ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Serhat TÜRKMEN

FARKLI TUZLULUK VE SICAKLIKLARDA YETİŞTİRİLEN GENÇ AVRUPA DENİZ LEVREĞİ (*Dicentrachus labrax*) BİREYLERİNDE BÜYÜME PERFORMANSI VE BAZI KRONİK STRES PARAMETRELERİ İLE HİSTOLOJİK DEĞİŞİMLERİN BELİRLENMESİ

SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİK ANABİLİM DALI

ADANA, 2012

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI TUZLULUK VE SICAKLIKLARDA YETİŞTİRİLEN GENÇ AVRUPA DENİZ LEVREĞİ (*Dicentrachus labrax*) BİREYLERİNDE BÜYÜME PERFORMANSI VE BAZI KRONİK STRES PARAMETRELERİ İLE HİSTOLOJİK DEĞİŞİMLERİN BELİRLENMESİ

Serhat TÜRKMEN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİK ANABİLİM DALI

Bu Tez 17/01/2012 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği ile Kabul Edilmiştir.

…….....	……..	…….....
Prof. Dr.Metin KUMLU	Doç.Dr.O.Tufan EROLDOĞAN	Doç.Dr.Mevlüt AKTAŞ
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Su Ürünleri Yetiştiricilik Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. İlhami YEĞİNGİL
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: SÜF2010BAP11

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI TUZLULUK VE SICAKLIKLARDA YETİŞTİRİLEN GENÇ AVRUPA DENİZ LEVREĞİ (*Dicentrachus labrax*) BİREYLERİNDE BÜYÜME PERFORMANSI VE BAZI KRONİK STRES PARAMETRELERİ İLE HİSTOLOJİK DEĞİŞİMLERİN BELİRLENMESİ

Serhat TÜRKMEN

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİK ANABİLİM DALI

Danışman :Prof. Dr. Metin KUMLU
Yıl: 2012, Sayfa: 61
Jüri :Prof. Dr. Metin KUMLU
:Doç. Dr. O. Tufan EROLDOĞAN
:Doç. Dr. Mevlüt AKTAŞ

Bu çalışmada, Avrupa deniz levreği (*Dicentrarchus labrax*) jüvenilleri (∽32 g) 60 gün boyunca 3 farklı sıcaklık (15, 20, 25°C) ve tuzluluk (‰0, 20, 40) seviyelerinde yetiştirilmiş, farklı sıcaklık ve tuzluluk kombinasyonlarındaki büyüme performansı ile kronik stress indikatörleri olarak bazı kan parametreleri ve dokularda gerçekleşen histopatolojik değişimler araştırılmıştır.

Sıcaklık ve tuzluluk aklimasyonu sonrasında (günde 2°C veya ‰2-5) 60 gün süreyle beslenen balıklarda en yüksek büyüme tüm tuzluluk koşullarında da 25°C'de, en düşük büyüme ise 15°C gruplarında gerçekleşmiştir ($P<0.001$). Tuzluluk ile sıcaklık×tuzluluk etkileşimi büyüme üzerinde etkili olmamıştır. Çalışmada yem çevrim oranı değerleri (1.1-1.4) hiçbir tuzluluk ve sıcaklık kombinasyonlarından etkilenmemiştir ($P>0.05$). Deneme sonunda incelenen et besin analizleri neticesinde kuru madde, ham protein ve özellikle de ham lipitin sıcaklık ve tuzluluk ile bu parametrelerin etkileşiminden önemli derecede etkilendiği anlaşılmıştır. Tuzluluğun hematokrit değerleri üzerinde etkili olduğu ($P<0.001$) ve genel olarak tatlı suda yetiştirilen tüm gruplarda hematokrit düzeylerinin (%36.0-39.5) diğer tuzluluk gruplarına kıyasla (%26.2-36.3) daha yüksek bulunduğu belirlenmiştir. Tuzluluğun plazma glikoz değerleri üzerinde önemli bir etkisi olmazken ($P>0.05$), sıcaklık ile sıcaklık×tuzluluk etkileşiminin bu parametreyi önemli ölçüde etkilediği görülmüştür ($P<0.01$). Genellikle düşük tuzluluk (özellikle tatlı su) ve düşük sıcaklıklarda tutulan gruplarda aspartat aminotransferaz (AST) enzim aktivitesi daha yüksek çıkmıştır. Kanda yapılan hematokrit, glukoz ve AST analizleri sonucunda balıklarda en düşük stresin 25°C ve ‰20 tuzluluk seviyelerinde gerçekleştiği anlaşılmıştır. Histopatolojik incelemeler sonucunda tatlı suda yetiştirilen gruplarda solungaç dokusunda yüksek miktarlarda ve böbreklerde ise daha düşük düzeyde de olsa histopatolojik bulgulara rastlanmıştır. Bu bulguların düşük sıcaklıklarda daha da arttığı dikkat çekmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Dicentrarchus labrax*, tuzluluk, hematokrit, aspartat aminotransferaz, glikoz

ABSTRACT

MSc THESIS

DETERMINATION OF GROWTH PERFORMANCE, SOME CHRONIC STRESS AND HISTOL OGICAL CHANGES OF JUVENILE EUROPEAN SEA BASS (*Dicentrachus labrax*) GROWN IN DIFFERENT SALINITIES AND TEMPERATURES

Serhat TÜRKMEN

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF AQUACULTURE

Supervisor :Prof. Dr. Metin KUMLU
Year: 2012, Pages: 61
Jury :Prof. Dr. Metin KUMLU
:Assoc. Prof. Dr. Mevlüt AKTAŞ
:Assoc. Prof. Dr. O. Tufan EROLDOĞAN

In this study, the European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles (∽ 32 g) were cultured in 3 different temperatures (15, 20, 25°C) and salinity (0, 20, 40‰) conditions for 60 days. Growth performance and some blood parameters, as indicators of chronic stress, and histopathological changes that occur in the tissues under these temperature and salinity combinations were investigated.

After the temperature and salinity aclimations (2°C or ‰ 2-5 per day), the highest growth in all the salinity conditions were achieved at 25°C, while the lowest was at 15°C ($P<0.001$) after the culture period of 60 days. Salinity and temperature×salinity interactions were not found to be effective on growth. Feed conversion ratios (1.1-1.4) were not affected by any combination of salinity and temperature ($P>0.05$). At the end of the trial it was understood that flesh dry matter, crude protein and particularly crude lipid were significantly affected by temperature, salinity and the interactions of both parameters. Salinity significantly influenced hematocrit values ($P<0.001$), and in general, all the groups that were grown in fresh water had higher hematocrit levels (36.0-39.5%) compared to other salinity groups (26.2-36.3%). While there was no significant effect of salinity on plasma glucose values ($P>0.05$), temperature and temperature×salinity interactions significantly affected this parameter ($P<0.01$). Generally, aspartate aminotransferase (AST) enzyme activity was higher in low-salinity (especially fresh water) and low-temperature groups. Hematocrit, glucose, and AST analyses in the blood have shown that stress was lowest in fish grown at 25°C and 20‰ salinity. Examinations showed that the groups reared in freshwater had high proportion of gill tissue histopathological damages while these defects were found to be considerably lower in the kidneys. These distortions further increased at low temperatures.

Key words: *Dicentrarchus labrax*, salinity, hematocrit, aspartate aminotransferase, glucose

TEŞEKKÜR

Bu tezin her aşamasında ve tüm bölümlerinde emeği geçen danışman hocam sayın Prof. Dr. Metin KUMLU'ya ve Doç. Dr. O. Tufan EROLDOĞAN'a bilgi paylaşımları ve değerli vakitlerini ayırdıkları için; stres, kan parametreleri ve histolojik analizlerde her türlü yardım ve desteğini esirgemeyen sayın Doç. Dr. Çağlan KARASU BENLİ'ye; histopatalojik bulguların yorumlanması aşamasında engin bilgi birikimini paylaşan sayın Prof. Dr. İ. Ayhan ÖZKUL'a ve kan parameterinin analizlerinde yardımlarından dolayı Doç. Dr. Aylin SEPİCİ DİNÇEL'e sonsuz saygı ve teşekkürlerimi iletirim.

Tez denemelerinin kurulması ve yürütülmesi esnasında yardımını esirgemeyen Arş. Gör. Abdullatif Ölçülü, Arş. Gör. H. Asuman YILMAZ ve Yük. Müh. Nafiye DÜLGER'e; Besinsel kompozisyon analizlerinde hiçbir olanağı esirgemeyen Doç. Dr. O. Tufan EROLDOĞAN'a ve analizlerde yardımlarını gördüğüm Arş. Gör. H. Asuman YILMAZ, Yük. Lisans öğrencileri Havva DEDELER ve Işıl Canan ÇİÇEK'e, manevi desteğini ve yardımları için Arş. Gör. Zeynep ERÇEN'e, ayrıca hayatımın her döneminde olduğu gibi tüm desteğini her an yanımda hissetiğim çok değerli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER **Sayfa**

ÖZ I
ABSTRACT II
TEŞEKKÜR III
İÇİNDEKİLER IIIV
ÇİZELGELER DİZİNİ VI
ŞEKİLLER DİZİNİ VIII
1.GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 5
2.1. Farklı Tuzluluk ve Sıcaklıklarda Büyüme Performansı 5
2.2. Farklı Tuzluluklara ve Tatlı Suya Adaptasyon 7
2.3. Akut ve Kronik Stres İndikatörleri 9
3. MATERYAL VE METOT 19
3.1. Materyal 19
3.2. Deneme Dizaynı ve Yönetimi 19
3.3. Ölçümler ve Örnekleme 20
3.3.1. Büyüme Performansı Ölçümleri 20
3.3.2. Et Besin Bileşenleri Analizi 21
3.3.3. Kan Örneklerinin Alımı 21
3.3.3.1. Plazma Biyokimyasal Analizleri 22
3.3.4. Doku Örneklemeleri 22
3.3.4.1. Doku Takiplerinin Gerçekleştirilmesi 22
3.3.4.2. Preperatların İncelenmesi 23
3.3.5. İstatistiki Analizler 23
4. BULGULAR 25
4.1. Çevresel Parametreler 25
4.2. Büyüme Performansı 25
4.3. Besinsel Kompozisyon 28
4.4. Kan Parametreleri 29
4.5. Histopatolojik Bulgular 32

4.5.1. Solungaç Dokusu 32
4.5.2. Böbrek Dokusu 35
5. TARTIŞMA 39
5.1. Büyüme Performansı ve Besinsel Kompozisyon 39
5.2. Farklı Tuzluluk ve Sıcaklıklarda Kan Parametrelerindeki Değişimler 41
5.2. Farklı Tuzluluk ve Sıcaklıklarda Dokularda Histolojik Değişimler 43
6. SONUÇ VE ÖNERİLER 47
KAYNAKLAR 49
ÖZGEÇMİŞ 61

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Farklı tuzluluk ve sıcaklık kombinasyonlarında 60 gün süreyle yetiştirilen levreklerde (*Dicentrarchus labrax*) deneme grupları. n = deneme gruplarındaki her tanka stoklanan balık sayısı. 20

Çizelge 4.1. Deneme süresince (60 gün) farklı tuzluluk (‰0, 20, 38) ve sıcaklık (15, 20, 25°C) kombinasyonlarında yetiştirilen Avrupa deniz levreği (*Dicentrarchus labrax*) bireylerinde büyüme performans değerleri..... 26

Çizelge 4.2. Deneme süresince (60 gün) farklı tuzluluk (‰0, 20, 38) ve sıcaklık (15, 20, 25°C) kombinasyonlarında yetiştirilen Avrupa deniz levreği (*Dicentrarchus labrax*) bireylerinde büyüme performans değerleri..... 27

Çizelge 4.3. Deneme süresince (60 gün) farklı tuzluluk (‰0, 20, 38) ve sıcaklık (15, 20, 25°C) kombinasyonlarında yetiştirilen Avrupa deniz levreği (*Dicentrarchus labrax*) bireylerinde deneme sonu besinsel kompozisyon değerleri..... 30

Çizelge 4.4. Deneme süresince (60 gün) farklı tuzluluk (‰0, 20, 38) ve sıcaklık (15, 20, 25°C) kombinasyonlarında yetiştirilen Avrupa deniz levreği (*Dicentrarchus labrax*) bireylerinde ölçülen bazı kan parametre değerleri..... 31

Çizelge 4.5. Deneme süresince (60 gün) farklı tuzluluk (‰0, 20, 38) ve sıcaklık (15, 20, 25°C) kombinasyonlarında yetiştirilen Avrupa deniz levreği (*Dicentrarchus labrax*) bireylerinin solungaçlarında görülen bazı histopatolojik bulgular..... 32

Çizelge 4.6. Deneme süresince (60 gün) farklı tuzluluk (‰0, 20, 38) ve sıcaklık (15, 20, 25°C) kombinasyonlarında yetiştirilen Avrupa deniz levreği (*Dicentrarchus labrax*) bireylerinin böbreklerde görülen bazı histopatolojik bulgular..... 36

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1. ‰0-20°C gurubuna ait bireyden alınan örnekte saptanan klorit hücre hiperplazisi (H&E x 400)..... 33
Şekil 4.2. ‰0-20°C gurubuna ait bireyden alınan örnekte saptanan epitel ayrılması (H&E x 200). 33
Şekil 4.3. ‰0-25°C gurubuna ait bireyden alınan örnekte saptanan sekonder lamellada hafif telengiektazi (H&E x 400)..... 34
Şekil 4.4. ‰0-15°C gurubuna ait bireyden alınan örnekte saptanan sekonder lamellada yoğun telengiektazi (H&E x 400) 34
Şekil 4.5. ‰0-15°C gurubuna ait bireyden alınan örnekte saptanan solungaçta hiperemi (H&E x 200)..... 35
Şekil 4.6. ‰0-15°C gurubuna ait bireyden alınan örnekte saptanan kavum glomerulide genişleme ve tubulde lezyon (beyaz ok) (H&E x 200). 37
Şekil 4.7. ‰0-25°C gurubuna ait bireyden alınan örnekte saptanan Bowman kapsülünde kalınlaşma kavum glomerulide genişleme (H&E x 400).. 37

1. GİRİŞ

Dünyada ve ülkemizde artan nüfusa paralel olarak besin ihtiyacı da gün geçtikçe artmakta ve bu ihtiyacın kaliteli besin kaynakları ile karşılanması önemli hale gelmektedir. Balıketinin özellikle esansiyel aminoasit ve yağ asitlerini yüksek oranlarda içermesi nedeniyle bu besin kaynağının insanların tüketiminde son derece önemli olduğu bilinmektedir. Denizlerde ve iç sularda avcılık ile elde edilen bu kaliteli protein kaynağının artık yeterli miktarlarda avlanamadığı ve avcılığın ileriki yıllarda artan ihtiyacı karşılamasının da mümkün olmadığı anlaşılmıştır. Deniz ve iç sulardan elde edilebilecek ürün miktarının sınırlı olması ve hatta mevcut stokların da azalması nedeniyle su ürünleri yetiştiriciliği son yıllarda daha da önem kazanmış ve en hızlı büyüyen besin sektörü haline gelmiştir (FAO, 2010).

Üç tarafı denizlerle çevrili olan ülkemizde yetiştiricilik faaliyetleri hızlı bir ivme kazanmıştır. 2009 yılında ülkemizde toplam su ürünleri üretimi 623191 ton olarak gerçekleşmiş ve bu üretiminin %25.7'si (158729 ton) yetiştiricilik yoluyla elde edilmiştir (TÜİK, 2010). Türkiye'de yetiştiricilik faaliyetlerine bakıldığında; Türkiye İstatistik Kurumunun en son yayınlanan verilerine göre miktarsal olarak en çok üretilen türün alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) (65928 ton), ikincisinin ise Avrupa deniz levreği (*Dicentrarchus labrax*) olduğu görülmektedir (49270 ton). Globefish'in 2009 verilerine göre, 2008 yılında Türkiye 38000 ton ile levrek üretiminde Avrupa'nın lideri olmuştur. Gerek ülkemiz gerekse Avrupa su ürünleri pazarlarında bu kadar yüksek öneme sahip olan bu türün yetiştiriciliğinde sağlanabilecek herhangi bir teknolojik yeniliğin etkilerinin yüksek olacağı açıktır.

Avrupa deniz levreği yetiştiriciliği Türkiye'de özellikle Ege kıyılarında yapılmaktadır. Bilindiği gibi; özellikle bu bölgede son yıllarda turizm sektörü ile yaşanan kıyısal alan rekabeti ve kafes işletmelerinin kıyılarımızı kirlettiği gerekçesiyle çevre kurumlarının artan baskıları, çipura ve levrek üreten pek çok kafes işletmesinin açık denizlere kaydırılmasıyla sonuçlanmıştır. Bunun yatırım ve üretim maliyetleri üzerine olumsuz etkileri olmuş ve birçok tesis kapanmak durumunda kalmıştır. Son yıllarda, Akdeniz kıyıları da dahil olmak üzere, ülkemizde kıyısal alanlarda balık yetiştiriciliği yapılabilecek arazi temin etmede ve çoğu zaman

kamu kurumlarından yasal izinlerin alınmasında büyük güçlüklerle karşılaşıldığı için, levrek gibi örihalin ve ticari potansiyeli yüksek olan balıkların denizlerimizden uzakta, herhangi bir tatlı su kaynağına yakın yerlerde yetiştiriciliğinin yapılması kuşkusuz büyük avantajlar sağlayacaktır. Bu teze konu olan çalışmadaki temel amaç ülkemizde yetiştiriciliği yaygın olarak yapılan deniz balıklarından birisi olan Avrupa deniz levreğinin olası tatlı su kaynaklarında yetiştiriciliğinde karşılaşılabilecek problemleri araştırmaktır. Deniz levreğinin tatlı suda yetiştiriciliği esnasında vücutta gerçekleşen uzun süreli (kronik) fizyolojik değişimlerin araştırılması ve bu esnada balığın büyüme ve yem değerlendirme performansının incelenmesi ve anlaşılması büyük yararlar sunacaktır. Bu tip çalışmalar neticesinde elde edilecek bulgular ve tecrübeler ülkemizin Akdeniz ve Ege kıyılarında atıl durumda olan ve kıyısal alanlardan uzakta bulunan ılıman yeraltı tatlı su kaynaklarında levrek gibi bir ticari balığın yetiştirilerek bu alanların ekonomiye kazandırılması mümkün olabilecektir.

Kuzey-doğu Atlantik kıyılarıyla Akdeniz'in kıyısal bölgelerinde yaygın olarak bulunan Avrupa deniz levreği'nin denizel bir tür olup, yetişkinlerinin deniz suyundan tatlı sulara kadar farklı tuzlulukları tolere edebildikleri bilinmektedir (Jensen ve ark., 1998). Bu tür, doğada açık denizlerde yumurtlar ve yavrular lagün ve acı sulara hatta tatlı sulara girerek yaşamlarının önemli bir kısmını bu ortamlarda geçirirler (Kelley, 1988). Farklı çalışmalar levrek yavrularının deneysel koşullarda tatlı sulara bile başarıyla adapte edilebileceklerini (Venturini ve ark., 1992; Eroldoğan ve Kumlu, 2002; Varsamos, 2002; Nebel ve ark., 2005b) ancak bazıları da tatlı sularda bu türde yüksek mortalite görülebileceğini (Dendrinos ve Thorpe, 1985; Allegrucci ve ark., 1994; Jensen ve ark., 1998) bildirmektedir.

Levreklerin tatlı sulara alıştırılması ile ilgili olarak osmoregülasyon parametreleri ve histo-morfolojik pek çok çalışma yapılmış (Nebel ve ark., 2005a; Giffard-Mena ve ark., 2008), ancak tatlı suya alıştırılma esnasında karşılaştıkları akut ozmotik stres ve farklı tuzluluk/sıcaklıklarda yetiştiricilikleri esnasında karşılaştıkları kronik fizyolojik ve histolojik değişimlerin araştırılması ihmal edilmiştir. Bundan dolayı da bu çalışmada; Avrupa deniz levreğinin farklı tuzluluk ve sıcaklık koşulları altında uzun süreli yetiştiricilikleri esnasında oluşan olası stres parametrelerinin (kan

ve histolojik) belirlenmesi ve bunların büyüme performansları üzerindeki etkilerin neler olabileceğini ortaya koymak için tasarlanmıştır.

