemli süreç rigor-mortis'dir [39, 30]. Rigor-mortis hızı geniş şekilde pre-mortem (ölüm öncesi) safhadaki stresin [105, 28] ve et kalitesinin [106, 28] belirteci olarak kullanılabilir [29]. Rigor-mortis süresini etkileyen faktörlerin başında avlanmadan sonraki ölüm şekli gelmektedir. Balığın avlanmadan sonra, ölüncüye kadar uzun süre çarpınması kaslardaki ATP konsantrasyonunun hızla düşmesine, glikojenin hızlı bir şekilde parçalanarak laktik aside dönüşmesine [107, 30] ve sonuçta rigor-mortis süresinin kısılmasına neden olur. Stien ve ark. [89] Pottinger [88], Robb [41], Robb ve ark. [56], Thomas ve ark [87]; balıklarda stres faktörünün rigor süresini etkilediği ve ölüm öncesi strese maruz kalmış olan balıkların rigor süresinin kısa olduğunu bildirmişlerdir. Bunun engellenmesi ve ölüm öncesi kas aktivitesini düşürebilmek için ani ölüm şekilleri uygulanmalıdır [50, 30]. Bunlar; balığın sudan çıktığı an başın arkasındaki *Medulla oblongata* kısmına darbe uygulanması [108, 50, 77], anestezi madde kullanılması [95, 56], omuriliğin etkisiz hale getirilmesi [37] ve elektrik şoku [108] uygulamasıdır.

Ölüm sertliğinden (Rigor-mortis) sonra (etlerin yumuşamaya başladığı andan) etlerin kokuşmaya başladığı ana kadar balık etinde oluşan tüm değişimlere "otoliz" denir. Etin kalite özelliklerini düşürmesinden dolayı, ölüm sonrası balık etlerinin otoliz sürecine girmesi ticari olarak istenmeyen bir durumdur [109, 110]. Balık etlerinin kimyasal bileşiminde protein, yağ, glikojen gibi makro moleküllü organik bileşikler bulunur. Canlı balığın kas dokularındaki ortalama pH 7.3 civarındadır. Ölüm sonrası pH 5-6 civarına düştüğünde balık vücudunda bulunan enzimler (pepsin, erepsin, tripsin, katepsin, lipaz v.s.) maksimum aktivite gösterebilecekleri pH'ya ulaştığından, makro moleküllü organik bileşikler parçalamaya başlarlar. Proteinler, peptidler ve amino

asitlere; yağlar, yağ asidi ve gliserine; glikojen ise glikoza parçalanır. Enzimlerin bu şekildeki etkinlikleriyle, mikroorganizmaların kullanabilecekleri bileşiklere dönüştürülmüş olur. Bu aşamadan sonra, mikroorganizma faaliyetleri ile birlikte kokuşma olayı başlar [111]. Ayrıca kas dokusunun doğal yapısında bulunan proteolitik enzimlerin etkisi ile protein denaturasyonu hızla gelişir. Bunun sonucu olarak da su kaybı artar ve ürünün tekstürü de olumsuz yönde etkilenmektedir.

Söz konusu değişimler sıcakkanlı hayvan etleri ile kıyaslandığında, en hızlı balık etlerinde oluşur. Ayrıca ölüm öncesi strese maruz kalmış balıkların Rigor-mortis süresi oldukça kısadır. Rigor-mortis süresi kısa olan balıklar, otoliz sürecine daha kısa zamanda girmektedir. Bu nedenlerden dolayı strese maruz kalmış balıklar daha hızlı bozulmaya uğrar ve muhafaza süreleri de kısalmış olur [112, 89]. Ölüm öncesi iyi muamele edilmiş, iyi seçilmiş bir ölüm yöntemi ve rigor'un geciktirilmesi ile balıklar daha taze kalabilmektedirler [39, 30].

Balıkların strese girmesi sonucu kaslardaki kreatin fosfat, ATP içeriği ve pH düşmekte; rigor mortis'e giriş hızlanmakta [77, 27]; kaslardaki laktik asit miktarı [28] ve K-değeri artmakta [79]; et tekstürü daha yumuşak bir hal almaktadır [113, 79, 27, 110]. Pre-mortem (ölüm öncesi) aşamada uygun bir öldürme metodu seçmek iyi bir et kalitesinin elde edilmesi açısından büyük önem arz etmektedir [110].

1.5. Balık Eti Kalitesi Üzerine Soğukta Muhafazanın Etkisi

Balıkların soğuk ortamda muhafaza edilerek naklinin yapılması 1800'lü yıllardan beri, fizyolojik faydası bilindiğinden dolayı uygulanan bir yöntemdir [114]. Balığın soğukta muhafazası sonucu muhafaza süresi; balık türüne, ortam sıcaklığına, mevsime, balığın kondisyonuna, yakalanma metoduna ve ambalajın durumu gibi faktörlere bağlıdır. Soğutarak muhafaza ile su ürünlerinde bulunan enzimatik ve mikrobiyal faaliyetlerin azaltılması ve daha uzun sürelerde kalitelerinde bir bozulma meydana getirmeksizin muhafazalarını sağlamak amaçlanmaktadır [115, 116, 117]. Soğukta muhafaza işlemi balığın tadı ve besleyicilik değerini mükemmel bir şekilde koruyan yöntemdir [4].

Mishima ve ark. [38] ölüm sonrası meydana gelen değişimleri geciktirmek ile balık etinin lezzet ve tekstür gibi tüketicileri için kalite değerlendirme kriterleri olan faktörleri olumlu yönde etkilediğini bildirmişlerdir. Aynı araştırmacılar ölüm sonrası kalite değişimlerine sebep olan en önemli faktörün, muhafaza sıcaklığı olduğunu

belirtmişlerdir. Muhafaza sıcaklığının, ürünün raf ömrü ve organoleptik kalitesi üzerine etkili bir faktör olduğu kabul edilmektedir [118, 119, 29, 54]. Aynı şekilde Stien ve ark. [89], Torrissen ve ark. [120], Wedekind ve Griese [121], Esaiassen ve ark. [122] ölüm sonrası balıkların muhafaza sıcaklığının balıkların et kalitesini üzerine etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Muhafaza sıcaklığı hijyenik ve teknik kalitenin belirlenmesinde de önemlidir. Balık etinin rigor seyri, tekstürü, rengi, mikrobiyolojik gelişimi ve su tutma kapasitesi muhafaza sıcaklığı tarafından doğrudan etkilenmektedir [123, 120, 89].

Sikorski ve ark. [39] soğukta muhafazanın ileri aşamalarında balıkların tazelik kayıpları ile balık etlerindeki pH değerinin nötr'e doğru yaklaşmasının aynı zamana rastladığını bildirmişlerdir. Et pH değerinin yükselmesinin endojenik ve bakteriyel enzimlerin faaliyetleri sonucu bazik-nitrojenik bileşiklerin ortaya çıkması ile izah edilmiştir.

Lounga ve Goldspink [124], Abe ve Okuma [125] gibi araştırmacılar balıklarda glikolitik kas enzim aktivitesinin muhafaza sıcaklığının düşmesi ile azaldığını bildirmişlerdir. Bu açıklamaya paralel olarak, düşük sıcaklıkta muhafaza edilen balık filetolarının pH düşüşünün daha yavaş olacağı sonucu ortaya çıkarılmıştır.

Iwamoto ve ark. [126] pisi balıklarında yaptıkları çalışmada 5-15⁰C'lik muhafaza sıcaklığı aralığının 0⁰C ve 20⁰C'lik sıcaklık değerlerine göre ATP düşüşünü ve rigor-mortis gelişimini yavaşlattığını bildirmişlerdir. Ayrıca 5⁰C ve 10⁰C'lik muhafaza sıcaklıklarının, 15⁰C'deki muhafaza sıcaklığına göre balık etinin tazeliğinin korunmasında daha etkili olduğunu açıklamışlardır.

Mochizuki ve ark. [127] kefal balıkları için en uygun muhafaza sıcaklığının 5-10⁰C'lik aralık olduğunu yaptıkları araştırmalar ile ispat etmişlerdir. 0⁰C ila -3⁰C'lik sıcaklık aralığına göre bu sıcaklık aralığında, enerjiyle ilgili bileşiklerin değişimi ve rigor-mortis ilerlemesinin daha düşük hızda cereyan ettiği görülmüştür. Ayrıca 5-10⁰C'lik aralıkta balıklardaki tazelik kaybının daha az olduğu ifade edilmiştir [38].

Tanaka [128] yaptığı araştırma sonucu, pisi balıklarının marketlere naklinde 0⁰C'lik sıcaklık değerinden ziyade 10⁰C'lik sıcaklık değerlerini önermiştir. Aynı araştırmacı bu balıkların ekonomik değeri yüksek balıklar olduğunu belirtmiş olup, 10⁰C sıcaklıkta balıkların rigor-mortis'e daha geç girdiğini ve ATP düşüşünün daha yavaş olduğunu bildirmiştir [38].

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Einen ve Thomassen [129], ölüm öncesi şiddetli açlığın balıkların tazelik, tekstür ve renk özellikleri üzerine olan etkilerini belirlemeye çalışmışlardır. Yapılan araştırmada Atlantik somon balıkları (*Salmo salar*) iki gruba ayrılmıştır. Bir grup balığa kesim esnasına kadar ticari yem (94.2% kuru madde, 42.8% protein, 32.1% yağ, 8.1% kül, 11.2% karbohidrat) verilmiştir. Bir grup balık ise kesimden 0, 3, 7, 14 gün öncesinde aç bırakılmıştır. Öldürülüp içi buz dolu kutularda 3-5⁰C’de muhafazaya alınıp 0, 4 ve 12. günlerde analizler yapılmıştır. Kaslardaki glikojen oranı 0. günde aç kalma süresi ilerledikçe azalmıştır. 4. ve 12. günlerde ise glikojen oranının düşüş hızı daha yavaş seyretmiştir. 0. günde açlığın; laktik asit ve pH düzeyleri üzerine önemli bir etkisi gözlenmemesine rağmen, muhafazanın 4 ve 12. günlerinde aç kalma süresi arttıkça kaslardaki pH seviyesinde yükselme, laktik asit miktarında ise düşüş gözlenmiştir. Araştırmacılar, bu sonuçların Love’nin [130] morina balıkları ve Ostefeld ve ark.’nın [131] alabalıklar ile ilgili çalışmaların sonuçları ile uyumluluk gösterdiğini bildirmişlerdir. Etin tekstür analiz değerleri ise hem aç kalma süresine bağlı olarak, hem de muhafaza süresine bağlı olarak düşme göstermiştir. Bu sürelerde aynı zamanda balıklar pişirilerek duyu analizi gerçekleştirilmiştir. Balıklardaki tazelik kokusu, aç kalma süresi ilerledikçe azalmıştır. Öte yandan balık etinin dışında algılanan ve acılığı andıran lezzet algılaması aç kalma süresi ilerledikçe daha belirgin hissedilmiştir. Lindsay [132, 133] ve Olafsdottir ve ark. [134] zamanla ATP’nin parçalanma ürünlerinin konsantrasyonunun artması ile balıklarda tazelik kokusu ve lezzet yerine, yağ oksidasyonundan kaynaklanan istenmeyen lezzetin hakim olduğunu bildirmişlerdir. Yine duyu analizi sonuçlarına göre balık etinin sıklığı aç kalma süresine bağlı olarak azalmıştır. Bu çalışma sonucunda araştırmacılar ölüm öncesi balıkların şiddetli aç bırakılmasının, stres etkisi oluşturduğunu ve kalite özelliklerini olumsuz yönde etkilediği görüşünü rapor etmişlerdir.

Wang ve ark. [95], kültür somon balıklarının (*Salmo salar*) ölüm sonrası muhafazasında rigor indeksi tesbit edilmiş olup ve pre-, in- ve post rigor aşamalarında balık etindeki tazelik göstergesi olan K-değerinin gösterdiği değişimleri incelemişlerdir. Öncelikle balıkların başlarına sert cisimlerle vurularak ani bir şekilde öldürülmüştür ve kutulara konup üzeri buz ile kaplanmıştır. Araştırmacılar bu kutuları 0⁰C sıcaklığa sahip soğutma odalarına almışlardır. Bu sıcaklıkta ölümü müteakip 8 saat sonra rigor mortis’in tamamlandığı görülmüştür. Berg ve ark. [77]’nin stressiz bir şekilde öldürülen

somon balıkları ile yaptıkları çalışmanın sonuçları bu değerleri doğrulamaktadır. Rigor'un en yüksek olduğu nokta muhafazanın 60-70 saatler arasında görülmüştür. Kaslardaki ATP içeriğinin pre-rigor aşamasında 7.25 $\mu\text{mol/g}$ olduğu, in-rigor motris (ölüm sertliği esnası) aşamasında 0.14 $\mu\text{mol/g}$ değerine düştüğü ve post-rigor motris (sertlik sonrası) aşamasında ise bu değer 0.09 $\mu\text{mol/g}$ değerine düştüğü gözlenmiştir. 0°C sıcaklık ve 60 saatlik muhafaza esnasında balıklarda ATP'nin parçalanma ürünleri olan ADP, AMP, IMP HxR ve Hx değerlerine bakılmıştır. Sırasıyla inosin ve hipoksantin değerleri 0'dan 1.20'ye, 1.20'den de 4.06 $\mu\text{mol/g}$ değerine ve 0.08'den 0.33'e, 0.33'den de 0.84 $\mu\text{mol/g}$ değerlerine yükselmiştir. Son olarak balıklarda tazelik indeksi olan K-değerleri gözlenmiştir. Pre-rigor esnasında K-değeri %0.7, in-rigor esnasında %10.6 ve post-rigor esnasında ise %41.1 olarak artış göstermiştir. Kısaca 0°C muhafaza sıcaklığında pre-rigor'dan itibaren balıkların tazelik kayıplarında hızlı bir artış görülmüştür. Araştırmacılar K-değerlerindeki bu sonuçların Erikson ve ark. [79]'nın yine Atlantik somon balıkları ile yaptıkları çalışmanın sonuçları ile paralellik gösterdiğini rapor etmişlerdir.

Skjervold ve ark. [29] Atlantik somon balıklarının et kalitesi üzerine, ölüm öncesi balık yoğunluğu stresinin ve soğuk muamelesinin etkilerini araştırmışlardır. Somon balıkları (3-6 kg) havuzlarda iki farklı balık yoğunluğu stresine (<50 ve >300 kg/m^3) maruz bırakılmıştır. Ardından ikinci stres faktörü olarak soğuk (1°C'de 45 dakika) ortamda yaşamaya (30-60 dk) zorlamışlardır. Bu etkilerin sonunda anestezi madde ile balıklar sersemletilerek öldürülmüştür. Bu şekilde, balıklara iki farklı stres faktörü uygulanarak rigor sürecinin ne şekilde etkilendiği gözlenmiştir. Yüksek populasyon yoğunluğunda yaşayan balıklar düşük yoğunlukta yaşayan balıklardan, soğuk muamele öncesi ve sonrası balıklardan ayrı ayrı kan örnekleri alınarak kortizol, glukoz, laktat ve ozmoliz düzeylerine bakılmıştır. Ayrıca kas dokusundan örnekler alınarak kaslardaki glikojen miktarları ölçülmüştür. Rigor-mortis evresi ise duyusal olarak tesbit edilmeye çalışılmıştır. Hem soğuk muamele öncesinde hem de soğuk muamele sonrasında farklı alabalık yoğunluklarında yaşamaya zorlanan balıkların kan parametreleri birbirinden önemli derecede farklı çıkmıştır. Kortizol, laktat ve ozmolite değerleri, populasyon yoğunluğu fazla olan ortamda yaşamaya zorlanan balıklarda önemli derecede yüksek çıkmıştır. Wedermeyer ve ark. [135]'na göre, kan'da bu parametrelerin yüksek düzeyde bulunması, balıkların çok fazla strese maruz kaldığını ortaya koymaktadır. Balıkların rigor indeksi analizleri sonucu, alabalık yoğunluğu fazla olan ortamda yaşayan balıkların rigor'a daha erken girdiği görülmüştür. Rigor'a erken

giren grup post-rigora 96 saatte ulaşırken, populasyon yoğunluğu az olan ortamda yaşayan balıklar ise 120 saatten sonra bu noktaya ulaşabilmişlerdir. Bir diğer stres faktörü olan soğuk muameleden evvel ve sonra yoğun ortamda yaşayan balıkların glikojen düzeyleri daha düşük ($p<0.05$) çıkmıştır. Bu sonuç ile düşük yoğunlukta yaşayan balıkların, rigor'a geç girmelerini daha açık bir şekilde izah etmektedir. Araştırmacılar, çalışma sonucunda stres faktörlerinin et kalitesini etkilediğini ve stressiz kesime alınan balıkların et kalitelerinin daha yüksek olacağını bildirmişlerdir.

Son yıllarda öldürme işleminden evvel balıkların yaklaşık 1 saat ve 1°C 'lik soğuk su ortamında bekletilmesi uygulaması yaygınlaşmıştır [136, 29]. Balıkların yaşadığı suyun sıcaklığı ile soğuk suyun sıcaklığı arasındaki sıcaklık farkı ne kadar az olur veya bu sıcaklık farkı kademeli bir şekilde düşürülecek olursa, balıkların strese girmesi de o kadar önlenmiş olur [137, 138]. Ancak balıkların vücut sıcaklığında hızlı bir düşüş olması durumunda, balıklar büyük oranda strese girebilmektedirler [139, 138, 140]. Bu işlemin balıkların rigor'a girme hızını düşürdüğü çeşitli araştırmacılar tarafından da belirtilmiştir [115, 116]. Lavety ve ark. [77] ile Love [130] düşük su sıcaklığı ile muamele edilmeden kesime alınan balıkların fileto kalitelerinin daha düşük olduğunu rapor etmişlerdir.

Norveçli iki bilim adamı Tobiassen ve Sorensen [141] Atlantik somon balıkları ve alabalıkları üzerine çok farklı ölüm yöntemleri uygulamışlar ve en uygun öldürme yönteminin sert cisimlerle darbe uygulama ve öjenol (eugenol) katılmış su banyosunda anestezik madde ile bayılttıktan sonra öldürme yöntemleri olduğu sonucunu ileri sürmüşlerdir. Termal şok, CO_2 muamelesi gibi diğer yöntemlerin balıklarda hızlı bir duyarlılık kaybına sebep olmadığını bildirmişlerdir [14].

Urbieta ve Gines [40] likit buz uygulaması ile geleneksel buz uygulaması şeklinde iki farklı öldürme yöntemini çipura balıkları (*Sparus aurata*) üzerine uygulamış ve balıkların belli bir süredeki tazelik kriterlerini incelemişlerdir. Tazelik kriteri olarak tekstür analizi, K-değeri ve yüzey rengi değerlendirmeye alınmıştır. Tuzun suyun donma noktasını düşürücü etkisinden yola çıkarak, balıkları öldürmede kullanılacak şok suyu sıcaklığı -2.3°C ile -2.8°C 'lere kadar düşürülmüştür. Çalışma sonucunda uygulanan öldürme yöntemlerinden 2 ve 7 gün sonra hazırlanan filetolara uygulanan tekstür analizi ölçümlerinde likit buz uygulanmış balıkların delme ve sıkıştırma değerleri daha yüksek çıkmıştır. Bu parametreler filetonun sıklığı, yapışkanlığı ve elastikiyeti hakkında bize bazı ön bilgiler vermektedir. Bu iki parametrenin de likit buz ile muamele edilmiş balıklarda yüksek oluşu, söz konusu

balıkların tekstürel yönden daha üstün vasıflı olduğunu ve filetolarının daha sıkı olduğunu göstermektedir. Kısaca geleneksel buz ile muamele edilmiş balıkların tekstür özellikleri olumsuz yönde etkilenmişlerdir. Balıklarda ölüm sonrası tazelik kriterleri göstergelerinden biri olan K-değeri ise 2. ve 15. günlerde yapılan ölçümlerde, geleneksel buz uygulanmış balıklarda daha yüksek çıkmıştır. K-değeri ile balığın tazeliği arasında bir doğru orantı söz konusudur. K-değerinin küçük olması balığın tazeliğinin o derecede yüksek olduğunun göstergesidir. Geleneksel buz uygulanmış balıkların K-değerinin yüksek oluşunun sebebi ölüm öncesi geleneksel buzda balıkların daha çok strese girdiğini göstermiştir. Sonuç olarak araştırmacı, likit buz muamelesinin geleneksel buz muamelesine göre daha hızlı ölüme sebep olmasından dolayı balıkların daha az strese girdiklerini ve bundan dolayı tazelik kriterlerinin bu balıklarda daha üstün olduğunu ifade etmiştir.

Skjervold ve ark. [54], ölüm öncesi balık yoğunluğunun ve/veya soğuk muamelesinin (1⁰C’de 1 saat) Atlantik somon balıkları (*Salmo salar*) üzerine stres etkisi yapıp yapmadıklarını belirlemeye çalışmışlardır. Benzer şekilde su içerisindeki kafesin balıklarda strese sebep olduğu bazı araştırmacılar [69, 70, 71, 29] tarafından ileri sürülmüştür. Çalışma, dört grupta ve 50 balık üzerinde yürütülmüştür. Bir grup (1) ölüm öncesi hiçbir muameleye tabi tutulmamış, ikinci grup (2) balık populasyon yoğunluğu fazla olan bir ortama alınmıştır, üçüncü gruba (3) soğuk muamelesi uygulanmış ve dördüncü grup (4) ölüm öncesi hem yoğun ortama bırakılmış hem de soğuk muamelesi uygulanmıştır. Ölüm işlemini müteakip balıklar içi buz dolu kutularda soğuk muhafazaya alınmıştır. Ölüm öncesi hem balık yoğunluğu hem de soğuk muamelesi kan plazmasındaki kortizol, laktat ve osmolite düzeyini önemli derecede artırmıştır. Bu sonuçlar hem balık yoğunluğunun hem de soğuk muamelesinin ölüm öncesi stres sebebi olduğunu ortaya koymaktadır. Plazma glukoz düzeyi üç (3) ve dördüncü (4) gruplarda 20% civarında artmıştır. Ancak ikinci grup (2) balıklarda glukoz düzeyi 70% civarında artmıştır. Bu sonuç balıkların yoğun balık ortamından daha fazla etkilendiğini göstermektedir. Ölüm öncesi hem balık yoğunluğunun hem de soğuk muamelesinin rigor motris, pH ve kas glikojeni üzerine önemli etkilerinin olduğu ortaya çıkarılmıştır. Bu sonuç, uygulanan stres faktörlerinin kas metabolizmasında önemli değişimlere neden olduğunu göstermiştir. Yoğun ortamda yaşayan balıkların (2) kas pH değerleri soğuk muhafazanın 5 ve 17 günler arasında çok yüksek seyretmiştir. Fileto kalitesini belirlemek için muhafazanın beşinci gününden sonra yapılan tekstür analizlerinde yoğun ortamda yaşayan balıkların (2) et gevreklik (yumuşaklık) değerleri daha düşük

çıkıştır. Ancak bu grubun 24. saatteki et sıklık değerleri daha yüksek çıkmıştır. Et sıklığının yüksek çıkması yüksek pH ile ilişkilendirilmiştir. Et teknolojisinde, başlangıç glikojen oranı düşük olan ve yeteri kadar pH düşüşü gösteremeyen etlerin DFD etler (koyu, sıkı ve kuru) olarak tanımlandığı bildirilmiştir. Bu çalışmada da araştırmacılar yoğun ortamda yaşayan balıkların (2) daha fazla strese maruz kalmasından dolayı glikojeni ölüm öncesi harcadığından, rigor ve post-rigor sürecinde pH yeteri kadar düşemez ve daha sıkı bir et yapısına sahip olan DFD etlere benzer et yapısının oluşacağını bildirmişlerdir.

Skjervold ve ark. [142] Atlantik somon balıklarını (*Salmon salar*) ölüm öncesi ortalama 1°C olan soğuk ortamda 45 dakika beklettikten sonra soğuk suya anestezi madde ilavesi ile bayıltıp öldürmüşlerdir. Daha sonra balıkları üç gruba ayırmışlardır. Birinci grup balıkların ölümden 2 saat sonra (pre-rigor), ikinci grup balıkların ölümden 1 ve 2 gün sonra (in-rigor) ve üçüncü grup balıkların ölümden 5 gün sonra (post-rigor) filetolalarını çıkarıp 0-2°C arası soğuk ortamda muhafazaya almışlardır. Balıklar öldürüldükten 7 ve 14 gün sonra filetolalarının bazı kalite özelliklerini belirlemişlerdir. Kalite kriterleri olarak su tutma kapasitesi, fileto verimi, fileto ağırlığı ve filetolaların tekstür analizleri seçilmiştir. Ölümden sonra, 7. gün ve 14. gün sonunda analizleri yapılan balıkların pre-, in ve post-rigor devrelerindeki fileto verimi, su tutma kapasitesi ve fileto ağırlıklarında önemli değişiklik gözlenememiştir. Tekstür analizi olarak filetolaların ezilme değerleri incelenmiştir. Muhafazanın 7. günü sonunda pre-rigor noktasında ezilme değerleri en küçük çıkmış olup, ölümden filetolama işlemine doğru (pre-rigordan post-rigora doğru) artış göstermiştir. Bu gelişim muhafazanın 14. gününde çok daha açık şekilde görülmüştür. Genel olarak, buzlu ortamda muhafaza edilen balıkların ezilme değeri zamanla artış göstermektedir. Bu sonuçlar, Fletcher ve ark.'nın [143] Kral somon (*Oncorhynchus tshawytscha*) balıkları ile yaptıkları çalışmanın sonuçları ile uygunluk göstermiştir. Bazı araştırmacılar [144, 145, 146], ezilme değerinin artması olayını kas fibrillerinin ara yüzeyinde bulunan ve fibrillerin bir arada tutulmasında katkısı olan Sarolemma zarının bozulmasına bağlamışlardır. Sarolemma zarının bozulması ile kas fibrillerinin fiziksel olarak daha serbest ve gevşek yapı sergileyeceklerini açıklamışlardır.

Morzell ve ark. [147] farklı ölüm yöntemlerinin kalkan balığının (*Psetta maxima*) et kalitesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Kalkan balığının ekonomik değeri yüksek olup, kalite kusurlarının ve erken bozulma gibi olayların, büyük ekonomik kayıplara sebep olabileceği ifade edilmiştir. Kalkan balıkları her biri 450-550 g ağırlıklarında

olmak üzere, 16-18⁰C su sıcaklığına sahip balık çiftliklerinden temin edilmiştir. Balıklara buzlu suda sersemletme, sert cisimle darbe uygulama ve elektrik şoku uygulama şeklinde üç farklı öldürme metodu uygulanmıştır. Öldürme işlemlerinin ardından derileri yüzülerek filetolama işlemi gerçekleştirilmiştir. Filetolar plastik saklama kaplarında 0⁰C sıcaklığındaki soğutucuya alınıp 9 gün boyunca muhafaza edilmiştir. Bu sürede filetoların pH, renk, tekstür, su tutma kapasitesi ve proteoliz değerleri sürekli ölçülmüştür. Ayrıca bu sürede her gün duyuusal analizlere de tabi tutmuşlardır.

Mekanik olarak sert bir cisimle öldürülmüş olan balıkların etlerinin başlangıç pH değerleri diğer yöntemlerden önemli derecede yüksek çıkmıştır. Araştırmacılar bu şekildeki ani ölüm yönteminin sonucunu, ölüm öncesi stresin düşük olması ile izah etmişlerdir. Buzlu suda sersemletme ve elektrik şoku uygulamaları ile balıklar mevcut ortamdan uzaklaşmak için çabalayıp çırpınmaktadırlar. Bu durumu gerçekleştirmek için vücudundaki glikojeni harcayıp kaslarında laktik asit birikimine sebep olmaktadır. Laktik asit artışı sonucunda kas dokularında pH değerinin düştüğünü açıklamışlardır. Muhafazanın 48. saatinden sonra farklı ölüm yöntemleri uygulanmış balıkların pH değerleri arasında anlamlı bir fark bulunamamış olup pH değeri 6.5 civarında olmuştur. Muhafazanın son gününde balıklarda strese neden olan öldürme yöntemleri ile öldürülmüş olan balıkların pH değerlerinde artış görülmüştür. Bu sonuç; söz konusu öldürme yöntemleri uygulanmış balıkların tazelik kayıplarının daha hızlı olduğunu göstermiştir.

Aynı balıkların renk ölçümlerinde ise; elektrik şoku uygulanarak öldürülen balıklarda kırmızılık (a) yüksek ve parlaklık (L) düşük çıkmıştır. Bu olay elektrik şokunun damarlardaki kanın akış düzenini bozduğu ve kanın kaslarda birikmesi ile izah edilmiştir. Bogges ve ark. [148] yayın balıkları üzerinde yaptıkları araştırmada benzer görüşleri ileri sürmüşleridir.

Robb ve ark. [149] alabalıklara elektrik şoku uygulayarak, uygulama süresinin alabalıklar üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılara göre balık ve diğer eti tüketilebilen hayvanlara pek çok ticari öldürme yöntemleri uygulanmaktadır. Bu yöntemler hayvanda strese sebep olup, çırpınma gibi istenmeyen davranışlara yol açmasından dolayı çeşitli tartışmalara yol açmıştır. Balıklar için et kalitesinin özellikleri göz önünde bulundurularak öldürme yönteminin seçiminin önemi vurgulanmıştır. Alabalıklar (*Oncorhynchus mykiss*) için özellikle su içerisinde solunum yetmezliğine sebep olan öldürme metodunun yaygın olarak kullanıldığı bildirilmektedir. Küçük

balıklara ise genelde elektrik uygulamasının tercih edildiği ifade edilmiştir. Yapılan bir çalışmada alabalıkların bulunduğu suya verilen elektriğin süresi, frekansı ve akımın şiddeti ayrı ayrı araştırılmıştır. Çalışmada elektrik akımının şiddetinin ve süresinin balıklar üzerinde büyük etkiye sahip olduğu belirtilmiştir. Alabalığın ölümü için yeterli olan eşik değerlerin tesbiti için birçok uygulama yapılmıştır. Ancak bu denemeler gerçekleştirilirken balık etinin kalite özelliklerinin de göz önünde bulundurulmasından dolayı elektrik uygulamasının uygun eşik değerleri tesbit edilmeye çalışılmıştır.

