



T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü



**GÖKKUŞAĞI ALABALIĞI (*Oncorhynchus mykiss*,
Walbaum 1792)'NDA CİNSİYET DÖNÜŞÜMÜ VE
KROMOZOM MANİPÜLASYON
UYGULAMALARININ İNCELENMESİ**

Doktora Tezi

Fatih GÜLEÇ

Su Ürünleri Yetiştiricilik Anabilim Dalı

İzmir
2022

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

**GÖKKUŞAĞI ALABALIĞI (*Oncorhynchus mykiss*,
Walbaum 1792)‘NDA CİNSİYET DÖNÜŞÜMÜ VE
KROMOZOM MANİPÜLASYON
UYGULAMALARININ İNCELENMESİ**

Fatih GÜLEÇ

Danışman : Prof. Dr. Osman ÖZDEN

Su Ürünleri Yetiştiricilik Anabilim Dalı

Su Ürünleri Yetiştiricilik Doktora Programı

İzmir
2022



EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI**

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Doktora Tezi olarak sunduğum “**Gökkuşaklı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792)’nda Cinsiyet Dönüşümü ve Kromozom Manipölasyon Uygulamalarının İncelenmesi**” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

31 / 08 / 2022

Fatih GÜLEÇ



ÖZET**GÖKKUŞAĞI ALABALIĞI (*Oncorhynchus mykiss*, WALBAUM 1792)'NDA CİNSİYET DÖNÜŞÜMÜ ve KROMOZOM MANİPÜLASYON UYGULAMALARININ İNCELENMESİ**

GÜLEÇ, Fatih

Doktora Tezi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Osman ÖZDEN

Ağustos 2022, 112 sayfa

Bu tez çalışmasında, gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) türünde fizyolojik ve genetik cinsiyetin kontrolü (kromozom manipülasyon) uygulamaları üzerine araştırmalar yapılmıştır. Tezin cinsiyet dönüşümü bölümünde, fonksiyonel erkek (XX) balıklar elde etmek için ilk yem alma dönemindeki larvalara 4 farklı doz (0,5; 1,0; 1,5 ve 3,0 mg/kg) 17 α -Methyltestosteron (MT) hormonu 540 gün-derece süresince oral yolla verilmiştir. Uygulanan tüm dozlar XX erkek üretiminde etkili olmasına karşın en yüksek erkekleşme (%97,85 $\pm$ 0,45) ve en fazla sperm kanallı erkek oranının 1.0MT grubunda (%76,54 $\pm$ 1,81) olduğu gözlemlenmiştir (p<0,05). Çalışmanın kromozom manipülasyonu bölümünde ise triploid ve tetraploid balık üretimi denenmiştir. Triploid balık üretimi için döllenme işleminden 15 dk. sonra 15 dk. boyunca 26 °C ve 28 °C sıcaklık şoku uygulanmıştır. En yüksek triploid oranı 28TR grubunda (%95,46 $\pm$ 3,058) elde edilmiştir (p<0,05). Tetraploid bireyler üretmek için ise bir grup yumurtaya döllendikten 210 dk. (3.5TT) sonra, ikinci grup ise döllendikten 330 dk. (5.6TT) sonra 28 °C de 10 dk süresince sıcaklık şoku uygulanmıştır. En yüksek tetraploid oranı İSE (%81,45 $\pm$ 2,634) ile 5.6TT grubunda ortaya çıkmıştır (p<0,05). Sonuç olarak, cinsiyet dönüşümü çalışmasında en uygun grup 1.0MT grubu; kromozom manipülasyonu çalışmasında ise 28TR grubu en iyi triploidizasyonda, 5.6TT grubu ise optimum tetraploidizasyonda kullanılabileceği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gökkuşağı alabalığı, *Oncorhynchus mykiss*, cinsiyet dönüşümü, triploid, tetraploid.



ABSTRACT**STUDIES OF SEX REVERSAL AND CHROMOSOME
MANIPULATION APPLICATIONS IN RAINBOW TROUT
(*Oncorhynchus mykiss*, WALBAUM 1792)**

GÜLEÇ, Fatih

Ph.D. in Aquaculture

Supervisor: Prof. Dr. Osman ÖZDEN

August 2022, 112 pages

In this thesis, researches were carried out on physiological and genetic sex control (chromosome manipulation) practices in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792). In the sex control part of the thesis, 4 different doses (0.5, 1.0, 1.5 and 3.0 mg/kg) of 17 α -Methyltestosterone (MT) hormone were administered orally to the larvae in the first feeding period for 540 days in order to obtain functional sex-reversed male (XX) fish. Although all applied doses were effective in producing XX male fish, it was observed that the highest masculinization ($97.85 \pm 0.45\%$) and the highest rate of men with sperm ducts (76.54 ± 1.81) were in the 1.0MT group ($p < 0.05$). In the chromosome manipulation part of the study, triploid and tetraploid fish production was tried. For the production of triploid fish, heat shock of 26 °C and 28 °C was applied for 15 minutes, 15 min. post fertilization. The highest triploid rate was obtained in the 28TR group ($95.46 \pm 3.058 \%$) ($p < 0.05$). In order to produce tetraploid individuals, a heat shock was applied to one group of eggs 210 minutes (3.5TT) post fertilization and 330 minutes (5.6TT) post fertilization in the second group at 28 °C for 10 minutes. The highest triploid rate ($81.45 \pm 2.634\%$) was obtained in the 5.6TT group ($p < 0.05$). As a result; the most appropriate group for sex reversal study was the 1.0MT group; in the chromosome manipulation study, it was determined that the 28TR group could be used in the best triploidization, and the 5.6TT group could be used in the optimum tetraploidization.

Keywords: Rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, Sex reversal, triploid, tetraploid

ÖNSÖZ

Ülkemiz su ürünleri yetiştiriciliğinin son yıllarda göstermiş olduğu artış ve buna bağlı olarak özellikle bazı türlerde pazar talebine uygun ürün elde edebilmek için biyoteknolojik yöntemler günümüzde çok sık kullanılmaktadır. Gökkuşığı alabalığında (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) gerek çevreye etkileri gerekse maliyet bakımından daha uygun cinsiyet dönüşümü ve kromozom manipülasyon uygulamasının tespiti açısından yapılmış olan bu tez çalışmasının özellikle günümüzde “Türk Somonu” olarak adlandırılan kilogram üzeri alabalık üretimi konusunda sektöre faydası olabileceği düşünülmüştür.

Elde edilen bulgular ışığında, özellikle tümü dişi ve kısır balık üretimi için maliyet oluşturan yumurta veya larva ithalatının önüne geçilmesinde alabalık yetiştiriciliği yapan üreticilerimiz için önem arz edebileceği ve gelecek yıllarda yapılacak olan çalışmalara yardımcı olabilmesi hususu tez çalışmasının beklenen faydaları arasında planlanmıştır.

İZMİR

31/08/2022

Fatih GÜLEÇ



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI.....	v
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
ÖNSÖZ	xi
İÇİNDEKİLER.....	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xvii
TABLolar DİZİNİ.....	xxi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xxiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (DEVAM).....	xxv
1.GİRİŞ	1
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	13
2.1. Sistematikteki Yeri	13
2.2. Morfolojik ve Anatomik Özellikleri.....	13
2.3. Biyo-Ekolojik Özellikleri	15
2.4. Balıklarda Cinsiyet Kontrolü Üzerine Yapılmış Bazı Çalışmalar	16
2.4.1. Fizyolojik cinsiyetin kontrolü ile ilgili çalışmalar.....	16
2.4.1.1. XX erkek bireylerin üretimi.....	24
2.4.1.2. Hormon uygulamalarının insan sağlığı açısından etkileri	25
2.4.2. Genetik cinsiyetin kontrolü ile ilgili çalışmalar.....	27
2.4.2.1. Triploid bireylerin eldesi	32

İÇİNDEKİLER (Devam)

Sayfa

2.4.2.2. Tetraploid bireylerin eldesi	33
2.4.2.3. Poliploidinin tespiti	35
3.MATERYAL ve METOT	36
3.1. Materyal	36
3.1.1. Deneme Yeri	36
3.1.2. Denemede kullanılan balık materyali	37
3.1.3. Denemede kullanılan yem materyali.....	38
3.1.4. Denemede kullanılan hormon materyali	39
3.1.5. Su parametreleri ölçümünde kullanılan materyaller	40
3.1.6. Karanfil yağı	40
3.1.7. Yumurta ve sperm ölçümlerinde kullanılan materyaller.....	41
3.1.8. Poliploidi sıcaklık şok düzeneği	41
3.1.9. Kuluçkalamada kullanılan materyaller	42
3.1.10. Mikroskop	42
3.1.11. Denemelerde kullanılan kimyasal maddeler	43
3.1.11.1. Sulandırıcı solüsyon.....	43
3.1.11.2. Cortland solüsyonu	44
3.1.11.3. Giemsa boyası	44
3.1.11.4. Entellan	44
3.2. METOT	45
3.2.1. Deneme tasarımı	45
3.2.1.1. Cinsiyet dönüşümü bölümü:	45
3.2.1.2. Kromozom manipülasyonu bölümü:.....	46
3.2.2. Yumurtaların adaptasyonu ve kuluçkalanması	47

İÇİNDEKİLER (Devam)

	<u>Sayfa</u>
3.2.3. Hormonlu yemin hazırlanması	48
3.2.4. Balıkların beslenmesi.....	49
3.2.5. Cinsiyet oranlarının belirlenmesi.....	50
3.2.6. Kan örneklerinin alınması.....	51
3.2.7. Preparatların hazırlanması ve boyanması	51
3.2.8. Triploid ve tetraploid oranlarının belirlenmesi.....	52
3.2.9. İnterploid triploidi.....	54
3.2.10. Kuluçkahane verimi.....	55
3.2.11. Balıkların büyüme parametrelerinin ölçümü	55
3.2.11.1. Canlı ağırlık artışı (CAA)	56
3.2.11.2. Spesifik büyüme oranı (SBO).....	56
3.2.11.3. Yem dönüşüm oranı (YDO)	56
3.2.11.4. Kondisyon faktörü (KF)	57
3.2.11.5. Gonadosomatik indeks (GSI)	57
3.2.11.6. Hepatosomatik indeks (HSİ).....	57
3.2.11.7. Viserosomatik indeks (HSİ)	57
3.2.12. Verilerin değerlendirilmesi (istatistiksel analizler)	58
4.BULGULAR.....	59
4.1. Sudaki Çözünmüş Oksijen ve Su Sıcaklığı	59
4.2. Cinsiyet Dönüşümü Bölümü.....	60
4.3. Kromozom Manipülasyonu Bölümü	72
5.TARTIŞMA ve SONUÇ	86
6.ÖNERİLER.....	93

İÇİNDEKİLER (Devam)

	<u>Sayfa</u>
KAYNAKLAR DİZİNİ	95
TEŞEKKÜR.....	111
ÖZGEÇMİŞ	112



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1. 2010 – 2020 yılları arasında dünyada avcılık ve yetiştiricilik yoluyla yapılan su ürünleri üretim miktarları (FAO, 2022b).	3
Şekil 1.2. Su ürünleri yetiştiriciliği üretim miktarları ile toplam su ürünleri üretim miktarları (ton)(TÜİK, 2022).....	5
Şekil 1.3. Türkiye'de 2021 yılı su ürünleri yetiştiriciliğinin türlere göre dağılımı (TÜİK, 2022)	7
Şekil 1.4. 2011-2021 yılları arası Türkiye'deki su ürünleri yetiştiriciliği ve alabalık üretimi (ton) (TÜİK, 2022).....	8
Şekil 1.5. Balıklarda cinsiyet kontrol yöntemleri	10
Şekil 2.1. Gökkuşluğu alabalığının (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) morfolojik ve anatomik yapısı (Kane, 2005).....	14
Şekil 2.2. Erkek (üstte) ve dişi (altta) gökkuşluğu alabalıkları.....	14
Şekil 2.3. Gökkuşluğu alabalığı (<i>O. mykiss</i> Walbaum, 1792) (Engbretson, 2007). ..	15
Şekil 2.4. Gökkuşluğu alabalığında dolaylı yöntemle XX erkek (tümü dişi popülasyon) üretimi	25
Şekil 2.5. Diploid (2N) ve Triploid (3N) Kromozom Setli Bireylerin Oluşumu (Manan et al., 2020).....	32
Şekil 2.6. Erkek Triploid (XXY) ve Dişi Triploid (XXX) Bireylerin Oluşturulması (Kankaya, 1998).	33
Şekil 2.7. Tetraploid (4N) Kromozom Setli Bireylerin Oluşumu (Lutz, 2001). ...	34
Şekil 2.8. İnterploid-Triploid (3N) bireylerin oluşumu (Lutz, 2001).	34
Şekil 2.9. Poliploidinin tespitinde kullanılan yöntemler	35
Şekil 3.1. Denemelerin yapıldığı yer	36
Şekil 3.2. Denemenin yapıldığı işletmenin genel görünümü.....	36
Şekil 3.3. Balık yetiştiriciliği ve biyoanaliz laboratuvarı	37

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.4. Denemelerde kullanılan gökkuşağı alabalığı anaçları	37
Şekil 3.5. Denemelerde kullanılan gökkuşağı alabalığı yavruları	38
Şekil 3.6. Denemelerde kullanılan alabalık yemleri.	38
Şekil 3.7. Sıcaklık ve oksijen ölçümlerinde kullanılan oksijenmetre	40
Şekil 3.8. Anestezide kullanılan karanfil yağı (Merch)	40
Şekil 3.9. Yumurta ve sperm ölçümlerinin yapılmasında kullanılan materyaller. A) Mikroskop, B) Hassas terazi, C) Mezür, D) Neubauer hemositometresi	41
Şekil 3.10. Poliploidi uygulaması için sıcaklık şoku düzeneği	41
Şekil 3.11. Alabalık yumurtalarının kuluçkalanmasında kullanılan kuluçkalıklar	42
Şekil 3.12. Eritrosit ölçümlerde kullanılan görüntüleme sistemli mikroskop.....	43
Şekil 3.13. Yumurtalara sıcaklık şokunun uygulanması.....	46
Şekil 3.14. Yumurtaların adaptasyonu ve kuluçkalanması	47
Şekil 3.15. Hormonlu yemin hazırlanması.....	48
Şekil 3.16. Hormonlu yemle beslenen gökkuşağı alabalığı yavruları.....	49
Şekil 3.17. Dönüştürülmüş XX erkek anaç ve asimetrik gonadları	50
Şekil 3.18. Dönüşmemiş dişi bireylerin gonad yapısı.....	50
Şekil 3.19. İnterseks bireyler ve gonad yapıları.....	51
Şekil 3.20. Eritrosit analizi için deneme balıklarından kan alınması.....	51
Şekil 3.21. Kan örneklerinin periferik yayma işlemi (URL 1)	52
Şekil 3.22. Preparatların Giemsa ile boyanması	52
Şekil 3.23. Mikroskop ile eritrosit hücrelerinin incelenmesi	53
Şekil 3.24. Eritrosit hücresi ve çekirdek çaplarının ölçümü (A: Eritrosit uzun eksen, B: Çekirdek uzun eksen, a: Eritrosit kısa eksen, b: Çekirdek kısa eksen)	53

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.25. Taramalı elektron mikroskobu altında eritrosit hücrelerinin yapısı (medicalnewstoday.com)	54
Şekil 4.1. Su sıcaklığının aylara bağlı değişimi (Ort.± S.S)	59
Şekil 4.2. Sudaki çözülmüş oksijenin aylara bağlı değişimi (Ort.± S.S)	60
Şekil 4.3. Cinsiyet dönüşümü denemesinde larval yaşama oranları (%) ($p>0,05$)	61
Şekil 4.4. Cinsiyet dönüşüm denemesinde gruplara ait deneme sonu canlı ağırlık ortalamaları (Ort.± S.E)	62
Şekil 4.5. Cinsiyet dönüşüm denemesinde gruplara ait deneme sonu total boy ortalamaları (Ort.± S.E)	62
Şekil 4.6. Cinsiyet dönüşüm denemesinde gruplara ait kondisyon faktörü değerleri ($p>0,05$)(± S.E)	63
Şekil 4.7. Cinsiyet dönüşüm denemesinde grupların spesifik büyüme oranı değerleri, ($p<0,05$) (%) (± S.E)	64
Şekil 4.8. Cinsiyet dönüşüm denemesinde grupların gonadosomatik indeks verileri, ($p<0,05$) (%) (± S.E)	65
Şekil 4.9. Deneme gruplarındaki erkekleşme ve kanallı erkek oranı (%) (± S.E)	67
Şekil 4.10. Cinsiyet dönüşüm denemesinde gruplara ait viserosomatik indeks değerleri ($p<0,05$)(%)(± S.E)	68
Şekil 4.11. Cinsiyet dönüşüm denemesinde gruplara ait hepatosomatik indeks değerleri ($p>0,05$)(%)(± S.E)	68
Şekil 4.12. Cinsiyet dönüşüm denemesinde gruplara ait yem dönüşüm oranları ($<0,05$)(%)(± S.E)	70
Şekil 4.13. Normal diploid gökkuşağı alabalığı eritrositi (2n)	73
Şekil 4.14. Isı şoku uygulanmış triploid gökkuşağı alabalığı eritrositi (3n)	74
Şekil 4.15. Isı şoku uygulanmış tetraploid gökkuşağı alabalığı eritrositi (4n)	74

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.16. Gruplara göre eritrosit büyüklükleri ($p<0,05$).	75
Şekil 4.17. Sıcaklık şoku uygulanmış gruplarda gonadların incelenmesi.....	77
Şekil 4.18. Triploid dişi ve kısır bir bireyin gonad yapısı.....	77
Şekil 4.19. Tetraploid bir bireyin gonad yapısı.....	78
Şekil 4.20. Sıcaklık şoku uygulaması triploid oranları (TRO) (%)	79
Şekil 4.21. Sıcaklık şoku uygulaması tetraploid oranları (TTO) (%)	79
Şekil 4.22. Kromozom manipülasyonu denemesinde gruplara ait deneme sonu canlı ağırlık ortalamaları (Ort.± S.E).....	80
Şekil 4.23. Kromozom manipülasyonu denemesinde gruplara ait deneme sonu total boy ortalamaları (Ort.± S.E)	81
Şekil 4.24. Kromozom manipülasyonu gruplarına ait kondisyon faktörleri (Ort.± S.E).....	82
Şekil 4.25. Kromozom manipülasyonu gruplarına ait spesifik büyüme oranları (Ort.± S.E).....	83
Şekil 4.26. Kromozom manipülasyonu gruplarına ait gonadosomatik indeks oranları (Ort.± S.E)	84

TABLOLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
Tablo 1.1. Yıllara göre dünya toplam su ürünleri üretimi (ton/yıl) (FAO, 2022b). 2	
Tablo 1.2. Dünyada en fazla su ürünleri üretimi yapan 10 ülke (ton/yıl)(FAO, 2022b),.....	3
Tablo 1.3. Türkiye’de toplam su ürünleri üretimi (ton/yıl)(TÜİK, 2011-2021).....	5
Tablo 1.4. 2012-2021 yılları arasında Türkiye’de kültür balıkları üretimi (ton), (TÜİK, 2022)	7
Tablo 2.1. Gökkuşuğu alabalığı yetiştiriciliğinde kullanılan suyun bazı önemli fiziksel ve kimyasal özellikleri (Emre ve Kürüm, 2007).....	16
Tablo 3.1. Denemede kullanılan yemin içeriği.....	39
Tablo 3.2. Sulandırıcı solüsyon hazırlamak için kullanılan maddeler (D532) (Billard, 1977b).....	43
Tablo 3.3. Cortland solüsyonu 1. kimyasal çözelti.....	44
Tablo 3.4. Cortland solüsyonu 2. kimyasal çözelti.....	44
Tablo 3.5. Gruplara göre birey sayıları ve 17 α -metilttestesteron miktarları	45
Tablo 3.6. Gruplara göre sıcaklık şoku miktar ve süreleri	47
Tablo 4.1. Hormonlu yem süresince larval yaşama oranı (Ort. $\pm$ S.S).....	60
Tablo 4.2. Cinsiyet dönüşüm denemesinde gruplara ait canlı ağırlık ve total boy ortalamaları (Ort. $\pm$ S.E)	61
Tablo 4.3. Cinsiyet dönüşüm denemesinde gruplara ait kondisyon faktörü değerleri (Ort. $\pm$ S.E)	63
Tablo 4.4. Cinsiyet dönüşüm denemesinde grupların spesifik büyüme oranı değerleri (%) (Ort. $\pm$ S.E)	64
Tablo 4.5. Cinsiyet dönüşüm denemesinde grupların gonadosomatik indeks verileri (%) (Ort. $\pm$ S.E)	65
Tablo 4.6. Deneme gruplarındaki cinsiyet oranları (%) (Ort. $\pm$ S.E)	66

TABLOLAR DİZİNİ (Devam)

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
Tablo 4.7. MT un erkekleşme ve sperm kanalı oluşumu üzerine etkisi (%) (Ort. $\pm$ S.E).....	66
Tablo 4.8. Cinsiyet dönüşüm denemesinde gruplara ait viserosomatik indeks (VSI) değerleri ($\pm$ S.E).....	67
Tablo 4.9. Cinsiyet dönüşüm denemesinde gruplara ait hepatosomatik indeks (HSI) değerleri ($\pm$ S.E).....	69
Tablo 4.10. Cinsiyet dönüşüm denemesinde gruplara ait yem dönüşüm oranları (YDO) ($\pm$ S.E).....	69
Tablo 4.11. Cinsiyet dönüşümü bölümü büyüme verileri genel tablo	71
Tablo 4.12. Kromozom manipülasyonu denemeleri kuluçka verimi ve başarı oranları (%) ($\pm$ SE).....	72
Tablo 4.13. Kromozom manipülasyonu çalışması larva ağırlık (gr) ve boy verileri (cm) ($\pm$ SE).....	72
Tablo 4.14. Gruplara göre diploid, triploid ve tetraploid bireylerde eritrosit çap ölçümleri (μ m) ($\pm$ SE).....	75
Tablo 4.15. Gruplara göre diploid, triploid ve tetraploid bireylerde eritrosit alan ve hacim ölçümleri ($\pm$ SE).....	76
Tablo 4.16. Sıcaklık şoku uygulanan balıklarda poliploidi oranı	78
Tablo 4.17. Kromozom manipülasyonu denemesinde gruplara ait canlı ağırlık ve total boy ortalamaları (Ort. $\pm$ S.E)	80
Tablo 4.18. Kromozom manipülasyonu denemesinde gruplara ait kondisyon faktörü değerleri (Ort. $\pm$ S.E).....	82
Tablo 4.19. Kromozom manipülasyonu denemesinde gruplara ait spesifik büyüme oranı değerleri (Ort. $\pm$ S.E)	83
Tablo 4.20. Kromozom manipülasyonu denemesinde gruplara ait gonadosomatik indeks verileri (Ort. $\pm$ S.E).....	84

TABLolar DİZİNİ (Devam)**Tablo****Sayfa**

Tablo 4.21. Kromozom manipölasyonu bölümü büyüme verileri genel tablo85



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

%	Yüzde
mm	Milimetre
gr	Gram
°C	Santigrat derece
lt	Litre
µm	Mikrometre
ppm	Milyonda bir tanecik
cm	Santimetre
dk.	Dakika
kg	Kilogram

Kısaltmalar

FAO Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization)

TÜİK Türkiye İstatistik Kurumu

BSGM Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü

Ar-Ge Araştırma geliştirme

MT Metiltestosteron

UV Ultraviyole

ver. Versiyon

KMT Cinsiyet Dönüşümü Kontrol Grubu

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (DEVAM)**Kısaltmalar**

0.5 MT Cinsiyet dönüşümü 0.5 mg/kg MT grubu

1.0 MT Cinsiyet dönüşümü 1.0 mg/kg MT grubu

1.5 MT Cinsiyet dönüşümü 1.5 mg/kg MT grubu

3.0 MT Cinsiyet dönüşümü 3.0 mg/kg MT grubu

DİP Kromozom manipülasyonu kontrol (diploid) grubu

26TR 26 °C Triploid uygulaması

28TR 28 °C Triploid uygulaması

3.5TT Döllendikten 210 dk. sonra şok uygulanan Tetraploid Grubu

5.6TT Döllendikten 330 dk. sonra şok uygulanan Tetraploid Grubu

1. GİRİŞ

Birleşmiş Milletler Ekonomik ve Sosyal İşler Departmanı (UN DESA) tarafından 2019 yılında hazırlanan rapora göre, dünya nüfusunun günümüzde 7,7 milyar olduğu; bu rakamın 2030'da 8,5 milyara, 2050 yılında ise 9,7 milyara ulaşacağı öngörülmektedir (United Nations, 2019). Bu artışın büyük bir kısmının gelişmekte olan ülkelere gerçekleşmesi beklenmektedir. Nüfusun bu denli hızla artması ile 2050 yılında 9,7 milyarlık dünya nüfusunu besleyebilmek için küresel gıda üretiminin yaklaşık %70 oranında artırılması gerekmektedir. Gelişmekte olan ülkeler bazında bakıldığında ise bu oranın günümüze oranla iki katına ulaşması hedeflenmektedir (Doering and Sorensen, 2018). Tüm bu veriler ışığında, günümüzde ve yakın gelecekte dünyanın karşı karşıya kalması beklenen en büyük problemi gıda kıtlığı ve beraberinde gelmesi muhtemel açlık sorunudur. Bu gibi önce ülke ekonomilerini ardından da insan hayatını doğrudan etkilemesi düşünülen büyük bir sorunun çözümüne yönelik bir yandan bilimsel çalışmalar sürerken, diğer yandan da krizi hızlandıran ikincil etkenler de ortaya çıkmaktadır. Aralık 2019'da ortaya çıkan ve bir pandemiye dönüşen COVID-19 salgını ve iklim değişikliğinden çok fazla etkilenmiş olan küresel gıda krizi, gıda ihracatı yapan önemli ülkeler arasındaki savaş ve çatışmalardan dolayı da gün geçtikçe kıtlık seviyelerine sürüklenmektedir (FAO, 2022a). Bununla birlikte tarım alanlarının mevcut talebi karşılamada yetersiz kalması sonucunda karasal üretimde sınır değerlere ulaşılmıştır. Bu sebeple Dünya Sağlık Örgütü (DSO) ve Birleşmiş Milletler 'in açlığı yenmek için uluslararası çabalara öncülük eden uzmanlaşmış bir kuruluşu olan Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) özellikle hayvansal proteine yeteri kadar ulaşamayan ülkeler için su ürünleri üretim ve tüketimini faydalı bir çözüm olarak görmektedir.

Son altmış yıldaki bilimsel gelişmeler, suya bağlı ekosistemlerin işleyişine ilişkin çok daha iyi bir anlayışa ve bunları sürdürülebilir bir şekilde yönetme ihtiyacına ilişkin küresel farkındalığa yol açmıştır (FAO, 2020). Kaliteli hayvansal protein ihtiyacının karşılanmasında su ürünlerinin önemi her geçen gün artmaktadır. Su ürünlerinin insan beslenmesine olan katkısı, yüksek kaliteli hayvansal proteinler, çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) ve mikro besinler açısından önem arz etmektedir. Küresel su ürünleri tüketimi, 1961'den 2017'ye kadar yıllık ortalama %3,1 oranında artmıştır. Bu oran, aynı dönem baz alındığında hem dünya nüfus artışından (%1,6) hem de diğer tüm hayvansal proteinli gıda (et,

süt, süt vb.) tüketiminde yaşanan artıştan daha fazladır. Günümüzde dünyada tüketilen toplam hayvansal proteinin yaklaşık %17'si ve tüm proteinlerin %7'si su ürünlerinden elde edilmektedir (FAO, 2020).

Dünya su ürünleri üretimi, 2020 yılı itibariyle 177.768.543 ton seviyesine ulaşmıştır. FAO istatistiklerine göre global çapta toplam su ürünleri üretim miktarı, sucul bitkileri de dahil ettiğimizde 214 milyon ton seviyesine çıkmaktadır. Toplam küresel üretim miktarının 90.265.933 tonu (%50,78) avcılıktan, 87.502.610 tonu (%49,22) ise yetiştiricilikten elde edilmiştir. 2010-2020 yılları arasında dünyada avcılık ve yetiştiricilik yoluyla yapılan su ürünleri üretim miktarları Tablo 1.1'de gösterilmiştir (FAO, 2022b).

Tablo 1.1. Yıllara göre dünya toplam su ürünleri üretimi (ton/yıl) (FAO, 2022b).

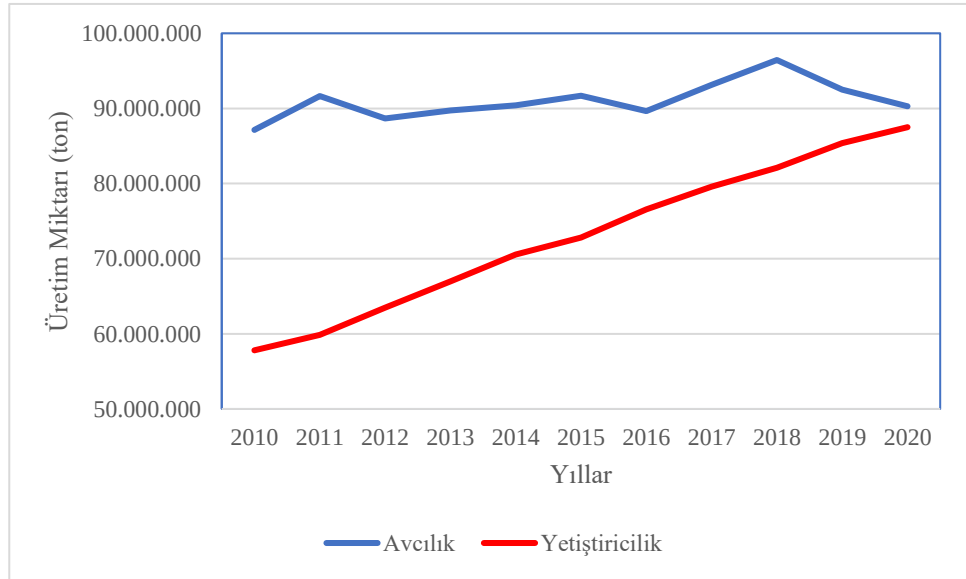
Yıllar	Avcılık			Yetiştiricilik			Toplam
	Deniz	İçsu	Toplam	Deniz	İçsu	Toplam	
2010	76.278.358	10.863.861	87.142.219	21.861.535	35.945.661	57.807.196	144.949.415
2011	81.136.060	10.502.636	91.638.696	22.737.131	37.105.127	59.842.258	151.480.954
2012	77.767.502	10.881.090	88.648.592	23.925.870	39.576.434	63.502.304	152.150.896
2013	78.832.286	10.915.515	89.747.801	24.855.137	42.130.065	66.985.202	156.733.003
2014	79.349.911	11.045.110	90.395.021	26.225.099	44.329.027	70.554.126	160.949.147
2015	80.521.369	11.149.469	91.670.838	27.039.998	45.772.262	72.812.260	164.483.098
2016	78.285.821	11.365.442	89.651.263	28.578.979	47.978.996	76.557.975	166.209.238
2017	81.222.361	11.908.155	93.130.516	30.055.941	49.554.288	79.610.229	172.740.745
2018	84.421.966	12.021.387	96.443.353	30.782.285	51.339.568	82.121.853	178.565.206
2019	80.419.970	12.088.653	92.508.623	32.060.104	53.302.727	85.362.832	177.871.455
2020	78.795.376	11.470.557	90.265.933	33.118.114	54.384.495	87.502.609	177.768.542

Bazı ülkeler su ürünleri üretiminde oldukça ilerlemişken, bazı ülkeler ise henüz istenen düzeyde üretim miktarlarına ulaşamamıştır. Küresel ölçekte bakıldığında ise su ürünleri üretiminde lider konumda olan ilk 10 ülkenin 2020 yılındaki üretim miktarları ise Tablo 1.2'de gösterilmiştir. Ülkemiz ise toplam üretim miktarları açısından dünya sıralamasında 32., sadece su ürünleri yetiştiriciliğinde ise dünyada 18. sırada yer almaktadır.

Tablo 1.2. Dünyada en fazla su ürünleri üretimi yapan 10 ülke (ton/yıl)(FAO, 2022b).

Ülkeler	Avcılık	Yetiştiricilik	Toplam	Yüzde (%)
Çin	13.226.203	49.620.605	62.846.808	35,11
Hindistan	5.504.713	8.635.986	14.140.699	7,90
Endonezya	6.925.352	5.226.594	12.151.946	6,79
Vietnam	3.421.880	4.600.828	8.022.708	4,48
Peru	5.626.542	143.830	5.770.371	3,22
Rusya	5.072.094	270.362	5.342.456	2,98
ABD	4.246.176	448.235	4.694.411	2,62
Bangladeş	1.919.505	2.583.866	4.503.371	2,52
Norveç	2.450.901	1.490.076	3.940.977	2,20
Japonya	3.151.730	599.497	3.751.228	2,10
TÜRKİYE	364.411	421.411	785.822	0,44
TOPLAM	90.265.933	87.502.610	177.768.543	

Her ne kadar sucul ekosistemler üretim alanı bakımından karasal ekosistemlerden daha fazla alan sağlasa da aşırı avlanma, çevre kirliliği ve ekolojik problemler sebebiyle, doğal stoklar zarar görmüş ve avcılıktan elde edilen su ürünleri üretimi her yıl azalmaktadır (Gün ve Kızak, 2019) (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. 2010 – 2020 yılları arasında dünyada avcılık ve yetiştiricilik yoluyla yapılan su ürünleri üretim miktarları (FAO, 2022b).

Avcılıktan elde edilen miktarların azalması sebebiyle su ürünleri yetiştiriciliği (akuakültür) her geçen yıl hem dünyada hem de ülkemizde giderek artan öneme sahip olmaktadır. Akuakültür veya Türkçe adıyla su ürünleri

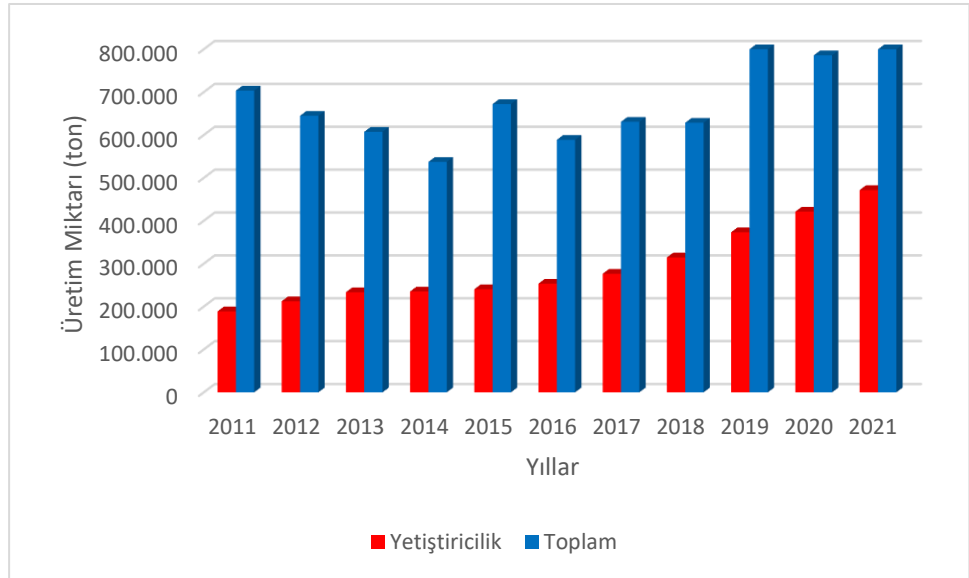
yetiştiriciliği, karada yapılan tarım veya çiftçiliğin sudaki karşılığıdır. Geniş bir tanımla tarım, hem hayvanların (hayvancılık) hem de bitkilerin (tarla bitkileri, bahçe bitkileri ve kısmen ormancılık) karasal ortamda çiftçiliğini içermektedir. Benzer şekilde, su ürünleri yetiştiriciliği de sucul ortamda hem hayvanların (kabuklular, balıklar, eklembacaklılar ve yumuşakçalar dahil) hem de bitkilerin (deniz yosunları ve tatlı su makrofitleri dahil) yetiştirilmesini kapsar. Karasal tarımda üretim ağırlıklı olarak tatlı su kullanımına dayalı iken; su ürünleri yetiştiriciliği hem içsu (tatlı su) hem de kıyısal (acı su, deniz suyu) alanlarda gerçekleşmektedir. FAO (1988), su ürünleri yetiştiriciliğinin avcılıkla olan karışıklığını azaltan bir tanım getirmiştir. Bu tanım uyarınca su ürünleri yetiştiriciliği; balık, yumuşakçalar, kabuklular ve su bitkileri dahil olmak üzere suda yaşayan organizmaların insan kontrolü altında sürdürülebilir olarak yetiştirilmesidir. 2019 yılı dünyadaki hayvansal su ürünleri yetiştiriciliğine bakıldığında, toplam üretimin 56,3 milyon tonu (%66,0) kemikli balıklardan, 17,6 milyon tonu yumuşakçalardan (%20,6), 10,5 milyon tonu (%12,3) krustaselerden, 0,98 milyon tonu ise (%1,1) diğer sucul hayvanların üretiminden meydana gelmektedir. İçsu balıkları üretimi ise 48,4 milyon ton ile kemikli balık yetiştiriciliğinin %85,9 unu oluşturmaktadır (FAO, 2021).

Toplam su ürünleri üretimi açısından Türkiye sahip olduğu uzun kıyısal alanları, akarsu, göl ve göletleri ile hem su ürünleri avcılığı hem de su ürünleri yetiştiriciliği açısından büyük bir potansiyele sahiptir. TÜİK'in ağıklamış olduğu istatistiksel verilere göre 2021 yılında toplam su ürünleri üretimimiz bir önceki yıla oranla %1,8 artış göstererek 799.851 ton olarak kayıtlara geçmiştir (Tablo 1.3). Bu miktarın 328.165 tonu (%41,03) avcılık yoluyla, geriye kalan 471.686 tonu (%58,97) ise yetiştiricilikten elde edilmiştir. Geçmiş yıllardaki üretim verilerine baktığımızda, küresel su ürünleri üretiminde olduğu gibi ölkemizde de yetiştiricilikten elde edilen miktar her geçen yıl artış göstererek avcılıktan elde edilen miktarı geçmiştir. 2020 yılı ile karşılaştırıldığında su ürünleri avcılığı 2021 yılında %9,9 azalırken, yetiştiricilik miktarı ise %11,9 oranında artış göstermiştir (TÜİK, 2022). Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü'nün 2021 yılında ağıkladığı verilere göre ise 2020 yılında 1.101.954.770₺ tutar ile toplamda 85.267 ton su ürünü ithal edilirken, 7.518.399.091₺ tutarında toplamda 201.157 ton su ürünü ihracatı gerçekleşmiştir (TÜİK, 2021).

Tablo 1.3. Türkiye’de toplam su ürünleri üretimi (ton/yıl)(TÜİK, 2011-2021).

Yıllar	Avcılık	Yetiştiricilik	Toplam
2011	514.755	188.790	703.545
2012	432.442	212.410	644.852
2013	374.121	233.394	607.515
2014	302.212	235.133	537.345
2015	431.907	240.334	672.241
2016	335.320	253.395	588.715
2017	354.318	276.502	630.820
2018	314.094	314.537	628.631
2019	463.168	373.356	836.524
2020	364.400	421.411	785.811
2021	328.165	471.686	799.851

Türkiye’de su ürünleri üretiminde yetiştiricilik yoluyla elde edilen üretim miktarının toplam üretime göre son 10 yılda göstermiş olduğu artış Şekil 1.2’de gösterilmiştir. TÜİK’in istatistiklerine göre yetiştiricilik yoluyla elde edilen üretim miktarları 2011 yılında 188.790 ton iken 2021 yılında 471.686 ton seviyesine ulaşmıştır. 2011-2021 yılları arasındaki toplam su ürünleri üretimi incelendiğinde ise, 2011 yılında yetiştiriciliğin toplam üretimdeki payı %26,83 iken, yıllar içerisinde artarak 2021 yılında %58,97 seviyesine ulaşmıştır.