Sıcaklık ve tuzluluk balıklarda büyümeyi etkileyen en önemli çevresel faktörlerdendir. Genel olarak balık yetiştiriciliğinde büyüme hızı üzerine en etkili birincil faktörün sıcaklık diğerinin, daha düşük ölçekte de olsa, tuzluluk olduğu bilinmektedir. Sucul organizmaların yetiştiriciliğinde sıcaklığın ve tuzluluğun etkisi üzerine literatürde pek çok çalışma mevcuttur (Imsland ve ark., 2001; Goncalves ve ark., 2006; Overton ve ark., 2008). Birçok araştırma sonucunda deniz balıklarının bazılarının (levrek, yılan balığı, kefal vb.) acı sularda ve tatlı sularda yetiştiriciliklerinin yapılabileceği bildirilmektedir (Boeuf ve Harache, 1982; Zaugg ve ark., 1985; Nathanailides ve ark., 2010). Çevresel (sıcaklık, foto-periyot, tuzluluk, amonyak, yoğun stoklama vb.), fizyolojik (üreme döngüsü, yaş, beslenme, cinsiyet vb.) ve sosyal gibi birçok faktörün balıklarda kan parametrelerini etkilediği kaydedilmiştir (Chen ve ark., 2003). Kan parametrelerinin ölçümü yaygın olarak kullanılan bir biyo-izleme yöntemidir. Akut, kronik ve patofizyolojik değişiklikler besin ve su kalitesinden etkilenir. Kırmızı kan hücreleri ve hematokrit düzeyleri streste yüksek enerji ihtiyacında oksijen taşıma kapasitesinin artmasından dolayı artabilmektedir (Montero ve ark., 1999). Kan glikoz düzeyleri başlıca kan katekolamin düzeylerinin artışı sonucu olarak stres boyunca artar. Plazma glikoz düzeyi, stres yanıtının süresi ve şiddeti konusunda faydalı tamamlayıcı bilgi sağlayabilmektedir. Kanda laktat artışı kas dokusunda laktat birikimi ve glikojen stoklarının azaldığı anaerobik koşullar altında solunum aktivitesinin sonucu oluşur (Pottinger, 1998). Balık üzerinde stres yaratan faktörler elektrolit değerlerini de etkilemektedir. Balıklarda elektrolit değişimleri memelilerden daha karmaşıktır. Asit-baz dengesi haricinde balıklarda elektrolit konsantrasyonları sudaki mineral içeriğinden, solungaç fonksiyonundan ve stres yaratan sudaki değişimlerden etkilenirler (Palmeiro ve ark., 2007).

Hayvan dokularındaki histopatolojik değişiklikler çevresel stres yapan etkenlere (stresörlere) maruz kalmanın öncelikli göstergeleridir (Teh ve ark., 1997). Aslında doğada da yağmur suyunun deniz suyunu seyreltmesi, nehir ağızları ve tatlı suyun denize karışması ile tuzluluk değişimleri oluşmakta ve birçok balık türü

osmotik değişikliklere uyum sağlamak zorunda kalmaktadır. Balıklarda osmoregülasyon kabiliyeti genellikle post-embriyonik gelişim boyunca iyon taşıyan hücreler ya da iyonositlerin olduğu deri, solungaç, böbrek ve sindirim sisteminin değişimiyle başlamaktadır. Araştırıcılar, hipo-osmotik suya atılan balıklarda glomerulus sayısı ve büyüklüğünde oransal olarak artışlar olabileceğini bildirmektedirler (Wong ve Wo, 2006). Düşük tuzluluklara ve tatlı suya aktarılan levreklerde solungaç, karaciğer ve bağırsak dokularında değişimler gerçekleştiği ve klorit hücrelerinde artışlar olduğu ve düşük tuzluluğa maruz kalan balıkların solungaç dokularında lamellar füzyon ve telangiektazi görülmüştür (Giari ve ark., 2006). Benli ve Yıldız (2005) ‰9 ve 18 tuzluluğa aniden aktarılan Nil tilapia (*Oreochromis niloticus*)'larının böbrek dokularında yaptıkları histolojik incelemelerde hücre infiltrasyonlarına rastlamışlardır. Balıkların farklı sıcaklık ve tuzluluk koşullarında gösterdikleri akut kronik stres yanıtları (fizyolojik ve histolojik değişimler olarak) ile ilgili çalışmalar bu tezin '2. Önceki Çalışmalar' kısmında daha kapsamlı olarak detaylandırılmıştır.

Deniz levreğinin özellikle tatlı su da dahil olmak üzere farklı tuzluluk ve sıcaklıklarda yetiştiriciliği esnasında kronik olarak stresin devam edip etmediği ve bunun balıkta büyüme ve yem değerlendirme performansı üzerine olan etkileri henüz bilinmemektedir. Bundan dolayı bu tezde Avrupa deniz levreğinin uzun süreli yetiştiricilik neticesinde farklı sıcaklık ve tuzluluklarda tutulmasının balıkta büyüme performansı ve bazı kan parametreleri (hematokrit, glikoz, aspartat aminotransferaz) yanı sıra bazı dokularda (böbrek ve solungaç) gerçekleşmesi muhtemel histolojik değişimlerin incelenmesi amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Farklı Tuzluluk ve Sıcaklıklarda Büyüme Performansı

Avrupa deniz levreği üzerine yapılan çalışmalarda Avrupa deniz levreği için 15, 20 ve 25°C'ye alıştırılan bireylerde kritik alt ve üst sıcaklık değerlerinin 4.1 ve 35.9°C olduğu bildirilmektedir (Dülger ve ark., 2012). Öriterm özelliğinin yanı sıra bu balık türünün aynı zamanda yüksek tuzluluklardan tatlı sulara kadar adaptasyon yeteneklerinin yüksek olduğu da bilinmektedir. Dalla Via ve ark. (1998) yaptıkları bir çalışmada Avrupa deniz levreğinde kritik üst tuzluluk seviyesini ‰60 olarak bildirmektedir. Eroldoğan (1999) yaptıkları bir çalışmada Avrupa deniz levreği bireylerinde (~9.5 g) çalışma tuzlulukları olan ‰0, 10, 20, 30 ve 40 tuzluluklarda 24.6°C ortalama sıcaklıkta 90 gün sonunda en iyi büyümeyi ‰0 ve 20 tuzluluk seviyelerinde elde etmişlerdir ($P<0.05$). Aynı araştırıcıların yürüttüğü bir diğer çalışmada da ergin levreklerde (~105 g) 25.3°C su sıcaklığında 90 gün boyunca yapılan denemede final ağırlığı bakımından tuzluluk seviyesinin önemli bir etkisi olmadığı saptanmıştır. Nathanailides ve ark. (2010) yıl boyunca yürüttükleri bir çalışmada Avrupa deniz levreği jüvenillerinin (~7 g) toprak havuzlarda tatlı suda ve deniz suyunda yetiştiricilikleri esnasında aynı sıcaklık seviyelerinde tatlı su ve deniz suyu arasında büyüme olarak bir farklılık olmadığını ortaya koymuşlardır. Aynı çalışmada sıcaklığın büyüme üzerinde çok önemli bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Bu çalışmada özellikle tatlı suda sıcaklığın 10°C ve altına düştüğü durumlarda balıklarda çok düşük büyüme ve yüksek mortalite olduğu belirtilmektedir.

Avrupa deniz levreğinde tuzluluğun büyüme performansı ve yem çevrim etkinliği üzerine olan etkileri birçok çalışmada çalışılmıştır (Chervinski ve Shapiro, 1980; Alliot ve ark., 1983; Eroldoğan, 1999). Eroldoğan ve Kumlu (2002) yaptıkları bir çalışmada tatlı su ve deniz suyunda tutulan bireylerde yem tüketimi incelemişler ve çalışma sonunda balıkların iyonik dengelerini korumak amacıyla tatlı suda deniz suyuna oranla daha fazla yem tükettiklerini saptamışlardır. Lanari ve ark. (2002) farklı boyutlarda Avrupa deniz levreklerinde (60-70, 90-110, 130-150, 160-180 ve

230-250 g), 7 farklı sıcaklıkta (13, 16, 19, 22, 25, 28 ve 31°C) yaptıkları bir çalışmada 27°C'ye kadar olan sıcaklıkların büyüme performansı ve yem alımını olumlu etkilediğini saptamışlardır. Bu çalışmada 28°C'nin üstündeki sıcaklıkların ise büyümeyi sınırlandırdığı ve bu balık türü için en hızlı büyüme ve yem alımının gerçekleştiği sıcaklık aralığının 22 ile 28°C'ler arasında olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde Barnabé (1990) da yaptığı çalışmada büyüme için optimal sıcaklık aralığının deniz levreği için 23-27°C'ler olduğunu bildirmiştir. Alliot ve ark. (1983) iki farklı sıcaklıkta (15 ve 22°C) yaptıkları bir çalışmada 22°C sıcaklıkta 15°C sıcaklığa oranla daha iyi bir büyüme ve yem çevrim oranı elde etmişlerdir. Daha yakın tarihli bir araştırmada Person-Le Ruyet ve ark. (2004) Akdeniz kökenli Avrupa deniz levreği bireylerini 84 gün boyunca 6 farklı sıcaklıkta yetiştirmişler (13, 16, 19, 22, 25 ve 29°C) ve deneme sonucunda su sıcaklığının 13°C'den 25°C'ye kadar arttırılmasının balıklarda önemli bir ağırlık artışına neden olduğunu saptamışlardır. Bu araştırıcılar çalışmada 25 ve 29°C'de tutulan balıkların 72 gün boyunca benzer büyüme gösterdiklerini, fakat 84 gün sonunda yapılan ölçümlerde 29°C'de tutulan bireylerde büyümede %6'lık bir düşüş olduğunu saptamışlardır. Ayrıca bu çalışmada 13, 25 ve 29°C sıcaklıklarda spesifik büyüme oranının (SBO) sırasıyla %0.45, 1.29 ve 1.21 %/gün olduğunu bulmuşlardır. Bu çalışmada yem alımı 25 ve 29°C arasında artmış ve yem alımı için hesaplanan en yüksek sıcaklık değerinin 27.5°C olduğu hesaplanmıştır. Yem çevrim oranı 19°C ve 25°C'de 1.01 ve 1.04 değerleri arasında değişmiş, 13°C ve 16°C derecelerde bu oran 0.9'a kadar düşmüştür. Bu araştırmada en yüksek yem çevrim etkinliğinin 24°C olduğu kaydedilmiştir.

Alliot ve ark. (1983) dört farklı tuzluluk (‰ 6, 11, 24 ve 37) ve iki farklı sıcaklıkta (15 ve 22°C) yaptıkları bir çalışmada vücut kompozisyonu üzerinde sıcaklığın etkide bulunduğunu fakat tuzluluğun önemli etkileri olmadığını bildirmiştir. Eroldoğan ve Kumlu (2002) Avrupa deniz levreği üzerinde 5 farklı tuzlulukta (‰0, 10, 20, 30 ve 40) ortalama 9.5 g'lık bireylerde 90 gün sonunda, tuzluluğun ham protein, ham lipit ve ham kül üzerinde bir farklılık yaratmadığını saptamışlardır. Yine aynı çalışmaya konu olan ve ortalama 108 g'lık bireylerde 90 gün sonunda et ham protein, ham yağ ve ham kül değerlerinde de herhangi bir farklılık bulunmamıştır. Yine aynı balık türünde iki farklı tuzlulukta yetiştirilen (‰0

ve 40) bireylerde (∽2.6 g) farklı besleme oranları denenmiş (%2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0 vücut ağırlığı/gün ve *ad libitum*) ve 60 gün sonunda bireylerin et protein ve kül içerikleri etkilenmemiş, ancak artan besleme oranlarına paralel olarak ham lipit ve nem oranlarında artışlar kaydedilmiştir. Eroldoğan ve ark. (2005) Avrupa deniz levreği ile yaptıkları diğer bir çalışmada tatlı suda yeme farklı oranlarda tuz ilavesinin (%1, 3, 5 ve 9) 50 gün sonunda balıklarda vücut kompozisyonu üzerinde kuru madde, ham protein, ham yağ ve kül miktarlarında kontrol grubu ile kıyaslandığında herhangi bir fark oluşturmadığını belirlemişlerdir.

2.2. Farklı Tuzluluklara ve Tatlı Suya Adaptasyon

Balıkların vücut sıvılarının yoğunluklarını bulundukları ortama göre ayarlaması olarak tanımlanan osmoregülasyon esnasında ozmoz yoluyla su kaybı veya su alımı nedeniyle balıklardaki iyon dengesi değişir. Bu dengeyi sağlamak için balıklar yaşadıkları su ortamından iyon alışverişi yapmak zorundadır ki buda iyonik regülasyon olarak tanımlanmaktadır. Balıklardaki bu iyonik regülasyon balık solungaçlarında bulunan klorit hücreleri, böbrekler, deri ve mide aracılığı ile gerçekleşir.

Levreğin en çok tercih ettiği ve iso-ozmotik olarak kabul edilen tuzluluğun ‰15 olduğu bildirilmiştir (Saillant ve ark., 2003). Farklı tuzluluklara ve hatta tatlı suya adaptasyon osmoregülasyondan sorumlu birçok organın kordinasyonu neticesinde başarılabilmektedir. Deniz suyunda su kaybını karşılamada kullanılan başlıca osmoregülasyon organının sindirim sistemi olduğu bilinmektedir. Böbrek özellikle tatlı su ortamında kandan iyonların yeniden emiliminde, solungaçlar ise tatlı sudan iyon alımlarında ve deniz suyunda da iyon boşaltımında rol oynamaktadırlar (Marshall ve ark., 2005). Örihalin deniz balıklarının kan osmolalitelerini 300-350 mOsmol/kg civarında tutabilmeleri için hidromineral dengeyi sağlayan organlardan solungaç, üriner sistem, bağırsak ve derinin etkin çalışması gerekmektedir (Varsamos ve ark., 2006). Tatlı suda deniz levreğinde vücuda pasif yolla su girişi ve difüzyon ile de iyon kaybı gerçekleşir. Pasif iyon kaybını telafi etmek için balıkların iyon kaybını sınırlaması ve ortamdan osmoregülasyondan sorumlu dokuların epitellerinde bulunan

inositler (mitakondrice zengin hücreler ve solungaçlardaki klorit hücreleri) aracılığıyla yeniden iyon absorbe etmeleri gerekmektedir. Tatlı suda başlıca osmoregülasyon organları aktif iyon emilimini sağlayan solungaçlar ve çok miktarda hipotonik idrar vererek iyon tutan böbrektir.

Hiperosmotik deniz suyunda balık pasif olarak su kaybeder ve kaybedilen suyun telafisi için ortamdaki suyu içerek ve solungaçlarından fazla iyonları atarak dengeyi sağlamaya çalışırlar. Bundan dolayı deniz balıkları kaybettikleri sıvıyı geri kazanabilmek için daha fazla tuz yükü altına girerler. Tersine, hipoosmotik tatlı sularda balıklar pasif olarak su kazanır ve artan idrar ile tuz kaybederler. Tatlı su balıkları idrar ve solungaçlarda difüzyon ile kaybettikleri iyonları aktif olarak yine solungaçlarıyla ve yemleriyle geri kazanmaya çalışırlar. Farklı tuzlu ortamlar arasındaki geçişlerde tuz veya su dengesinin sağlanmasının hangisinin daha önemli olduğu net anlaşılabilmiş değildir. Takei ve ark. (2007)'nin hipotezlerine göre bu tür balıklarda iyon regülâsyonu su dengesinden daha önemlidir. Bundan dolayı, deniz suyunda sodyum (Na^+) atımı ve tatlı suda ise alımı büyük önem arz etmektedir.

Nebel ve ark. (2005a) yaptıkları bir çalışmada, tatlı suya alıştırılan jüvenil levreklerde iki farklı tepki belirlemişlerdir. 1. Tatlı suya başarıyla adapte olan balıklar normal yüzme davranışı göstermişler, kan osmolaliteleri sabit kalmış, solungaç ve hipotonik idrar üreten böbreklerinde Na^+/K^+-ATPaz aktiviteleri yüksek çıkmıştır. 2. Başarılı olmayanlarda ise anormal sürü oluşturma ve akut osmoregülasyon başarısızlık göstergesi olan düşük osmolalite (diğer gruba göre %30 daha az) görülmüştür. Bu grupta solungaçlarda yüksek Na^+/K^+-ATPaz aktivitesi ve klorit hücrelerine rağmen, üriner sistemde düşük enzim aktivitesi böbreğin osmoregülasyona aktif katkı yapmadığını göstermiştir. Bu balıklarda solungaçlarla alınan iyonlar böbrek tarafından tutulamadığı için hiper-osmoregülasyon performansı başarılı olamamış ve ölümler gerçekleşmiştir. Benzer bulgular Giffard-Mena ve ark. (2008) tarafından da bildirilmiştir. Nebel ve ark. (2005a) tatlı suya başarıyla adapte edilen balıkların 18 ay süresince sadece %5 ölüm gösterdiğini, bu periyotta deniz suyunda tutulanlarda ise %1-2 mortalite görüldüğünü bildirmişlerdir. Ülkemizde Avrupa levreğinin tatlı sulara alıştırılması ve bu ortamda yetiştirilebilme potansiyellerinin araştırıldığı çalışmalarda (Eroldoğan ve Kumlu, 2002; Eroldoğan

ve ark., 2004; Eroldoğan ve ark., 2005), jüvenil veya yarı-yetişkin boyuttaki bireylerde tatlı sulara adaptasyon esnasında herhangi bir ölüm veya anormallik gözlenmemiş ve hatta bu ortamda büyütülen balıklarda yüksek büyüme performansı elde edilmiştir. Eroldoğan ve Kumlu (2002)'nin levrek populasyonlarının tatlı suya karşı gösterdikleri tolerans farklılıklarının farklı coğrafik bölgelerde bulunan varyetelerin genetik yapısından kaynaklanabileceği hipotezinin, son zamanlarda, Fransız araştırıcıların da bulgularıyla desteklenmekte olduğu görülmektedir (Nebel ve ark., 2005b). Bu araştırıcılar aynı populasyonlar içerisinde bile gerçekleşen polimorfizm nedeniyle levreklerde osmoregulasyon yeteneklerinin değişebileceğini ve bu konunun araştırılması gerektiğini bildirmişlerdir.

Levreklerin tatlısuya adaptasyonu ile ilgili olarak osmoregülasyon parametreleri ve histo-morfolojik pek çok çalışma yapılmış (Nebel ve ark., 2005a; Giffard-Mena ve ark., 2008), ancak tatlı suya alıştırılma esnasında balıkların karşılaştıkları akut ve kronik ozmotik stres ve bu esnada gerçekleşmesi muhtemel olan fizyolojik değişimlerin araştırılması ihmal edilmiştir. Bu nedenle bu çalışmada tuzluluk ile ilintili olarak deniz levreğinde kronik stres parametrelerinden bazılarının (kan ve histolojik) belirlenmesi amaçlanmıştır.