Ruff ve ark. [30] α -tokoferol ile yemlemenin ve farklı öldürme yöntemlerinin kalkan balıklarının (*Scophthalmus maximus* L.) et kalitesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Kalkan balıkları yemleme şekillerine göre üç gruba ayrılmışlardır. 5 ay boyunca bu üç gruba 100, 500 ve 1000 mg/kg α -tokoferol asetat olmak üzere farklı düzeylerde α -tokoferol asetat (E vitamini) verilmiştir. α -tokoferol asetat doğal, yağda çözünebilen bir antioksidandır. Frigg ve ark. [68], Baker ve Davies [150] α -tokoferol'un yağ oksidasyonunu düşürücü etki göstermesinden dolayı balıkların yemlerine zenginleştirme amacıyla ilave edilebileceğini bildirmişlerdir. Balıkların kesim sonrası kaslarında belli bir konsantrasyonda bulunacak olan α -tokoferol'un, filetoların yağ peroksidasyonunu düşürücü etki göstereceğini açıklamışlardır. 5 ay sonra yaklaşık 1000 g ağırlığa ulaşmış olan balıklara termal şok ve darbe uygulayarak öldürme olmak üzere farklı ölüm yöntemleri uygulanmıştır. Balıkların, filetoları çıkarılarak buz içerisinde soğuk depolara nakledilmiştir. Zamana bağlı olarak rigor indeksi, pH, malondialdehit (MDA) ve tekstür analiz değerleri ölçülmüş ve bu parametreler birbirleri ile uyumlu çıkmıştır. Baş kısmına darbe uygulanarak öldürülen balıkların başlangıç pH'larının yüksek olduğu ($p < 0.01$) ve rigor mortis'e daha geç girdiği görülmüştür. Bu sonuç, kafasına darbe uygulayarak öldürülen balıkların daha az strese maruz kaldığını göstermektedir. Ottera ve ark. [45]'nin bilgileri bu sonucu doğrulamaktadır. Ayrıca beslenme şeklinin, balık filetolarının raf ömrünü etkilediği de ortaya çıkarılmıştır. Raf ömrünü tesbit amacıyla depolama boyunca yağ oksidasyonunun tesbiti amacıyla malondialdehit (MDA mg/kg) analizleri yapılmıştır. Soğukta muhafazanın ikinci gününden itibaren yüksek düzeyde (500 ve 1000) α -tokoferol ile yemlenmiş olan balık filetolarının yağ oksidasyonu önemli düzeyde düşük çıkmıştır. Bu sonuç daha evvel bu konuda çalışmış olan araştırmacıların sonuçları ile paralellik göstermiştir [151]. Çalışma sonucu araştırmacılar ölüm öncesi bilinçli bir yemleme (besleme) ve uygun bir öldürme metodu ile balıkların et kalitelerinin artırılabilirliği yorumlarını yapmışlardır.

Jittinandana ve ark. [110], Alp alabalığı (*Salvelinus alpinus*) filetosundan

yapılmış olan tütsülenmiş etin kalite özellikleri üzerine balığın doğal özelliklerinin ve ölüm öncesi stresin etkisinin olup olmadığı hakkında çalışma yapmışlardır. Balıklar uygulama şekline göre dört gruba ayrılmıştır. Birinci grup balıklara stres uygulanmadan aniden öldürülmüştür (1), ikinci grup balıklar stres işleminden hemen sonra işlemeye alınmıştır (2), üçüncü grup balıklar stres işleminden 24 saat sonra işlemeye alınmıştır (3) ve son gruptaki balıklar stres işleminden 48 saat sonra işlemeye alınmıştır (4). Uygulanan stres yöntemi olarak sığ bir ortamda, balık yoğunluğu çok fazla olan ortamda balıkların çırpınarak ölmesi sağlanmıştır. Stresiz öldürülen balıklar ise başlarına sert cisimle vurularak aniden öldürülmüştür. Pre-mortem stres; balıkların kuyruk çatal uzunluklarında, vücut ağırlıklarında, gonad ağırlıklarında ve baş ağırlıklarında önemli bir değişikliğe neden olmamıştır. Araştırmacılar stres işleminin kısa süreli bir uygulama olduğunu, halbuki balıkların fiziksel özelliklerinin değişebilmesi için uzun zaman periyoduna ihtiyaç duyulacağını belirtmişlerdir. Strese maruz bırakılmış balıkların bağırsak ağırlıklarında önemli oranda düşme görülmüştür. Mazeaud ve ark. [152], Grafflin [153] gibi araştırmacılar balıklarda primer ve sekonder stres etkileri ile bağırsakların boşalması arasındaki ilişkiyi daha önceki yıllarda belirlemişlerdir. Marinatlama işleminden sonra en az fileto ağırlık kaybına stressiz şartlarda avlanan balıklarda rastlanmıştır.

Sigholt ve ark. [27] ile Hole [154] Somon balıkları ile yaptıkları çalışmada strese maruz kalmış balıkların kas fibrillerinin daha kırılğan ve etlerinin daha yumuşak olduğunu bildirmişlerdir. Erikson ve ark. [76], strese maruz kalmış somon balıklarının rigor mortis'e daha hızlı girmesinden dolayı kaslarının daha yumuşak olduğunu rapor etmişlerdir. Ando ve ark. [155] ise strese maruz kalmış balıkların kollajen yapıdaki fibrillerinin kırılğanlığının daha fazla olmasından dolayı et tekstürlerinin daha yumuşak olduğunu bildirmişlerdir. Bütün bu sonuçlara ilave olarak, Jittinandana ve ark. [110] et tekstürleri daha yumuşak olan balık filetoalarında dehidrasyonun daha fazla olduğunu, bu nedenle stres uygulanmış olan balıklarda fileto ağırlık kaybının daha fazla olduğunu açıklamışlardır.

Lines ve ark. [156] alabalıklar için öldürme yöntemi olarak elektrik uygulaması üzerinde araştırmalar yapmışlardır. Lines ve ark. [156], alabalıklar için ticari olarak en yaygın öldürme yönteminin buzlu su içerisinde öldürmek olduğunu, ancak bu yöntemin balıkları ölüm öncesi strese maruz bıraktığını bildirmişlerdir. Balıkların bulunduğu suya elektrik akımı uygulamanın, parametreleri iyi ayarlandığı takdirde daha uygun bir öldürme yöntemi olduğunu açıklamışlardır. Çalışma İngiltere'de çeşitli alabalık

çiftlilerinde uygulanmıştır. Çalışma neticesinde elektrik şoku cihazı için ayarların 60-saniyelik uygulamaya ilaveten 1000-Hz ve 250 V/m r.m.s. değerlerinin optimum olduğunu tavsiye etmişlerdir. Tavsiyeler ışığında İngiltere’de alabalık sektörü ile ilgililerin öldürme yöntemi olarak elektrik uygulamasını tercih ettikleri gözlenmiştir.

Mishima ve ark. [157] İstavritler (*Trachurus japonicus*) üzerine yaptıkları çalışmada, ölüm sonrası balık eti kalitesine ölüm yöntemlerinin ve muhafaza sıcaklığının etkisini araştırmışlardır. Ölüm yöntemleri olarak ani ölüm, çırpınarak ölüm, sıcaklık şoku ve balık omuriliğini kırma şeklinde dört farklı ölüm yöntemi uygulanmıştır. Öldürme işlemini müteakip, polietilen torbaların içerisinde 0, 5, 10 ve 15⁰C olmak üzere dört farklı muhafaza sıcaklığında depolanmıştır. Belirlenen süre aralıklarında balıkların dorsal (sırt) kaslarından örnekler alınarak ATP ile ilişkili bileşik, laktik asit ve tekstür tayinlerinde kullanılmıştır. ATP, IMP ve laktik asit konsantrasyonlardaki değişim en az 10⁰C’deki muhafaza sıcaklığında gerçekleşmiştir. K-değerindeki artış ise yine en az 10⁰C’deki muhafaza sıcaklığında gerçekleşmiş olup, peşinden 15⁰C’lik muhafaza sıcaklığı en az artışı göstermiştir. Bu çalışma sonucunda en uygun muhafaza sıcaklığının 10⁰C sıcaklıkta olabileceğini göstermiştir. Ayrıca ölüm sonrası kasların sertlik değerleri ölçülmüştür ve en yüksek tekstür analiz değerleri 5⁰C ve 10⁰C’lik sıcaklıklarda görülmüştür. İlave olarak farklı ölüm yöntemleri uygulanıp yukarıdaki bahsedilen farklı muhafaza sıcaklıklarında depolanan balıkların ATP, IMP ve laktik asit konsantrasyonlardaki değişimleri araştırılmıştır. Bu bileşiklerdeki en az değişimin, omuriliği kırılmış balıklarda olduğu görülmüştür. Balıkların omuriliğinin kırılması ile kasların hareketini kontrol eden otonom sinir sisteminin fonksiyonunu yitirdiği izah edilmiştir. Araştırmacılar diğer öldürme yöntemlerinde otonom sinir sisteminin fonksiyonuna devam etmesinden dolayı istem dışı da olsa kasların hareket ettiğini, ATP tüketiminin ve laktik asit birikimin bu süreçte hızlı bir şekilde devam ettiğini bildirmektedirler. Sonuç olarak, muhafaza sıcaklığı olarak 10⁰C’lik sıcaklığın ve ölüm yöntemi olarak omurilik kırma işleminin ölüm sonrası değişimleri geciktirmekte daha etkili olduğu bildirilmiştir.

Stien ve ark. [158] stres ve muhafaza sıcaklığının rigor öncesi fileto haline getirilmiş morina balıklarının (*Gadus morhua* L.) kalitesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Balıklara düşük dozda, ölüm öncesi balıkların bayıltılmasında kullanılan metakain (MS-222) (14,3 mg/l) verilmiştir. Bu şekilde balıklar görsel uyarılara karşı tepkisizleştikten, ağlar ile dışarı alınıp başlarına sert bir cisimle vurularak öldürülmüşlerdir. Bu grup balıklar, stressiz grup olarak nitelendirilmiştir.

Diğer gruba ise lokal anesteziye sebep olan benzokain (150 g/l) verilmiş ve balıklar yine aynı şekilde ağlar ile dışarı alınmışlardır ve stressiz grupta olduğu şekilde öldürülmüştür. Ölüm öncesi, balıklar benzokain adlı anestetik madde ile görsel uyarılara kısmen tepki verebildiği için strese sebep olduğu bildirilmiştir. Her iki grup balığın solungaçları kesilmiş ve filetoları çıkarılmıştır. Filetolar ise 4 ve 20⁰C olmak üzere iki farklı sıcaklıkta depolanmıştır. Kesimden sonra rigor esnasındaki örneklerin pH değerleri, takip eden örneklerin pH değerlerinden önemli derecede yüksek çıkmıştır. Stressiz balıkların başlangıç pH değeri, stres uygulanmış balıkların pH değerinden yüksek çıkmıştır. Muhafaza süresince stresli ve stressiz balıklar arasındaki pH farkı giderek azalmış ve muhafazanın süresinin sonu olan 5000 dakika sonucunda hiçbir fark kalmamıştır. Ancak rigor sonrası düşük sıcaklıkta (4⁰C) muhafaza edilen filetoların pH değerleri, yüksek sıcaklıkta (20⁰C) muhafaza edilene göre daha yüksek çıkmıştır. Bu sonuçlar, Loungha ve Goldspink [124] ile Abe ve Okuma [125]'nin sazanlar üzerinde yaptıkları araştırmalar ile paralellik göstermiştir. Stres faktörlerinin etin tekstürü üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı gözlemlenmiştir. Aynı şekilde filetoların tekstür analiz değerleri muhafaza süresince de önemli bir değişim göstermemiştir. Skjervold ve ark. [159]'nin somon balıkları üzerinde yaptıkları benzer çalışma da, bu sonucu desteklemektedir. Sadece yüksek sıcaklıkta (20⁰C) muhafaza edilmiş olan balık filetolarının tekstür analiz değerleri düşük sıcaklıkta muhafaza edilene göre daha düşük çıkmıştır.

Benzer şekilde Morkore ve ark.'nın [160, 161] yaptıkları çalışma rigor öncesi filetolanan morina balığının raf ömrünün, rigor sonrası filetolanan morina balığına göre daha uzun olduğu görülmüştür.

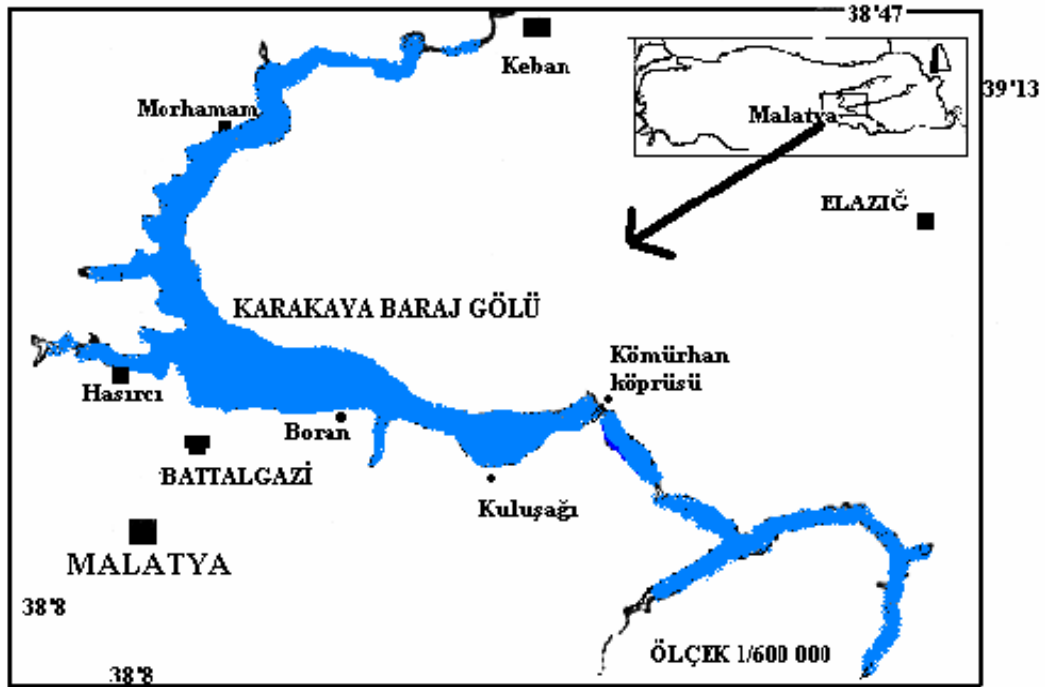
Scherer ve ark. [162] farklı ölüm yöntemleri uygulanan ot sazani'nin (*Ctenopharyngodon idella*) kimyasal ve mikrobiyolojik kalite özelliklerini araştırmışlardır. *Ctenopharyngodon idella* balığına iki farklı ölüm yöntemi (buzlu suya daldırma ve elektrik şoku uygulama) uygulanıp 20 gün boyunca buz içerisinde muhafaza edilmiştir. Bu süre boyunca balığın kimyasal ve mikrobiyolojik parametreleri incelenmiştir. Toplam uçucu bazik azot (TVB-N), pH, mukus'daki karbohidrat veya protein içerikleri değerlendirilmiştir. Farklı ölüm yöntemleri uygulanan balıklarda bu değerlerde önemli bir değişiklik gözlemlenmemiştir. Muhafazanın başlangıcında, buzlu su içerisinde öldürülen balığın bakteri yükünün oldukça düşük olduğu gözlemlenmiştir. Muhafazanın 7. gününe dek elektrik şoku uygulanarak öldürülen balığın hem mezofilik hem de psikrofilik bakteri yükleri buzlu su içerisinde öldürülenden fazla

çıkmiştir. Ancak muhafazanın sonunda buzlu su içerisinde öldürülen balığın bakteri yükünün elektrik şoku uygulanarak öldürülen balığın bakteri yükünden daha fazla sayıya ulaştığı tesbit edilmiştir. Bununla beraber farklı ölüm şekilleri balıkların muhafaza süreleri üzerine önemli bir etkide bulunmamıştır. Balıklar için kabul edilebilir sınır değeri olan 3×10^6 CFU g⁻¹ bakteri sayısına 13-16 günler arasında ulaşmışlardır. pH değeri sınır değer olan 6.8 değerini muhafazanın 4. gününde aşmıştır. Balıklardaki Toplam uçucu bazik azot (TVB-N) değeri ise 20 gün boyunca soğukta muhafaza edildiği halde sınır değer olan 30 mg/100g değerine bu süre boyunca ulaşamamıştır. Bu nedenle farklı ölüm yöntemleri uygulanarak soğuk şartlarda muhafaza edilen balıkların kimyasal analizleri, balıkların raf ömürleri hakkında önemli bilgiler sunamamıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

3.1. Materyal

Denemelerde, Nisan-Haziran 2004'de Karakaya baraj gölünün Hasırcılar-Kırkgöz mevkiinden yakalanmış olan 108 adet sazan (*Cyprinus carpio* L.) balığı ve aynı mevkide bulunan özel bir alabalık yetiştirme çiftliğindeki kafeslerden temin edilmiş olan 108 adet alabalık (*Oncorhynchus mykiss* W.) materyal olarak kullanılmıştır. Ortalama ağırlıkları 905 ± 95 g olan sazan (*Cyprinus carpio* L.) balıkları ve ortalama ağırlıkları ise 345 ± 53 g olan alabalıklar (*Oncorhynchus mykiss* W.) yakalamanın ardından vakit kaybetmeksizin farklı öldürme işlemlerine tabi tutulmuşlardır. Balıkların temin edildiği baraj gölünün Nisan 2004'de ortalama su sıcaklığı 16°C , pH'sı 7.56 ve çözülmüş oksijen düzeyi 7.8 mg/l olarak ölçülmüş olup, suda nitrat ve amonyum varlığına ise rastlanmamıştır.



Şekil 3.1. Balıkların temin edildiği Malatya-Karakaya Baraj gölünün konumu

3.1.1. Alabalık (*Oncorhynchus mykiss* W.)

Vücut, uzamış ve az basık olup, sırtta bir yağ yüzgeci mevcuttur. Sırt yüzgeci 10-12, anal yüzgeci ise 8-12 yumuşak ışına sahiptir. Pulları, sikloit ve küçüktür. Yanal

çizgi tam, az öne doğru 100 ile 150 adet pulla kaplanmıştır. Başın üst kısmı ve arkası çelik mavisi, mavi-yeşil, sarı-yeşil ve hemen hemen kahverengidir. Vücut kenarları gümüşü, beyaz veya soluk sarı-yeşilden griye eğilimli olan bir renktir. Karın kısmı gümüşü beyaz veya sarıdır. Yine vücut kenarlarında bulanık pembe, mavimtrak veya geniş açık bir pembe bant ile çok sayıda küçük lekeler mevcuttur (Şekil 3.2.). Anaçlarda yumurtlama zamanı renk çok koyu ve yanal çizgi ise çok kırmızı renk alır [163].



Şekil 3.2. Gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)

3.1.2. Sazan (*Cyprinus carpio* L.)

Sazan geniş bir coğrafik alana yayılmıştır. Avrupa, Asya, Afrika, Latin Amerika (özellikle Brezilya) ve Avustralya’da yetiştiriciliği yapılan bir türdür. Ülkemizde doğal olarak yaşayan sazan, “adi sazan” veya “pullu sazan” şeklinde isimlendirilir. Özellikle balıklandırma ve yetiştiricilikte kullanılan ise “aynalı sazan”dır (Şekil. 3.3).



Şekil 3.3. Aynalı sazan (*Cyprinus carpio* L.)

Baş ve sırt kısımları esmer yeşil, yanlar yeşilimsi sarı renktedir. Ağızda diş bulunmaz, farinks dişleri vardır. Ağız kenarında bir çifti kalın, diğer çifti ince olan bıyıklara sahiptir. Göğüs ve karın yüzgeçleri çift, diğer yüzgeçleri ise tektir. Aynalı Sazanda sırt yüzgeci altında tek sıra, kuyrukta ve vücudun bazı kısımlarında dağınık bir şekilde pullar bulunur. Vücut kambur ve baş küçüktür. Böylece daha fazla et bağlama imkanına sahiptir [163].

3.2. Yöntemler

Araştırmada iki farklı tür balığa (sazan ve alabalık) iki farklı tip ölüm şekli (ani ölüm ve stresli ölüm) uygulanmıştır. Ani ölüm şekli olarak, balıkların başına sert bir cisimle vurularak ölmeleri sağlanmıştır. Stresli ölüm şeklinde ise balıkların karaya çıkarılıp çırpınarak ölmesi sağlanmıştır. Ölüm işlemlerini müteakip balıklar 0., 12., 24., 36., 48., ve 60. saat sonucunda olmak üzere altı farklı sürede 10⁰C'lik ortam şartlarında bekletildikten sonra baş, iç organlar, deri ve kemiksi yapılar uzaklaştırılmış ve filetolara laboratuarda fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik testler uygulanmıştır.

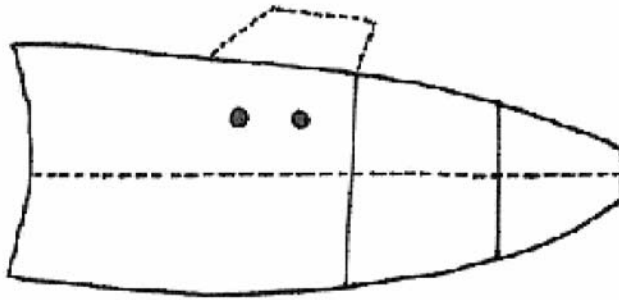
Analizler İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Araştırma ve Uygulama Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiş olup, denemeler üç tekerrürlü ve üç paralel olarak yürütülmüştür.

3.3. Analiz Metotları

3.3.1. Fiziksel Analizler:

Elde edilen filetoların Tekstür ölçümleri *LFPlus* Tekstür Analiz cihazı (Lloyd instruments, Ametek Inc.) ile belirlenmiştir. Ölçümler, dorsal yüzgecin altı ile lateral çizgi arasında kalan bölgede yapılmıştır ve 12.5 mm çapındaki silindirik piston kullanılmıştır (Şekil 3.4.). Pistonun uyguladığı sıkıştırma (N) kuvveti filetonun sertliği veya yumuşaklığı hakkında bilgi vermektedir [129].

Çeşitli araştırmacılar [83, 164, 165, 27] tekstürün ölçümünün ölüm öncesi etkilerin belirlenmesinde önemli belirteçlerden biri olduğunu vurgulamışlardır [40].



Şekil 3.4. Balıkların tekstür ölçümlerinin yapıldığı noktalar [129].

3.3.2. Kimyasal Analizler:

a.) pH tayini; Gökalp ve ark.'nın [166] belirtildiği şekilde ve 'HANNA pH 211' (HANNA Instruments) pH-metre cihazı ile ölçülmüştür. 10 g örnek 100 ml distile su ile Waring Blender'de homojenize edilmiş ve pH-metre'nin probu çözelti içerisine daldırılarak okuma yapılır.

b.) Protein miktarı analizi TSE'nin 1748 sayılı Kjeldahl Metoduna göre yapılmıştır [167].

c.) Yağ miktarı analizi TSE'nin 1744 sayılı eter ekstraksiyon yöntemi yardımıyla yapılmıştır [168].

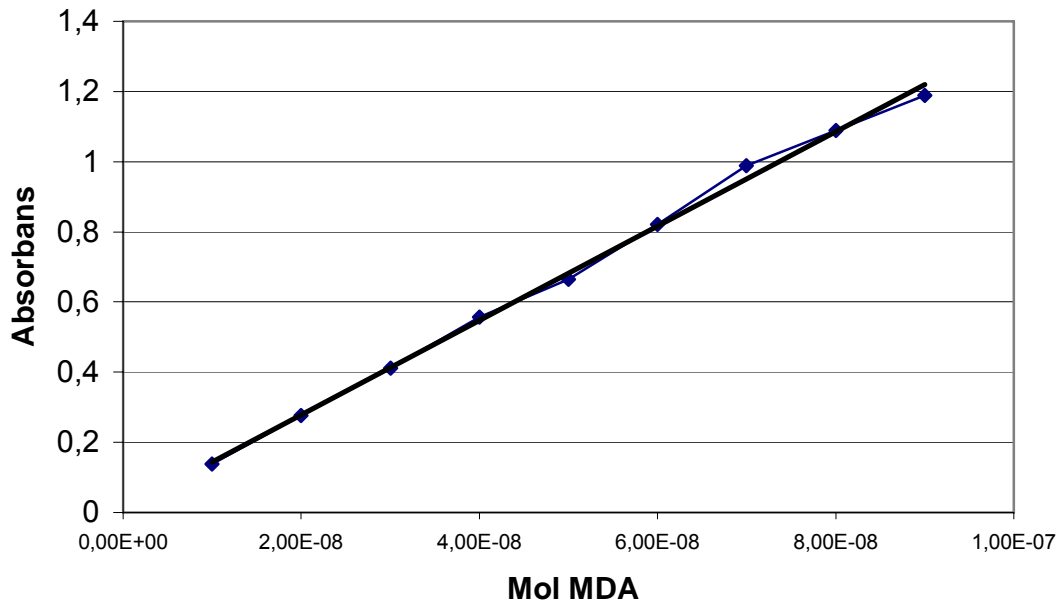
d.) Kurumadde (nem) miktarı TSE'nin 1743 sayılı yöntemine göre etüvde ($105\pm 2^{\circ}\text{C}$) uygulanmıştır [169].

e.) Kül tayini; TSE'nin 1746 sayılı yöntemine göre kül fırınında ($550\pm 2^{\circ}\text{C}$) uygulanmıştır [170].

f.) Laktik asit miktarı; Keller ve ark.'nın [171] belirttiği titrasyon yöntemi ve 'ISOLAB digitrate 50 ml' (ISOLAB laborgerate GMBH) yardımıyla saptanmıştır. Asitlik tayini saf su ile Waring Blender'de homojenize örneğin 0.1 N NaOH (Riedel-de Haen 06203) ile pH'nın 8.3'e ayarlanması şeklinde uygulanmıştır [172].

g.) Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) Tayini; balık kaslarında meydana gelen kimyasal değişikliklerin en önemli özelliklerinden birisi uçucu bazların üretimidir ve bozulma seviyelerinin anlaşılmasında uygulanmaktadır. Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) tayini Schormüller'e [173] göre belirlenmiştir. Waring Blender'de homojenize edilen 10 g örneğe alkalileştirme amacıyla 2 gr MgO (Merck 1.05862) ve 1-2 ml köpük kırıcı ilave edilmiş balon içeriği destilasyona bırakılmış ve içerisinde 0.1 N H_2SO_4 (Merck 1.00713) bulunan balonda toplanan destilat 0.1 N NaOH ile titre edilmiştir [174].

h.) Malondialdehit (MDA) Tayini; balıklarda tazelik kriterlerinden olan [14] MDA (malondialdehit) tayini Schormüller'in [175] önerdiği metoda göre yapılmış olup otoliz esnasındaki lipid oksidasyon derecesinin tesbiti için 2-thiobarbütirik asit yöntemi uygulanmıştır. 10 g örnek 4 N HCl (Merck 1.00314) ile asitlendirilerek Waring Blender'de homojenize edilmiş ve üzerine birkaç damla köpük kırıcı ilave edilerek distilasyon işlemi uygulanmıştır. Distilasyon ünitesinin altına ölçü silindiri konulup 50 ml distilat toplanmıştır. Toplanan distilattan 5 ml örnek tüpe alınmış ve 5 ml 0.02 M 2-thiobarbütirik asit (Sigma T55000) reaktifi ilave edilmiştir. Tüpler sıkıca kapatılarak sıcak su banyosunda 35 dk. bekletildikten sonra soğutulmuş ve 530 nm'de spektrofotometre'de (Jenway 6100, Jenway Ltd. UK) absorbansı okunmuştur. spektrofotometrik ölçüm sonucu daha evvel hazırlanmış olan tetraetoksipropan (TEP) eğrisi (Şekil 3.5.) yardımıyla belirlenen katsayı ile çarpılarak MDA (malondialdehit) düzeyini mg/kg şeklinde saptanmıştır [176].



Şekil 3.5. Tetraetoksipropan (TEP) standart eğrinin görünümü

3.3.3. Mikrobiyolojik Analizler:

a.) Toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı için PCA dökme plak yöntemine göre uygulanmıştır. 10 g örnek Waring Blender'de 90 ml serum fizyolojik su (% 0.85 NaCl) homojenize edildikten sonra % 0.1 steril peptonlu su (Merck 1.07214) ile 10^1 , 10^6

dilüsyonları hazırlanıp standart Plate Count Agar'a (Labm-L010) dökme plaka yöntemine göre ekimler yapıp 35⁰C'de etüvde 2 gün inkübasyona bırakılmıştır. Sonuçta 20-200 arasında plaklarda üreyen mezofil bakterilerin sayımları yapılmıştır [177].

b.) Psikrofilik bakteri sayımı için yine PCA dökme plak yöntemine göre yapılmıştır. 10 g örnek Waring Blender'de 90 ml serum fizyolojik su (% 0.85 NaCl) homojenize edildikten sonra % 0.1 steril peptonlu su (Merck 1.07214) ile 10¹,10⁶ dilüsyonları hazırlanıp standart Plate Count Agar'a (Labm-L010) dökme plaka yöntemine göre ekimler yapıp 8-10⁰C'de buzdolabında 10 gün inkübasyona bırakılmıştır. Sonuçta 20-200 arası plaklarda üreyen psikrofil bakterilerin sayımları yapılmıştır [177].