Şekil 1.2. Su ürünleri yetiştiriciliği üretim miktarları ile toplam su ürünleri üretim miktarları (ton)(TÜİK, 2022)

Su ürünleri yetiştiriciliğinin tarihine bakıldığında bilinen ilk uygulamalar oldukça eskiye dayanmaktadır. Dünyada ilk balık yetiştiriciliği denemelerinin M.Ö 4000’li yıllarda Mısır’da Nil tilapyası (*Oreochromis niloticus*) ve M.Ö. 2000

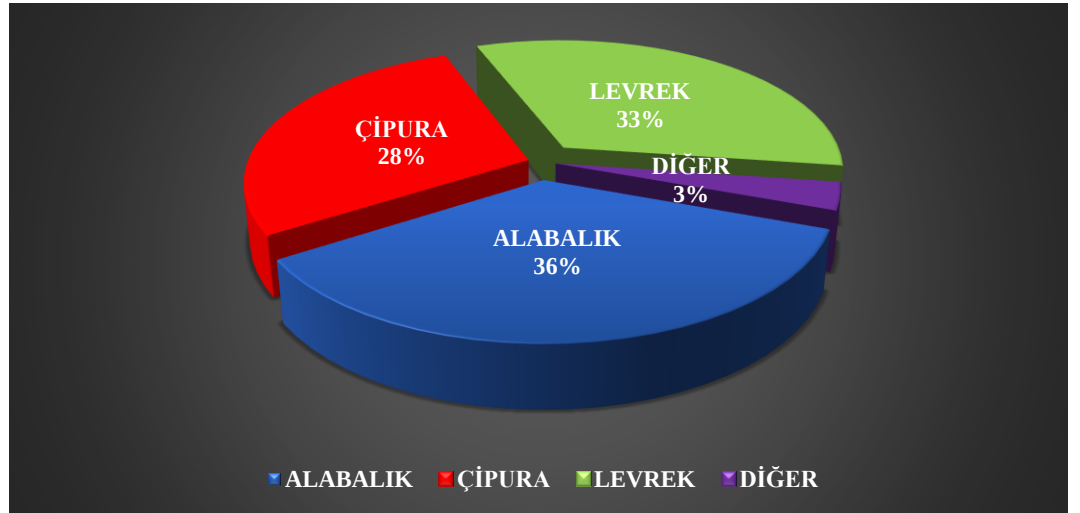
yılında Çin’de Adi sazan balığının (*Cyprinus carpio*) ilkel metotlar kullanılarak yetiştirilmesi ile başladığı raporlanmıştır (Stickney, 1996). Ticari amaçlı su ürünleri yetiştiriciliği açısından ise 1970’li yıllar dünya su ürünleri yetiştiriciliği açısından milat kabul edilmektedir. Belirtilen yıllar içerisinde özellikle balık yetiştirme çalışmaları üzerine bilimsel ve ticari denemeler yürütülmüştür. O tarihlerden günümüze kadar sucul canlıların tam kontrollü, verimli ve daha ekonomik üretimi konusunda birçok yeni yöntem geliştirilmiştir. Dünya su ürünleri üretiminde yetiştiriciliği yapılan türler araştırıldığında balık yetiştiriciliğinde sazan balıkları, krustase grubunda karidesler, yumuşakçalarda istiridyeler ve ardından ise algler ilk sıralarda yer almaktadır.

Ülkemizde ilk ticari balık yetiştiriciliği 1970’li yıllarda sazan ve gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) çiftliklerinin kurulmasıyla başlamıştır (Canyurt, 1978a, 1978b). Ardından 1985 yılında ilk çipura (*Sparus aurata*) ve levrek (*Dicentrarchus labrax*) çiftliğinin kurulması ile birlikte Türkiye’de deniz balıklarının da kontrollü ortamda ticari olarak yetiştiriciliği yapılmaya başlanmıştır (Yıldırım ve Okumuş, 2004). Yetiştiriciliği yapılan su ürünlerine tür çeşitliliği açısından bakıldığında, dünyada birçok balık, sucul bitki, krustase ve yumuşakça türünün yetiştiriciliğinin yapıldığı görülmektedir. Fakat, TÜİK 2022 verilerine yetiştiriciliğin Türkiye su ürünleri üretimindeki payı her geçen yıl artış göstermesine rağmen, tür çeşitliliği konusunda genişleme yeteri kadar sağlanamamış, üretim üç balık türü üzerinde (alabalık, çipura ve levrek) yoğunlaşmıştır. Bununla birlikte son birkaç yılda potansiyel yeni balık ve yumuşakça türlerinin yetiştiriciliği de ticari olarak denenmektedir. Türkiye’de yıllara bağlı su ürünleri yetiştiriciliği incelendiğinde üretilen türlere göre 2021 yılında toplam miktarın %71,16’sı (335.644 ton) denizlerde, %28,84’ü (136.042 ton) ise içsularda gerçekleşmiştir. Ülkemizde yıllara göre deniz ve içsularımızda yetiştiriciliği yapılan kültür balıklarının miktarı Tablo 1.4’te verilmiştir.

Tablo 1.4. 2012-2021 yılları arasında Türkiye’de kültür balıkları üretimi (ton), (TÜİK, 2022)

Tür	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Alabalık (İçsu)	111335	122873,3	107983	101166	101297	103705	104887	116053	127905	135732
Sazan	222	145,5	157	206	196	233	212	203	173	171
Diğer (İçsu)	0	0	49	40	64	29	19	127	119	90
Toplam	111557	123018,8	108189	101412	101557	103967	105118	116383	128197	135993
Alabalık (Deniz)	3234	5186,2	5610	6872	5716	5952	9610	9692	18689	31554
Çipura	30743	35701,1	41873	51844	58254	61090	76680	99730	109749	133476
Levrek	65512	67913	74653	75164	80847	99971	116915	137419	148907	155151
Midye	0	0	0	3	329	489	907	4168	4037	4585
Diğer (Deniz)	1364	1575,3	4808	5039	6692	5033	5307	5964	11832	10927
Toplam	100853	110375,1	126944	138922	151838	172535	209419	256973	293214	335693
Genel Toplam	212410	233393,9	235133	240334	253395	276502	314537	373356	421411	471686

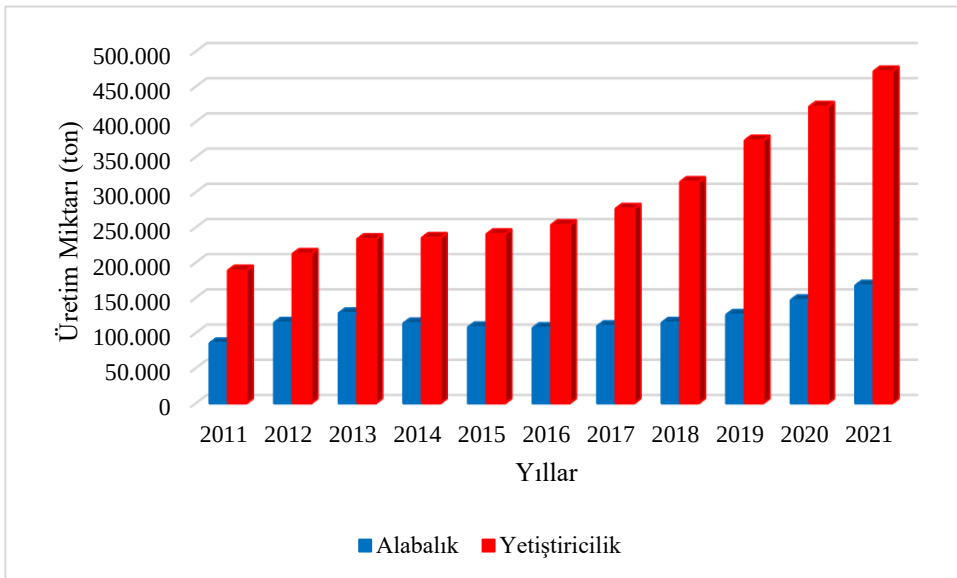
Türkiye su ürünleri yetiştiriciliği incelendiğinde içsu balıkları üretimi açısından en fazla yetiştiriciliği yapılan tür alabalıktır. Alabalık yetiştiriciliği içsularda ve son yıllarda denizde üretimi yapılan Türk somonu olarak tabir edilen kiloluk alabalık üretimi ile birlikte toplam su ürünleri üretimimizin %35,47 sini kapsamaktadır. Denizlerde yetiştiriciliği yapılan türlere baktığımızda ise %32,89 ile levrek, %28,30 ile çipura türleri ön plandadır. 2021 yılında Türkiye’de su ürünleri yetiştiriciliğinin balık türlerine göre dağılımı Şekil 1.3’de verilmiştir (TÜİK, 2022).



Şekil 1.3. Türkiye’de 2021 yılı su ürünleri yetiştiriciliğinin türlere göre dağılımı (TÜİK, 2022)

Alabalıklar, köken olarak Salmonidae ailesine dahil balıklardır. Gerek dünyada gerekse Türkiye’de su ürünleri yetiştiriciliğinde büyük öneme sahip türleri barındırmaktadır. Özellikle ülkemizde alabalık üretiminden bahsedildiğinde akla

gelen başat tür gökkuşağı alabalığıdır. Türkiye’de ilk balık yetiştiricilik faaliyetinin başlamasında öncü olan gökkuşağı alabalığı, kuluçka aşamasındaki avantajlar, kültür koşullarında üretiminin kolay olması, yem dönüşüm oranının düşük olması ve hastalıklar karşısında daha dirençli olması gibi sebeplerden ötürü ülkemizde yetiştiricilik faaliyetleri açısından en fazla üretilen tür olma konumundadır (Çelikkale, 1998; Atay, 2000). Türkiye’de ilk alabalık yetiştiriciliği faaliyetlerinin 1970’li yıllarda yurtdışından getirilen yumurtalar ile başladığı bildirilmiştir (Akbulut, 2004). Günümüze gelene kadar gerek yetiştiricilik alanlarındaki iyileşmeler gerekse biyoteknolojik çalışmaların hız kazanması ile alabalık üretiminde yüksek miktarlara ulaşılmıştır. Su ürünleri yetiştiriciliği yapan ülkelerin birçoğu ürettikleri balığı pazarlarken Norveç Somonu (*Salmo salar*) gibi bazı ticari markalarla ürünlerini pazarladıkları görülmektedir. Bu bağlamda ülkemizdeki alabalık üreticilerinin talepleriyle 2019 yılında Tarım ve Orman Bakanlığı Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü Türkiye’de yetiştiriciliği yapılan özellikle kiloluk boydaki gökkuşağı alabalığına “Türk Somonu” adını vermiştir. İhracat odaklı olan Türk Somonu marka değeri olarak gün geçtikçe daha iyi bir konuma gelmektedir. TÜİK verilerine baktığımızda 2021 yılında ülkemizdeki toplam alabalık üretimi 167.286 ton iken, bunun 31.554 tonunu Türk somonu oluşturmaktadır. 2012-2021 yılları arası, su ürünleri yetiştiriciliği üretimimiz içerisindeki alabalık üretimimizin yıllara göre miktarı Şekil 1.4’te verilmiş bulunmaktadır (TÜİK, 2022).



Şekil 1.4. 2011-2021 yılları arası Türkiye'deki su ürünleri yetiştiriciliği ve alabalık üretimi (ton) (TÜİK, 2022)

Bu kapsamda porsiyonluk üretimin yanında son yıllarda özellikle Orta Karadeniz Bölgesi'nde denizde ağ kafeslerde yetiştiriciliği yapılan ve Türk Somonu olarak da adlandırılan kilogram ve üzeri büyüklükteki gökkuşağı alabalığı üretimine yönelik bilimsel çalışmalar da günümüzde hız kazanmıştır.

Geçmişte Türkiye'de alabalık üretimi yapan tesislerin büyük kısmı küçük kapasitede üretim yapan aile işletmeleri iken, günümüzde sektörün hızla büyümesi ve artan ihracat sebebiyle yüksek üretim kapasitesine sahip Ar-Ge ve teknoloji öncelikli büyük işletmelere dönüşmektedir (Güleç, 2013).

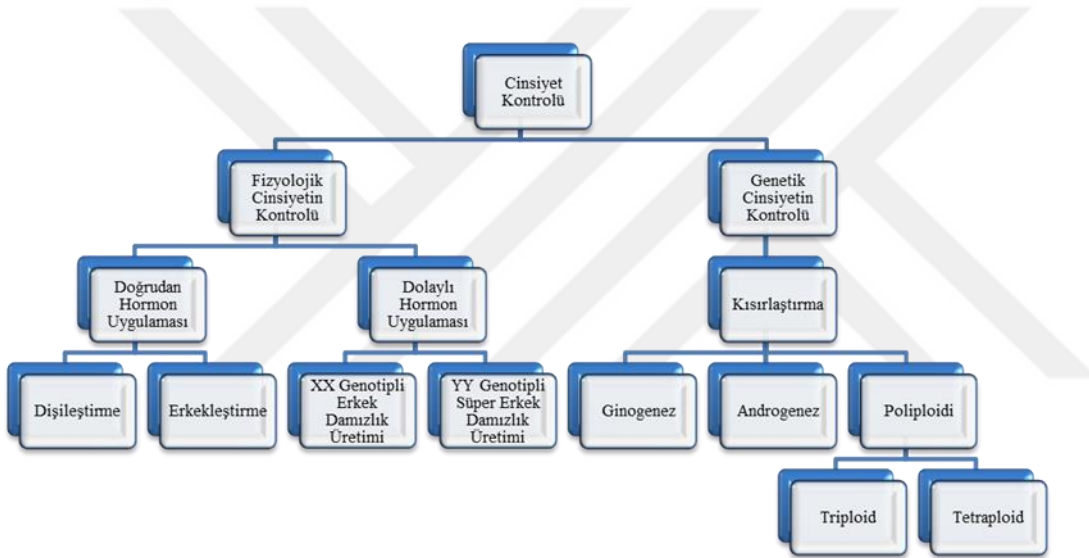
Ülkemizdeki alabalık yetiştiriciliği yapan işletmelerin bir kısmı üretimleri için gerekli olan yumurta ve yavru ihtiyacını kendi anaçlarından temin ederken bir kısmı ise ülke içindeki başka bir tesisten satın alarak üretimini sürdürmektedir. Bununla birlikte her yıl artan üretimi karşılayabilmek için yurtdışından gözlü yumurta ithalatı da yapılmaktadır. Türkiye'deki üretim koşulları dikkate alındığında, ticari alabalık tesislerinde, yumurtadan porsiyonluk boya kadar yaklaşık %40 kayıp yaşandığını göz önüne aldığımızda 2021 yılı alabalık üretim verilerine göre ülkemizin yıllık yaklaşık 1,03 milyar adet sağlıklı alabalık yumurtasına ihtiyacı bulunmaktadır.

Önceki yıllarda yumurta ve yavrudaki açığın büyük bir kısmını yurt dışından ithalat ile sağlayabilen işletmeler son yıllarda bu konuda ciddi engellerle karşılaşmaktadır. Özellikle 2019 yılında tüm dünyayı etkileyen COVID-19 pandemisi sırasında oluşan tedarik sorunu ve sonrasında yaşanan dünyadaki ekonomik sıkıntıların beraberindeki maliyet problemleri ile birlikte çoğu işletme kendi yumurta ve yavru balığını üretme konusunda Ar-Ge faaliyetlerine hız vermiştir (Arabacı, 2007). Bu çalışmaların başında biyoteknolojik çalışmalar (ıslah) ve verim artırıcı (dölleme solüsyonu, farklı dölleme protokolleri vb.) faaliyetler gelmektedir. Fakat bu çalışmaların bir kısmı hali hazırda arazi koşullarında ticari işletmelerde kullanılırken, bir kısmı ise hala deney aşamasındadır.

Balık yetiştiriciliğinde verim artırma üzerine yapılan birçok çalışma olmakla birlikte günümüzde denenilen ve ticari olarak da işletme protokollerine işlenip üretimde pek çok yöntem de kullanılmaktadır. Bunlardan en önemlileri arasında sayılabilecek olanlar, yüksek kaliteli anaçların üretime alınması, üretim metotlarının modifiye edilmesi, bazı ıslah ve fotoperiyot uygulamalarıdır. Genellikle anaç seçiminde hassas davranılırken, dölleme yöntemi, kullanılan

dölleme solüsyonu ve kuluçka materyallerinde uygunluğun göz ardı edilmesi verimi olumsuz etkilemektedir. Buna karşın yumurta üretimi olan işletmelerde fotoperiyot yöntemlerinin uygulanmasıyla birlikte yılın istenilen döneminde elde edilebilecek sperm ve yumurtalardan maksimum fayda sağlanması hedeflenmektedir.

Su ürünleri yetiştiriciliği ve özellikle alabalık yetiştiriciliği açısından en önemli biyoteknolojik yöntemler, cinsiyetin kontrolü, kromozom manipülasyonu ve gen kontrol çalışmalarıdır (Şekil 1.5) (Bozkurt, 2014; Özden vd., 2003).



Şekil 1.5. Balıklarda cinsiyet kontrol yöntemleri

Yetiştiriciliği yapılan balık türlerinde bazı özellikler üretim ve pazarlamada avantaj sağlarken, bazı özellikler de dezavantaj oluşturmaktadır. Üretim açısından balıklarda türlere göre değişmekle birlikte bazı cinsiyetlerin yetiştirilmesi pazar talebi açısından önem arz etmektedir. Erken cinsel olgunlaşma, yem değerlendirme oranlarındaki farklılık, aynı dönemde cinsler arasındaki karkas verim farklılığı, istenmeyen vücut rengi veya şekli, hastalıklar karşısındaki hassasiyet gibi sebeplerden dolayı yetiştiriciliği yapılan türlerde cinsiyet değiştirme ve tek cins (tümü dişi/erkek) popülasyonların üretilmesi tercih edilmektedir (Emre ve Kürüm, 2007). Bu kapsamda bazı türlerde tümü dişi (alabalık, levrek), bazı türlerde ise tümü erkek (tilapya) stokların üretimine çalışılmaktadır. Bunun yanında karkas veriminin artırılması bakımından istenilen cinsiyetin elde edilmesinin ardından kısır (steril) bireylerin oluşturulması bakımından kromozom manipülasyonu çalışmaları

yapılmaktadır. Örnek verilecek olursa gökkuşuğu alabalığı için günümüzde tümü dişi ve kısır bireylerin oluşturulması pazar ekonomisi açısından önemlidir.

Salmonidae ailesi üyelerinin üretimini yapan birçok işletmede tümü dişi popülasyonların elde edilmesi karlılık açısından tercih edilmektedir. Üretimde bu hedefin gerçekleştirilebilmesi için öncelikle kromozom bakımından dişi fizyolojik olarak erkek olan XX erkek anaçların üretilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada; ülkemizdeki su ürünleri yetiştiriciliği sektöründe oldukça önemli bir yere sahip olan gökkuşuğu alabalığında ticari boyutta kullanılmak üzere bazı cinsiyet dönüşümü ve kromozom manipülasyon uygulamalarının incelenmesi planlanmıştır. Cinsiyet dönüşümü bölümünde dolaylı yünden cinsiyet dönüşüm metodu kullanılarak tümü dişi (XX erkek) anaçların elde edilmesi yönünde optimum hormon (17α -metilttestosteron) dozunun belirlenmesine yönelik deneme düzeni oluşturulmuştur. Denemede 4 farklı dozda (0,5; 1,0; 1,5 ve 3,0 mg/l) hormon kullanılarak en uygun dozun belirlenmesi hedeflenmiştir. Ayrıca cinsiyet dönüşüm çalışmalarının sonucunda ortaya çıkan sperm kanalının kapalı oluşu ya da hiç oluşmaması gibi problemler anaçların sürdürülebilir kullanımında engel oluşturduğu için, mevcut çalışma ile sperm kanallı ve sağılabilir XX erkek (fonksiyonel) anaçların eldesi de çalışmanın bir diğer amacını oluşturmaktadır. Özellikle bu hususun cinsiyet dönüşümü konusunda gereksiz anaç stoğu ve her sağım döneminde erkek bireylerin sperm alımı (sağım) için kesilmesi problemini ortadan kaldırma hususunda gelecekteki çalışmalara örnek olması beklenmektedir. Kromozom manipülasyonu bölümünde ise, döllenmeden hemen sonra yumurtaların sıcaklık şokuna maruz bırakılarak farklı zaman ve süreler denenerek poliploidi kapsamında triploid ve tetraploid bireylerin elde edilmesi için uygun protokolün oluşturulması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda triploid ($3n$) yumurtaların elde edilmesi amacıyla yumurtaların döllenmesinden 15 dakika sonra yumurtalar $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ (26TR) ve $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ (28TR)'lik iki farklı sıcaklık seviyesine sahip suda 15'er dakika boyunca şoklamaya maruz bırakılmıştır. Bir diğer amaç olan tetraploid ($4n$) anaçların oluşturulmasında ise ilk grup yumurta döllendikten 210 dk (3,5 saat) (3.5TT) sonra, ikinci grup ise döllendikten 330 dk (5,6 saat) (5.5TT) sonra $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ de 10 dk süresince sıcaklık şokuna maruz bırakılmıştır. Bu kapsamda elde edilen tetraploid ($4n$) dişi anaçların diploid ($2n$) XX erkek anaçlarla çaprazlanması sonucunda doğrudan tümü dişi ve kısır (dişi triploid) yavruların üretilmesi hedeflenmektedir. Tüm bu amaçlar doğrultusunda planlanan çalışma sonucunda ülkemiz gökkuşuğu alabalığı yetiştiriciliği ve Türk somonu üretiminde yurtdışından

yüksek maliyetler ile temin edilen triploid yumurta üretiminin yerlileştirilmesi ve dışa bağımlılığın sonlandırılması çalışmanın beklenen faydalarındandır.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Sistematikteki Yeri

Gökkuşığı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*, W. 1792) sistematikteki yeri aşağıda gösterilmektedir.

Alem: *Animale*

Alt alem: *Metazoa*

Şube: *Chordata*

Alt şube: *Vertebrata*

Sınıf: *Actinopterygii*

Takım: *Salmoniformes*

Aile: *Salmonidae*

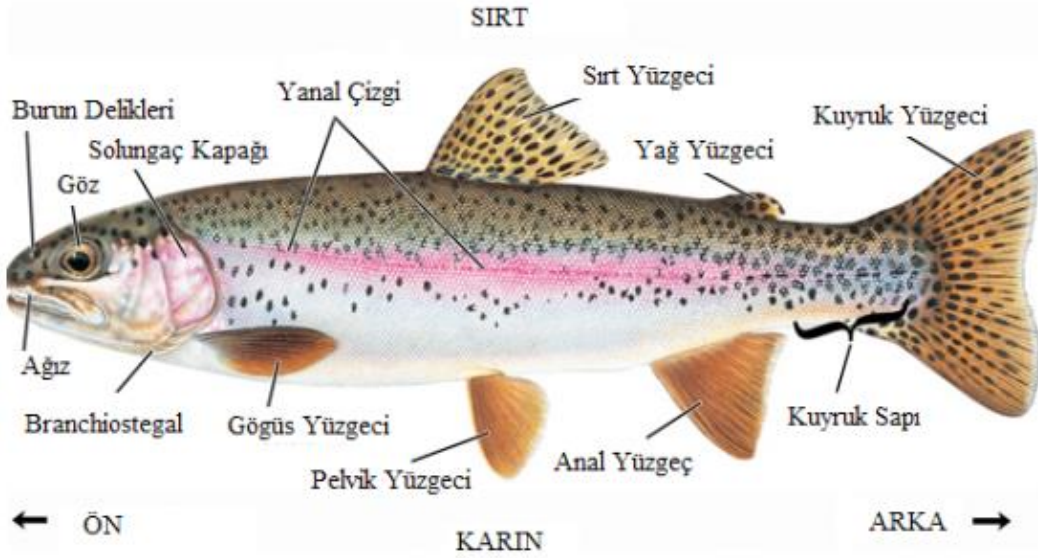
Cins: *Oncorhynchus*

Tür: *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792)

2.2. Morfolojik ve Anatomik Özellikleri

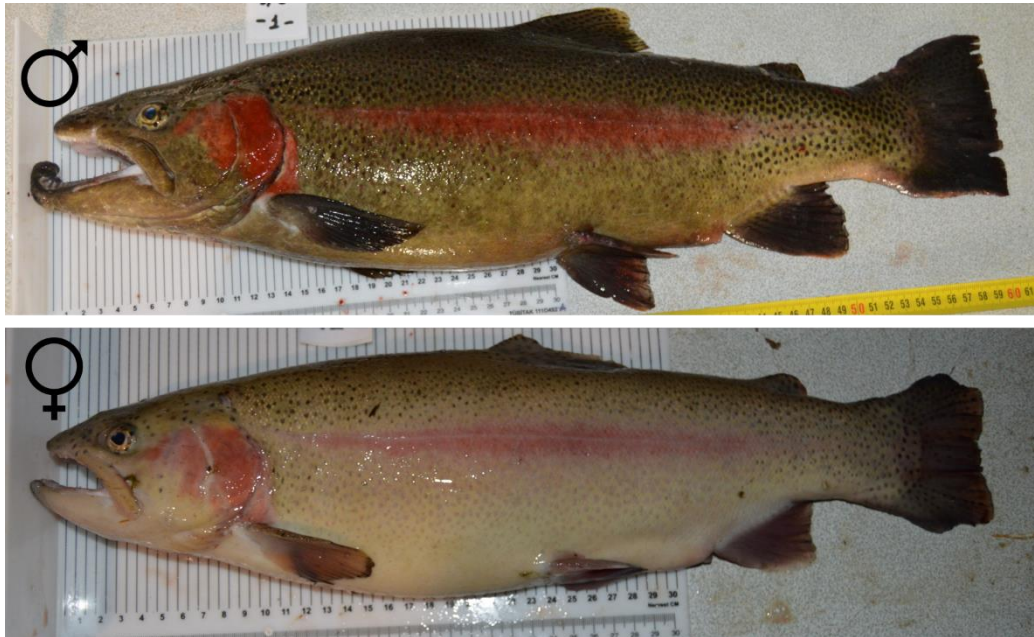
Salmonidae ailesinin bir üyesi olan gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) Kuzey Amerika kökenli bir tür olup, hayatlarının tüm evrelerini tatlı sularda geçirmektedir (Çelikkale, 1998). Torpil şeklinde ve yanlardan hafif basık bir vücut şekline sahiptir. Dorsal bölgede 2 adet yüzgeci bulunmaktadır. Bunların ilki ve büyük olanı 10-12 adet ışına sahiptir. İkinci ve küçük olan yüzgeç ise yağ yüzgeci olup adipöz ya da pinnül ismini almaktadır. 50-62 adet arasında omur sayısı bulunmaktadır (Geldiay ve Balık, 2002). Pulları sikloit ve küçüktür. Vücut rengi bulunduğu ortam ve cinsel olgunlaşma durumuna göre değişmekle birlikte genellikle vücudunun kenarları gümüşü olup sırt kısmı ise yeşilden kahverengiye

değişim göstermektedir (Arabacı, 2007). Yanal çizgi boyunca kırmızı, pembe gökkuşağı renginde bir bulunduğu için ismi buradan gelmektedir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Gökkuşağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) morfolojik ve anatomik yapısı (Kane, 2005).

Cinsel olgunluğa erişmiş erkek bireyler dişilere nazaran daha koyu ve canlı renklere sahip iken, dişi bireylerin rengi daha solgun olmaktadır. Ayrıca, erkek bireylerin alt çene kemiği çengel şeklinde yukarı doğru kıvrılmış kıkırdak bir yapıya sahiptir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Erkek (üstte) ve dişi (altta) gökkuşağı alabalıkları.

2.3. Biyo-Ekolojik Özellikleri

Gökkuşığı alabalığı doğal ortamda oksijen yönünden zengin, berrak ve soğuk akarsularda ve göllerde yaşamaktadır (Behnke, 2002). Karnivor beslenme tipine sahip olduklarından dolayı canlı hayvansal organizmalarla beslenirler. Kültür ortamına iyi uyum sağlaması, diğer alabalık türlerine göre hastalıklara karşı daha dirençli oluşu, yem değerlendirme kabiliyetlerinin yüksek ve büyüme performanslarının iyi olması sebebiyle gökkuşığı alabalığı su ürünleri yetiştiriciliği açısından önem arz eden bir balık türüdür. Bunun yanı sıra anaç bireylerden gamet alımının kolaylığı ve kısa süreli kuluçka döneminden dolayı da tatlı su kültür ortamında çok tercih edilmektedir (Emre ve Kürüm, 2007). Su debisi sudaki oksijen zenginliği açısından önem arz etmektedir.



Şekil 2.3. Gökkuşığı alabalığı (*O. mykiss* Walbaum, 1792) (Engbretson, 2007).

Erkek bireyler 2 yaşında, dişi bireyler ise 3 yaşında cinsel olgunluğa ulaşmaktadır. Üreme dönemi su sıcaklığına göre Kasım-Mart ayları arasındadır. Kültür koşullarında üretimlerinde gökkuşığı alabalığının kuluçka ve yavru çıkış döneminde ideal su sıcaklığı 10-12 °C arasında değişir. Larva ve yavru büyütme için optimum su sıcaklığı 12-15 °C iken, porsiyonluk üretim aşaması için ise 15-18 °C arasındaki su sıcaklık değerleri idealdir (Tekelioğlu, 1993). Dişiler bir yumurtlama döneminde her bir kg ağırlık başına ortalama 1500-2000 adet yumurta verirler. Yumurtaları ortam koşulları ve beslenme rejimine göre sarı veya turuncu renklidir. Yumurta çapları genellikle sağlıklı bir anaçta 4,0-5,0 mm arasında değişmektedir (Atay ve Bekcan, 2000). Döllenmiş yumurtalar için kuluçka süresi kültür ortamındaki suyun sıcaklığına bağlı olarak değişmekle birlikte, 300-350 günden azdır. Ülkemiz akarsularında, optimum su koşulları açısından 10 °C su sıcaklığına sahip kaynaklarda 30-31 günde yumurtadan çıkışlar başlamaktadır.

Besin keseli olarak yumurtadan çıkan larvalar su sıcaklığına bağlı olarak 90-150 gün-derecede besin keselerini tüketerek yem almaya başlarlar. Optimum koşullarda üretimi yapıldığında porsiyonluk ağırlık olarak kabul gören 250-330 gr vücut ağırlığına 10-12 ayda ulaşmaktadır.

Gökkuşuğu alabalıklarının yetiştiriciliğinde kullanılan suyun bazı önemli fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 2.1’de gösterilmektedir.

Tablo 2.1. Gökkuşuğu alabalığı yetiştiriciliğinde kullanılan suyun bazı önemli fiziksel ve kimyasal özellikleri (Emre ve Kürüm, 2007).

Parametre	Birim	Sınır Değerler
Nitrit (NO ₂)	mg/lt	0,1
Nitrat (NO ₃)	mg/lt	25 – 35
Amonyak (NH ₃)	mg/lt	<0,0125
Klor ve Klor Bileşikleri	mg/lt	0,01 – 0,03
Total Demir	mg/lt	0,5 0,15 kuluçkahane
CO ₂	mg/lt	< 30
Toplam Sertlik (CaCO ₃)	mg/lt	10 - 400
Suyun Sıcaklığı	(°C)	4 – 18 besi 6-13 kuluçkahane
pH	mg/lt	6,5 – 8,5
Oksijen	mg/lt	>5,5 – tam doygunluk

2.4. Balıklarda Cinsiyet Kontrolü Üzerine Yapılmış Bazı Çalışmalar

2.4.1. Fizyolojik cinsiyetin kontrolü ile ilgili çalışmalar

Akuakültürde balıklar üzerinde gerçekleştirilen cinsiyet kontrolü ve manipülasyonu çalışmalarına ait ilk verilerin Yamamoto (1969) tarafından elde edildiği bildirilmiştir.

Su ürünleri yetiştiriciliğinde birçok türün üretiminde tek cinsiyetli balık stoklarının oluşturulması hususunda, cinsiyeti manipüle etmek için steroid hormonları yaygın olarak kullanılmaktadır (Woźny et al., 2020; Ramee et al., 2020b).

Balıklarda cinsiyetin kontrolü ve istenen yönde değiştirilmesi su ürünleri yetiştiriciliğinde ticari olarak önem arz etmektedir. Yapılan çalışmalarda birçok balık türünün erken gelişim evrelerinde steroid hormonlarına maruz bırakmanın, diğer omurgalılarda olduğu gibi embriyonik gelişim ve cinsiyet dönüşümüne etkisi olduğu kaydedilmiştir (Martinez-Bengochea et al., 2020).

Balık yetiştiriciliğinde cinsiyetlerden biri diğerine göre daha iyi gelişmekte ve pazar aşamasında tercih edilmektedir. Bu sebeple bazı türlerde tümü dişi, bazı türlerde ise tümü erkek popülasyonların üretilmesine yönelik çalışmalar devam etmektedir. Çakmak vd., 2008 yılında 2-4 yaşlarındaki dişi ve erkek Karadeniz alabalıklarının (*Salmo trutta labrax*) karkas, baş ve diğer vücut oranları ile et veriminin yaş ve cinsiyete bağlı olarak farklılık gösterip göstermediğini araştırdıkları çalışma sonucunda, dişi bireylerin erkek bireylere oranla %3,17 oranında daha fazla et verimine sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Akuakültürde tek cinsiyetli veya kısır bireylerin üretilmesi için birçok teknik kullanılabilmektedir. Bunlardan bazıları, elle seçerek erkek-dişi ayrılması, steroid hormonları ile cinsiyet dönüştürme, kısırlaştırma, poliploidi çalışmaları, androgenez ve gynogenezdir (Atar vd., 2008).

Gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yetiştiriciliğinde erkek balıklar dişilere göre daha erken cinsel olgunluğa eriştikleri için bazı yönlerden dezavantajlı olarak görülmektedir. Aynı boyuttaki dişilere göre dış görünüşlerinin kötü olması (renk koyulaşması), etinin daha kalitesiz duruma gelmesi, gonadosomatik indeks (GSI)'lerinin daha yüksek olması, kondisyon kaybı ve deniz suyunda yetiştiriciliği yapılan erkek bireylerin yaşama oranlarının azalması gibi sebeplerden dolayı monoseks (dişi) popülasyonların üretilmesinin tercih edildiği belirtilmiştir (Gjedrem, 1992; Atar et al., 2009).

Alabalık, tilapya gibi yetiştiriciliği yoğun olarak yapılmakta olan türlere besin keseli larva döneminden hemen sonra anabolik steroidler erken evrede belirli bir süre yem veya banyo yöntemi ile verilir ise, istenilen yönde cinsiyet kontrolünün sağlanması mümkündür (Atar vd., 2008; Türel, 2013).

Balıklarda genetik cinsiyetin hangi yönde oluşacağı döllenmeden hemen sonra belirlenmektedir. Ancak gonadların fenotipik olarak hangi cinsiyete ait gelişeceği (ovaryum veya testis) ise ya yumurtaların kuluçka safhasında ya da besin

kesesini tükettikten sonra yapılan müdahaleler ile dönüştürülebilmektedir. Bu bağlamda bilimsel çalışmalarda bildirildiği üzere bu dönemlerde uygulanan müdahaleler ile fenotipik cinsiyetin kontrolü mümkün olmaktadır (Shepherd and Bromage, 1988; Atar vd., 2008).

Özden ve Güllü (1996), fizyolojik cinsiyetin kontrolünde kullanılan hormonların uygulama metotlarını hormon katkılı yem ile besleme, hormon-su çözeltisinde banyo ettirme ve her iki yöntemin bir arada kullanılması şeklinde 3 ana başlıkta toplamıştır (Özden vd., 2003).

Yamazaki, 1983 yılında gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) üzerinde cinsiyet dönüştürme üzerine bazı denemeler yapmış olup, bu denemeler sonucunda bazı steroid hormonlarını kullanarak fenotipik olarak erkekleştirme (17α -metilttestosteron) ve dişiileştirmenin (estradiol- 17β) mümkün olduğunu rapor etmiştir.

Devlin and Nagahama (2002) çeşitli balık türleri üzerinde yapmış oldukları araştırmalar sonucunda, androjenlerin de dahil olduğu steroid hormonlarının gerçek kemikli balıkların (Teleostei) cinsiyet oranı ve farklılaşması üzerinde etkili olduğunu kaydetmişlerdir (Nagahama, 2005; Türel, 2013; Peker, 2014).

Teleost balıklarda 31 farklı steroidten (16 androjen, 15 östrojen) en az biri kullanılmak suretiyle cinsiyet dönüşümü gerçekleştirilmektedir. 47 gonokorist (ayrı eşeyli) ve 34 hermofrodit balık türünde hormonla yapılan uygulamalar olumlu sonuçlar vermiştir. En çok hormonal uygulamanın görüldüğü aileler sırasıyla; Cyprinidae, Salmonidae, Poeciliidae, Anabantidae, Cyprinodontidae ve Cichlidae'dir. En çok kullanılan steroid hormonları, erkekleştirme için 17α -metilttestosteron; dişiileştirme için ise Estradiol- 17β dır. Bazı balık türlerinde uygulama sonrası mortalite oranı yükselmekte olup Cyprinidae familyası üyelerinde ise normalden üç kat daha hızlı büyüme gösterdiği önceki çalışmalarda raporlanmıştır (Pandian and Sheela, 1995; Atar et al., 2009; Tran, 2021).

Bugüne kadar, salmonidler, cyprinidler, yassı balıklar ve mersin balıkları da dahil olmak üzere çeşitli balık türlerinin cinsiyet dönüşümü ve kontrolünde hormonlar kullanılmıştır. Fakat hormon uygulamalarında dikkat edilmesi gerekenlerin başında, hormonun mevcut kimyasal yapısı, yeme karıştırılan hormon miktarı, hormon uygulamasının döllenmeden ne kadar süre sonra gerçekleştiği ve

süresi gelmektedir. Steroid hormonlar üzerinde yapılan çalışmalar ışığında androjenler erkekleştirmede, östrojenler ise dişileştirmede kullanılmaktadır. Steroid hormonları incelendiğinde androjenler, östrojenlere kıyasla daha güçlü cinsiyet dönüşüm ajanlarıdır. Özellikle aromatize edilemeyen sentetik androjen 17α -metildihidro testosteron (MDHT), birçok araştırmacı tarafından balık cinsiyetini kontrol etmek amacıyla en çok tercih edilen androjen haline gelmiştir (Purdom, 1993; Rougeot, 2015; Fopp-Bayat et al., 2017).

Steroid hormonları arasında en fazla kullanılan hormon olan 17α -metiltestosteron, testosteronun kimyasal bir çeşididir. Balık metabolizmasında normal testostere göre daha uzun sürede yıkıma uğradığı için yeme karıştırılarak alınmasında balık açısından bir sorun bulunmamaktadır. Ayrıca 17α -metiltestosteron başka androjenlere göre fizyolojik cinsiyetin kontrolünde daha etkili ve net sonuç göstermektedir (Piferrer et al., 1993; Ramee et al., 2020a).

Hunter and Donaldson, (1983), gökkuşağı alabalıklarının (*Oncorhynchus mykiss*) ilk yem alma döneminden itibaren aralıksız 90 gün boyunca 3 mg/kg dozunda 17α -metiltestosteron içeren yemle beslenmesi sonucunda %94 oranında erkek bireyler elde edildiğini, buna karşın 60 mg/kg dozunda 11β -hydroxyandrostenedione içeren yem ile aralıksız 56 gün beslenen yavru grubunda ise %100 erkek bireylerin oluştuğunu vurgulamıştır.

Bye and Lincoln (1986), gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) ile kurdukları denemede yeme 3 mg/kg dozunda 17α -metiltestosteron eklemişler ve yeme yeni başlayan yavruları 700 gün-derece süresince hormonlu yem ile beslemişlerdir. Çalışmanın sonunda %100 genotipik olarak dişi fonksiyonel olarak erkek bireyler elde edilmiş, fakat dönüşen balıklarda sperm kanalları tıkalı olduğundan testisler diseksiyon ile çıkarılarak kullanılmıştır.