2.3. Akut ve Kronik Stres İndikatörleri

Balıkların büyüme ve gelişimleri merkezi sinir sistemi, endokrinolojik ve nöro-endokrinolojik sistemlerin de içinde bulunduğu 'iç faktörler' ve 'çevresel faktörler' tarafından etkilenmektedir (Boeuf ve Payan, 2001). Pek çok çalışma, balıklarda büyüme ve gelişim yanında, yumurtaların döllenme ve inkübasyonunda, besin kesesinin emiliminde, embriyonik gelişimde, yüzme kesesinin oluşturulmasında ve larval büyümede tuzluluğun önemli rol oynadığını göstermiştir. Cinsi olgunluğa ulaşmış bireylerde de büyümenin kontrol edilmesinde tuzluluğun anahtar rol oynadığı ve bu rolün standart metabolik oran, yem alımı, yem çevrim oranı veya hormonal uyarıcılarla ilişkili olabileceği de tartışılmaktadır.

Stresin, iç veya dış kaynaklı uyarıcıların sonucu olarak omurgalı organizmanın dinamik dengesini tehdit eden veya rahatsız eden bir durum ya da

herhangi bir çevresel değişim etkisinden (sıcaklık, tuzluluk, oksijen vs.) enerji kazancı ve kaybı arasındaki dengesizlik gibi birçok tanımı yapılabilmektedir. Plazma kortisol birincil (primer) stres yanıtını araştırmada kullanılmaktadır (Pottinger, 2006). Bu hormonun yükselen seviyeleri, metabolik, osmoregülasyon ve bağışıklık sistemi değişikliklerini içeren ikincil (sekonder) yanıtı teşvik etmektedir (Robertson ve ark., 1987; Davis ve Parker, 1990). Yani ikincil stres yanıtı birincil stres yanıtının fizyolojik etkilerinin sonucu oluşmaktadır. İkincil stres yanıtında, kan ve doku kimyasında değişimler meydana gelir ve bu değişimler metabolik, hematolojik, iyon regülâsyonu ya da yapısal olabilmektedir. Kan şeker değerlerinde artış, kan pıhtılaşma süresinde düşme, kan elektrolit değerlerinde değişimler ve böbreklerde hipertrofi kaydedilebilir. Üçüncül (tersiyer) yanıt büyüme, metabolik hız ve hastalıklara dayanıklılık yanıtıyla ölçülür. Balıklarda kısa ve uzun süreli fizyolojik değişikliklere neden olan stres, başlıca katekolamin ve kortisol gibi hormonların hareketiyle ortaya çıkar. Stres hormonlarının artışı kan hücreleri, plazma glikoz ve laktat seviyelerini de etkilemektedir.

Akut stres balıklarda birbirini izeleyen iki etkide bulunur (Gamperl ve ark., 1994). Birinci yanıt, temelde enerji mobilizasyonu amacıyla yapılan bir endokrin tepkidir. Bu durumda adrenerjik sistem uyarılır ve katekolamin, adrenalin ve nor-adrenalinler ve hipotalamus – hipofiz – interrenal aksiste ACTH ve kortisol artışı gerçekleşir. Katekolaminler kısa dönemde glikojenez aracılığıyla enerji sağlama görevi üstlenirken, kortisol ise uzun dönemde glikojen, lipit ve protein katabolizmasını uyararak enerji sağlar (Gamperl ve ark., 1994). İkincil tepkiler ise; metabolik adaptasyon ile ilgili olanlardır. Entansif stok koşulları gibi uzun süreli stres (kronik) durumlarında fizyolojik denge kurulamaz (en azından uzunca bir süre) ve hastalıklara direnç azalır, üreme ve büyüme de bundan olumsuz etkilenir (Van Weerd ve Komen, 1998). Kronik stresin balıklarda genel olarak kortisol aracılığıyla büyümeyi ve metabolizmayı etkilediği bilinmektedir.

Balıklarda stres durumlarında enerji ihtiyacı artar (Davis ve Peterson, 2006), ancak bu alandaki tüm veriler akut stres verilerinden elde edilmişlerdir. Akut stres metabolik aktivitelerde hızlı gerçekleşen geçici durumlardır. Akut stresin belirlenmesinde kullanılan indikatörler arasında plazma kortisol (Ruane ve ark.,

2001) ve glikoz seviyelerinde (Martins ve ark., 2006) artış ve davranışlarda, örneğin yüzmede hızlanma sayılabilir (Xu ve ark., 2006). Kan parametrelerinin incelenmesi, hayvanlarda rutin ve klinik uygulamalarda önemli bir araçtır. Bu basit teknikler hayvanın fizyolojik durumu hakkında önemli bilgiler sağlar ve araştırıcılar için uygun kararlar vermeye yardımcı olurlar (Chen ve ark., 2004).

Kan parametrelerinin ölçümü yaygın olarak kullanılan bir biyo-izleme yöntemidir. Çevresel (sıcaklık, foto-periyot, salinite, amonyak, yoğun stoklama vb.), fizyolojik (üreme siklusu, yaş, beslenme, cinsiyet vb.) ve sosyal gibi birçok faktörün balıklarda kan parametrelerini etkilediği kaydedilmiştir (Chen ve ark., 2003). Akut, kronik ve patofizyolojik değişiklikler besin ve su kalitesinden etkilenir. Kırmızı kan hücreleri ve hematokrit düzeyleri streste yüksek enerji ihtiyacında oksijen taşıma kapasitesinin artmasından dolayı artabilmektedir (Montero ve ark., 1999). Plazma glikoz düzeyleri başlıca kan katekolamin düzeylerinin artışı sonucu olarak stres boyunca artar ve bu parametre etkiden kurtulmak için gerekli zaman, stres yanıtının süresi ve şiddeti konusunda faydalı tamamlayıcı bilgiler sağlayabilmektedir. Kanda laktat artışı kas dokusunda laktat birikimi ve glikojen stoklarının azaldığı anaerobik koşullar altında solunum aktivitesinin sonucu oluşur (Pottinger, 1998). Balık üzerinde stres yaratan faktörler elektrolit değerlerini de etkilemektedir. Balıklarda elektrolit değişimleri memelilerden daha karmaşıktır. Asit-baz dengesi haricinde balıklarda elektrolit konsantrasyonları sudaki mineral içeriğinden, solungaç fonksiyonundan ve stres yaratan sudaki değişimlerden etkilenirler (Palmeiro ve ark., 2007).

Kelly ve Woo (1999) ‰33 tuzluluktan ‰6 tuzluluğa ani olarak aktarılan Gümüş çipurasında 120 saat boyunca kan parametrelerini inceledikleri çalışmalarında; plazma kimyası (kortisol, glikoz, protein, Na^{+}, Ca^{++}, Cl^{-}) için 1, 3, 6, 12, 24 ve 120 saat sonra örnek almış ve solungaç dokularını da elektron mikroskopta incelemişlerdir. Plazma Na^{+} içeriği, ‰6'ya transferde geçici dalgalanma gösterirken, klorit değerleri 1 saat sonra azalmış, 12 saat kadar düşmeye devam etmiş, 24 saat sonra yeniden artmış ve 120 saat sonra ise kontrol değerlerine ulaşmıştır. Serum Cl değerlerindeki değişim istatistik olarak önemli bulunmamıştır. Plazma Ca^{++} değerleri 24 saat düşmüş, ancak 24-120. saatler arasında deniz suyundaki seviyeye gelmiştir.

Kortisol değerleri, ‰6 tuzluluğa aktarıldıktan 1 saat sonra üç kat artmış, 3. saat sonuna kadar deniz suyundaki balıklara göre artış devam etmiş, 24 saat sonra ise düşmeye başlamıştır. Glikoz değerleri 1. saatten itibaren artmış, 3. saatte zirveye ulaşmış, 24. saatte kontrole göre %8-24 oranında yüksek bulunmuş ve 120 saat sonunda ise kontrol değerlerine düşmüştür. Pavlidis ve ark. (2007), Akdenizde yaşayan 6 türde kan hücre profilini incelemişler ve Avrupa levreğinde hematokrit değerini %38.05 olarak saptamışlardır. Montero ve ark. (1999), çipura (*Sparus aurata*) ile yaptıkları bir çalışmada, yüksek yoğunlukta yetiştirilen balıklarda hematokrit düzeyini (%43.87), düşük stoklama yoğunlukta olanlardan (%37.21) daha yüksek bulmuşlardır. Jiang ve ark. (2008), ‰25 tuzluluğa adapte olmuş *Oreochromis mossambicus*'ta 1, 4, 8 ve 24 saat sonra 5'er balıktan kan örneği almışlar, lizozim değerlerinin transfer sonrası 1. ve 24. saatte arttığını, 8. saatte ise azaldığını belirlemişlerdir. Simontacchi ve ark. (2008), Avrupa levreğinde elden geçirme ve stoklama yoğunluğunun (20-80 kg/m^3) stres üzerindeki etkilerini ölçmek için yaptıkları çalışmada; 20 kg/m^3'de plazma glikoz ve laktat seviyelerinin arttığını, 80 kg/m^3'de ise laktat seviyesinin etkilenmediğini belirlemişlerdir. Bu çalışmada, üsteki değerler 24 saat sonra eski haline dönmüştür. Üç saat boyunca sıkıştırma ve elden geçirme stresine maruz kalan çipuralarda plazma kortisol, glikoz, laktat ve ozmolalite artmıştır (Tort ve ark., 2001).

Morgan ve ark. (1997) tilapiaları (*O. mossambicus*) tatlı sudan ‰12 ve ‰25 tuzlu sulara aktardıkları ve ardından oksijen tüketim seviyeleri, kortisol, büyüme hormonu, prolaktinler, glikoz, iyonlar (Na^+, K^+, Cl^-), ve solungaç Na^+/K^+-ATPaz aktivitelerini 4 gün süreyle inceledikleri çalışmalarında; tuzlu sulara aktarımdan 1 gün sonra plazma kortisol ve glikoz seviyelerinin yükseldiğini, plazma Na^+ ve Cl^- seviyelerinin ilk gün yükseldiğini, ancak 4 gün sonra yeniden tatlı sudaki seviyelere indiğini belirlemişlerdir. Bu araştırıcılar tilapianın deniz suyuna alıştırılması esnasında toplam vücut metabolizmasının %20'si kadar enerji harcandığını hesaplamışlardır. Gökkuşağı alabalığında akut stres uygulanan balıklarda serum kortisol, glikoz ve lizozim aktiviteleri belirgin bir artış göstermiştir ($P<0.05$) (Kubilay ve Uluköy, 2002). Dil balığı (*Solea senegalensis*) ile yapılan bir çalışmada, çevresel tuzlulukla solungaç Na^+/K^+-ATPaz aktivitesi arasında doğrusal bir ilişki

olduğu, ancak tuzluluğun böbrek Na^+/K^+-ATPaz aktivitesini etkilemediği belirlenmiştir (Arjona ve ark., 2007). Bu araştırıcılar dil balıklarında plasma osmolalitesine göre 2 farklı osmoregülasyon periyodu belirlemişlerdir: Alışma periyodu ve kronik düzenleme periyodu. Bu çalışmada, 14 ile 17 günün sonlarında plazma osmolalitesi ve iyon seviyelerinde önemli değişimlerin kalmadığı ve dolayısıyla artık balıklarda osmoregulasyon sisteminin yeni ortama adapte olduğu görülmüştür. Plazma glikoz ve laktat seviyeleri yüksek tuzluluklarda artmış ve bu enerji kaynaklarının yüksek tuzluluk ortamlarında önemli rol oynadıklarını göstermiştir. Glikoz hiper-osmoregulasyon esnasında ancak sadece alışma periyodunda yükselmiştir. Kortisolun kronik stres ve farklı osmotik ortamlara aktarım esnasında oluşan stresin belirlenmesinde iyi bir indikatör olduğu görülmüştür (Arjona ve ark., 2007). Bir tatlı su türü olan altınbalık (*Carassius auratus*), tuzlu suda yetiştirildiğinde (hastalık problemlerini azaltmak amacıyla), ‰6 tuzluluğa kadar hematokrit, glikoz, plazma kortisol ve hemoglobin seviyelerinin değişmediği, dolayısıyla stres yaşamadığı belirlenmiştir. Daha yüksek tuzluluklarda (‰8-10) kaslarda su kaybı oluştuğu, kanda kortisol seviyesinin arttığı, ilave olara büyüme, yem alımı ve yem çevrim oranında olumsuzluklar ortaya çıktığı belirlenmiştir (Luz ve ark., 2008). Japon pisi balığında (*Paralitchthys alivaceus*) düşük tuzluluğa (‰10) yerleştirilen grupta kortisol seviyesi önemli ölçüde yüksek çıkmış, ancak denemenin ilerleyen dönemlerinde düşük tuzluluk grubunda kortisol seviyesi kontrol grubu (‰32) ile aynı seviyelere kadar inmiştir (Bolasina ve ark., 2007). Hiroi ve ark. (1997) düşük tuzluluklara maruz bırakılan balıklarda kortisol seviyesinin düştüğünü belirlemişlerdir. Pek çok balık türünün tatlı sudan deniz suyuna doğrudan transferinin stres yanıtlarını arttırdığı ve stresin de çoğu zaman bağışıklık sistemini olumsuz etkilediği bilinmektedir. Smolt dönemini geçirmemiş olan salmonların tatlı sudan denize suyuna aktarılmalarında akut stres yanıtı olarak plazma kortisol seviyesinde belirgin bir artış belirlenmiştir (Taylor ve ark., 2007).

Pek çok çalışma stoklama yoğunluğunun artması ile balıklarda plazma kortisol seviyesinde yükseliş tespit etmiştir (Costas ve ark., 2008). Yüksek stoklama koşullarında su kalitesinde gerçekleşen düşmelerin de balıklarda büyümeyi olumsuz etkilediği, yem alımını ve yemden yararlanmayı düşürdüğü bilinmektedir (Björnsson

ve Ólafsdóttir, 2006). Kronik stresin engellenmesi balığın sağlık durumu ve büyüme performansı açısından akvakültürde büyük önem taşır. Ancak, balıklarda kronik stresin belirlenmesi daha zordur. Örneğin; kronik stres durumlarında kortisol (en yaygın test edilen hormon) seviyesi negatif feed-back mekanizmaları nedeniyle yükselmez (Procarione ve ark., 1999). Entansif balık yetiştiriciliğinde, çevresel faktörlerin neden olduğu uzun süreli strese (kronik) balıklar sık sık adapte olamazlar ve neticede büyümeleri bundan olumsuz etkilenir. Genellikle olumsuz çevresel parametrelerin (stres kaynakları) metabolizma üzerindeki etkileri açıkça görülüyor olsa da, bunun büyümeye etkileri her zaman aynı oranda yansımamaktadır (Van Weerd ve Komen, 1998). Bu araştırıcılar, artan kortisol seviyesi ile büyümede düşme görülmesi arasında çelişkili veriler elde edildiği için, kortisol seviyesinin kronik stresin belirlenmesinde iyi bir gösterge olmadığını ve bu hormonun bir çevresel faktörün stres yaratmaya başladığını göstermede daha yararlı olabileceğini belirtmektedir. Çipura (*S. aurata*) ve levrek (*D. labrax*) ile yapılan bir çalışmada balıklarda kronik stres neticesinde plazma kortisol ve glikoz seviyeleri, doku laktat konsantrasyonu, hematokrit ve hemoglobin içeriği, lizozim, ve diğer bazı parametrelere bakılmıştır (Caruso ve ark., 2005). Bu deneme esnasında doku laktat ve plazma kortisol seviyelerinin artışının ve kanla ilgili diğer bazı parametrelerdeki düşüşlerin kronik stres durumunu ortaya koymada indikatör alabilecekleri bildirmişlerdir.

Kronik stres seviyesini ölçmenin bir yolu da; balığın enerji kaynaklarının tüketilmesine neden olan kronik stres sonrasında akut stresin kullanılarak fizyolojik parametrelere bakılmasıdır. Kronik stres esnasında balıkların enerji kaynakları tükendiği için ek bir akut stres (balığın tüketilen enerji seviyesiyle orantılı olarak) balıklar üzerinde daha büyük stres yanıtları oluşturur (Di Marco ve ark., 2008). Santos ve ark. (2010)'nun yürüttüğü bir çalışmada Avrupa levreği (*D. labrax*)'nde artan stok yoğunluklarının balıklar üzerinde kronik stres etkisi yarattığı ve sonuçta yem alımını ve büyümeyi düşürdüğü belirlenmiştir. Bu denemede kronik stres indikatörlerini belirlemek amacıyla yapılan ölçümlerde kan parametrelerinden kortisol, glikoz ve laktat seviyelerinin değişmediği görülmüştür. Deneme sonunda uygulanan akut stres sonucunda ise, yüksek stoklama yoğunluklarında bulunan

balıklarda kortisol seviyesi düşük stoklama yoğunluklarına kıyasla yüksek çıkmıştır (Santos ve ark., 2010). Di Marco ve ark. (2008) farklı stoklama yoğunluklarının levrek (*D. labrax*)'te büyüme performansı ve stres parametreleri üzerindeki etkilerini 6 hafta süreyle incelemiş ve deneme sonunda, ilaveten de 10 gün daha süren bir akut deneme neticesinde balıklardan 0. 1. 6. 24. 48. 72. saatlerde ve 10. günde plazma kortisol, glikoz, esterleştirilmemiş yağ asitleri, total proteinler, trigliseritler ve kolesterol içeriklerini incelemişlerdir. Balıkların 6 haftalık büyüme performansları ve plazma kortisol seviyeleri 15 ile 30 ve 45 kg/m^3 stok yoğunluklarında (kronik stres) benzer çıkmıştır. Akut stres denemesi neticesinde ise en yüksek stok yoğunluğu olan 45 kg/m^3 yoğunlukta kortisol seviyesi daha yüksek ölçülmüş, ancak tüm akut stres parametreleri en geç 48 saat içerisinde test öncesi değerlere düşmüştür. Bu sonuçlara göre, 6 haftalık bir büyütme periyodunda 45 kg/m^3 yoğunluğun balığın enerji metabolizması ve aşırı stoklama stresi nedeniyle hassasiyetini etkilemediği yargısına varılmıştır. Aynı balık türü ile daha da yüksek stoklama yoğunluklarında çalışan Sammouth ve ark. (2009) ise stres indikatör-lerinden kortisol seviyesine bakarak levreğin 70 kg/m^3'e kadar büyüme parametrelerinde herhangi bir olumsuz etki olmadan yetiştirilebileceğini göstermiştir. Mercan (*Pagrus pagrus*) balıklarında elleme ve kepçe ile muamele stresi neticesinde akut olarak kan parametrelerinden kortisol, laktat ve Na^+, ve ardında da glikoz seviyesinin yükseldiği, diğer kan elektrolitlerinin (Ca^{++}, Cl^-, K^+) stres uygulamasından 2 saat sonra etkilenmediği, ancak 6 ile 24 saat sonra düşmeler tespit edildiği görülmüştür (Van der Salm ve ark., 2006).