3.3.4. Sonuçların değerlendirilmesi:

Araştırma sonucunda elde edilen veriler istatistiki analizlere tabi tutularak farklılıklar tesbit edilmiştir [178]. Elde edilen verilerin varyansı one-way ANOVA ile Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak SPSS (SPSS Inc. Chicago, USA) istatistik paket programında değerlendirilmiş ve önemlilik düzeyi p<0.05 olarak seçilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Sazan (*Cyprinus carpio* L.) ve Alabalık (*Oncorhynchus mykiss* W.) Etinin Kurumadde, Protein, Yağ ve Kül Miktarları Tayini

Araştırma materyali olarak kullanılan sazan (*Cyprinus carpio* L.) ve alabalık (*Oncorhynchus mykiss* W.) etlerinin kurumadde, protein, yağ ve kül içerikleri Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Araştırmada Kullanılan Sazan (*Cyprinus carpio* L.) ve Alabalık (*Oncorhynchus mykiss* W.) Etlerinin Kurumadde, Protein, Yağ ve Kül İçeriği (%)

Balık Türü	Kurumadde	Protein*	Yağ	Kül
Alabalık (<i>Oncorhynchus mykiss</i> W.)	27.45	19.56	5.37	1.47
Sazan (<i>Cyprinus carpio</i> L.)	24.81	19.52	1.00	1.23

*Protein = N x 6.25

Çizelge 4.1.'de görüldüğü gibi alabalık (*Oncorhynchus mykiss* W.) etinin kurumadde, protein, yağ ve kül içerikleri çeşitli araştırmacıların [179, 180] sonuçları ile paralellik göstermiştir. Buna karşılık sazan (*Cyprinus carpio* L.) etinin yağ içeriği bazı araştırmacıların [181, 162] sonuçlarına göre düşük çıkmıştır. Çalışmamızda sazanların avlanıldığı dönemin aynı zamanda döllenme dönemine rastlaması yağ oranının düşük çıkmasının sebebi olarak görülmektedir. Balıklar, döllenme için gerekli enerjiyi vücutlarındaki yağlardan karşılamaktadırlar. Bundan dolayı döllenme döneminde balık etlerinde yağ oranında azalma, buna karşılık su oranında artış görülmektedir [10].

4.2. Kimyasal Analizler

4.2.1. Farklı ölüm şekillerinin sazan (*Cyprinus carpio* L.) ve alabalık (*Oncorhynchus mykiss* W.) etinin pH'sı üzerine etkileri

Memeli hayvan kaslarındaki glikojen, fizyolojik stresin ve et kalitesinin göstergelerinden biri olmasına rağmen balıklarda stres göstergesi olarak pek

kullanılmamaktadır [182, 183, 184]. Balıklarda genelde post-mortem pH ve nükleotid seviyesi post-mortem olayların indikatörü olarak kullanılmaktadır [185, 105, 29]. Kısaca su ürünlerinin tazeliklerinin tespitinde pH derecesinin tayini önemli bir yardımcı testtir [186].

Farklı ölüm şekillerinin; muhafaza süresi boyunca balık etlerinin pH'sı üzerine etkileri çizelge 4.2.'de verilmiştir

Çizelge 4.2. Farklı Ölüm Şekillerinin Muhafaza Süresince Balık Etlerinin pH'sı Üzerine Etkileri

Balık türü	Ölüm şekli	Ölüm sonrası +10°C'de bekletme süresi (saat)	I. Tekerrür			II. Tekerrür			III. Tekerrür		
			1 p.*	2 p.	3 p.	1 p.	2 p.	3 p.	1 p.	2 p.	3 p.
A L A B A L I K	Ani ölüm	0	6.56	6.60	6.67	6.34	6.32	6.33	6.43	6.45	6.43
		12	6.48	6.49	6.51	6.22	6.24	6.25	6.36	6.36	6.39
		24	6.42	6.42	6.37	6.05	6.11	6.16	6.24	6.33	6.34
		36	6.43	6.43	6.46	6.21	6.19	6.20	6.35	6.35	6.35
		48	6.55	6.55	6.55	6.29	6.31	6.26	6.42	6.40	6.42
		60	6.71	6.74	6.72	6.34	6.36	6.35	6.45	6.51	6.49
	Çırpınarak ölüm	0	6.57	6.54	6.56	6.22	6.23	6.28	6.30	6.31	6.31
		12	6.48	6.49	6.51	6.18	6.19	6.22	6.28	6.28	6.29
		24	6.42	6.43	6.41	6.17	6.17	6.18	6.28	6.25	6.28
		36	6.61	6.64	6.71	6.29	6.29	6.28	6.32	6.33	6.34
		48	6.78	6.77	6.73	6.32	6.35	6.35	6.35	6.35	6.35
		60	6.88	6.82	7.04	6.40	6.44	6.38	6.37	6.42	6.36
S A Z A N	Ani ölüm	0	6.58	6.64	6.64	6.72	6.74	6.79	7.07	7.08	7.06
		12	6.50	6.48	6.46	6.47	6.56	6.69	6.97	6.94	6.94
		24	6.33	6.31	6.38	6.31	6.34	6.35	6.69	6.75	6.75
		36	6.44	6.43	6.42	6.41	6.44	6.83	6.78	6.86	6.87
		48	6.57	6.58	6.53	6.71	6.70	7.02	6.97	7.00	7.04
		60	6.66	6.60	6.60	6.80	6.86	7.13	7.09	7.14	7.17
	Çırpınarak ölüm	0	6.55	6.55	6.55	6.61	6.65	6.86	6.88	6.89	6.91
		12	6.54	6.54	6.54	6.53	6.57	6.60	6.73	6.82	6.84
		24	6.51	6.53	6.52	6.34	6.43	6.55	6.63	6.63	6.70
		36	6.57	6.55	6.57	6.65	6.67	6.69	6.91	6.96	6.96
		48	6.65	6.61	6.60	6.74	6.75	7.04	7.10	7.12	7.11
		60	6.73	6.75	6.73	6.83	6.78	7.10	7.17	7.20	7.16

*p: paralel

- Öldürme işleminin hemen ardından (0. saat) ölçülen pH analiz değerleri

Farklı uygulama şekillerinin ölüm işleminin hemen ardından (0. saat) ölçülen pH değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.3.'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Balıkların Ölümünün Hemen Ardından (0. saat) Ölçülen pH Değerleri Üzerine Uygulama Şeklinin Etkilerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Uygulama Şekli	3	0.396	15.184*
Hata	32	0.02608	—

Çizelge 4.3.'deki varyans analizi sonuçlarında görüleceği gibi; balıkların ölümünün hemen ardından (0. saat) ölçülen pH değerleri üzerine uygulama şekli istatistiki olarak önemli ($p < 0.05$) etki yapmıştır. Uygulama şekillerinin pH değeri ortalamalarına ait Duncan testi sonuçları Çizelge 4.4.'de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Balıkların Ölümünün Hemen Ardından (0. saat) Ölçülen pH Değerleri Üzerine Uygulama Şekli Ortalamalarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama Şekli	n	pH*
Alabalık ani ölüm	9	6.4589 ± 0.1257^b
Alabalık çırpınarak ölüm	9	6.3689 ± 0.1446^b
Sazan ani ölüm	9	6.8133 ± 0.2022^a
Sazan çırpınarak ölüm	9	6.7167 ± 0.1635^a

*Farklı harflerle işaretlenmiş olan ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P < 0.05$).

Çizelge 4.4.'den görüldüğü üzere; aynı tür içerisinde farklı ölüm yöntemlerinin etin pH'sı üzerine önemli bir etkisi olmamıştır. Ancak sazan etlerinin pH değerleri alabalık etlerinin pH değerlerinden önemli ($p < 0.05$) derecede yüksek çıkmıştır. Yapılan pH analizleri sonucu sazan ve alabalıkların başlangıç pH'larının farklı olduğu Çizelge 4.4. ve Şekil 4.1'de görülmüştür. Araştırmanın amacı olan aynı tür içerisinde farklı

ölüm yöntemleri uygulanmış balıkların kesimin hemen ardından yapılan pH analizlerinde istatistiki olarak önemli bir değişim görülmemiştir.

- Öldürme işleminden 12 saat sonra ölçülen pH değerleri

Çizelge 4.5. Balıkların Ölümünden 12 Saat Sonra Ölçülen pH Değerleri Üzerine Uygulama Şeklinin Etkilerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Uygulama Şekli	3	0.284	11.858*
Hata	32	0.02399	—

Çizelge 4.5.'deki varyans analizi sonuçlarında görüleceği gibi; balıkların ölümünden 12 saat sonra ölçülen pH değerleri üzerine uygulama şekli istatistiki olarak önemli ($p < 0.05$) etki yapmıştır. Uygulama şekillerinin pH değeri ortalamalarına ait Duncan testi sonuçları Çizelge 4.6.'de verilmiştir.

Çizelge 4.6. Balıkların Ölümünden 12 Saat Sonra Ölçülen pH Değerleri Üzerine Uygulama Şekli Ortalamalarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama Şekli	n	pH*
Alabalık ani ölüm	9	6.3667 ± 0.1120^b
Alabalık çırpınarak ölüm	9	6.3244 ± 0.1328^b
Sazan ani ölüm	9	6.6678 ± 0.2229^a
Sazan çırpınarak ölüm	9	6.6344 ± 0.1269^a

*Farklı harflerle işaretlenmiş olan ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P < 0.05$).

Çizelge 4.6.'da görüldüğü üzere; aynı tür içerisinde farklı ölüm yöntemlerinin etin pH'sı üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunamamıştır ($p > 0.05$). Araştırmanın amacı olan aynı tür içerisinde farklı ölüm yöntemlerinin 12. saatte herhangi bir etkisine rastlanmamıştır. Ancak sazan etlerinin pH değerleri alabalık etlerinin pH değerlerinden önemli ($p < 0.05$) derecede yüksek çıkmıştır.

- Öldürme işleminden 24 saat sonra ölçülen pH değerleri

Çizelge 4.7. Balıkların Ölümünden 24 Saat Sonra Ölçülen pH Değerleri Üzerine Uygulama Şeklinin Etkilerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Uygulama Şekli	3	0.157	7.693*
Hata	32	0.02046	–

Çizelge 4.7.'deki varyans analizi sonuçlarında görüleceği gibi; balıkların ölümünden 24 saat sonra ölçülen pH değerleri üzerine uygulama şekli istatistiki olarak önemli ($p<0.05$) etki yapmıştır. Uygulama şekillerinin pH değeri ortalamalarına ait Duncan testi sonuçları Çizelge 4.8.'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Balıkların Ölümünden 24 Saat Sonra Ölçülen pH Değerleri Üzerine Uygulama Şekli Ortalamalarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama Şekli	n	pH*
Alabalık ani ölüm	9	6.2711 ± 0.1372^b
Alabalık çırpınarak ölüm	9	6.2878 ± 0.1081^b
Sazan ani ölüm	9	6.4678 ± 0.1985^a
Sazan çırpınarak ölüm	9	6.5378 ± 0.1092^a

*Farklı harflerle işaretlenmiş olan ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Çizelge 4.8.'de görüldüğü üzere; muhafazanın 24. saatinde hem sazan (*Cyprinus carpio* L.) hem de alabalık'larda (*Oncorhynchus mykiss* W.) ölüm şekilleri arasında önemli bir fark görülememiştir. Ancak sazan etlerinin pH değerleri alabalık etlerinin pH değerlerinden önemli ($p<0.05$) derecede yüksek çıkmıştır.

- Öldürme işleminden 36 saat sonra ölçülen pH değerleri

Çizelge 4.9. Balıkların Ölümünden 36 Saat Sonra Ölçülen pH Değerleri Üzerine Uygulama Şeklinin Etkilerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Uygulama Şekli	3	0.287	9.738*
Hata	32	0.02945	—

Çizelge 4.9.'daki varyans analizi sonuçlarında görüleceği gibi; balıkların ölümünden 36 saat sonra ölçülen pH değerleri üzerine uygulama şekli istatistiki olarak önemli ($p<0.05$) etki yapmıştır. Uygulama şekillerinin pH değeri ortalamalarına ait Duncan testi sonuçları Çizelge 4.10.'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Balıkların Ölümünden 36 Saat Sonra Ölçülen pH Değerleri Üzerine Uygulama Şekli Ortalamalarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama Şekli	n	pH*
Alabalık ani ölüm	9	6.3300 ± 0.1055^b
Alabalık çırpınarak ölüm	9	6.4233 ± 0.1755^b
Sazan ani ölüm	9	6.6089 ± 0.2161^a
Sazan çırpınarak ölüm	9	6.7256 ± 0.1707^a

*Farklı harflerle işaretlenmiş olan ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Çizelge 4.10.'da görüldüğü üzere aynı tür balıklarda ve muhafazanın 36. saatinde, farklı ölüm yöntemlerinin etin pH'sı üzerine önemli bir etkisi tesbit edilememiştir. Ancak sazan etlerinin pH değerleri alabalık etlerinin pH değerlerinden önemli ($p<0.05$) derecede yüksek çıkmıştır.

- Öldürme işleminden 48 saat sonra ölçülen pH değerleri

Çizelge 4.11. Balıkların Ölümünden 48 Saat Sonra Ölçülen pH Değerleri Üzerine Uygulama Şeklinin Etkilerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Uygulama Şekli	3	0.434	11.204*
Hata	32	0.03873	–

Çizelge 4.11.'deki varyans analizi sonuçlarında görüleceği gibi; balıkların ölümünden 48 saat sonra ölçülen pH değerleri üzerine uygulama şekli istatistiki olarak önemli ($p<0.05$) etki yapmıştır. Uygulama şekillerinin pH değeri ortalamalarına ait Duncan testi sonuçları Çizelge 4.12.'de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Balıkların Ölümünden 48 Saat Sonra Ölçülen pH Değerleri Üzerine Uygulama Şekli Ortalamalarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama Şekli	n	pH*
Alabalık ani ölüm	9	6.4167 ± 0.1149^b
Alabalık çırpınarak ölüm	9	6.4833 ± 0.2181^b
Sazan ani ölüm	9	6.7911 ± 0.2140^a
Sazan çırpınarak ölüm	9	6.8578 ± 0.2293^a

*Farklı harflerle işaretlenmiş olan ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Çizelge 4.12.'de görüldüğü üzere aynı tür balıklarda ve muhafazanın 48. saatinde, farklı ölüm yöntemlerinin etin pH'sı üzerine önemli bir etkisi tesbit edilememiştir. Ancak sazan etlerinin pH değerleri alabalık etlerinin pH değerlerinden önemli ($p<0.05$) derecede yüksek çıkmıştır.

- Öldürme işleminden 60 saat sonra ölçülen pH değerleri

Çizelge 4.13. Balıkların Ölümünden 60 Saat Sonra Ölçülen pH Değerleri Üzerine Uygulama Şeklinin Etkilerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Uygulama Şekli	3	0.425	8.440*
Hata	32	0.05032	–

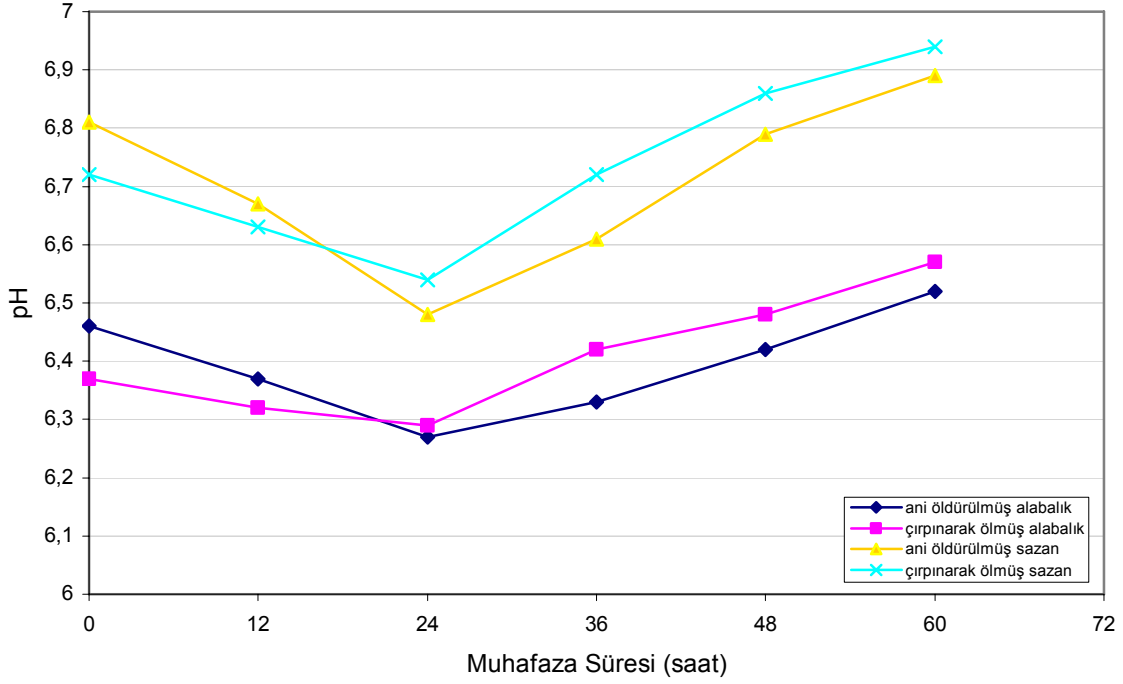
Çizelge 4.13.'deki varyans analizi sonuçlarında görüleceği gibi; balıkların ölümünden 60 saat sonra ölçülen pH değerleri üzerine uygulama şekli istatistiki olarak önemli ($p<0.05$) etki yapmıştır. Uygulama şekillerinin pH değeri ortalamalarına ait Duncan testi sonuçları Çizelge 4.14.'de verilmiştir.

Çizelge 4.14. Balıkların Ölümünden 60 Saat Sonra Ölçülen pH Değerleri Üzerine Uygulama Şekli Ortalamalarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama Şekli	n	pH*
Alabalık ani ölüm	9	6.5189 ± 0.1648^b
Alabalık çırpınarak ölüm	9	6.5678 ± 0.2664^b
Sazan ani ölüm	9	6.8944 ± 0.2420^a
Sazan çırpınarak ölüm	9	6.9389 ± 0.2111^a

*Farklı harflerle işaretlenmiş olan ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Çizelge 4.14.'de görüldüğü üzere aynı tür balıklarda ve muhafazanın 60. saatinde, farklı ölüm yöntemlerinin etin pH'sı üzerine istatistiki olarak önemli bir etkisi tesbit edilememiştir. Ancak sazan etlerinin pH değerleri alabalık etlerinin pH değerlerinden önemli ($p<0.05$) derecede yüksek çıkmıştır.



Şekil 4.1. Farklı ölüm yöntemleri uygulanmış sazan (*Cyprinus carpio* L.) ve alabalıkların (*Oncorhynchus mykiss* W.) soğukta muhafaza sürecindeki pH değişimleri.

Şekil 4.1.'den görüldüğü üzere çırpınarak ölüm sürecine giren balıklar kaslarındaki glikojeni harcayarak laktik asit birikimine sebep olduğundan dolayı, başlangıç pH'ları ani öldürülen balıkların pH değerlerine göre düşük çıkmıştır [159]. Çırpınarak ölmüş olan balıklarda, ölüm öncesi kaslardaki glikojenin büyük bir kısmının çırpınma esnasında kullanmasından dolayı [56, 88, 41, 89] pH düşüşü yeterince olmayıp rigor-mortis fazına daha kısa sürede girdiklerini göstermektedir [187, 185, 159]. Ayrıca çırpınarak ölmüş olan balıkların ani öldürülen balıklara kıyasla, post-rigor fazındaki pH yükselişi daha hızlı gerçekleşmiştir. Yani stresli balıkların rigor-mortis fazından daha kısa sürede çıkıp otoliz fazına kısa sürede girdikleri görülmüştür.

4.2.2. Farklı ölüm şekillerinin sazan (*Cyprinus carpio* L.) ve alabalık (*Oncorhynchus mykiss* W.) etinin laktik asit miktarı (%) üzerine etkileri

Farklı ölüm şekillerinin; muhafaza süresi boyunca balık etlerinin laktik asit miktarı (%) üzerine etkileri çizelge 4.15.'de verilmiştir.

Çizelge 4.15. Farklı Ölüm Şekillerinin Muhafaza Süresince Balık Etlerinin Laktik Asit Miktarı (%) Üzerine Etkileri

*p: paralel

Balık türü	Ölüm şekli	Ölüm sonrası +10 ⁰ C'de bekleme süresi (saat)	I. Tekerrür			II. Tekerrür			III. Tekerrür		
			1 p.*	2 p.	3 p.	1 p.	2 p.	3 p.	1 p.	2 p.	3 p.
ALABALIK	Ani ölüm	0	0.559	0.570	0.652	0.771	0.807	0.789	0.767	0.745	0.755
		12	0.757	0.719	0.709	0.836	0.858	0.847	0.811	0.805	0.811
		24	0.875	0.899	0.935	0.882	0.939	0.955	0.869	0.865	0.870
		36	0.782	0.770	0.821	0.867	0.878	0.882	0.821	0.833	0.825
		48	0.703	0.664	0.674	0.819	0.821	0.824	0.795	0.797	0.774
		60	0.466	0.536	0.468	0.674	0.687	0.742	0.742	0.736	0.743
	Çırpınarak ölüm	0	0.712	0.718	0.714	0.823	0.850	0.830	0.806	0.818	0.823
		12	0.862	0.775	0.750	0.884	0.889	0.888	0.846	0.854	0.892
		24	0.726	0.730	0.739	0.853	0.880	0.869	0.828	0.836	0.840
		36	0.635	0.634	0.669	0.754	0.815	0.788	0.803	0.803	0.805
		48	0.615	0.564	0.622	0.708	0.757	0.752	0.782	0.794	0.796
		60	0.439	0.476	0.486	0.510	0.703	0.514	0.723	0.733	0.736
SAZAN	Ani ölüm	0	0.464	0.481	0.486	0.369	0.378	0.391	0.329	0.298	0.324
		12	0.511	0.515	0.540	0.464	0.513	0.536	0.374	0.377	0.402
		24	0.602	0.612	0.648	0.642	0.754	0.784	0.437	0.509	0.536
		36	0.540	0.559	0.579	0.403	0.605	0.619	0.421	0.423	0.426
		48	0.501	0.502	0.503	0.332	0.405	0.410	0.343	0.351	0.354
		60	0.430	0.471	0.454	0.256	0.342	0.362	0.276	0.280	0.282
	Çırpınarak ölüm	0	0.458	0.469	0.483	0.445	0.481	0.368	0.368	0.378	0.382
		12	0.486	0.498	0.517	0.547	0.665	0.463	0.440	0.454	0.462
		24	0.484	0.485	0.486	0.486	0.492	0.511	0.398	0.401	0.403
		36	0.433	0.434	0.458	0.396	0.418	0.428	0.357	0.364	0.333
		48	0.373	0.384	0.419	0.371	0.395	0.298	0.271	0.280	0.285
		60	0.315	0.339	0.340	0.335	0.350	0.362	0.249	0.256	0.258

- Öldürme işleminin hemen ardından (0. saat) ölçülen laktik asit (%) değerleri

Farklı uygulama şekillerinin ölüm işleminin hemen ardından (0. saat) ölçülen laktik asit değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.16.'da verilmiştir.

Çizelge 4.16. Balıkların Ölümünün Hemen Ardından (0. saat) Ölçülen Laktik Asit Değerleri Üzerine Uygulama Şeklinin Etkilerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Uygulama Şekli	3	0.361	73.387*
Hata	32	0.004924	–

Çizelge 4.16.'daki varyans analizi sonuçlarında görüleceği gibi; balıkların ölümünün hemen ardından ölçülen laktik asit (%) değerleri üzerine uygulama şekli istatistiki olarak önemli ($p<0.05$) etki yapmıştır. Uygulama şekillerinin laktik asit (%) değeri ortalamalarına ait Duncan testi sonuçları Çizelge 4.17.'de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Balıkların Ölümünün Hemen Ardından (0. saat) Ölçülen Laktik Asit Değerleri Üzerine Uygulama Şekli Ortalamalarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama Şekli	n	Laktik Asit (%)*
Alabalık ani ölüm	9	0.7128 ± 0.09458^b
Alabalık çırpınarak ölüm	9	0.7882 ± 0.05638^a
Sazan ani ölüm	9	0.3911 ± 0.07079^c
Sazan çırpınarak ölüm	9	0.4258 ± 0.05059^c

*Farklı harflerle işaretlenmiş olan ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Çizelge 4.17.'den görüldüğü üzere; öldürme işlemlerinin hemen ardından yapılan laktik asit miktarı analizlerinde çırpınarak öldürülmüş alabalıkların başlangıç laktik asit miktarı ani öldürülen alabalık etlerinin laktik asit miktarından önemli düzeyde ($p<0.05$) yüksek çıkmıştır. Ayrıca sazan etlerinin laktik asit (%) değerleri alabalık etlerinin laktik asit (%) değerlerinden önemli ($p<0.05$) derecede düşük çıkmıştır.

- Öldürme işleminden 12 saat sonra ölçülen laktik asit (%) değerleri

Çizelge 4.18. Balıkların Ölümünden 12 Saat Sonra Ölçülen Laktik Asit Değerleri Üzerine Uygulama Şeklinin Etkilerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Uygulama Şekli	3	0.343	90.881*
Hata	32	0.003776	—

Çizelge 4.18.'deki varyans analizi sonuçlarında görüleceği gibi; balıkların ölümünden 12 saat sonra ölçülen laktik asit (%) değerleri üzerine uygulama şekli istatistiki olarak önemli ($p<0.05$) etki yapmıştır. Uygulama şekillerinin laktik asit (%) değeri ortalamalarına ait Duncan testi sonuçları Çizelge 4.19.'da verilmiştir.

Çizelge 4.19. Balıkların Ölümünden 12 Saat Sonra Ölçülen Laktik Asit Değerleri Üzerine Uygulama Şekli Ortalamalarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama Şekli	n	Laktik Asit (%)*
Alabalık ani ölüm	9	0.7948 ± 0.05429^a
Alabalık çırpınarak ölüm	9	0.8489 ± 0.05205^a
Sazan ani ölüm	9	0.4702 ± 0.06832^b
Sazan çırpınarak ölüm	9	0.5030 ± 0.06912^b

*Farklı harflerle işaretlenmiş olan ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Çizelge 4.19.'da görüldüğü üzere; soğukta muhafazanın 12. saatinde aynı tür içerisinde farklı ölüm yöntemlerinin etin laktik asit miktarı üzerine önemli bir etkisi gözlenmemiştir. Ancak sazan etlerinin laktik asit (%) değerleri alabalık etlerinin laktik asit (%) değerlerinden önemli ($p<0.05$) derecede düşük çıkmıştır.

- Öldürme işleminden 24 saat sonra ölçülen laktik asit (%) değerleri

Çizelge 4.20. Balıkların Ölümünden 24 Saat Sonra Ölçülen Laktik Asit Değerleri Üzerine Uygulama Şeklinin Etkilerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Uygulama Şekli	3	0.364	66.825*
Hata	32	0.005442	–

Çizelge 4.20.'deki varyans analizi sonuçlarında görüleceği gibi; balıkların ölümünden 24 saat sonra ölçülen laktik asit (%) değerleri üzerine uygulama şekli istatistiki olarak önemli ($p<0.05$) etki yapmıştır. Uygulama şekillerinin laktik asit (%) değeri ortalamalarına ait Duncan testi sonuçları Çizelge 4.21.'de verilmiştir.

Çizelge 4.21. Balıkların Ölümünden 24 Saat Sonra Ölçülen Laktik Asit Değerleri Üzerine Uygulama Şekli Ortalamalarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama Şekli	n	Laktik Asit (%)*
Alabalık ani ölüm	9	0.8988 ± 0.03499 ^a
Alabalık çırpınarak ölüm	9	0.8112 ± 0.06186 ^b
Sazan ani ölüm	9	0.6138 ± 0.1113 ^c
Sazan çırpınarak ölüm	9	0.4509 ± 0.06588 ^d

*Farklı harflerle işaretlenmiş olan ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Çizelge 4.21.'de görüldüğü üzere; muhafazanın 24. saatinde hem sazan (*Cyprinus carpio* L.) hem de alabalık'larda (*Oncorhynchus mykiss* W.) ölüm şekilleri arasında istatistiki olarak önemli ($p<0.05$) fark görülmüştür. Stres göstergesi olan çırpınarak ölmüş balıkların laktik asit (%) değerleri, ani öldürme yönteminden istatistiki olarak önemli düzeyde ($p<0.05$) düşük çıkmıştır. Çırpınarak ölen sazanlar en düşük laktik asit içeriğine sahip olup, bunu sırasıyla aniden öldürülen sazanlar, çırpınarak ölen alabalıklar ve ani öldürülen alabalıklar izlemiştir.

- Öldürme işleminden 36 saat sonra ölçülen laktik asit (%) değerleri

Çizelge 4.22. Balıkların Ölümünden 36 Saat Sonra Ölçülen Laktik Asit Değerleri Üzerine Uygulama Şeklinin Etkilerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Uygulama Şekli	3	0.360	84.047*
Hata	32	0.004284	—

Çizelge 4.22.'deki varyans analizi sonuçlarında görüleceği gibi; balıkların ölümünden 36 saat sonra ölçülen laktik asit (%) değerleri üzerine uygulama şekli istatistiki olarak önemli ($p<0.05$) etki yapmıştır. Uygulama şekillerinin laktik asit (%) değeri ortalamalarına ait Duncan testi sonuçları Çizelge 4.23.'de verilmiştir.