Baker et al., (1988), chinook som balığı (*Oncorhynchus tshawytscha*) türünde kuluçka döneminde 17α -metiltestosteron kullanılarak daldırma işlemleriyle erkekleştirilmesi isimli çalışmalarında tek cinsiyetli dişi gözlü balık yumurtaları ve yumurtadan yeni çıkmış larvaları kullanmıştır. Çalışmada 30, 60 veya 120 dakika boyunca 20 veya 200 µg/lt dozunda 17α -metiltestosteron içeren 10°C'deki hormonlu suya 2 saat süresince daldırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında 200 mg/lt gruplarında %82-100 oranında erkekleşme elde

edilirken, ilk uygulamadan 8 gün sonra yapılan ikinci uygulama sonucunda erkek oranındaki artış gözlemlenmiştir (Fatima et al., 2016).

Piferrer and Donaldson (1992), chinook som balıklarında (*Oncorhynchus tshawytscha*) doğal ve sentetik östrojen hormonları ile doğrudan hormon uygulamalarını karşılaştırdıkları çalışma sonucunda, erken evrede steroid ilaveli solüsyona daldırılan bireylerde cinsiyet dönüşümünün erkekleşme yönünde %95 oranında yakalanabildiğini, ayrıca bu yöntem ile süre ve maliyet konusunda da avantaj sağlanabildiğini keşfetmişlerdir.

Feist et al. (1995), gökkuşağı alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss*) fizyolojik cinsiyetin kontrolü amacıyla ağızdan 1 hafta önceki yumurtalara ve larvalara 17- α metilttestosteron (MT), 11- β Hydroxyandrostenedione (OHA) ile daldırma işlemi uygulamışlardır. İki saat boyunca 0,4 mg/lt dozunda 17- α metilttestosteron (MT) ilaveli su ortamına daldırma işlemi sonucunda %100 erkekleşme elde edilirken, yine 0,4 mg/lt 11- β Hydroxyandrostenedione (OHA) ile yapılan uygulama sonucunda ise %0-70 oranında fonksiyonel erkek bireyler elde edilmiştir. Yeme katılarak yapılan uygulama sonucunda kanalsız erkekler ortaya çıkarken immersiyon yöntemi ile yapılan uygulamada ortaya çıkan bireylerin birçoğunun kanallı olduğu tespit edilmiştir (Arslan et al., 2012).

Çetinkaya ve ark. (1996), 17- α metilttestosteronun (MT) gökkuşağı alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss*) büyüme, kondisyon, yem değerlendirme ve protein etkinliğine olan etkilerini inceledikleri çalışmada, 92 gün boyunca 2,5 mg/kg ve 5.0 mg/kg hormon ihtiva eden yemle beslenen yavru balıklar ve 96 gün boyunca 5.0 mg/kg hormonlu yem ile beslenen yavruları karşılaştırmıştır. Çalışmanın sonuç raporunda gökkuşağı alabalığı yavrularına yeme başladıkları ilk günden itibaren 2,5 mg/kg 17- α metilttestosteron (MT) ihtiva eden yem verildiğinde büyüme ve gelişme açısından daha iyi sonuçların elde edildiği bildirilmiştir.

Demska-Zakes and Zakes (1997), sudak balığı (*Stizostedion lucioperca*, L.) nın fenotipik cinsiyetinin kontrolü amacıyla 17 α -Metilttesteron kullanarak yapmış oldukları çalışmada, 21 gün boyunca 30 mg/kg doz hormon verilen grupta %96,67 erkek birey elde ederken, 60 ve 90 mg/kg doz uygulanan gruplarda ise dişi, interseks ve kısır bireylerin oranının arttığını gözlemişlerdir.

Al-Ablani and Phelps (2001), 40 günlük büyük ağızlı levrek balıkları (*Micropterus salmoides*) üzerine yapmış oldukları çalışmada besin kesesini yeni tüketmiş larvalardan bir gruba estradiol 17- β , diğer gruba ise steroid olmayan Dietilstilbestrol isimli östrojen ilacını 40 gün boyunca 100, 200 ve 400 mg/kg dozlarında yem ile vermişlerdir. Çalışma sonucunda her iki östrojen kaynağında da %100 dişileşme elde edildiği fakat dişi gonadların yapıları açısından farklılıklar olduğu tespit edilmiştir.

Karayücel et al., (2003) nil tilapia (*Oreochromis niloticus*) balıklarında YY süper erkek popülasyonlar üretmek amacıyla yapmış oldukları çalışmada, bir gruba steroid olmayan östrojen ilacı diethylstilbestrol (DES; 1.6%) içeren yem verip, diğer grubu ise yüksek sıcaklıktaki (36 °C) suda büyütme işlemi uyguladıktan sonra cinsiyet dönüşümü konusunda benzer sonuçlar almışlar ancak yaşama oranları açısından DES içeren grupta daha yüksek sonuçlar elde etmişlerdir.

Park et al., (2004) Alaca ejderha yayın balığında (*Pseudobagrus fulvidraco* (Richardson)) Estradiol-17 β ve tamoksifen (C₂₆H₂₉NO) maddelerinin farklı dozlarını kullanarak cinsiyet dönüşümüne yönelik deneme kurmuşlardır. Deneme sonucunda 400 ppm dozundaki Estradiol-17 β tümü dişi bireyler oluşmasına sebep olurken, 200 ppm dozundaki tamoksifen maddesinin ise %90 oranında erkek popülasyon üretimine sebep olduğu rapor edilmiştir (Hoga et al., 2018).

Sumpter and Johnson (2005), sucul canlıların endokrin sistemleri hakkında yapmış oldukları incelemede endokrini etkileyen kimyasallar aracılığı ile birçok tatlı su ve deniz türlerinin dişileştiğini gözlemlemişlerdir (Hou et al., 2018).

Mersin balıklarında dişi bireyler siyah havyar üretimi açısından ticari öneme sahiptir. Bu sebeple de mersin balığı türlerinde cinsiyet kontrol mekanizmaları dişi bireyleri elde etmeye yönelik yapılmaktadır. Omoto et al., (2005), mersin morinası (*Huso huso*) ve Sterlet mersin balıklağı (*Acipenser ruthenus*) çaprazlanmasıyla elde edilen melez balık Bester (*Huso huso* dişi $\times$ *Acipenser ruthenus* erkek) üzerine yapmış oldukları ginogenez uygulaması sonucunda %70,0-80,0 oranında dişi birey elde etmişlerdir (Keyvanshokoo and Gharaei, 2010).

Güner et al. (2005a), gökkuşağı alabalığında (*Oncorhynchus mykiss*) tümü dişi popülasyonların üretilmesi üzerine kurmuş oldukları denemede, normal XY erkek ve XX normal dişi anaçlardan elden edilen larvalara, vitellüs keselerini

tüketimini takiben 750 gün-derece süre boyunca 3 mg/kg dozunda 17 α -methyltestosterone ilaveli yem vermişlerdir. Hormon uygulama süresinin ardından 24 aylık oluncaya kadar balıklar normal yemle beslendikten sonra XX erkek bireyler ayrılmış ve bu balıklardan elde edilen spermler ile XX normal dişi yumurtalarında çaprazlanmasıyla %100 dişi popülasyon elde edilmiştir.

Güllü et al., (2007), gökkuşağı alabalıklarının (*Oncorhynchus mykiss*) doğrudan uygulama ile dişileştirilmesi üzerine yapmış oldukları çalışmada yumurtadan çıktıktan otuz gün sonra larvalara 20 mg/kg düzeyinde estradiol valerat (EV) ilaveli yem vermeye başlanmış ve bu uygulama bir grupta 600 ve diğer grupta ise 800 gün-derece sürdürülmüştür. Çalışma sonucunda estradiol valerat uygulanan her iki grupta da %100 dişileşme elde edilirken kontrol grubunda ise %45 oranında dişi balık tespit edilmiştir.

Wang et al., tarafından 2008 yılında güneş balığının (*Lepomis macrochirus*) dişileştirilmesi üzerine gerçekleştirilen çalışmada, yavru balıklara 60 gün boyunca 50, 100, 150 ve 200 mg/kg dozunda Estradiol-17 β içeren yem verildikten sonra tüm gruplarda dişileştirme hedefine ulaşıldığı ancak en iyi sonucun 150 mg/kg hormon içeren grupta elde edildiği rapor edilmiştir.

Başçınar ve Sonay (2009), salmonidae ailesi üyelerinin cinsiyet dönüşümü üzerine yapmış oldukları tarama sonucunda, besin kesesini yeni tüketmiş olan yavru balıklara belirli bir süre boyunca 20 mg/kg dozunda östrojen ilaveli yem vermenin sonucunda dişileştirmenin mümkün olduğunu bildirmişlerdir.

Atar et al. (2009), farklı hormonların gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'in cinsiyet dönüşümüne etkisi ve tümü dişi popülasyon üretimi ile ilgili yapmış oldukları çalışmada, ilk yem almayla birlikte balıklara üç farklı hormonu (17 α -Methyltestosteron, 11 β - hydroxyandrostenedione, 17 α -Ethynyltestosterone) değişik miktarlarda yeme karıştırıp vermişler ve cinsiyet dönüşümündeki etkilerini araştırmışlardır. Deneme sonunda 60 gün boyunca 3 mg/kg 17 α -Methyltestosterone içeren yemle beslenen grupta en yüksek oranda (%86,67 $\pm$ 6,67) genotipik olarak dişi, fenotipik olarak erkek bireyler elde edilmiştir.

Arslan et al., 2010 yılında androjenler aracılığı ile tek cinsiyetli popülasyon üretimi amacıyla gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) üzerinde birtakım denemeler yürütmüştür. Denemeler sonunda XX erkek bireylerin oluşturulması

amacıyla yavruların ilk tükettikleri yemlere 1,0; 2,0 ve 3,0 ppm dozunda 17 α -metiltestosteron ilave ettikten sonra 600 gün-derece boyunca bu yemle beslemiştir. Çalışmanın diğer bölümünde ise larvalar farklı tekrarlarda ikişer saatlik süre ile 0,5 ppm 17 α -metiltestosteron içeren solüsyona daldırılmıştır. Denemeler sonucunda yemlerle oral yolla verilen hormonların XX erkek bireylerin üretilmesinde daha etkili olduğu fakat yüksek dozdaki uygulamaların balıkların sperm kanallarına zarar verdiği veya kısır balıkları ortaya çıkardığını belirtmiştir.

Çelik et al. (2011), Nil tilapyasında (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus 1758) tümü erkek popülasyonları üretmek amacıyla yapmış oldukları denemede besin keselerini bitirip toz yem alma aşamasındaki yavru balıkları 5 farklı dozda (0, 20, 30, 40, 50 ve 60 mg.kg⁻¹) 17 α -metiltestosteron (MT) içeren yemle beslemiştir. 28 gün boyunca devam ettirilen çalışma sonucunda gruplar arasında ortaya çıkan erkek birey oranlarının sırasıyla %57,1; 69,8; 69,4; 70,9; 86,1 ve %93,7 seviyelerinde olduğu tespit edilmiş olup, en yüksek cinsiyet dönüşüm oranının 60 mg.kg⁻¹ MT uygulanan grupta meydana geldiği gözlemlenmiştir.

Razmi et al., (2011), gökkuşağı alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss*) doğrudan hormon uygulaması ile cinsiyetin kontrolünü amaçladıkları çalışmalarında yumurtadan yeni çıkmış besin keseli larvaları 1 defaya mahsus 400 µg/lt 17 α -Ethinilestradiol (EE2) içeren solüsyona 1, 2, 4 ve 8 saatlik daldırma işlemleri sonucunda en iyi sonucu (%96 dişi popülasyon) 2 saatlik daldırma uygulamasından elde etmişlerdir.

XX fonksiyonel erkek anaçların gonadları normal XY erkek anaçlarınkine göre 5 kat daha fazla sperm hücresi barındırmaktadır. Nynca et al., 2012 yılında yapmış oldukları araştırmalarda üreme dönemi boyunca fonksiyonel gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) anaçlarını sperm kalitesinden meydana gelen değişiklikleri belirlemeyi hedeflemişlerdir. Bu kapsamda dönüştürülmüş erkeklerin sperm konsantrasyonu, sperm motilite parametreleri ve seminal plazmanın biyokimyasal parametreleri (protein konsantrasyonu, antitripsin aktivitesi, ozmolalite ve laktat dehidrojenaz aktivitesi) üreme sezonu boyunca takip edilerek normal erkek gökkuşağı alabalığının verileri ile karşılaştırılmıştır. Denemeler sonucunda sperm hareketliliği ve hareket yüzdesi bakımından kontrol grubunun

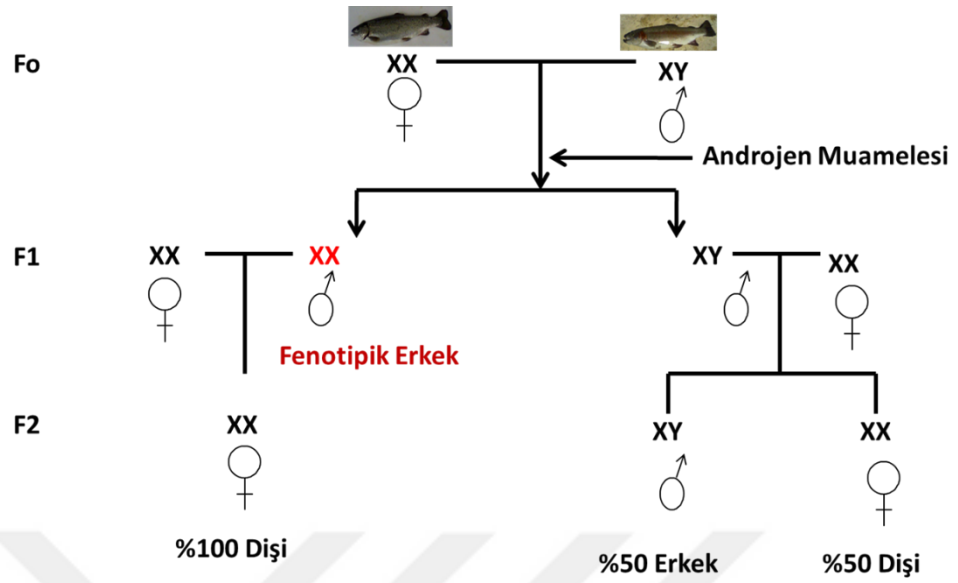
daha iyi olduğu fakat sperm miktarı ve sperm hücre içeriği bakımından ise XX erkek anaçların istatistiksel olarak ($p<0,05$) farklı olduğu vurgulanmıştır.

Karslı vd. (2014), farklı oranlarda yeme ilave edilen iki farklı hormonun (17β -estradiol, 17α -metiltestosteron) ahli çiklit (*Sciaenochromis ahli*) balığında üremeye olan etkisini araştırdıkları çalışmada, kısırlaşma durumunun tespiti için balıklara farklı dozda hormon ilaveli yemler (20, 40, 60 mg/kg Estradiol- 17β ve 20, 40, 60 mg/kg 17α -metiltestosteron) verilmiş ardından da anaçların yavru verimleri takip edilmiştir. Deneme sonucunda, hormon dozunun artmasının anaçlardaki yavru verimine olumsuz etkisi olduğu bildirilmiştir.

2.4.1.1. XX erkek bireylerin üretimi

Doğrudan hormon uygulaması ile cinsiyetin kontrolünde pazar aşamasında yaşanan problem ve engeller sebebiyle fizyolojik cinsiyetin dolaylı yöntemle kontrolü önem arz etmektedir. Bunun yanında işletmedeki dişi balıkların erkeklerle göre porsiyonluk boya daha erken ve daha verimli ulaşması sebebiyle Salmonidae ailesi üyelerinin üretimini yapan birçok işletmede tümü dişi popülasyonların elde edilmesi karlılık açısından tercih edilmektedir. Üretimde bu hedefin gerçekleştirilebilmesi için öncelikle kromozom bakımından dişi fizyolojik olarak erkek olan XX erkek anaçların üretilmesi gerekmektedir.

İşletmede bulunan normal erkek ve dişi anaçlar çaprazlanarak elde edilen yavruların teorikte %50'sinin erkek %50'sinin ise dişi olması beklenmektedir. Tüm bu yavrular besin keselerini tükettikten sonra androjen ilave edilmiş yem ile belirli bir süre beslenirler. Daha sonra yapılacak kontroller sonucunda XY genotipli normal erkekler tespit edilip popülasyondan ayırt edilmektedir. Kalan balıklar XX genotipli fakat erkek fenotipte olduğu için XX erkek, fonksiyonel erkek, maskülen dişi, dönüştürülmüş erkek gibi isimler almaktadır. Elde edilen bu XX erkek bireyler ile normal XX dişi bireylerin çaprazlanması sonucunda ise tümü dişi XX popülasyonlar elde edilmektedir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Gökkuşaağı alabalığında dolaylı yöntemle XX erkek (tümü dişi popülasyon) üretimi

2.4.1.2. Hormon uygulamalarının insan sağlığı açısından etkileri

İnsan tüketimine yönelik gıdalarda doğrudan hormon kullanımı konusunda karşılaşılan tüketici tepkisini azaltmak adına alabalıklarda doğrudan hormon uygulaması yerine dolaylı yoldan hormon uygulamasına rağbet gösterilmektedir (Ingram, 1988).

Altunok vd. (2008), cinsiyet dönüşümünde balıklara doğrudan hormon uygulaması ile başarılı sonuçlar elde edilmesine rağmen hormon sözcüğünün tüketicilerde olumsuz izlenim oluşturmaya bağlı olarak balıkların pazarlanmasında birtakım problemlerle karşılaşıldığını ve sektörün bu şekilde zarara uğrayabileceğini bildirmişlerdir.

Avrupa Birliği Bakanlar Konseyi'nin 29.04.1996 tarihinde almış olduğu 96/22/CE sayılı karar doğrultusunda Avrupa Birliği'ne üye ülkelerde doğrudan hormonal uygulamalar yasaklanmış olup sadece dolaylı yoldan cinsiyet dönüşümüne izin verilmektedir. Hormon verilerek cinsiyeti dönüştürülmüş anaçların kullanımına sadece bir sonraki neslin oluşturulmasında izin verilmekte olup insan gıdası olarak tüketime sunulmaması kararlaştırılmıştır. Buna karşın, Kanada, ABD ve Avustralya gibi ülkelerde ise östradiol, testosteron, progesteron

ve bunların esterleri gibi hormonların kullanımı konusunda bir kısıtlama bulunmamaktadır (Iwona et al., 2017; Hoga et al., 2018).

AB, Hindistan, Ekvador ve Kosta Rika gibi bazı ülkeler steroid hormonları işlem görmüş ürünler üzerinde sıkı düzenlemeler getirmiş olsa da Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi (FDA), kapsamlı bilimsel araştırma ve deneylere dayanarak steroidlerin kullanımına izin vermektedir. Özellikle metiltestesteron ve türevlerinin karaciğer ve böbrekte hızla metabolize olması ve kan plazmasındaki yarılanma ömrünün kısa oluşu sebebiyle, insan yaşamı için diğer steroid kaynaklarına kıyasla daha güvenli olduğu bildirilmiştir (Mlalila et al., 2015).

Johnstone et al. (1983), mozambik tilapyası (*Oreochromis mossambicus*) ve gökkuşağı alabalığı (*Salmo gairdneri*) yavrularına yem ile birlikte oral olarak uygulanan 17α -metiltestosteronun vücuttan atılmasını araştırdıkları çalışmada hormonun dokulardan yarılanmasını tespit etmek için radyoaktivite tükenme oranlarını ölçmüşlerdir. Ölçümler sonucunda radyoaktivitenin, hormonun kesilmesinden sonraki ilk 8-12 saat boyunca yüksek kaldığı ve büyük ölçüde (>%95) viseral dokularda bulunduğu tespit edilmiştir. Yüz saat sonra ise hem iç organlarda hem de karkas kısmında hızlı bir şekilde tükendiği ve hormonun vücuttan %99 oranında atıldığı gözlemlenmiştir.

Benzer bir çalışmayı mavi tilapya (*Oreochromis aureus*) üzerinde yapmış olan Goudie et al., (1986) ise 17β -Estradiol ve 17α -metiltestosteron hormon seviyelerinin hormonlu yemlerin kesilmesinden 5 gün sonrasında ölçülemeyecek rezidü seviyelerini indirdiği tespit etmişlerdir (Turan, 2000).

Cravedi et al., (1989), gökkuşağı alabalıklarında (*Salmo gairdneri*) 17α -metiltestosteronun vücutta absorbe edilmesi ve dokulardan atılımını inceledikleri çalışmada balıklara tek doz (40 μ g, 126,8 kBq) intragastrik yolla 17α -metiltestosteron vermişlerdir. Elde edilen veriler ışığında, verilen hormonun %95'inin sindirim yoluyla emildiği, hormon uygulamasından 24 saat sonra ise toplam verilen dozun %67,4'ünün solungaçlar yoluyla tekrar vücuttan atıldığını kaydetmişlerdir.

Pandian and Kirankumar, 2003 yılında bazı salmonidae ailesi üyelerinin (*Oncorhynchus kisutch* ve *Oncorhynchus tshawytscha*) cinsiyet dönüşümü üzerine yapmış oldukları çalışma sonucunda steroid uygulamasından hemen sonra androjenin emildiğini, 1-2 hafta içerisinde ise vücuttan %90-95 oranında atılımının gerçekleştiğini, 5 ng/g (0.001 ppm)'dan düşük seviyedeki kalıntıların ise insan sağlığı için bir tehlike olamayacak kadar düşük olduğunu bildirmişlerdir.

2.4.2. Genetik cinsiyetin kontrolü ile ilgili çalışmalar

Gen modifikasyonu metodunda, istenen özelliği belirleyen genlerin frekanslarının yükseltilmesi amacıyla üzerinde çalışılan türün genom yapısında muhtelif modifikasyonlar yapılarak uygulama sonunda istenilen özellikte bireylerin elde edilmesi planlanmaktadır (Yılmaz vd., 2009).

Shepherd and Bromage (1988), steril (kısır) balık üretiminde kimyasallar, steroid hormonları, triploidizasyon ve radyasyon uygulamaları gibi yöntemler karşılaştırıldığında en verimli ve ekonomik yöntemin triploidleştirme olduğunu bildirmişlerdir.

Johnstone (1992), İskoçya'da triploid atlantik som balığı (*Salmo salar*) üretimi ve performansı isimli bilimsel çalışmasında balık hücrelerinin 2n kromozoma sahip olduğunu, mayoz bölünme ile kromozom sayısının yarıya indiği noktada ise kromozom manipülasyonlarının mümkün olduğunu vurgulamıştır.

Diploid (2n) kromozoma sahip bireylerin çaprazlanması ve döllen yumurtaların döllendikten bir süre sonra sıcaklık, basınç, kimyasallar gibi etkilerle şok uygulanması sonucu kromozom sayısının katlanarak artmasına poliploidi ismi verilmektedir. Kromozom sayısı 3n olduğunda bireyler triploid, 4n ise tetraploid, 5n ise pentaploid olarak isimlendirilmektedir (Vicdanlı, 2007).

Triploid (3n) balıklar steril (kısır) olduklarından dolayı diploid (2n) bireylere göre gonadal gelişim göstermemelerinden ötürü, daha iyi büyüme parametreleri, yaşama oranı, kaliteli ve yüksek oranlı karkas verimi, hastalıklara karşı dirençli olmaları bakımından incelendiğinde yetiştiricilikte tercih edilmektedir (Başçınar ve Sonay, 2009; Sonay vd., 2021).

Doğal sulara kaçması durumunda genetik havuza etkisinin sınırlı olmasından ötürü çevre örgütleri tarafından balıklandırmaların triploid balıklarla yapılması tavsiye edilmiştir. Bununla birlikte triploidizasyon ile üretilen balıklar Avrupa Birliği müktesebatına göre genetiği değiştirilmiş organizma (GDO) sınıfına girmediği de göz önüne alınırsa ticari açıdan da triploid balık üretiminin önemi günden güne artmaktadır (Yılmaz vd., 2017).

Poliploidi çalışmalarında asıl hedef kısır bireylerin elde edilmesidir. Bu bağlamda döllenmiş yumurtalara döllenme işleminden belirli süre sonra sıcaklık, basınç ve kimyasallar aracılığı ile şoklama işlemi yapılarak 3n kromozoma sahip dişi veya erkek balıklar üretilmektedir (Tuzcu, 2017).

Gillet et al., (2001), salmonidae ailesi üyesi bir tür olan Arctic charr'da (*Salvelinus alpinus*) triploidizasyon için yapmış oldukları araştırmada, yumurtalara döllenmeden sonra 3 farklı zamanda (30., 40. ve 50. dk) 9427 psi (650 bar) ve 5 er dk boyunca hidrostatik basınç şoku uygulamışlardır. Daha sonra balıklar 3 yaşa kadar büyütülerek büyüme, hayatta kalma ve gelişme parametreleri ölçülmüştür. Çalışma sonunda *Salvelinus alpinus* türü için en iyi sonucun döllenmeden 50 dk sonra 650 bar miktarında ve 5 dk süre ile hidrostatik basınç grubunda ortaya çıktığı kaydedilmiştir.

Bilgin (2004), Düzce ili ve çevresindeki gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) üretim tesislerindeki balıklarda kromozom farklılıklarının belirlenmesi üzerine hazırlamış olduğu tez çalışmasında altı adet üretim tesisinden almış olduğu 60 adet balığa ait olan solungaç dokusunun analizi sonucunda sırasıyla; 2n=58, 2n=62, 2n=54, 2n=56, 2n=54, 2n=56 kromozom sayılı karyotip tespit edildiğini bildirmiştir.

Güner et al., (2005b), Türkiye'de triploid gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) üretimi ve performansının incelenmesi üzerine yapmış oldukları çalışmada yumurtalara döllendikten 15 dakika sonra 20 dakika boyunca 26.5 °C ve 28 °C seviyelerinde sıcaklık şoku uygulamışlardır. Deneme boyunca mutlak büyüme oranı, nispi büyüme oranı, spesifik büyüme oranı, kondisyon faktörü, gonadosomatik indeks ve yem dönüşüm oranları (FCR) incelenmiştir. Deneme sonucunda 26.5 °C ve 28 °C sıcaklık şoku ile sırasıyla %85 ve %100 triploid oranı elde edilmiştir. Eritrosit çaplarının diploid (2n) bireylerden 1,57 kat daha büyük

olduğu tespit edilmiştir. Yine aynı şekilde büyüme parametreleri triploid bireylerde diploidlerden daha yüksek bulunmuştur.

Hershberger et al., (2007), gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yetiştiriciliğinde doğrudan triploid balıklar üretmek için tetraploid anaçların elde edilmesine yönelik bir çalışma planlamışlardır. Yumurtalara döllenmeden 320 dk sonra 3 farklı hidrostatik basınç seviyesinde (7.000, 8.000, 9.000 psi) 8 dk boyunca basınç şoku uygulanmıştır. Çalışma sonucunda tetraploidizasyon için en iyi protokolün döllenmeden 320 dk sonra 8 dk boyunca 9000 psi hidrostatik basınç şoku uygulaması olduğu tespit edilmiştir.

Kalbassi et al., (2009), Aras alabalığına (*Salmo trutta caspius*) sonraki 5., 10., 20. ve 40. dakikalarda, sırasıyla 5, 10, 15 dakika boyunca üç farklı sıcaklık seviyesinde (26, 28 ve 30 °C) şok uygulayarak triploidizasyon denemesi yapmışlardır. Yavru balıkların triploidleşme oranı alınan kan numunelerindeki eritrositlerin yüzey ve hacim ölçümlerinin yanı sıra akış sitometresi (flowcytometer) analiziyle belirlenmiştir. Denemeler sonucunda yumurtaların döllenmesinden larvaların serbest yüzmesine kadar hayatta kalma, triploid oranları ve triploid verimleri sırasıyla %0-70, %0-97 ve %0-57 aralığında tespit edilmiştir. En yüksek triploid verimi, döllenmeden sonraki 40. dakikada 26°C'de 10 dk süresince uygulanan şok ile elde edilmiştir.

Flajshans et al., tarafından 2010 yılında triploid kadife balığı (*Tinca tinca*)nın su ürünleri yetiştiriciliği için potansiyelini belirlemek amacıyla yapmış oldukları incelemelerde, soğuk şoku ile triploidizasyona uğrattıkları balıkları diploid balıklar ile kıyaslamışlardır. Sonuç olarak triploid kadife balıkları diploid bireylere göre daha fazla ağırlık artışı (%2,69-3.94), daha fazla karkas verimi, %20-60 oranında daha düşük gonadosomatik indekse sahip olduklarını bildirmişlerdir.

Bencsik et al., (2012), gökkuşağı alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss*) eritrosit boyutlarına göre tetraploidi tespiti amacıyla yapmış oldukları çalışmada, yumurtalara döllenmeden 6 saat sonra 28 °C'de 15 dakika boyunca sıcaklık şoku uygulanmıştır. Daha sonra 2,5 yaşına kadar büyütülen balıklardan alınan kan örnekleri boyanıp mikroskop altında incelenmiştir. Ölçümler sonucunda tetraploid bireyler için eritrosit alanı diploid bireylerden 2,18 kat ($61,48 \pm 2,11$; $28,15 \pm 1,35$) eritrosit hücresinin çevresi ise diploid bireylerden 1,45 kat ($30,12 \pm 0,5$; $20,68 \pm 0,42$) daha büyük olduğu belirlenmiştir.

Fujimoto et al., (2013), sarıkuyruk tetra (*Astyanax altiparanae*) balıklarında tetraploid larvalar elde etmek amacıyla yumurtalara 41 °C’de 2 dk boyunca yüksek sıcaklık şoku uygulanmıştır. Uygulama süresinin tespiti için 4 farklı deneme grubu oluşturulmuş optimum zaman olarak döllenmeden sonraki 21 ve 51 dk lar sonrası olduğu rapor edilmiştir.

Preston et al., (2013), kahverengi alabalıkta (*Salmo trutta* L.) triploidi uygulamasının optimizasyonu amacıyla kurmuş oldukları denemelerde hidrostatik basınç yoluyla triploidizasyon elde edilmeye çalışılmıştır. Yumurtalara döllendikten 30 dakika sonra (300 derece x dakika (CTM)) 3 farklı (9500, 10000, 10500 psi) hidrostatik basınç ve 3 farklı şok süresi (4, 5, 6 dk) boyunca şok uygulanmıştır. Çalışmada elde edilen veriler ışığında, kahverengi alabalıkta triploidi için en yüksek yaşama oranı ve %100 triploid oranı sağlayan basınç şokunun, döllenmeden 30 dk sonra 10 °C’de 5 dk süresince uygulanan 10.000 psi büyüklüğündeki hidrostatik basınç grubunda olduğu görülmüştür.

Kızak et al., (2013), triploid ve diploid dere alabalıklarında (*Salmo trutta fario*) büyüme performansı, gonadal yapı ve eritrosit boyutunun karşılaştırılması üzerine kurmuş oldukları denemelerde triploid uygulaması için yumurtalara döllenmeden 15 dk sonra 20 dk boyunca 26.5 °C’de sıcaklık şoku uygulamışlardır. Şok uygulaması sonrası balıklar normal beslemeye tabi tutulup 18. aydan 32. aya kadar triploid (TBT) ve kontrol diploid (CBT) dere alabalığı grupları üzerinde ölçümler sürdürülmüştür. Her iki grupta da yaşama oranı, spesifik büyüme oranı, yem dönüşüm oranı, kondisyon faktörü, nispi büyüme oranı, mutlak büyüme oranı, gonadosomatik indeks, hepatosomatik indeks ve karkas verimi belirlenmiştir. Triploid dere alabalıkları diploid balıklardan daha fazla canlı ağırlık göstermesine rağmen istatistiki olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir ($P>0.05$). Triploid grupta triploidizasyon başarısı %95, erkek/dişi oranı %44,4 / 55,6 olarak bulunmuştur. Eritrosit hücreleri karşılaştırıldığında ise triploid bireylerin hücre büyüklüğü diploid olanlardan önemli ölçüde daha büyük olduğu kaydedilmiştir ($p<0.05$).

Güner et al., (2016), 16 saat gündüz / 8 saat gece olacak şekilde fotoperiyot uygulamasına maruz bırakılan gökkuşağı alabalıklarından (*Oncorhynchus mykiss*) alınan yumurtalara poliplodi işlemi için uygun sıcaklık şokunun belirlenmesi amacıyla yapmış oldukları çalışmada, yumurtaları ultraviyole (UV) ve sıcaklık şokuna maruz bırakmışlardır. Bir grup yumurtaya 254 nm UV lamba ile şoka uğrattırılıp ile ginogenetik diploid bireyler elde edilirken, diğer grup yumurtalara

döllenmeyi takiben 5,10 ve 15 dk sonra 26 °C deki suya 10 ve 20 dk süresince daldırma sıcaklık şoku uygulanmıştır. Denemeler sonucunda en iyi uygulamanın döllenmeden 20 dk sonra 26 °C’de 10 dk süresince devam ettirilen sıcaklık şoku olduğu tespit edilmiştir.

Franěk et al., (2019), taşıyıcı üreme için triploid zebra balığı (*Danio rerio*) üretimi ve kullanımı üzerine yapmış oldukları çalışmada triploidizasyon işlemi için soğuk şoku (3, 6 ve 9 °C) ve sıcaklık şoku (41,0; 41,4 ve 42,0 °C) uygulamışlardır. Çalışma sonunda yüksek sıcaklık şoku işleminin, özellikle dişilerde %100 triploid üretim oranıyla daha etkili olduğu kanıtlanmıştır.

Alvarenga et al., (2020), nil tilapia (*Oreochromis niloticus*) balıklarında yüksek sıcaklık şoku aracılığı ile tetraploid bireyler üretmek amacıyla kurmuş oldukları denemelerde, balıklara 40 °C’de dört farklı süre boyunca (1, 2, 3 ve 4 dk), döllenmeden sonraki 9 farklı zamanda (50., 60., 70., 75., 80., 85., 90., 95. ve 100. dk) sıcaklık şoku uygulamışlardır. Deneme sonucunda %100 4n kromozoma sahip tetraploid bireyler elde edilememiş olmasına rağmen triploid bireyler gözlemlenmiştir.

Okomoda et al., (2021), afrika yayın balığında (*Clarias gariepinus*) tetraploid bireyler oluşturmak için uygun protokolün oluşturulması amacıyla yapmış oldukları çalışmada yumurtalara döllenmeden 31 dk sonra 3 farklı sürede (2, 5 ve 10 dk) ve 3 farklı sıcaklık derecesinde (0, 5 ve 10 °C) soğuk su şoku uygulanmıştır. Yapılan eritrosit hücre büyüklüğü ölçümlerinde tetraploid bireylerin ($4n = 112$), diploid muadillerine ($2n = 56$) kıyasla daha yüksek eritrosit eksen uzunluğuna sahip olduğu (17,4 - 12.5 μm) gözlemlenmiştir. Gruplardaki verim incelendiğinde 2 ve 5 dk süresince 5 °C’de uygulanan soğuk şoku, en yüksek kuluçka randımanını (%70) ve tetraploid yüzdesini (%35) vermiştir. Çalışma sonucunda afrika yayın balığında (*Clarias gariepinus*) tetraploid bireyler oluşturmak için en uygun protokolün döllenmeden 31 dk sonra 2 ve 5 dk süreyle 5 °C soğuk şoku olduğu sonucuna varılmıştır.

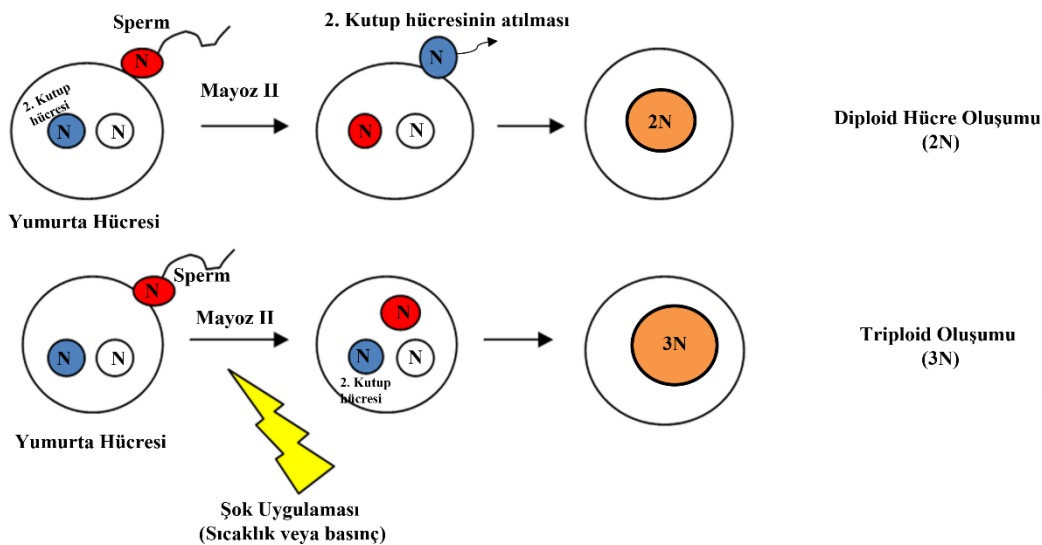
Sonay vd., (2021), triploid karadeniz alabalığı (*Salmo trutta labrax*) üretimi üzerine yapmış oldukları tespit çalışmasında yumurtalara döllenmeden sonraki üç farklı zamanda (10, 15 ve 20. dakikalarda), dört farklı sıcaklıkta (26, 28, 30 ve 32 °C) 10 dakika süresince sıcaklık şoku uygulanmıştır. En yüksek triploid oranının (%86,15), döllenmeden 15 dakika sonra 32 °C’de uygulanan sıcaklık şoku ile elde

edildiği, buna karşın ise en iyi kuluçka performansının ise 28 °C sıcaklık şoku grubunda görüldüğü kaydedilmiştir.

2.4.2.1. Triploid bireylerin eldesi

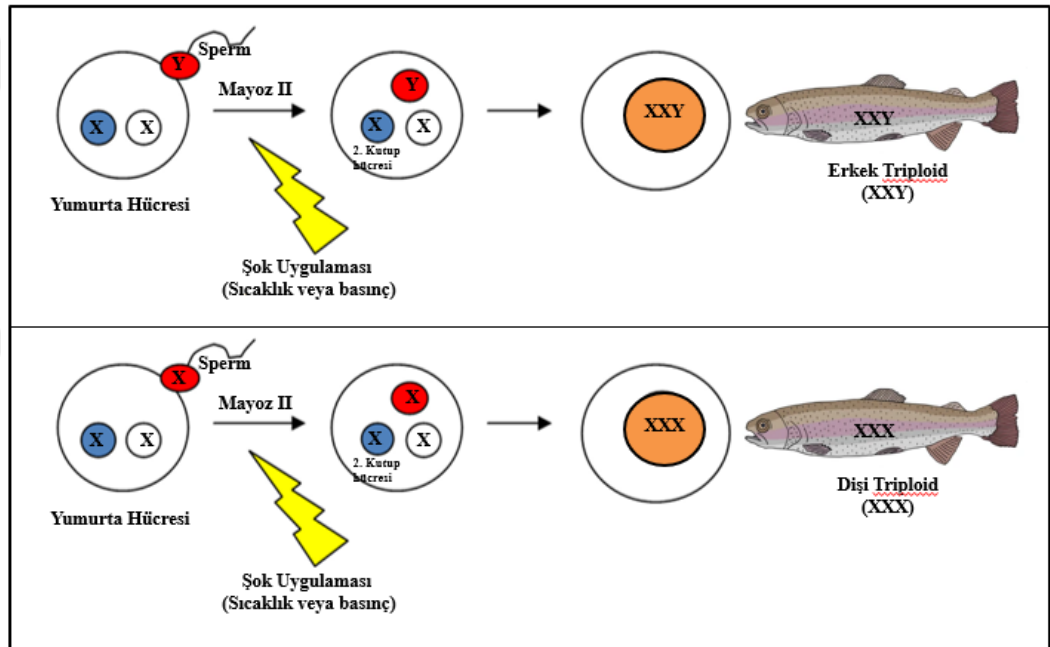
Triploidizasyon, steril (kısır) bireyler elde etmek amacıyla balık yumurtalarının döllendikten bir süre sonra Mayoz II safhasında iken, farklı uygulamalar ile (sıcaklık, soğuk, basınç, kimyasallar) belirli bir süre şoklanması sonucunda 2. kutup hücresinin yumurtadan atılmasının engellenmesi ile gerçekleşmektedir (Şekil 2.5).