Omurgalıların doğal ve sonradan kazanılan iyi gelişmiş bağışıklık sistemleri olduğu ve doğal bağışıklık sisteminin balıkları yabancı patojenlere karşı koruduğu bilinmektedir (Jiang ve ark., 2008). Stres koşulları balıklarda hem spesifik hem de spesifik olmayan bağışıklık sistemlerini olumsuz etkileyerek balıkların hastalıklara hassasiyetini arttırmaktadır (Pickering ve Pottinger, 1989). Hematokrit ve hemo-globin ve doku laktat konsantrasyonlarının değişmesi, yüksek enerji gereksinimi duyulan dönemlerde kanın oksijen taşıma kapasitesinin arttırılmasına yönelik bir stratejidir (Ortuño ve ark., 2001). Yapılan bir çalışmada Caruso ve ark. (2005) kortisol (akut) ve hematolojik parametreler dikkate alındığında (kronik), çipuranın

strese levrekten daha hassas olduğunu bildirmişlerdir. Bağışıklık parametreleri incelendiğinde ise (uzun vadeli kronik devre) levreğin daha toleranslı olduğu görülmüştür. Bir bakterisit peptit olan lizozim, kan, mukus ve değişik organlarda bulunan ve hem tatlı su hem de deniz balıklarında bağışıklık savunmalarında kullanılan bir enzimdir (Lie ve ark., 1989). Salmonların tatlısudan deniz suyuna aktarılması neticesinde lizozim aktivitesinde ve fagositozda bir artış, ancak antikor üretiminde bir azalış belirlenmiştir (Marc ve ark., 1995). Jiang ve ark. (2008) tilapianın hipo-osmolarite koşullarından hiper-osmolalite koşullarına geçildiğinde plazma lizozim aktivitesinde önemli bir artış belirlemiş, bunun da hiper-osmotik koşulların tilapiada bağışıklık sistemini uyarıcı bir etki yarattığı anlamına geldiğini belirtmişlerdir. Deniz levreğinde normal lizozim aktivitesi 270-350 Units/mL olarak saptanmıştır (Saurabh ve Sahoo, 2008). Balığın bağışıklık sisteminin çeşitli stres faktörlerinden oldukça ciddi şekilde etkilendiği bilinmektedir. Lizozim aktivitesi stresin derecesi, yoğunluğu ve stres yaratan faktörün tipine bağlıdır (Yıldız, 2006). Mock ve Peters (1990) taşıma ve akut su kirliliğinde serum lizozim düzeylerinin düştüğünü saptamıştır. Marc ve ark. (1995) çevresel tuzluluk değişiminin kahverengi alabalıklarda lizozim düzeylerini arttırdığını saptamışlardır. Bowden (2008), deniz suyuna aktarılan gökkuşağı alabalıklarında plazma lizozim düzeylerinin artarken, mukus lizozim düzeylerinin azaldığını saptamışlardır.

Hayvan dokularındaki histopatolojik değişiklikler çevresel stres yapan etkenlere (stresörlere) maruz kalmanın öncelikli göstergeleridir (Teh ve ark., 1997). Aslında doğada da yağmur suyunun deniz suyunu seyreltmesi, nehir ağızları ve tatlı suyun denize karışması ile tuzluluk değişimleri oluşmakta ve birçok balık türü osmotik değişikliklere uyum sağlamak zorunda kalmaktadır. Balıklarda osmoregülasyon kabiliyeti genellikle post-embriyonik gelişim boyunca iyon transport hücreleri ya da iyonositlerin olduğu deri, solungaç, böbrek ve sindirim sisteminin değişimiyle başlamaktadır. Şahan ve ark. (2003), ‰0 tuzluluğa maruz kalan levreklerde yürüttükleri çalışmada, karaciğer antioksidan sistemi, lipid peroksidasyonu ve karaciğer dokularını histolojik olarak incelemişler ve bu balıkların karaciğer dokularında mononükleer hücre infiltrasyonu ve bazı alanlarda yağ dokuları saptamışlardır. Wong ve Woo (2006) ‰0, 6, 12, 33, 50 tuzluluğa 30 gün

süresince maruz kalan gümüş çipura (*Sparus sarpa*)'larda böbrek dokularını incelemişlerdir. Ayrıca, ani olarak, deniz suyundan (‰33) ‰6 tuzluluğa yerleştirilen ayrı bir gruptan 2, 6, 24 ve 120 saat sonunda da örnekler almışlardır. Araştırıcılar, hipo-osmotik suya atılan balıkların glomerulus sayısı ve büyüklüğünde oransal olarak artma ve toplama tubullerinde lumenler oluştuğunu, ‰33'ten ani olarak ‰6'ya aktarılan balıklarda glomerulus sayısında değişiklik olmadığını ancak çaplarında artış gerçekleştiğini belirlemişlerdir. Giari ve ark. (2006) 74.12 g ortalama boya sahip levrekleri ‰30 tuzluluktan ‰15 ve tatlı suya aktarmışlar ve transferden 24, 48 ve 96 saat sonra her gruptan üçer balığın solungaç, karaciğer ve bağırsak dokularını ışık ve elektron mikroskopta incelemişlerdir. Rodlet hücreleri incelenen dokular arasında istatistik olarak farklılık görülmezken, çoktan aza doğru sırasıyla solungaç, bağırsak ve böbrekte saptanmıştır. Klorit hücre sayılarında da 96 saat süresince tatlı suda kalmış balıklar haricinde istatistik olarak önemli bir artış gözlenmemiştir. Düşük tuzluluğa maruz kalan balıkların solungaç dokularında lamellar füzyon ve telangiektazi saptanmıştır. Benli ve Yıldız (2004) ‰9 ve 18 tuzluluğa aniden aktarılan Nil tilapia (*Oreochromis niloticus*)'larında böbrek dokusunu histolojik olarak incelemişler, 72 saat sonunda böbreklerde hücre infiltrasyonlarına rastlamışlardır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Denemede balık materyali olarak kuluçkahanede üretilen ve ortalama ağırlıkları 2-3 g olan Avrupa deniz levreği (*Dicentrarchus labrax*) yavruları Adana'nın Tuzla İlçesi yakınlarında bulunan Akuvatur A.Ş. isimli firmadan temin edilmiştir. Deniz levreği yavruları Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi'ne ait olan Yumurtalık Deniz Ürünleri Araştırma İstasyonu'na (36°45'39.85" N, 35°42'42.78" E, Adana) getirilmiş ve burada bulunan 2 m çapında 3 adet yuvarlak fiberglas tanklara stoklanarak ortalama 32 g ağırlığa ulaşıncaya kadar ‰38 tuzlulukta ve yaklaşık 20 °C'de büyütülmüşlerdir.

3.2. Deneme Dizaynı ve Yönetimi

Deneme Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi'ne ait olan Yumurtalık Deniz Ürünleri Araştırma İstasyonu'nda yürütülmüştür. Deneme öncesinde birkaç hafta 15°C sıcaklıkta ve ‰38 tuzlulukta tutulan levrek yavruları (32 g) 2 m çapında 3 adet yuvarlak fiberglas tanklara stoklanarak 2 hafta süreyle ‰0, 20 ve 38 tuzluluklara günde ‰2-5 oranıyla azaltılarak veya arttırılarak alıştırılmıştır. Tuzluluğun düşürülmesi esnasında en az 24 saat havalandırılarak bekletilen tatlı su ve tuzluluğun yükseltilmesinde ise doğal deniz suyu (‰38) kullanılmıştır. Üç farklı deneme tuzluluklarına alıştırıldıktan sonra, her tuzluluk grubundaki balıklar 2 m çapındaki tanklardan rastgele alınarak üç farklı sıcaklığa günde 2°C oranıyla (15, 20 ve 25°C) alıştırılmak üzere 0.6 m çapında (250 L) yuvarlak fiberglas tankların her birisine 15 adet balık gelecek şekilde stoklanmışlardır (Çizelge 3.1). Böylece balıklar üç farklı tuzluluk (‰0, 20 ve 38), üç farklı sıcaklık (15, 20 ve 25°C) ve her sıcaklık/tuzluluk kombinasyonu için de üç tekerrür olmak üzere toplamda 27 adet tank içerisine stoklanmıştır (Çizelge 3.1).

Deneme boyunca balıklar %45 protein ve %20 lipit içeren ticari levrek yapay yemi (Çamlı Yem A.Ş., İzmir) ile günde üç kez (09:00, 12:00 ve 18:00) doyana

kadar beslenmişlerdir. Çalışmalar süresince su sıcaklığı günde üç kez ve tuzluluk ise günde iki kez ölçülmüştür. Fotoperiyot zamanları 12 saat aydınlık (08:00 ile 20:00 arasında), 12 saat karanlık olacak şekilde uygulanmıştır. Tanklar her gün sifonlanmış ve en az %200-300 su değişkenliği gerçekleştirilmiştir. Deneme tanklarının havalandırılması bir hava motoru ve buna bağlı hava hortumları ve havataşları aracılığıyla sürekli olarak sağlanmıştır.

Çizelge 3.1. Farklı tuzluluk ve sıcaklık kombinasyonlarında 60 gün süreyle yetiştirilen levreklerde (*Dicentrarchus labrax*) deneme grupları. n = deneme gruplarındaki her tanka stoklanan balık sayısı.

Tuzluluk (‰)	Sıcaklık (°C)	Tank 1	Tank 2	Tank 3
0	15	n=15	n=15	n=15
	20	n=15	n=15	n=15
	25	n=15	n=15	n=15
20	15	n=15	n=15	n=15
	20	n=15	n=15	n=15
	25	n=15	n=15	n=15
38	15	n=15	n=15	n=15
	20	n=15	n=15	n=15
	25	n=15	n=15	n=15

3.3. Ölçümler ve Örnekleme

3.3.1. Büyüme Performansı Ölçümleri

60 günlük deneme sonunda tanklardaki balıkların tümü 0.3 mL/L oranında 2-phenoxyethanole (Sigma, St. Louis, MO, USA) bulunan kovalara alınarak uyuşturulmuştur. Tüm gruplardaki balıklar bireysel olarak 0.01 g hassasiyette terazi ile tartılmış ve ağırlık verileri bilgisayara kaydedilmiştir. Deneme sırasında ayrıca 10 günlük yem tüketim kayıtları tutularak grupların tükettiği yem miktarları saptanmıştır. Deneme sonunda alınan örneklerden elde edilen veriler aşağıdaki formüller kullanılarak balıkların büyüme performansı değerlendirilmiştir.

1. Yem çevrim oranı (YÇO) = (toplam tüketilen yem ağırlığı, g) / (ağırlık kazancı, g).
2. Spesifik büyüme oranı (SGR, %/gün) = [Ln(final ağırlığı, g) − Ln(başlangıç ağırlığı, g)] / (gün olarak deneme süresi) × 100.
3. Günlük yem alımı (GYA, g) = (toplam yem tüketimi) / (gün olarak deneme süresi)
4. Protein değerlendirme oranı (PDO) = (final ağırlığı – başlangıç ağırlığı) / (beslenme süresince verilen protein miktarı).
5. Lipit değerlendirme oranı (LDO) = (final ağırlığı – başlangıç ağırlığı) / (beslenme süresince verilen lipit miktarı).

3.3.2. Et Besin Bileşenleri Analizi

Tüm et besin bileşenleri analizlerinde örenekleme sırasında alınan ve analizler boyunca -20°C'de saklanan tüm filetolar kullanılmıştır. Analizler sırasında -20°C'den alınan örnekler 4°C'de çözdürülmüştür. Kuru madde analizi için örnekler 103°C'de 12 saat boyunca bekletilmiş ve dokularda bulunan suyun uçması sağlanmıştır, daha sonra örnekler tartılmış ve kuru madde oranları hesaplanmıştır. Örnekler 450°C'de 4 saat boyunca bekletilerek ham kül oranları belirlenmiştir. Ham protein içeriği Kjeldal yöntemine göre yapılmıştır (Mattisek ve ark., 1988). Ham lipit içeriği ise Bligh ve Dyer (1959)'a göre analiz edilmiştir.

3.3.3. Kan Örneklerinin Alımı

60 gün süren deneme sonunda balıkloar 24 saat aç bırakıldıktan sonra her tanktan 6 adet balık 0.3 mL/L oranında 2-phenoxyethanole (Sigma, St. Louis, MO, USA) bulunan kovalara alınarak sakinleştirilmişlerdir. Her balık sol tarafına yatırılarak caudal damarından 2 mL hacminde daha önceden 25000 IU Heparin sodyum (Nevparin) ile heparinlenmiş şırıngalar kullanılarak kan alım işlemi gerçekleştirilmiştir. Balıktan kan alımının yaratacağı stresi en aza indirmek amacıyla işlemin 40-50 saniyeyi geçmemesine dikkat edilmiş ve ilk ponksiyonla kan

alınamayan balık bırakılmıştır (Di Marco ve ark., 2008) Alınan kanlar 2 mL hacmindeki daha önceden etiketlenmiş ependorf tüplerine enjekte edilmiştir. 6 adet balıktan kan alım işlemi tamamlandıktan sonra tüplerdeki kan soğutmalı mikrosantrifüjde (Hettich R220) +4 °C'de 12000 rpm devir hızında 5 dakika boyunca santrifüj edilerek plazmasına ayrılmıştır. Kan alım işlemi daima aynı kişi tarafından yapılmış ve kan örnekleri santrifüj işlemine kadar buz içerisinde bekletilmişlerdir. Ayrılan plazmalar otomatik mikropipet ile alınarak daha önceden etiketlenmiş 0.5 mL hacmindeki mikrosantrifüj tüplerine aktarılmıştır. Plazma örnekleri sıvı azot tankına yerleştirilmiş ve labratuara kadar sıvı azot içerisinde tutulmuştur. Laboratuara getirilen örnekler analizler yapılana kadar -80°C'de saklanmışlardır.

3.3.3.1. Plazma Biyokimyasal Analizleri

Plazmada biyokimyasal analizlerden olan glikoz (mg/dL) ve aspartat aminotransferaz (AST) (U/L) analizleri Roche Modüler P800 analizör (Roche Diagnostics GmbH Corp., İsviçre) ve kitleri kullanılarak yapılmıştır.

3.3.4. Doku Örneklemeleri

Denemede kullanılan 3 faklı tuzluluk (‰0, 20 ve 38) ve sıcaklık (15, 20 ve 25°C) seviyelerinin doku düzeyindeki etkilerini araştırmak amacıyla balıklardan doku örnekleri (solungaç ve böbrek) alınmıştır. Kan alımı tamamlanan balıklar dekapitasyon yöntemi ile öldürülmüş ve balıkların nekropsileri gerçekleştirilmiştir. Yapılan makroskobik inceleme sonrasında doku örnekleri uygun etiketlemeleri yapılarak %10'luk tamponlu formalinle tespit edilmiştir.

3.3.4.1. Doku Takiplerinin Gerçekleştirilmesi

Deneme sonunda %10'luk tamponlu formaline alınan dokuların takip işlemi Ankara Üniversitesi, Veterinerlik Fakültesi'nde gerçekleştirilmiştir. Dokuların

parafine gömülme tekniği Roberts (2001)'e göre yapılmıştır. Tespit edilen doku örnekleri küçültülerek ikişer saat kalacakları %70, 80, 90, 96 ve absolüt (saf) etil alkol serilerinden geçirilmişlerdir. Daha sonra dokular iki saat süre ile ksilolde bekletilmiştir. Bu dokular 56-58°C'de ksilollü parafin ve parafinde ikişer saat bekletme sonunda gömülmüşlerdir. Doku gömmek için parafin dispenser yardımıyla özel kalıplar içerisinde eritilen parafin doldurularak doku parçaları yerleştirilmiş ve dokular parafin bloklara alınmıştır. Bloklar kullanılıncaya kadar +4°C'de buzdolabında bekletilmiştir. Parafin bloklarındaki dokulardan mikrotom cihazı (Thermoshandon, USA) ile 5-6 μm kalınlığında alınan kesitler lam üzerine yerleştirilmiş ve 60°C'de etüvde kurumaya bırakılmıştır. Kesitler Harris'in Hematoksilen-Eozin boyama yöntemine göre boyanarak sabit preparat haline getirilmiş ve daha sonra bu preparatlar histolojik yönden değerlendirilmiştir.

3.3.4.2. Preperatların İncelenmesi

Balık örneklerinin doku takiplerinin gerçekleştirilmesi ile, preparatların incelenmesi ve değerlendirilmesinde Ankara Üniversitesi, Veterinerlik Fakültesi, Patoloji Anabilim Dalı'nın olanaklarından yararlanılmıştır. Mikroskobik incelemede Leica fotoğraf kamerası monte edilmiş Leitz marka mikroskop kullanılmıştır.

3.3.5. İstatistiki Analizler

Büyüme performansı, besinsel kompozisyon ve kan parametreleri verileri ortalama ± standart sapma (n=3) şeklinde verilmiştir. Tüm veriler için Saphiro-Wilk's normalite ve homojenite testleri yapılıp doğrulandıktan sonra iki yönlü varyans analizi ile sıcaklık, tuzluluk ve sıcaklık×tuzluluk etkisi test edilmiştir. Sıcaklık ve tuzluluk grupları için ayrıca tek yönlü varyans analizleri yapılmıştır. Gruplar arasındaki farkın belirlenmesinde Scheffe veya Tukey çoklu karşılaştırma testleri kullanılmıştır. Tüm istatistiki analizler IBM SPSS 20.0 paket programı kullanılarak yapılmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Çevresel Parametreler

Balıkların 3x3 tuzluluk ve sıcaklık kombinasyonlarında 8 hafta süreyle yetiştirilmeleri esnasında tanklardaki su sıcaklıkları 15, 20 ve 25°C'ler ve tuzlukları ise ‰0, 20 ve 40 değerlerinde tutulmaya çalışılmıştır. Ancak, alıştırma periyodu süresince alınan sıcaklık ölçümleri grupların sıcaklık değerlerinin ortalama 15.0±1.0°C, 20.2±1.3°C, ve 24.9±1.8°C olduğunu göstermiştir. Deneme süresince ölçülen tuzluluk değerleri ise 3 farklı alıştırma tuzluluğunda ‰0.2±0.0, ‰20.0±1.2 ve ‰38.0±0.6 olarak gerçekleşmiştir. Araştırma boyunca ölçülen su kalite değerlerinde önemli dalgalanmalar olmamıştır.

Toplam amonyak, nitrit ve nitrat seviyeleri her hafta test kitleri (Nova 60, Merck KGaA, Darmstadt, Germany) kullanılarak, pH değerleri ise pH metre (Thermo Fisher Scientific, OrionStar 3, Massachusetts, USA) ile ölçülerek kayıt edilmiştir. Bu parametreler deneme boyunca kritik seviyelerin (NH_3<0.1 mg/L, NO_2^- <0.1 mg/L, NO_3^- < 0.5 mg/L, pH 8.0-8.2) altında tutulmuştur.

4.2. Büyüme Performansı

Deneme süresince balıkların büyüme performansları faklı tuzluluk ve sıcaklık seviyeleri için farklılık göstermiştir (Çizelge 4.1). Yapılan istatitistik hesaplamalarda deneme başlangıç balık ağırlıkları arasındaki fark önemsiz bulunmuştur (P>0.05). 60 günlük deneme sonunda final ağırlıkları bakımından gruplar karşılaştırıldığında ise; İki yönlü varyans analizi sonucunda sıcaklığın büyüme üzerinde önemli derecede (P<0.001) etkili olduğu fakat tuzluluğun (P>0.05) ve bu parametrenin sıcaklık ile olan etkileşiminin önemli olmadığı (P>0.05) belirlenmiştir. En yüksek final ağırlıkları 25°C su sıcaklıklarında tutulan gruplarda (‰0-25°C, ‰20-25°C ve ‰38-25°C) 74.5 ile 83.8 g arasında değişmiştir (P>0.05). En düşük final ağırlıkları ise 15°C'de yetiştirilen gruplarda 48.9 g ile 52.6 g arasında değişmiştir (P>0.05) (Çizelge 4.1). Yem çevrim oranları (YÇO) denemede kullanılan hiçbir sıcaklık×

tuzluluk kombinasyonlarından etkilenmemiş ve tüm grup ve parametreler için benzer bulunmuştur (P>0.05). Deneme sonucunda YÇO 1.1 ile 1.4 arasında değişmiştir. Spesifik büyüme oranı (SBO) için tuzluluk ve sıcaklık×tuzluluk etkileşimi önemsiz bulunmuş (P>0.05), fakat sıcaklığın bu parametre üzerine olan etkisinin oldukça önemli olduğu belirlenmiştir (P<0.001). En yüksek ve en düşük SBO sırasıyla %1.6/gün ile ‰0-25°C ve %0.7/gün ile ‰0-15°C gruplarında kaydedilmiştir.