Çizelge 4.23. Balıkların Ölümünden 36 Saat Sonra Ölçülen Laktik Asit Değerleri Üzerine Uygulama Şekli Ortalamalarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama Şekli	n	Laktik Asit (%)*
Alabalık ani ölüm	9	0.8310 ± 0.03948 ^a
Alabalık çırpınarak ölüm	9	0.7451 ± 0.07694 ^b
Sazan ani ölüm	9	0.5083 ± 0.08870 ^c
Sazan çırpınarak ölüm	9	0.4023 ± 0.04231 ^d

*Farklı harflerle işaretlenmiş olan ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Çizelge 4.23.'de görüldüğü üzere soğukta muhafazanın 36. saatinde hem sazan (*Cyprinus carpio* L.) hem de alabalık'larda (*Oncorhynchus mykiss* W.) ölüm şekilleri arasında önemli bir ($p<0.05$) fark görülmüştür. Stres göstergesi olan çırpınarak ölmüş balıkların laktik asit (%) değerleri stressiz ölüm şekli olan ani öldürme yönteminden istatistiki olarak önemli düzeyde ($p<0.05$) düşük çıkmıştır. Çırpınarak ölen sazanlar en düşük laktik asit içeriğine sahip olup, bunu sırasıyla ani öldürülen sazanlar, çırpınarak ölen alabalıklar ve ani öldürülen alabalıklar izlemiştir.

- Öldürme işleminden 48 saat sonra ölçülen laktik asit (%) değerleri

Çizelge 4.24. Balıkların Ölümünden 48 Saat Sonra Ölçülen Laktik Asit Değerleri Üzerine Uygulama Şeklinin Etkilerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Uygulama Şekli	3	0.401	77.962*
Hata	32	0.005141	–

Çizelge 4.24.'deki varyans analizi sonuçlarında görüleceği gibi; balıkların ölümünden 48 saat sonra ölçülen laktik asit (%) değerleri üzerine uygulama şekli istatistiki olarak önemli ($p<0.05$) etki yapmıştır. Uygulama şekillerinin laktik asit (%) değeri ortalamalarına ait Duncan testi sonuçları Çizelge 4.25.'de verilmiştir.

Çizelge 4.25. Balıkların Ölümünden 48 Saat Sonra Ölçülen Laktik Asit Değerleri Üzerine Uygulama Şekli Ortalamalarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama Şekli	n	Laktik Asit (%)*
Alabalık ani ölüm	9	0.7634 ± 0.06504^a
Alabalık çırpınarak ölüm	9	0.7100 ± 0.08782^a
Sazan ani ölüm	9	0.4112 ± 0.07297^b
Sazan çırpınarak ölüm	9	0.3418 ± 0.05742^c

*Farklı harflerle işaretlenmiş olan ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Çizelge 4.25.'den görüldüğü üzere; öldürme işlemlerinden sonra soğukta depolanmış olan balık filetolarına muhafazanın 48. saatinde yapılan laktik asit miktarı analizlerinde stresli şekilde öldürülmüş sazanın laktik asit miktarı ani öldürülmüş olan sazanın laktik asit miktarından önemli düzeyde ($p<0.05$) düşük çıkmıştır. Alabalıkların laktik asit içerikleri sazanların laktik asit içeriklerinden istatistiki olarak yüksek ($p<0.05$) olup, öldürme yöntemleri arasındaki fark önemsizdir.

- Öldürme işleminden 60 saat sonra ölçülen laktik asit (%) değerleri

Çizelge 4.26. Balıkların Ölümünden 60 Saat Sonra Ölçülen Laktik Asit Değerleri Üzerine Uygulama Şeklinin Etkilerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Uygulama Şekli	3	0.242	24.685*
Hata	32	0.009807	–

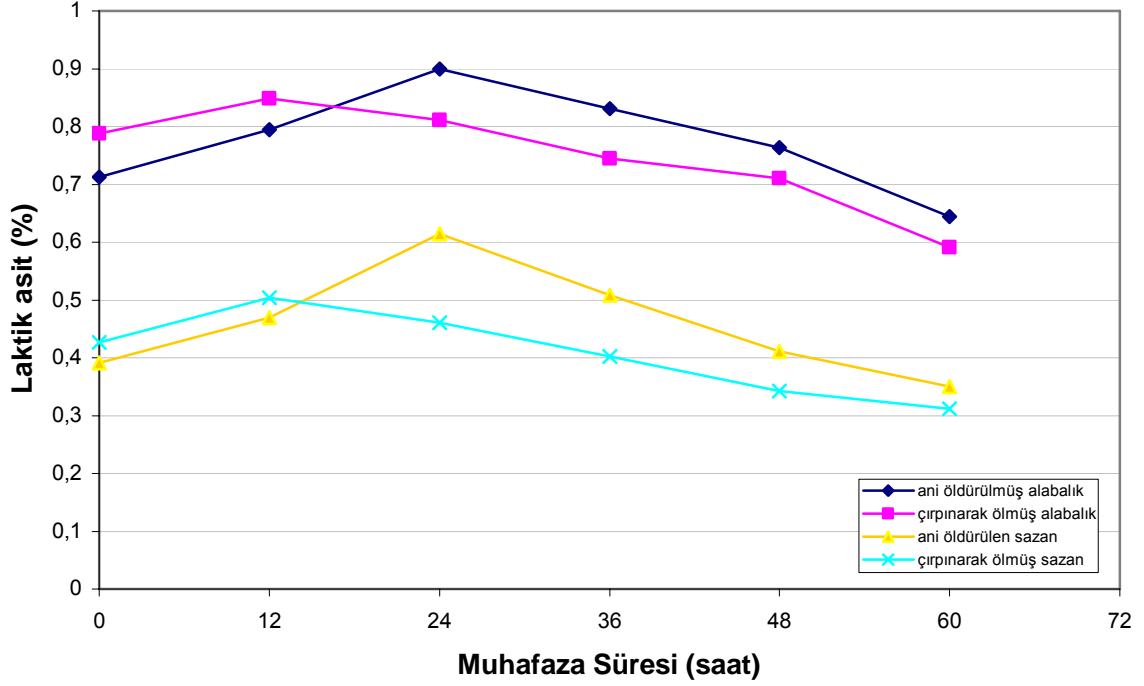
Çizelge 4.26.'daki varyans analizi sonuçlarında görüleceği gibi; balıkların ölümünden 60 saat sonra ölçülen laktik asit (%) değerleri üzerine uygulama şekli istatistiki olarak önemli ($p<0.05$) etki yapmıştır. Uygulama şekillerinin laktik asit (%) değeri ortalamalarına ait Duncan testi sonuçları Çizelge 4.27.'de verilmiştir.

Çizelge 4.27. Balıkların Ölümünden 60 Saat Sonra Ölçülen Laktik Asit Değerleri Üzerine Uygulama Şekli Ortalamalarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama Şekli	n	Laktik Asit (%)*
Alabalık ani ölüm	9	0.6438 ± 0.1197^a
Alabalık çırpınarak ölüm	9	0.5911 ± 0.1280^a
Sazan ani ölüm	9	0.3503 ± 0.08359^b
Sazan çırpınarak ölüm	9	0.3227 ± 0.03936^b

*Farklı harflerle işaretlenmiş olan ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Çizelge 4.27.'de görüldüğü üzere aynı tür balıklarda ve muhafazanın 60. saatinde, farklı ölüm yöntemlerinin etin laktik asit miktarı üzerine istatistiki olarak önemli bir etkisi tesbit edilememiştir. Ancak sazan etlerinin laktik asit (%) değerleri alabalık etlerinin laktik asit (%) değerlerinden önemli ($p<0.05$) derecede düşük çıkmıştır.



Şekil 4.2. Farklı ölüm yöntemleri uygulanmış sazan (*Cyprinus carpio* L.) ve alabalıkların (*Oncorhynchus mykiss* W.) soğukta muhafaza sürecindeki laktik asit (%) değişimleri.

Şekil 4.2.'de görüldüğü üzere ölüm öncesi strese maruz kalmış (çırpınarak ölmüş) balıkların başlangıç laktik seviyeleri yüksek çıkmıştır. Strese maruz kalmış balıklar çırpınma esnasında enerji kaynağı olarak glikojeni kullanmaktadırlar, ancak yüksek kas aktivitesine hücrelerdeki oksijen miktarı yetersiz kaldığından anaerobik koşullarda kaslarda daha fazla laktik asit birikimi olmaktadır. Ölüm öncesi glikojenin büyük bir kısmını çırpınma esnasında kullanan strese maruz kalmış balıklar, muhafazanın 12 ve 24 saatlerinde hızlı bir laktik asit yükselişi gösteremezler [188, 189, 129].

4.2.3. Farklı ölüm şekillerinin sazan (*Cyprinus carpio* L.) ve alabalık (*Oncorhynchus mykiss* W.) etinin toplam uçucu bazik azot (TVB-N) miktarı üzerine etkileri

Balıkların muhafazası esnasında endojenik ve bakteriyel enzimler azot yapısındaki bileşenleri parçalayarak amonyak, trimetilamin gibi bazik yapıda çeşitli uçucu bileşikler oluştururlar. Balık tazeliğini yitirdikçe bu uçucu bazik azotların miktarı

artmakta, kokuşmanın başlaması ile miktarı aşırı yükselmektedir [190, 147]. Balıklarda kokuşma olayının belirteçlerinden olan toplam uçucu bazik azot (TVB-N) analizleri sonucunda, çırpınarak ölen balıkların ani öldürülen balıklara göre kokuşmaya daha hızlı girip girmeyeceği araştırılmaya çalışılmıştır.

Farklı ölüm şekillerinin muhafaza süresi boyunca balık etlerinin toplam uçucu bazik azot (TVB-N) miktarı üzerine etkileri çizelge 4.28.'de verilmiştir.

Çizelge 4.28. Farklı Ölüm Şekillerinin Muhafaza Süresince Balık Etlerinin Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) Miktarı (mg/100g) Üzerine Etkileri

Balık türü	Ölüm şekli	Ölüm sonrası +10 ⁰ C'de bekleme süresi (saat)	I. Tekerrür			II. Tekerrür			III. Tekerrür		
			1 p.*	2 p.	3 p.	1 p.	2 p.	3 p.	1 p.	2 p.	3 p.
A L A B A L I K	Ani ölüm	0	8.247	9.406	11.155	8.371	8.695	9.406	11.892	13.074	13.255
		12	11.191	12.206	12.415	9.719	10.261	11.558	16.371	16.765	16.966
		24	14.372	16.767	17.256	11.663	11.750	13.130	17.300	17.674	18.635
		36	17.306	17.610	17.787	13.929	16.127	16.597	19.178	19.329	19.615
		48	19.239	19.477	19.658	17.785	18.080	21.208	20.545	20.670	21.117
		60	19.673	20.380	20.660	21.726	22.146	26.302	21.964	22.045	22.103
	Çırpınarak ölüm	0	10.223	10.862	14.234	5.375	7.092	7.471	9.769	12.391	12.846
		12	14.755	14.958	15.547	8.438	8.973	9.719	14.742	14.830	15.799
		24	15.644	16.469	16.529	9.625	11.727	14.384	16.107	16.370	16.216
		36	16.650	17.281	17.525	15.728	16.016	18.025	17.763	17.983	18.285
		48	18.217	18.953	20.258	18.746	23.502	24.375	18.636	19.251	19.835
		60	20.704	21.896	21.993	25.232	25.489	25.830	19.837	20.622	20.682
S A Z A N	Ani ölüm	0	12.935	15.065	15.324	7.989	6.421	5.843	8.913	10.940	11.090
		12	16.938	16.476	15.462	10.290	8.104	12.43	11.841	11.596	12.043
		24	17.119	17.396	17.774	11.163	10.425	10.379	12.710	13.048	13.725
		36	17.937	17.979	18.008	12.922	11.273	16.332	15.072	15.410	15.614
		48	18.119	18.204	18.420	16.411	16.347	15.726	16.642	16.952	17.420
		60	18.786	19.317	19.345	18.260	20.561	17.689	17.770	18.847	20.700
	Çırpınarak ölüm	0	11.909	14.918	15.450	6.388	6.938	7.558	9.219	11.218	11.237
		12	15.597	15.858	16.431	9.457	10.335	13.149	12.095	12.326	13.087
		24	17.211	17.526	18.249	13.077	13.011	13.739	13.256	16.365	13.476
		36	18.544	19.101	19.349	14.917	14.584	14.877	13.943	13.845	14.711
		48	19.577	19.742	19.890	15.306	15.516	15.837	16.745	17.403	17.098
		60	20.767	21.917	20.375	17.108	16.433	19.214	17.736	18.372	18.558

*p: paralel

- Öldürme işleminin hemen ardından (0. saat) ölçülen toplam uçucu bazik azot (TVB-N) değerleri

Farklı uygulama şekillerinin ölüm işleminin hemen ardından (0. saat) ölçülen toplam uçucu bazik azot değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.29.'da verilmiştir.

Çizelge 4.29. Balıkların Ölümünün Hemen Ardından (0. Saat) Ölçülen TVB-N Değerleri Üzerine Uygulama Şeklinin Etkilerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Uygulama Şekli	3	0.484	0.054
Hata	32	8.914	–

Çizelge 4.29.'daki varyans analizi çizelgesinden görüleceği gibi; ölüm yöntemlerinin hemen ardından (0. saat) ölçülen toplam uçucu bazik azot miktarı analizleri üzerine uygulama şeklinin önemli bir etkisi bulunamamıştır ($p>0.05$).

- Öldürme işleminden 12 saat sonra ölçülen toplam uçucu bazik azot (TVB-N) değerleri

Çizelge 4.30. Balıkların Ölümünden 12 Saat Sonra Ölçülen TVB-N Değerleri Üzerine Uygulama Şeklinin Etkilerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Uygulama Şekli	3	0.209	0.026
Hata	32	8.059	–

Çizelge 4.30.'daki varyans analizi çizelgesinden görüleceği gibi; soğukta muhafazanın 12. saatinde farklı ölüm yöntemlerinin sazan (*Cyprinus carpio* L.) ve alabalık (*Oncorhynchus mykiss* W.) etinin TVB-N miktarı üzerine önemli bir etkisi gözlenmemiştir ($p>0.05$).

- Öldürme işleminden 24 saat sonra ölçülen toplam uçucu bazik azot (TVB-N) değerleri

Çizelge 4.31. Balıkların Ölümünden 24 Saat Sonra Ölçülen TVB-N Değerleri Üzerine Uygulama Şeklinin Etkilerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Uygulama Şekli	3	4.625	0.683
Hata	32	6.776	–

Çizelge 4.31.'deki varyans analizi çizelgesinden görüleceği gibi; muhafazanın 24. saatinde hem sazan (*Cyprinus carpio* L.) hem de alabalık'larda (*Oncorhynchus mykiss* W.) ölüm şekilleri arasında önemli bir fark tesbit edilememiştir ($p>0.05$).

- Öldürme işleminden 36 saat sonra ölçülen Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) değerleri

Çizelge 4.32. Balıkların Ölümünden 36 Saat Sonra Ölçülen TVB-N Değerleri Üzerine Uygulama Şeklinin Etkilerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Uygulama Şekli	3	8.223	2.154
Hata	32	3.818	–

Çizelge 4.32.'deki varyans analizi çizelgesinden görüleceği gibi; soğukta muhafazanın 36. saatinde hem sazan (*Cyprinus carpio* L.) hem de alabalık'larda (*Oncorhynchus mykiss* W.) ölüm şekilleri arasında önemli bir fark görülmemiştir ($p>0.05$).

- Öldürme işleminden 48 saat sonra ölçülen toplam uçucu bazik azot (TVB-N) değerleri

Çizelge 4.33. Balıkların Ölümünden 48 Saat Sonra Ölçülen Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) Değerleri Üzerine Uygulama Şeklinin Etkilerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Uygulama Şekli	3	22.115	8.266*
Hata	32	2.675	—

Çizelge 4.33.'deki varyans analizi sonuçlarında görüleceği gibi; balıkların ölümünden 48 saat sonra ölçülen toplam uçucu bazik azot değerleri üzerine uygulama şekli istatistiki olarak önemli ($p<0.05$) etki yapmıştır. Uygulama şekillerinin TVB-N değeri ortalamalarına ait Duncan testi sonuçları Çizelge 4.34.'de verilmiştir.

Çizelge 4.34. Balıkların Ölümünden 48 Saat Sonra Ölçülen Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) Değerleri Üzerine Uygulama Şekli Ortalamalarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama Şekli	n	TVB-N Miktarı* (mg/100g)
Alabalık ani ölüm	9	19.7532 ± 1.2484 ^a
Alabalık çırpınarak ölüm	9	20.1970 ± 2.2198 ^a
Sazan ani ölüm	9	17.1379 ± 0.9520 ^b
Sazan çırpınarak ölüm	9	17.4349 ± 1.8193 ^b

*Farklı harflerle işaretlenmiş olan ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Çizelge 4.34.'den görüldüğü üzere; öldürme işlemlerinden sonra soğukta depolanmış olan balık filetolarına muhafazanın 48. saatinde yapılan TVB-N miktarı analizlerinde sadece balık türleri arasında önemli ($p<0.05$) bir fark görülmüştür. Alabalık etlerinin TVB-N değerleri sazan etlerinin TVB-N değerlerinden önemli derecede yüksek çıkmıştır

- Öldürme işleminden 60 saat sonra ölçülen toplam uçucu bazik azot (TVB-N) değerleri

Çizelge 4.35. Balıkların Ölümünden 60 Saat Sonra Ölçülen Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) Değerleri Üzerine Uygulama Şeklinin Etkilerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Uygulama Şekli	3	31.837	9.510*
Hata	32	3.348	—

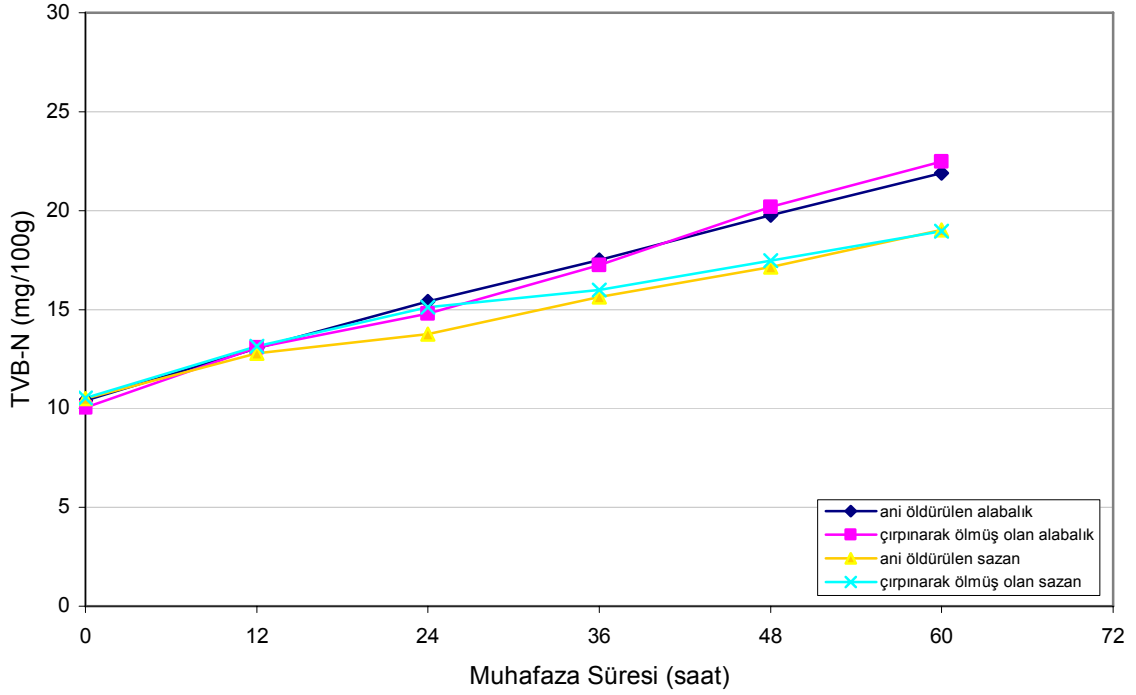
Çizelge 4.35.'deki varyans analizi sonuçlarında görüleceği gibi; balıkların ölümünden 60 saat sonra ölçülen toplam uçucu bazik azot değerleri üzerine uygulama şekli istatistiki olarak önemli ($p < 0.05$) etki yapmıştır. Uygulama şekillerinin toplam uçucu bazik azot değeri ortalamalarına ait Duncan testi sonuçları Çizelge 4.36.'da verilmiştir.

Çizelge 4.36. Balıkların Ölümünden 60 Saat Sonra Ölçülen Etin Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) Değerleri Üzerine Uygulama Şekli Ortalamalarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama Şekli	n	TVB-N Miktarı* (mg/100g)
Alabalık ani ölüm	9	21.8888 ± 1.8822 ^a
Alabalık çırpınarak ölüm	9	22.4761 ± 2.3784 ^a
Sazan ani ölüm	9	18.9606 ± 0.9770 ^b
Sazan çırpınarak ölüm	9	18.9422 ± 1.7991 ^b

*Farklı harflerle işaretlenmiş olan ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P < 0.05$).

Çizelge 4.36.'da görüldüğü üzere aynı tür balıklarda ve muhafazanın 60. saatinde, farklı ölüm yöntemlerinin etin toplam uçucu bazik azot miktarı üzerine istatistiki olarak önemli bir etkisi tesbit edilememiştir. Ancak alabalık etlerinin toplam uçucu bazik azot değerleri sazan etlerinin toplam uçucu bazik azot değerlerinden önemli ($p < 0.05$) derecede yüksek çıkmıştır



Şekil 4.3. Farklı ölüm yöntemleri uygulanmış sazan (*Cyprinus carpio* L.) ve alabalıkların (*Oncorhynchus mykiss* W.) soğukta muhafaza sürecindeki Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) miktarının değişimleri.

4.2.4. Farklı ölüm şekillerinin sazan (*Cyprinus carpio* L.) ve alabalık (*Oncorhynchus mykiss* W.) etinin malondialdehit (MDA) düzeyi üzerine etkileri

Balık gibi yağ oranı yüksek gıdaların muhafazaları esnasında otooksidasyon sonucu oluşan ransiditenin düzeyi malondialdehit (MDA) analizi ile [191, 192, 193] belirlenmektedir. Çalışmamızda malondialdehit analizi ile stres faktörünün balık etindeki lipolitik bozulmaya etkisi belirlenmeye çalışılmıştır.

Farklı ölüm şekillerinin muhafaza süresi boyunca balık etlerinin malondialdehit düzeyleri (mg/1000g) üzerine etkileri çizelge 4.37.'de verilmiştir.

Çizelge 4.37. Farklı Ölüm Şekillerinin Muhafaza Süresince Balık Etlerinin Malondialdehit (MDA) Düzeyleri (mg/1000g) Üzerine Etkileri

Balık türü	Ölüm şekli	Ölüm sonrası +10°C'de bekletme süresi (saat)	I. Tekerrür			II. Tekerrür			III. Tekerrür		
			1 p.*	2 p.	3 p.	1 p.	2 p.	3 p.	1 p.	2 p.	3 p.
A L A B A L I K	Ani ölüm	0	2.964	3.268	2.449	2.730	4.321	4.375	2.488	2.706	3.057
		12	3.682	3.409	4.189	4.906	5.616	5.670	3.556	3.775	4.056
		24	4.914	4.727	5.382	5.779	5.951	5.959	4.149	4.960	5.530
		36	5.483	5.655	5.624	6.840	7.090	6.653	5.389	5.686	6.169
		48	6.833	7.862	8.057	7.511	8.361	8.603	6.310	9.609	10.093
		60	8.541	9.212	9.563	8.611	8.697	9.172	10.966	11.216	11.263
	Çırpınarak ölüm	0	3.322	3.572	3.931	4.477	5.031	5.054	3.151	3.354	2.652
		12	4.149	4.056	4.524	5.928	5.631	6.013	3.978	3.712	3.829
		24	4.719	4.976	5.530	7.230	6.513	6.294	4.524	4.781	4.188
		36	6.256	6.754	7.394	7.511	7.636	7.831	5.374	7.332	5.163
		48	8.291	9.055	8.424	8.057	9.048	9.360	7.386	8.790	8.790
		60	9.172	10.904	10.764	9.913	14.352	10.857	13.127	14.905	12.823
S A Z A N	Ani ölüm	0	1.154	1.801	1.879	2.995	2.894	3.229	2.278	2.246	1.669
		12	3.003	3.143	2.823	3.565	3.697	3.370	2.839	3.081	2.769
		24	3.424	3.299	3.494	4.376	4.165	4.142	3.674	3.955	4.095
		36	3.822	4.048	4.462	4.579	5.078	5.312	4.906	4.228	4.313
		48	5.070	5.397	5.608	5.429	5.585	5.780	5.717	5.593	5.343
		60	5.701	6.731	6.630	7.270	7.660	11.302	9.188	7.465	7.909
	Çırpınarak ölüm	0	3.073	3.338	3.354	3.143	3.206	2.629	2.543	2.426	2.660
		12	3.268	3.510	3.369	3.245	3.214	3.533	2.847	3.182	3.003
		24	3.658	3.721	3.877	3.643	3.900	3.565	3.190	3.401	3.416
		36	3.931	3.946	4.414	4.212	5.226	5.296	3.838	3.736	4.064
		48	4.882	4.703	5.218	6.037	6.326	5.842	4.228	4.672	4.930
		60	5.281	5.912	7.207	10.553	6.505	7.192	8.276	8.354	7.706

*p: paralel

- Öldürme işleminin hemen ardından (0. saat) ölçülen malondialdehit (MDA) değerleri

Farklı uygulama şekillerinin ölüm işleminin hemen ardından (0. saat) ölçülen malondialdehit değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.38.'de verilmiştir.

Çizelge 4.38. Balıkların Ölümünün Hemen Ardından (0. Saat) Ölçülen Malondialdehit (MDA) Değerleri Üzerine Uygulama Şeklinin Etkilerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Uygulama Şekli	3	3.914	8.427*
Hata	32	0.464	–

Çizelge 4.38.'deki varyans analizi sonuçlarında görüleceği gibi; balıkların ölümünün hemen ardından ölçülen malondialdehit değerleri üzerine uygulama şekli istatistiki olarak önemli ($p<0.05$) etki yapmıştır. Uygulama şekillerinin malondialdehit (MDA) değeri ortalamalarına ait Duncan testi sonuçları Çizelge 4.39.'da verilmiştir.

Çizelge 4.39. Balıkların Ölümünün Hemen Ardından (0. saat) Ölçülen Malondialdehit (MDA) Değerleri Üzerine Uygulama Şekli Ortalamalarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama Şekli	n	MDA düzeyi* (mg/1000g)
Alabalık ani ölüm	9	3.1509 ± 0.7273^b
Alabalık çırpınarak ölüm	9	3.8382 ± 0.8492^a
Sazan ani ölüm	9	2.2381 ± 0.6896^c
Sazan çırpınarak ölüm	9	2.9302 ± 0.3632^b

*Farklı harflerle işaretlenmiş olan ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Çizelge 4.39.'dan görüldüğü üzere; farklı ölüm yöntemlerinin hemen ardından (0.saat) yapılan malondialdehit miktarı analizlerinde çırpınarak ölüme girmiş olan hem sazan hem de alabalık etlerinin malondialdehit düzeylerinde önemli ($p<0.05$) bir artış görülmüştür.

- Öldürme işleminden 12 saat sonra ölçülen malondialdehit (MDA) değerleri

Çizelge 4.40. Balıkların Ölümünden 12 Saat Sonra Ölçülen Malondialdehit (MDA) Değerleri Üzerine Uygulama Şeklinin Etkilerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Uygulama Şekli	3	5.169	11.477*
Hata	32	0.450	—

Çizelge 4.40.'daki varyans analizi sonuçlarında görüleceği gibi; balıkların ölümünden 12 saat sonra ölçülen malondialdehit değerleri üzerine uygulama şekli istatistiki olarak önemli ($p<0.05$) etki yapmıştır. Uygulama şekillerinin malondialdehit değeri ortalamalarına ait Duncan testi sonuçları Çizelge 4.41.'de verilmiştir.

Çizelge 4.41. Balıkların Ölümünden 12 Saat Sonra Ölçülen Malondialdehit (MDA) Değerleri Üzerine Uygulama Şekli Ortalamalarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama Şekli	n	MDA düzeyi* (mg/1000g)
Alabalık ani ölüm	9	4.3177 ± 0.8696 ^a
Alabalık çırpınarak ölüm	9	4.6467 ± 0.9406 ^a
Sazan ani ölüm	9	3.1431 ± 0.3342 ^b
Sazan çırpınarak ölüm	9	3.2412 ± 0.2210 ^b

*Farklı harflerle işaretlenmiş olan ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Çizelge 4.41.'de görüldüğü üzere; soğukta muhafazanın 12. saatinde farklı ölüm yöntemleri uygulanmış sazan (*Cyprinus carpio* L.) ve alabalık (*Oncorhynchus mykiss* W.) etlerinin malondialdehit düzeylerinde önemli bir fark tesbit edilememiştir. Ancak alabalık etlerinin malondialdehit değerleri sazan etlerinin malondialdehit değerlerinden önemli ($p<0.05$) derecede yüksek çıkmıştır.