Genellikle balık türlerinde ısı ve hidrostatik basınç şoku yaygın olarak kullanılırken, kabuklularda ise kimsayal şok uygulaması tercih edilmektedir. Şok uygulamasının ne zaman başlayacağı ve ne kadar süreceği hedef tür bazında 2. kutup hücresinin dölleme işleminden ne kadar zaman sonra yumurtadan ayrılacağına bağlı olduğu literatürde bildirilmiştir. Triploidizasyon işlemi sonucunda döllenmiş yumurta içinde biri spermden gelen toplam 3 adet haploid çekirdekçik bulunmakta ve $3n$ kromozom yapısına sahip zigot meydana gelmektedir (Ingram, 1988; Kankaya, 1998; Emre ve Kürüm, 2007; Manan et al., 2020).



Şekil 2.5. Diploid (2N) ve Triploid (3N) Kromozom Setli Bireylerin Oluşumu (Manan et al., 2020)

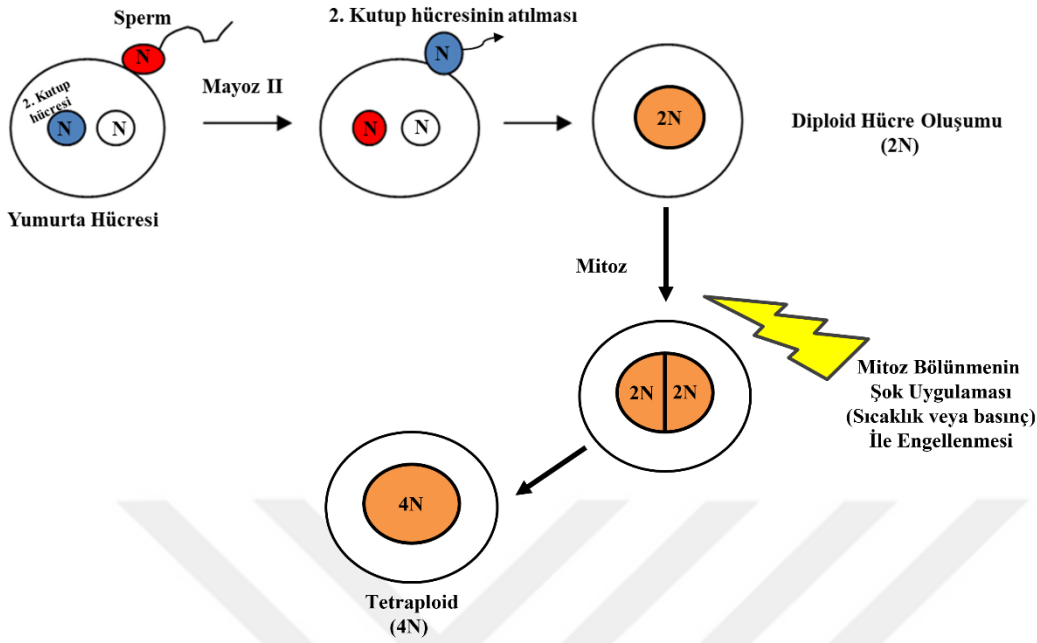
Gökkuşığı alabalığında (*Oncorhynchus mykiss*) triploid bireyler elde edilirken fonksiyonel erkek anaçların spermasının kullanılması tümü dişi triploid bireylerin eldesi için önem arz etmektedir. Çünkü normal erkek anaçların spermalarının kullanılması sonucunda erkek triploid balıklar (XXY) oluşacağı ve bu balıklarda da gonad gelişimi gözlemleneceği için karkas verimi ve büyümede diploidlerle benzer sonuçlar elde edilmektedir. Ancak, GSİ'nin artmasına ve gamet üretilmesine rağmen, bu sperm anöpoloid kromozom komplementleri taşıdığından üretimde kullanılamamaktadır. Bu sebeple alabalık yetiştiriciliğinde XX erkek spermaları kullanılarak tümü dişi ve triploid (kısır) (XXX) bireyler oluşturulması ticari açıdan önem arz etmektedir (Şekil 2.6)



Şekil 2.6. Erkek Triploid (XXY) ve Dişi Triploid (XXX) Bireylerin Oluşturulması (Kankaya, 1998).

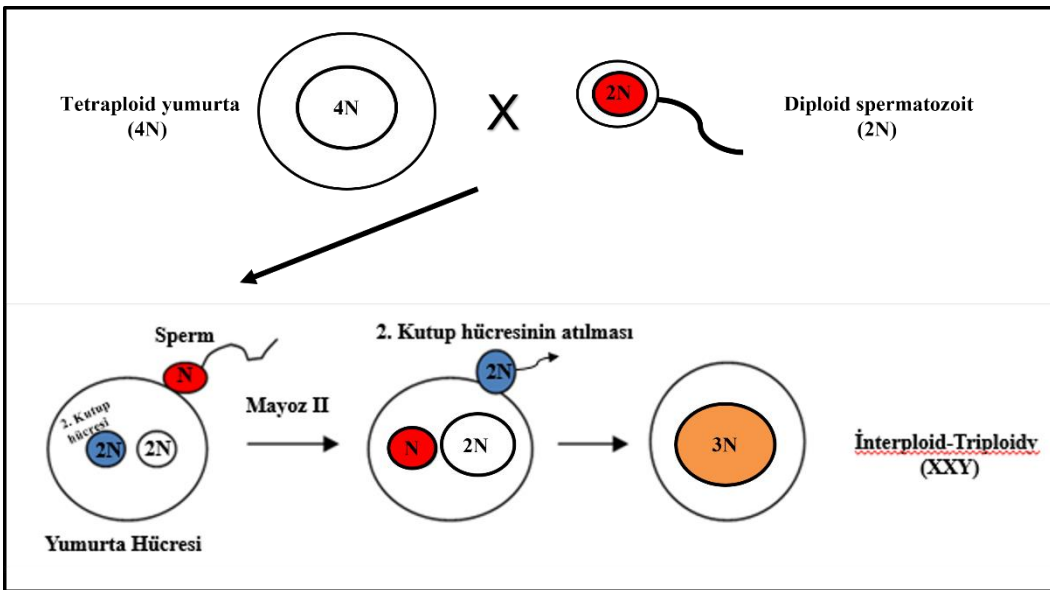
2.4.2.2. Tetraploid bireylerin eldesi

Tetraploidizasyon, normal (2N) kromozomlu bir yumurta hücresinin sperm hücresi ile döllenmesinden sonra MİTOZ I safhasında iken, farklı uygulamalar ile (sıcaklık, soğuk, basınç, kimyasallar) belirli bir süre şoklanması sonucunda mitoz bölünmenin engellenmesi ile 4N kromozom setli bireylerin elde edilmesidir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Tetraploid (4N) Kromozom Setli Bireylerin Oluşumu (Lutz, 2001).

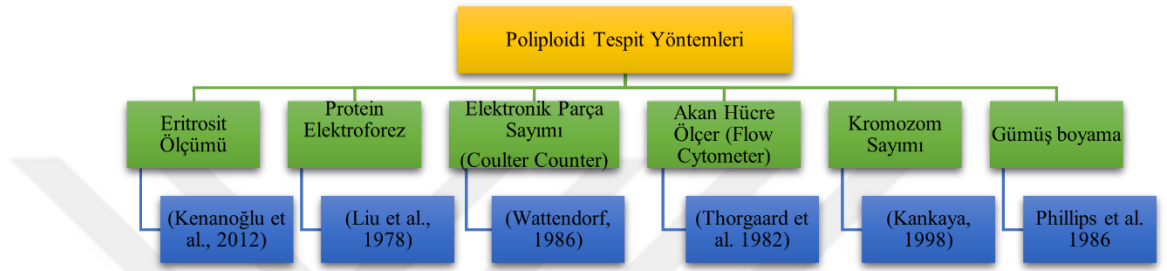
Tetraploid bireylerin üretilmesi zor olmasına karşın, 4N kromozom setli bireyler ile normal diploid (2N) kromozom setli bireylerin çaprazlanması sonrası doğrudan triploid (3N) bireylerin elde edilebilmesidir. Bu şekilde üretilen bireylere ise “İnterpoloid Triploidi” adı verilmektedir (Schatlowski and Köhler, 2012) (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. İnterpoloid-Triploid (3N) bireylerin oluşumu (Lutz, 2001).

2.4.2.3. Poliploidinin tespiti

Kromozom manipölasyonu çalışmalarında bireylerin poliploidi seviyelerinin belirlenmesi için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları şekil 2.9 ‘da gösterilmiştir.



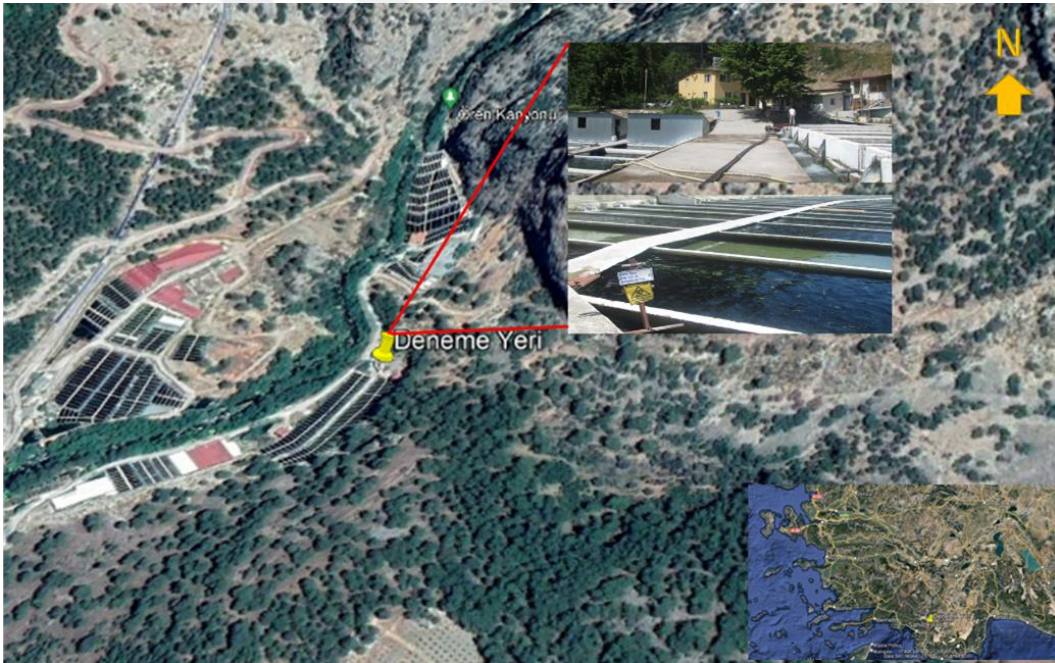
şekil 2.9. Poliploidinin tespitinde kullanılan yöntemler

3. MATERYAL ve METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Deneme Yeri

Çalışmanın uygulama bölümü, Muğla ili, Seydikemer ilçesine bağlı Sahilceylan Mahallesi'nde bulunan ve yumurtadan anaç boya kadar alabalık yetiştiriciliği yapan Ayhan Alp Alabalık Üretim Tesisi'nde yürütülmüştür (Şekil 3.1, Şekil 3.2). Hormonlu yemlerin hazırlanması ve çalışma dahilindeki analizlerin yapılması kısmı ise Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yetiştiricilik Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.1. Denemelerin yapıldığı yer



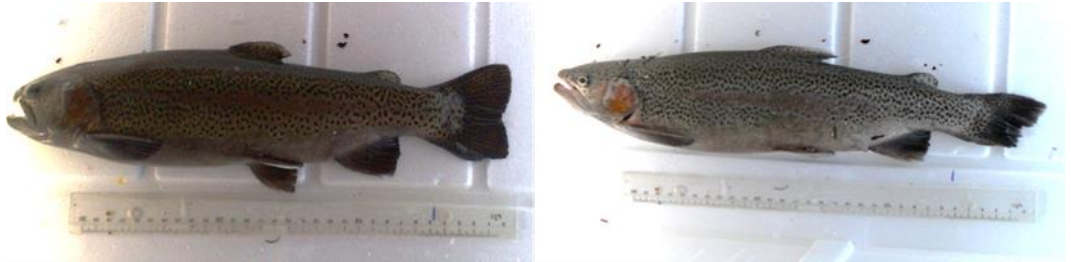
Şekil 3.2. Denemenin yapıldığı işletmenin genel görünümü



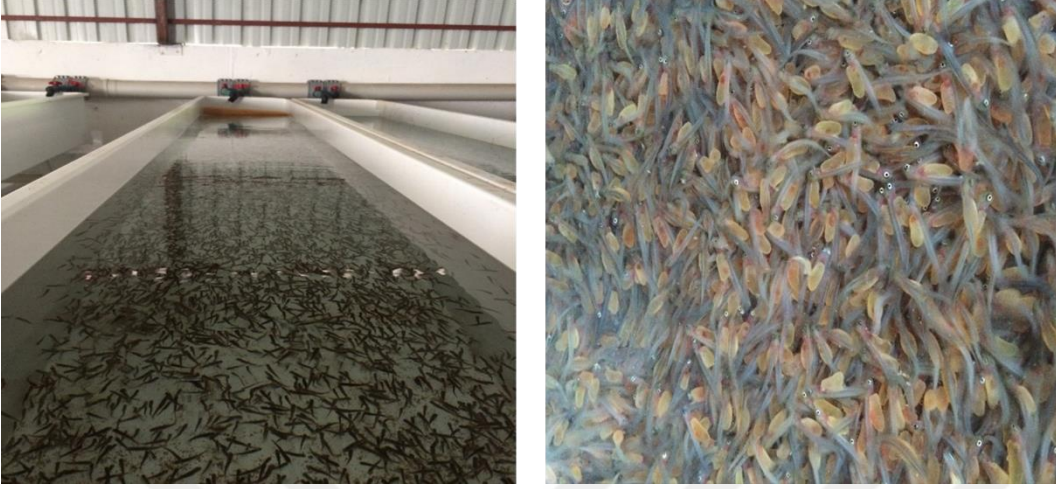
Şekil 3.3. Balık yetiştiriciliği ve biyoanaliz laboratuvarı

3.1.2. Denemede kullanılan balık materyali

Çalışmanın cinsiyet dönüşümü kısmında tesiste üretilen yumurtadan yeni çıkmış, besin kesesini tüketmiş gökkuşağı alabalığı larvaları kullanılmıştır (Şekil 3.5). Çalışmanın kromozom manipülasyonu aşamasında ise, önceki yıllarda işletmede 3.0 mg/kg 17 α -metilttestesteron kullanılarak cinsiyet dönüşümü gerçekleşmiş anaçlardan elde edilen gökkuşağı alabalığı spermleri ve normal dişilerin yumurtaları kullanılmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Denemelerde kullanılan gökkuşağı alabalığı anaçları



Şekil 3.5. Denemelerde kullanılan gökkuşığı alabalığı yavruları

3.1.3. Denemede kullanılan yem materyali

Denemede kullanılan gökkuşığı alabalığı yavrularının beslenmesinde özel bir firmaya ait ticari alabalık yemi kullanılmıştır (Şekil 3.6). Yavrular besin keselerini tüketip yem almaya başladıktan hemen sonra 300 ve 500 μ m alabalık başlangıç yemi kullanılmıştır. Yavru aşamasında 1-1.5 mm ve 3 mm yavru yemine devam edilmiştir. Yavru aşamasından sonraki dönemlerde ise balıklar büyütme yemi deneme sonuna kadar 4-9 mm ekstruder pelet yem ile beslenmişlerdir.



Şekil 3.6. Denemelerde kullanılan alabalık yemleri.

Deneme süresince kullanılan yemlerin besin madde içerikleri Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1. Denemede kullanılan yemin içeriği

Besin Değerleri (%)	Yem Boyutları								
	0,3 mm	0,5 mm	0,8 mm	1,5 mm	3 mm	4 mm	5 mm	6 mm	9 mm
Ham Protein	57	55	55	52	45	42	45	40	42
Ham Yağ	17	18	18	20	20	22	20	24	20
Ham Kül	10	10,5	10,5	9,5	10	10	9	9	7,2
Selüloz	0,5	0,5	0,5	0,7	3	3	3	3	3
Fosfor	1,3	1,7	1,7	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Sindirilebilir Enerji (kcal)	4520	4520	4300	4300	4000	4000	4000	3950	3950
Vitamin A (IU/kg)	16250	16250	14000	14000	12500	12500	12500	12500	12500
Vitamin D (IU/kg)	3250	3250	2800	2800	2500	2500	2500	2500	2500
Vitamin E (IU/kg)	525	525	350	350	200	200	200	200	200
Vitamin C (mg/kg)	150	150	210	210	210	210	210	210	210
Vitamin B2 (mg/kg)	10	10	30	30	20	20	20	30	30
Vitamin B12 (mg/kg)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02

3.1.4. Denemede kullanılan hormon materyali

Denemenin fizyolojik cinsiyetin kontrolü kısmının gerçekleştirilmesinde besin kesesini yeni tüketmiş olan gökkuşağı alabalığı larvalarına sentetik erkeklik hormonu olan 17 α -metiltestesteron (MT) (Sigma Aldrich, M7252; C₂₀H₃₀O₂) yeme 0,5, 1,0, 1,5, ve 3,0 mg/kg dozlarında karıştırılarak oral yolla verilmiştir.

3.1.5. Su parametreleri ölçümünde kullanılan materyaller

Deneme süresince günlük su sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$) ve çözülmüş oksijen (mg/l) ölçümleri düzenli bir şekilde yapılmıştır. Ölçümlerde su sıcaklığını $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$, oksijeni ise $\pm 0,5\text{ppm}$ hassasiyetle ölçen WTW OXI 315 (Xylem Analytics Brands, USA) marka oksijen metre kullanılmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Sıcaklık ve oksijen ölçümlerinde kullanılan oksijenmetre

3.1.6. Karanfil yağı

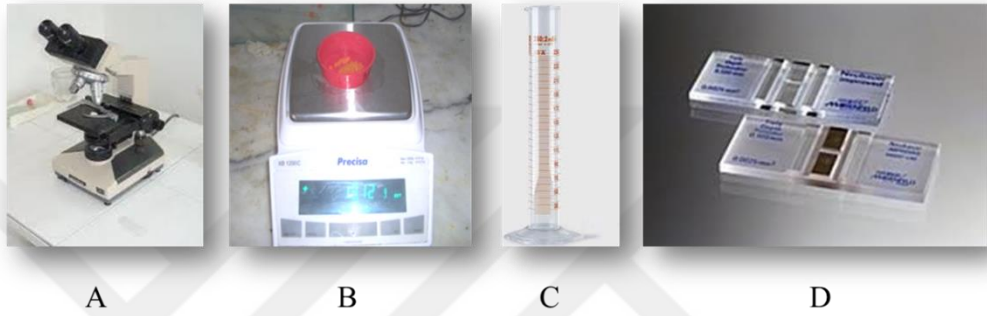
Deneme balıklarının bayıltılmasında 40-60 ppm oranında saf (%99) karanfil yağı (Sigma Aldrich, Steinheim, Germany, C8392) kullanılmıştır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Anestezide kullanılan karanfil yağı (Merch)

3.1.7. Yumurta ve sperm ölçümlerinde kullanılan materyaller

Kromozom manipülasyonu aşamasında anaç balıklardan elde edilen yumurta ve spermelerin ölçülmesinde ağırlık ölçümleri için hassas terazi (1/1000), yumurta çapı ölçümü için Von Bayer Teknesi, sperm miktarının ölçümü için cam mezür (10 ml.) ve spermatozoa sayımı için Neubauer hemositometresi kullanılmıştır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Yumurta ve sperm ölçümlerinin yapılmasında kullanılan materyaller. A) Mikroskop, B) Hassas terazi, C) Mezür, D) Neubauer hemositometresi

3.1.8. Poliploidi sıcaklık şok düzeneği

Denemenin kromozom manipülasyonu kısmında genetik cinsiyetin kontrolü amacıyla döllenmiş yumurtalar sıcaklık şokuna maruz bırakılmışlardır. Bu işlem için özel olarak tasarlanan ekipman Şekil 3.10'da gösterilmektedir.



Şekil 3.10. Poliploidi uygulaması için sıcaklık şoku düzeneği

Yüz lt hacme sahip çöp kovasının zeminine ani su ısıtıcı ve termostat monte edilmiştir. Anlık sıcaklık takibi için ise kovanın dış kısmına suyun sıcaklığını ayarlamayı sağlayan ve anlık su sıcaklığını santigrat derece (°C) olarak gösteren dijital termometreli kumanda düzeneği uyarlanmıştır. Tüm yumurtalara aynı zamanda aynı oranda sıcaklığın uygulanabilmesi ve su sıcaklığının tüm hacimde homojen olması için ısıtıcının üst kısmına karıştırıcı görevi görecektir olan akvaryum dalga motoru monte edilmiştir. İş sağlığı ve güvenliği açısından gerekli izolasyonlar yapıldıktan sonra düzenek hazır hale gelmiştir.

3.1.9. Kuluçkalamada kullanılan materyaller

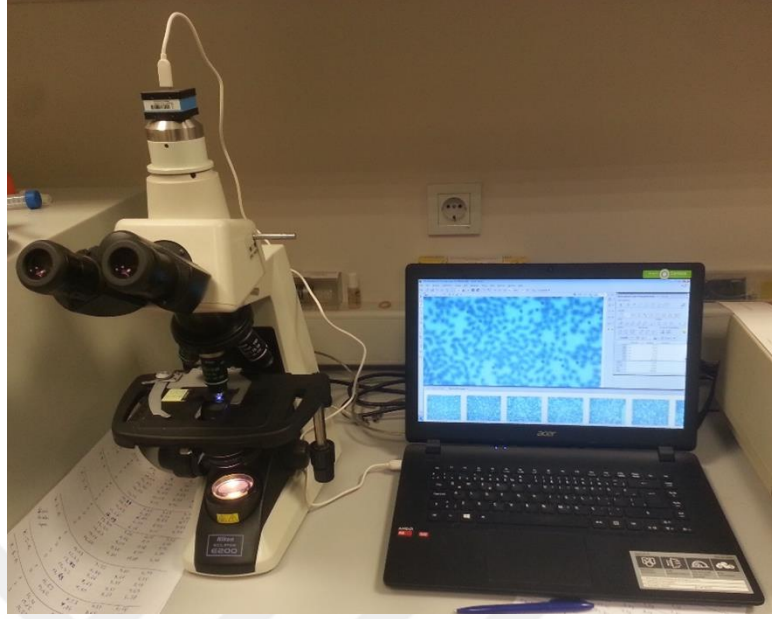
Yumurtaların kuluçkalanmasında yatay su akış sistemine göre çalışan kuluçka yalıkları kullanılmıştır (Şekil 3.11). 400 x 60 x 40 cm ebatlarındaki fiberglas larva büyütme tankları içerisine yerleştirilen 40 x 60 cm boyutlarına sahip elekler kullanılarak yumurtaların bakım ve kuluçkalaması gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Alabalık yumurtalarının kuluçkalanmasında kullanılan kuluçkalıklar

3.1.10. Mikroskop

Çalışmanın kromozom manipülasyonu aşamasında triploid ve tetraploid bireylerin eritrosit ölçümlerinin yapılabilmesi ve görüntülerinin fotoğraflanması işlemleri bilgisayara entegre edilmiş Nikon ECLIPSE E200 marka Nis Elements Yazılım® yazılım ile desteklenmiş kameralı mikroskop kullanılmıştır (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Eritrosit ölçümlerde kullanılan görüntüleme sistemli mikroskop

3.1.11. Denemelerde kullanılan kimyasal maddeler

3.1.11.1. Sulandırıcı solüsyon

Anaç balıklardan yumurta ve sperm sağımı yapıldıktan sonra koryon zarı yırtılarak hasar gören yumurtaların elimine edilmesi ve sperm hareketlilik süresinin artırılması amacıyla dölleme solüsyonu kullanılmıştır. Solüsyon içeriği Tablo 3.2’de gösterilmiştir.

Tablo 3.2. Sulandırıcı solüsyon hazırlamak için kullanılan maddeler (D532) (Billard, 1977b).

Solüsyon İçerik Maddesi	Miktarı
NaCl	125 mM
Tris	20 mM
Glisin	30 mM
Su	1 lt.

3.1.11.2. Cortland solüsyonu

Dönüştürülmüş erkeklerin sperm kanallarının oluşmaması ya da tıkalı olması durumunda gonadlar histolojik yöntem ile çıkarılır ve kesilerek süt (sperma sıvısı) elde edilir. Bu sıvı normal kanallı erkekler göre çok yoğun olduğu ve spermatozoitler tam olgunlaşmadığı için dölleme işleminde kullanılmadan önce Cortland Solüsyonu (Wolf, 1963) adı verilen 2 farklı kimyasal çözeltinin 4:1 oranında karıştırılması ile elde edilmiş solüsyon ile muamele edilmesi gerekmektedir. Cortland solüsyonu içerikleri Tablo 3.3 ve Tablo 3.4’te verilmiştir.

Tablo 3.3. Cortland solüsyonu 1. kimyasal çözelti

Kimyasal Adı	Formülü	Miktarı (gr/lt)
Potasyum Klorit	KCL	9,00
Sodyum Klorit	NaCl	2,35
Sodyum Dihidrojen Ortofosfat	NaH ₂ PO ₄	0,51
Magnezyum Sülfat	MgSO ₄ .7H ₂ O	0,29
Kalsiyum Klorit	CaCl ₂ .2H ₂ O	0,29

Tablo 3.4. Cortland solüsyonu 2. kimyasal çözelti

Kimyasal Adı	Formülü	Miktarı (gr/lt)
Sodyum Hidrojen Karbonat	NaHCO ₃	5
Glikoz	C ₆ H ₁₂ O ₆	5

3.1.11.3. Giemsa boyası

Kan numunelerinin periferik yayma preparatlarının boyanmasında %5’lik Giemsa boyası (Sigma–Aldrich) kullanılmıştır.

3.1.11.4. Entellan

Periferik yayma işlemi sonrası kalıcı preparatların hazırlanmasında lamellerin yapıştırılması amacıyla kullanılmıştır (Merck, Darmstadt, Germany).

3.2. METOT

3.2.1. Deneme tasarımı

Bu çalışma gökkuşağı alabalığında (*Oncorhynchus mykiss*) cinsiyet dönüşümü ve kromozom manipülasyonları üzerine önceden kurulmuş hipotezler ışığında denemeler planlanmıştır. Tüm deneme grupları üç tekrarlı olacak şekilde yürütülmüş olup, örneklemeler rasgele şansa bağlı olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.1.1. Cinsiyet dönüşümü bölümü:

Çalışmanın cinsiyet dönüşümü bölümünde, ilk olarak 26.02.2018'de işletmede bulunan 5 erkek, 9 dişiden anaçtan elde edilen gametler döllenikten sonra 11.5 ± 0.4 °C su sıcaklığında kuluçkalanan yumrular 12. günde gözlenmiş, 24. günde açılım sağlanmış ve 41. günde ise larvalar besin kesesini tüketip yem almaya başlamışlardır. Dolaylı yöntem kullanılarak XX genotipli erkek bireyler üretme amacıyla besin kesesini yeni tüketmiş larvalar, ilk yem alımından itibaren 0.5, 1.0, 1.5, ve 3.0 mg/kg dozlarında 17 α -metilttestesteron (MT) ilave edilmiş hormonlu yemler ile 47 gün (540 gün-derece) süre ile beslenmişlerdir (Tablo 3.5). Bu süre boyunca hormon içermeyen yem ile beslenen grup Kontrol (KMT) grubu olarak belirlenmiştir. Hormon uygulamasının sonundan itibaren her grup normal büyütme yemi ile yemlenmeye devam edilmiş olup, balıkların anaç aşamasına geldiği 2 yaşına kadar cinsiyet dönüşümü tespit edilmesine yönelik faaliyetler yürütülmüştür. Tüm gruplar döllenmeden sonraki 10. aydan itibaren 900 (300x3) er balık içeren gruplara ayrılmış ve 21. aya kadar takip edilmiştir.

Tablo 3.5. Gruplara göre birey sayıları ve 17 α -metilttestesteron miktarları

17 α -metilttestesteron (mg/kg)	Kodlaması	Tekrar Sayısı	Balık Sayısı (n)
0	KMT	3	3x1500
0,5	0,5 MT	3	3x1500
1,0	1,0 MT	3	3x1500
1,5	1,5 MT	3	3x1500
3,0	3,0 MT	3	3x1500

3.2.1.2. Kromozom manipölasyonu bölümü:

Tez çalışmasının ikinci bölümünü oluşturan kromozom manipölasyonu aşamasında ise, 27.01.2018 tarihinde, işletmede daha önceden 3mg/kg MT ile dönüştürölmüş olan fonksiyonel erkek anaçlar (XX) ile normal dişiler çaprazlanmıştır. Elde edilen gökkuşığı alabalığı yumurtalarına döllenmeden sonra farklı düzeylerde sıcaklık şoku uygulanarak triploid ve tetraploid bireylerin elde edilmesi amaçlanmıştır. Sıcaklık şoku yöntemi olarak Güner et al., (2005b) ve Bencsik et al., (2012)'in kullandıkları metotlar modifiye edilerek kullanılmıştır.

Bu kapsamda triploidizasyon işlemi için yumurtaların döllenmesinden 15 dakika sonra poliploidi sıcaklık şok düzeneğine alınan yumurtalar 26 °C (26TR) ve 28 °C (28TR)'lik iki farklı sıcaklık seviyesinde 15'er dakika boyunca şoklamaya maruz bırakılmıştır. Sonuç olarak tümü dişisi kısır 3n kromozom setine sahip balıkların elde edilmesi amaçlanmıştır. Tetraploidizasyon işleminde ise ilk grup yumurta döllendikten 210 dk (3,5 saat) (3.5TT) sonra, ikinci grup ise döllendikten 330 dk (5,6 saat) (5.5TT) sonra 28 °C de 10 dk süresince sıcaklık şokuna maruz bırakılmıştır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Yumurtalara sıcaklık şokunun uygulanması

Bu işlem sonunda ise 4n kromozom setli dişisi anaçların üretimi ve elde edilecek bu anaçların 2n kromozom setli diploid erkek anaçlarla çaprazlanması sonucu ısı şokuna gerek duyulmadan doğrudan 3n kromozomlu triploid dişisi bireylerin elde edilmesi (interploid triploidi) hedeflenmiştir. Gruplara göre sıcaklık şoku miktarları, sıcaklık dereceleri ve şok uygulama süreleri Tablo 3.6'da gösterilmiştir.

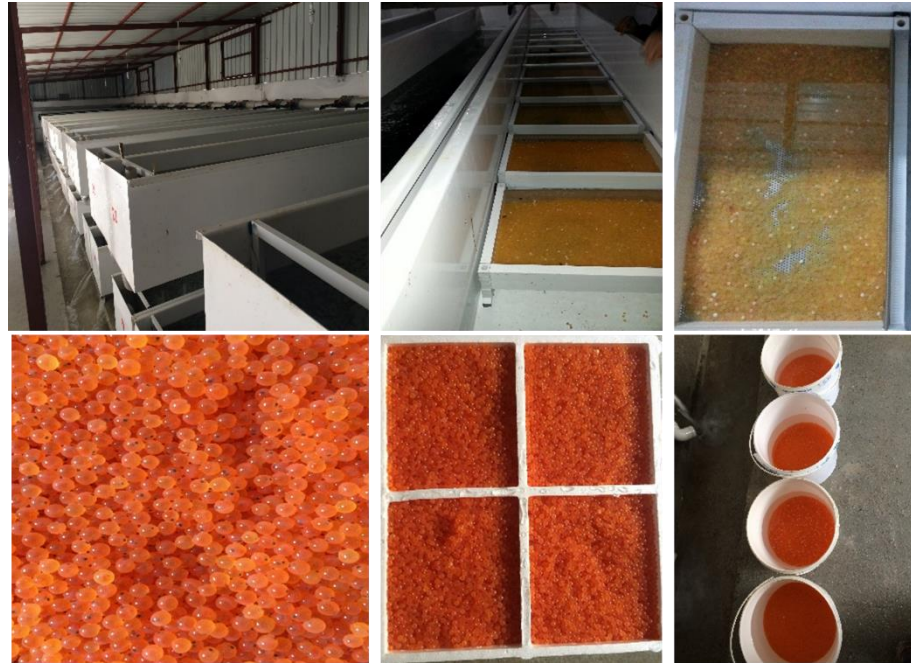
Tablo 3.6. Gruplara göre sıcaklık şoku miktar ve süreleri

	Grup Kodlaması	Sıcaklık (°C)	Döllenmeden Sonra (dk)	Şok Süresi (dk)	Tekrar Sayısı	Başlangıç Yumurta Sayısı (n)
Kontrol	DİP	-	-	-	3	3x1500
Triploid 26	26TR	26	15	15	3	3x1500
Triploid 28	28TR	28	15	15	3	3x1500
Tetraploid 3,5	3.5TT	28	210	10	3	3x1500
Tetraploid 5,6	5.6TT	28	330	10	3	3x1500

Tüm gruplar döllenmeden sonraki 10. aydan itibaren 900 (300x3) er balık içeren gruplara ayrılmış ve 30'cu aya kadar büyüme verilerinin tespiti için takip edilmiştir.

3.2.2. Yumurtaların adaptasyonu ve kuluçkalanması

Tez çalışmasının kromozom manipülasyonu bölümünde yüksek sıcaklık şokuna maruz bırakılan gruplara ait yumurtalar ve kontrol grubu yumurtaları fiberglas larva büyütme tankları içerisine yerleştirilen 40 x 60 cm boyutlarındaki yatay su akış sistemli kuluçkalıklarda muhafaza edilmişler ve işletmedeki rutin uygulanan protokole uygun olarak bakımları yapılmıştır (Şekil 3.14). Su sıcaklığı $11,5 \pm 0,4$ °C olarak ölçülmüştür.



Şekil 3.14. Yumurtaların adaptasyonu ve kuluçkalanması

3.2.3. Hormonlu yemin hazırlanması

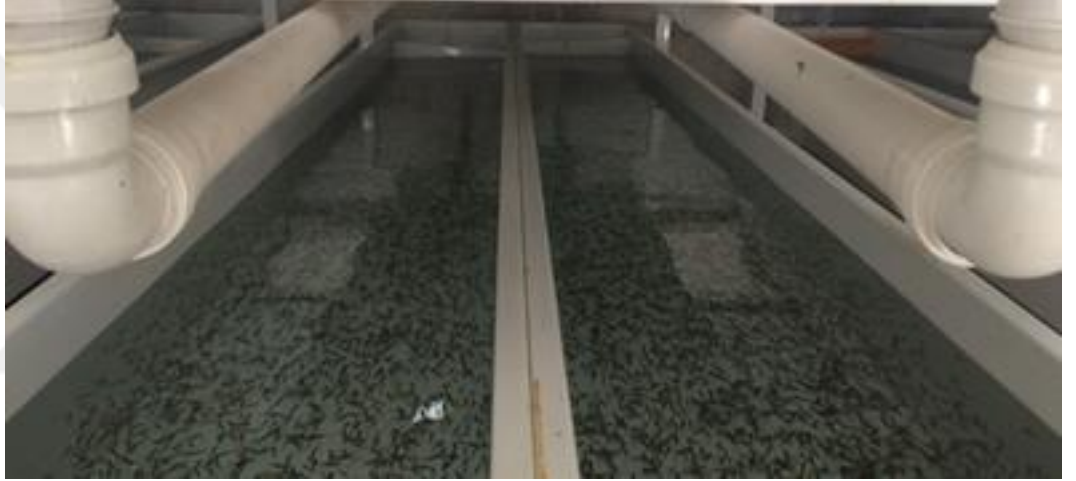
Cinsiyet kontrol bölümünde yeme karıştırılacak hormonunun tartımı için 0.0001 gr hassasiyete sahip olan elektronik terazi kullanılmıştır. 17 α -metilttestosteron hormonu hassas terazide tartıldıktan sonra, 1:1 oranında %96'lık etil alkol içerisinde çözündürülerek stok solüsyonlar (1 mg/ml) hazırlanmış ve ışık geçirmeyen cam muhafazalarda +4 °C'de saklanmıştır. Daha sonra, hormon çözeltisinin yeme homojen bir şekilde nüfus etmesi amacıyla mevcut stok solüsyondan temin edilen hormon, yemin miktarı ve hedeflenen uygulama dozuna göre 250 ml %96'lık etil alkol içerisinde çözündürülmüştür. Spreyleme yöntemi ile yeme püskürtülen alkol-hormon karışımı sürekli karıştırılarak yeme iyice yedirilmeye çalışılmıştır. Bu işlemin ardından doğrudan güneş ışığı görmeyen havalandırılmalı bir ortamda ara ara karıştırılarak kurumaya bırakılarak yemden alkolün uzaklaşması sağlanmış, 24 saat sonunda ise hormonlu yemler hazır hale getirilmiştir. Hazırlanan yemler serin ve uygun depolama koşullarında muhafaza edilmiştir (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. Hormonlu yemin hazırlanması

3.2.4. Balıkların beslenmesi

Cinsiyetin kontrolüne yönelik denemeler kapsamında, besin kesesini yeni tüketmiş olan alabalık yavruları 540 gün-derece (11.5 ± 0.4 °C x 47 gün) boyunca daha önceden 0.5, 1.0, 1.5, 3.0 mg/kg MT içerecek şekilde hazırlanmış yemler ile beslenmiştir. Bu süre sonunda fiberglas tanklardan kanallara beton yavru havuzlarına aktarılan yavru balıklar günde 3 defa büyüklüklerine göre hesaplanan canlı ağırlıkla orantılı şekilde hormon içermeyen büyütme yemi ile beslenmeye devam edilmiştir (Şekil 3.16).

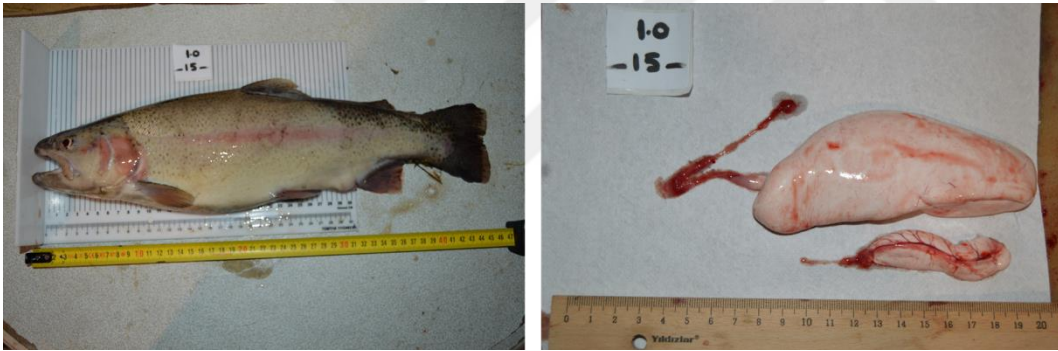


Şekil 3.16. Hormonlu yemle beslenen gökkuşağı alabalığı yavruları

Kromozom manipülasyonu bölümünde şok uygulaması sonrası çıkan gökkuşağı alabalığı yavruları ise normal yavru yemi ile beslenmeye başladıktan sonra ağız açıklıklarına göre farklı boyutlardaki işletmede kullanılan büyütme yemleri ile beslenmişlerdir. Yemleme işletmedeki beslenme protokolüne uygun olarak yürütülmüştür.

3.2.5. Cinsiyet oranlarının belirlenmesi

Hormon uygulamalarından sonra balıklar gonad gelişiminin tamamlandığı kabul edilen 2 yaşına yakın (21. ay) büyütülen deneme balıkları, MT hormonunun gonadlar ve cinsiyet dönüşümü üzerindeki etkilerini tespit etmek üzere örneklenmiştir. Örneklem için rasgele seçilen balıkların elle karnın sıvazlanması yöntemi ile sperm verip vermediği kontrol edilerek sperm kanalının oluşup oluşmadığının tespiti yapılmıştır. Daha sonra toplam popülasyonu temsil etmesi açısından rastgele seçilen deneme gruplarındaki her tekrar grubundan 50'şer adet balığa (n=150) hayvan sağlığı ve etik kuralları çerçevesinde belirtilen kriterlerdeki yüksek doz (>200 ppm) anestezi kullanılarak ötenazi işlemi uygulanmıştır (Holloway et al., 2004; Fernandes et al., 2016). Öldürülen balıkların morfolojik ölçümleri tamamlanarak, diseksiyon yöntemi ile gonadları çıkarılarak makro incelemeleri yapılmıştır (Şekil 3.17). Hepatosomatik, gonadosomatik ve viserosomatik indekslerin ölçümleri kaydedilmiştir.