Çizelge 4.1. Deneme süresince (60 gün) farklı tuzluluk (‰0, 20, 38) ve sıcaklık (15, 20, 25°C) kombinasyonlarında yetiştirilen Avrupa deniz levreği (*Dicentrarchus labrax*) bireylerinde büyüme performans değerleri

		Büyüme Parametreleri			
Tuzluluk (‰)	**Sıcaklık (°C)**	**Başlangıç Ağırlığı (g)**	**Final Ağırlığı (g)**	**YÇO[1]**	**SBO[2] (%/gün)**
0	15	31.5±1.0	^{C}48.9±1.9^{b}	1.4±0.1	^{C}0.7±0.1
	20	32.1±0.8	^{B}62.7±3.7	1.2±0.2	^{B}1.1±0.1
	25	31.9±0.5	^{A}83.8±5.7	1.2±0.1	^{A}1.6±0.1
20	15	31.9±0.4	^{C}52.6±1.4^{ab}	1.2±0.2	^{C}0.8±0.1
	20	31.4±1.0	^{B}66.9±4.6	1.1±0.1	^{B}1.3±0.1
	25	32.3±0.5	^{A}79.3±4.6	1.2±0.1	^{A}1.5±0.1
38	15	33.6±0.7	^{B}55.1±4.4^{a}	1.3±0.2	^{B}0.8±0.1
	20	32.9±0.2	^{B}66.1±4.6	1.3±0.1	^{A}1.2±0.1
	25	32.1±0.4	^{A}74.5±5.9	1.4±0.2	^{A}1.1±0.2
İki-Yönlü ANOVA*					
	Sıcaklık	P>0.05	**P<0.001**	P>0.05	**P<0.001**
	Tuzluluk	P>0.05	P>0.05	P>0.05	P>0.05
	Sıcaklık×Tuzluluk	P>0.05	P>0.05	P>0.05	P>0.05

* Büyük harfler aynı tuzlulukta ve farklı sıcaklıklar arasındaki ortalamaların farklı olduğunu; küçük harfler ise aynı sıcaklıkta ve farklı tuzluluklar arasındaki ortalamaların farklı olduğunu göstermektedir. Gruplar arasında istatistiki fark olmadığı durumlarda ortalamalar üzerinde harflendirme yapılmamıştır. Tüm değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

1. Yem çevrim oranı (YÇO) = (toplam tüketilen kuru yem ağırlığı, g) / (ağırlık kazancı, g).

2. Spesifik büyüme oranı (SGR, %/gün) = [Ln (final ağırlığı, g) – Ln (başlangıç ağırlığı, g)] / (gün olarak deneme süresi) × 100.

Günlük yem alımında (GYA) sıcaklığın önemli bir etkide bulunduğu görülürken (P<0.001), tuzluluğun ve her iki çevresel parametrenin etkileşiminin önemsiz (P>0.05) olduğu belirlenmiştir. GYA sıcaklık seviyesiyle orantılşı olarak artmıştır. Protein değerlendirme oranı (PDO) ve lipit değerlendirme oranı (LDO) değerleri ne sıcaklık ne de tuzluluktan önemli ölçüde etkilenmemiştir (P>0.05).

Çizelge 4.2. Deneme süresince (60 gün) farklı tuzluluk (‰0, 20, 38) ve sıcaklık (15, 20, 25°C) kombinasyonlarında yetiştirilen Avrupa deniz levreği (*Dicentrarchus labrax*) bireylerinde büyüme performans değerleri

		Büyüme Parametreleri		
Tuzluluk (‰)	**Sıcaklık (°C)**	**GYA[1] (g/gün)**	**PDO[2]**	**LDO[3]**
0	15	^{C}5.8±1.1	1.5±0.2	3.9±0.5
	20	^{B}8.3±0.9^{b}	1.8±0.2	4.7±0.6
	25	^{A}14.1±1.1	1.6±0.5	4.2±1.1
20	15	^{C}5.7±0.3	1.8±0.2	4.7±0.6
	20	^{B}9.8±1.1^{ab}	1.9±0.1	5.1±0.1
	25	^{A}14.2±0.5	1.7±0.1	4.4±0.3
40	15	^{C}6.4±0.5	1.6±0.5	4.3±0.8
	20	^{B}10.5±0.4^{a}	1.8±0.1	4.8±0.4
	25	^{A}13.6±1.1	1.6±0.2	4.2±0.8
	İki-yönlü ANOVA*			
	Sıcaklık	**P<0.001**	P>0.05	P>0.05
	Tuzluluk	P>0.05	P>0.05	P>0.05
	Sıcaklık×Tuzluluk	P>0.05	P>0.05	P>0.05

* Büyük harfler aynı tuzlulukta ve farklı sıcaklıklar arasındaki ortalamaların farklı olduğunu; küçük harfler ise aynı sıcaklıkta ve farklı tuzluluklar arasındaki ortalamaların farklı olduğunu göstermektedir. Gruplar arasında istatistiki fark olmadığı durumlarda ortalamalar üzerinde harflendirme yapılmamıştır. Tüm değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

1. Günlük yem alımı (GYA, g/gün) = (toplam yem tüketimi, g) / (gün olarak deneme süresi, gün)
2. Protein değerlendirme oranı (PDO) = (final ağırlığı, g – başlangıç ağırlığı, g) / (beslenme süresince verilen protein miktarı, g).
3. Lipit değerlendirme oranı (LDO) = (final ağırlığı, g – başlangıç ağırlığı, g) / (beslenme süresince verilen lipit miktarı, g).

4.3. Besinsel Kompozisyon

Deneme sonunda alınan örnekler üzerinde yapılan analizler neticesinde besinsel içerik açısından gruplar arasında farklılıklar görüldüğü belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Deneme gruplarındaki kuru madde içeriğinin %23.7 ile %27.9 arasında değiştiği; en yüksek kuru madde içeriğinin %27.9 ile ‰38-25°C grubunda saptandığı, en düşük değerin ise %23.7 ile ‰0-15°C grubunda hesaplandığı anlaşılmıştır. Kuru madde içeriği üzerinde en önemli etkenin tuzluluk ($P<0.001$) olduğu, sıcaklığın ise ikincil derecede kuru maddeyi etkilediği ($P<0.05$) görülmüştür. Sıcaklık ve tuzluluk etkileşiminin kuru madde üzerinde etkisinin olmadığı ortaya çıkmıştır ($P>0.05$). Gruplar arasında ham protein içeriğinin %19.2 ile %23.1 arasında değişkenlik gösterdiği ve en yüksek değerin ‰38-25°C grubunda, en düşük değerin ise ‰20-20°C gruplarında olduğu kaydedilmiştir. Bu parametre üzerinde hem tuzluluk ($P<0.05$) hem sıcaklık ($P<0.05$) ve hem de sıcaklık × tuzluluğun ortak etkisinin ($P<0.001$) önemli olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde, deneme grupları arasında ham lipit oranları %9.1 ile %14.9 arasında değişmiş ve yapılan istatistik hesaplamalar neticesinde bu parametrenin hem sıcaklık, hem tuzluluk hem de sıcaklık×tuzluluk etkileşiminden önemli ölçüde etkilendiği anlaşılmıştır ($P<0.001$). En yüksek lipit değeri %14.9 ile ‰20-20°C grubunda en düşük lipit değeri ise %9.1 ile ‰38-20°C grubunda saptanmıştır. Sıcaklıklar göz önüne alınmaksızın tuzluluk seviyeleri olan ‰0, 20 ve 38 tuzluluklarda ortalama lipit değeri sırasıyla %11.4, %13.3 ve %11.2 olarak bulunmuştur. Tuzluluk değerleri dikkate alınmadığında ise ortalama lipit değerlerinin 15, 20 ve 25°C su sıcaklıklarında sırasıyla %11.1, %12.9 ve %11.9 olduğu hesaplanmıştır. Tüm bu lipit verileri göz önüne alındığında en yüksek lipit birikiminin ‰20 tuzluluk ve 20°C gruplarında olduğu görülmüştür.

Ham kül değerleri üzerinde sıcaklık ve sıcaklık×tuzluluk etkileşimi önemli bulunmazken, tuzluluğun bu parametreyi önemli ölçüde ($P<0.05$) etkilediği görülmüştür. En yüksek ham kül değeri %1.6 ile ‰0-20°C grubunda, en düşük ham kül değeri ise %1.2 ile ‰38-25°C grubunda saptanmıştır.

4.4. Kan Parametreleri

Deneme sonunda gruplardaki kan parametrelerine ait değişimler Çizelge 4.4'te verilmiştir. İki yönlü varyans analizi sonucunda tuzluluğun hematokrit değerleri üzerinde çok önemli ($P<0.001$), ancak sıcaklık×tuzluluk etkileşiminin biraz daha düşük oranda önemli olduğu ($P<0.01$) görülmüştür. Diğer yandan sıcaklığın bu parametre üzerindeki etkisinin tuzluluğa kıyasla daha düşük olduğu saptanmıştır ($P\leq0.05$). Genel olarak ‰0 tuzlulukta yetiştirilen tüm gruplarda hematokrit seviyesi (%36-39.5) diğer gruplara kıyasla (%26.2-36.3) daha yüksek çıkmıştır. En yüksek hematokrit değeri %39.5 ile ‰0-20°C grubunda, en düşük hematokrit değeri ise %26.2 ile ‰20-25°C grubunda bulunmuştur.

İki yönlü varyans analizi sonucunda tuzluluğun glikoz üzerinde önemli bir etkisi bulunmazken ($P>0.05$), sıcaklığın bu parametreyi önemli ölçüde etkilediği anlaşılmıştır ($P<0.001$). En yüksek ve en düşük glikoz değerleri sırasıyla, 157.0 ve 101.0 mg/dL ile ‰20-15°C ve ‰0-15°C gruplarında hesaplanmıştır. Sıcaklık×tuzluluk etkileşimi de glikoz üzerinde önemli etkiler göstermiştir ($P<0.01$). Aspartat aminotransferaz (AST) üzerinde hem sıcaklık hem tuzluluk ve hem de her iki çevresel faktörün de etkileşiminin önemli etkilerde bulunduğu belirlenmiştir ($P<0.001$). Genellikle düşük tuzluluk (özellikle tatlı su) ve düşük sıcaklıklarda tutulan gruplarda AST değerleri daha yüksek çıkmıştır.

Çizelge 4.3. Deneme süresince (60 gün) farklı tuzluluk (‰0, 20, 38) ve sıcaklık (15, 20, 25°C) kombinasyonlarında yetiştirilen Avrupa deniz levreği (*Dicentrarchus labrax*) bireylerinde deneme sonu besinsel kompozisyon değerleri

		Besin Kompozisyon Değerleri			
Tuzluluk (‰)	**Sıcaklık (°C)**	**Kuru Madde (%)**	**Ham Protein (%)**	**Ham Lipit (%)**	**Ham Kül (%)**
0	15	23.7±1.3	19.8 ± 0.35^{c}	$^{A}11.9\pm0.3^{a}$	$^{B}1.3\pm0.06$
	20	24.1±1.3	20.4 ± 0.13^{b}	$^{A}11.7\pm0.6^{b}$	$^{A}1.6\pm0.1^{a}$
	25	23.9 ± 1.2^{b}	20.6 ± 0.63^{b}	$^{B}10.7\pm0.3^{b}$	$^{A}1.5\pm0.1^{a}$
20	15	24.2±0.3	$^{A}20.4\pm0.20^{b}$	$^{B}12.3\pm0.1^{a}$	1.4±0.2
	20	24.9±1.1	$^{B}19.2\pm0.15^{c}$	$^{A}14.9\pm1.4^{a}$	1.4 ± 0.1^{b}
	25	24.3 ± 0.8^{b}	$^{B}19.5\pm0.26^{c}$	$^{B}12.7\pm0.5^{a}$	1.4 ± 0.1^{ab}
38	15	$^{B}24.5\pm0.1$	$^{C}21.2\pm0.25^{a}$	$^{B}\ 9.1\pm0.1^{b}$	1.4±0.1
	20	$^{A}26.8\pm0.9$	$^{B}22.5\pm0.26^{a}$	$^{A}12.2\pm0.8^{b}$	1.3 ± 0.1^{b}
	25	$^{A}27.9\pm1.7^{a}$	$^{A}23.1\pm0.19^{a}$	$^{A}12.3\pm0.5^{a}$	1.2 ± 0.1^{b}
İki-yönlü ANOVA*					
	Sıcaklık	**P<0.05**	**P<0.05**	**P<0.001**	P>0.05
	Tuzluluk	**P<0.001**	**P<0.05**	**P<0.001**	**P<0.05**
Sıcaklık×Tuzluluk		P>0.05	**P<0.001**	**P<0.001**	P>0.05

*Büyük harfler aynı tuzlulukta ve farklı sıcaklıklar arasındaki ortalamaların farklı olduğunu; küçük harfler ise aynı sıcaklıkta ve farklı tuzluluklar arasındaki ortalamaların farklı olduğunu göstermektedir. Gruplar arasında istatistiki fark olmadığı durumlarda ortalamalar üzerinde harflendirme yapılmamıştır. Tüm değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

Çizelge 4.4. Deneme süresince (60 gün) farklı tuzluluk (‰0, 20, 38) ve sıcaklık (15, 20, 25°C) kombinasyonlarında yetiştirilen Avrupa deniz levreği (*Dicentrarchus labrax*) bireylerinde ölçülen bazı kan parametre değerleri

		Kan Parametreleri		
Tuzluluk (‰)	**Sıcaklık (°C)**	**Hematokrit (%)**	**Glikoz (mg/dL)**	**AST[1] (U/L)**
0	15	38.9±1.9	^{B}103.0±5.7	^{B}91.5±6.4^{ab}
	20	39.5±5.1^{a}	^{A}131.5±10.6	^{A}167.5±16.3^{a}
	25	36.1±3.3^{a}	^{A}126.0±1.4^{a}	^{C}32.5±4.9
20	15	†	^{A}157.0±21.2	^{A}113.5±7.7^{a}
	20	^{A}34.1±5.9^{a}	^{A}152.5±10.6	^{B}70.5±12.1^{b}
	25	^{B}26.2±3.4^{b}	^{B}88.5±0.7^{c}	^{B}40.5±6.4
38	15	^{A}36.3±5.2	^{AB}125.5±7.8	81.0±7.1^{b}
	20	^{B}27.5±3.5^{b}	^{A}152.0±8.5	85.5±23.3^{b}
	25	^{A}33.6±2.4^{a}	^{B}101.0±4.2^{b}	54.0±4.2
	İki yönlü ANOVA*			
	Sıcaklık	**P≤0.05**	**P<0.001**	**P<0.001**
	Tuzluluk	**P<0.001**	P>0.05	**P<0.05**
	Sıcaklık×Tuzluluk	**P<0.001**	**P<0.01**	**P<0.001**

* Büyük harfler aynı tuzlulukta ve farklı sıcaklıklar arasındaki ortalamaların farklı olduğunu; küçük harfler ise aynı sıcaklıkta ve farklı tuzluluklar arasındaki ortalamaların farklı olduğunu göstermektedir. Gruplar arasında istatistiki fark olmadığı durumlarda ortalamalar üzerinde harflendirme yapılmamıştır. Tüm değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

† ‰20-15°C grubuna ait hematokrit verileri deneme sırasındaki yaşanan teknik problem nedeniyle ölçülememiştir.

1. AST: Aspartat aminotransferaz.

4.5. Histopatolojik Bulgular

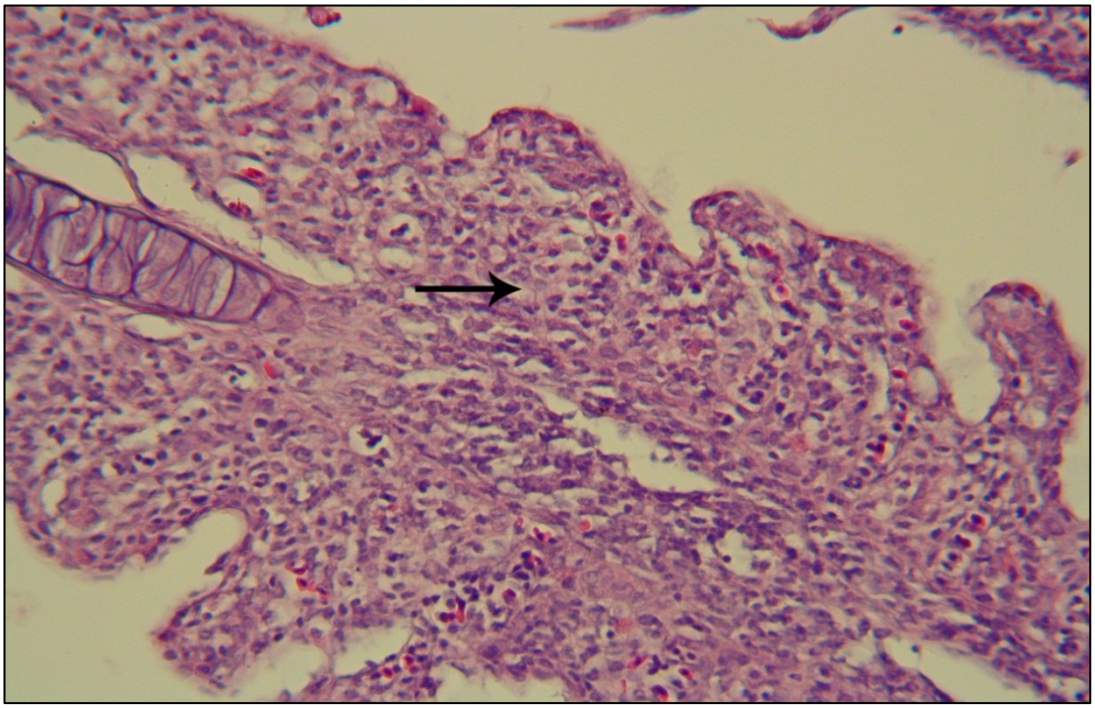
4.5.1 Solungaç Dokusu

Deneme sonunda alınan örneklerdeki solungaç dokuları incelendiğinde özellikle düşük tuzluluklarda bazı histopatolojik bulgulara rastlanmıştır (Çizelge 4.5). Tatlı suda yetiştirilen bireylerde görülen histopatolojik bulgular klorit hücre hiperplazisi (KHH) (Şekil 4.1), epitel ayrılması (Şekil 4.2), telengiektazi (Şekil 4.3 ve 4.4) ve hiperemidir (Şekil 4.5). Histopatolojik olarak incelenen ve acı suda tutulan bireylerde sadece ‰20-15°C grubunda 2 adet bireyde hiperemiye rastlanmıştır.