- Öldürme işleminden 24 saat sonra ölçülen malondialdehit (MDA) değerleri

Çizelge 4.42. Balıkların Ölümünden 24 Saat Sonra Ölçülen Malondialdehit (MDA) Değerleri Üzerine Uygulama Şeklinin Etkilerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Uygulama Şekli	3	7.979	19.172*
Hata	32	0.416	—

Çizelge 4.42.'deki varyans analizi sonuçlarında görüleceği gibi; balıkların ölümünden 24 saat sonra ölçülen malondialdehit değerleri üzerine uygulama şekli istatistiki olarak önemli ($p<0.05$) etki yapmıştır. Uygulama şekillerinin malondialdehit değeri ortalamalarına ait Duncan testi sonuçları Çizelge 4.43.'de verilmiştir.

Çizelge 4.43. Balıkların Ölümünden 24 Saat Sonra Ölçülen Malondialdehit (MDA) Değerleri Üzerine Uygulama Şekli Ortalamalarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama Şekli	n	MDA düzeyi* (mg/1000g)
Alabalık ani ölüm	9	5.2612 ± 0.6176 ^a
Alabalık çırpınarak ölüm	9	5.4172 ± 1.0407 ^a
Sazan ani ölüm	9	3.8467 ± 0.3830 ^b
Sazan çırpınarak ölüm	9	3.5968 ± 0.2316 ^b

*Farklı harflerle işaretlenmiş olan ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Çizelge 4.43.'de görüldüğü üzere; soğukta muhafazanın 24. saatinde farklı ölüm yöntemleri uygulanmış sazan (*Cyprinus carpio* L.) ve alabalık (*Oncorhynchus mykiss* W.) etlerinin malondialdehit düzeylerinde önemli bir fark tesbit edilememiştir. Ancak alabalık etlerinin malondialdehit değerleri sazan etlerinin malondialdehit değerlerinden önemli ($p<0.05$) derecede yüksek çıkmıştır.

- Öldürme işleminden 36 saat sonra ölçülen malondialdehit (MDA) değerleri

Çizelge 4.44. Balıkların Ölümünden 36 Saat Sonra Ölçülen Malondialdehit (MDA) Değerleri Üzerine Uygulama Şeklinin Etkilerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Uygulama Şekli	3	13.192	26.597*
Hata	32	0.496	—

Çizelge 4.44.'deki varyans analizi sonuçlarında görüleceği gibi; balıkların ölümünden 36 saat sonra ölçülen malondialdehit değerleri üzerine uygulama şekli istatistiki olarak önemli ($p<0.05$) etki yapmıştır. Uygulama şekillerinin malondialdehit değeri ortalamalarına ait Duncan testi sonuçları Çizelge 4.45.'de verilmiştir.

Çizelge 4.45. Balıkların Ölümünden 36 Saat Sonra Ölçülen Malondialdehit (MDA) Değerleri Üzerine Uygulama Şekli Ortalamalarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama Şekli	n	MDA düzeyi* (mg/1000g)
Alabalık ani ölüm	9	6.0654 ± 0.6432 ^b
Alabalık çırpınarak ölüm	9	6.8057 ± 0.9946 ^a
Sazan ani ölüm	9	4.5271 ± 0.4912 ^c
Sazan çırpınarak ölüm	9	4.2959 ± 0.5830 ^c

*Farklı harflerle işaretlenmiş olan ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Çizelge 4.45.'de görüldüğü üzere soğukta muhafazanın 36. saatinde yapılan malondialdehit miktarı analizlerinde çırpınarak ölüm sürecine girmiş olan alabalık etlerinin malondialdehit düzeylerinde ani şekilde öldürülmüş alabalıklara kıyasla önemli ($p<0.05$) bir artış görülmüştür. Ayrıca alabalık etlerinin malondialdehit değerleri sazan etlerinin malondialdehit değerlerinden önemli ($p<0.05$) derecede yüksek çıkmıştır.

- Öldürme işleminden 48 saat sonra ölçülen malondialdehit (MDA) değerleri

Çizelge 4.46. Balıkların Ölümünden 48 Saat Sonra Ölçülen Malondialdehit (MDA) Değerleri Üzerine Uygulama Şeklinin Etkilerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Uygulama Şekli	3	27.508	46.030*
Hata	32	0.598	—

Çizelge 4.46.'daki varyans analizi sonuçlarında görüleceği gibi; balıkların ölümünden 48 saat sonra ölçülen malondialdehit değerleri üzerine uygulama şekli istatistiki olarak önemli ($p<0.05$) etki yapmıştır. Uygulama şekillerinin malondialdehit değeri ortalamalarına ait Duncan testi sonuçları Çizelge 4.47.'de verilmiştir.

Çizelge 4.47. Balıkların Ölümünden 48 Saat Sonra Ölçülen Malondialdehit (MDA) Değerleri Üzerine Uygulama Şekli Ortalamalarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama Şekli	n	MDA düzeyi* (mg/1000g)
Alabalık ani ölüm	9	8.1377 ± 1.2131 ^a
Alabalık çırpınarak ölüm	9	8.5779 ± 0.6071 ^a
Sazan ani ölüm	9	5.5020 ± 0.2172 ^b
Sazan çırpınarak ölüm	9	5.2042 ± 0.7093 ^b

*Farklı harflerle işaretlenmiş olan ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Çizelge 4.47.'den görüldüğü üzere; öldürme işlemlerinden sonra soğukta depolanmış olan balık filetolarına muhafazanın 48. saatinde ölçülen malondialdehit değerlerinde sadece balık türleri arasında bir fark görülmüştür. Alabalık etlerinin malondialdehit değerleri sazan etlerinin malondialdehit değerlerinden önemli ($p<0.05$) derecede yüksek çıkmıştır

- Öldürme işleminden 60 saat sonra ölçülen malondialdehit (MDA) değerleri

Çizelge 4.48. Balıkların Ölümünden 60 Saat Sonra Ölçülen Malondialdehit (MDA) Değerleri Üzerine Uygulama Şeklinin Etkilerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Uygulama Şekli	3	37.564	14.418*
Hata	32	2.605	—

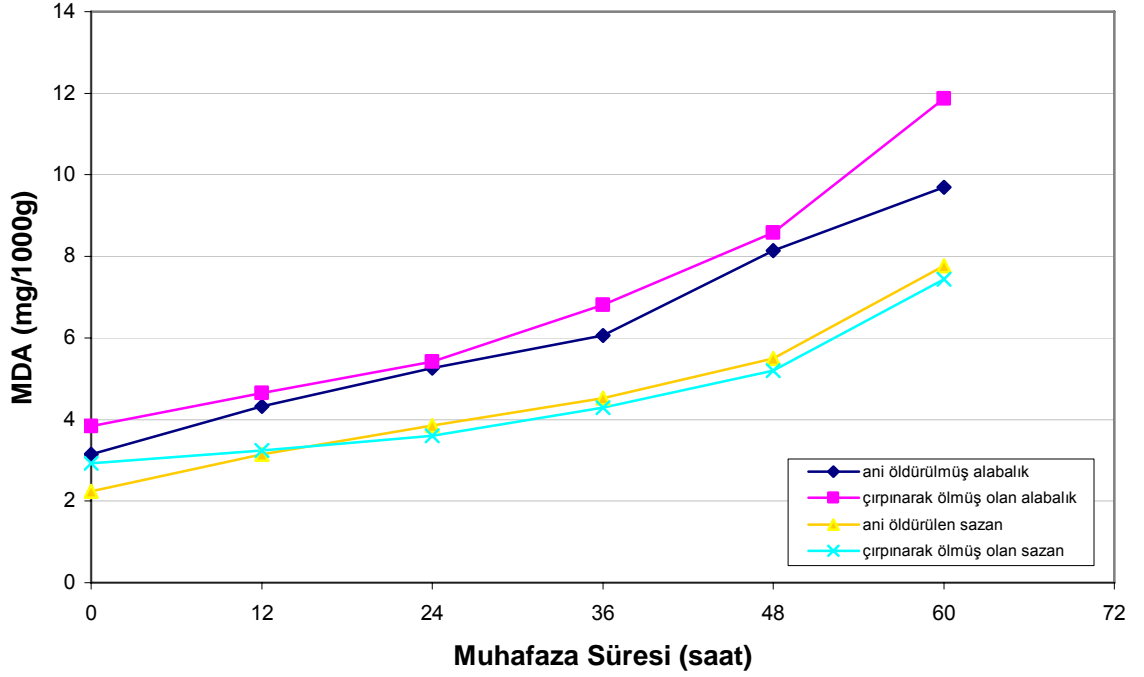
Çizelge 4.48.'deki varyans analizi sonuçlarında görüleceği gibi; balıkların ölümünden 60 saat sonra ölçülen malondialdehit değerleri üzerine uygulama şekli istatistiki olarak önemli ($p<0.05$) etki yapmıştır. Uygulama şekillerinin malondialdehit değeri ortalamalarına ait Duncan testi sonuçları Çizelge 4.49.'da verilmiştir.

Çizelge 4.49. Balıkların Ölümünden 60 Saat Sonra Ölçülen Malondialdehit (MDA) Değerleri Üzerine Uygulama Şekli Ortalamalarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama Şekli	n	MDA düzeyi* (mg/1000g)
Alabalık ani ölüm	9	9.6934 ± 1.1410 ^b
Alabalık çırpınarak ölüm	9	11.8686 ± 2.0047 ^a
Sazan ani ölüm	9	7.7614 ± 1.6402 ^c
Sazan çırpınarak ölüm	9	7.4429 ± 1.5525 ^c

*Farklı harflerle işaretlenmiş olan ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Çizelge 4.49.'da görüldüğü üzere soğukta muhafazanın 60. saatinde ölçülen malondialdehit değerlerinde çırpınarak ölüm sürecine girmiş olan alabalık (*Oncorhynchus mykiss* W.) etlerinin MDA düzeylerinde ani şekilde öldürülmüş alabalıklara kıyasla önemli ($p<0.05$) bir artış görülmüştür. Ayrıca alabalık etlerinin malondialdehit değerleri sazan etlerinin malondialdehit değerlerinden önemli ($p<0.05$) derecede yüksek çıkmıştır



Şekil 4.4. Farklı ölüm yöntemleri uygulanmış ve soğukta muhafaza edilmiş sazan (*Cyprinus carpio* L.) ve alabalık etlerindeki (*Oncorhynchus mykiss* W.) malondialdehit (MDA) miktarındaki değişimler

4.3. Mikrobiyolojik Analizler

Beslenme fizyolojisi bakımından ideal bir gıda olan balık eti, mikroorganizmaların gelişmesi için de ideal bir besin ortamıdır [194]. Balık etinde toplam mikroorganizma sayısı ile tazelik arasında bir orantı söz konusudur. Birim ağırlıktaki balık etinde mikroorganizma sayısı arttıkça etin tazeliği azalmaktadır. 1 gr etteki mikroorganizma sayısı 100.000'den az ise et tüketilebilir. Mikroorganizma sayısı 100.000'den fazla ise kokuşmuş kabul edilmektedir [10].

4.3.1. Toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) sayımı

Balıklarda kokuşma olayının belirteçlerinden olan toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) sayımı analizleri sonucunda, stres faktörünün etteki mikrobiyolojik bozulmaya etkisi belirlenmeye çalışılmıştır.

Farklı ölüm şekillerinin muhafaza süresi boyunca balık etlerinin toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı üzerine etkileri çizelge 4.50.'de verilmiştir.

Çizelge 4.50. Farklı Ölüm Şekillerinin Muhafaza Süresince Balık Etlerinin Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısı (logCFU/g) Üzerine Etkileri

Balık türü	Ölüm şekli	Ölüm sonrası +10 ⁰ C'de bekleme süresi (saat)	I. Tekerrür			II. Tekerrür			III. Tekerrür		
			1 p.*	2 p.	3 p.	1 p.	2 p.	3 p.	1 p.	2 p.	3 p.
A L A B A L I K	Ani ölüm	0	2.839	3.173	3.164	2.813	2.643	2.352	2.767	2.591	2.763
		24	3.292	3.703	3.613	2.851	3.149	3.250	3.160	3.006	3.004
		48	3.842	3.816	3.865	3.556	3.524	4.094	3.653	4.063	3.728
		72	3.943	4.369	4.210	4.133	4.105	4.140	4.180	4.180	4.618
	Çırpınarak ölüm	0	2.924	2.708	2.690	2.597	3.168	2.966	2.190	2.923	3.165
		24	3.146	3.002	3.095	3.699	3.952	3.708	3.008	3.171	3.298
		48	3.184	3.833	4.102	4.934	4.813	4.591	3.803	3.932	4.104
		72	4.392	4.286	4.695	5.381	5.239	5.449	5.173	5.748	5.906
S A Z A N	Ani ölüm	0	2.715	3.247	3.207	3.184	3.204	3.255	3.250	2.900	4.010
		24	3.292	3.322	3.332	3.306	3.473	3.389	4.106	4.072	4.118
		48	3.333	3.344	3.344	3.785	4.173	4.015	4.123	4.336	4.602
		72	4.186	3.345	4.026	5.014	5.285	5.716	5.279	4.898	4.903
	Çırpınarak ölüm	0	2.641	2.813	3.045	3.487	3.006	3.176	3.212	3.228	2.975
		24	3.364	3.136	3.476	3.623	3.638	3.551	3.387	3.321	3.996
		48	4.261	4.257	4.392	4.243	4.004	4.172	4.228	4.021	4.308
		72	5.343	5.107	4.672	5.082	5.216	4.821	5.129	4.990	5.276

*p: paralel

- Öldürme işleminin hemen ardından (0. saat) balık etlerinin toplam mezofilik aerobik bakteri analiz sonuçları

Farklı uygulama şekillerinin ölüm işleminin hemen ardından (0. saat) balıkların toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı ölçümlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.51.'de verilmiştir.

Çizelge 4.51. Balıkların Ölümünün Hemen Ardından (0. saat) Balık Etlerinde Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısına Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Uygulama Şekli	3	0.383	4.409*
Hata	32	0.08695	–

Çizelge 4.51.'deki varyans analizi sonuçlarında görüleceği gibi; balıkların ölümünün hemen ardından balık etlerinin toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı üzerine uygulama şekli istatistiki olarak önemli ($p<0.05$) etki yapmıştır. Uygulama şekillerinin toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı ortalamalarına ait Duncan testi sonuçları Çizelge 4.52.'de verilmiştir.

Çizelge 4.52. Balıkların Ölümünün Hemen Ardından (0. saat) Balık Etlerindeki Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama Şekli	n	TMAB Sayısı * (logCFU/g)
Alabalık ani ölüm	9	2.7894 ± 0.2607^b
Alabalık çırpınarak ölüm	9	2.8146 ± 0.3080^b
Sazan ani ölüm	9	3.2191 ± 0.3511^a
Sazan çırpınarak ölüm	9	3.0648 ± 0.2485^{ab}

*Farklı harflerle işaretlenmiş olan ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Çizelge 4.52.'den görüldüğü üzere; ölüm işleminin hemen ardından (0. saat) farklı ölüm yöntemleri uygulanmış sazan (*Cyprinus carpio* L.) ve alabalık (*Oncorhynchus mykiss* W.) etlerindeki toplam mezofilik aerobik bakteri sayılarında önemli bir fark tesbit edilememiştir. Ancak sazan etlerindeki toplam mezofilik aerobik bakteri sayıları alabalık etlerindeki toplam mezofilik aerobik bakteri sayısından önemli ($p<0.05$) derecede yüksek çıkmıştır

- Öldürme işleminden 24 saat sonra balık etlerinin toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı analiz sonuçları

Çizelge 4.53. Balıkların Ölümünden 24 Saat Sonra Balık Etlerinde Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısına Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Uygulama Şekli	3	0.245	2.345*
Hata	32	0.104	–

Çizelge 4.53.'deki varyans analizi sonuçlarında görüleceği gibi; balıkların ölümünden 24 saat sonra balık etlerinin toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı üzerine uygulama şekli istatistiki olarak önemli ($p<0.05$) etki yapmıştır. Uygulama şekillerinin toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı ortalamalarına ait Duncan testi sonuçları Çizelge 4.54.'de verilmiştir.

Çizelge 4.54. Balıkların Ölümünden 24 Saat Sonra Ölçülen Balık Etlerinde Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama Şekli	n	TMAB Sayısı * (logCFU/g)
Alabalık ani ölüm	9	3.2253 ± 0.2808^b
Alabalık çırpınarak ölüm	9	3.3476 ± 0.3759^{ab}
Sazan ani ölüm	9	3.6011 ± 0.3772^a
Sazan çırpınarak ölüm	9	3.4991 ± 0.2447^{ab}

*Farklı harflerle işaretlenmiş olan ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Çizelge 4.54.'de görüldüğü üzere; soğukta muhafazanın 24. saatinde yapılan toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı analizlerinde stresli şekilde ölüme girmiş olan alabalık etlerinin bakteri sayısında ani şekilde öldürülmüş olanlara kıyasla önemli ($p<0.05$) bir artış görülmüştür. Ayrıca sazan etlerindeki toplam mezofilik aerobik

bakteri sayıları alabalık etlerindeki toplam mezofilik aerobik bakteri sayısından önemli ($p<0.05$) derecede yüksek çıkmıştır

- Öldürme işleminden 48 saat sonra balık etlerinin toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı analiz sonuçları

Çizelge 4.55. Balıkların Ölümünden 48 Saat Sonra Balık Etlerinde Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısına Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Uygulama Şekli	3	0.300	1.804
Hata	32	0.166	–

Çizelge 4.55.'deki varyans analizi çizelgesinden görüleceği gibi; soğukta muhafazanın 48. saatinde farklı ölüm yöntemlerinin sazan (*Cyprinus carpio* L.) ve alabalık (*Oncorhynchus mykiss* W.) etlerinin toplam mezofilik aerobik bakteri sayıları üzerine önemli bir etkisi gözlenmemiştir ($p>0.05$).

- Öldürme işleminden 72 saat sonra balık etlerinin toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı analiz sonuçları

Çizelge 4.56. Balıkların Ölümünden 72 Saat Sonra Balık Etlerinde Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısına Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Uygulama Şekli	3	1.296	5.301*
Hata	32	0.244	–

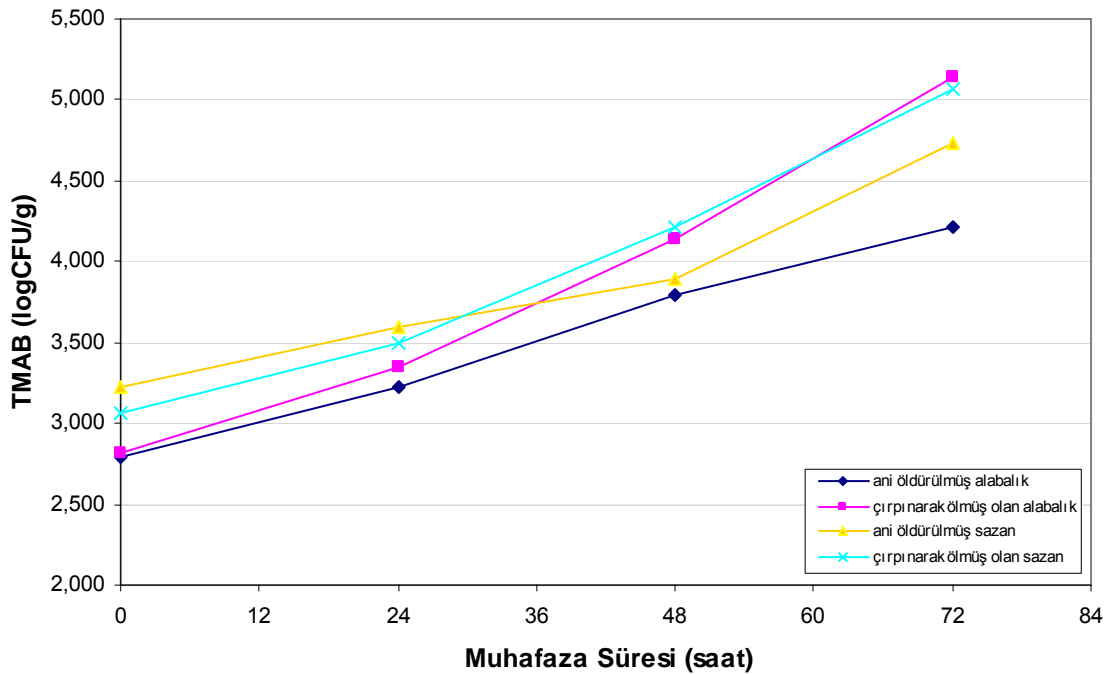
Çizelge 4.56.'daki varyans analizi sonuçlarında görüleceği gibi; balıkların ölümünden 72 saat sonra ölçülen etteki toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı üzerine uygulama şekli istatistiki olarak önemli ($p<0.05$) etki yapmıştır. Uygulama şekillerinin toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı ortalamalarına ait Duncan testi sonuçları Çizelge 4.57.'de verilmiştir.

Çizelge 4.57. Balıkların Ölümünden 72 Saat Sonra Balık Etlerinde Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama Şekli	n	TMAB Sayısı * (logCFU/g)
Alabalık ani ölüm	9	4.2087 ± 0.1893 ^b
Alabalık çırpınarak ölüm	9	4.9408 ± 0.5849 ^a
Sazan ani ölüm	9	4.7391 ± 0.7441 ^a
Sazan çırpınarak ölüm	9	5.0707 ± 0.2151 ^a

*Farklı harflerle işaretlenmiş olan ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05).

Çizelge 4.57.'de görüldüğü üzere soğukta muhafazanın 72. saatinde yapılan TMAB Sayısı analizlerinde çırpınarak ölüm sürecine girmiş olan alabalık etlerinin bakteri sayısında ani şekilde öldürülmüş alabalık etlerinin bakteri sayısına kıyasla önemli (p<0.05) bir artış görülmüştür. Ayrıca ani öldürülen ve çırpınarak ölen sazan etlerindeki toplam mezofilik bakteri sayısı ani öldürülen alabalık etindeki toplam mezofilik aerobik bakteri sayısından önemli (p<0.05) düzeyde yüksek çıkmıştır.



Şekil 4.5. Farklı ölüm yöntemleri uygulanmış ve soğukta muhafaza edilmiş sazan (*Cyprinus carpio* L.) ve alabalık etlerindeki (*Oncorhynchus mykiss* W.) toplam mezofilik aerobik bakteri sayısında meydana gelen değişimler

4.3.1. Psikrofilik bakteri (PB) sayımı

Balıklarda kokuşma olayının belirteçlerinden olan psikrofilik bakteri (PB) sayımı sonucunda, stres faktörünün etteki mikrobiyolojik bozulmaya etkisi belirlenmeye çalışılmıştır.

Farklı ölüm şekillerinin muhafaza süresi boyunca balık etlerinin psikrofilik bakteri sayısı üzerine etkileri çizelge 4.58.'de verilmiştir

Çizelge 4.58. Farklı Ölüm Şekillerinin Muhafaza Süresince Balık Etlerinin Psikrofilik Bakteri Sayısı (logCFU/g) Üzerine Etkileri

Balık türü	Ölüm şekli	Ölüm sonrası +10 ⁰ C'de bekleme süresi (saat)	I. Tekerrür			II. Tekerrür			III. Tekerrür		
			1 p.*	2 p.	3 p.	1 p.	2 p.	3 p.	1 p.	2 p.	3 p.
A L A B A L I K	Ani ölüm	0	1.756	2.806	2.806	2.176	3.322	3.097	2.301	2.544	2.484
		24	3.152	3.183	3.252	3.574	3.747	3.771	2.900	2.556	3.064
		48	3.450	3.352	3.466	3.875	3.807	3.961	4.117	4.215	3.966
		72	4.884	4.118	3.845	4.438	5.081	4.431	4.544	4.803	4.493
	Çırpınarak ölüm	0	2.537	2.648	2.782	3.491	3.484	3.332	2.041	2.556	2.439
		24	2.881	3.008	3.103	4.079	4.234	4.180	3.155	3.348	3.491
		48	3.276	3.681	4.063	4.892	4.712	4.851	4.114	4.842	4.806
		72	4.212	4.091	4.193	5.842	5.294	5.373	5.066	5.293	5.298
S A Z A N	Ani ölüm	0	2.761	3.126	3.356	2.000	2.307	2.498	3.237	3.334	4.025
		24	3.375	3.889	4.058	2.602	2.866	3.225	4.279	4.190	4.288
		48	4.062	4.128	4.094	3.312	4.130	4.090	4.541	4.602	4.796
		72	4.602	4.934	4.353	5.002	5.265	5.104	4.866	5.869	5.177
	Çırpınarak ölüm	0	2.825	2.597	2.845	2.845	2.699	2.699	3.276	3.122	2.667
		24	3.667	3.184	3.420	3.740	2.954	3.390	3.875	3.602	3.357
		48	4.464	4.308	4.306	3.848	4.011	4.404	5.021	4.354	4.789
		72	5.117	5.221	4.842	4.919	5.183	4.940	5.380	5.239	5.235

*p: paralel

- Öldürme işleminin hemen ardından (0. saat) balık etlerinin psikofilik bakteri sayısı analiz sonuçları

Farklı uygulama şekillerinin ölüm işleminin hemen ardından (0. saat) balık etlerinin psikofilik bakteri sayısına ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.59.'da verilmiştir.

Çizelge 4.59. Balıkların Ölümünün Hemen Ardından (0. Saat) Balık Etlerinde Psikofilik Bakteri Sayısına Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Uygulama Şekli	3	0.218	0.933
Hata	32	0.233	–

Çizelge 4.59.'daki varyans analizi çizelgesinden görüleceği gibi; ölüm işleminin hemen ardından (0. saat) farklı ölüm yöntemleri uygulanmış sazan (*Cyprinus carpio* L.) ve alabalık (*Oncorhynchus mykiss* W.) etlerinin psikofilik bakteri sayılarında önemli bir fark tesbit edilememiştir ($p>0.05$).

- Öldürme işleminden 24 saat sonra balık etlerinin psikofilik bakteri sayısı analiz sonuçları

Çizelge 4.60. Balıkların Ölümünden 24 Saat Sonra Balık Etlerinde Psikofilik Bakteri Sayısına Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Uygulama Şekli	3	0.242	1.003
Hata	32	0.241	–

Çizelge 4.60.'deki varyans analizi çizelgesinden görüleceği gibi; soğukta muhafazanın 48. saatinde farklı ölüm yöntemlerinin sazan (*Cyprinus carpio* L.) ve alabalık (*Oncorhynchus mykiss* W.) etlerinin psikofilik bakteri sayıları üzerine önemli bir etkisi gözlenmemiştir ($p>0.05$).

- Öldürme işleminden 48 saat sonra balık etlerinin psikofilik bakteri sayısı analiz sonuçları

Çizelge 4.61. Balıkların Ölümünden 48 Saat Sonra Balık Etlerinde Psikofilik Bakteri Sayısına Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Uygulama Şekli	3	0.556	2.742*
Hata	32	0.203	–

Çizelge 4.61.'deki varyans analizi sonuçlarında görüleceği gibi; balıkların ölümünden 48 saat sonra ölçülen etteki psikofilik bakteri sayısı üzerine uygulama şekli istatistiki olarak önemli ($p<0.05$) etki yapmıştır. Uygulama şekillerinin psikofilik bakteri sayısı ortalamalarına ait Duncan testi sonuçları Çizelge 4.62.'de verilmiştir.

Çizelge 4.62. Balıkların Ölümünden 48 Saat Sonra Balık Etlerinde Psikofilik Bakteri Sayısına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama Şekli	n	PB Sayısı* (logCFU/g)
Alabalık ani ölüm	9	3.8010 ± 0.3096^b
Alabalık çırpınarak ölüm	9	4.2136 ± 0.6351^{ab}
Sazan ani ölüm	9	4.1950 ± 0.4292^{ab}
Sazan çırpınarak ölüm	9	4.3894 ± 0.3563^a

*Farklı harflerle işaretlenmiş olan ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Çizelge 4.62.'de görüldüğü üzere; soğukta muhafazanın 48. saatinde balık etlerinin psikofilik bakteri sayılarında çırpınarak ölüme girmiş olan alabalık ve sazan etlerinin psikofilik bakteri sayısında ani şekilde öldürülmüş olanlara kıyasla önemli ($p<0.05$) bir artış görülmüştür.

- Öldürme işleminden 72 saat sonra balık etlerinin psikofilik bakteri sayısı analiz sonuçları

Çizelge 4.63. Balıkların Ölümünden 72 Saat Sonra Balık Etlerinde Psikofilik Bakteri Sayısına Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Uygulama Şekli	3	0.630	3.381*
Hata	32	0.186	—

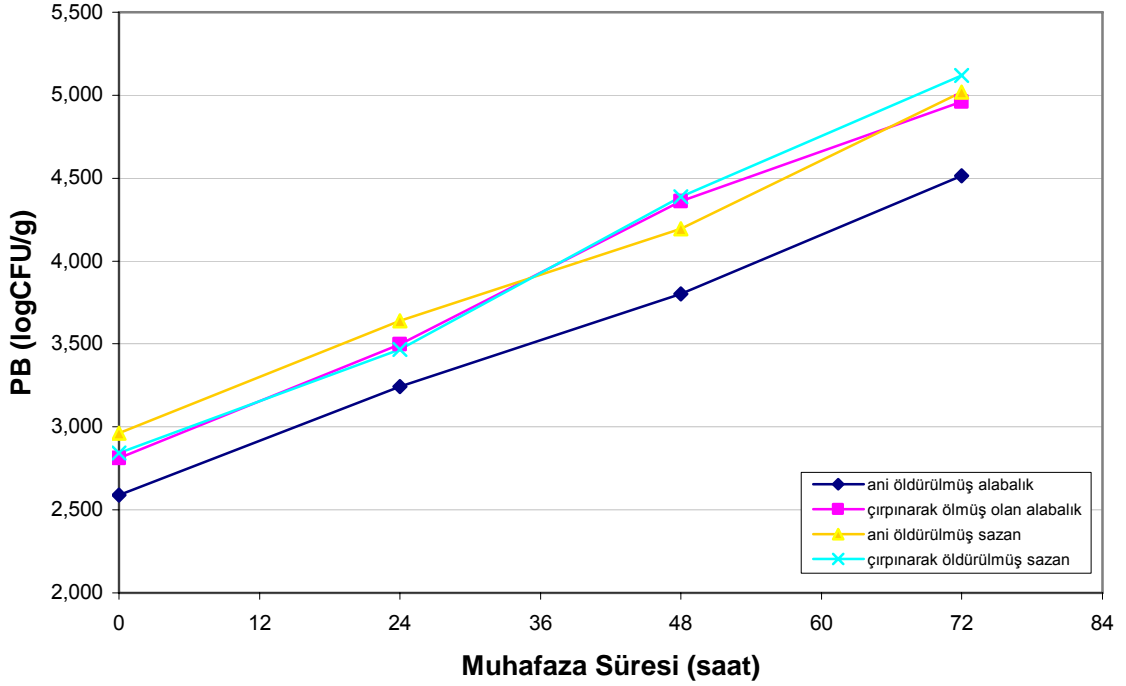
Çizelge 4.63.'deki varyans analizi sonuçlarında görüleceği gibi; balıkların ölümünden 72 saat sonra balık etlerinde psikofilik bakteri sayısı üzerine uygulama şekli istatistiki olarak önemli ($p<0.05$) etki yapmıştır. Uygulama şekillerinin psikofilik bakteri sayısı ortalamalarına ait Duncan testi sonuçları Çizelge 4.64.'de verilmiştir.