Şekil 3.17. Dönüştürülmüş XX erkek anaç ve asimetrik gonadları

Hormon uygulandığı halde dönüşmeyen dişi bireyler (Şekil 3.18) ve hem erkek hem dişi gonadları barındıran tam dönüşmemiş interseks bireyler (Şekil 3.19) de tespit edilmiştir.



Şekil 3.18. Dönüşmemiş dişi bireylerin gonad yapısı



Şekil 3.19. İnterseks bireyler ve gonad yapıları.

3.2.6. Kan örneklerinin alınması

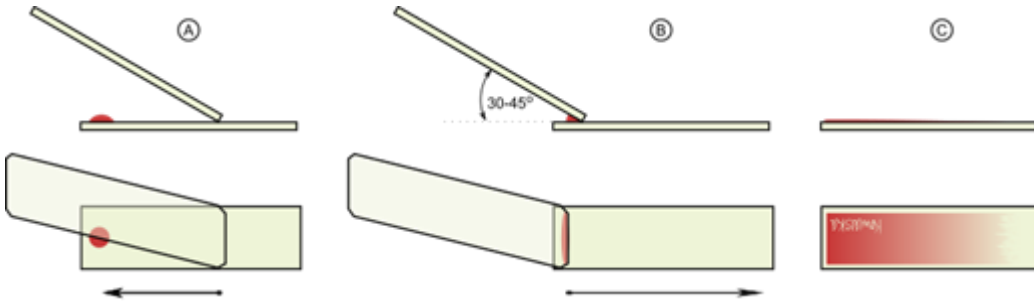
Kromozom manipülasyonu bölümünde poliploidi oranının tespitinde eritrosit analizi kullanılmıştır. Bu kapsamda her gruptan 150 adet deneme balığı havuzlardan rastgele örnekleme metodu ile yakalanıp, kullanılan karanfil yağı (40 mg/lt) içeren bayıltma kova içerisinde anesteziye maruz bırakılmıştır (Iversen et al., 2003). Bayılan balıkların kaudal venalarından kan almak için, kuyruk bölgeleri alkol ile temizlendikten sonra 2,0 ml lik kan alma enjektörü ile alınan kanlar daha önceden kodlanmış olan K₃EDTA lı kan tüplerine transfer edilmişlerdir. Tüpler kanın pıhtılaşmanın engellenmesi amacıyla birkaç defa yavaşça ters düz edilmiştir (Şekil 3.20).



Şekil 3.20. Eritrosit analizi için deneme balıklarından kan alınması

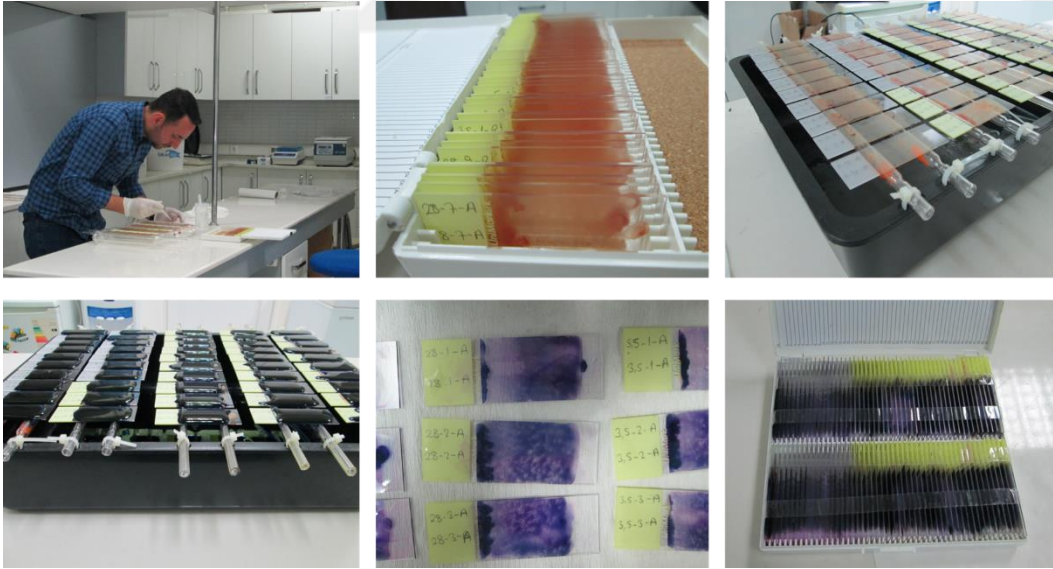
3.2.7. Preparatların hazırlanması ve boyanması

Deneme balıklarından alınıp EDTA'lı özel kan tüplerine aktarılan kan numuneleri mikropipet yardımı ile önceden gruplara uygun kodlanarak hazırlanmış rodajlı lamalar üzerine damlatılmıştır. Lamel yardımı ile 45°'lik açı yapacak şekilde periferik yayma işlemi yapılmıştır (Şekil 3.21).



Şekil 3.21. Kan örneklerinin periferik yayma işlemi (URL 1)

Hazırlanan yayma preparatı oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan preparatların üzerine %96'lık etil alkol ilave edilerek fiksasyon işlemi yapılmıştır. Etil alkol işleminden sonra kuruyan preparatlar %5'lik Giemsa solüsyonu ile boyama işlemine tabi tutulmuştur. Oda sıcaklığında (24 °C) 20 dk boyunca boyanan preparatlar çift distilasyona tabi tutulmuş saf su ile yıkanmış ve boyadan arındırılmışlardır. Boyama ve yıkama işleminin ardından tekrar kurumaya bırakılan preparatların üzerine entellan adı verilen yapıştırıcı kimyasal aracılığı ile lameller kapatılarak kalıcı preparatlar elde edilmiştir (Şekil 3.22).

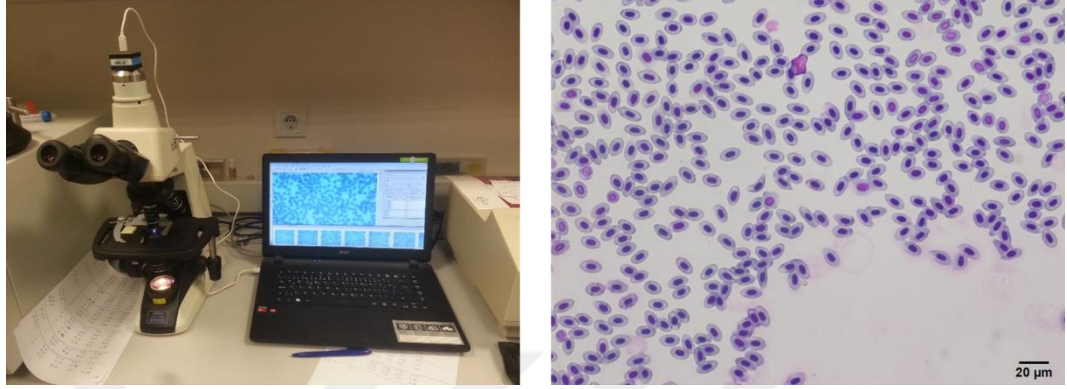


Şekil 3.22. Preparatların Giemsa ile boyanması

3.2.8. Triploid ve tetraploid oranlarının belirlenmesi

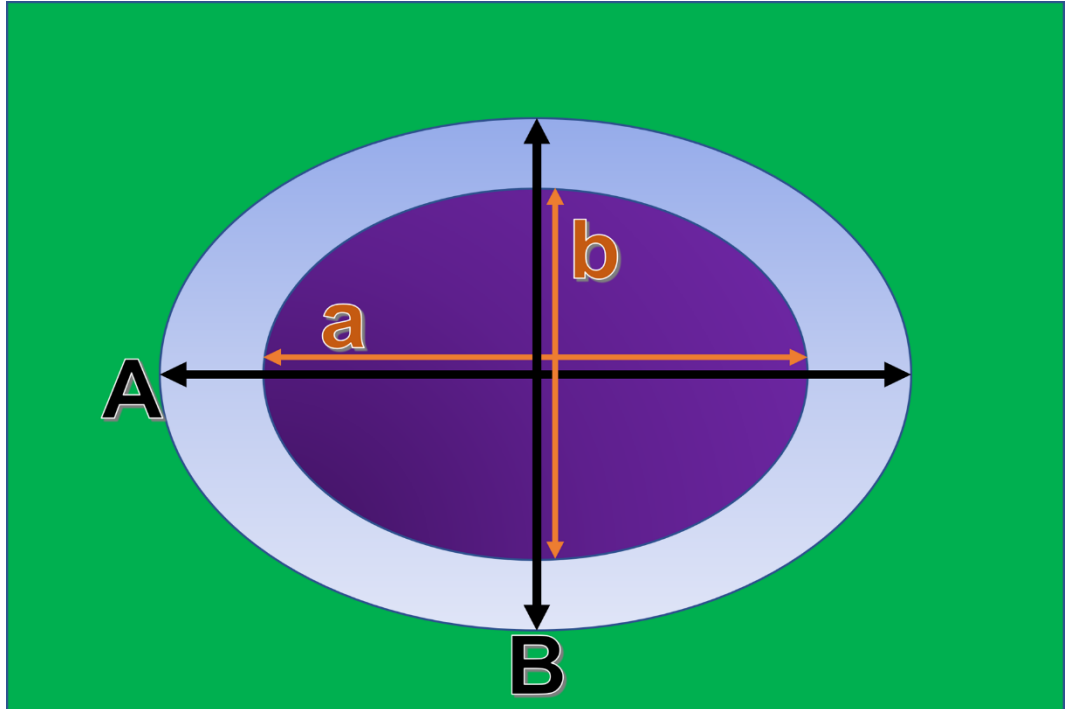
Triploid ve tetraploid oranını belirlemek amacıyla deneme balıklarının kanlarıyla hazırlanan ve boyanan kalıcı preparatlar Nikon ECLIPSE E200 marka

mikroskop altında 40X ve 100 X büyütmede incelenmiş, Nis Elements Yazılım® aracılığıyla da eritrosit ölçümleri yapılmıştır (Şekil 3.23).



Şekil 3.23. Mikroskop ile eritrosit hücrelerinin incelenmesi

Her preparattan rasgele 50 eritrosit hücresi seçildikten sonra, ana hücrelerin uzun (A) ve kısa eksenleri (a), Eritrosit çekirdeklerinin uzun (B) ve kısa (b) eksenleri ölçülmüştür (Şekil 3.24). Bu veriler ışığında eritrosit hücrelerinin ve çekirdeklerinin hacimsel ve alansal boyutları hesaplanmıştır (Kenanoğlu et al., 2011).



Şekil 3.24. Eritrosit hücresi ve çekirdek çaplarının ölçümü (A: Eritrosit uzun eksen, B: Çekirdek uzun eksen, a: Eritrosit kısa eksen, b: Çekirdek kısa eksen)

$$V_{eritrosit} = \frac{4}{3} \times \pi \times \left(\frac{A}{2}\right) \times \left(\frac{B}{2}\right)^2 \quad (1)$$

$$V_{\text{çekirdek}} = \frac{4}{3} \times \pi \times \left(\frac{a}{2}\right) \times \left(\frac{b}{2}\right)^2 \quad (2)$$

$$\text{Eritrosit Yüzey Alanı} = \left(\frac{\pi}{4}\right) \times A \times B \quad (3)$$

$$\text{Çekirdek Yüzey Alanı} = \left(\frac{\pi}{4}\right) \times a \times b \quad (4)$$



Şekil 3.25. Taramalı elektron mikroskobu altında eritrosit hücrelerinin yapısı (medicalnewstoday.com)

3.2.9. İnterploid triploidi

Kromozom manipülasyonu çalışmasının son aşamasında işletmede bulunan XX erkek anaçlardan alınan spermiler ile tetraploid (3.5TT ve 5.6TT) dişi balıklardan sağılan yumurtalar döllenmiş daha sonra yumurtadan çıkıncaya kadar ise bu yumurtaların takibi yapılmıştır. Yumurtadan çıkıp serbest yüzmeye geçen

larvalar da triploid tespiti için eritrosit incelemesine tabi tutulmuştur. Bu çalışmanın amacı ise elde edilen tetraploid anaçlar ile diploid bireylerin çaprazlanması sonucu doğrudan triploid bireylerin elde edilmesidir. Böylece triploid balık üretimi için her üretim sezonunda yumurtalara şok uygulaması yapılmasına gerek duyulmaması beklenmektedir.

3.2.10. Kuluçkahane verimi

Yumurtaların kuluçkahane döneminde elde edilen gözlenme, yumurtadan çıkış ve larval yaşama oranı tespitleri yapılmıştır (Baki, 2006).

$$\text{Gözlenme Oranı (\%)} = \left(\frac{\text{Döllü yumurta adeti}}{\text{Toplam yumurta adeti}} \right) \times 100 \quad (5)$$

$$\text{Çıkış Oranı (\%)} = \left(\frac{\text{Canlı yavru adeti}}{\text{Döllü yumurta yumurta adeti}} \right) \times 100 \quad (6)$$

$$\text{Larval Yaşama Oranı (\%)} = \left(\frac{\text{Serbest Yüzen Yavru adeti}}{\text{Döllü yumurta yumurta adeti}} \right) \times 100 \quad (7)$$

$$\text{Hormonlu yem Yaşama Oranı (\%)} = \left(\frac{\text{Serbest Yüzen Yavru adeti}}{\text{Döllü yumurta yumurta adeti}} \right) \times 100 \quad (8)$$

3.2.11. Balıkların büyüme parametrelerinin ölçümü

Deneme balıklarının morfolojik ölçümleri 15 günde bir örnekleme metodu ile gerçekleştirilmiştir. Ağırlık ölçümleri $\pm 0,01$ gr hassasiyetli elektronik terazi ile ölçülmüş, birim olarak ise gram (gr) kullanılmıştır. Boy ölçümleri için özel tasarlanmış balık ölçüm tahtasından faydalanılmış olup birim olarak ise santimetre (cm) değeri kaydedilmiştir. Morfolojik ölçümler yapılmadan önce balıklar zarar görmemesi için karanfil yağı (40-60 ppm) ile hafif sedasyona uğratılmıştır.

Çalışmanın hem cinsiyet dönüşümü hem de kromozom manipülasyonu aşamalarında 12. aydan itibaren rasgele seçim methoduyla belirli sayıda balık grubu

ile büyüme parametrelerinin tespiti ve gonadal gelişimle ilişkisi için bir çalışma daha yapılmıştır. Balıkların canlı ağırlık artışı, spesifik büyüme oranı (SBO), yem dönüşüm oranı (YDO), kondüsyon faktörü (KF), gonadosomatik indeks (GSİ), hepatosomatik indeks (HSİ) ve viserosomatik indekslerinin (VSI) aşağıdaki analizlerden faydalanılmıştır.

3.2.11.1. Canlı ağırlık artışı (CAA)

Canlı ağırlık artışının hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmıştır (Köprücü vd., 1998).

$$CAA (gr) = \text{Son balık ağırlığı (gr)} - \text{Başlangıç balık ağırlığı (gr)} \quad (9)$$

3.2.11.2. Spesifik büyüme oranı (SBO)

Sınırlı bir zaman aralığı dahilinde büyümeyi ifade eden spesifik büyüme oranının (SBO) hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmıştır (Hoşsu vd., 2003; Kızak et al., 2013).

$$SBO (\% \cdot \text{Gün}^{-1}) = \left(\frac{\ln W_2 - \ln W_1}{t_2 - t_1} \right) \times 100 \quad (10)$$

(W₂: Deneme sonundaki balık ağırlığı (g), W₁: Deneme başındaki balık ağırlığı,

t₂-t₁: Deneme süresini (gün))

3.2.11.3. Yem dönüşüm oranı (YDO)

Yemin ete dönüşüm oranı olarak bilinen yem dönüşüm oranı (YDO) aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (Yılmaz, 2017).

$$YDO = \frac{\text{Tüketilen Yem Mktarı (gr)}}{\text{Ağırlık Artışı (gr)}} \quad (11)$$

3.2.11.4. Kondisyon faktörü (KF)

Beslenme ve gelişme kriterlerinden biri olan kondisyon faktörü, balıkların beslenme şartlarının iyi olup olmadığının hesaplandığı bir kriterdir. Deneme balıklarının kondisyon faktörü hesabı aşağıdaki formüle göre yapılmıştır (Çelikkale, 1998; Kızak ve Çelik, 2018).

$$KF = \left(\frac{W}{L^3} \right) \times 100 \quad (12)$$

(W: Balık ağırlığı (g), L: Balık Boyu (cm))

3.2.11.5. Gonadosomatik indeks (GSİ)

Örneklere balıkların vücut ağırlıkları tartıldıktan sonra gonad gelişimlerinin belirlenmesi için tüm gonadlar diseksiyon yöntemiyle dikkatlice çıkarılarak tartılmıştır (Martinez and Vázquez, 2001).

$$GSİ (\%) = (\text{Gonad ağırlığı (gr)} / \text{Balık ağırlığı (gr)}) \times 100 \quad (13)$$

3.2.11.6. Hepatosomatik indeks (HSİ)

Balıklarda beslenme aktiviteleri ve yüksek enerji depolamasının görülmesi için önemli bir kriter olan hepatosomatik indeksin belirlenmesi için karaciğer dokuları çıkarılıp tartılmıştır. Hepatosomatik indeks (HSİ) ölçümlerinin yapılmasında aşağıdaki formülde faydalanılmıştır (Cheng et al., 2006).

$$HSİ (\%) = (\text{Karaciğer ağırlığı (gr)} / \text{Balık ağırlığı (gr)}) \times 100 \quad (14)$$

3.2.11.7. Viserosomatik indeks (VSİ)

Balıklara verilen yemin visceral (iç) organlar üzerindeki etkisini saptamak amacıyla hesaplanan viserosomatik indeks verilerinin tespiti amacıyla balıkların tüm içorganları çıkarıldıktan sonra tartılmıştır. VSİ in tespitinde aşağıdaki formül kullanılmıştır (Cheng et al., 2006; Korkut vd., 2007).

$$VSİ (\%) = (\text{Toplam içorgan ağırlığı (gr)} / \text{Balık ağırlığı (gr)}) \times 100 \quad (15)$$

3.2.12. Verilerin değerlendirilmesi (istatistiksel analizler)

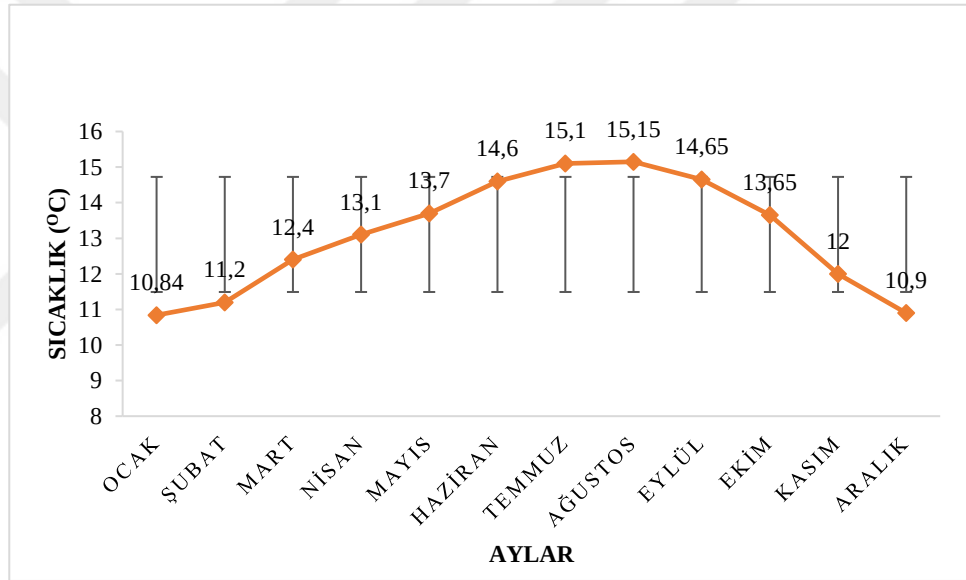
Gruplar arası verilerin tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmış ve Tukey çoklu karşılaştırma testine tabi tutulmuşlardır. Gruplar arası farklılıklar $P < 0,05$ (%95) güven aralığında değerlendirilmiştir (Logan, 2010). Deneme gruplarından elde edilen verilerin istatistiki incelenmesi IBM SPSS Statistics (v25.0) paket programı kullanılarak yapılmıştır.



4. BULGULAR

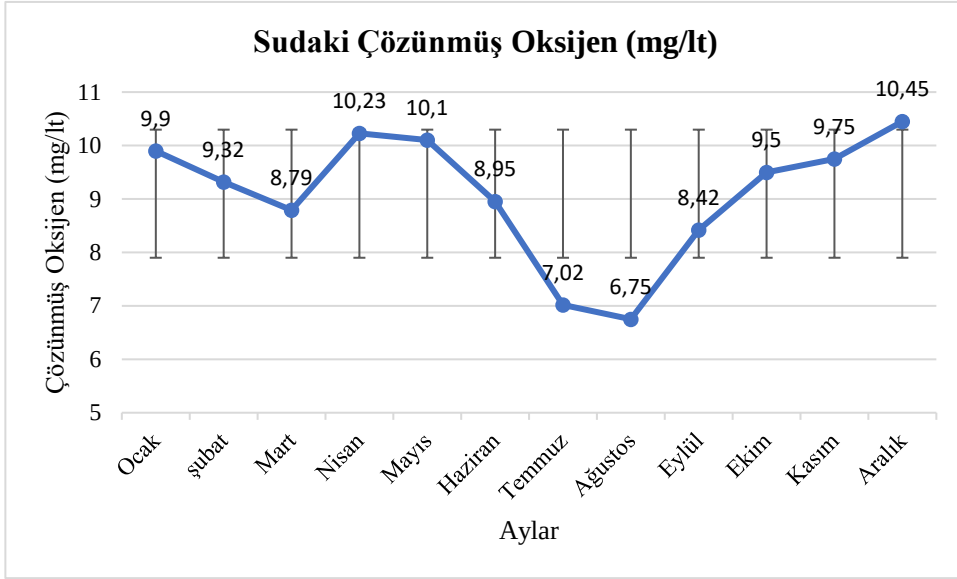
4.1. Sudaki Çözünmüş Oksijen ve Su Sıcaklığı

Çalışmanın yürütüldüğü işletmede kullanılan suyun tek kaynaktan (Eşen Çayı, Muğla) temin edilmesi sebebiyle hem kuluçkahane hem de büyütme havuzlarında suyun fiziksel değerleri benzerdir. Denemeler süresince işletmede ölçülen su sıcaklığı yıllık ortalama 13.10 ± 1.61 °C (10.84 – 15.15 °C) olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Su sıcaklığının aylara bağlı değişimi (Ort.± S.S)

Denemelerde sudaki çözünmüş oksijen konsantrasyonunun yıllık ortalama 9.10 ± 1.20 (6.8 ile 10.5) mg/lt arasında değişim gösterdiği saptanmıştır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Sudaki çözünmüş oksijenin aylara bağlı değişimi (Ort.± S.S)

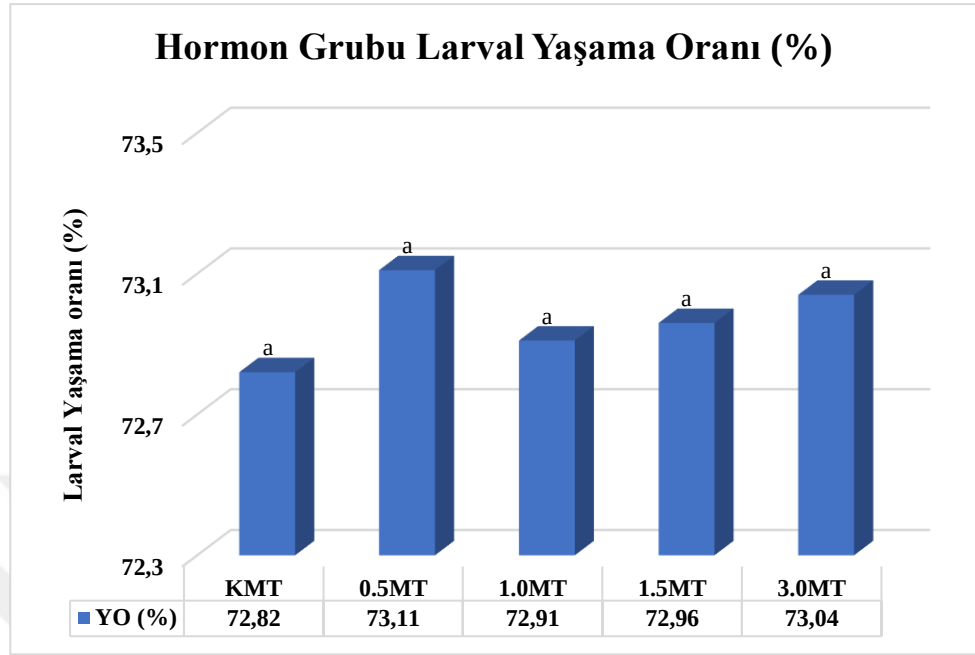
4.2. Cinsiyet Dönüşümü Bölümü

4.2.1. Deneme gruplarına ait yaşama oranları

Tez çalışmasının cinsiyetin dönüşümü bölümünde 17 α -metiltestosteron ilaveli yem ile beslenen KMT, 0.5MT, 1.0MT, 1.5MT ve 3.0MT gruplarında kullanılan hormonlar gökkuşağı alabalığı larvalarında toksisiteye yol açmamıştır. Besin keselerini henüz tüketmiş olan larvalara (0. Gün) ilk yem olarak farklı dozlarda hormon içeren deneme yemleri verilmiştir. Hormonlu yemle beslemenin bitirildiği 48. gün tüm deneme gruplarında larvaların yaşama oranları (YO) tespit edilmiş olup, tüm gruplarda elde edilen sonuçlar kontrol grubu ile benzerlik göstermiş ve istatistiki açıdan önem tespit edilmemiştir ($p>0.05$) (Tablo 4.1)(Şekil 4.3).

Tablo 4.1. Hormonlu yem süresince larval yaşama oranı (Ort.± S.S)

Grup	Başlangıçtaki Larva Sayısı	48. Gün Balık Sayısı	Hormonlu Yem YO (%)
KMT	4500	3277	72,82±0,48 a
0.5 MT	4500	3290	73,11±0,39 a
1.0 MT	4500	3281	72,91±0,40 a
1.5 MT	4500	3283	72,96±0,27 a
3.0 MT	4500	3287	73,04±0,33 a



Şekil 4.3. Cinsiyet dönüşümü denemesinde larval yaşama oranları (%) ($p>0,05$)

4.2.2. Ortalama canlı ağırlık ve total boylar

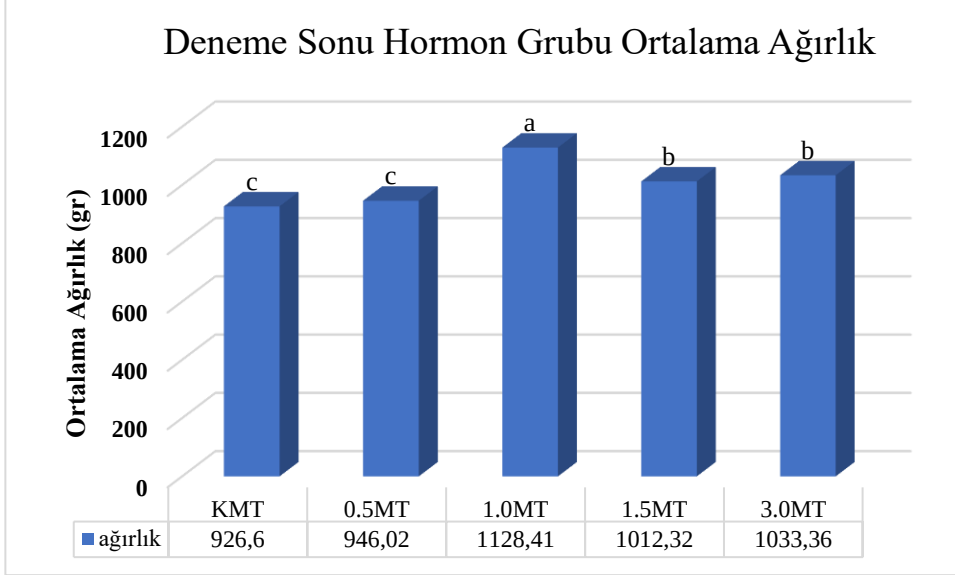
Cinsiyet dönüşümü bölümünde balıkların 21. aya kadar ağırlık ve boy ölçümleri yapılmıştır. Deneme sonucunda ortalama canlı ağırlık, 0.5MT grubunda $946,02 \pm 71,61$ gr, 1.0MT grubunda $1128,41 \pm 68,77$ gr, 1.5MT grubunda $1012,32 \pm 103,27$ gr, 3.0MT grubunda $1033,36 \pm 110,75$ gr ve KMT grubunda ise $926,60 \pm 49,66$ gr olarak ölçülmüştür (Şekil 4.4).

Total boy ortalamalarında ise, 0.5MT grubunda $43,29 \pm 2,17$ cm, 1.0MT grubunda $46,53 \pm 1,86$ cm, 1.5MT grubunda $44,25 \pm 1,32$ cm, 3.0MT grubunda $45,01 \pm 1,82$ cm ve KMT grubunda ise $42,50 \pm 1,49$ cm olarak ölçülmüştür (Şekil 4.5). Deneme gruplarının ortalama canlı ağırlık (gr) ve total boy ortalamaları (cm) Tablo 4.2’de gösterilmiştir.

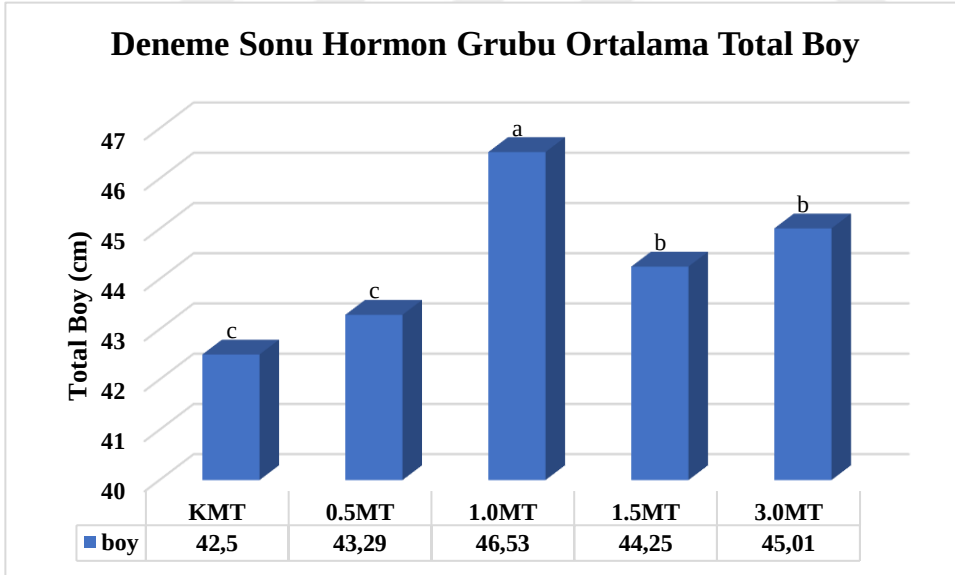
Tablo 4.2. Cinsiyet dönüşüm denemesinde gruplara ait canlı ağırlık ve total boy ortalamaları (Ort. $\pm$ S.E)

Grup	Ortalama Ağırlık (gr)	Ortalama Total Boy (cm)
KMT	$926,60 \pm 49,66$ c	$42,50 \pm 1,49$ c
0.5 MT	$946,02 \pm 71,61$ c	$43,29 \pm 2,17$ c
1.0 MT	$1128,41 \pm 68,77$ a	$46,53 \pm 1,86$ a
1.5 MT	$1012,32 \pm 103,27$ b	$44,25 \pm 1,32$ b
3.0 MT	$1033,36 \pm 110,75$ b	$45,01 \pm 1,82$ b

Veriler istatistiki açıdan değerlendirildiğinde hem ortalama ağırlık hem de total boy bakımından gruplar arasında farklılık tespit edilmiştir.



Şekil 4.4. Cinsiyet dönüşüm denemesinde gruplara ait deneme sonu canlı ağırlık ortalamaları (Ort.± S.E)



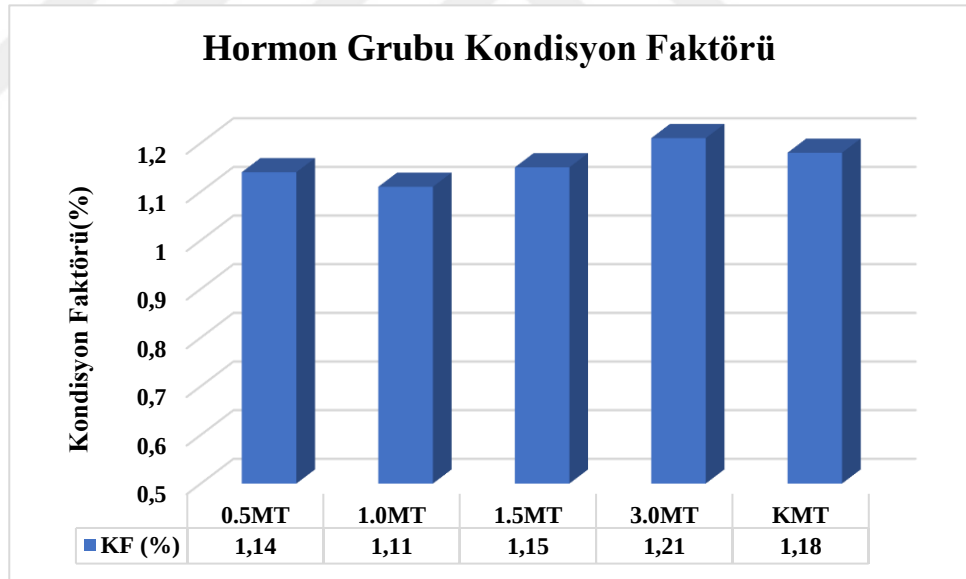
Şekil 4.5. Cinsiyet dönüşüm denemesinde gruplara ait deneme sonu total boy ortalamaları (Ort.± S.E)

4.2.3. Hormon grubu kondisyon faktörü (KF)

Kondisyon faktörü değerlerine bakıldığında; 0.5MT grubu için $1,14 \pm 0,03$; 1.0MT grubu için $1,11 \pm 0,02$; 1.5MT grubu için $1,15 \pm 0,02$; 3.0MT grubu için $1,21 \pm 0,03$; KMT grubu için ise $1,18 \pm 0,03$ olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.3) (Şekil 4.6). Yapılan değerlendirme sonucunda kondisyon faktörü açısından gruplar arasında istatistiki olarak bir fark görülmemiştir ($p>0,05$).

Tablo 4.3. Cinsiyet dönüşüm denemesinde gruplara ait kondisyon faktörü değerleri (Ort. $\pm$ S.E)

Grup	KF
KMT	$1,18 \pm 0,03$ a
0.5 MT	$1,14 \pm 0,03$ a
1.0 MT	$1,11 \pm 0,02$ a
1.5 MT	$1,15 \pm 0,02$ a
3.0 MT	$1,21 \pm 0,03$ a



Şekil 4.6. Cinsiyet dönüşüm denemesinde gruplara ait kondisyon faktörü değerleri ($p>0,05$)($\pm$ S.E)

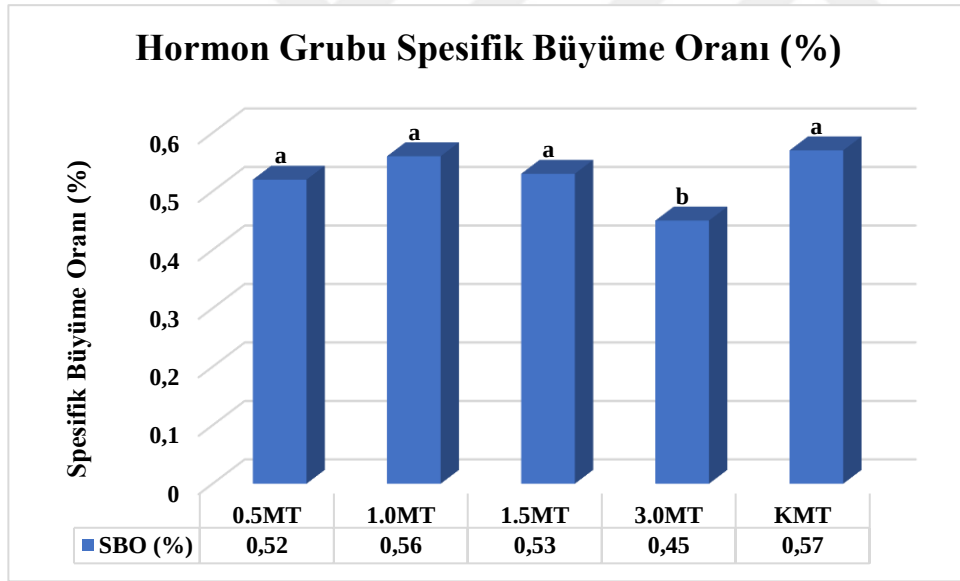
4.2.4. Hormon grubu spesifik büyüme oranı (SBO)

Cinsiyet dönüşümü bölümünde yapılan ölçümler sonucunda spesifik büyüme oranları, 0.5MT grubunda $0,52 \pm 0,019$; 1.0MT grubunda $0,56 \pm 0,010$; 1.5MT grubunda $0,53 \pm 0,019$; 3.0MT grubunda $0,45 \pm 0,09$ ve KMT grubunda ise $0,57 \pm$

0,031 olarak ölçülmüştür (Tablo 4.4). İstatistiki değerlendirmede gruplar arası farkın anlamlı olduğu ($p<0,05$); KMT, 0.5MT, 1.0MT ve 1.5MT grupları arasında istatistiki olarak fark görülmemişken ($p>0,05$), 3.0MT grubunun diğer deneme gruplarına göre daha düşük SBO değerine sahip olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$)(Şekil 4.7).

Tablo 4.4. Cinsiyet dönüşüm denemesinde grupların spesifik büyüme oranı değerleri (%) (Ort. $\pm$ S.E)

Grup	SBO (%)
KMT	0,57 $\pm$ 0,031 a
0.5 MT	0,52 $\pm$ 0,019 a
1.0 MT	0,56 $\pm$ 0,010 a
1.5 MT	0,53 $\pm$ 0,019 a
3.0 MT	0,45 $\pm$ 0,09 b



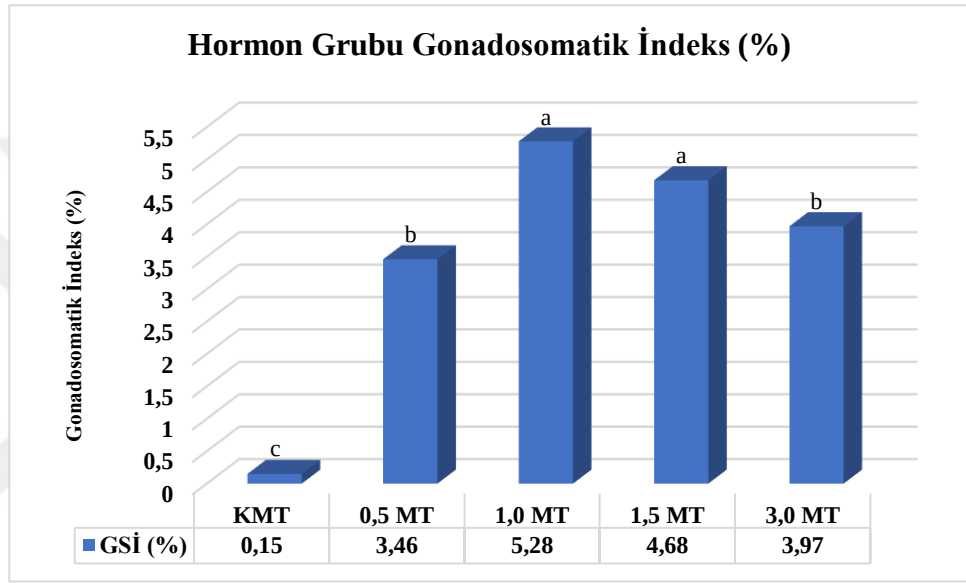
Şekil 4.7. Cinsiyet dönüşüm denemesinde grupların spesifik büyüme oranı değerleri, ($p<0,05$) (%) ($\pm$ S.E)

4.2.5. Hormon grubu gonadosomatik indeks (GSI)

Gonadosomatik indeks ölçümleri incelendiğinde; 0.5MT grubu için $3,46 \pm 0,58$; 1.0MT grubu için $5,28 \pm 0,45$; 1.5MT grubu için $4,68 \pm 1,04$; 3.0MT grubu için $3,97 \pm 0,94$; KMT grubu için ise $0,15 \pm 0,04$ olduğu hesaplanmıştır (Tablo 4.5). Yapılan değerlendirme sonucunda gonadosomatik indeks değerleri açısından gruplar arasında anlamlı bir fark olduğu görülmüştür (Şekil 4.8) ($p<0,05$).