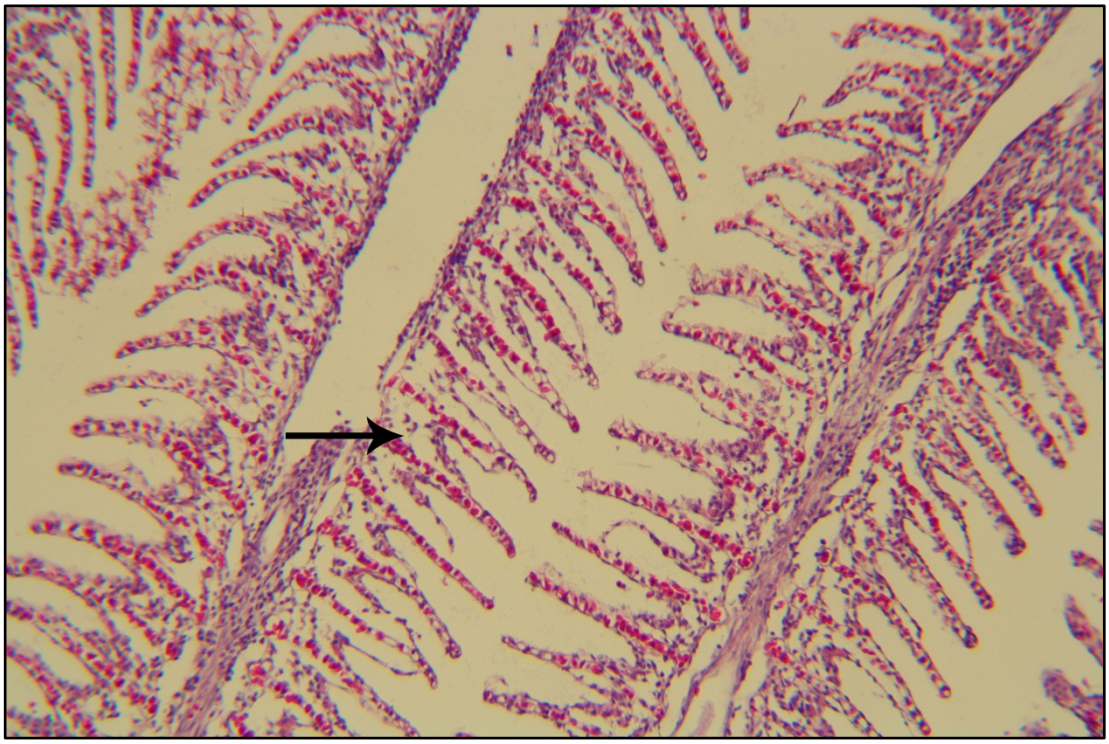
Çizelge 4.5. Deneme süresince (60 gün) farklı tuzluluk (‰0, 20, 38) ve sıcaklık (15, 20, 25°C) kombinasyonlarında yetiştirilen Avrupa deniz levreği (*Dicentrarchus labrax*) bireylerinin solungaçlarında görülen bazı histopatolojik bulgular

			Histopatolojik Bulgular			
Tuzluluk (‰)	**Sıcaklık (°C)**	**İncelenen Balık Sayısı (Adet)**	**Hiperemi Adet (%)**	**KHH[1] Adet (%)**	**Epitel Ayrılması Adet (%)**	**Telangiektazi Adet (%)**
0	15	5	3 (%60)	4 (%80)	2 (%40)	2 (%40)
0	20	5	-	3 (%60)	3 (%60)	-
0	25	6	-	3 (%50)	-	3 (%50)
20	15	6	2 (%33)	-	-	-
20	20	6	-	-	-	-
20	25	5	-	-	-	-
38	15	6	-	-	-	-
38	20	5	-	-	-	-
38	25	5	-	-	-	-

1. KHH: Klorit hücre hiperplazisi



Şekil 4.1. ‰0-20°C gurubuna ait bireyden alınan örnekte saptanan klorit hücre hiperplazisi (H&E x 400).



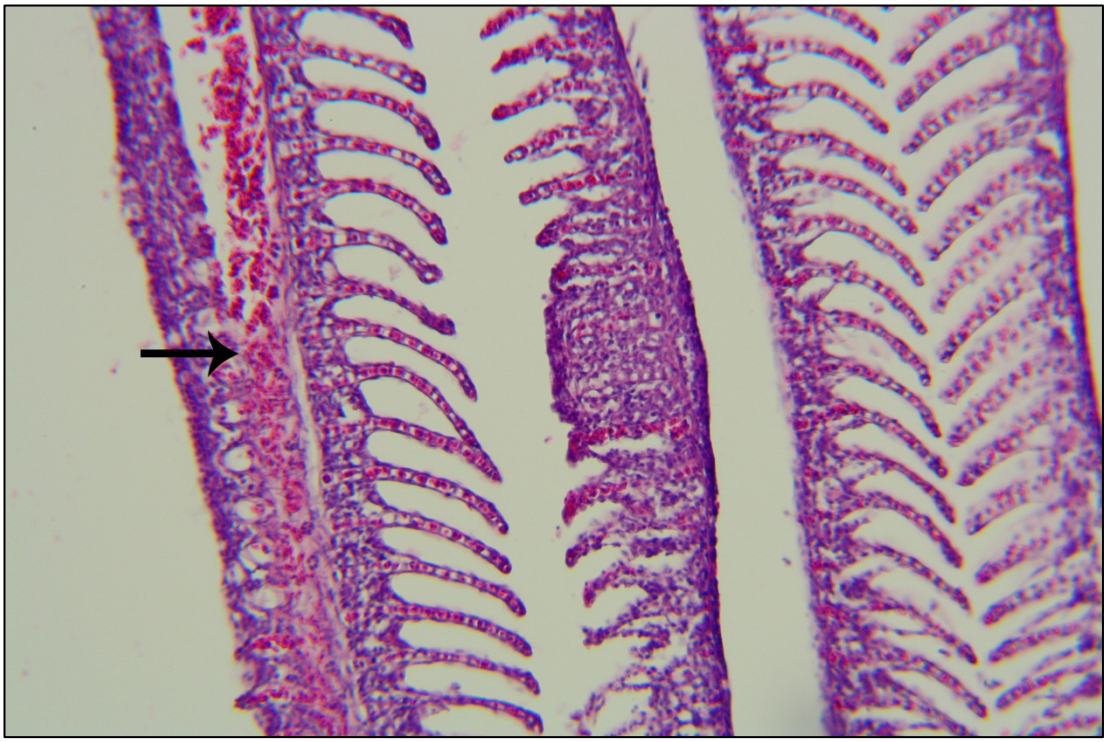
Şekil 4.2. ‰0-20°C gurubuna ait bireyden alınan örnekte saptanan epitel ayrılması (H&E x 200).



Şekil 4.3. ‰0-25°C gurubuna ait bireyden alınan örnekte saptanan sekonder lamellada hafif telengiektazi (H&E x 400)



Şekil 4.4. ‰0-15°C gurubuna ait bireyden alınan örnekte saptanan sekonder lamellada yoğun telengiektazi (H&E x 400).



Şekil 4.5. ‰0-15°C gurubuna ait bireyden alınan örnekte saptanan solungaçta hiperemi (H&E x 200).

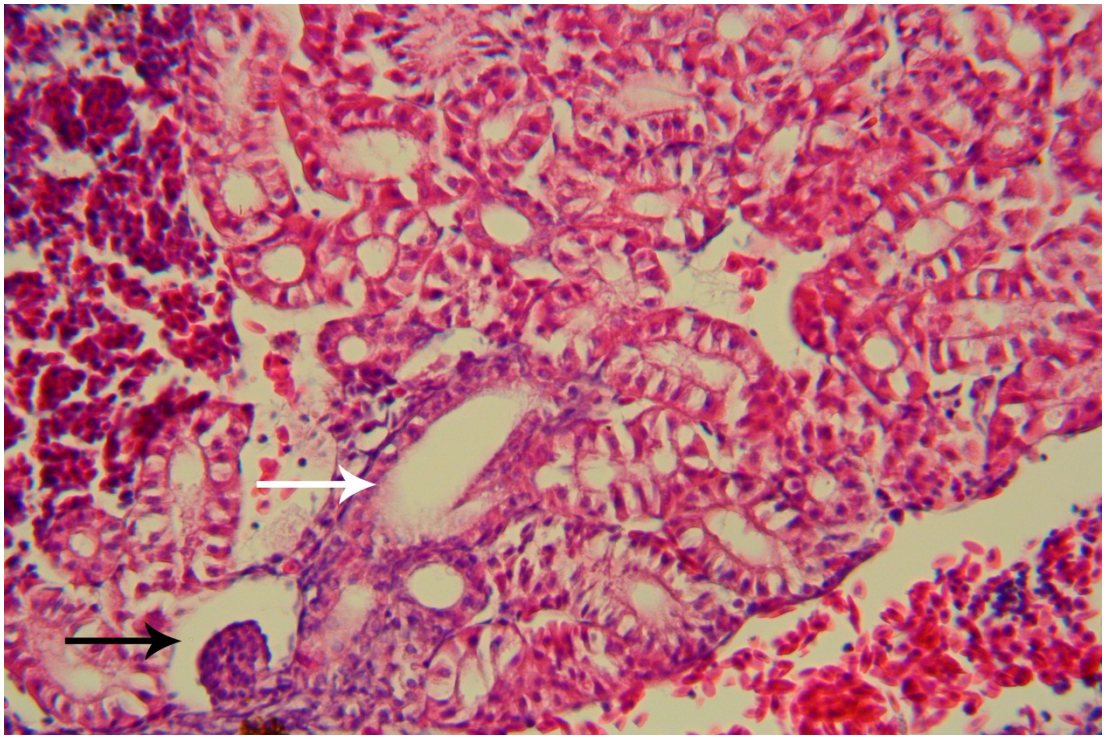
4.5.2. Böbrek Dokusu

Histopatolojik incelemelerde böbrek dokusunda rastlanan histopatolojik bulgular çizelge 4.6'da verilmiştir. ‰0-15°C grubunda 2 adet bireyde kavum glomerulide genişleme (KGG) ve tübelde lezyon (Şekil 4.6), ‰38-20°C grubunda ise bowman kapsülünde kalınlaşma ve kavum glomerulide genişleme (Şekil 4.7) görülmüştür.

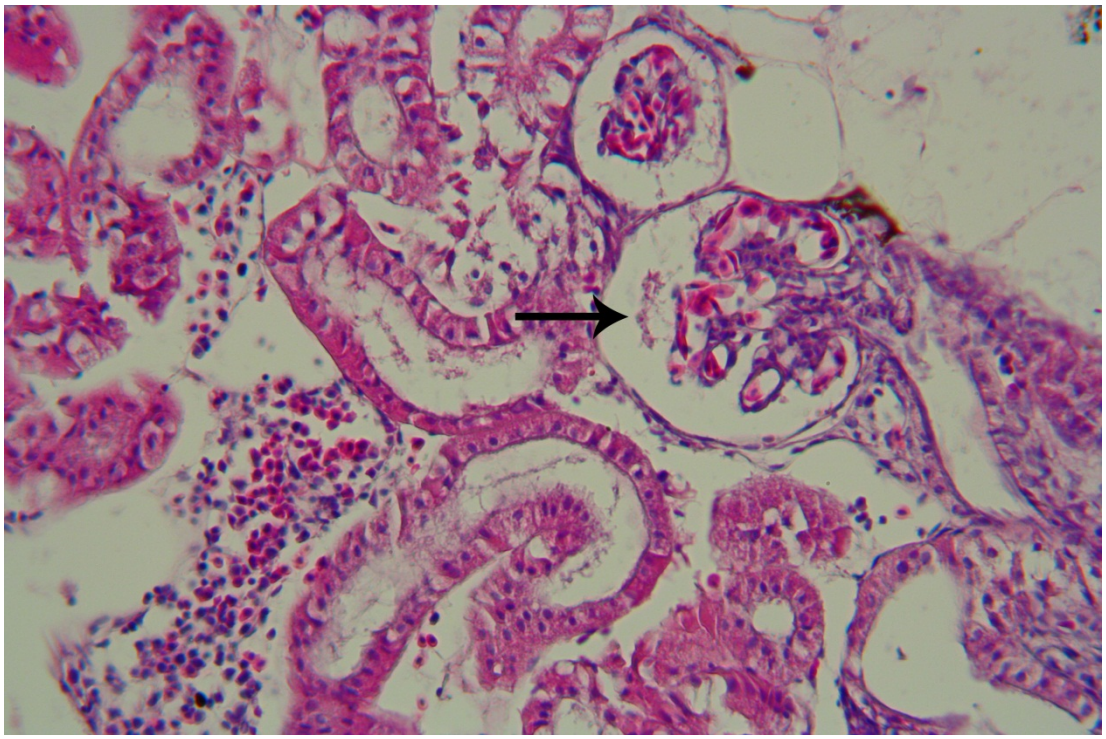
Çizelge 4.6. Deneme süresince (60 gün) farklı tuzluluk (‰0, 20, 38) ve sıcaklık (15, 20, 25°C) kombinasyonlarında yetiştirilen Avrupa deniz levreği (*Dicentrarchus labrax*) bireylerinin böbrek dokusunda görülen bazı histopatolojik bulgular

			Histopatolojik Bulgular			
Tuzluluk (‰)	**Sıcaklık (°C)**	**İncelenen Balık Sayısı (Adet)**	**KGG[1] Adet (%)**	**BKK[2] Adet (%)**	**KGK[3] Adet (%)**	**TL[4] Adet(%)**
0	15	5	2 (%40)	-	-	2 (%40)
0	20	5	-	-	-	-
0	25	6	-	-	-	-
20	15	6	-	-	-	-
20	20	6	-	-	-	-
20	25	5	-	-	-	-
38	15	6	-	-	-	-
38	20	5	-	1 (%20)	1 (%20)	-
38	25	5	-	-	-	-

[1] KGG: Kavum glomerulide genişleme
[2] BKK: Bowman kapsülünde kalınlaşma
[3] KGK: Kavum glomerulide kalınlaşma
[4] TL: Tübülde lezyon



Şekil 4.6. ‰0-15°C gurubuna ait bireyden alınan örnekte saptanan kavum glomerulide genişleme ve tubulde lezyon (beyaz ok) (H&E x 200).



Şekil 4.7. ‰0-25°C gurubuna ait bireyden alınan örnekte saptanan Bowman kapsülünde kalınlaşma kavum glomerulide genişleme (H&E x 400).

5. TARTIŞMA

5.1. Büyüme Performansı ve Besinsel Kompozisyon

Avrupa deniz levreklerinde sıcaklığın büyüme performansı üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmalarda farklı sıcaklık (Dendrinos ve Thorpe, 1985; Venturini ve ark., 1992; Allegrucci ve ark., 1994; Jensen ve ark., 1998; Lanari ve ark., 2002; Person-Le Ruyet ve ark., 2004) ve tuzluluklarda (Eroldoğan ve Kumlu, 2002; Eroldoğan ve ark., 2004; Eroldoğan ve ark., 2005; Nebel ve ark., 2005a; Nathanailides ve ark., 2010; Hunt ve ark., 2011) genel kanı türün termal tolerans aralıklarınının 4 ile 35°C olduğu ve 22°C ile 28°C sıcaklık değerleri arasında en iyi büyüme performansına ulaştığı yönündedir. Çalışmamızda kullandığımız sıcaklık değerleri optimale yakın olduğu bilinen 25°C, alt optimal sınıra yakın olan 20°C ve büyüme performansının çok daha düşük gerçekleştiği bir diğer sıcaklık değeri olan 15°C tercih edilmiştir. Tüm test edilen tuzluluklarda 25°C gruplarında elde edilen en yüksek final ağırlık değerleri yukarıda belirtilen ve büyüme performansının en yüksek olduğu sıcaklık seviyelerini destekler niteliktedir. Ne var ki; Russel ve ark. (1996) türün yayılım gösterdiği bölgenin kuzeydeki limiti olan İngiliz sularında yaptıkları bir çalışmada Avrupa deniz levreğinde en uygun büyüme su sıcaklığını 18°C olarak belirlemiştir. Değişik araştırıcılar tarafından elde edilen bulgular arasındaki farklılıkların oksijen, tuzluluk, yem gibi dış faktörler ya da yaş, populasyon, ırk gibi biyolojik faktörlerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Özellikle Batı-Akdeniz orijinli Avrupa deniz levreğinde yapılan bir çalışmada bu farklılığın Atlantik ve Akdeniz varyeteleri arasındaki genetik ve coğrafik farklılıkla ilgili olduğu ileri sürülmektedir (Person-Le Ruyet ve ark., 2004). Aynı tür arasında genetik farklılık olabileceği ve farklı coğrafik ırkların tuzluluk aklimasyonu ve büyüme açısından farklı tepkiler verebileceğine dair vurgulamalar da yapılmaktadır (Eroldoğan ve Kumlu, 2002; Nebel ve ark., 2005a).

Çalışmamızda tuzluluk seviyesinin düşmesiyle Avrupa deniz levreğinin daha iyi bir büyüme gösterdiği saptanmıştır. Bu türde farklı tuzlulukların denendiği birçok çalışmada da düşük tuzluluklarda tutulan bireylerde daha yüksek final ağırlıkları elde

edilmiştir (Eroldoğan ve Kumlu, 2002; Eroldoğan ve ark., 2005). Genel kanının tersine Hunt ve ark. (2011) tarafından yapılan yeni bir çalışmada ise deniz tuzluluğunda tutulan balıkların tatlı suda tutulan bireylere göre daha yüksek büyüme performansı gösterdiği tespit edilmiştir. Elde edilen farklı bulguların nedeninin çalışmalarda kullanılan aklimasyon süresi ve balık boyutlarının farklılığından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Çalışmamızda farklı sıcaklık ve tuzluluk seviyelerinin istatistiksel olarak yem çevrim oranı (YÇO) üzerinde önemli bir farklılık yaratmadığı görülmüştür. Ancak yine de tuzluluk yükseldikçe YÇO değerlerinde bir yükselme eğiliminin olduğu ve bu grupların acısuda veya tatlı suda tutulan bireylere göre yemden biraz daha düşük oranda yararlandığı görülmektedir. Avrupa deniz levreği için buna benzer bulgular Person-Le Ruyet ve ark. (2004) ve Eroldoğan ve ark. (2004) tarafından da bildirilmektedir. Bu çalışmamızdan elde ettiğimiz bulgular sıcaklığın en uygun değerlere doğru yükselmesinin yemden yararlanma açısından herhangi bir avantaj sağlamadığını göstermiştir.

Çalışmamızda su sıcaklığının Avrupa levreğinde spesifik büyüme oranı (SBO) üzerinde önemli etkilerde bulunduğu ($P<0.001$) görülmüştür. Avrupa deniz levreği test edilen her tuzluluk seviyesinde yüksek sıcaklıklarda daha yüksek bir SBO oranı göstermiştir. Denememizde elde ettiğimiz bu bulgular Person-Le Ruyet ve ark. (2004)'nın yine aynı tür ile yaptığı ve geniş sıcaklık aralıklarının kullanıldığı çalışmadan çıkarılan sonuçları destekler niteliktedir. Çalışmamızda farklı tuzluluk seviyeleri SBO açısından önemli farklılıklar oluşturmamış ($P>0.05$), ancak yine de düşük tuzluluklarda daha yüksek SBO değerleri elde edilmiştir. Avrupa deniz levreğinde düşük tuzluluklarda daha iyi SBO değerleri gözlenen başka çalışmalar da mevcuttur (Eroldoğan, 1999).

Çalışmamız sonucunda kuru madde, ham lipit ve ham protein oranları hem sıcaklık hem tuzluluk hemde sıcaklık×tuzluluk interaksiyonundan önemli derecede etkilenmiştir. Özellikle ham lipit oranları denemede test edilen tüm parametrelerden çok önemli ölçüde etkilenmiştir ($P<0.001$). Çalışmamızda deneme sonunda gruplar arasında gerçekleştirilen analizlerde ham protein ve ham yağ oranlarının farklı tuzluluklardan etkilendiği görülmektedir. Ham lipit oranları düşük tuzlulukta sıcaklık

artışı ile doğrusal oranda azalmış, deniz tuzluluğu olan ‰38 tuzlulukta ise bu artış ters yönde bir trend göstermiştir. Yem dışında, balık büyüklüğü ya da yaşı, üreme özelliği, çevresel tuzluluk ve mevsim değişkenlerinin tümünün balık dokularında yağ içeriğini ve vücut kompozisyonunu etkilediği bilinmektedir (Ackman, 1989; Alasalvar ve ark., 2002; Eroldoğan ve ark., 2004).

LDO ve PDO denemede kullanılan hiçbir parametereden etkilenmemiş ve tüm gruplar için benzer bulunmuştur. Bulunan değerlerin tuzluluk toleransları yüksek olan ve örihalin olarak nitelendirilen balık türlerinde de benzer şekilde olduğu görülmektedir (Foss ve ark., 2001).