Çizelge 4.64. Balıkların Ölümünden 72 Saat Sonra Balık Etlerinde Psikofilik Bakteri Sayısına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama Şekli	n	PB Sayısı* (logCFU/g)
Alabalık ani ölüm	9	4.5152 ± 0.3808 ^b
Alabalık çırpınarak ölüm	9	4.9078 ± 0.6209 ^{ab}
Sazan ani ölüm	9	5.0191 ± 0.4277 ^a
Sazan çırpınarak ölüm	9	5.1196 ± 0.1800 ^a

*Farklı harflerle işaretlenmiş olan ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Çizelge 4.64.'de görüldüğü üzere soğukta muhafazanın 72. saatinde çırpınarak ölüm sürecine girmiş olan Alabalık etlerinin psikofilik bakteri sayısında ani şekilde öldürülmüş alabalık etlerine kıyasla önemli ($p<0.05$) bir artış görülmüştür. Ayrıca ani öldürülen ve çırpınarak ölen sazan etlerindeki psikofilik bakteri sayısı ani öldürülen alabalık etindeki psikofilik bakteri sayısından önemli ($p<0.05$) düzeyde yüksek çıkmıştır.



Şekil 4.6. Farklı ölüm yöntemleri uygulanmış ve soğukta muhafaza edilmiş sazan (*Cyprinus carpio* L.) ve alabalık etlerindeki (*Oncorhynchus mykiss* W.) psikrofilik bakteri sayısında meydana gelen değişimler

4.4. Fiziksel Analiz (Tekstür Analizi)

Tekstür analizi balıklarda tazelik kayıplarının belirlenmesinde önemli bir yöntemdir. Ölüm öncesi stres gibi, dokuda meydana gelen olumsuzluklar direkt tekstür ölçüm cihazları ile gözlenebilmektedir. Kaslardaki pH düşüşü ile birlikte et tekstüründe yumuşama olayı gözlenmektedir. Tekstür analizi ölçümleri balık filetosuna uygulanan basınca karşılık kas dokusunun gösterdiği direnç, kuvvet (Newton) cinsinden ölçülmektedir.

Farklı ölüm şekillerinin muhafaza süresi boyunca balık etlerinin tekstür analiz değerleri çizelge 4.65.'de verilmiştir.

Çizelge 4.65. Farklı Ölüm Şekillerinin Muhafaza Süresince Balık Etlerinin Tekstür Analiz Değerleri (N) Üzerine Etkileri

Balık türü	Ölüm şekli	Ölüm sonrası +10°C'de bekletme süresi (saat)	I. Tekerrür			II. Tekerrür			III. Tekerrür		
			1 p.*	2 p.	3 p.	1 p.	2 p.	3 p.	1 p.	2 p.	3 p.
A L A B A L I K	Ani ölüm	0	14.13	18.44	14.86	14.04	10.56	10.72	14.77	15.93	15.16
		12	12.08	10.24	11.29	7.86	7.47	7.39	7.13	6.84	8.80
		24	9.47	8.44	8.40	7.06	6.98	6.96	6.73	6.58	6.31
		36	7.71	7.77	7.62	6.83	6.92	6.66	6.27	5.75	5.67
		48	7.34	6.82	6.81	6.49	6.06	6.05	5.54	5.29	5.14
		60	6.68	5.94	5.85	5.30	5.27	5.15	5.12	5.07	5.06
	Çırpınarak ölüm	0	11.61	10.86	9.93	7.37	7.26	6.82	8.65	8.28	8.63
		12	9.77	9.51	9.66	6.74	6.55	6.67	7.99	7.19	6.85
		24	9.50	8.42	8.27	6.54	6.43	6.15	6.61	6.31	6.60
		36	8.07	7.98	7.81	6.06	6.09	6.07	5.95	5.80	6.28
		48	7.33	7.34	6.64	5.59	5.82	5.51	5.34	5.49	5.36
		60	6.41	6.44	6.35	5.38	4.87	5.44	5.06	5.17	5.07
S A Z A N	Ani ölüm	0	21.18	19.45	22.39	31.56	31.17	31.71	28.88	34.83	35.21
		12	16.81	15.66	17.70	19.58	20.36	18.92	19.99	19.30	19.51
		24	14.61	15.08	14.36	16.40	17.38	17.31	17.04	16.76	17.26
		36	14.09	12.85	14.22	14.53	15.30	16.35	16.21	15.36	15.72
		48	10.49	9.64	10.94	11.49	13.43	12.02	14.81	14.75	13.35
		60	8.11	7.59	8.16	10.82	11.37	11.23	13.10	12.99	12.48
	Çırpınarak ölüm	0	19.03	21.32	22.83	23.00	23.69	22.99	20.92	19.12	23.42
		12	15.96	16.17	18.13	18.55	18.67	14.55	18.18	17.86	18.45
		24	14.61	14.79	15.65	13.52	14.15	13.20	15.02	15.01	15.85
		36	13.18	13.72	14.03	13.47	13.06	12.66	14.17	14.63	13.50
		48	11.85	12.64	12.39	12.24	11.61	12.26	13.09	12.34	12.11
		60	10.12	10.87	11.65	11.30	10.80	9.64	11.50	11.34	11.06

*p: paralel

- Öldürme işleminin hemen ardından (0. saat) ölçülen tekstür analiz değerleri

Farklı uygulama şekillerinin ölüm işleminin hemen ardından (0. saat) ölçülen tekstür analiz değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.66.'da verilmiştir.

Çizelge 4.66. Balıkların Ölümünün Hemen Ardından (0. Saat) Ölçülen Tekstür Analizi Değerleri Üzerine Uygulama Şeklinin Etkilerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Uygulama Şekli	3	665.963	55.954*
Hata	32	11.902	–

Çizelge 4.66.'daki varyans analizi sonuçlarında görüleceği gibi; balıkların ölümünün hemen ardından (0. saat) ölçülen tekstür analiz değerleri üzerine uygulama şekli istatistiki olarak önemli ($p < 0.05$) etki yapmıştır. Uygulama şekillerinin tekstür analiz değeri ortalamalarına ait Duncan testi sonuçları Çizelge 4.67.'de verilmiştir

Çizelge 4.67. Balıkların Ölümünün Hemen Ardından (0. Saat) Ölçülen Etin Tekstür Analiz Değerleri Üzerine Uygulama Şekli Ortalamalarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama Şekli	n	Tekstür Analiz Değeri* (N)
Alabalık ani ölüm	9	14.2900 ± 2.4487 ^c
Alabalık çırpınarak ölüm	9	8.8233 ± 1.6610 ^d
Sazan ani ölüm	9	28.4867 ± 5.9671 ^a
Sazan çırpınarak ölüm	9	21.8133 ± 1.8018 ^b

*Farklı harflerle işaretlenmiş olan ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P < 0.05$).

Çizelge 4.67.'den görüldüğü üzere; farklı ölüm yöntemlerinin hemen ardından ölçülen tekstür analiz değerlerinde çırpınarak ölüme girmiş olan hem sazan hem de alabalık filetoalarının tekstür analiz değerlerinde önemli ($p < 0.05$) bir düşme görülmüştür.

- Öldürme işleminden 12 saat sonra ölçülen tekstür analiz değerleri

Çizelge 4.68. Balıkların Ölümünden 12 Saat Sonra Ölçülen Tekstür Analiz Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Uygulama Şekli	3	285.111	109.917*
Hata	32	2.594	–

Çizelge 4.68.'deki varyans analizi sonuçlarında görüleceği gibi; balıkların ölümünden 12 saat sonra ölçülen tekstür analiz değerleri üzerine uygulama şekli istatistiki olarak önemli ($p<0.05$) etki yapmıştır. Uygulama şekillerinin tekstür analiz değerleri ortalamalarına ait Duncan testi sonuçları Çizelge 4.69.'da verilmiştir

Çizelge 4.69. Balıkların Ölümünden 12 Saat Sonra Ölçülen Tekstür Analiz Değerleri Üzerine Uygulama Şekli Ortalamalarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama Şekli	n	Tekstür Analiz Değeri* (N)
Alabalık ani ölüm	9	8.7889 ± 1.9462 ^b
Alabalık çirpınarak ölüm	9	7.8811 ± 1.3910 ^b
Sazan ani ölüm	9	18.6478 ± 1.5830 ^a
Sazan çirpınarak ölüm	9	17.3967 ± 1.4652 ^a

*Farklı harflerle işaretlenmiş olan ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Çizelge 4.69.'da görüldüğü üzere; soğukta muhafazanın 12. saatinde farklı ölüm yöntemleri uygulanmış sazan (*Cyprinus carpio* L.) ve alabalık (*Oncorhynchus mykiss* W.) filetolarının tekstür analiz değerlerinde önemli bir fark tesbit edilememiştir. Ancak alabalık etlerinin tekstür analiz değeri sazan etlerinin tekstür analiz değerlerinden önemli ($p<0.05$) derecede düşük çıkmıştır

- Öldürme işleminden 24 saat sonra ölçülen tekstür analiz değerleri

Çizelge 4.70. Balıkların Ölümünden 24 Saat Sonra Ölçülen Tekstür Analiz Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Uygulama Şekli	3	201.941	165.618*
Hata	32	1.219	–

Çizelge 4.70.'deki varyans analizi sonuçlarında görüleceği gibi; balıkların ölümünden 24 saat sonra ölçülen tekstür analiz değerleri üzerine uygulama şekli istatistiki olarak önemli ($p<0.05$) etki yapmıştır. Uygulama şekillerinin tekstür analiz değerleri ortalamalarına ait Duncan testi sonuçları Çizelge 4.71.'de verilmiştir

Çizelge 4.71. Balıkların Ölümünden 24 Saat Sonra Ölçülen Tekstür Analiz Değerleri Üzerine Uygulama Şekli Ortalamalarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama Şekli	n	Tekstür Analiz Değeri* (N)
Alabalık ani ölüm	9	7.4367 ± 1.0694 ^c
Alabalık çırpınarak ölüm	9	7.2033 ± 1.2018 ^c
Sazan ani ölüm	9	16.2444 ± 1.2226 ^a
Sazan çırpınarak ölüm	9	14.6444 ± 0.8914 ^b

*Farklı harflerle işaretlenmiş olan ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Çizelge 4.71.'de görüldüğü üzere; soğukta muhafazanın 24. saatinde ölçülen tekstür analiz değerlerinde aniden öldürülmüş sazan'lara göre çırpınarak ölüme girmiş olan sazan (*Cyprinus carpio* L.) etlerinin tekstür analiz değerlerinde önemli ($p<0.05$) bir düşüş görülmüştür. Ayrıca alabalık etlerinin tekstür analiz değeri sazan etlerinin tekstür değerlerinden önemli ($p<0.05$) derecede düşük çıkmıştır

- Öldürme işleminden 36 saat sonra ölçülen tekstür analiz değerleri

Çizelge 4.72. Balıkların Ölümünden 36 Saat Sonra Ölçülen Tekstür Analiz Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Uygulama Şekli	3	173.388	214.553*
Hata	32	0.808	—

Çizelge 4.72.'deki varyans analizi sonuçlarında görüleceği gibi; balıkların ölümünden 36 saat sonra ölçülen tekstür analiz değerleri üzerine uygulama şekli istatistiki olarak önemli ($p<0.05$) etki yapmıştır. Uygulama şekillerinin tekstür analiz değerleri ortalamalarına ait Duncan testi sonuçları Çizelge 4.73.'de verilmiştir

Çizelge 4.73. Balıkların Ölümünden 36 Saat Sonra Ölçülen Tekstür Analiz Değerleri Üzerine Uygulama Şekli Ortalamalarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama Şekli	n	Tekstür Analiz Değeri* (N)
Alabalık ani ölüm	9	6.8000 ± 0.8013^c
Alabalık çırpınarak ölüm	9	6.6789 ± 0.9664^c
Sazan ani ölüm	9	14.9589 ± 1.1341^a
Sazan çırpınarak ölüm	9	13.6022 ± 0.6086^b

*Farklı harflerle işaretlenmiş olan ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Çizelge 4.73.'de görüldüğü üzere; soğukta muhafazanın 36. saatinde ölçülen tekstür analiz değerlerinde aniden öldürülmüş sazan'lara göre çırpınarak ölüm sürecine girmiş olan sazan (*Cyprinus carpio* L.) etlerinin tekstür analiz değerlerinde önemli ($p<0.05$) bir düşüş görülmüştür. Ayrıca alabalık etlerinin tekstür analiz değeri sazan etlerinin tekstür değerlerinden önemli ($p<0.05$) derecede düşük çıkmıştır.

- Öldürme işleminden 48 saat sonra ölçülen tekstür analiz değerleri

Çizelge 4.74. Balıkların Ölümünden 48 Saat Sonra Ölçülen Tekstür Analiz Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Uygulama Şekli	3	115.038	93.924*
Hata	32	1.225	–

Çizelge 4.74.'deki varyans analizi sonuçlarında görüleceği gibi; balıkların ölümünden 48 saat sonra ölçülen tekstür analiz değerleri üzerine uygulama şekli istatistiki olarak önemli ($p<0.05$) etki yapmıştır. Uygulama şekillerinin tekstür analiz değerleri ortalamalarına ait Duncan testi sonuçları Çizelge 4.75.'de verilmiştir

Çizelge 4.75. Balıkların Ölümünden 48 Saat Sonra Ölçülen Tekstür Analiz Değerleri Üzerine Uygulama Şekli Ortalamalarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama Şekli	n	Tekstür Analiz Değeri* (N)
Alabalık ani ölüm	9	6.1756 ± 0.7595^b
Alabalık çirpınarak ölüm	9	6.0467 ± 0.8292^b
Sazan ani ölüm	9	12.3244 ± 1.8578^a
Sazan çirpınarak ölüm	9	12.2811 ± 0.4281^a

*Farklı harflerle işaretlenmiş olan ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Çizelge 4.75.'den görüldüğü gibi; farklı öldürme işlemlerinden sonra soğukta depolanmış olan balık filetolarına muhafazanın 48. saatinde uygulanan tekstür analizi ölçümlerinde sadece balık türleri arasında bir fark görülmüştür. alabalık etlerinin tekstür analiz değerleri sazan etlerinin tekstür analiz değerlerinden önemli ($p<0.05$) derecede düşük çıkmıştır.

- Öldürme işleminden 60 saat sonra ölçülen tekstür analiz değerleri

Çizelge 4.76. Balıkların Ölümünden 60 Saat Sonra Ölçülen Tekstür Analiz Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Uygulama Şekli	3	82.807	56.426*
Hata	32	1.468	–

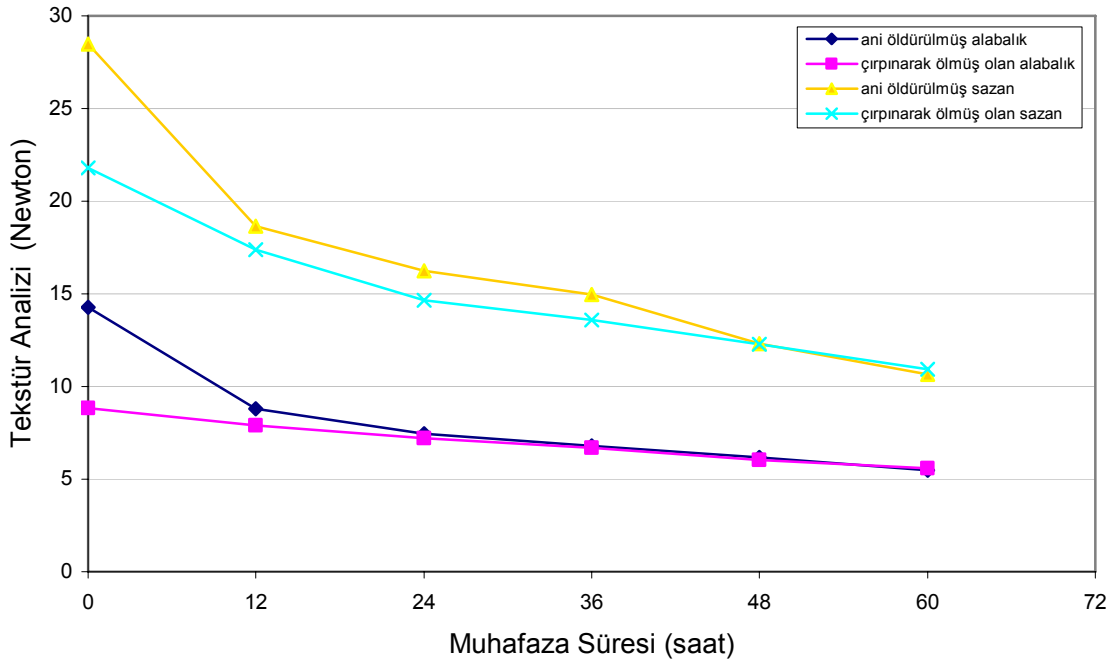
Çizelge 4.76.'daki varyans analizi sonuçlarında görüleceği gibi; balıkların ölümünden 60 saat sonra ölçülen etin tekstür analiz değerleri üzerine uygulama şekli istatistiki olarak önemli ($p<0.05$) etki yapmıştır. Uygulama şekillerinin tekstür analiz değerleri ortalamalarına ait Duncan testi sonuçları Çizelge 4.77.'de verilmiştir

Çizelge 4.77. Balıkların Ölümünden 60 Saat Sonra Ölçülen Tekstür Analiz Değerleri Üzerine Uygulama Şekli Ortalamalarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama Şekli	n	Tekstür Analiz Değeri* (N)
Alabalık ani ölüm	9	5.4933 ± 0.5530 ^b
Alabalık çırpınarak ölüm	9	5.5767 ± 0.6407 ^b
Sazan ani ölüm	9	10.6500 ± 2.1716 ^a
Sazan çırpınarak ölüm	9	10.9200 ± 0.6619 ^a

*Farklı harflerle işaretlenmiş olan ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Çizelge 4.77.'de görüldüğü gibi; farklı öldürme işlemlerinden sonra soğukta depolanmış olan balık filetolarına soğukta muhafazanın 60. saatinde uygulanan tekstür analizi ölçümleri sonucu sadece balık türleri arasında bir fark görülmüştür. Alabalık etlerinin tekstür analiz değerleri sazan etlerinin tekstür analiz değerlerinden önemli ($p<0.05$) derecede düşük çıkmıştır.



Şekil 4.7. Farklı ölüm yöntemleri uygulanmış ve soğukta muhafaza edilmiş sazan (*Cyprinus carpio* L.) ve alabalık etlerinin (*Oncorhynchus mykiss* W.) tekstür analiz değerlerinde meydana değişimler

Şekil 4.7.'de görüldüğü üzere; çırpınarak ölmüş balıkların etinin sertlik-sıklık değerleri ani öldürülenlere kıyasla düşük çıkmıştır. Ayrıca muhafazanın ilk 12. saatinde hızlı düşüşler görülmüştür. Taylor ve ark. [195] bu süreçte ki düşüşü myofibril-myofibril bağlarının kopması, muhafazanın ilerleyen saatlerindeki daha yavaş olan düşüşleri ise myofibril-myocommata bağlarının kopması ile izah etmişlerdir. Bu bağların, myofibril-myofibril bağlarına nazaran daha zor koptuğunu dile getirmişlerdir. Sonuç olarak, muhafaza sürecinin sonlarında balık eti sıklığının önemli düzeyde azaldığı tesbit edilmiştir.

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Çırpınarak ölmüş olan balıkların başlangıç pH değerlerinin, ani öldürülen balıkların pH değerlerinden daha düşük olduğu görülmüştür (Şekil 4.1.). Muhafazanın 24. saatinde ani öldürülen balıkların pH değerleri ile çırpınarak ölmüş olan balıkların pH değerleri yaklaşık aynı düzeye ulaşmıştır. Ani öldürülen alabalığın (*Oncorhynchus mykiss* W.) pH değeri 6.46, çırpınarak ölmüş olan alabalığın pH değeri 6.37, ani öldürülen sazan'ın (*Cyprinus carpio* L.) pH değeri 6.81, çırpınarak ölmüş olan sazan'ın pH değeri 6.72 olarak ölçülmüştür. Muhafazanın 24. saatinden itibaren çırpınarak ölmüş olan balıkların pH değerleri, ani öldürülen balıkların pH değerlerinden sürekli yüksek çıkmıştır.

Berik ve Candan'nın [179] soğukta depolanmış alabalık filetoları ile yaptıkları çalışmada, alabalık başlangıç pH değerini 6.39 olarak tesbit etmişlerdir. Soğukta depolama sürecinde pH değeri depolamanın 2. gününde düşüş göstermiş olup, bu süreden sonra tekrar yükselme eğilimi göstermiştir. Bu sonuçlar yaptığımız çalışmadaki bulgular ile paralellik göstermektedir.

Morzel ve ark.'na [147] göre çırpınma olayı balıklar için akut bir stres göstergesidir ve balıkların uygunsuz ortamdan kaçış amacıyla gösterdikleri bir tepkidir. Pre-mortem safhadaki yüksek stres ve kas aktivitesi neticesinde balıklar enerji rezervi olarak bilinen glikojeni tüketmekte ve kaslarda laktik asit birikimine neden olmaktadır [107, 30]. Ortamda hidrojen iyonu konsantrasyonu artacağından strese maruz kalmış balıkların başlangıç pH değerleri daha düşük çıkacaktır [10].

Şekil 4.1. stresli balıklarda yeteri kadar pH düşüşü olmadığını ve ani öldürülen balıklara göre rigor sonrası pH artışının daha yüksek olduğunu göstermiştir. Sikorski ve ark. [39] muhafazanın ileri aşamalarında pH'nın nötral noktaya doğru yükselmesi ile tazeliğin kaybolmasının aynı zamanlara rastladığını belirtmiştir. Endojenik ve bakteriyel enzimler azot yapısındaki bileşenleri parçalayarak bazik yapıdaki bileşenlere dönüştürmektedirler. Bunun sonucunda ortamın bazikliği artacağından pH yükselecektir. Şekil 4.1.'de görüldüğü gibi çırpınan balıklar nötral pH'ya daha hızlı yaklaştığından, tazeliklerini daha hızlı yitirmektedirler.

Yaptığımız çalışma ile benzer çalışma yapan Ruff ve ark. [30], kalkan balıklarına (*Scophthalmus maximus* L.) termal şok ve darbe uygulayarak öldürme olmak üzere farklı ölüm yöntemleri uygulamışlardır. Başına darbe uygulayarak ani öldürülen balıkların başlangıç pH'larının yüksek olduğunu ve rigor-mortis'e daha geç girdiklerini

rapor etmişlerdir. Sonuç olarak, ani öldürülen balıkların daha az strese maruz kaldığını bildirmişlerdir. Einen ve Thomassen [129] ise Atlantik somon balıklarında (*Salmo salar*) ölüm öncesi şiddetli açlığın balıkların et kalitesi üzerine olan etkilerini belirlemeye çalışmışlardır. Çalışma sonucunda açlığa terk edilen balıkların strese girdikleri ve orantılı olarak başlangıç pH'larının daha düşük düzeyde çıktığı gözlenmiştir. Skjervold ve ark. [54], ölüm öncesi balık yoğunluğunun Atlantik somon balıkları (*Salmo salar*) üzerine stres etkisi yapıp yapmadıklarını belirlemeye çalışmışlardır. Yoğun balık ortamında yaşayan balıkların kas pH'sının soğukta muhafaza boyunca stressiz balıklara göre çok yüksek olduğunu ortaya koymuşlardır. Bütün bu sonuçlar yaptığımız çalışmanın bulgularını desteklemektedir.

Ölüm yöntemlerinin hemen ardından ölçülen laktik asit miktarlarında stresli şekilde öldürülmüş alabalıkların (*Oncorhynchus mykiss* W.) başlangıç laktik asit miktarları ani öldürülen alabalıkların laktik asit miktarlarından önemli düzeyde ($p < 0.05$) yüksek çıkmıştır. Stres etkisine karşılık balıklar kaçma ve çarpınma gibi hızlı kas kasılmaları ile tepki vermektedirler. Uzun ve hızlı kas aktivitelerinde ortamdaki oksijen miktarı yetersiz kalacağından, kaslar anaerobik enerji sağlama yoluna girecektir. Anaerobik şartlar altında glikojen parçalanarak laktik aside dönüşmektedir. Bunun sonucunda kesim öncesi çarpınarak ölen balıkların kaslarında laktik asit birikimi meydana gelecektir [87, 51, 88, 41, 89].

Mishima ve ark. [157] istavritler (*Trachurus japonicus*) üzerine yaptıkları çalışmada, ölüm sonrası balık eti kalitesine ölüm yöntemlerinin ve muhafaza sıcaklığının etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar öldürme işleminin hemen ardından ölçülmüş olan laktik asit konsantrasyonun, çarpınarak ölen balıklarda ani öldürülen balıklara göre daha yüksek çıktığını görmüşlerdir. Balıklarda stresli öldürme yöntemlerinde merkezi sinir sisteminin fonksiyonuna devam ettiğini, istem dışı da olsa kasların hareket ettiğini, ATP tüketiminin ve laktik asit birikimin bu süreçte hızlı bir şekilde devam ettiğini bildirmişlerdir. Bu nedenle stresli balıklarda başlangıç laktik asit konsantrasyonun daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Einen ve Thomassen [129], ölüm öncesi şiddetli açlığın balıkların et kalitesi üzerine olan etkilerini belirlemeye çalışmışlardır. Öldürülmeden evvel aç bırakılarak ölüm öncesi strese neden olunan balıklarda başlangıç laktik asit konsantrasyonunun stressiz balıklara göre yüksek çıktığı görülmüştür. Skjervold ve ark. [29] Atlantik somon balıklarının et kalitesi üzerine, ölüm öncesi balık yoğunluğundan kaynaklanan stresin etkilerini araştırmışlardır. Laktik asit

değerleri, balık yoğunluğu fazla olan ortamda yaşamaya zorlanan balıklarda önemli derecede yüksek çıkmıştır. Wedermeyer ve ark. [135]'na göre, laktik asit parametresinin yüksek düzeyde bulunması, balıkların ölüm öncesi çok fazla strese maruz kaldığını ortaya koymaktadır. Bütün bu sonuçlar yaptığımız çalışmanın sonuçları ile paralellik göstermektedir.

Soğukta muhafazanın 24. ve 36. saatlerinde çırpınarak ölmüş sazan (*Cyprinus carpio* L.) ve alabalık'larda (*Oncorhynchus mykiss* W.), 48. saatte ise sadece sazan'larda laktik asit miktarları önemli düzeyde ($p<0.05$) düşük çıkmıştır.

Mishima ve ark. [157] stres uygulanarak öldürülen balıklarda başlangıç laktik asit miktarının daha yüksek olmasına rağmen, 10⁰C'deki soğukta muhafaza sürecinde laktik asit konsantrasyonunun artış hızının zamanla azalacağı ve ani öldürülen balıklara göre laktik asit konsantrasyonunun daha düşük seviyede kalacağını bildirmişlerdir. Einen ve Thomassen [129] ise, ölüm öncesi şiddetli açlığa maruz kalan balıkların başlangıç laktik asit konsantrasyonunun stressiz balıklara göre yüksek olmasına rağmen 3-5⁰C'lik muhafaza sürecinde laktik asit konsantrasyonunun zamanla düştüğünü rapor etmişlerdir. Söz konusu araştırmacıların raporları yaptığımız çalışmada elde ettiğimiz değerlerle paralellik arz etmektedir.

Farklı öldürme işlemlerini müteakip soğukta muhafazaya alınan balıklarda (alabalık ve sazan) muhafaza süresince toplam uçucu bazik azot (TVB-N) değerlerinde önemli bir fark tesbit edilememiştir. Soğukta muhafaza edilen balıklarda tüketim sınır değeri olan 30 mg/100g değerine [166] 60 saatlik muhafaza boyunca ulaşamadığı görülmüştür.