Tablo 4.5. Cinsiyet dönüşüm denemesinde grupların gonadosomatik indeks verileri (%) (Ort. $\pm$ S.E)

Grup	GSI (%)
KMT	0,15 $\pm$ 0,04 c
0.5 MT	3,46 $\pm$ 0,58 b
1.0 MT	5,28 $\pm$ 0,45 a
1.5 MT	4,68 $\pm$ 1,04 a
3.0 MT	3,97 $\pm$ 0,94 b

Şekil 4.8. Cinsiyet dönüşüm denemesinde grupların gonadosomatik indeks verileri, ($p < 0,05$) (%) ($\pm$ S.E)

4.2.6. Cinsiyet oranları

Cinsiyetin dönüşümü bölümünde 17 α -metilttestesteron ilaveli yem ile beslenen bireylerin cinsiyet dönüşüm oranları, 10'ncu aydan itibaren 15 günlük örnekleme dönemlerinde ve 21'nci ayda deneme çalışma balıklarının kesilip gonadlarının çıkarılıp incelenmesi yoluyla belirlenmiştir. Denemelerde, işletmeye daha önce getirilmiş olan tümü dişi göz lekeli yumurtalardan çıkan balıklar kullanılmıştır. Bu sebeple kontrol (KMT) grubu incelendiğinde tüm bireylerin (%100) dişi cinsiyette olduğu kaydedilmiştir. İşletmede normal erkek ve dişi balıkların çaprazlanması ile deneme balıkları ile aynı dönemde üretilmiş olan işleme ünitesine fileto kesime gönderilen balıklar (NOR) içerisinde rasgele yapılan örnekleme sonucunda is %47,4 $\pm$ 1,5 erkek; %52,6 $\pm$ 1,62 oranında ise dişi

bireyler gözlemlenmiştir. 17 α -metiltestosteron (MT) uygulaması olan tüm gruplarda erkekleşme elde edilmiş ve gruplar arasında farklılık ortaya çıkmıştır ($p<0.05$) Hormon grupları arasında en iyi erkekleşme oranı $97,85 \pm 0,45$ ile 1.0MT ve $93,33 \pm 0,57$ ile 1.5MT gruplarında elde edilmiştir (Tablo 4.6). Bununla beraber cinsiyet dönüşümü başarılı olan gruplar arasında en yüksek kanallı erkek oranı $76,54 \pm 1,81$ ile 1.0 MT ve $68,72 \pm 2,1$ 0.5MT grubunda elde edilmiştir (Tablo 4.7).

En yüksek interseks (hem testis hem ovaryuma sahip) birey oranı $5,88 \pm 0,13$ ile 0.5MT grubunda elde edilmiştir ($p<0,05$). MT uygulamaları sonucunda dişi gonad oluşturan yani cinsiyetin dönüştürme işleminin başarısız olarak değerlendirildiği dişi bireyler ise en çok $17,65 \pm 0,11$ ile 0.5MT grubundan elde edilmiştir (Tablo 4.6). Gonad gelişiminin büyük ölçüde ortaya çıktığı bilinen 23. ayda yapılan incelemede örnekler arasında bazı balıklarda gonad gelişimi olmadığı gözlenmemiştir. Bu bireyler kısır (steril) olarak değerlendirilmiştir. Kısır balıkların en fazla gözlemlendiği deneme grubu $18,18 \pm 0,81$ ile 3.0MT grubu olmuştur.

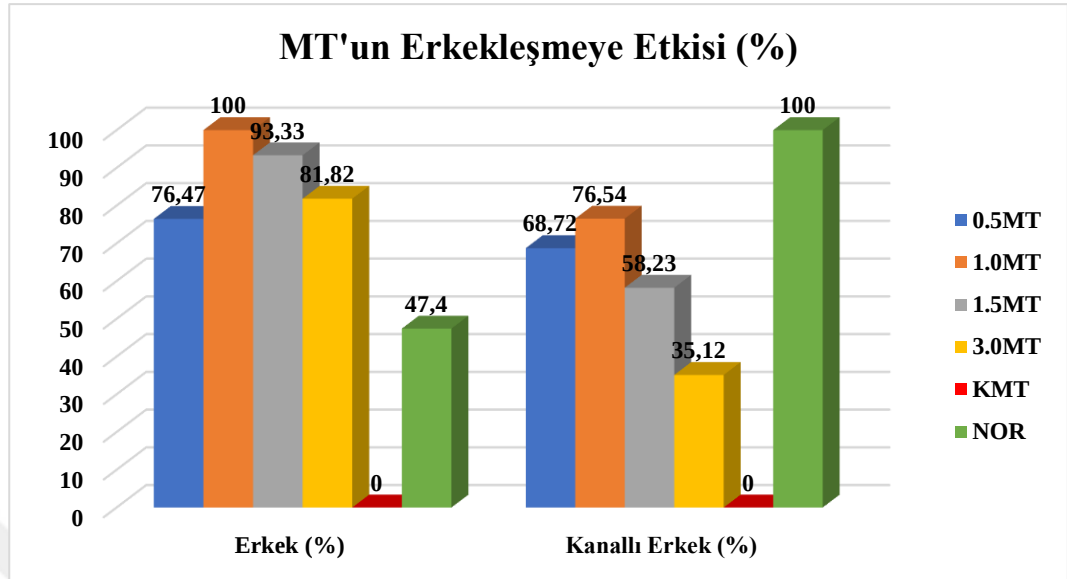
Tablo 4.6. Deneme gruplarındaki cinsiyet oranları (%) (Ort. $\pm$ S.E)

Grup	N	Erkek Oranı (%)	Dişi Oranı (%)	İnterseks Birey Oranı (%)	Kısır Bireyler (%)
KMT	150	-	100.0 a	-	-
0.5 MT	150	$76,47 \pm 0,29$ b	$17,65 \pm 0,11$ c	$5,88 \pm 0,13$ a	-
1.0 MT	150	$97,85 \pm 0,45$ a	-	-	$2,15 \pm 0,07$ b
1.5 MT	150	$93,33 \pm 0,57$ a	-	-	$6,67 \pm 0,24$ b
3.0 MT	150	$81,82 \pm 0,42$ b	-	-	$18,18 \pm 0,81$ a
NOR	115	$47,4 \pm 1,5$ c	$52,6 \pm 1,62$ b	-	-

*Post larvalar ilk yemlemeden itibaren 540 gün-derece boyunca 0-3,0 mg/kg MT içeren yemlerle beslenmiştir. $P<0,05$

Tablo 4.7. MT un erkekleşme ve sperm kanalı oluşumu üzerine etkisi (%) (Ort. $\pm$ S.E)

Grup	N	Erkek Oranı (%)	Kanallı Erkek (%)	Kısır Bireyler (%)
KMT	150	-	-	-
0.5 MT	150	$76,47 \pm 0,29$ b	$68,72 \pm 2,1$ b	-
1.0 MT	150	$97,85 \pm 0,45$ a	$76,54 \pm 1,81$ b	-
1.5 MT	150	$93,33 \pm 0,57$ a	$58,23 \pm 0,88$ c	$6,67 \pm 0,24$ b
3.0 MT	150	$81,82 \pm 0,42$ b	$35,12 \pm 0,32$ d	$18,18 \pm 0,81$ a
NOR	115	$47,4 \pm 1,5$ c	100.0 a	-



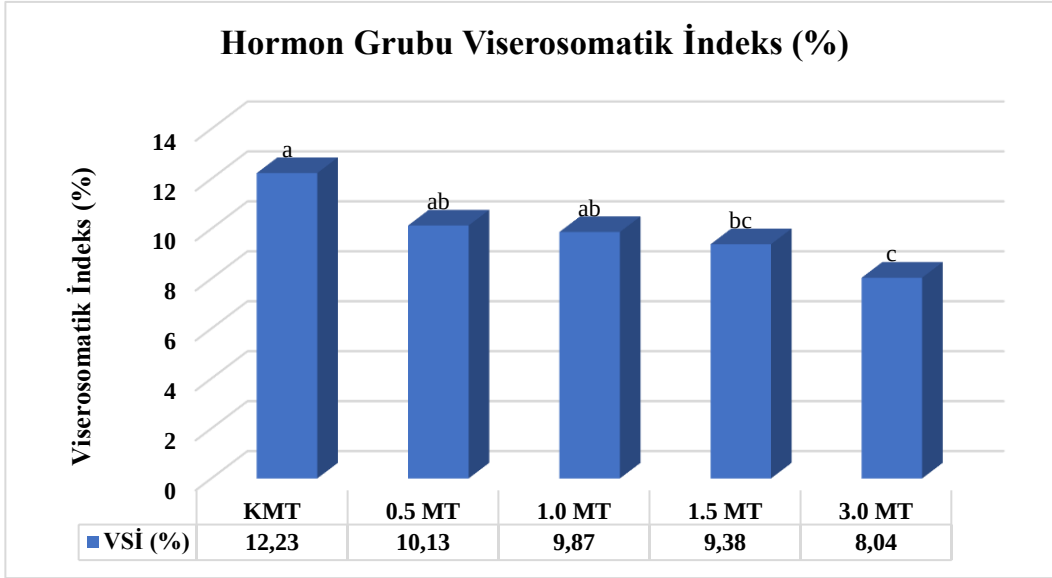
Şekil 4.9. Deneme gruplarındaki erkekleşme ve kanallı erkek oranı (%) (± S.E)

4.2.7. Hormon grubu viserosomatik indeks (VSİ)

Gruplara göre viserosomatik indeks (VSİ) verileri incelendiğinde KMT grubunda $12,23 \pm 0,79$; 0.5MT grubunda $10,13 \pm 0,46$; 1.0MT grubunda $9,87 \pm 0,42$; 1.5MT grubunda $9,38 \pm 0,27$; 3.0MT grubunda ise $8,04 \pm 0,31$ hesaplanmıştır (Tablo 4.8). İstatistiki olarak gruplar arası anlamlı farklılık bulunmuştur ($p < 0,05$). En yüksek değer kontrol (KMT) grubunda elde edilmiş olup, en düşük değer ise 3.0MT grubunda tespit edilmiştir (Şekil 4.10).

Tablo 4.8. Cinsiyet dönüşüm denemesinde gruplara ait viserosomatik indeks (VSİ) değerleri (± S.E)

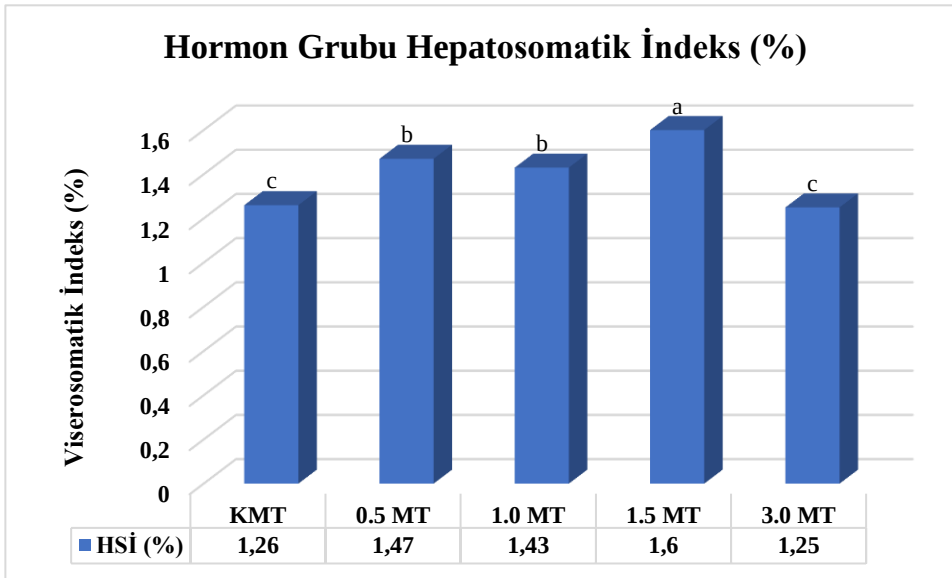
Grup	VSİ (%)
KMT	$12,23 \pm 0,79$ a
0.5 MT	$10,13 \pm 0,46$ ab
1.0 MT	$9,87 \pm 0,42$ ab
1.5 MT	$9,38 \pm 0,27$ bc
3.0 MT	$8,04 \pm 0,31$ c



Şekil 4.10. Cinsiyet dönüşüm denemesinde gruplara ait viserosomatik indeks değerleri ($p < 0,05$)(%) ($\pm$ S.E)

4.2.8. Hormon grubu hepatosomatik indeks (HSİ)

Gruplar arasında hepatosomatik indeks (HSİ) verileri ile yapılan hesaplama sonucu 0.5MT grubu için $1,47 \pm 0,065$; 1.0MT grubu için $1,43 \pm 0,099$; 1.5MT grubu için $1,60 \pm 0,082$; 3.0MT grubu için $1,25 \pm 0,132$; KMT grubu için ise $1,26 \pm 0,198$ olduğu hesaplanmıştır (Tablo 4.9). Hepatosomatik indeks açısından gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır (Şekil 4.11) ($p > 0,05$).



Şekil 4.11. Cinsiyet dönüşüm denemesinde gruplara ait hepatosomatik indeks değerleri ($p > 0,05$)(%) ($\pm$ S.E)

Tablo 4.9. Cinsiyet dönüşüm denemesinde gruplara ait hepatosomatik indeks (HSİ) değerleri ($\pm$ S.E)

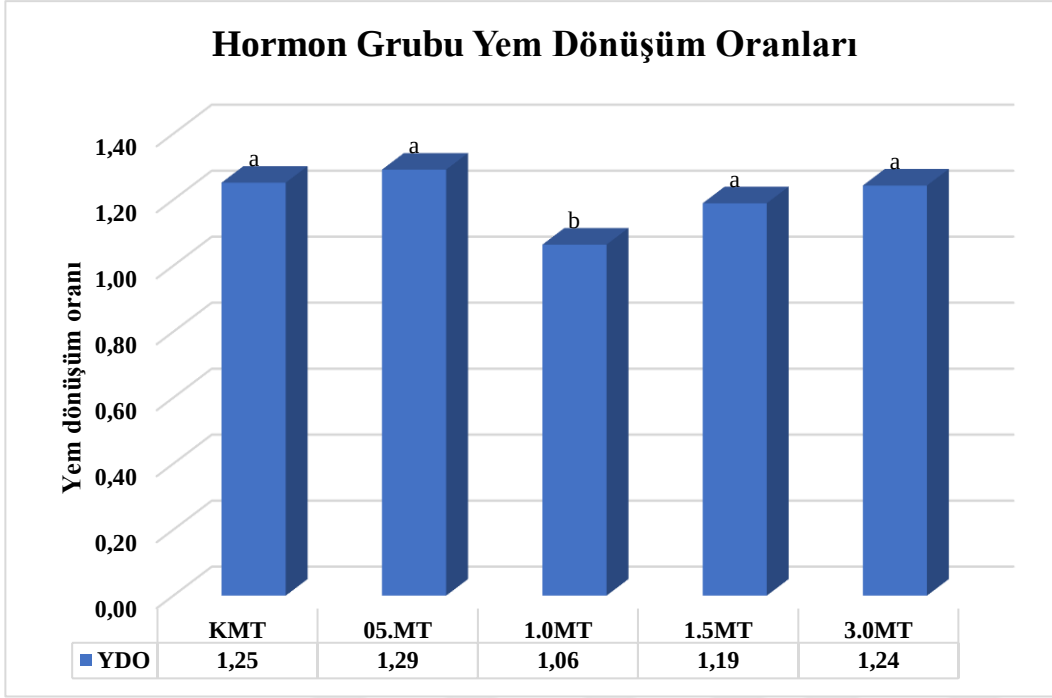
Grup	HSİ (%)
KMT	1,26 $\pm$ 0,198 c
0.5 MT	1,47 $\pm$ 0,065 b
1.0 MT	1,43 $\pm$ 0,099 b
1.5 MT	1,60 $\pm$ 0,082 a
3.0 MT	1,25 $\pm$ 0,132 c

4.2.9. Hormon grubu yem dönüşüm oranı (YDO)

Cinsiyet dönüşümü gruplarında tüketilen ve kazanılan canlı ağırlık verilerine göre yem dönüşüm oranları hesaplanmıştır. Elde edilen bulgular, KMT grubu için $1,25 \pm 0,038$; 0.5MT grubu için $1,29 \pm 0,051$; 1.0MT grubu için $1,06 \pm 0,065$; 1.5MT grubu için $1,19 \pm 0,042$; 3.0MT grubu için $1,14 \pm 0,325$ olarak bulunmuştur (Tablo 4.10). Yem dönüşüm oranı bakımından en iyi sonuç 1.0MT grubunda elde edilmiştir (Şekil 4.12) ($p < 0,05$).

Tablo 4.10. Cinsiyet dönüşüm denemesinde gruplara ait yem dönüşüm oranları (YDO) ($\pm$ S.E)

Grup	YDO
KMT	1,25 $\pm$ 0,038 a
0.5 MT	1,29 $\pm$ 0,051 a
1.0 MT	1,06 $\pm$ 0,065 b
1.5 MT	1,19 $\pm$ 0,042 a
3.0 MT	1,14 $\pm$ 0,325 a



Şekil 4.12. Cinsiyet dönüşüm denemesinde gruplara ait yem dönüşüm oranları ($<0,05$)(%)($\pm$ S.E)

Çalışmanın cinsiyet bölümünde elde edilen büyüme ile ilgili bulguların tamamı Tablo 4.11’de gösterilmiştir.

Tablo 4.11. Cinsiyet dönüşümü bölümü büyüme verileri genel tablo

	GRUPLAR				
PARAMETRELER	KMT	0.5 MT	1.0 MT	1.5 MT	3.0 MT
Yaşama Oranı (%)	73,82±0,61 a	73,13±0,39 a	72,90±0,40 a	72,97±0,27 a	73,47±0,98 a
Ort. Ağırlık (gr)	926,60 ± 49,66 c	946,02 ± 71,61 c	1128,41 ± 68,77 a	1012,32 ± 103,27 b	1033,36 ± 110,75 b
Total Boy (cm)	42,50 ± 1,49 c	43,29 ± 2,17 c	46,53 ± 1,86 a	44,25 ± 1,32 b	45,01 ± 1,82 b
Kondisyon Faktörü	1,18 ± 0,03 a	1,14 ± 0,03 a	1,11 ± 0,02 a	1,15 ± 0,02 a	1,21 ± 0,03 a
Spesifik Büyüme Oranı (%)	0,57 ± 0,031 a	0,52 ± 0,019 a	0,56 ± 0,010 a	0,53 ± 0,019 a	0,45 ± 0,09 b
Gonadosomatik İndeks	0,15 ± 0,04 c	3,46 ± 0,58 b	5,28 ± 0,45 a	4,68 ± 1,04 a	3,97 ± 0,94 b
Viserosomatik İndeks	12,23 ± 0,79a	10,13 ± 0,46 ab	9,87 ± 0,42 ab	9,38 ± 0,27 bc	8,04 ± 0,31 c
Hepatosomatik İndeks	1,26 ± 0,198c	1,47 ± 0,065 b	1,43 ± 0,099 b	1,60 ± 0,082 a	1,25 ± 0,132 c
Yem Dönüşüm Oranı	1,25 ± 0,038 a	1,29 ± 0,051 a	1,06 ± 0,065 b	1,19 ± 0,042 a	1,14 ± 0,325 a

4.3. Kromozom Manipülasyonu Bölümü

4.3.1. Kuluçka verimi ve başarı oranları

Çalışmanın kromozom manipülasyonu kapsamında döllen (27.01.2018) ve sıcaklık şokuna maruz bırakılan yumurtalar kuluçkalanmak üzere kuluçka tavaalarına alınmıştır. Bu aşamadan itibaren işletmedeki rutin kuluçkahane protokolüne bağlı kalınarak yumurta bakımı ve ölü yumurtaların takibi yapılmıştır. Kuluçka tavaalarına alındıktan 12 gün sonra (138 gün-derece) gözlenen, 27 gün sonra (310 gün-derece) açılan yumurtalardan çıkan besin keseli larvalar, ilk çıkıştan 15 gün sonra ise (170 gün-derece) ilk yem alımına başlamışlardır. Deneme gruplarına ilişkin gözlenme oranı (GÖZ), yumurtadan çıkış (YÇ) ve kuluçka randımanı oranlarına ait bulgular Tablo 4.12’de verilmiştir.

Tablo 4.12. Kromozom manipülasyonu denemeleri kuluçka verimi ve başarı oranları (%) (±SE)

Grup Kodlaması	Sıcaklık (°C)	Döllenmeden Sonra (dk.)	Şok Süresi (dk.)	Gözlenme Oranı (%)	Çıkış Oranı (%)	Kuluçka randımanı (%)
DİP	-	-	-	77,6 ± 2,1a	66,9 ± 4,3 a	64,55 ± 3,35a
26TR	26	15	15	71,3 ± 1,8a	52,92 ± 5,2 b	47,35 ± 6,57b
28TR	28	15	15	69,2 ± 3,6a	49,44 ± 6,1 b	41,58 ± 5,82c
3.5TT	28	210	10	56,9 ± 7,6c	41,31 ± 8,3 c	35,26 ± 4,62d
5.6TT	28	330	10	64,3 ± 5,9b	47,56 ± 6,4 b	41,33 ± 4,87c

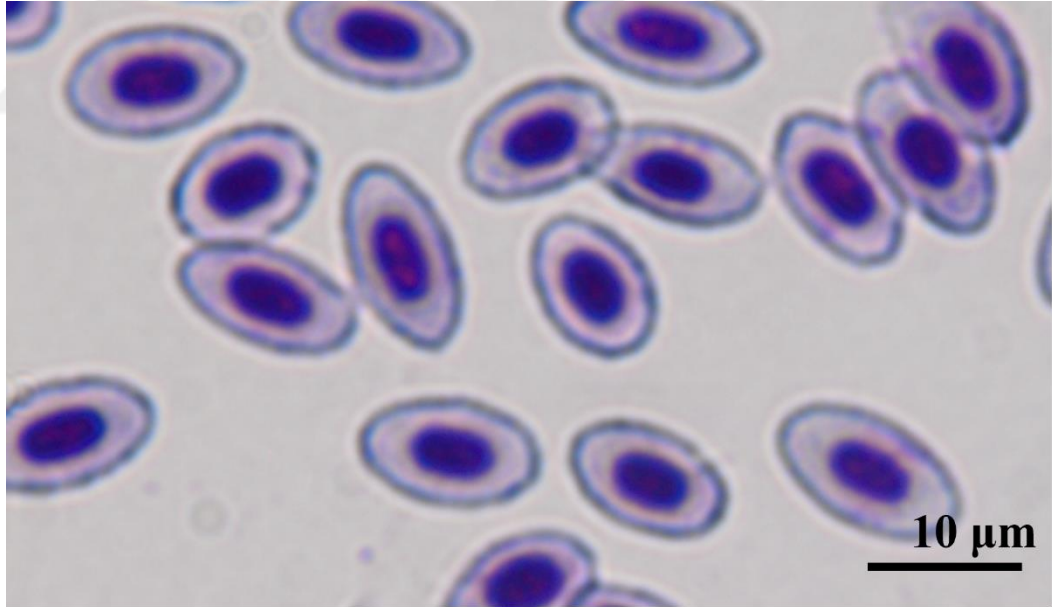
Yumurtadan çıkan larvaların besin kesesini tükettiğinde gruplardan rasgele seçilen balıklardan yapılan örnekleme sonucunda kontrol (DİP) grubu ile triploid ve tetraploid larvalar arasında ilk ölçülen canlı ağırlık ve boy ortalamaları açısından istatistikî fark gözlemlenmiştir ($p < 0,05$) (Tablo 4.13).

Tablo 4.13. Kromozom manipülasyonu çalışması larva ağırlık (gr) ve boy verileri (cm) (±SE)

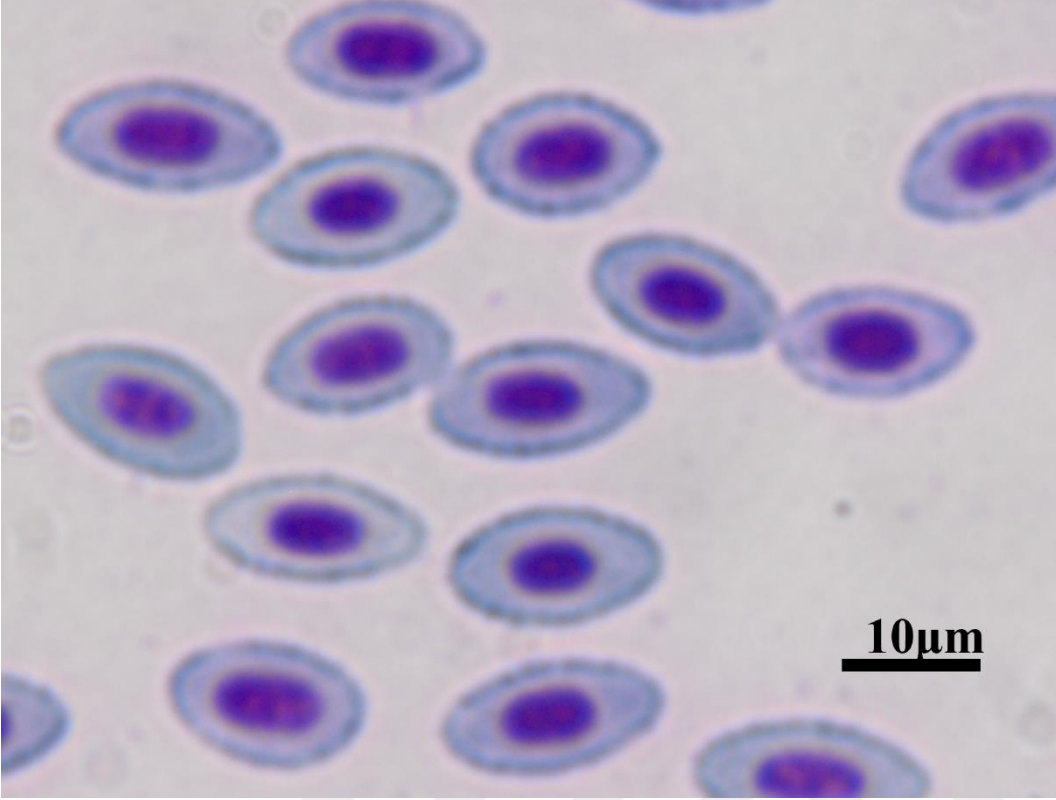
Grup Kodlaması	Sıcaklık (°C)	Döllenmeden Sonra (dk.)	Şok Süresi (dk.)	Ağırlık (gr)	Boy (mm)
DİP	-	-	-	0,072±0,017c	16,22±0,73c
26TR	26	15	15	0,080±0,014b	17,02±0,68b
28TR	28	15	15	0,081±0,009b	16,92±1,05b
3.5TT	28	210	10	0,089±0,009a	17,14±1,34a
5.6TT	28	330	10	0,090± 0,010a	17,12± 1,19a

4.3.2. Triploid ve tetraploid ölçüm verileri

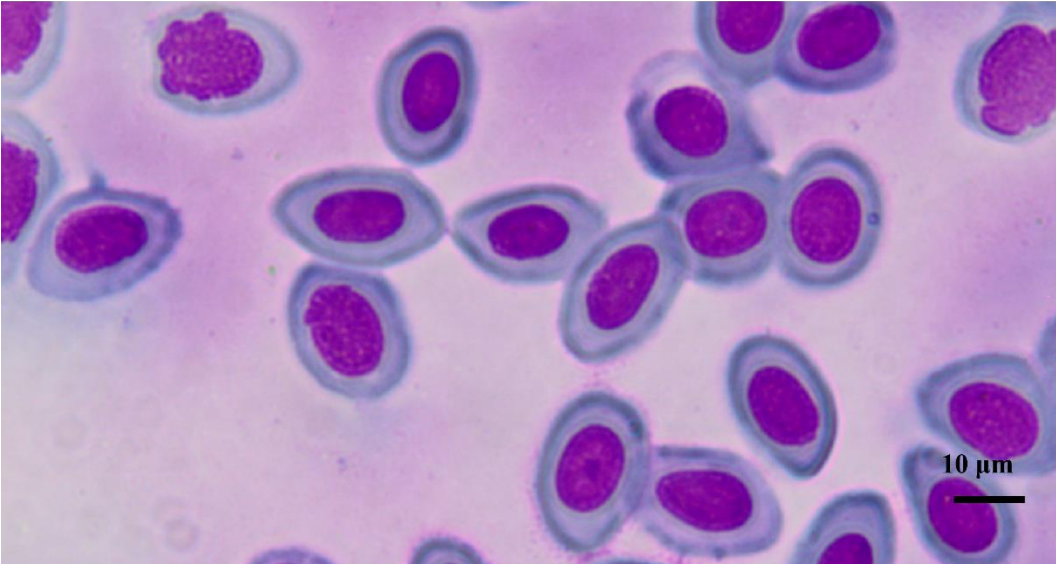
Triploid ve tetraploid bireylerin tespitinde eritrosit çekirdek boyaması ve ölçümü tekniği kullanılmıştır. Deneme gruplarından yapılan örneklemelerde balıklardan alınan kan numuneleri hazır preparatlar haline getirilerek kameralı mikroskop altında ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler sonrası karşılaştırmalarda daha net sonuçlar elde edebilmek adına her preparatın farklı bölgelerinden 50'şer adet eritrosit hücresi incelenmiştir. Hücrelerin uzun eksenleri (A) ve kısa eksenleri (a); aynı şekilde hücre çekirdeklerinin de uzun eksenleri (B) ve çekirdek kısa eksenleri (b) yazılım entegreli mikroskop altında ölçülmüştür (Tablo 4.14). Elde edilen veriler ışığında poliploidi sonucu kromozom sayısında meydana gelen artışa bağlı olarak triploid ve tetraploid bireylerin eritrosit hücre ve çekirdek boyutları, yüzey alanları ve eritrosit hacimleri diploid bireylerinkine kıyasla daha yüksek hesaplanmıştır (Tablo 4.15) ($p<0,05$).



Şekil 4.13. Normal diploid gökkuşağı alabalığı eritrositi (2n)



Şekil 4.14. Isı şoku uygulanmış triploid gökkuşağı alabalığı eritrositi (3n)

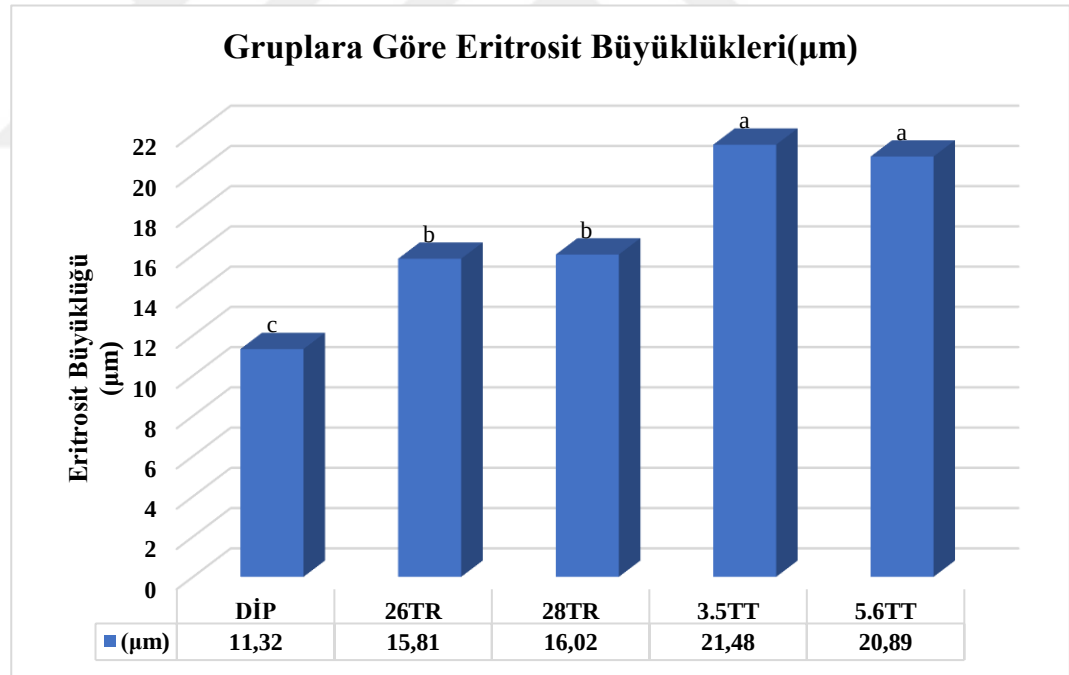


Şekil 4.15. Isı şoku uygulanmış tetraploid gökkuşağı alabalığı eritrositi (4n)

Tablo 4.14. Gruplara göre diploid, triploid ve tetraploid bireylerde eritrosit çap ölçümleri(μm)($\pm\text{SE}$)

Grup Kodlaması	Eritrosit ap ölçümleri (μm)			
	Hücre Uzun Eksen (A)	Hücre Kısa Eksen (a)	ekirdek Uzun Eksen (B)	ekirdek Kısa Eksen (b)
DİP	11,32 $\pm$ 0,08c	7,28 $\pm$ 0,06c	5,96 $\pm$ 0,11c	3,58 $\pm$ 0,08c
26TR	15,81 $\pm$ 0,07b	9,96 $\pm$ 0,08 b	7,58 $\pm$ 0,08b	5,26 $\pm$ 0,06b
28TR	16,02 $\pm$ 0,95b	10,02 $\pm$ 0,04ab	8,45 $\pm$ 0,19b	5,41 $\pm$ 0,15b
3.5TT	21,48 $\pm$ 0,09a	12,12 $\pm$ 0,73 a	9,81 $\pm$ 0,22a	6,75 $\pm$ 0,02a
5.6TT	20,89 $\pm$ 0,21a	11,79 $\pm$ 0,82a	9,61 $\pm$ 0,13a	6,52 $\pm$ 0,09a

Triploid ve tetraploid bireylerin tayini amacıyla eritrosit (alyuvar) byklklri incelendiğinde DİP grubunda 11,32 $\pm$ 0,08; 26TR grubunda 15,81 $\pm$ 0,07; 28TR grubunda 16,02 $\pm$ 0,95; 3.5TT grubunda 21,48 $\pm$ 0,09 ve 5.6TT grubunda ise 20,89 $\pm$ 0,21 μm olduğu grlmştr (şekil 4.16).

şekil 4.16. Gruplara göre eritrosit byklklri ($p<0,05$).

Diploid bireyler ile kıyaslandığında eritrosit byklklri, triploid gruplarında diploidlerden 1,40 $\pm$ 0,1 kat; tetraploid gruplarında ise diploidlerden 1,87 $\pm$ 2,05 kat daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar ışıkında diploid

(2n), triploid (3n) ve tetraploid (4n) kromozoma sahip bireylerin eritrosit büyüklükleri arasındaki farkın istatistiki açıdan önemli olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Eritrosit hücrelerinin hacim hesaplamalarında, DİP grubunda $210,435\pm9,869$; 26TR grubunda $475,389\pm16,405$; 28TR grubunda $598,624\pm20,261$; 3.5TT grubunda $1081,809\pm28,121$ ve 5.6TT grubunda ise $1009,633\pm25,546 \mu\text{m}^3$ sonucu elde edilmiştir (Tablo 4.15). Eritrosit hücresi yüzey alanı sonuçlarında ise, DİP grubunda $52,962\pm1,127$; 26TR grubunda $94,074\pm1,896$; 28TR grubunda $106,265\pm3,059$; 3.5TT grubunda $165,414\pm6,224$ ve 5.6TT grubunda ise $157,591\pm5,893 \mu\text{m}^2$ sonucu elde edilmiştir (Tablo 4.15).

Diploid (2n), triploid (3n) ve tetraploid (4n) kromozoma sahip bireylerin eritrosit alan ve hacimleri bakımından gruplar arasındaki farkın istatistiki açıdan önemli olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$).

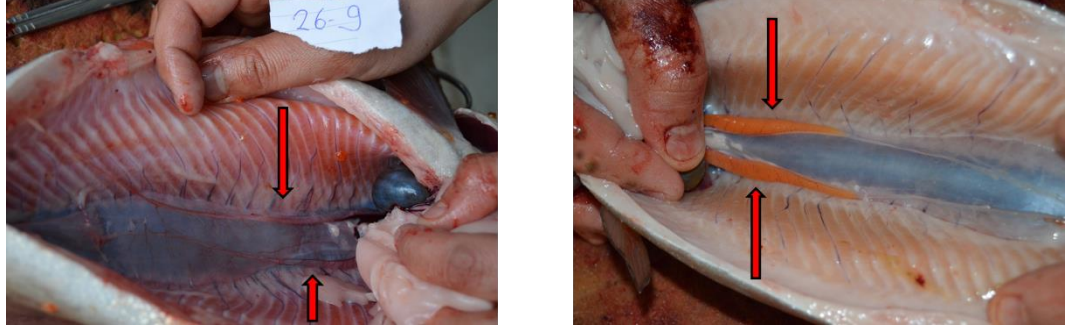
Tablo 4.15. Gruplara göre diploid, triploid ve tetraploid bireylerde eritrosit alan ve hacim ölçümleri($\pm$ SE)

Grup Kodlaması	Eritrosit Alan (μm^2) ve Hacim Ölçümleri (μm^3)			
	Eritrosit Hacmi ($V_{\text{eritrosit}}$) (μm^3)	Çekirdek Hacmi ($V_{\text{eritrosit}}$) (μm^3)	Eritrosit Yüzey Alanı (μm^2)	Çekirdek Yüzey Alanı (μm^2)
DİP	$210,435\pm9,869$ c	$48,829\pm1,896$ c	$52,962\pm1,127$ c	$20,459\pm0,154$ c
26TR	$475,389\pm16,405$ b	$144,215\pm6,459$ b	$94,074\pm1,896$ b	$41,126\pm1,427$ b
28TR	$598,624\pm20,261$ b	$153,476\pm5,782$ b	$106,265\pm3,059$ b	$42,553\pm2,431$ b
3.5TT	$1081,809\pm28,121$ a	$288,994\pm9,232$ a	$165,414\pm6,224$ a	$64,221\pm3,025$ a
5.6TT	$1009,633\pm25,546$ a	$262,293\pm8,711$ a	$157,591\pm5,893$ a	$60,344\pm4,174$ a

4.3.3. Triploid ve tetraploid oranları

Çalışmanın kromozom manipülasyonu kısmında aynı cinsiyet dönüşümü bölümünde olduğu gibi farklı düzey ve sürelerde sıcaklık şoku uygulanan bireyler 9. Aydan itibaren 30. Aya kadar besleme çalışmasına alınmışlardır. 30. ayın sonunda gruplardan rastgele örnekleme yöntemi ile seçilen balıklar kesilip gonadları çıkarılıp incelenmiştir ($n=150$). Makro düzeyde yapılan incelemeler

sonucunda grupların Triploid ve tetraploid oranları ve kısırılık durumları tespit edilmiştir (Şekil 4.17).