5.2. Farklı Tuzluluk ve Sıcaklıklarda Kan Parametrelerindeki Değişimler

Van Der Salm ve ark. (2006) plazma glikoz seviyesinin balıklarda stres durumunu belirlemede kullanılabilecek iyi bir parametre olduğunu bildirmektedir. Avrupa deniz levreğinde düşük sıcaklıktaki plazma glikoz seviyesinin herhangi bir stres faktörü bulunmadığı durumlarda, değerinin 90 mg/dL olduğu ve glikoz seviyesinin spesifik olmayan stres parametresi olarak tanımlanabileceği belirtilmiştir (Roche ve Boge, 1996). Çeşitli çalışmalarda plazma glikoz seviyesinin stok yoğunluğu ve elden geçirme stresi (Simontacchi ve ark., 2008), ozmotik değişim (Kelly ve Woo, 1999) ve termal değişim (Roche ve Boge, 1996) gibi değişik stres etmenleriyle artış gösterdiği görülmektedir. Çalışmamızda plazma glikoz seviyeleri özellikle farklı sıcaklık seviyelerinde önemli farklılıklar göstermiştir ($P>0.001$). Genel olarak optimal büyüme su sıcaklığı olarak kabul edilen 25°C'lerde plazma glikoz düzeyleri diğer sıcaklıklara kıyasla daha düşük çıkmıştır. Farklı tuzluluk seviyelerinde sıcaklıklara göre glikoz seviyeleri farklı oranlarda değişmiştir. Örneğin ‰0 tuzlulukta en yüksek glikoz değeri 15°C'de bulunmuş ve sıcaklık seviyeleri ile doğru orantılı olarak artmış, ‰20 tuzlulukta sıcaklıkla ters orantılı olarak bir artış göstermiş, ‰40 tuzlulukta ise en yüksek değer 20°C'de elde edilmiştir. Glikozun ozmotik stres koşullarında dokularda yakıt rolü olarak kullanıldığı bilinmektedir. Glikoz seviyeleri stress parametreleri olarak ele alındığında, çalışmamızda Avrupa deniz levreğinde en düşük stresin açıkça ‰20-25°C grubunda

yaşandığı görülmektedir. Öyle ki bu değerin, en yüksek değer olan 157.0 mg/dL olarak hesaplandığı ‰0-15°C grubundan %56 daha az olduğu görülmüştür. Roche ve Boge (1996) 13°C'den 25°C'ye aktarılan Avrupa deniz levreği bireylerinde 12 saat sonra termal stresin glikoz seviyesinde yaklaşık %100 oranında artışa neden olduğunu tespit etmişlerdir. Yine aynı çalışmada balıklar ‰37 tuzluluk seviyesinden ‰5 tuzluluk seviyesine aktarıldıklarında balıklarda glikoz seviyelerindeki artışın %40 civarında gerçekleştiği hesaplanmıştır. Bu çalışmada da görüldüğü gibi termal stresin Avrupa deniz levreğinde ozmotik strese oranla daha yüksek bir etki yarattığı ve bu bulguların çalışmamızda elde ettiğimiz bulguları destekler nitelikte olduğu anlaşılmaktadır. Roche ve Boge (1996)'nın akut stres neticesinde ölçtüğü değerlerden farklı olarak çalışmamızda 2 ay süren uzun bir yetiştiricilik periyodu neticesinde de 15°C gibi düşük bir sıcaklığın balıklar üzerinde açıkça stres yarattığı görülmektedir. Çalışmamızda tuzluluğun uzun süreli (kronik) yetiştiricilik neticesinde glikoz seviyesi üzerindeki önemsiz etkisinin başka çalışmalarda da görüldüğü bilinmektedir. Örneğin; Mylonas ve ark. (2009) da çipuralarda yaptıkları bir çalışmada test edilen tuzluluk seviyeleri olan ‰4, 10 ve 40 tuzluluk seviyelerinde 84 gün sonunda glikoz seviyelerinde herhangi bir farklılığın bulunmadığını tespit etmişlerdir.

Hematokrit oranları balıklarda türe uygun olmayan sıcaklık, tuzluluk, CO_2 miktarları, stoklama yoğunluğu gibi dış etkenler, üreme vb. fizyolojik olaylar ile değişim göstermektedir (Zanuy ve Carrillo, 1985). Bu değerin seviyesi balıklarda stres koşullarında artış göstermektedir. Çalışmamızda test edilen parametrelerden özellikle tuzluluğun hematokrit üzerinde etkili olduğu bulunmuştur ($P<0.001$). Denemede ‰20-25°C'de %26.2 ile en düşük hematokrit değeri elde edilmiştir. Benzer şekilde bir diğer stres parametresi olan glikozun da aynı grupta en düşük seviyede olduğu bulunmuştur. Hematokrit değerinin bu kombinasyonda düşük bulunması farklı tuzluluk ve sıcaklıkların denendiği çalışmalarda da benzer şekilde elde edilmiştir. (Zanuy ve Carrillo, 1985). Pavlidis ve ark. (2007) 18°C ve ‰38 tuzlulukta tutulan Avrupa deniz levreği bireylerinde hematokrit değerini %38.1 olarak saptamışlardır.

Kan enzim parametrelerinden olan Aspartat aminotransferaz (AST) balıklarda önemli tanısal bir parametre olarak kabul edilmektedir ve bu değerler sıklıkla doğada karşılan strese karşılık balıkların sağlık ve kondüsyonun belirlenmesinde kullanılmaktadır (Coz-Rakovac ve ark., 2005). AST seviyesi Avrupa deniz levreğinde stressiz ortamda 48.7 U/L olarak belirtilmiştir (Roncarati ve ark., 2006). Yine aynı çalışmada farklı stoklama yoğunluklarında Avrupa deniz levreğinde AST değerinin (95 IU/L) hasat sırasında yükselen stres ile orantılı olarak artığı görülmüştür. Çalışmamızda da en optimal olduğu düşünülen ‰20 ile ‰38 tuzluluklar ve 20°C ile 25°C'ler arasında yer alan gruplarda AST değerleri 40.5 ile 113.5 U/L arasında değişmiştir. Özellikle ‰38 tuzluluk ve 25°C sıcaklıkta elde edilen AST değeri olan 54 U/L Roncarati ve ark. (2006)'nın bildirdiği değere çok yakın çıkmıştır. Araştırmamızda bazı aykırı değerler olmasına rağmen genel olarak sıcaklık ve tuzluğun yükselmesiyle AST değerlerinin düşme eğiliminde olduğu, dolayısıyla balıkların bu koşullarda daha az stres altında oldukları anlaşılmaktadır. Farklı AST değerlerinin hasar görmüş karaciğer, solungaç ve böbrek dokularından da kaynaklanabileceği bazı araştırmalarda belirtilmektedir (Coz-Rakovac ve ark., 2005). Çalışmamızda elde edilen histopatolojik bulgular, saptanan AST değerleri ile örtüşmekte ve glikoz seviyeleri ile de benzer bir eğilim izlemektedir.

5.3. Farklı Tuzluluk ve Sıcaklıklarda Dokularda Histolojik Değişimler

Balıklar ve diğer sucul canlılar çok çeşitli stres faktörlerine maruz kalırlar çünkü metabolizmaları etraflarını çevreleyen su özellikleri ile doğrudan ilişkilidir. Yetiştiricilik koşullarında balıkların genel olarak baş etmek zorunda kaldıkları elle muamele, yakalanma, taşınma, aktarım, stok yoğunluğu, yetersiz beslenme, su sıcaklığındaki değişimler, oksijen yoğunluğundaki ve tuzluluk seviyelerindeki dalgalanmalar gibi pekçok faktörler vardır. Uygun olamayan sıcaklık ve tuzluluk seviyelerinde balıklarda doku düzeyinde değişimler meydana gelir. Bu değişim, tuzluluk ve sıcaklıktaki değişimin şiddeti, süresi ve su kalitesi ile doğrudan ilişkilidir. Örihalin deniz balıklarının kan osmolalitelerini 300-350 mOsmol/kg civarında tutabilmeleri için hidromineral dengeyi sağlayan organlardan solungaç,

üriner sistem, bağırsak ve derinin etkin çalışması gerekmektedir (Varsamos ve ark., 2005). Sardella ve ark. (2004) yaptıkları bir çalışmada hipersalinite stresinin test edilen birçok doku içerisinde en çok solungaç dokusunda gerçekleştiğini bildirmiştir. Çalışmamızda ise denizel bir tür olan Avrupa deniz levreği bireylerinde 60 gün süren deneme sonunda ‰0 tuzlulukta tutulan bireylerin solungaçlarında özellikle yüksek miktarda histopatolojik bulguya rastlanmıştır. Tatlı suda görülen bu bulguların düşük sıcaklıkta daha da arttığı görülmektedir. Avrupa deniz levreğinde klorit hücre hiperplazisi üzerine çalışan Nebel ve ark. (2005a) düşük ve yüksek tuzluluk seviyelerinde klorit hücrelerinin Champy-Maillet fiksatifi ile boyanması sonucunda, 10 interlamel alandaki klorit hücre sayısının tatlı suya başarılı bir şekilde adapte olmuş bireylerde %56, adapte olamamış bireylerde ise %167 oranında artış gösterdiğini tespit etmişlerdir. Bizim çalışmamızda ise klorit hücre hiperplazisi deneme tuzlukluklarından yanlızca ‰0 (tatlı su) da tutulan bireylerde görülmüştür. Düşük tuzluluklarda elde edilen yüksek klorit hücre sayısı balıkların yüksek oranda tuzluluk stresinde olduğunu göstermektedir. Na^+/K^+–ATPaz aktivitesindeki artışın klorit hücre sayısındaki artış ile doğru orantılı olarak arttığı yapılan çalışmalarda vurgulanmaktadır (Nebel ve ark., 2005a). Böyle bir mekanizmanın varlığı yine örihalin bir tür olan ve tuzlulukta dalgalanmanın olduğu bölgelede yaşayan *Tetradon nigroviridis*'de bildirilmiştir (Jensen ve ark., 1998). Petrollü bileşiklere, organo-fosfatlara, herbisitlere ve ağır metallere maruz bırakılan balıkların solungaçlarında görülen histopatolojik bulgular ve bunun sonucunda solunum ve osmoregülasyonda ortaya çıkan bozukluklar ile çalışmamızda gözlemlediğimiz patalojik bulgular benzerlikler göstermektedir (Alazemi ve ark., 1996; Jiraungkoorskul ve ark., 2003; Thophon ve ark., 2003; Dezfuli ve ark., 2006; Giari ve ark., 2006).

Böbreğin örihalin teleostların osmoregülasyonunda, çevresel tuzluluğa bağlı olarak, idrar akışını ve kontrolunü sağlayarak iyon alımı ya da atılımında önemli bir rol oynadığı bilinmektedir (Hoar ve ark., 1969). Birçok çalışmada belirtildiği gibi tuzlu suda tutulan Avrupa deniz levreği bireylerinde üretilen idrar kan ile izotonik özellikte iken, tatlı suda tutulan balıklarda idrar kana göre daha hipotonik özellikte olmaktadır ki; bu yoğunluk farkı böbrek dokusunda bulunan ve idrar yolu epitelini çevreleyen hücrelerin mineral absorbe etmesinden kaynaklanmaktadır (Nebel ve ark.,

2005a). Çalışmamızda böbrek dokusunda gözlenen histopatolojik bulguların özellikle düşük tuzlulukta iyon dengesinin ayarlanmasında balıklarda zorlayıcı bir koşul oluşturduğu düşünülmektedir. Ne var ki 60 gün süren deneme sonunda elde edilen anomali bulguları bireylerin %20'si oranlarında da kalsa tatlı suda daha uzun süreli yetiştiricilik koşullarında bu oranın daha yüksek çıkabileceği ve büyük ölçüde sorunlar yaratabileceği düşünülmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

- ✓ Avrupa deniz levreğinde en iyi büyüme test edilen tüm tuzluluk seviyelerinde 25 °C'de gerçekleşmiştir.
- ✓ Farklı sıcaklık ve tuzlulukların yem çevrim oranı üzerinde etkisi olmamıştır. Avrupa deniz levreği ‰0, 20 ve 38 tuzluluk ve 15, 20, 25°C sıcaklık kombinasyonlarında yedikleri yem miktarıyla orantılı olarak benzer büyüme göstermişlerdir.
- ✓ Deneme süresince 15°C'de yetiştirilen balıklar 20°C'dekilere kıyasla, yaklaşık olarak, 2 kat ve 25°C'dekilere göre ise 3 kat daha az yem tüketmişlerdir.
- ✓ En yüksek spesifik büyüme oranlarının final ağırlık verilerine benzer şekilde 25°C'de yetiştirilen gruplarda gerçekleştiği bulunmuştur.
- ✓ Protein ve lipit değerlendirme oranlarının tüm gruplarda benzer şekilde olduğu saptanmıştır. Kullanılan sıcaklık ve tuzluluk kombinasyonları balıklarda yemle birlikte alınan protein ve lipitlerin değerlendirilmesi üzerine bir etki yapmamıştır.
- ✓ Farklı sıcaklık ve tuzluluk seviyelerinin ve kombinasyonlarının et besin kompozisyonu üzerinde farklı etkileri olduğu, fileto protein oranlarının sıcaklık ve tuzlulukla değiştiği, ancak en önemli değişikliğin ise lipit oranları üzerinde olduğu belirlenmiştir.
- ✓ Kan plazmasında yapılan hematokrit değerleri ölçümü ve biyokimyasal analizler sonucunda balıklarda kronik stresin en düşük olduğu seviyenin genel anlamda 25°C sıcaklıkta olduğu saptanmıştır. En düşük osmoregülasyon stresinin ise tüm gruplar arasında ‰20 tuzluluğa sahip acı suda ve 20-25°C'ler arasında yetiştirilen gruplarda gerçekleştiği anlaşılmıştır.
- ✓ Histopatolojik bulgular Avrupa deniz levreğinin tatlı suda uzun süreli yetiştiricilikleri sonucunda osmoregülasyon stresinden solungaç dokusunun birincil olarak etkilendiğini ve osmotik dengeyi sağlamak için iyon alımından sorumlu olan hücrelerde yüksek patalojik sorunların oratya çıktığı görülmüştür.
- ✓ Yine solungaç gibi iyon alımı ve salınımının gerçekleştiği, osmoregülasyon üzerinde etkili diğer bir organ olan böbrekte ise tatlı su ve yüksek tuzlulukta (‰38) histopatolojik bulguların saptanması ve acı suda ise (‰20) hiçbir bireyde

böbrek anomalisi görülmemesi Avrupa deniz levreği jüvenillerinin tuzluluk tercihlerinin bu değerler arasında olabileceğini göstermektedir.

- ✓ Bu sonuçlara göre; Avrupa deniz levreğinin yetiştiriciliğinde su kaynağı olarak tatlı su kullanmak yerine acı su kaynaklarının tercih edilmesi balıkların osmoregülasyon stresini azaltmak suretiyle yetiştiricilikte daha yüksek büyüme performansı göstermelerine neden olacaktır. Tatlı su koşullarında ise yeme yapılabilecek NaCl katkısının balıklarda mineral dengeyi sağlamaya yardımcı olarak osmoregulasyon için harcanacak enerjinin daha yüksek oranda büyümeye yönlendirilmesine destek sağlayabilecektir.

KAYNAKLAR

ACKMAN, R.G., 1989. Absorption of Omega-3 Fatty-acids. Nutrition 5, 251-253.

ALASALVAR, C., TAYLOR, K.D.A., ZUBCOV, E., SHAHIDI, F., ALEXIS, M., 2002. Differentiation of cultured and wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*): total lipid content, fatty acid and trace mineral composition. Food Chemistry 79, 145-150.

ALAZEMI, B.M., LEWIS, J.W., ANDREWS, E.B., 1996. Gill damage in the freshwater fish *Gnathonemus petersii* (family: Mormyridae) exposed to selected pollutants: An ultrastructural study. Environmental Technology 17, 225-238.

ALLEGRUCCI, G., FORTUNATO, C., CATAUDELLA, S., SBORDONI, V., 1994. Acclimation to fresh-water of the sea bass - evidence of selective mortality of allozyme genotypes.

ALLIOT, E., PASTOUREAUD, A., THEBAULT, H., 1983. Influence of temperature and salinity on growth and body-composition of sea bass fingerlings, *Dicentrarchus labrax*. Aquaculture 31, 181-194.

ARJONA, F.J., VARGAS-CHACOFF, L., RUIZ-JARABO, I., DEL RIO, M.P.M., MANCERA, J.M., 2007. Osmoregulatory response of Senegalese sole (*Solea senegalensis*) to changes in environmental salinity. Comparative Biochemistry and Physiology A-Molecular and Integrative Physiology 148, 413-421.

BARNABÉ, G., 1990. Aquaculture, Rearing bass and gilthead bream. Ellis Horwood, New York, pp. 647-686.

BENLİ, A.C.K., YILDIZ, H.Y., 2004. Alteration of renal tissue in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, after transfer to saline water. Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh 56, 286-289.

BJÖRNSSON, B., OLAFSDOTTIR, S.R., 2006. Effects of water quality and stocking density on growth performance of juvenile cod (Gadus morhua L.). Ices Journal of Marine Science 63, 326-334.

BLIGH, E.G., and DYER, W.J., 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. Canadian Journal of Biochemistry. Physiology, 37: 911- 917.

BOEUF, G., HARACHE, Y., 1982. Criteria for adaptation of salmonids to high salinity sea-water in France. Aquaculture 28, 163-176.

BOEUF, G., PAYAN, P., 2001. How should salinity influence fish growth? Comparative Biochemistry and Physiology C - Toxicology and Pharmacology 130, 411-423.

BOLASINA, S.N., TAGAWA, M., YAMASHITA, Y., 2007. Changes on cortisol level and digestive enzyme activity in juveniles of Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*, exposed to different salinity regimes. Aquaculture 266, 255-261.

BOWDEN, T.J., 2008. Modulation of the immune system of fish by their environment. Fish and Shellfish Immunology 25, 373-383.

CARUSO, G., GENOVESE, L., MARICCHIOLO, G., MODICA, A., 2005. Haematological, biochemical and immunological parameters as stress indicators in *Dicentrarchus labrax* and *Sparus aurata* farmed in off-shore cages. Aquaculture International 13, 67-73.

CHEN, C.Y., WOOSTER, G.A., BOWSER, P.R., 2004. Comparative blood chemistry and histopathology of tilapia infected with *Vibrio vulnificus* or *Streptococcus iniae* or exposed to carbon tetrachloride, gentamicin, or copper sulfate. Aquaculture 239, 421-443.

CHEN, C.Y., WOOSTER, G.A., GETCHELL, R.G., BOWSER, P.R., TIMMONS, M.B., 2003. Blood chemistry of healthy, nephrocalcinosis-affected and ozone-treated tilapia in a recirculation system, with application of discriminant analysis. Aquaculture 218, 89-102.

CHERVINSKI, J., SHAPIRO, J., 1980. Additional experiments on the growth of juveniles and fingerlings of the European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). Bamidgeh 32, 78-86.

COSTAS, B., ARAGAO, C., MANCERA, J.M., DINIS, M.T., CONCEICAO, L.E.C., 2008. High stocking density induces crowding stress and affects amino acid metabolism in Senegalese sole *Solea senegalensis* (Kaup 1858) juveniles. Aquaculture Research 39, 1-9.

COZ-RAKOVAC, R., STRUNJAK-PEROVIC, I., HACMANJEK, M., POPOVIC, N., LIPEJ, Z., SOSTARIC, B., 2005. Blood chemistry and histological properties of wild and cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) in the North Adriatic Sea. Veterinary Research Communications 29, 677-687.

DALLA VIA, J., VILLANI, P., GASTEIGER, E., NIEDERSTATTER, H., 1998. Oxygen consumption in sea bass fingerling *Dicentrarchus labrax* exposed to acute salinity and temperature changes: metabolic basis for maximum stocking density estimations. Aquaculture 169, 303-313.

DAVIS, K.B., PARKER, N.C., 1990. Physiological stress in Striped bass - Effect of acclimation temperature. Aquaculture 91, 349-358.

DAVIS, K.B., PETERSON, B.C., 2006. The effect of temperature, stress, and cortisol on plasma IGF-I and IGFBPs in sunshine bass. General and Comparative Endocrinology 149, 219-225.

DENDRINOS, P., THORPE, J.P., 1985. Effects of reduced salinity on growth and body composition in the European bass *Dicentrarchus labrax* (L). Aquaculture 49, 333-358.