Scherer ve ark. [162] buzlu suya daldırma ve elektrik şoku uygulama olmak üzere iki farklı ölüm yöntemi uygulanan ot sazanı'nın (*Ctenopharyngodon idella*) soğukta muhafaza süresince kalite özelliklerini araştırmışlardır. 20 gün boyunca soğukta muhafaza edilen sazan etlerinde toplam uçucu bazik azot (TVB-N) analizleri yapılmıştır. Scherer ve ark. [162], ölüm yöntemleri arasında önemli bir fark tesbit edememişlerdir. Ayrıca 20 günlük muhafaza süresince insanlar için tüketilebilir sınır değeri olan 30 mg/100g değerine [196] Scherer ve ark. [162] da ulaşamamışlardır. Farklı ölüm yöntemleri uygulanmış balıklarda et kalitesinin kıyaslanmasında toplam uçucu bazik azot (TVB-N) yönteminin tek başına kesin bir gösterge olamayacağı [197] görülmüştür.

Scherer ve ark.'nın [162] yaptıkları çalışmada ot sazanı'nın (*Ctenopharyngodon idella*) başlangıç toplam uçucu bazik azot (TVB-N) değerini yaklaşık 9 mg/100g, Yanar ve Fenercioğlu [181] ise sazan balıkları (*Cyprinus carpio* L.) ile yaptıkları çalışmada başlangıç TVB-N değerini 10.52 mg/100g olarak bulmuşlardır. Metin ve ark. [198] Alabalıklarla ilgili yaptıkları çalışmada alabalığın (*Oncorhynchus mykiss* W.) başlangıç TVB-N değerini 12.83 mg/100g olarak tesbit etmişlerdir. Tarafımızdan yapılan çalışmada ise hem sazan hem alabalık başlangıç TVB-N değerleri yaklaşık 10 mg/100g civarında tesbit edilmiştir. Bu bulgular, söz konusu araştırmacıların [181, 198, 162] yaptığı çalışmaların sonuçları ile uyumlu çıktığını göstermektedir.

Balıkların muhafazasında en önemli muhafaza problemi, yağ oksidasyonudur. Yağ oksidasyonu sonucu balık etinde oluşan kalite kayıpları et renginin, tekstürünün ve lezzetinin bozulması şeklindedir [67, 68]. Balık ve diğer su ürünleri içerdikleri yağlarda mevcut değişik yapıda ve fazla miktardaki çoklu doymamış yağ asitleri nedeniyle, oksidatif bozulmalara diğer gıdalardan daha fazla maruz kalmaktadırlar. Balıklardaki yağ oksidasyonu balığın yağ asitleri kompozisyonu, doymamışlık dereceleri, fosfolipidlerin miktarı, balıktaki yağların dağılımı, kas dokusundaki aktivatörlerin varlığı veya yokluğu (hem pigmenti, metal iyonları, oksidatif enzimler, tokoferol, karotenoid gibi doğal maddeler), depolama sıcaklığı, süresi, ışık, oksijen basıncı, su aktivitesi ve ambalajlama gibi faktörler tarafından etkilenmektedir [198, 199, 200, 201]. Yağlı balıklarda özellikle deri altında yoğunlaşan yağlar, atmosferik oksijenle temas halindedir ve içerdikleri lipoksigenaz enziminin etkisiyle kolayca okside olabilmektedirler. Koyu renkli kaslarda bulunan myoglobin ve hemoglobin gibi hem-pigmentleri oksidasyonu artırıcı etki göstermektedirler [198, 201].

Çalışmamızda ölüm yöntemlerinin hemen ardından yapılan (Çizelge 4.39) malondialdehit (MDA) miktarı analizlerinde çarpınarak ölüm sürecine girmiş olan hem sazan (*Cyprinus carpio* L.) hem de alabalık (*Oncorhynchus mykiss* W.) etlerinin MDA düzeylerinde önemli ($p<0.05$) bir artış görülmüştür. Ayrıca soğukta muhafazanın 36 ve 60. saatlerinde yapılan analizlerinde yine stresli şekilde ölüme girmiş olan alabalık (*Oncorhynchus mykiss* W.) etlerinin MDA düzeylerinde ani şekilde öldürülmüş olanlara kıyasla önemli ($p<0.05$) bir artış görülmüştür. Bu sonuçlar bize ölüm öncesi strese maruz bırakılmış balıkların, ölüm sonrası muhafaza sürecinde lipolitik bozulmaya daha fazla maruz kalabileceğini işaret etmektedir.

Bu konuya paralel olarak, Ruff ve ark. [30] α - tokoferol ile yemlemenin soğukta muhafaza edilen kalkan balıklarının (*Scophthalmus maximus* L.) et kalitesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Bu araştırma sonucunda balıklarda beslenme şeklinin, balık filetolarının raf ömrünü etkilediği ortaya çıkarılmıştır. Raf ömrü boyunca yağ oksidasyonunun derecesini tesbit amacıyla malondialdehit (MDA mg/kg) analizleri yapılmıştır. Soğukta muhafazanın ikinci gününden itibaren yüksek düzeyde (500 ve 1000) α - tokoferol ile yemlenmiş olan balık filetolarının lipid oksidasyonu önemli düzeyde düşük ($p < 0.001$) çıkmıştır.

Balık etleri için tüketilebilir sınır değeri 7-8 mg malondialdehit/kg arasındadır [176]. Çalışmamız neticesinde tüketilemeyecek sınır değerine alabalıklar 48 saat sonra ulaşırken, sazanlar ise 60 saat sonra bu değere ulaşmıştır.

Balıklar, bakteriyel bozulmaya karşı kırmızı etlere kıyasla daha duyarlıdır. Balıklarda bozulmaya genellikle balık yüzeyindeki kaygan tabaka ve bağırsakta doğal olarak bulunan mikroflora neden olur. Balıklarda ölüm sonrası dokularda otolitik reaksiyonlar sonucu meydana gelen yumuşama bakteriyel gelişme için ortam hazırlamaktadır [202]. Bozulmaya neden olan mikroorganizmalar önce kimyasal yapı bakımından basit olan maddeleri kullanıp çeşitli kötü kokular açığa çıkaran uçucu bileşikler oluştururlar [203]. Bunun sonucu olarak pütrifaktif bozulma belirgin hale gelir. Eğer balık, yakalanması sırasında yorgun düşmüş ve oksijensiz kalmışsa bozulmaya karşı daha duyarlıdır [202].

Araştırmamızda; soğukta muhafazanın 24. saatinde stresli şekilde ölüme girmiş olan alabalık etlerinin toplam mezofilik aerobik bakteri sayısında (Çizelge 4.54.), soğukta muhafazanın 48. saatinde alabalık ve sazan etlerinin psikrofilik bakteri sayısında (Çizelge 4.62.), soğukta muhafazanın 72. saatinde ise alabalık etlerinin hem psikrofilik bakteri sayısında (Çizelge 4.64.) hem de toplam mezofilik aerobik bakteri sayısında (Çizelge 4.57.) ani şekilde öldürülmüş olanlara kıyasla önemli ($p < 0.05$) artışlar görülmüştür. Bu sonuçlar, ölüm öncesi çarpınarak ölmesi sağlanan balıkların daha fazla strese girdiğini ve mikrobiyolojik bozulma hızlarının ani öldürülen balıklara nazaran daha yüksek olduğunu göstermiştir.

Yaptığımız çalışmaya benzer şekilde Scherer ve ark. [162] ot sazanı'na (*Ctenopharyngodon idella*) buzlu suya daldırma ve stres faktörü olarak elektrik şoku uygulama şeklinde iki farklı ölüm yöntemi uygulayıp 20 gün boyunca soğukta muhafaza etmişlerdir. Muhafaza süresi boyunca balık etinin mezofilik ve psikrofilik

bakteri gelişimlerini takip etmişlerdir. Muhafazanın başlangıcı ile 7. günü arasında elektrik şoku uygulanarak öldürülen balığın mezofilik ve psikofilik bakteri yükleri önemli düzeyde yüksek çıkmıştır. Bu araştırmada balık etlerinin başlangıçtaki mezofilik ve psikofilik mikroorganizma yükleri yaklaşık 3 logCFU/g olarak analiz edilmiştir. Ayrıca Erkan ve ark.'nın [204] alabalıklar (*Oncorhynchus mykiss* W.) üzerine yaptıkları çalışmada alabalıkların başlangıç mikroorganizma yükünü 3.5 logCFU/g olarak tesbit etmişlerdir. Tarafımızdan yapılan çalışmada da hem alabalık'ların hem de sazan'ların başlangıç mikroorganizma yükleri yaklaşık 3 logCFU/g olarak tesbit edilmiştir. Söz konusu araştırmacıların [164, 204] sonuçları ile çalışmamızın sonuçları örtüşmektedir. Ayrıca söz konusu araştırmacıların mezofilik ve psikofilik bakteri gelişimlerini gösteren şekillerdeki bakteri gelişim hızları ile çalışmamızın neticesinde elde edilen şekillerin (Şekil 4.5. ve Şekil 4.6) gelişim hızları ile uyumluluk göstermektedir.

Araştırmamızda; farklı ölüm yöntemlerinin hemen ardından (Çizelge 4.67) yapılan tekstür analiz ölçümlerinde çırpınarak ölüm sürecine girmiş olan hem sazan hem de alabalık filetoalarının sertlik-sıklık değerlerinde ani şekilde öldürülmüş olanlara kıyasla önemli ($p<0.05$) bir düşüş görülmüştür. Ayrıca soğukta muhafazanın 24. ve 36. saatlerinde ise sadece sazan filetoalarının tekstür analiz değerlerinde ani şekilde öldürülmüş olanlara kıyasla önemli ($p<0.05$) bir düşüş görülmüştür.

Sigholt ve ark. [27] ve Hole [154] somon balıkları ile yaptıkları çalışmada strese maruz kalmış balıkların kas fibrillerinin daha kırılğan ve etlerinin daha yumuşak olduğunu bildirmişlerdir. Bazı araştırmacılar [144, 145, 146], tekstür analiz değerinin düşmesi olayını kas fibrillerinin ara yüzeyinde bulunan ve fibrillerin bir arada tutulmasında katkısı olan sarkolemma zarının bozulmasına bağlamışlardır. Sarkolemma zarının bozulması ile kas fibrillerinin fiziksel olarak daha serbest ve gevşek yapı sergileyeceklerini açıklamışlardır. Ando ve ark. [155] ise strese maruz kalmış balıkların kollajen yapıdaki fibrillerinin kırılğanlığının daha fazla olmasından dolayı et tekstürlerinin daha yumuşak olduğunu bildirmişlerdir.

Yaptığımız çalışmaya paralel olarak Einen ve Thomassen [129], ölüm öncesi şiddetli açlığın Atlantik somon balıklarının (*Salmo salar*) tekstür özellikleri üzerine etkilerini belirlemeye çalışmışlardır. Bir grup balığa kesim esnasına kadar ticari yem verilmiştir. Bir grup balık ise kesimden evvel aç bırakılmıştır. Balıklar öldürülmüş 3-5⁰C'de muhafazaya alınmış 0, 4 ve 12. günlerde tekstür analiz değerleri ölçülmüştür. Etin tekstür analiz değerleri hem aç kalma süresine bağlı olarak, hem de muhafaza

süresine bağı olarak düşme göstermiştir. Bu çalışma sonucunda araştırmacılar ölüm öncesi balıkların şiddetli bir şekilde aç bırakılmasının, balıklarda stres etkisi yaptığını ve balıkların tekstür özelliklerini olumsuz yönde etkilediği görüşünü rapor etmişlerdir.

Urbieta ve Gines [40] ise likit buz uygulaması ile geleneksel buz uygulaması şeklinde iki farklı öldürme yöntemini çipura balıkları (*Sparus aurata*) üzerine uygulamışlar ve balıkların belli bir süredeki tazelik kriterlerini incelemişlerdir. Tazelik kriteri olarak et tekstürünü de değerlendirmeye almışlardır. Çalışma sonucunda öldürme işlemlerinden 2 ve 7 gün sonra hazırlanan filetolara uygulanan tekstür analiz ölçümlerinde likit buz uygulanmış balıkların delme ve sıkıştırma değerleri daha yüksek çıkmıştır. Bu parametreler filetonun sıklığı, yapışkanlığı ve elastikiyeti hakkında bize bazı ön bilgiler vermiştir. Bu iki parametrenin likit buz ile muamele edilmiş balıklarda yüksek oluşu, söz konusu balıkların daha az strese girdiklerini, etlerinin tekstürel yönden daha üstün vasıflı olduğunu ve filetolarının daha sıkı olduğunu göstermiştir.

Skjervold ve ark. [54], ölüm öncesi balık yoğunluğunun Atlantik somon balıkları (*Salmo salar*) üzerine stres etkisi yapıp yapmadıklarını belirlemeye çalışmışlardır. Bir grup balık (1) ölüm öncesi hiçbir muameleye tabi tutulmamış, ikinci grup (2) balık popülasyonu yoğun olan bir ortama alınmıştır, üçüncü gruba (3) soğuk muamelesi uygulanmış ve dördüncü grup balıklara (4) ise ölüm öncesi hem yoğun ortama bırakılmış hem de soğuk muamelesi uygulanmıştır. Ölüm işlemini müteakip balıklar soğuk muhafazaya alınmıştır. Fileto kalitesini belirlemek için muhafazanın beşinci gününden sonra yapılan tekstür analizi ölçümlerinde yoğun ortamda yaşayan balıkların (2) et gevreklik (yumuşaklık) değerleri daha düşük çıkmıştır. Bu çalışmada araştırmacılar yoğun ortamda yaşayan balıkların (2) daha fazla strese maruz kaldığını ve tekstür özelliklerinin olumsuz şekilde etkilendiğini bildirmişlerdir.

Bütün bu araştırmaların sonuçları ölüm öncesi stres faktörlerinin balık eti tekstür özelliklerini olumsuz etkilediğini ve etin sıklık değerlerinde düşüğe sebep olduğuna işaret etmektedir. Yaptığımız çalışma sonuçları mevcut literatürlere paralellik göstermektedir.

Sonuç olarak tarafımızca yapılan çalışmada, çarpınarak ölen balıklarda lipolitik ve bakteriyel bozulmanın arttığı, et tekstürünün sertlik ve sıklığını daha kısa sürede yitirdiği ortaya konmuştur. Ayrıca çalışma sonucunda çarpınarak ölen balıkların daha fazla strese girmesinden dolayı rigor-mortis sürecine daha kısa sürede girdiği tesbit edilmiştir. Başına darbe uygulayarak öldürme gibi hızlı ve stressiz öldürme

yöntemlerinin post-mortem değişimleri geciktirmede önemli bir rol oynadığı görülmüştür. Bu nedenle, yüksek kaliteli bir balık eti elde etmek için pre-mortem süreçte öldürme yöntemi olarak ani öldürme yöntemlerinin seçilmesi gerektiğini önerebiliriz.

6. KAYNAKLAR

1. Murray J. ve Burt J.R, The Composition of Fish. *Tory Advisory Note*. 1977, 38:9-14.
2. Şengör, G. ve Erkan N, Su ürünlerinin beslenmemizdeki yeri ve önemi, *Standard*, 2002, 484:70-74.
3. Erdemli A.Ü., Su Ürünlerinde Özel Konular, *Ders Notları*, İnönü Üniv., Fen –Edeb. Fak., Malatya, 2002.
4. Belitz H.D., Grosch W. ve Schieberle P., *Lehrbuch der Lebensmittelchemie*, Springer Verlag, D-69126 Heidelberg, Deutschland, 2001.
5. Demir N., *İhtiyoloji*, İ.Ü. Yayınları Sayı: 3668, Fen Fakültesi Basımevi No: 219, İstanbul, 1992, pp.116-117.
6. Ternes, W., *Naturwissenschaftliche Grundlagen der Lebensmittelzubereitung*, 2.Aufl., Behr's Verlag, Hamburg, Deutschland, 1994.
7. Kuru M., *Omurgalı Hayvanlar*, 5. Baskı, Palme Yayıncılık, Fen ve Mühendislik serisi: 145, Ankara, 1999.
8. Tülsner M., *Fischverarbeitung. Band I. Rohstoff-eigenschaften und Grundlagen der verarbeitungsprozesse*. Behr's Verlag. Hamburg, Deutschland, 1994.
9. Connell J.J. (Ed.), *Advances in Fish Science and Technology*. Fishing News Books Ltd.: Farnham, Surrey, England, 1980.
10. Gülyavuz, H. ve Ünlüsayın, M., *Su Ürünleri İşleme Teknolojisi*, S.Ü. Egridir Su Ürünleri Fakültesi, Isparta, 1999.
11. Kietzman, U., Priebe, K., Rakou, D. ve Reichstein, K., *Seefisch als Lebensmittel*, Paul Parey Verlag, Hamburg, Berlin, 1969.
12. Reichwald I., *Chemie der fischlipide. Fette, Seifen, Anstrichmittel*, 1976, 78:328.
13. Oehlenschlager, J., Eine universell verwendbare methode zur bestimmung des fettsauregehalts in fischen und anderen meerestieren, 1. nf.f.d. *Fischwirtsch.*, 1986, 33(4), 188-190.
14. Caggiano M., *Quality in Harvesting and Post-harvesting Procedures-influence on Quality. Fish Freshness and Quality Assessment for Sea Bass and Sea Bream*. Global quality assessment in Mediterranean aquaculture Zaragoza. CIHEAM-IAMZ, 2000, pp.149.
15. Sikorski, Z.E., *Sea Food Resources, Nutritional Composition and Reservation*, Crc. Pres Inc. Boca Rota, Florida, 1990.

16. Dyerberg, J., *Linolenate-derived Polyunsaturated Fatty Acid and Prevention of Atherosclerosis*, *Nut.Rev.*, 1986, 44:125-294 .
17. Çelik, M., Su sirkülasyonunun Gökkuşuğu Alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) filetolarında Omega-3 yağ asitleri miktarına etkisi, *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, 2000, 605-607(24).
18. Carlson, S.E., Rhodes, P.G. ve Ferguson, M.G., Docosahexaenoic acid status preterm infants at birth and following feeding with human milk or formula, *Am. J. Clin. Nutr.* 1986, 44:798-804.
19. Tatar, O., Hışıl, Y. ve Donmez, M.; Bazı balık yumurtalarında omega-3 yağ asitlerinin araştırılması, *Gıda*, Ekim, 2001, 60-64.
20. Neuriger, M. ve Conner, W.E., ω -3 fatty acids in the brain and retina, evidence for their essentiality, *Nut.Rev.* 1986, 44(9), 285-294.
21. Houwelingen, A.C., Jurgen, P. ve Gerard, H., EFA statud during early human development, relation with maternal EFA status, *Am.J. Clin.Nurtr.*, 1993, 57:814S.
22. Leaf, A. ve Weber, P.C., Cardiovascular effect of n-3 fatty acids, *N.Eng.J.Med.*, 1988, 318(9) 549-557.
23. Kohen, Z. ve Heimer, M.Y., Production of polyunsaturated fatty acids (EPA, ARA and GLA) by the microalgae *Porphyridium* and *Spirulina*. *Industrial Applications of Single Cell Oils*, 1992.
24. Işık, O., Mikroalglerde lipid yağ asitleri ve elde etme yöntemleri, *Doktora Semineri*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çukurova Üniv., Adana, 1995.
25. Lands, W.E.M, *Fish and Human Health*, Academic Pres, London, 1986.
26. Dore, I., *Making the Most of your Catch*, An Anglerris Guide, An Ospery Book, 1990, p:116-122, New York.
27. Sigholt T., Erikson U., Rustad T., Johansen S., Nordvedt T.S. ve Seland A., Handling stres and storage temperature affect meat quality of farmed-raised Atlantic salmon (*Salmo salar*),. *J.Food Sci.*, 1997, 62:898-905
28. Loewe T.E., Ryder J.M., Carragher J.F. ve Wells R.M.G., Flesh quality in snapper, (*Pagrus auratus*) affected by capture stress. *J.Food Sci.* 1993, 58:770-773.
29. Skjervold P.O., Fjaera S.O. ve Ostby P.B., Rigor in Atlantic salmon as affected by crowding stres prior to chilling before slaughter. *Aquaculture*. 1999, 175:93-101.
30. Ruff N., FitzGerald R.D, Cross T.F., Teurtie G. ve Kerry J.P., Salughtering method and α -tocopheryl acetate supplementation affect rigor mortis and filet shelf-life of turbot *Scophthalmus maximus* L. *Aquaculture Res.* 2002, 33:703-714.

31. Gatta P.P., Pirini M., Testi S., Vignola G. ve Monetti P.G. , The influence of different levels of dietary vitamin E on sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) flesh quality. *Aquaculture Nutr.* 2000, 6:47-52.
32. Pirini M., Gatta P.P., Testi S., Trigari G. ve Monetti P.G., Effects of refrigerated storage on muscle lipid quality of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) fed on diets containing different levels of vitamin E. *Food Chem.* 2000, 68:289-293.
33. Stephan G. ve Lamour F., Incidence d'une supplementation de l'aliment en acetate d'alpha-tocopherol chez le bar *Dicentrarchus labrax*, sur le taux d'alpha-tocopherol et sur la stabilite des lipides musculaires, in vivo et apres stockage au congelateur a -20°C. In: *Aquaculture 92:Production, Environment and Quality* (ed. By G. Barnabe and P. Kestemont). Special Publication no. 18, pp. 347-357. European Aquaculture Society, Ghent, Belgium. 1993.
34. Stephan G., Guillaume J. ve Lamour F., Lipid peroxidation in turbot (*Scophthalmus maximus* L.) tissue; effect of dietary n-6 or n-3 polyunsaturated fatty acid. *Aquaculture.* 1995, 130:251-268.
35. Kestin S.C., *Pain and Stres in Fish*. RSPCA, Horsham, Surrey, UK, 1994.
36. Oka H., Ohno K. ve Ninomiya J. , Changes in texture during cold storage of cultured yellowtail meat prepared by different killing methods. *Nipp. Sui. Gakk.* 1990, 56:1673-1678.
37. Mochizuki S. ve Sato A., Effect of various killing procedures on post-mortem changes in the muscle of horse mackerel. *Nipp. Suis. Gakk.* 1994, 60:125-130.
38. Mishima T., Nonaka T., Okamoto A., Tsuchimoto M., Ishiya T., Tachibana K. ve Tsuchimoto M., Influence of storage temperatures and killing procedures on post-mortem changes in the muscle of horse mackerel caught near Nagasaki Prefecture, Japan. *Fisheries Sci.*, 2005, 71:187-194.
39. Sikorski Z.E., Kolakowska A. ve Sun Pan B., Postharvest biochemical and microbial changes in *Seafood: Resources, Nutritional Composition and Preservation*, Ed by Sikorski Z.E., CRC Pres, Boca Raton FL, USA. 1990, pp 55-75
40. Urbieta C. ve Gines R., Optimisation of slaughtering method in gilthead sea bream (*Sparus aurata*). Industrial application in fish farms. *Global quality assessment in Mediteranean aquaculture*, Zaragosa. CHIEAM-IAAZ, 2000, pp 71-79.
41. Robb D.H.F., The relationship between killing methods and quality. *Farmed Fish Quality* (Ed. by S.C. Kestin and P.D. Warris), Fishing News Books, Cornwall, UK. 2001, pp. 220-233.

42. Boyd N.S., Wilson N.D. Jerrett A.R. ve Hall B.I., Effects of brain destruction on post-harvest muscle metabolism in the fish kahawai (*Arripis trutta*). *J. of Food Sci.* 1984, 49:177-179.
43. Jerret A.R. ve Holland A.J., Rigor tension development in excised 'rested', 'partially exercised' and 'exhausted' chinook salmon white muscle. *J. of Food Sci.* 1998, 63:48-52.
44. Robb D.H.F., Kestin S.C., Methods used to kill fish: field observations and literature reviewed. *Anim. Welfare*, 2002, 11 (3), 269-282.
45. Ottera H., Roth B. ve Torrissen O.J., Do killing methods effect the quality salmon? In *Farmed Fish Quality* (Ed. By S.C. Kestin and P.D. Warris), Blackwell Sci. Ltd. Oxford. UK. 2001, pp.400-401.
46. Nakayama T., Goto E. ve Ooi A., Observation of characteristic muscle structure related to delay in red sea-bream rigor mortis by spinal cord destruction. *Fish. Sci.* 1996, 62:977-984.
47. Nakayama T., Toyoda T. ve Ooi A. , Delay in rigor motris of red sea-bream by spinal cord destruction. *Fish. Sci.* 1996, 62:478-482.
48. Ando M., Banno A., Haitani M., Hirai H., Nakagawa T. ve Makinodan Y., Influence on post-mortem rigor of fish body and muscular ATP consumption by the destruction of spinal cord in several fishes. *Fish. Sci.* 1996, 62:796-799.
49. Mochizuki S., Maeno K. ve Morita Y., Post-mortem changes in the muscle of horse mackerel sacrificed by neck-breaking. *Nipp. Suis. Gakki.* 1997, 63:396-399.
50. Kestin S.C., Wotton S.B., Adams S., The effect of CO₂, concussion or electrical stunning of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) on fish welfare. *Quality in Aquaculture. European Aquaculture Soc., Special Pub. 23*, Gent, Belgium, 1995, 380-381.
51. Robb D.H.F., Wooton J.L., McKinstry J.L. , Sonersen N.K., Kestin S.C., Commercial slaughter methods used on Atlantic salmon: determination of the onset of brain failure by electroencephalography, *Vet. Res.* 2000, 147, 298-303.
52. Ash G.R., Chymko N.R. ve Gallup D.N., Fish kill due to 'cold shock' in lake Wabamun, Alberta J., *Fish Res. Board Can.*, 1974, 31:1822-1824.
53. Block R.M., Effects of acute cold shock on the channel catfish. In: Gibbons J.W., Sharitz R.R. (Eds.), *Thermal Ecology, Proceedings of a symposium held at Augusta, Georgia, May 3-5, 1973*, 1974, pp.109-118.

54. Skjervold P.O., Fjaera S.O., Ostby P.B. ve Einen O., Live-chilling and crowding stress before slaughter of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*. 2001, 192:265-280.
55. Southgate P., Wall T., Welfare of farmed fish at slaughter. In practice-*J.Vet.Postgraduate Clin. Study* 2001, 23(5): 277-284.
56. Robb D.H.F., Kestin S.C. ve Warris P.D., Muscle activity at slaughter: I. Changes in flesh colour and gaping in rainbow trout. *Aquaculture*. 2000, 182:261-269.
57. Gregory N.G., Humane slaughter. *Outlook Agric.* 1991, 20, 95-101.
58. MAFF; The *Welfare of Animals (Slaughter or Killing) Regulations*. Statutory instruments No.731 London HMSO. 1995.
59. Kestin S.C., Robb D.H.F., Wotton S.B., Warriss P.D., The effect of two methods of electrical stunning on carcass haemorrhages in trout. Cultivation of Cold Water Species: Production, Technology and Diversification. Proceedings of Aquaculture Trondheim '97. August 10th-12th 1997, Trondheim, Norway. 1997.
60. Marx H., Brunner B., Weinzierl W., Methods of stunning freshwater fish: impact on meat quality and aspects of animal welfare. *Z.Lebensm.-Unters. Forsch. A* 204, 1997, 282-286.
61. Bremner A., Johnson M.; *Poultry Meat Hygiene and Inspection*. Saunders, London. 1996.
62. Richardson R.I., Mead G.C., *Poultry Meat Science*. CAB International, Wallingford, UK. 1999.
63. Simons N.J., *Electrical stunning of pig. The effect of different stunning methods on the incidence of blood splash, broken bones and PSE occurrences*. M.Sc. Thesis. Univ. of Bristol, UK. 1989.
64. Gregory N.G., *Animal Welfare and Meat Science*. CAB International, Wallingford, UK, 1998.
65. Lines J.A., Robb D.H., Kestin S.C., Crook S.C., Benson T., Electric stunning: a humane slaughter method for trout, *Aquacultural Engineering*, 2003, 28:141-154.
66. Ingemanson, T., Lipid Metabolism and Postmortem Changes in Fish Muscle. Göteborg: *SIK-Rapport* No 571, 1990.
67. Frigg M., Prabucki A.L. ve Ruhdel E.U., Effect of dietary vitamin E levels on oxidative stability of trout fillets. *Aquaculture*. 1990, 84:145-158.

68. Waagbo R., Sandens K., Torrissen O.J., Sandvin A. ve Lie O., Chemical and sensory evaluation of fillets from Atlantic salmon (*Salmon salar*) fed three different levels of N-3 polyunsaturated fatty acids at two levels of vitamin E. *Food Chem.* 1993, 46:361-366.
69. Mazur C.F. ve Iwama G.K., Handling and crowding stres reduces number of plaque-forming cells in Atlantic salmon. *J.Aquat.Animal Health.* 1993, 5:98-101.
70. Einarsdottir I.E. ve Nilssen K.J., Stres responses of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) elicited by water level reduction in rearing tanks. *Fish Physiol. Biochem.* 1996, 15:395-400.
71. Rotllant J. ve Tort L., Cortisol and glukose responses after acute stres by net handling in the sparid red porgy previously subjected to crowding stres. *J.Fish Biol.* 1997, 51:21-28.
72. Goksoy E.O., McKinstry L.J., Wilkins L.J., Parkman I., Phillips A., Richardson R.I., Anil M.H., Broiler stunning and meat quality. *Poultry Sci.* 1999, 78:1796-1800.
73. Marahrens M., Nowak B., Feldhusen F., Hartung J., Stres response of pigs during transport, lairage time and slaughter and its relation to meat quality. *Fleischwirtsch.*, 1997, 77:717-720.
74. Solomon M.B. van Laack R.L.J.M., Eastridge J.S., Biophysical basis of pale, soft, exudative (PSE) pork and poultry muscle: a review. *J. Muscle Foods.* 1998, 9:1-11.
75. Marx H., Brunner B., Weinzierl W., Hoffmann R., Stolle A., Methods of stunning freshwater fish: impact on meat quality and aspects of animal welfare. *Z.Lebensm. Untersuch. Forsch. A.*, 1997, 204:282-286
76. Azam K., Mackie I.M., Smith J., The effect of slaughter method on the quality of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) during storage on ice. *Int. J.Food Sci. Technol.*, 1989, 24:69-79.
77. Berg T., Erikson U., Nordtvedt T.S., Rigor motris assesment of Atlantic salmon (*Salmo salar*) and effects of stress. *J.Food Sci.* , 1997, 62:439-446.
78. Sigurgisladottir S., Sigurgisladottir M.S., Ingvarsdottir H., Torrissen O.J., Hafsteinsson H., Microstructure and texture of fresh and smoked Atlantic salmon (*Salmo salar* L.), fillets from fish reared and slaughtered under different conditions. *Aquacult. Res.*, 2001, 32:1-10.
79. Erikson U., Beyer A.R. ve Sigholt T., Muscle high-energy phosphates and stress affect K-values during ice storage of atlantic salmon (*Salmo salar*). *J. of Food Sci.*, 1997, 57(5): 1099-1102.