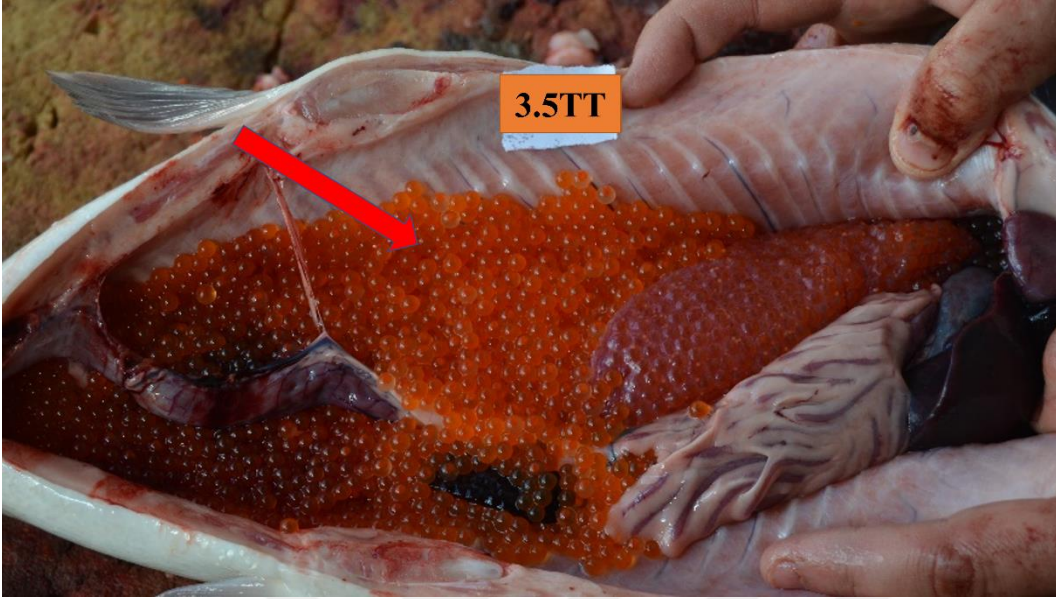


Şekil 4.17. Sıcaklık şoku uygulanmış gruplarda gonadların incelenmesi

Yapılan incelemelerde tetraploid uygulamalarındaki dişi gonad geliştirdiği ve ovaryum gelişimlerinin büyük oranda tamamlandığı gözlemlenirken (Şekil 4.19), triploid gruplarındaki bireylerin ise büyük çoğunluğunun dişi ve kısır bireylerden oluştuğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.18).



Şekil 4.18. Triploid dişi ve kısır bir bireyin gonad yapısı

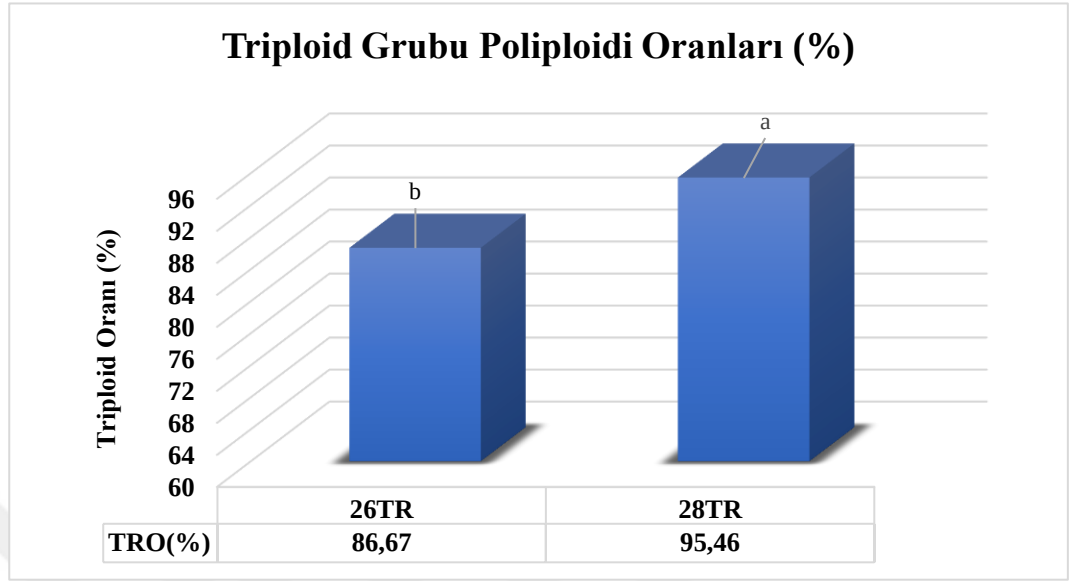


Şekil 4.19. Tetraploid bir bireyin gonad yapısı

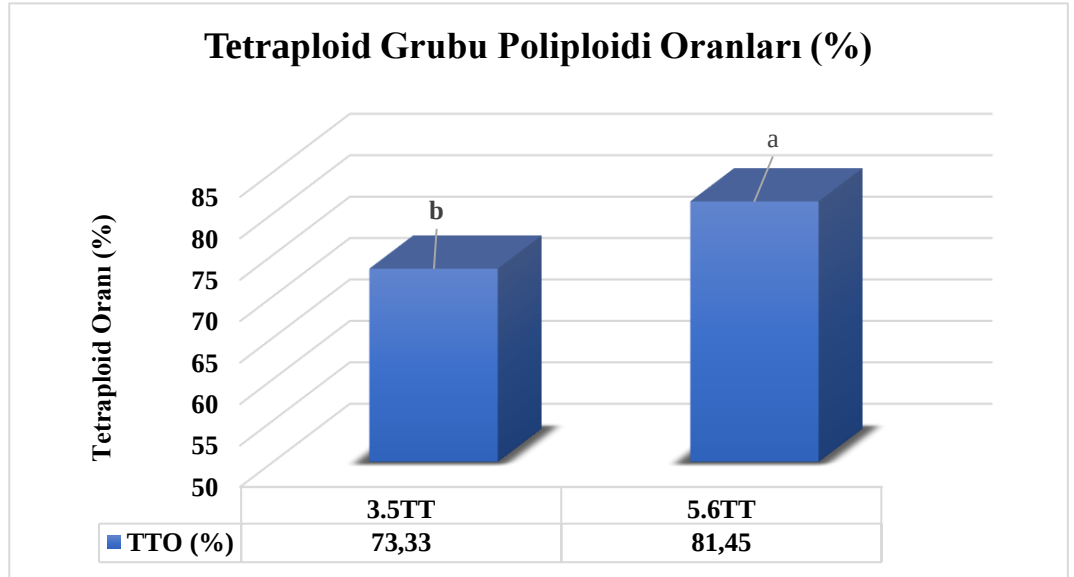
Kromozom manipülasyonu bölümünde sıcaklık şoku uygulanan ve uygulanmayan balıklardan alınan numuneler incelendiğinde elde edilen poliploidi oranları Tablo 4.16’da gösterilmiştir. Grupların ayrı ayrı triploid ve tetraploid oranları ise grafik olarak Şekil 4.20 ve Şekil 4.21’de belirtilmiştir.

Tablo 4.16. Sıcaklık şoku uygulanan balıklarda poliploidi oranı

Grup Kodlaması	Sıcaklık (°C)	Döllenmeden Sonra (dk.)	Şok Süresi (dk.)	Ploiploidi Oranı (%)
DİP	-	-	-	0
26TR	26	15	15	86,67±2,257 b
28TR	28	15	15	95,46±3,058 a
3.5TT	28	210	10	73,33±5,342 d
5.6TT	28	330	10	81,45± 2,634 c



Şekil 4.20. Sıcaklık şoku uygulaması triploid oranları (TRO) (%)



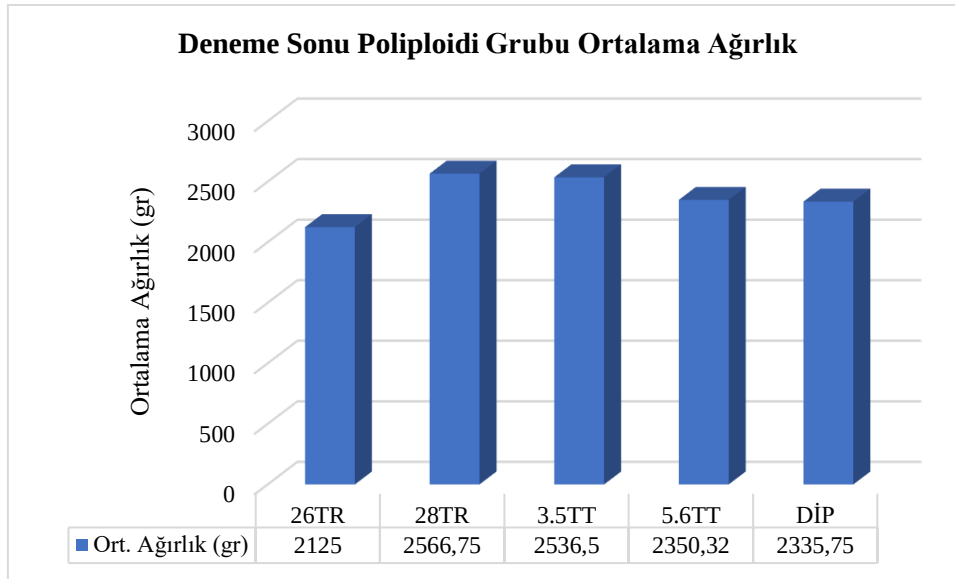
Şekil 4.21. Sıcaklık şoku uygulaması tetraploid oranları (TTO) (%)

4.3.4. Ortalama canlı ağırlık ve total boylar

Tablo 4.17. Kromozom manipülasyonu denemesinde gruplara ait canlı ağırlık ve total boy ortalamaları (Ort.± S.E)

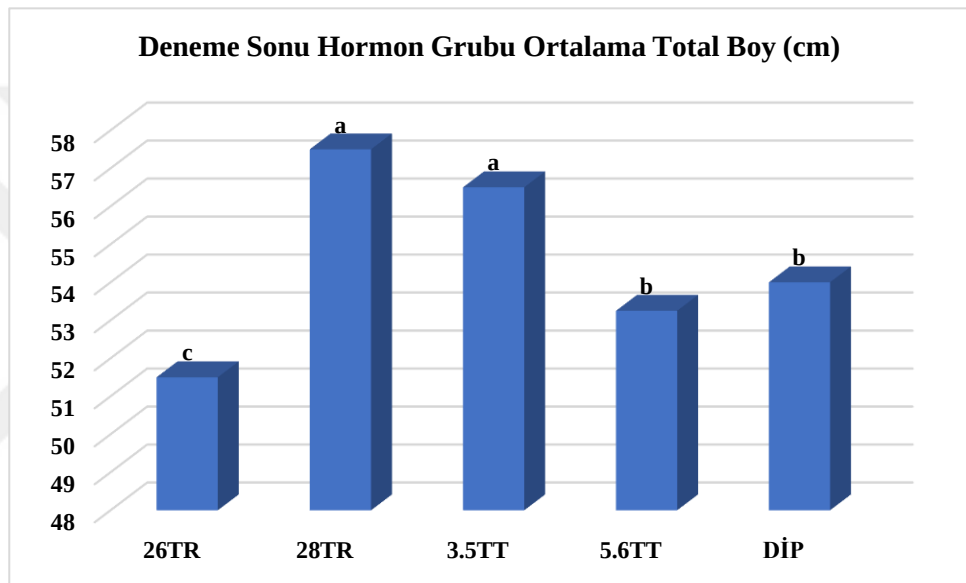
Grup	Ortalama Ağırlık (gr)	Ortalama Total Boy (cm)
26TR	2125,00 ±139,63 c	51,50 ± 1,45 c
28TR	2566,75 ± 132,10 a	57,50 ± 1,70 a
3.5TT	2536,50 ± 122,50 a	56,50 ± 1,54 a
5.6TT	2350,32 ± 135,60 b	53,25 ± 0,84 b
DİP	2335,75 ± 128,70 b	54,00 ± 1,25 b

Grupların poliploidi oranının ve büyüme parametrelerinin daha net incelenmesi amacıyla balıklar 3'er tekerrürlü olacak şekilde gruplara ayrılıp 30. aya kadar ağırlık işletmedeki büyüme protokolüne uygun olarak besleme ve bakıma tabi tutulmuştur. Deneme başında sonunda rastgele seçilen balıklar arasından yapılan ölçümlerde ağırlık ve boy ölçümleri yapılmıştır. Deneme sonucunda ortalama canlı ağırlık, 26TR 2125,00 ±139,63; 28TR grubunda 2566,75 ± 132,10 gr; 3.5TT grubunda 2536,50 ± 122,50 gr; 5.6TT grubunda 2350,32 ± 135,60 gr; ve DİP grubunda ise 2335,75 ± 128,70 gr olarak ölçülmüştür (Şekil 4.22).



Şekil 4.22. Kromozom manipülasyonu denemesinde gruplara ait deneme sonu canlı ağırlık ortalamaları (Ort.± S.E)

Total boy ortalamalarında ise, 26TR grubunda $57,50 \pm 1,70$ cm, 28TR grubunda $56,50 \pm 1,54$ cm, 3.5TT grubunda $53,25 \pm 0,84$ cm, 5.6TT grubunda $54,00 \pm 1,25$ cm ve DİP grubunda ise $51,50 \pm 1,45$ cm olarak ölçülmüştür (Şekil 4.23). Deneme gruplarının ortalama canlı ağırlık (gr) ve total boy ortalamaları (cm) Tablo 4.17’de gösterilmiştir. Gruplar arasında ağırlık ve boy olarak anlamlı bir fark elde edilmiştir ($p < 0,05$).



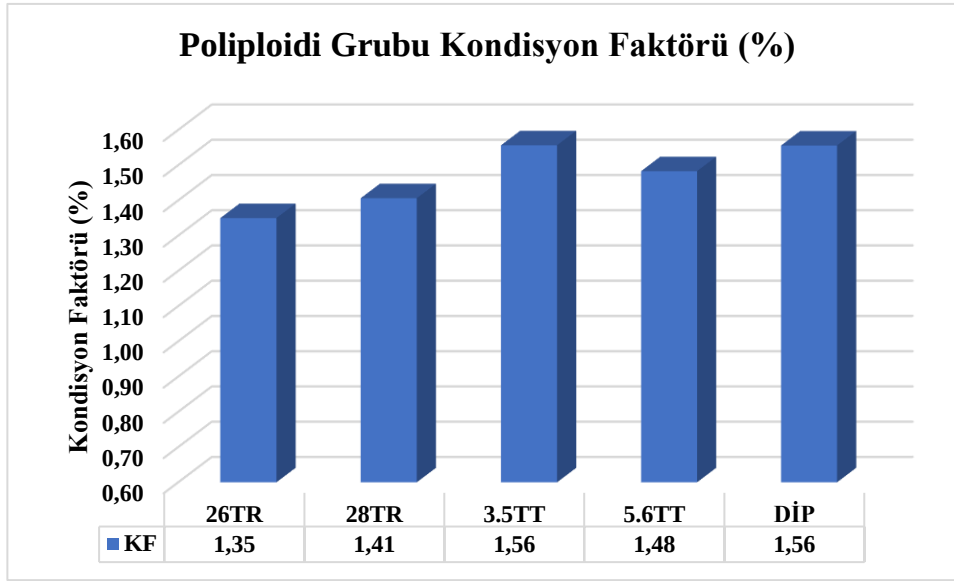
Şekil 4.23. Kromozom manipülasyonu denemesinde gruplara ait deneme sonu total boy ortalamaları (Ort.± S.E)

4.3.5. Poliploidi grubu kondisyon faktörü (KF)

Kondisyon faktörü değerlerine bakıldığında; 26TR grubu için $1,35 \pm 0,07$; 28TR grubu için $1,41 \pm 0,01$; 3.5TT grubu için $1,56 \pm 0,09$; 5.6TT grubu için $1,48 \pm 0,06$; DİP grubu için ise $1,56 \pm 0,08$ olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.18). Yapılan değerlendirme sonucunda kondisyon faktörü açısından gruplar arasında istatistiki olarak bir fark görülmemiştir ($p > 0,05$) (Şekil 4.24).

Tablo 4.18. Kromozom manipölasyonu denemesinde gruplara ait kondisyon faktörü değerleri (Ort.± S.E)

Grup	KF (%)
26TR	1,35 ± 0,07 a
28TR	1,41 ± 0,01a
3.5TT	1,56 ± 0,09 a
5.6TT	1,48 ± 0,06 a
DİP	1,56 ± 0,08 a



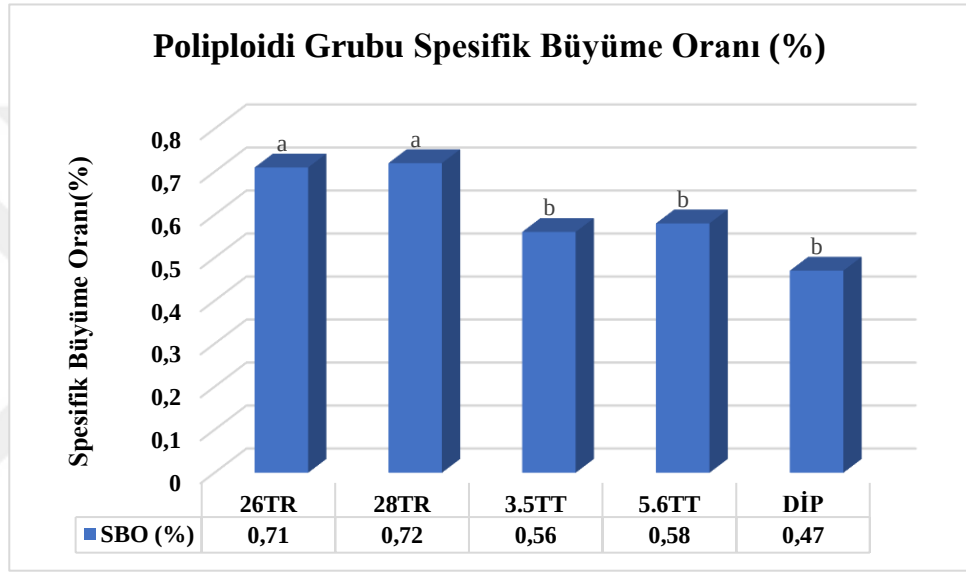
Şekil 4.24. Kromozom manipölasyonu gruplarına ait kondisyon faktörleri (Ort.± S.E)

4.3.6. Poliploidi grubu spersifik büyüme oranı (SBO)

Cinsiyet dönüşümü bölümünde yapılan ölçümler sonucunda spesifik büyüme oranları, 26TR grubunda $0,71 \pm 0,013$; 28TR grubunda $0,72 \pm 0,18$; 3.5TT grubunda $0,56 \pm 0,027$; 5.6TT grubunda $0,58 \pm 0,022$ ve DİP grubunda ise $0,47 \pm 0,035$ olarak ölçülmüştür (Tablo 4.19). İstatistiki değerlendirmede gruplar arası farkın anlamlı olduğu ($p < 0,05$); 26TR ve 28TR grupları en anlamlı farkı vermişken, 3.5TT, 5.6TT ve DİP gruplar arasında ise fark gözlemlenmemiştir ($p > 0,05$). (Şekil 4.25).

Tablo 4.19. Kromozom manipölasyonu denemesinde gruplara ait spesifik büyüme oranı değerleri (Ort.± S.E)

Grup	SBO (%)
26TR	0,71 ± 0,013 a
28TR	0,72 ± 0,18 a
3.5TT	0,56 ± 0,027 b
5.6TT	0,58 ± 0,022 b
DİP	0,47 ± 0,035 b



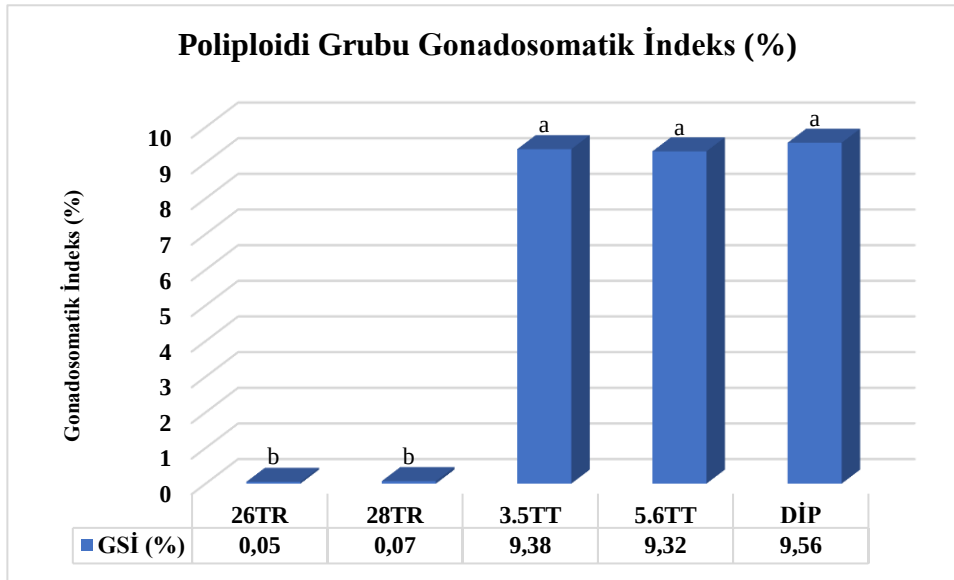
Şekil 4.25. Kromozom manipölasyonu gruplarına ait spesifik büyüme oranları (Ort.± S.E)

4.3.7. Poloiploidi grubu gonadosomatik indeks (GSİ)

Gonadosomatik indeks ölçümleri incelendiğinde; 26TR grubu için $0,05 \pm 0,005$; 28TR grubu için $0,07 \pm 0,013$; 3.5TT grubu için $9,38 \pm 1,26$; 5.6TT grubu için $9,32 \pm 0,49$; DİP grubu için ise $9,56 \pm 2,89$ olduğu hesaplanmıştır (Tablo 4.20). Yapılan değerlendirme sonucunda gonadosomatik indeks değerleri açısından gruplar arasında anlamlı bir fark olduğu görülmüştür ($p < 0,05$) (Şekil 4.26). Triploid grubunun her ikisinde de kısır bireyler yoğunlukta olduğu için en düşük GSİ değeri 26TR ve 28TR grubunda elde edilmiştir ($p < 0,05$). Tetraploid grupları ve kontrol grupları ise kendi aralarında fark göstermemişlerdir ($p > 0,05$).

Tablo 4.20. Kromozom manipölasyonu denemesinde gruplara ait gonadosomatik indeks verileri (Ort.± S.E)

Grup	GSI (%)
26TR	0,05 ± 0,005 b
28TR	0,07 ± 0,013 b
3.5TT	9,38 ± 1,26 a
5.6TT	9,32 ± 0,49 a
DİP	9,56 ± 2,89 a



Şekil 4.26. Kromozom manipölasyonu gruplarına ait gonadosomatik indeks oranları (Ort.± S.E)

Çalışmanın cinsiyet bölümünde elde edilen büyüme ile ilgili bulguların tamamı Tablo 4.21’de gösterilmiştir.

Tablo 4.21. Kromozom manipölasyonu bölümü büyüme verileri genel tablo

	GRUPLAR				
PARAMETRELER	KMT	0.5 MT	1.0 MT	1.5 MT	3.0 MT
Ort. Ağırlık (gr)	2125,00 ± 139,63 c	2566,75 ± 132,10 a	2536,50 ± 122,50 a	2350,32 ± 135,60 b	2335,75 ± 128,70 b
Total Boy (cm)	51,50 ± 1,45 c	57,50 ± 1,70 a	56,50 ± 1,54 a	53,25 ± 0,84 b	54,00 ± 1,25 b
Kondisyon Faktörü	1,35 ± 0,07 a	1,41 ± 0,01a	1,56 ± 0,09 a	1,48 ± 0,06 a	1,56 ± 0,08 a
Spesifik Büyüme Oranı (%)	0,71 ± 0,013 a	0,72 ± 0,18 a	0,56 ± 0,027 b	0,58 ± 0,022 b	0,47 ± 0,035 b
Gonadosomatik İndeks	0,05 ± 0,005 b	0,07 ± 0,013 b	9,38 ± 1,26 a	9,32 ± 0,49 a	9,56 ± 2,89 a

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Gökkuşığı alabalığında cinsiyet dönüşümü ve kromozom manipülasyon uygulamalarının incelenmesi konulu bu tez çalışmasında bir yandan tümü dişi fonksiyonel erkek anaçların dolaylı yöntemle ve en uygun hormon seviyesinde üretilmesi planlanırken, diğer yandan ise farklı sıcaklık şok uygulamaları ile triploid (3n) ve tetraploid (4n) kromozomlu bireylerin üretilmesi ve tümü dişi kısır popülasyonların oluşturulması amaçlanmıştır.

Çalışmanın ilk bölümü olan cinsiyet dönüşümü kısmında, besin keselerini henüz tüketmiş, ilk yem alma dönemindeki gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yavrularına dört farklı seviyede (0.5, 1.0, 1.5 ve 3.0 mg/lt.) 17 α -metiltestosteron içeren hormonlu yemler oral yolla verilerek XX erkek bireylerin elde edilmesi hedeflenmiştir. Kontrol grubuna ise herhangi bir hormon ilavesi olmayan yem verilmiştir.

Günümüzde birçok araştırmacı tarafından balık cinsiyetini kontrol etmek amacıyla en çok tercih edilen sentetik androjenin 17 α -metiltestosteron (MT) olduğu bildirilmiştir (Purdom, 1993; Rougeot, 2015; Fopp-Bayat et al., 2017). Bye and Lincoln (1986), gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) üzerine yapmış oldukları çalışmada yeme 3 mg/kg dozunda 17 α -metiltestosteron ilave etmişler ve besin kesesini henüz bitirmiş yavruları 700 gün-derece süresince bu hormonlu yem ile beslemişlerdir. Çalışmanın sonunda %100 genotipik olarak dişi fonksiyonel olarak erkek bireyler elde edilmiş olsa bile, fonksiyonel erkek bireylerin sperm kanallarının ya tıkalı olması ya da hiç oluşmaması sebebiyle üreme döneminde testislerin diseksiyon ile çıkarılarak kullanılabileceği kaydedilmiştir. Benzer şekilde Hunter and Donaldson, (1983), gökkuşığı alabalıklarının (*Oncorhynchus mykiss*) ilk yem alma döneminden itibaren aralıksız 90 gün boyunca 3 mg/kg dozunda 17 α -metiltestosteron içeren yemle beslenmesi sonucunda %94 oranında erkek bireyler elde edildiğini, buna karşın 60 mg/kg dozunda 11 β -hydroxyandrostenedione içeren yem ile aralıksız 56 gün beslenen yavru grubunda ise %100 erkek bireylerin oluştuğunu bildirmişlerdir. Atar vd. (2008), farklı hormonların gökkuşığı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) cinsiyet dönüşümüne etkisi ve dişi popülasyon üretimi isimli Tübitak projesinde yeni yem alacak

larvalara üç farklı hormonun (17 α -Methyltestosteron, 11 β -hydroxyandrostenedione, 17 α -Ethynyltestosterone) değişik dozlarını oral yolla uygulamışlar ve en yüksek erkekleşme oranını (%86,67) 60 gün boyunca 3 mg/kg MT ihtiva eden yemle beslenen grupta elde etmişlerdir. Arslan et al., 2010 yılında hormon uygulamaları ile tümü dişi gökkuşağı alabalığı üretimine yönelik olan çalışmada, bir grup larvayı 600 gün-derece boyunca 1,0; 2,0 ve 3,0 ppm dozunda 17- α metiltestosteron içeren yemle beslemişler, diğer grubu ise farklı zaman ve tekrarlarda 0,5 ppm dozunda 17- α metiltestosteron banyosuna daldırmışlardır. Çalışmanın sonunda oral yolla verilen tüm MT gruplarında %100 veya %100'e yakın erkekleşme elde etmişlerdir. Demska-Zakes and Zakes (1997), sudak balığı (*Stizostedion lucioperca*, L.)'nında yapmış olduğu denemede, 21 gün boyunca 30 mg/kg doz MT verilen grupta %96,67 erkek birey elde etmişlerdir. Al-Ablani and Phelps (2001), 40 günlük büyük ağızlı levrek balığı (*Micropterus salmoides*) larvalarına bir gruba estradiol 17- β , diğer gruba ise steroid olmayan Dietilstilbestrol isimli östrojen ilacını 40 gün boyunca 100, 200 ve 400 mg/kg dozlarında yem ile vermişlerdir. Çalışma sonucunda her iki östrojen kaynağında da %100 dişileşme elde edildiği fakat dişi gonadların yapıları açısından farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Karayücel et al., (2003) nil tilapya (*Oreochromis niloticus*) balıklarında YY süper erkek popülasyonlar üretmek amacıyla yapmış oldukları çalışmada, bir gruba steroid olmayan östrojen ilacı diethylstilbestrol (DES; 1.6%) içeren yem verip, diğer grubu ise yüksek sıcaklıktaki (36 °C) suda büyütme işlemi uyguladıktan sonra cinsiyet dönüşümü konusunda benzer sonuçlar almışlar ancak yaşama oranları açısından DES içeren grupta daha yüksek sonuçlar elde etmişlerdir. Park et al., (2004) Alaca ejderha yayın balığında (*Pseudobagrus fulvidraco* (Richardson)) Estradiol-17 β ve tamoksifen (C₂₆H₂₉NO) maddelerinin farklı dozlarını kullanarak cinsiyet dönüşümüne yönelik deneme kurmuşlardır. Deneme sonucunda 400 ppm dozundaki Estradiol-17 β tümü dişi bireyler oluşmasına sebep olurken, 200 ppm dozundaki tamoksifen maddesinin ise %90 oranında erkek popülasyon üretimine sebep olduğu rapor edilmiştir (Hoga et al., 2018). Mevcut çalışmada da literatürdeki bildirilen sonuçlara benzer olarak 17 α -Methyltestosteron içeren tüm gruplarda erkekleşme ve cinsiyet dönüşümü gözlemlenmiştir. Türel, (2013), dere alabalığında cinsiyetin kontrolü üzerine yürüttüğü bir çalışmada bir grup dere alabalığı (*Salmo*

trutta forma fario) larvasını 3 mg/kg MT ilaveli yem ile 75 gün, bir diğer larva grubunu ise 110 gün süre ile 30 mg/kg dozunda MT içeren yem ile beslemiştir. Çalışmanın sonunda 3 mg/kg grubunda %60 oranında erkekleşme, 30 mg/kg grubunda ise %53,3 erkek birey oranı bu çalışmadan elde edilen erkekleşme oranından görece daha düşük tespit edilmiştir. Fakat elde edilen bulgular ışığında erkekleşme oranı incelenecek olursa mevcut çalışmada en yüksek erkekleşme oranı 1,0 mg/kg MT gr 17 α -metiltestosteron içeren yem ile beslenen 1.0MT grubunda (%97,85 $\pm$ 0,45) tespit edilmiştir. Erkekleşme oranında 1.5MT grubunda da erkekleşme oranında 1.0MT ile benzer bir oran (%93,33 $\pm$ 0,57) elde edilmiş olup, söz konusu iki grubu takip eden 3.0MT (81,82 $\pm$ 0,42) grubu ve 0.5MT (76,47 $\pm$ 0,29) grubu istatistiki olarak benzerlik göstermiştir ($p>0.05$). Literatürden farklı olarak bazı gruplarda erkekleşme oranının düşük çıkması 1,0 mg/lt dozun altında olması ve uygulama süresinin kısa oluşundan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Geçmiş çalışmalar ışığında MT un tüm dozlarında erkekleşmenin sağlanması olumlu bir durum olarak gözlemlenmesine rağmen bazı gruplarda sperm kanalsız veya kısır erkeklerin olması da istenmeyen bir durum olarak ortaya çıkmıştır. Sperm kanalının hiç gelişmediği ya da tam olarak gelişimini tamamlayamadığı bireylerden süt alımı abdomenin sıvazlanması yoluyla gerçekleşemediği için balığın üreme zamanında kesilerek testislerinin çıkarılıp sütün alınması işlemi zorunlu olmaktadır. Bu da hem anaç stoğuna zarar vermekte hem de fazladan iş gücüne ihtiyaca yol açmaktadır. Birçok araştırmacı yapmış oldukları çalışmalar sonucunda oral yöntemle uygulanan 17- α metiltestosteron miktarı arttıkça sperm kanalları tıkalı ya da oluşmamış bireylerin sayısının arttığını belirtmişlerdir (Bye and Lincoln, 1986; Atar vd., 2008). Arslan vd., (2010), gökkuşağı alabalığı ile yapmış oldukları çalışmada, 1.0 mg/kg ve altında MT katkılı yemle beslenen bireylerin %54,7'sinin sağlamla süt veren kanalı erkek olduğunu vurgulamışlardır. Yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuçlar incelendiğinde ise, 1.0 MT grubunda %76,54 $\pm$ 1,81 sperm kanalına sahip ve sağlamla süt veren anaçların olduğu gözlemlenmiştir. Mevcut çalışmada en yüksek sperm kanallı birey sayısı, %76,54 $\pm$ 1,81 ile 1.0MT grubunda ve 68,72 $\pm$ 2,1 ile 0.5MT grubunda tespit edilmiştir ($p<0.05$). Bu grupları %58,23 $\pm$ 0,88 ile 1.5MT grubu takip ederken, en

az sperm kanallı bireye sahip olan grup ise $35,12 \pm 0,32$ ile 3.0MT grubu olmuştur ($p < 0,05$).

Demska-Zakes and Zakes (1997), sudak balığında 60 ve 90 mg/kg MT uygulanan gruplarda dişi, interseks ve kısır bireylerin oranının arttığını gözlemlemişlerdir. Arslan vd., 2012, gökkuşağı alabalığında oral yolla 17- α metiltestosteron uygulamasında 1,0 ve 2,0 mg/kg dozdaki uygulamada daha düşük oranda ($2,8 \pm 2,6$; ve $1,0 \pm 0,4$) interseks bireyler elde ederken, banyo yöntemi ile MT uygulamasında ise beş kata kadar daha fazla interseks birey ile karşılaşmışlardır. Mevcut çalışmada ise, 1.0 MT grubunda düşük doz hormon seviyesi olmasına rağmen çok az miktarda da kısır bireyler ($2,15 \pm 0,07$) yine bu grupta gözlemlenmiştir. 1.5MT grubunda kısır bireylere ait gonad oranının bu grupta biraz daha yükseldiği ($6,67 \pm 0,24$) gözlemlenmiştir. 3.0MT grubunda erkekleşmiş bireylerin yanı sıra en yüksek kısır balık oranı ($18,18 \pm 0,81$) da ortaya çıkmıştır. Deneme grupları içerisinde en yüksek dişi balık oranı ($17,65 \pm 0,11$) 0.5MT grubunda ortaya çıkmıştır. Ayrıca oral yolla cinsiyet dönüşümü denemesinde, işletmeye dışarıdan getirilmiş olan tümü dişi gözlü yumurtalardan çıkan balıklar kullanılmıştır. Bu sebeple kontrol (KMT) grubu incelendiğinde tüm bireylerin (%100) dişi cinsiyette olduğu kaydedilmiştir. İşletmede normal erkek ve dişilerin çaprazlanmasıyla deneme balıkları ile aynı dönemde üretilen balıklar (NOR) arasından da rasgele örnekleme yapılmış ve $47,4 \pm 1,5$ erkek; $52,6 \pm 1,62$ oranında ise dişi bireyler gözlemlenmiştir. Gruplar arasında tam dönüşemediği için bir kısmı testis bir kısmı ovaryum şeklinde gonadlar üreten ve interseks ismini alan bireyler de gözlemlenmiştir. En yüksek interseks oranına sahip olan grup $5,88 \pm 0,13$ ile 0.5MT grubu olmuştur.

Atar vd. (2008), yapmış oldukları çalışma sonucunda 180 günlük süre sonunda 17 α -metiltestosteron ve 17 α -Ethinyltestosterone hormonları ile beslenen bireylerin daha fazla canlı ağırlık ortalamasına sahip olduğunu bildirmişlerdir. Steroid hormonlarının büyüme üzerinde olumlu etkilerini bildiren literatür verileri incelendiğinde yüksek dozda uygulanan steroidlerin büyüme üzerine daha fazla etkili olduğunu göstermektedir. Türel, (2013) 30 mg/kg MT grubundaki balıkların daha fazla canlı ağırlık kazancı sağladığını bunun da yüksek dozun sebep olduğu kısırlık sonucunda balığın gonadal gelişime harcayacağı enerjiyi büyümeye harcadığını kaydetmiştir. Çelik, (2002) tilapyalarda 17 α -metiltestosteron içeren yemi yiyen balıkların daha fazla canlı ağırlığa sahip olduğunu bildirmiştir. Arslan

et al., (2010) ise oral yolla verilen MT un 1 ppm hormon dozunda büyümeye herhangi bir etkisi olmadığını, 3 ppm ve üzerindeki MT dozlarının büyümeyi yavaşlattığını rapor etmişlerdir. Mevcut deneme sonucunda ortalama canlı ağırlık, 0.5MT grubunda $946,02 \pm 71,61$ gr, 1.0MT grubunda $1128,41 \pm 68,77$ gr, 1.5MT grubunda $1012,32 \pm 103,27$ gr, 3.0MT grubunda $1033,36 \pm 110,75$ gr ve KMT grubunda ise $926,60 \pm 49,66$ gr olarak ölçülmüştür. Ortalama canlı ağırlık verilerine bakıldığında en yüksek sonucun 1.0 MT grubunda gözlemlendiği, bunu 1.5 MT ve 3.0 MT grubunun takip ettiği tespit edilmiştir. 0.5 MT grubunda ise kontrol grubu ile benzer sonuçlar elde edilmiş olup, sonuç olarak çalışmada gruplar arasında ağırlık yönünden istatistiki açıdan bir farklılık görülmüştür ($p < 0,05$). Sonuçlar literatür ile kıyaslandığında mevcut çalışmada daha önceden yapılan çalışmalar (Çelik, 2002; Atar vd., 2008; Türel, 2013) ile benzer sonuçların ortaya çıktığı Arslan vd., 2010 dan ise farklı olarak ortalama canlı ağırlık değerlerinin yüksek çıktığı kaydedilmiştir. Bunun sebebi deneme boyunca tüm gruplarda hayvan refahına dikkat edilmesi ve stres faktörlerinin en aza indirilmesi olarak düşünülmektedir. Büyümede olumlu sonuçlar elde edilmesine rağmen gruplar arasında total boy açısından herhangi bir farklılık görülmemiştir ($p > 0,05$).

Hormon uygulamasının sürdüğü 540 gün boyunca tüm deneme gruplarının ölüm ve yaşama oranları (YO) kontrol grubu ile benzerlik göstermiştir ($p > 0,05$). F7 α -metiltestosteron ilaveli yem ile beslenen KMT, 0.5MT, 1.0MT, 1.5MT ve 3.0MT gruplarında kullanılan hormonlar gökkuşağı alabalığı larvalarında toksisiteye yol açmamıştır. Bu sonuç da Arslan et al., (2010) ve Türel (2013) ün bildirdiklerine benzer bulunmuştur. Ayrıca deneme süresinin kısa olması hem hormonlu yem verilmesindeki işgücü problemleri hem de hormonun çevresel etkisi bakımından olumlu olduğu tahmin edilmektedir.

Arslan vd. 2010; Arslan vd. 2012 gökkuşağı alabalığında MT üzerine yapmış oldukları çalışmalarda yüksek MT uygulamasına maruz bırakılan bireylerde GSİ'nin düştüğünü bildirmişlerdir. Mevcut çalışmada ise, en yüksek GSİ değerleri 1.0 MT ve 1.5 MT gruplarında elde edilmiş olup, 0.5 MT ve 3.0 MT grubunda ise benzerlik tespit edilmiştir. En düşük GSİ değeri literatürdeki tersine kontrol grubunda elde edilmiştir.