DEZFULI, B.S., SIMONI, E., GIARI, L., MANERA, M., 2006. Effects of experimental terbuthylazine exposure on the cells of *Dicentrarchus labrax* (L.). Chemosphere 64, 1684-1694.

DI MARCO, P., PRIORI, A., FINOIA, M.G., MASSARI, A., MANDICH, A., MARINO, G., 2008. Physiological responses of European sea bass *Dicentrarchus labrax* to different stocking densities and acute stress challenge. Aquaculture 275, 319-328.

DÜLGER, N., KUMLU, M., TÜRKMEN, S., ÖLÇÜLÜ, A., TUFAN EROLDOĞAN, O., ASUMAN YILMAZ, H., ÖÇAL, N., 2012. Thermal tolerance of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles acclimated to three temperature levels. Journal of Thermal Biology 37, 79-82.

EROLDOĞAN, O.T., 1999. Deniz Levreğinin (*Dicentrarchus labrax*) Tatlısuda Semirtilme Olanağı. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 59.

EROLDOĞAN, O.T., KUMLU, M., 2002. Growth performance, body traits and fillet composition of the European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) reared in

various salinities and fresh water. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences 26, 993-1001.

EROLDOĞAN, O.T., KUMLU, M., AKTAŞ, A., 2004. Optimum feeding rates for European sea bass *Dicentrarchus labrax* L. reared in seawater and freshwater. Aquaculture 231, 501-515.

EROLDOĞAN, O.T., KUMLU, M., KIR, M., KİRİŞ, G.A., 2005. Enhancement of growth and feed utilization of the European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed supplementary dietary salt in freshwater. Aquaculture Research 36, 361-369.

FAO 2008. Food And Agriculture Organization of the United Nations. Fisheries and Aquaculture Department. Global Aquaculture Production Statistics. http://www.fao.org/figis/servlet/SQServlet?file=/usr/local/tomcat/FI/5.5.23/figis/webapps/figis/temp/hqp_7096.xmlandouttype=html

FOSS, A., EVENSEN, T.H., IMSLAND, A.K., ØIESTAD, V., 2001. Effects of reduced salinities on growth, food conversion efficiency and osmoregulatory status in the spotted wolffish. Journal of Fish Biology 59, 416-426.

GAMPERL, A.K., VIJAYAN, M.M., BOUTILIER, R.G., 1994. Experimental control of stress hormone levels in fish - Techniques and Applications. Reviews in Fish Biology and Fisheries 4, 215-255.

GIARI, L., MANERA, M., SIMONI, E., DEZFULI, B.S., 2006. Changes to chloride and rodlet cells in gills, kidney and intestine of *Dicentrarchus labrax* (L.) exposed to reduced salinities. Journal of Fish Biology 69, 590-600.

GIFFARD-MENA, I., LORIN-NEBEL, C., CHARMANTIER, G., CASTILLE, R., BOULO, V., 2008. Adaptation of the sea-bass (*Dicentrarchus labrax*) to fresh water: Role of aquaporins and Na(+)/K(+)-ATPazs. Comparative Biochemistry and Physiology A - Molecular and Integrative Physiology 150, 332-338.

GONCALVES, J., CARRACA, S., DAMASCENO-OLIVEIRA, A., FERNANDEZ-DURAN, B., DIAZ, J., WILSON, J., COIMBRA, J., 2006. Effect of reduction in water salinity on osmoregulation and survival of large Atlantic salmon held at high water temperature. North American Journal of Aquaculture 68, 324-329.

HIROI, J., SAKAKURA, Y., TAGAWA, M., SEIKAI, T., TANAKA, M., 1997. Developmental changes in low-salinity tolerance and responses of prolactin, cortisol and thyroid hormones to low-salinity environment in larvae and juveniles of Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. Zoological Science 14, 987-992.

HOAR, W.S., RANDALL, D.J., CONTE, F.P., 1969. Fish physiology. Academic Pr. New jersey, USA, 510.

HUNT, A.O., ÖZKAN, F., ENGIN, K., TEKELIOĞLU, N., 2011. The effects of freshwater rearing on the whole body and muscle tissue fatty acid profile of the European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). Aquaculture International 19, 51-61.

IMSLAND, A.K., FOSS, A., GUNNARSSON, S., BERNTSSEN, M.H.G., FITZGERALD, R., BONGA, S.W., VON HAM, E., NAEVDAL, C., STEFANSSON, S.O., 2001. The interaction of temperature and salinity on growth and food conversion in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). Aquaculture 198, 353-367.

JENSEN, M.K., MADSEN, S.S., KRISTIANSEN, K., 1998. Osmoregulation and salinity effects on the expression and activity of Na+,K+-ATPaz in the gills of European sea bass, *Dicentrarchus labrax* (L.). Journal of Experimental Zoology 282, 290-300.

JIANG, I.F., KUMAR, V.B., LEE, D.N., WENG, C.F., 2008. Acute osmotic stress affects tilapia (*Oreochromis mossambicus*) innate immune responses. Fish and Shellfish Immunology 25, 841-846.

JIRAUNGKOORSKUL, W., UPATHAM, E.S., KRUATRACHUE, M., SAHAPHONG, S., VICHASRI-GRAMS, S., POKETHITIYOOK, P., 2003. Biochemical and histopathological effects of glyphosate herbicide on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Environmental Toxicology 18, 260-267.

KELLEY, D.F., 1988. The importance of estuaries for sea bass, *Dicentrarchus labrax* (L). Journal of Fish Biology 33, 25-33.

KELLY, S.P., WOO, N.Y.S., 1999. The response of sea bream following abrupt hyposmotic exposure. Journal of Fish Biology 55, 732-750.

KUBİLAY, A., ULUKÖY, G., 2002. The effects of acute stress on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences 26, 249-254.

LANARI, D., D'AGORA, E., BALLESTRAZZI, R., 2002. Growth parameters in European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.): effects of live weight and water temperature. Italian Journal of Animal Science 1, 181-185.

LIE, O., EVENSEN, O., SORENSEN, A., FROYSADAL, E., 1989. Study on lysozyme activity in some fish species. Diseases of Aquatic Organisms 6, 1-5.

LUZ, R.K., MARTINEZ-ALVAREZ, R.M., DE PEDRO, N., DELGADO, M.J., 2008. Growth, food intake regulation and metabolic adaptations in goldfish (*Carassius auratus*) exposed to different salinities. Aquaculture 276, 171-178.

MARC, A.M., QUENTEL, C., SEVERE, A., LE BAIL, P.Y., BOEUF, G., 1995. Changes in some endocrinological and non-specific immunological parameters during seawater exposure in the brown trout. Journal of Fish Biology 46, 1065-1081.

MARSHALL, W.S., OSSUM, C.G., COZZI, R.R.F., HOFFMANN, E.K., 2005. Osmosensing chloride cells in euryhaline fish gills: How to adapt without really trying. Comparative Biochemistry and Physiology A - Molecular and Integrative Physiology 141, S183-S183.

MARTINS, C.I.M., TRENOVSKI, M., SCHRAMA, J.W., VERRETH, J.A.J., 2006. Comparison of feed intake behaviour and stress response in isolated and non-isolated African catfish. Journal of Fish Biology 69, 629-636.

MOCK, A., PETERS, G., 1990. Lysozyme activity in Rainbow trout, *Oncorhychus mykiss* (Walbaum), stressed by handling, transport and water pollution. Journal of Fish Biology 37, 873-885.

MONTERO, D., IZQUIERDO, M.S., TORT, L., ROBAINA, L., VERGARA, J.M., 1999. High stocking density produces crowding stress altering some physiological and biochemical parameters in gilthead seabream, *Sparus aurata*, juveniles. Fish Physiology and Biochemistry 20, 53-60.

MORGAN, J.D., SAKAMOTO, T., GRAU, E.G., IWAMA, G.K., 1997. Physiological and respiratory responses of the Mozambique Tilapia

(*Oreochromis mossambicus*) to salinity acclimation. Comparative Biochemistry and Physiology A - Physiology 117, 391-398.

MYLONAS, C.C., PAVLIDIS, M., PAPANDROULAKIS, N., ZAISS, M.M., TSAFARAKIS, D., PAPADAKIS, I.E., VARSAMOS, S., 2009. Growth performance and osmoregulation in the shi drum (Umbrina cirrosa) adapted to different environmental salinities. Aquaculture 287, 203-210.

NATHANAILIDES, C., PASCHOS, I., TSOUMANI, M., PERDIKARIS, C., KAPARELIOTIS, A., 2010. Capacity for thermal acclimation and winter mortality of sea bass *Dicentrarchus labrax* in freshwater earthen ponds. Italian Journal of Zoology 77, 23-28.

NEBEL, C., ROMESTAND, B., NEGRE-SADARGUES, G., GROUSSET, E., AUJOULAT, F., BACAL, J., BONHOMME, F., CHARMANTIER, G., 2005a. Differential freshwater adaptation in juvenile sea-bass *Dicentrarchus labrax*: involvement of gills and urinary system. Journal of Experimental Biology 208, 3859-3871.

NEBEL, C., ROMESTAND, B., NEGRE-SADARGUES, G., GROUSSET, E., AUJOULAT, F., BACAL, J., BONHOMME, F., CHARMANTIER, G., 2005b. Some juvenile sea-bass do not tolerate freshwater: Is their osmoregulation deficient? Comparative Biochemistry and Physiology A - Molecular and Integrative Physiology 141, S196-S196.

ORTUÑO, J., ESTEBAN, M.A., MESEGUER, J., 2001. Effects of short-term crowding stress on the gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) innate immune response. Fish and Shellfish Immunology 11, 187-197.

OVERTON, J.L., BAYLEY, M., PAULSEN, H., WANG, T., 2008. Salinity tolerance of cultured Eurasian perch, *Perca fluviatilis* L.: Effects on growth and on survival as a function of temperature. Aquaculture 277, 282-286.

PALMEIRO, B.S., ROSENTHAL, K.L., LEWBART, G.A., SHOFER, F.S., 2007. Plasma biochemical reference intervals for koi. Javma-Journal of the American Veterinary Medical Association 230, 708-712.

PAVLIDIS, M., FUTTER, W.C., KATHARIOS, P., DIVANACH, P., 2007. Blood cell profile of six Mediterranean mariculture fish species. Journal of Applied Ichthyology 23, 70-73.

PERSON-LE RUYET, J., MAHE, K., LE BAYON, N., LE DELLIOU, H., 2004. Effects of temperature on growth and metabolism in a Mediterranean population of European sea bass, *Dicentrarchus labrax*. Aquaculture 237, 269-280.

PICKERING, A., POTTINGER, T., 1989. Stress responses and disease resistance in salmonid fish: Effects of chronic elevation of plasma cortisol. Fish Physiology and Biochemistry 7, 253-258.

POTTINGER, T.G., 1998. Changes in blood cortisol, glucose and lactate in carp retained in anglers' keepnets. Journal of Fish Biology 53, 728-742.

POTTINGER, T.G., 2006. Context dependent differences in growth of two rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) lines selected for divergent stress responsiveness. Aquaculture 256, 140-147.

PROCARIONE, L.S., BARRY, T.P., MALISON, J.A., 1999. Effects of high rearing densities and loading rates on the growth and stress responses of juvenile rainbow trout. North American Journal of Aquaculture 61, 91-96.

ROBERTSON, L., THOMAS, P., ARNOLD, C.R., TRANT, J.M., 1987. Plasma cortisol and secondary stress response of Red Drum to handling , transport, rearing density, and a disease outbreak. Progressive Fish-Culturist 49, 1-12.

ROCHE, H., BOGE, G., 1996. Fish blood parameters as a potential tool for identification of stress caused by environmental factors and chemical intoxication. Marine Environmental Research 41, 27-43.

RONCARATI, A., MELOTTI, P., DEES, A., MORDENTI, O., ANGELLOTTI, L., 2006. Welfare status of cultured seabass (*Dicentrarchus labrax* L.) and seabream (*Sparus aurata* L.) assessed by blood parameters and tissue characteristics. Journal of Applied Ichthyology 22, 225-234.

RUANE, N.M., HUISMAN, E.A., KOMEN, J., 2001. Plasma cortisol and metabolite level profiles in two isogenic strains of common carp during confinement. Journal of Fish Biology 59, 1-12.

SAILLANT, E., FOSTIER, A., HAFFRAY, P., MENU, B., CHATAIN, B., 2003. Saline preferendum for the European sea bass, *Dicentrarchus labrax*, larvae and juveniles: effect of salinity on early development and sex determination. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 287, 103-117.

SAMMOUTH, S., D'ORBCASTEL, E.R., GASSET, E., LEMARIE, G., BREUIL, G., MARINO, G., COEURDACIER, J.L., FIVELSTAD, S., BLANCHETON, J.P., 2009. The effect of density on sea bass (*Dicentrarchus labrax*) performance in a tank-based recirculating system. Aquacultural Engineering 40, 72-78.

SANTOS, G.A., SCHRAMA, J.W., MAMAUAG, R.E.P., ROMBOUT, J., VERRETH, J.A.J., 2010. Chronic stress impairs performance, energy metabolism and welfare indicators in European seabass (*Dicentrarchus labrax*): The combined effects of fish crowding and water quality deterioration. Aquaculture 299, 73-80.

SARDELLA, B.A., MATEY, V., COOPER, J., GONZALEZ, R.J., BRAUNER, C.J., 2004. Physiological, biochemical and morphological indicators of osmoregulatory stress in 'California' Mozambique tilapia (*Oreochromis mossambicus* x *O. urolepis hornorum*) exposed to hypersaline water. Journal of Experimental Biology 207, 1399-1413.

SAURABH, S., SAHOO, P.K., 2008. Lysozyme: an important defence molecule of fish innate immune system. Aquaculture Research 39, 223-239.

SIMONTACCHI, C., POLTRONIERI, C., CARRARO, C., BERTOTTO, D., XICCATO, G., TROCINO, A., RADAELLI, G., 2008. Alternative stress indicators in sea bass *Dicentrarchus labrax*, L. Journal of Fish Biology 72, 747-752.

ŞAHAN, A., KURUTAŞ, E., DIKEL, S., 2003. Tatlı suya adapte edilmiş levrek (*Dicentrarchus labrax*)'lerde karaciğer antioksidan sistemler ve lipid peroksidasyonu. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences 27, 143-160.

TAKEI, Y., OGOSHI, M., INOUE, K., 2007. A 'reverse' phylogenetic approach for identification of novel osmoregulatory and cardiovascular hormones in vertebrates. Frontiers in Neuroendocrinology 28, 143-160.

TAYLOR, J.F., NEEDHAM, M.P., NORTH, B.P., MORGAN, A., THOMPSON, K., MIGAUD, H., 2007. The influence of ploidy on saltwater adaptation, acute stress response and immune function following seawater transfer in non-smolting rainbow trout. General and Comparative Endocrinology 152, 314-325.

TEH, S.J., ADAMS, S.M., HINTON, D.E., 1997. Histopathologic biomarkers in feral freshwater fish populations exposed to different types of contaminant stress. Aquatic Toxicology 37, 51-70.

THOPHON, S., KRUATRACHUE, M., UPATHAM, E.S., POKETHITIYOOK, P., SAHAPHONG, S., JARITKHUAN, S., 2003. Histopathological alterations of white seabass, *Lates calcarifer*, in acute and subchronic cadmium exposure. Environmental Pollution 121, 307-320.

TORT, L., MONTERO, D., ROBAINA, L., FERNANDEZ-PALACIOS, H., IZQUIERDO, M.S., 2001. Consistency of stress response to repeated handling in the gilthead sea bream *Sparus aurata* Linnaeus, 1758. Aquaculture Research 32, 593-598.

TÜİK 2009. Türkiye İstatistik Kurumu. Su Ürünleri İstatistikleri. 09.07.2010 tarihlinde bakılmıştır. http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=6284

VAN DER SALM, A.L., PAVLIDIS, M., FLIK, G., WENDELAAR BONGA, S.E., 2006. The acute stress response of red porgy, *Pagrus pagrus*, kept on a red or white background. General and Comparative Endocrinology 145, 247-253.

VAN WEERD, J.H., KOMEN, J., 1998. The effects of chronic stress on growth in fish: a critical appraisal. Comparative Biochemistry and Physiology a-Molecular and Integrative Physiology 120, 107-112.

VARSAMOS, S., 2002. Tolerance range and osmoregulation in hypersaline conditions in the European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 82, 1047-1048.

VARSAMOS, S., NEBEL, C., CHARMANTIER, G., 2005. Ontogeny of osmoregulation in postembryonic fish: A review. Comparative Biochemistry and Physiology A - Molecular and Integrative Physiology 141, 401-429.

VARSAMOS, S., XUEREB, B., COMMES, T., FLIK, G., SPANINGS-PIERROT, C., 2006. Pituitary hormone mRNA expression in European sea bass *Dicentrarchus labrax* in seawater and following acclimation to fresh water. Journal of Endocrinology 191, 473-480.

VENTURINI, G., CATALDI, E., MARINO, G., PUCCI, P., GARIBALDI, L., BRONZI, P., CATAUDELLA, S., 1992. Serum ions concentration and ATPaz activity in gills, kidney and esophagus of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*, Pisces, Perciformes) during acclimation trials to freshwater Comparative Biochemistry and Physiology A - Physiology 103, 451-454.

WONG, M.K.S., WOO, N.Y.S., 2006. Rapid changes in renal morphometrics in silver sea bream *Sparus sarba* on exposure to different salinities. Journal of Fish Biology 69, 770-782.

XU, J.Y., LIU, Y., CUI, S.R., MIAO, X.W., 2006. Behavioral responses of tilapia (*Oreochromis niloticus*) to acute fluctuations in dissolved oxygen levels as monitored by computer vision. Aquacultural Engineering 35, 207-217.

YILDIZ, H.Y., 2006. Plasma lysozyme levels and secondary stress response in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) after exposure to Leteux-Meyer mixture. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences 30, 265-269.

ZANUY, S., CARRILLO, M., 1985. Annual cycles of growth, feeding rate, gross conversion efficiency and hematocrit levels of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L) adapted to 2 different osmotic media. Aquaculture 44, 11-25.

ZAUGG, W.S., PRENTICE, E.F., WAKNITZ, F.W., 1985. Importance of river migration to the development of seawater tolerance in Columbia river anadromous salmonids. Aquaculture 51, 33-47.

ÖZGEÇMİŞ

Araştırıcı, 18.05.1985 tarihinde İzmir'de doğmuştur. İlk öğrenimini Antalya'nın Alanya ilçesinde Hayate Hanım İlköğretim okulunda, orta ve lise eğitimini ise yine aynı ilçede bulunan Ayşe Melehat Erkin Anadolu lisesinde tamamlamıştır. 2004 yılında lisans eğitimine Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'nde başlamış ve lisans döneminde kazandığı Avrupa Birliği Erasmus Öğrenim Hareketliliği bursu ile Portekiz'de bulunan Algarve Üniversitesi'nde 6 ay süre ile eğitim görmüştür. Ocak 2009 tarihinde lisans eğitimini tamamlamış ve aynı ay içerisinde yüksek öğrenimine Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim dalında başlamıştır. Aynı anabilim dalına 2010 yılında Araştırma Görevlisi olarak atanmıştır. 2011 yılında Avrupa Birliği Erasmus Staj Haraketliliği ile 4.5 ay İsveç'in Göteborg Üniversitesi'nde Zooloji Fakültesin bir Avrupa Birliği projesi olan LIFECYCLE isimli projenin kordinatörlüğünü üstlenen Balık Endokrinolojisi Laboratuarı'nda yürütülen projelerde yer almıştır.

Araştırıcı halen aynı fakültede araştırma görevlisi olarak çalışmakta olup, araştırıcının şu ana kadar 7 adet uluslararası ve 2 adet ulusal düzeyde yayını bulunmaktadır.