80. Lavety J., Afolabi O.A. ve Love R.M., The connective tissues of fish: 9. Gaping in farmed species. *Int. J. Food Sci. Technol.* 1988, 23:23-30.
81. Andersen U.B., Stromsnes A.N., Steinsholt K. ve Thomassen M.S., Filet gaping in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Norw. J. Agric. Sci.* 1994, 8:165-179.
82. Ryder J.M., Scott D.N. ve Fletcher G.C., The effects of on-board handling and frozen storage on gaping in hoki (*Macruronus novaezelandiae*). *J. Aquat. Food Prod. Technol.* 1997, 6:33-34.
83. Izquierdo-Pulido M.L., Hatae K. ve Hard N.F., Nucleotide catabolism and changes in texture indices during ice storage of cultured sturgeon (*Acipenser transmontanus*). *J. of Biochem.*, 1992, 16:173-192
84. Lowe T.E., Ryder J.M., Carragher J.F. ve Wells R.M.G.; Flesh quality in snapper (*Pagrus auratus*), affected by capture stres. *J. of Food Sci.*, 1993, 58(4): 770-774
85. Erikson U.; Muscle Quality of Atlantic Salmon (*Salmon salar*) as Affected by Handling Stres. Dr. Ingenior Thesis. Norwegian Univ. of Sci. and Technol., Trondheim, 1997.
86. Wood C.M., Acid-base and ion balance, metabolism, and their interactions, after exhaustive in fish. *J. Exp. Biol.* 1991, 160:285-308.
87. Thomas P.M., Pankhurst N.W. ve Bremner H.A, The effect of stress and exercise on post-mortem biochemistry of Atlantic salmon and rainbow trout. *J. of Fish Biol.* 1999, 54:1177-1196.
88. Pottinger T.G., Effects of husbandry stress on flesh quality indicators in fish. *Farmed Fish Quality* (Ed. by S.C. Kestin and P.D. Warris), Fishing News Books, Cornwall, UK. 2001, pp. 145-160.
89. Stien L.H., Hirmas E., Bjornevik M., Karlsen O., Nortvedt R., Rora A.M.B., Sunde J. ve Kiessling A., The effects of stres and storage temperature on the colour and texture of pre-rigor filleted farmed cod (*Gladus morhua L.*), *Aquaculture Research*, 2005, 36:1197-1206
90. Thomas P.M., Pankhurst N.W. ve Bremner H.A., The effect of stres and exercise on post-mortem biochemistry of Atlantic salmon and rainbow trout. *J. Fish Biol.*, 1996, 54:1177-1196
91. Van de Vis J.W., Oehlenschlager J., Kuhlmann H., Munker W., Robb D.H.F. ve Schelvis-Smit A.A.M., Effect of commercial methods or slaughter of eels (*Anguilla anguilla L.*) on quality and welfare, in *Farmed Fish Quality*, Ed by Kestin S.C. ve Warris P.D. Fishing News Books, Oxford, 2001, pp 234-248

92. Torrissen O.J., Sigurgisladottir S. ve Slinde E, Texture and technological properties of fish. *Farmed Fish Quality* (Ed. by S.C. Kestin and P.D. Warris), Fishing News Books, Cornwall, UK. 2001, pp. 42-57.
93. Cole R.G., Alcock N.K., Handley S.J., Grange K.R., Black S., Carney D., Day J., Ford S. ve Jerret A.R., Selective capture of blue cod (*Parapercis colias*) by potting; behavioural observations and effects of capture method on peri-mortem fatigue. *Fisheries Res.*, 2003, 60:381-392,
94. Kiessling A. Espe M. Ruohonen K. ve Morkore T, Texture, gaping and colour of fresh and frozen Atlantic salmon flesh as affected by pre-slaughter iso-eugenol or CO₂ anaesthesia. *Aquaculture*. 2004, 236:645-657.
95. Clarke J., The effects of slaughter method on rigor mortis development in farmed turbot (*Scophthalmus maximus* R.). M.Sc. Thesis, Dept. of Zoolgy and Animal Ecology, Univ. College Cork, National Univ. of Ireland, Cork, Ireland. 1999.
96. Iwamoto M., Yamanaka H., Abe H., Ushio H., Watabe S., ve Hashimoto K., ATP and creatine phosphate breakdown in spiked plaice muscle during storage, and activites of some enzymes involved. *J. of Food Sci.* 1988, 53:1662-1662.
97. Watabe S., Kamal M. ve Hashimoto K., Postmortem changes in ATP, creatine phosphate and lactate in sardine muscle. *J. of Food Sci.* 1991, 56:151-154.
98. Wang D., Tang J., Correia L.R. ve Gill T.A, Postmortem changes of cultivated atlantic salmon and their effects on salt uptake. *J. of Food Sci.* Volume 63, No.4. 1998.
99. Pate E.F. ve Brokaw C.J., Cross-bridge behaviour in rigor-muscle. *Biophys. Struct. Mech.* 1980, 7:51-54.
100. Iwamoto M., Yamanaka H., Watabe S. ve Hashimoto K., Effect of storage temperature on rigor-mortis and ATP degradation in plaice (*Paralichthys olivaceus*) muscle. *J. of Food Sci.* 1987, 52:1514-1517.
101. Geri G., Poli B.M., Macsini M., Lupi P., Parisi G., Meacetti M.I., Guidotti P. ve Dell'Angello M., *Fish freshness and quality assessment in seabass and seabream stored at different temperatures*. Seabass and seabream culture: Problems and prospects. Handbook of EAS, 1996, pp.280-283.
102. Poli B.M., *Assessment of fish quality*. Acquacoltura: Qualita dell'ambiente e del prodotto. Ed. Scientifiche Italiane, Napoli, 1999, pp.135-155.
103. Mecatti M., *Evolution of freshness parameters in various fish species*. Acquacoltura: Qualita dell'ambiente e del prodotto. Ed. Scientifiche Italiane, Napoli, 1999, pp.157-163.

104. Boneli A., *Post mortem fat alterations*. Acquacoltura: Qualita dell'ambiente e del prodotto. Ed. Scientifiche Italiane, Napoli, 1999, pp.165-166.
105. Nakayama T., Liu D.J. ve Ooi A., Tension change of stressed and unstressed carp muscles in isometric rigor contraction and resolution. *Nipp.Suis.Gakk.* 1992, 58:1517-1522.
106. Stroud G.D., *Rigor in fish*. Torry Advis. Note 1969, 36:3-11.
107. Erikson U., Sigholt T., Rustad T., Einarsdottir I.E. ve Jorgensen L., Contribution of bleeding to total handling stress during slaughter of Atlantic salmon. *Aquaculture Int.* 1999, 7:101-115.
108. Göğüş, A.K., Kolsarıcı, N., *Su Ürünleri İşleme Teknolojisi*, A.Ü. Ziraat Fak., Gıda Mühendisliği Bölümü, Ankara. 1992.
109. Tsuchiya H., Kita S. ve Seki N., Postmortem changes in actinin and connectin in carp and rainbow trout muscles. *Nipp. Suis. Gakk.* 1992, 58:793-798.
110. Jittinandana S., Kenney P.B., Slider S.D., Mazik P., Bebak-Williams J. ve Hankins J.A., Effect of fish attributes and handling stres on quality smoked arctic char fillets. *J. of Food Sci.*, 2003, 68:57-63.
111. Gülyavuz,H., Ünlüsayın, M., *Su Ürünleri İşleme Teknolojisi*, Süleyman Demirel Üniv. Eğridir Su Ürünleri Fakültesi, Isparta. 1999.
112. Timm,F., Herrmann,K., *Tiefgefrorene Lebensmittel*, Blackweil Wissenschafts-Verlag, Berlin. 1996.
113. Jerrett A.R., Stevens J. ve Holland A.J., Tensile properties of white muscle in rested and exhausted chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *J.Food. Sci.* 1996, 61(3):527-32.
114. Mc Craren J.P.; History. In: Smith C. (Ed.), *Manual of fish Culture*, Section G; Fish Transportation. US Fish and Wildlife Service, Washington, DC, 1978, pp.1-6.
115. Sikorski Z.E. ve Kolakowska A.A., *Seafood: Resources, Nutritional Composition and Preservation. Freezing of Marine Foods*. Florida, 1990, pp.247.
116. Varlık C., *İşleme Teknolojisi Ders Notları*. İstanbul Üniv. Su Ürünleri Fak. İstanbul. 2000.
117. Baygar T. ve Varlık C., Balıklarda soğuk zincir uygulaması ve balık satış yerlerinin durumu. *Standard*, 2002, 484:48-54
118. Sikorski Z.E., Chilling of fresh fish. In: Sikorski Z.E. (Ed.), *Seafood, Resources, Nutritional Composition and Preservation*. CRC Press, Boca Raton, FL, 1989, pp.93-111.

119. Whittle K.J., Factors affecting the quality of farmed salmon (*Salmo salar*). Refrigeration and Aquaculture, International Institute of Refrigeration, Commission C2, Meeting, Bordeaux, March 20-22, 1996. Paris, France. Conference Proceedings, 1996, pp.175-188.
120. Torrissen O.J., Roth B. ve Slinde E.; Effect of storage and slaughter temperature on filet colour of Atlantic salmon (*Salmo salar*), *Farmed Fish Quality* (Ed. by S.C. Kestin and P.D. Warris), Fishing News Books, Cornwall, UK, 2001, pp. 411.
121. Wedekind H. ve Griese M., Quality changes in rainbow trout fillets under different storage conditions. *Farmed Fish Quality* (ed. by S.C. Kestin and P.D. Warris), Fishing News Books, Cornwall, UK. 2001, pp. 413-414.
122. Esaiassen M., Nisen H., Joensen S., Skjerdal T., Carlehög M., Eilertsen G., Gunderesen B. ve Elvevoll E., Effects of catching methods on quality changes during storage of cod (*Gadus morhua*). *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*. 2004, 37:643-648.
123. Elvevoll E.O., Sorensen N.K. Osterud B. Ofstad R. ve Martinez I., Processing of marine foods. *Meat Sci.*, 1996, 43:265-267.
124. Loungha P.T. ve Goldspink G., Muscle protein synthesis rates during temperature acclimation in a eurythermal (*Cyprinus carpio*) and a stenothermal (*Salmo gairdneri*) species of teleost. *J. of Exp. Biol.*, 1985, 118:267-276.
125. Abe H. ve Okuma E., Rigor-mortis progress of carp acclimated to different water temperatures. *Nipp. Suis. Gakk.*, 1991, 57:2095-2100.
126. Iwamoto M., Ioaka H., Saito M. ve Yamanaka H., Relation between rigor mortis of sea bream and storage temperatures. *Nipp. Suis. Gakk.*, 1985, 51:443-446.
127. Mochizuki S., Morita Y. ve Maeno K., Effect of breeding on post-mortem changes in the muscle of horse mackerel. *Nipp. Suis. Gakk.*, 1998, 64:276-279.
128. Tanaka K., Transportation conditions and market price of spiced fish. In: Yamanaka Y.(Ed). *Rigor mortis in fish*. Kouseishakouseikaku. Tokyo. 1991, 103-106.
129. Einen O. ve Thomassen M.S., Starvation prior in Atlantic salmon (*Salmo salar*). II. White muscle composition and evaluation of freshness, texture and colour characteristics in raw and cooked fillets. *Aquaculture*. 1998, 169:37-53.
130. Love R.M., *The Food Fishes – Their Intrinsic Variation and Practical Implications*. Farrand Press, London. 1988.

131. Ostenfeld T. Thomsen S., Ingolfssdottir S., Ronsholdt B. ve Mc Lean E., Evaluation of effect of live haulage on metabolites and filet texture of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Water Sci. Tech.* 1995, 31:233-237.
132. Lindsay R.C., Fish flavours. *Food Rev. Int.* 1990, 6:437-455.
133. Lindsay R.C., Flavour in fish. In: Shahidi F., Botta J.R. (Eds.), *Seafoods: Chemistry, Processing Technology and Quality*, Blackie Academic and Professional, Chapman & Hall, London, 1994, pp.75-84.
134. Olafsdottir G., Martinsdottir E., Oelensclager J., Dalgaard P., Jensen B., Undeland I., Mackie I.M., Henehan G., Nielsen J. ve Nilsen H., Methods to evaluate fish freshness in research and industry. *Trends Food Sci. Technol.* 1997, 8:258-265.
135. Wedermeyer G., Barton B.A. ve McLeay D.J., Stres and acclimation. In: Schreck, C.B., Moyle P.B. (Eds.), *Stres and Acclimation*. American Fisheries Society, Bethesda, MD, 1990, pp.451-488.
136. Skjervold P.O., Fjaera S.O. ve Christoffeson K., Pre-mortal chilling of farmed salmon (*Salmo salar*). Presented at: Refrigeration and Aquaculture, Int. Inst. of Refrigeration, Commision C2 Meeting, Bordeaux, March 20-22, Paris France, 1996.
137. Randall D.J. ve Hroar W.S., Special Techniques. In: Hroar W.S., Randall D.J. (Eds.), *Fish Physiology*. Vol. 6, Academic Pres, London, 1971, pp.511-528.
138. Wedermeyer G.A., Effects of rearing conditions on the health and physiological quality of fish in intensive culture. In: Iwama G.K., Pickering A.D., Stunpeter J.P., Schreck C.B. (Eds.), *Fish stres and health in Aquaculture*. Soc. Exp. Biol. Semin. Ser. Vol. 62, Cambridge Univ. Pres, 1997, pp.35-71.
139. Ash G.R., Chymko N.R. ve Gallup D.N., Fish kill due to 'cold shock' in lake Wabamun, Alberta J., *Fish Res. Board Can.*, 1974, 31:1822-1824.
140. Rorvik K.A., Skjervold P.O., Fjaera S.O., Morkore T. ve Steinen S.H., Distended water-filled stomach in seawater farmed rainbow trout (*Oncoryhnchus mykiss* W.), provoked experimentally by osmoregulatory stress. *J.Fish Dis.* 1999, 22:1-4.
141. Tobiassen T. ve Sorensen N.K., Influence of killing methods on time of death of Atlantic salmon and Rainbow Trout. *Aquaculture Europe* (August 7-10 1999), Trondheim, Norway, 1999.
142. Skjervold P.O., Rora A.M.B., Fjaera S.O., Vegusdal A., Vorre A. ve Einen O.; Effects of pre-, in-, or post-rigor filleting of live chilled Atlantic salmon. *Aquaculture*. 2001, 194:315-326.

143. Fletcher G.C., Hallet I.C., Jerrett A.R. ve Holland A.J., Changes in the fine structure of the myocommata. Muscle fibre junction related to gaping in rested and exercised muscle from King salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Lebensm.-Wiss. Technol.* 1997, 30(3):246-252.
144. Bremner H.A. ve Hallet I.C., Muscle fiber-connective tissue junctions in the fish blue grenadier (*Macruronus novaezelandiae*). A scanning electron microscopy. *J.Sci. Food Agric.* 1985, 50:975-980.
145. Bremner H.A. ve Hallet I.C., Degradation in muscle fibre-connective tissue junctions in the spotted trevella (*Serirolella punctata*) examined by scanning electron microscopy. *J.Sci. Food Agric.* 1986, 37:1011-1018
146. Hallet I.C. ve Bremner H.A., Fine structure of the myocommata-muscle fibre junction in hoki (*Macruronus novaezelandiae*). *J.Sci. Food Agric.* 1988, 44:245-261.
147. Morzel M., Sohier D., Vis H.V.D., Evaluation of slaughtering methods for turbot with respect to animal welfare and flesh quality, *J. Sci. Food Agric.*, 2002, 82:19-28
148. Bogges T.S., Heaton E.K., Shewfelt A.L. ve Parvin D.W., Techniques for stunning channel catfish and their effects on product quality. *J.Food Sci.*, 1973, 38:1190-1193.
149. Robb D.H.F., Callaghan M.O., Lines J.A., Kestin S.C., Electrical stunning of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): factors that affect stun duration, *Aquaculture*, 2002, 205:359-371.
150. Baker R.T.M. ve Davies S.J., The quantitative requirement for α -tocopherol by juvenile African catfish (*Clarias gariepinus* Burchell). *Animal Sci.*, 1997, 65:134-142.
151. Ruff N., Fitzgerald R.D, Cross T.F., Hamre K. ve Kerry J.P., The effect of dietary vitamin E and C level on market-size turbot (*Scophthalmus maximus* L.) fillet quality *Aquaculture Nutr.*, 2003, 9: 91-103.
152. Mazeaud M.M., Mazeaud F. ve Donalson E.M., Primary and secondary effects of stress fish: Some new data with a general review. *Tran Am Fish Soc.* 1977, 106(3):201-12.
153. Grafflin A.L., Urine flow and diuresis in marine teleost. *Am J.Physiol.* 1931, 97:602-10.
154. Hole R., Harvesting salmon for quality. *Fish Farmer.* 1999, 22(6):43-4.
155. Ando M., Toyohara H. ve Sakaguchi M., Postmortem tenderization of rainbow trout muscle caused by the disintegration of collagen fibers in the pericellular connective tissue. *Nipp. Suis.Gakk.*, 1992, 58:567-70.

156. Lines J.A., Robb D.H., Kestin S.C., Crook S.C., Benson T., Electric stunning: a humane slaughter method for trout, *Aquacultural Engineer.*, 2003, 28:141-154.
157. Mishima T., Nonaka T., Okamoto A., Tsuchimoto M., Ishiya T., Tachibana K. ve Tsuchimoto M., Influence of storage temperatures and killing procedures on post-mortem changes in the muscle of horse mackerel caught near Nagasaki Prefecture, Japan. *Fisheries Sci.*, 2005, 71:187-194.
158. Stien L.H., Hirmas E., Bjornevik M., Karlsen O., Nortvedt R., Rora A.M.B., Sunde J. ve Kiessling A., The effects of stress and storage temperature on the colour and texture of pre-rigor filleted farmed cod (*Gadus morhua L.*), *Aquaculture Res.*, 2005, 36:1197-1206.
159. Skjervold P.O., Fjaera S.O., Ostby P.B. ve Einen O., Live-chilling and crowding stress before slaughter of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 2001, 192:265-280.
160. Morkore T., Hele T., Liaklev M. ve Austreng E., Product quality of pre-rigor filleted Atlantic cod. *European Aquaculture Soc. Special Public.*, 2003, 30:269-270.
161. Morkore T., Hansen S.J. ve Rorvik K.A., *Product quality of farmed cod. Contraction of pre-rigor fillets in relation to storage temperature (in Norwegian)*. Program Conference Aquaculture, 23-24 March, Clarion Hotell Oslo Airport, Gardermoen, Norway, 2004.
162. Scherer R., Augusti P.R., Bochi V.C., Steffens C., Fries L.L.M., Daniel A.P., Kubota E.H., Neto J.R., Emanuelli T., Chemical and microbiological quality of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) slaughtered by different methods, *Food Chem.*, 2006, 99:136-142.
163. Erdemli A.Ü., Balık Biyolojisi ve Balık Eti Parametreleri, *Ders Notları*, İnönü Üniv., Fen-Edeb. Fak., Malatya, 2001.
164. Orban E., Sinesio F., Paoletti f., Nicoli S., Casini Y. ve Caproni R., Caratteristiche nutrizionali e organolettiche di orate (*Sparus aurata*) da acquacoltura: un esempio di come le differenti tecniche di allevamento possono influenzare la qualità del pesce. *La Rivista di Scienza dell'Alimentazione*. 1996, 25(1):27-36.
165. Ambroggi F., Sebastio P., Pirazolli P. ve Baldrati G., Influenza del sistema di sacrificio su trote iride (*Oncorhynchus mykiss*) di allevamento, II-Rigor motris e consistenza del tessuto muscolare. *Industria Conserve*. 1996, 71:157-161.

166. Gökalp H.Y., Kaya M., Tülek Y. ve Zorba Ö., *Et ve Ürünlerinde Kalite Kontrolü ve Laboratuvar Uygulama Kılavuzu*. Atatürk Üniv. Yayın No:751, Ziraat Fak. Yayın No:318, Ders Kitapları Serisi No:69, Erzurum, 1995.
167. Anonymous, Et ve et mamulleri azot miktarının tayini. *TS 1748*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1974.
168. Anonymous, Et ve et mamulleri yağ miktarının tayini. *TS 1744*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1974.
169. Anonymous, Et ve et mamulleri rutubet miktarının tayini. *TS 1743*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1974.
170. Anonymous, Et ve et mamulleri kül tayini. *TS 1746*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1974.
171. Keller J.E., Skelley G.C. ve Acton C.J., Effect of meat particle size and casing diameter on summer sausage properties during drying. *J. Milk Food Technol.*, 1974, 37(2) 101-103
172. Karakaya M., Sucuklarda çeşitli karbonhidrat kaynaklarının kullanılma olanakları üzerinde araştırmalar. Ankara Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü *Yüksek Lisans Tezi*. Ankara, 1987, pp. 51.
173. Schormuller J., *Handbuch der Lebensmittel Chemie. Band III/2 Teil*. Springer-Verlag, Berlin.1482, 1968.
174. Yapar A. ve Yetim H., Potasyum sorbat uygulaması ve farklı depolama sürelerinde taze Hamsilerin (*Engrraulis encrasicolus*) bazı kalite özelliklerinde meydana gelen değişimler. *IV. Su Ürünleri Sempozyumu*. Erzurum, 2000.
175. Schormuller J., *Handbuch der Lebensmittel Chemie. Band IV. Fette und Lipide (LIPIDS)*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1969.
176. Varlık C., Uğur M., Gökoğlu N. ve Gün H., *Su Ürünlerinde Kalite Kontrol İlke ve Yöntemleri*, Gıda Teknolojisi Derneği Yayın No:17, Ankara, 1993.
177. Anonymous, Gıda sanayinde mikrobiyolojik kalite kontrol eğitim programı, *Tübitak-Mam.*, Gıda Soğutma Teknolojileri Bölümü, Gebze-Kocaeli, 1990.
178. Snedecor G.W. ve Cochran W.G., *Statiscal Methods*. S.XVI-507. The Iowa State Univ.Press, Amer, Iowa, USA, 1980.
179. Berik N. ve Candan V, Kültür Gökkuşacağı Alabalık (*Oncorhynchus mykiss* W.) filetosunun soğukta depolanması. *Tr.J. of Vet. and Animal Sci.*, 1997, 23(2):285-290.

180. Ünlüsayın M., Aksoylar M.Y., Gülyavuz H., Bazı tatlısu balıklarının sıcak dumanlama sonrası lipidlerindeki değişimler. *Tr. J. Of Vet. And Animal Sci.* 2001, 25:3415-348.
181. Yanar Y. ve Fenercioğlu H, Sazan (*Cyprinus carpio* L.) etinin balık köftesi olarak değerlendirilmesi. *Tr.J. of Veterinary and Animal Sci.*, 1998, 23:361-365.
182. Hemre G.I., Lie O. ve Lambersten G., Starch as an energy source in feed for Cod (*Gadus morhua*): digestibility and retention. *Aquaculture*. 1989, 80:261-270.
183. Proctor M.R.M., Drozan M. ve McLoughlin J.V., The concentrations of adenosine triphosphate, creatine phosphate, glucose-6 phosphate, lactate and glycogen in skeletal muscle of marine and freshwater fish species anaesthetised with MS-222. *Proc.P.Irish Acad.* 1992, 92B:45-51.
184. Hemre G.I., Sandnes K., Lie O. ve Waagbo R., Blood chemistry and organ nutrient composition in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.), fed graded amounts of wheat starch. *Aquacult. Nutr.* 1995, 1:37-42.
185. Korohonen R.W., Lanier T.C. ve Geibrect F., An evaluation of simple methods for following rigor development in fish. *J.Food Sci.* 1990, 55:346-368.
186. Şengör G., Çelik U. ve Akkuş S., Buzdolabı koşullarında depolanan İstavrit Balığı'nın (*Trachurus trachurus* L.) Tazeliğinin ve Kimyasal Bileşiminin Belirlenmesi. *Turk. J.Vet. Anim. Sci.* 2000, 24:187-193.
187. Love R.M., *The Chemical Biology of Fishes*. Vol.II. Academic Press. London. 1980, pp.943.
188. Milligan C.L., Metabolic recovery from exhaustive exercise in rainbow trout. *Comp.Biochem.Physiol.* 1996, 113A:51-60.
189. Wilkie M.P., Brobbel M.A., Davidson K., Forsyth L. ve Tufts B.L, Influence of temperature upon the postexercise physiology of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Can. J.Fish. Aquat. Sci.*, 1997, 54:503-511.
190. Gomez-Guillen M.C., Montero P., Hurtado O. ve Borderias A.J, Biological characteristics affect the quality of farmed Atlantic salmon and smoked muscle. *J.Food Sci.* 2000, 65:53-60.
191. Tarladgis B.G., Watts B.M., Younathan M.S. ve Dugan L.J, A Distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. *J. of Am. Oil Chem. Soc.*, 1960, 37:44-48.

192. Varletzis K., Zetou F. ve Tsiaras I, Textural deterioration of chub mackerel (*Scomber japonicus collias*) and smooth hound (*Mustelus mustelus* L.) in frozen storage in relation to chemical parameter. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*. 1988, 21:206-211.
193. Kilinc B. ve Cakli S, Chemical, microbiological and sensory changes in thawed frozen fillets of sardine (*Sardina pilchardus*) during marination. *Food Chemistry*. 2004, 88:275-280.
194. Özçelik S, *Gıda Mikrobiyolojisi Laboratuvar Kılavuzu*. Fırat Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi. Yayın No:1, Ders Notları:1, Elazığ, 1992.
194. Metin S., Erkan N., Varlık C., Özden Ö. ve Baygan T, Marine Gökkuşuğu Alabalığının Modifiye Atmosferle Paketlenerek Depolanması Sırasında Bazı Kriterlerde Meydana Gelen Degisimler, *Gıda Bilimi ve Teknolojisi Dergisi*, 2000, 5(2):56-64.
195. Taylor R.G., Fjaera S.O. ve Skjervold P.O, Salmon filet texture is determined by myofiber-myofiber and myofiber-myocommata attachment. *J. of Food Sci.*, 2002, 67:2067-2071.
196. Anonymous, Regulamento da inspecao industrial e sanitaria de produtos de orgiem animal. *Ministerio da Agricultura*, Brasilia, 1974.
197. Akse L. ve Midling K, Slaughtering of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*): effect on quality and storing capacity, in *Farmed Fish Quality*, Ed by Kestin S.C. and Warriss P.D., Fishing News Boks, Oxford, 2001.
198. Khayat A. ve Schwall D, Lipid oxidation in seafood. *Food Technol.*, July. 1983, 130-140.
199. Hultin H.O, *Biochemical deterioration of fish muscle. in: Quality Assurance in the Fish industry*. Huss H.H. (Ed.). Elsevier Sci. Pub. B.V., New York. 1992, pp.125-138.
200. Hultin H.O, *Oxidation of lipids in Seafoods: Chemistry, Processing, Technology and Quality*. Shadi F. and Botta J.R. (Ed.). Blackie Academic & Professional. 1994, pp.49-74.
201. Soyer A. ve Şahin M.E, Dondurulmuş kolyoz (*Scomber japonicus*) balıklardaki lipid oksidasyonuna glazlemenin ve depolama süresinin etkisi. *Tr. J. Of Vet. And Animal Sci*. 1999, 23:575-584.
202. Ünlütürk A. ve Turantaş F, *Gıda Mikrobiyolojisi*. Ege Üniversitesi, Mengi Tan Basımevi, 2. Baskı, Çınarlı İzmir, 1999.

203. Gökten D, *Gıdaların Mikrobiyal Ekolojisi*. Cilt I. Mühendislik Fakültesi yayınları, Ege Üniversitesi Basımevi. Bornova İzmir, 1990.
204. Erkan N., Metin S. ve Varlık C, Hypoxanthinwert als Qualitätparameter bei kühl gelagerten, gefüllten Forellen, *Fleischwirtschaft*,. 2001, 6:80-82.

ÖZGEÇMİŞ

Ayhan Duran 22.04.1972 Frankfurt-Almanya doğumlu olup, ilk öğrenimini Almanya'da Lise öğrenimini ise Yozgat'ta tamamlamıştır. 1990 yılında İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümüne kayıt yaptırmış olup, 1994 yılında aynı bölümden mezun olmuştur. Aynı yıl İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümüne Araştırma Görevlisi olarak atanmış bulunmaktadır. 1995-1996 yılları arasında askerlik görevini tamamlamıştır. 1996 yılında Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim dalında yüksek lisans çalışmalarına başlayıp, 1999 yılında Gıda Yüksek Mühendisi unvanını hak etmiştir. 2000 yılında ise İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim dalında doktora çalışmasına başlamış olup, 2006 yılında doktora çalışmalarını tamamlayarak Doktor unvanını hak etmiştir. Yabancı dil olarak Almanca ve İngilizce bilmektedir. Halen evli olup iki çocuk babasıdır.