Güner et al. (2005), gökkuşığı alabalığında triploid bireylerin oluşturulması ve büyüme performanslarını incelemek üzere yapmış oldukları çalışmada döllenmeden 15-40 dk sonra 10-15 dk boyunca 26,5 °C ve 28 °C de sıcaklık şoku uygulanan yumurtalarda en iyi triploid oranının 28 °C grubunda olduğunu bildirmişlerdir. Shepherd and Bromage (1988), 28 °C sıcaklık şokundan daha düşük sıcaklık ile (örneğin 26 °C) yapılan triploid uygulamasında daha az sayıda triploid bireyin oluştuğunu ancak ölümlerin azaldığını vurgulamışlardır. Kızak et al. (2013) yılında dere alabalıkları üzerine yapmış oldukları triploidizasyon çalışmasında yumurtalara döllenmeden 15 dk. sonra 26.5 °C su sıcaklığı ile 20 dk. boyunca şok uygulamışlar ve %95 triploid başarıları elde etmişlerdir. Şok süresi ve uygulama sıcaklığı bakımından elde ettiğimiz sonuçlar literatürdeki ile benzer sonuçlar göstermektedir. Mevcut çalışmanın kromozom manipülasyonu kapsamında döllendikten sonra belli bir süre sıcaklık şokuna maruz bırakılan yumurtaların kromozom sayılarındaki artışa bağlı olarak poliploidi seviyelerinin değişmesi, triploid ve tetraploid bireylerin elde edilmesi tez çalışmasının bir diğer amacıdır. Bu kapsamda triploidizasyon işlemi için yumurtaların döllenmesinden 15 dakika sonra poliploidi sıcaklık şok düzeneğine alınan yumurtalar 26 °C (26TR) ve 28 °C (28TR) lik iki farklı sıcaklık seviyesinde 15 er dakika boyunca şoklamaya maruz bırakılmıştır. Sonuç olarak tümü dişi kısır 3n kromozom setine sahip balıkların elde edilmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda triploid grubunda en iyi triploid oranının $(95,46 \pm 3,058)$ ile 28TR grubunda ortaya çıktığı görülmüştür.

Tetraploidizasyon işleminde ise ilk grup yumurta döllendikten 210 dk (3,5 saat) (3.5TT) sonra, ikinci grup ise döllendikten 330 dk (5,6 saat) (5.5TT) sonra 28 °C'de 10 dk süresince sıcaklık şokuna maruz bırakılmıştır. Tetraploid grubunda en iyi poliploidi grubu $\%81,45 \pm 2,634$ ile 5.6TT grubunda ortaya çıkmıştır. Bencsik et al. (2012) yılında gökkuşığı alabalığında tetraploidliğin tespitine yönelik hazırlamış olduğu çalışmada yumurtalara döllenmeden 6 saat sonra 28 °C de 15 dk. boyunca sıcaklık şoku uygulamışlardır. Uygulama süresi ve şok sıcaklık derecesi literatürdeki ile benzerlik göstermektedir.

Triploid ve tetraploid bireylerin tespitinde eritrosit büyüklükleri, eritrosit hücre ve çekirdek yüzey alanları hesaplanarak kromozom sayısı tayini yapılmıştır.

Kromozom manipölasyonu sonucu elde edilen bireylerin eritrosit büyüklükleri incelendiğinde diploid (2n) bireylerden daha büyük hücre boyutlarına sahip olduğu geçmiş çalışmalarda vurgulanmaktadır. Güner et al. (2005) yapmış olduğu triploid denemesinde TR/Dip oranını 1,57 kat olarak bulmuşlardır. Kızak et al. (2013) ise dere alabalığı ile yapmış oldukları triploid çalışmasında ise TR/Dip oranını 1,29 kat olarak hesaplamışlardır. Bencsik et al. (2012) yılında gökkuşaağı alabalığında tetraploidliğin tespitine yönelik hazırlamış olduğu çalışmada ise TT/Dip oranını 1,46 kat olarak tespit etmişlerdir. Mevcut çalışmada triploid ve tetraploid bireylerin tayini amacıyla eritrosit (alyuvar) büyüklükleri incelendiğinde DİP grubunda $11,32 \pm 0,08$; 26TR grubunda $15,81 \pm 0,07$; 28TR grubunda $16,02 \pm 0,95$; 3.5TT grubunda $21,48 \pm 0,09$ ve 5.6TT grubunda ise $20,89 \pm 0,21$ μm olduğu görölmüştür. Diploid (2n) hücrelerle kıyaslandığında TR/DİP oranı 1,39; TT/DİP oranı ise 1,89 kat olarak hesaplanmıştır. Ayrıca eritrosit hücrelerinin hacim hesaplamalarında, DİP grubunda $210,435 \pm 9,869$; 26TR grubunda $475,389 \pm 16,405$; 28TR grubunda $598,624 \pm 20,261$; 3.5TT grubunda $1081,809 \pm 28,121$ ve 5.6TT grubunda ise $1009,633 \pm 25,546$ μm^3 sonucu elde edilmiştir. Eritrosit hücresi yüzey alanı sonuçlarında ise, DİP grubunda $52,962 \pm 1,127$; 26TR grubunda $4,074 \pm 1,896$; 28TR grubunda $106,265 \pm 3,059$; 3.5TT grubunda $165,414 \pm 6,224$ ve 5.6TT grubunda ise $157,591 \pm 5,893$ μm^2 sonucu elde edilmiştir. Eritrosit çapı ölçümlerinde literatürdeki elde edilen sonuçlar ile benzer bulgulara ulaşılmıştır.

Çalışma sonunda gözlenme oranı, yumurtadan çıkış ve kuluçka randımanı bakımından gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p < 0.05$). Elde edilen veriler ışığında kuluçka randımanı açısından en iyi grubun kontrol grubu olduğu ($64,55 \pm 3,35$) gözlemlenmiştir. Tuzcu (2017) diploid ve triploid çoruh alabalığı (*Salmo coruhensis*) larvalarının farklı ışık şiddetinde besin kesesi tüketiminin belirlenmesi hazırlamış olduğu çalışmada çoruh alabalığında larval yaşama oranında triploid ve diploid gruplar arasında fark görülmezken, çıkış oranı ve kuluçka randımanı diploid gruplarda daha yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$).

6. ÖNERİLER

Günümüzde kaliteli ve istenen özelliklere sahip balıkların üretilmesi adına biyoteknolojik metotlar daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Bazı türlerde bir cinsiyetin üretimi diğer cinsiyete göre daha büyük avantajlar sağladığı için balık yetiştiriciliğinde tek cinsiyetli popülasyonların üretimi devam etmektedir. Alabalık yetiştiriciliğinde dişi bireyler pazarda ve işleme tesislerinde daha çok alıcı bulup daha yüksek kâr marjı ile satıldığı için üreticiler tümü dişi popülasyonları üretmeye yönelmişlerdir. Her ne kadar deniz balıkları yetiştiriciliği uzun yıllardır biyoteknoloji konusunda Ar-Ge birimleri oluşturmuş olsalar bile, günümüzde özellikle “Türk somonu” olarak isimlendirilen büyük çoğunluğu Karadeniz’de üretilip ihracata gönderilen kilogram üzeri alabalık üretiminden sonra üreticiler bu konulara daha fazla ilgi duymaya başlamıştır. Türk somonu üretiminde normal diploid erkek dişi karışık bireyleri yetiştirmekten ziyade tümü dişi kısır triploid popülasyonların üretimi gerekmektedir. Karışık yetiştiricilikte erkek cinsiyetinde yaşanan sorunlar, üreticileri tümü dişi bireylerin üretimine sevk etmektedir. Bunun için de genotipik olarak dişi fenotipik olarak erkek cinsiyete sahip fonksiyonel XX erkek anaçların dolaylı yöntemlerle üretilmesi gerekmektedir. Doğrudan hormon uygulamalarında yaşanan kısıtlamalar ve pazar tepkisi sebebiyle anaç stoğu dolaylı cinsiyet kontrolü metodu ile üretilmelidir. Tek cinsiyetli popülasyonlar üretildikten sonra ise özellikle Türk somonu gibi alabalığın porsiyonluk olarak değil de kilogram üzeri pazarlandığı türlerde mutlaka triploid ve tetraploid bireylerin oluşturulması gerekmektedir. Ancak doğrudan triploid uygulamasının yapılması sonucu kısır bireyler elde edilmekte fakat istenen verim alınamamaktadır. Çünkü eğer triploid işlemi gerçekleştirilen yumurtalar dişi yumurta değil ise balık büyüdükçe erkek bireyler testis oluşturmaya devam edeceklerdir. Fonksiyonel olmayan bu testisler nihai aşamada karkas veriminin düşmesine sebep olmaktadır. Tam tersi yapıldığında ise tümü dişi triploid bireyler oluşturulur ise balığın vücudunda hiçbir gonad oluşmayacak ve balık yemden temin ettiği enerjiyi karkas verimini artırmaya harcamaktadır. Her yumurta üretiminde şoklama yapmak yerine cinsiyet dönüşümü gerçekleştirilmiş bireyler kullanılarak dişi tetraploid (4n) anaçların üretilmesi ve bu anaçlardan sağılan yumurtalar ile diploid (2n) XX erkek balıkların sperminin dölLENmesi sonucunda 3n kromozomlu tümü dişi ve kısır bireylerin üretimi mümkün olacaktır.

Yurt dışından satın alınan tümü dişi ve triploid (kısır) yumurtalar sebebiyle her yıl büyük miktarda döviz ülkemizden dışarı gitmektedir. Artan döviz kurları sebebiyle ithalat konusu da her geçen gün dar boğaza girmek üzeredir. Normal bir yumurta fiyatından yaklaşık 8-10 kat daha fazla fiyat ile satılan tümü dişi kısır yumurta üretimi yapacak olan işletmeler Türkiye’de su ürünleri yetiştiricilik sektöründe ciddi bir pazar payına sahip olacağı tahmin edilmektedir. Yumurta veya yavru ithal etmenin bir diğer olumsuz yanı ise üretimde dışa bağımlı olunmasıdır. Herhangi bir sebeple yurt dışından yumurta temininde yaşanan sorunlar sebebiyle üretimin durma noktasına gelmesi hususuna çok dikkat edilmelidir.

Sonuç olarak gerek literatür özetlerinden gerekse çalışmada elde edilen bulgulardan da görüleceği üzere ülkemiz alabalık yetiştiriciliğinde biyoteknolojik yöntemlerin daha sık ve ciddi olarak irdelenmesi, işletmeler bazında kurulacak Ar-Ge birimleri ve üniversiteler iş birliği ile geliştirilmesi ve bunun sonucunda da daha iyi gelişen, kaliteli ve yüksek verime sahip balıkların üretilmesi büyük önem arz etmektedir. Yürütülen bu doktora tezi ile özellikle tümü dişi triploid (kısır) yumurta ve balıkların yerli kuluçkahane ve işletmelerde üretiminin başlatılması ve kuluçkahane protokollerindeki yerini alması sonucunda dışa bağımlılığın azalmasıyla beraber mikro düzeyde alabalık yetiştiricilerine makro düzeyde ise ülke ekonomisine katkı sağlaması yoluyla bu alanda faaliyet gösteren balık üreticilerine katkı sağlanması hedeflenmiştir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Akbulut, B.**, 2004, Su ürünleri yetiştiriciliği ve stratejileri. SÜMAE Yunus Araştırma Bülteni, 4(1), s. 9-11.
- Akhan, S., Sonay, F.D., Okumuş, İ., Köse, Ö. and Yandı, İ.**, 2011, Inter-specific hybridization between Black Sea trout (*Salmo trutta labrax*, 1814) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792). Aquaculture Research, 42, 1632-1638.
- Al-Ablani, S. A., and Phelps, R. P.**, 2001, Induction of feminization in largemouth bass (*Micropterus salmoides*) by oral administration of estradiol-17beta or diethylstilbestrol and associated pathological effects. *Journal of Aquaculture in the Tropics*, 16(2), 185-195.
- Altunok, M., Kızak, V., Özden, O., Türel, M.**, 2008, Çevresel faktörlerin balıklarda cinsiyet dönüşümüne etkisi. EÜ Su Ürünleri Dergisi, 2008. 25(3): p. 247-251.
- Alvarenga, É.R., Fernandes, A.F.A., Lopes, L.R., Soares, T.E., Alves, G.F.O.A., Costa, F.F.B., Sales, S.C.M., Lima, G.K., and Turra, E.M.**, 2020, Attempt to produce a Nile tilapia tetraploid line by heat shock induction. *Aquaculture*, 529, 735647. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735647>
- Anonymous**, 2011, “External anatomy of the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)” <http://aquaticpath.phhp.ufl.edu/lesionguide/>, (Erişim Tarihi: 26.06.2022)
- Arabacı, M.**, 2007, Gökkuşığı Alabalığı Yetiştiriciliği, Doğu Anadolu Kalkınma Programı Tarım ve Kırsal Kalkınma Bileşeni, Van, Türkiye, 112s.
- Arslan, T., Erdoğan, F., and Erdoğan, M.**, 2012, The production of functional sex-reversed male rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 18(2), 227-234.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Atar, H.H., Bekcan, S., and Dogankaya, L.,** 2009, Effects of different hormones on sex reversal of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) and production of all-female populations. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 23(4), 1509-1514.
- Atar, H.H., Bekcan, S., Coşkun, F., Doğankaya, L. ve Çelik, E.,** 2008, Farklı hormonların gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)' nın cinsiyet dönüşümüne etkisi ve dişi populasyon üretimi, Tübitak bilimsel araştırma projesi, proje no: 104V141, 72s.
- Atay, D.,** 2000, Alabalık ve salmon üretim tekniği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Bölümü. Ziraat Fakültesi Yayınları, (1516).
- Baker, I.J., Solar, I.I., and Donaldson, E.M.,** 1988, Masculinization of chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) by immersion treatments using 17 α -methyltestosterone around the time of hatching. *Aquaculture*, 72(3-4), 359-367.
- Baki B.,** 2006, Gökkuşağı Alabalıklarından (*Oncorhynchus mykiss*, W., 1792) Elde Edilen Yumurtaların İki Farklı Su Kaynağında Açılma Süreleri, Larva Çıkışı ve Büyümelelerinin Karşılaştırılması (Doktora Tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.
- Başçınar, N., and Sonay, F.D.,** 2009, Balıklarda biyoteknolojik uygulamalar ve hibridasyon. Doğal Alabalık Çalıştayı, 22-23 Ekim, s: 67-76.
- Behnke, R.J.,** 2002, Trout and Salmon of North America. The Free Press, New York. 359 p.
- Bencsik, I., Pacala, N., Dumitrescu, G., Dronca, D., Stanculet, J., Petculescu-Ciochina, L., and Boca, L.,** 2012, Tetraploidy determination in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) Based on erythrocytes dimensions. *Animal Sci Biotechnol*, 45, 111-114.
- Bilgin B.,** 2004. Düzce İli ve Çevresindeki Gökkuşağı Alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) Üretim Tesislerindeki Balıklarda Kromozom Farklılıklarının Belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi). İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. 47s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Bozkurt, Y.**, 2014, Akuakültür ve Biyoteknoloji. Ziraat Mühendisliği, (361), 55-58.
- BSGM.**, 2021, Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü, Su Ürünleri İstatistikleri, Ankara, 2021.
- Bye, V.J., and Lincoln, R.F.**, 1986, Commercial methods for the control of sexual maturation in rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.). Aquaculture, 57(1-4), 299-309.
- Canyurt, M. A.**, 1978a, Alabalık Üretimi. E.Ü.Ziraat Fakültesi Zootečni Derneği Yayını, Bornova. No : 6, 66 Sayfa.
- Canyurt, M. A.**, 1978b, Trout production (in Turkish). Canyurt, M. A., ve Akhan S. içinde E.Ü. Ziraat Fakültesi Haber Bülteni.
- Cravedi, J.P., Delous, G., and Rao, D.**, 1989, Disposition and elimination routes of 17 α -methyltestosterone in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 46(1), 159-165.
- Çakmak, E., Başçınar, N., Çavdar, Y., Aksungur, N., and Firidin, Ş.**, 2008, Kültür şartlarında yetiştirilen karadeniz alabalığının (*Salmo trutta labrax* PALLAS, 1811) yaş ve cinsiyete bağlı bazı vücut indekslerinin belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 4(1), 38-44.
- Çelik, İ.**, 2002, 17-alfa metilttestosteronun nil tilapyalarda (*Oreochromis niloticus* L. 1758) gelişim ve cinsiyet dönüşümü üzerine etkisi (Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Çelik, İ., Güner, Y., and Celik, P.**, 2011, Effect of orally-administered 17 α -Methyltestosterone at different doses on the sex reversal of the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, Linneaus 1758). Journal of Animal and Veterinary Advances, 10(7), 853-857.
- Çelikkale, M.S.**, 1998, Su Balıkları ve Yetiştiriciliği. Cilt I, Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, Trabzon. 419 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Çetinkaya, O., Güllü, K., and Özden, O.,** 1996, The Effect of 17 α -Methyltestosterone on Growth, Condition, Feed Conversation and Protein Efficiency of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). EÜ Su Ürünleri Fakültesi Derg, 13(3-4), 285-295.
- Demska-Zakes, K. and Zakes, Z.,** 1997, Effect of 17 α -methyltestosterone on gonadal differentiation in pikeperch, *Stizostedion lucioperca* L. Aquaculture research, 28(1), 59-63.
- Devlin, R.H., Nagahama, Y.,** 2002, Sex determination and sex differentiation in fish: an overview of genetic, physiological, and environmental influences. Aquaculture, 208(3-4), 191-364.
- Directive, C.,** 1996, Council Directive 96/22/EC of 29 April 1996 concerning the prohibition on the use in stockfarming of certain substances having a hormonal or thyrostatic action and beta-agonists, and repealing Directives 81/602/EEC, 88/146/EEC and 88/299. Official Journal of the European Communities of 23 May 1996, L 125/3-L 125/9.
- Doering, O., Sorensen, A.,** 2018, The land that shapes and sustains us. In How to Feed the World (pp. 46-58). Island Press, Washington, DC.
- Emre, Y., Kürüm, V.,** 2007, Havuz ve Kafeslerde Alabalık Yetiştiriciliği, İkinci baskı, İstanbul. 272 s.
- FAO,** 1988, Definition of aquaculture, Seventh Session of the IPFC Working Party of Experts on Aquaculture, IPFC/WPA/WPZ, p.1-3, RAPA/FAO, Bangkok.
- FAO,** 2020, The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9229en>
- FAO,** 2021, FAO Yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics 2019/FAO annuaire. Statistiques des pêches et de l'aquaculture 2019/FAO anuario. Estadísticas de pesca y acuicultura 2019. Rome/Roma. <https://doi.org/10.4060/cb7874t>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- FAO**, 2022a, Information Note: The Importance of Ukraine and the Russian Federation for Global Agricultural Markets and the Risks Associated with the Current Conflict. (25.03.2022).
<https://www.fao.org/3/cb9236en/cb9236en.pdf>
- FAO.**, 2022b, FishStatJ, a tool for fishery statistics analysis. Release: 4.02.06. Universal Software for Fishery Statistical Time Series. Global aquaculture production: Quantity 1950-2020; Global production Quantity 1950-2020; Global capture production Quantity 1950-2020; Rome-Italy.
- Fatima, S., Adams, M., and Wilkinson, R.**, 2016, Sex reversal of brook trout (*Salvelinus fontinalis*) by 17 α -methyltestosterone exposure: A serial experimental approach to determine optimal timing and delivery regimes. Animal reproduction science, 175, 39-47.
- Feist, G., Yeoh, C.G., Fitzpatrick, M.S., and Schreck, C.B.**, 1995, The production of functional sex-reversed male rainbow trout with 17 α -methyltestosterone and 11 β -hydroxyandrostenedione. Aquaculture, 131(1-2), 145-152.
- Fernandes, I. M., Bastos, Y. F., Barreto, D. S., Lourenço, L. S. and Penha, J. M.**, 2016, The efficacy of clove oil as an anaesthetic and in euthanasia procedure for small-sized tropical fishes. Brazilian Journal of Biology, 77, 444-450.
- Flajšhans, M., Gela, D., Kocour, M., Buchtová, H., Rodina, M., Pšenička, M., Kaspar, V., Piackova, V., Sudova, E. and Linhart, O.** 2010, A review on the potential of triploid tench for aquaculture. Reviews in fish biology and fisheries, 20(3), 317-329.
- Fopp-Bayat, D., Ocalewicz, K., Kucinski, M., Jankun, M., and Laczynska, B.**, 2017, Disturbances in the ploidy level in the gynogenetic sterlet *Acipenser ruthenus*. Journal of Applied Genetics, 58(3), 373-380.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Franěk, R., Tichopád, T., Fučíková, M., Steinbach, C., and Pšenička, M.,** 2019, Production and use of triploid zebrafish for surrogate reproduction. *Theriogenology*, 140, 33-43
- Fujimoto, T., Sakao, S., Oshima, K., Yamaha, E., and Arai, K.** 2013, Heat-shock-induced tetraploid and diploid/tetraploid mosaic in pond loach, *Misgurnus anguillicaudatus*. *Aquaculture international*, 21(4), 769-781.
- Geldiay, R., ve Balık, S.,** 2002, Türkiye Tatlısu Balıkları (Ders Kitabı) (3. Baskı b., Cilt 16). Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Yayınları.
- Gillet, C., Vauchez, C., and Haffray, P.,** 2001, Triploidy induced by pressure shock in Arctic charr (*Salvelinus alpinus*): growth, survival and maturation until the third year. *Aquatic Living Resources*, 14(5), 327-334.
- Gjedrem, T.,** 1992, Breeding plans for rainbow trout. *Aquaculture*, 100(1-3), 73-83.
- Goudie, C. A., Shelton, W. L., and Parker, N.C.,** 1986, Tissue distribution and elimination of radiolabelled methyltestosterone fed to sexually undifferentiated blue tilapia. *Aquaculture*, 58(3-4), 215-226.
- Güleç, F.,** 2013, Alabalık yumurtalarının döllenme veriminin artırılması (Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü) 129s.
- Güllü, K., Güzel, Ş., and Güner, Y.,** 2007, Oestradiol valerate on the growth and sex reversal in rainbow trout. *Indian veterinary journal*, 84(3).
- Gün A., Kızak V.,** 2019, Dünyada ve Türkiye’de su ürünleri üretiminde istatistiki durum. *Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 5(2), 25-36.
- Güner, Y., Tekinay, A.A., Güllü, K., and Güzel, S.,** 2005a, Production of female population in rainbow trout by the fertilization of normal ova with sperm from sex-reversed females. *Indian veterinary journal*, 82(11), 1186-1188.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Güner, Y., Kayım, M., Kızak, V., and Güllü, K.,** 2005b, Production and performance of triploid rainbow trout in turkey, *Indian Vet. J.*, 82:1077-1079pp.
- Güner, Y., Peker, Z., and Altunok, M.,** 2016, Optimization of Thermal Shock for Poliplody Induction in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) under Photoperiodic Control of Spawning. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 16(4), 797-804.
- Hershberger, W.K., and Hostuttler, M.A.,** 2007, Protocols for more effective induction of tetraploid rainbow trout. *North American Journal of Aquaculture*, 69(4), 367-372.
- Hoga, C. A., Almeida, F. L., and Reyes, F.G.,** 2018, A review on the use of hormones in fish farming: Analytical methods to determine their residues. *CyTA-Journal of Food*, 16(1), 679-691.
- Holloway, A. C., Keene, J. L., Noakes, D. G., and Moccia, R. D.,** 2004, Effects of clove oil and MS-222 on blood hormone profiles in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*, Walbaum. *Aquaculture research*, 35(11), 1025-1030.
- Hoşsu B., Korkut, A.Y. ve Kop, A.F.,** 2003, Balık Besleme ve Yem Teknolojisi (Balık Besleme Fizyolojisi ve Biyokimyası, 3. Baskı). Ege Üni., Su Ürünleri Fa. Yay. 276s.
- Hou, L. P., Chen, H., Tian, C. E., Liang, Y., Wu, R. R., Zhang, X. M., Fang, X., Zhang, C., Hu, J., Song, L., Liang, Y., Schlenk, D. and Xie, L.,** 2018, Alterations of secondary sex characteristics, reproductive histology and behaviors by norgestrel in the western mosquitofish (*Gambusia affinis*). *Aquatic Toxicology*, 198, 224-230
- Hughes A., Gage J.G., Greenhill L. and Stanley M.S.,** 2016, Aquaculture, Commonwealth Blue Economy Series, No. 2. Commonwealth Secretariat, London.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Hunter, G. A., and Donaldson, E. M.,** 1983, 5 Hormonal sex control and its application to fish culture. In *Fish physiology* (Vol. 9, pp. 223-303). Academic Press
- Ingram, M.,** 1988, Farming rainbow trout in freshwater tanks and ponds. Salmon and trout farming. Wiley, New York, 155-189.
- Iversen M., Finstad B., McKinley R.S., and Eliassen R.A,** 2003, The Efficacy of Metomidate Clove Oil Aqui-S™ and Benzoak® as Anaesthetics in Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) Smolts and Their Potential Stress-Reducing Capacity. *Aquaculture*, 221: 549-566.
- Iwona, M. Ż., Barbara, W., Alicja, K., Sebastian, W., Katarzyna, S., & Andrzej, P.,** 2017, Control of anabolic hormone residues in tissues of slaughter animals in Poland during the period of 2011–2015. *Journal of Veterinary Research*, 61(1), 69.
- Johnstone, R., Macintosh, D. J., and Wright, R.S.,** 1983, Elimination of orally administered 17 α -methyltestosterone by *Oreochromis mossambicus* (tilapia) and *Salmo gairdneri* (rainbow trout) juveniles. *Aquaculture*, 35, 249-257.
- Johnstone, R.,** 1992, Production and performance of triploid Atlantic salmon in Scotland. Scottish Aquaculture Research Report (United Kingdom).
- Kalbassi, M. R., Dorafshan, S., Pourkazemi, M., and Amiri, B. M.,** 2009, Triploidy induction in the Caspian salmon, *Salmo trutta caspius*, by heat shock. *Journal of Applied Ichthyology*, 25(1), 104-107
- Kane, A., S.,** 2005, Guide to fish lesion observations. APL Press. <http://aquaticpath.php.ufl.edu>
- Kankaya E.,** 1998, Gökkuşığı Alabalığında (*Oncorhynchus mykiss*, W., 1792) Isı Şoku Uygulamasıyla Triploidi Oluşturulması Üzerine Bir Araştırma (Yüksek Lisans Tezi). Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Karataş, B.**, 2019, Van ili gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792) anaç populasyonlarının büyüme hormonu (GH) gen ekspresyon seviyeleri, genetik polimorfizm ile bazı fenotipik parametrelere göre değerlendirilmesi ve yönetimine yönelik bir araştırma. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, Türkiye.
- Karataş, B., Arabacı, M.**, 2021, Farklı gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) kuluçkahanelerindeki anaç populasyonlarının bazı fenotipik özellikleri ve farklı anaçlardan örneklenen yumurtaların aynı çevresel şartlarda kalite kriterleri. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*.. doi:10.35229/jaes.885339
- Karayücel, I., Penman, D., Karayücel, S., and McAndrew, B.**, 2003, Thermal and hormonal feminization of all male YY Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L.
- Karlı, Z., Aral, O., ve Yeşilayer, N.**, 2014, Farklı oranlarda yeme ilave edilen iki farklı hormonun (17β -estradiol, 17α -metiltestosteron) ahli çiklit (*Sciaenochromis ahli*, Trewavas 1935) balığında üremeye olan etkisi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, (9), 81-88.
- Kenanoğlu, O. N., Yılmaz, S., Soytaş, N., Ergün, S., Cüneyt, A. K. I., and Tapan, F.**, 2012, Determination of triploidy in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* using erythrocyte measurements. *Marine Science and Technology Bulletin*, 1(1), 17-19.
- Keyvanshokoo, S., and Gharai, A.**, 2010, A review of sex determination and searches for sex-specific markers in sturgeon. *Aquaculture research*, 41(9), e1-e7.
- Köprücü, K., Harlıoğlu, M.M. ve Konar, V.**, 1998. Gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792) rasyonlarında protein, amino asit ve pigment kaynağı olarak *Gammarus kischineffensis* Schellenberg 1937'in kullanılması. *Ege Ü. Su ürünleri dergisi*, cilt 15, sayı 3-4, 199-210 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kızak, V., Güner, Y., Türel, M., and Kayım, M.,** 2013, Comparison of growth performance, gonadal structure and erythrocyte size in triploid and diploid brown trout (*Salmo trutta fario* L, 1758). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 13(4).
- Lutz, C.G.,** 2001, Practical Genetics for Aquaculture. Blackwell Science, 235 p.
- Manan, H., and Ikhwanuddin, M.,** 2021, Triploid induction in penaeid shrimps aquaculture: A review. *Reviews in Aquaculture*, 13(1), 619-631.
- Martínez A.M. and B.P.C. Vázquez,** 2001, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, México, Reproductive activity and condition index of *Holacanthus passer* (Teleostei: Pomacanthidae) in the Gulf of California, Mexico, Pg.1-3, Centro Interdisciplinario De Ciencias Marinas, Mexico.
- Martinez-Bengochea, A., Doretto, L., Rosa, I. F., Oliveira, M. A., Silva, C., Silva, D. M. Z. A., ... and Nóbrega, R. H.,** 2020, Effects of 17 β -estradiol on early gonadal development and expression of genes implicated in sexual differentiation of a South American teleost, *Astyanax altiparanae*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part b: Biochemistry and Molecular Biology*, 248, 110467.
- Mlalila, N., Mahika, C., Kalombo, L., Swai, H., and Hilonga, A.,** 2015, Human food safety and environmental hazards associated with the use of methyltestosterone and other steroids in production of all-male tilapia. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(7), 4922-4931.
- Nagahama, Y.,** 2005, Molecular mechanisms of sex determination and gonadal sex differentiation in fish. *Fish physiology and biochemistry*, 31(2), 105-109.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Nynca, J., Kuźmiński, H., Dietrich, G. J., Hliwa, P., Dobosz, S., Liszewska, E., Karol, H. And Ciereszko, A.,** 2012, Changes in sperm parameters of sex-reversed female rainbow trout during spawning season in relation to sperm parameters of normal males. *Theriogenology*, 77(7), 1381-1389.
- Okomoda, V. T., Olufeagba, S. O., Ataguba, G. A., Solomon, S. G., Oladimeji, S. A., Hassan, A., & Abol-Munafi, A. B.,** 2021, Tetraploid induction in *Clarias gariepinus* using cold shock protocol. *Aquaculture*, 545, 737178.
- Omoto, N., Maebayashi, M., Adachi, S., Arai, K., and Yamauchi, K.,** 2005, Sex ratios of triploids and gynogenetic diploids induced in the hybrid sturgeon, the bester (*Huso huso* female× *Acipenser ruthenus* male). *Aquaculture*, 245(1-4), 39-47.
- Özden, O., and Güllü, K.,** 1996, Experiments on sexual revision using hormones in cultured fish. *EÜ Su Ürünleri Dergisi*, 13(1-2), 199-210
- Özden, O., Güner, Y., and Kızak, V.,** 2003, Tatlısu balık kültüründe uygulanan bazı biyoteknolojik yöntemler. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 20(3).
- Pandian, T. J., and Sheela, S. G.,** 1995, Hormonal induction of sex reversal in fish. *Aquaculture*, 138(1-4), 1-22.
- Pandian, T. J., and Kirankumar, S.,** 2003, Recent advances in hormonal induction of sex-reversal in fish. *Journal of Applied Aquaculture*, 13(3-4), 205-230.
- Park, I. S., Kim, J. H., Cho, S. H., and Kim, D. S.,** 2004, Sex differentiation and hormonal sex reversal in the bagrid catfish *Pseudobagrus fulvidraco* (Richardson). *Aquaculture*, 232(1-4), 183-193.
- Peker, Z.,** 2014, Büyük ölçekte gökkuşağı alabalık (*O. mykiss*) üretiminin cinsiyet kontrolünde ginogenez ve sıcaklığın uygulanabilirliği (Yüksek Lisans Tezi, İKÇÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü).

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Piferrer, F., and Donaldson, E. M.,** 1992, The comparative effectiveness of the natural and a synthetic estrogen for the direct feminization of chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Aquaculture*, 106(2), 183-193.
- Piferrer, F., Baker, I. J., and Donaldson, E. M.,** 1993, Effects of natural, synthetic, aromatizable, and nonaromatizable androgens in inducing male sex differentiation in genotypic female chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *General and comparative endocrinology*, 91(1), 59-65.
- Preston, A. C., Taylor, J. F., Craig, B., Bozzolla, P., Penman, D. J., and Migaud, H.,** 2013, Optimisation of triploidy induction in brown trout (*Salmo trutta* L.). *Aquaculture*, 414, 160-166.
- Purdom, C. E.,** 1993, Genetics and Fish Breeding. (Fish and Fisheries Series, 8.) Chapman & Hall, London, 277 pp.
- Ramee, S. W., Lipscomb, T. N., and DiMaggio, M. A.,** 2020a, Effects of 17 α -methyltestosterone feeding and immersion on masculinization of rosy barbs *Pethia conchonius* and dwarf gouramis *Trichogaster lalius*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 51(6), 1341-1353.
- Ramee, S. W., Lipscomb, T. N., and DiMaggio, M. A.,** 2020b, Evaluation of the effect of larval stocking density, salinity, and temperature on stress response and sex differentiation in the Dwarf Gourami and Rosy Barb. *Aquaculture Reports*, 16, 100287.
- Razmi, K., Naji, T., Alizadeh, M., and Hoseinzadeh Sahafi, H.,** 2011, Hormonal sex reversal of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) by ethynylestradiol-17 α (EE2).
- Rougeot, C.,** 2015, Sex and ploidy manipulation in percid fishes. *Biology and Culture of Percid Fishes*, 625-634.
- Schatlowski, N. and Köhler, C.,** 2012, Tearing down barriers: understanding the molecular mechanisms of interploidy hybridizations. *Journal of experimental botany*, 63(17), 6059-6067.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Shepherd, C. J. and Bromage, N. R.,** 1988, Intensive fish farming. Blackwell Scientific Publications Ltd.
- Sonay, F. D., Başçınar, N., ve Akhan, S.,** 2021, Sıcaklık Şoku Uygulaması ile Triploid Karadeniz Alabalığı (*Salmo trutta labrax*) Üretimi ve Kuluçka Performansının Belirlenmesi [*]. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 6(4), 635-641.
- Stickney, R. R.,** 1996, Aquaculture in United States, A Historical Survey. New York.
- Sumpter, J. P., and Johnson, A. C.,** 2005, Lessons from endocrine disruption and their application to other issues concerning trace organics in the aquatic environment. *Environmental science & technology*, 39(12), 4321-4332.
- Tekelioğlu, N.,** 1993, İç Su Balıkları Yetiştiriciliği. Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Ders Kitabı No:2, 169s.
- Tran, N. K.,** 2021, Effects of 17 α -methyltestosterone on sexual morphology, sex ratios and behaviour of *Gambusia holbrooki* (Doctoral dissertation, University of Tasmania).
- Turan, C.,** 2000, Applications of Biotechnology in Aquaculture, IV.Su Ürünleri Sempozyumu, 28-30 Haziran 2000, Erzurum.
- Tuzcu, M.,** 2017, Diploid ve triploid Çoruh alabalığı (*Salmo coruhensis*) larvalarının farklı ışık şiddetinde besin kesesi tüketiminin belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü/Su Ürünleri Anabilim Dalı).
- Tüik,** 2022, Su Ürünleri İstatistikleri <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Su-Urunleri-2021-45745#> 02.06.2022 tarihli bülten.
- Türel, M.,** 2013, Dere alabalığında (*Salmo trutta fario* Linnaeus, 1758) cinsiyet kontrolü üzerine araştırmalar (Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- United Nations**, 2019, World population prospects 2019. Vol (ST/ESA/SE. A/424) Department of Economic and Social Affairs: Population Division.
- URL 1**, <https://enfeksiyonhastaliklari.com/tag/periferik-yayma/?print=print-search>), Erişim Tarihi: 21.05.2022.
- Vicdanlı S. M.**, 2007, Sinop Yöresinde Avlanan Ekonomik Öneme Sahip Bazı Deniz Balıklarında Kromozom Çalışmaları (Yüksek Lisans Tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.
- Wang, H. P., Gao, Z., Beres, B., Ottobre, J., Wallat, G., Tiu, L., Rapp, D., O'Bryant, P., and Yao, H.**, 2008, Effects of estradiol-17 β on survival, growth performance, sex reversal and gonadal structure of bluegill sunfish *Lepomis macrochirus*. *Aquaculture*, 285(1-4), 216-223.
- Wolf, K.**, 1963, Physiological salines for fresh-water teleosts. *The Progressive Fish-Culturist*, 25(3), 135-140.
- Woźny, M., Dobosz, S., Hliwa, P., Gomulka, P., Król, J., Obremski, K., ... and Brzuzan, P.**, 2020, Feed-borne exposure to zearalenone impairs reproduction of rainbow trout. *Aquaculture*, 528, 735522.
- Yamamoto, T.**, 1969, Sex differentiation. In: Fish Physiology, Vol. III. Edited by W.S. Hoar and D.J. Randall, Academic Press, New York, pp. 117–175.
- Yamazaki, F.**, 1983, Sex control and manipulation in fish. *Aquaculture*, 33(1-4), 329-354.
- Yıldırım, Ö., ve Okumuş, İ.**, 2004, Muğla İlinde Su Ürünleri Yetiştiriciliği ve Türkiye Su Ürünleri Yetiştiriciliğindeki Yeri. E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, 21(3-4), s:361-364.
- Yılmaz M., Özbaş M., Kılıç M. A.**, 2009, Alabalıklarda Gen Transferi. *Doğal Alabalık Çalıştayı*, 22-23 Ekim 2009. Trabzon
- Yılmaz, S.**, 2017, Sinnamik asit veya *Bacillus subtilis*'in gökkuşağı alabalığı yemlerinde kullanımının büyüme performansı ve bazı bağışıklık

parametreleri üzerine etkisi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Doktora Tezi).

Yılmaz, S., Çelik, E. Ş., Kenanoğlu, O. N., ve Ergün, S., 2017, Asidik Stresin Triploid ve Diploid Gökkuşığı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nın Hematolojik, İmmunolojik Ve Biyokimyasal Kan Parametreleri Üzerine Etkileri. *Alinteri Journal of Agriculture Science*, 32(2), 17-24.





TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim ve tez çalışmam süresince değerli katkılarını ve desteklerini esirgemeyen danışmanım Sayın Prof. Dr. Osman ÖZDEN'e; çalışmamın arazi aşamasında büyük katkısı ve destekleri için Sayın Dr. Mustafa DOĞAN'a; arazi çalışmalarının sürdürülmesinde destekleri ve yardımları için Alp Alabalık İşletmesi sahibi Sayın Ayhan ALP'e; doktora eğitimim süresince, destekleri ile akademik gelişmemde katkısı bulunan Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesinin birbirinden kıymetli akademik personeline; tüm yaşamım boyunca maddi manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen annem ve babam, Hülya GÜLEÇ ve Ahmet GÜLEÇ'e; tezin arazi, laboratuvar ve yazım döneminde büyük fedakârlık gösteren, ilgisini, sevgisini ve desteğini her daim hissettiğim, hayat arkadaşım, sevgili eşim Kübra GÜLEÇ'e ve moral, motivasyon kaynaklarım kıymetlilerim kızlarım Erva Betül GÜLEÇ ve Elif Beyza GÜLEÇ'e sevgilerimi ve teşekkürlerimi sunarım.

31/08/2022

Fatih GÜLEÇ

ÖZGEÇMİŞ

Fatih GÜLEÇ, ilköğretim eğitimini İzmir Konak Meliha ve Doğan Akad İlköğretim Okulu'nda tamamladıktan sonra, İzmir Selma Yiğitalp Lisesi (YDA)'nde öğrenimine devam etmiştir. 2004 yılında kazandığı Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'nden, kazandığı LLP Erasmus bursu kapsamında yedinci akademik yarıyıl için Salento Üniversitesi'ne (Università del Salento, Italia) gitmiş ve çalışmalarda bulunmuştur. 2009 yılında Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'nden mezun olarak, ara vermeden aynı üniversitenin Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yüksek lisans eğitimine başlamıştır. 2010 yılında Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'ne Araştırma Görevlisi olarak atanmıştır. Yüksek lisans eğitimini 2013 yılında Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Yetiştiricilik Anabilim Dalı'nda tamamlamıştır. Halen su ürünleri yetiştiriciliği alanında çalışmalarını sürdürmektedir.